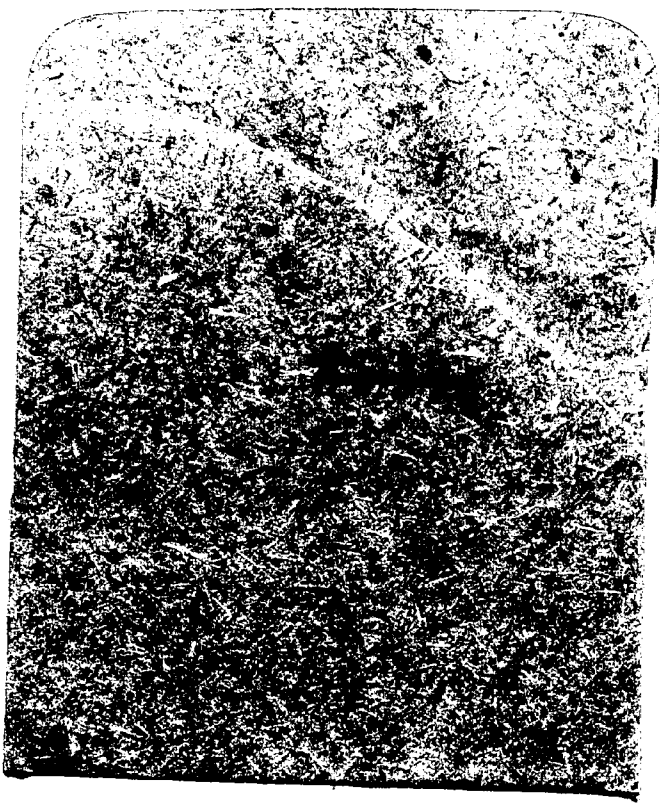


МЕТАЛЛОСТРОЙПРОЕКТ

СПРАВОЧНИК ИНЖЕНЕРА-ПРОЕКТИРОВЩИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Под общей редакцией В. К. ОРЛОВА и Г. Ф. КУЗНЕЦОВА

ТОМ VI

ВОДОПРОВОД и КАНАЛИЗАЦИЯ

Гл. редактор тома Б. С. ТИКУНОВ
Редактор проф. Н. И. ФАЛЬКОВСКИЙ

8532-V
18815
ПРОВЕРЕНО
ПРОВЕРЕНО 1967 г.

1933

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ И СУДОСТРОЕНИЯ — «ГОССТРОЙИЗДАТ»
МОСКВА—ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИЯ СПРАВОЧНИКОВ

ОРЛОВ В. П. (ответ. редактор)
Инж. ГАЙДУ Б. А. (зам. отв. редактора)
Доц. КУЗНЕЦОВ Г. Ф. (зам. отв. ред.)
Проф. МИЛОНОВ Ю. К. (зам. отв. ред.)
КАРЖАНСКИЙ Н. С. (член редакции)
КЕЛИН И. В. (член редакции)
САХАРОВ С. И. (член редакции)

Том I. АРХИТЕКТУРА

Проф. ФИСЕНКО А. С. (гл. ред.)
Инж. ТАВРИН Ф. П.
Инж. МАСАЛЬСКИЙ Э. А. (от ЦБ ИТС ЦК Промжилкомстроительства)

Том II. ОБЩИЙ СПРАВОЧНИК

Проф. РАБИНОВИЧ И. М. (гл. ред.)
Инж. КАЗАНЦЕВ И. М.
Инж. ПЕРЛЬШТЕЙН Н. Л.
Инж. ФРЕНКЕЛЬ П. М.

Том III. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Проф. СТРЕЛЕЦКИЙ П. С. (гл. ред.)
ДМИТРИЕВ И. Г.
Инж. ДЗЕРЖКОВИЧ Б. А.
Инж. НИКОЛАЕВ В. П. (от ЦБ ИТС)

Том IV. ЖЕЛЕЗОБЕТОН

Доц. КУЗНЕЦОВ Г. Ф. (гл. ред.)
Доц. ГИНСБУРГ С. З.
Проф. КЕЛДЫШ В. М.
Инж. КОТЕЛЬНИКОВ И. М. (от ЦБ ИТС)

Том V, ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Доц. КУЗНЕЦОВ Г. Ф. (гл. ред.)
Проф. КАРЛСЕН Г. Г.
Доц. КОЧЕНОВ В. М.

Том VI. ВОДОПРОВОД И КАНАЛИЗАЦИИ

Инж. ТИКУНОВ Б. С. (гл. ред.)
Проф. ФАЛЬКОВСКИЙ Н. И.

Том VII. ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

Инж. МИЛЛЕР В. Н. (гл. ред.)
Инж. ЛАВЕНЕК А. А.
Инж. АНОФРИЕВ С. А.

Н
1554
№ 6

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА СССР

2812 12/59

Н
155
№6

ОТ РЕДАКЦИИ VI ТОМА

Современное состояние водопроводно-канализационного дела таково, что один человек не в состоянии охватить его с необходимой для социалистического строительства полнотой. Только коллективный труд может удовлетворить требования, предъявляемые советским специалистом. Первой крупной попыткой такого рода является данный справочник. Мысль о таком справочнике среди работников санитарной техники зародилась еще несколько лет назад, но реализовать ее удалось только теперь, благодаря Промстройпроекту.

В выполнении этой работы имеется однако ряд существенных недостатков, которые редакция в порядке самокритики считает необходимым отметить.

1. Срочное выполнение работы не позволило к сожалению привлечь к участию в ней широкий круг специалистов, работающих в Ленинграде и провинции, что, естественно, лишило справочник многих ценных материалов.

2. Построение материала различными авторами не вполне одинаково, что отражается на методологической цельности и стройности справочника. При быстрых темпах выпуска справочника и большом количестве авторов устранить этот недостаток было трудно.

3. Отсутствие систематизированных данных по многим вопросам заставило редакцию в ряде случаев взять наиболее характерные данные по отдельным сооружениям.

Некоторым оправданием для редакции служит то обстоятельство, что справочник был подготовлен к печати в очень короткий срок и издание его проводилось в ударном порядке.

Но то, что справочник по водоснабжению и канализации, составленный советскими в основном наиболее крупными специалистами и некоторыми иностранными, впервые у нас появляется, есть бесспорно факт большой политической и технической важности.

Об этом со всей авторитетностью свидетельствует решение XVII конференции ВКП(б): „необходимо обеспечить достаточный материальный базис для реализации в 1932 г. широкого плана работ по производственно-технической пропаганде, в частности по переводу и изданию руководств и технических справочников по всем отраслям промышленности".

Редакция VI тома справочника приносит горячую признательность правлению Всесоюзного научного инженерно-технического общества водоснабжения и санитарной техники, благодаря содействию которого удалось подготовить материал в столь короткий срок, а также составу главной редакции справочника и всем лицам, участвовавшим в оформлении сложного и разнообразного технического материала справочника и существенно облегчившим выполнение всей работы, особенно инж. М. М. Андрианову, Л. Г. Демидову и Б. М. Оловянишникову.

РЕДАКЦИЯ.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОБЩАЯ

Проф. *Н. И. ФАЛЬКОВСКИЙ*

I. РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕХНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ

Санитарная техника, и в особенности водоснабжение и канализация, несмотря на достигнутые в этой области Советским Союзом под руководством ВКП(б) огромные успехи, являются узким местом нашего социалистического строительства и одной из наиболее отсталых отраслей нашей науки и техники.

Такое положение зависит как от отставания в развитии водопроводно-канализационных сооружений от быстрых темпов индустриализации страны, так и от того, что водопроводно-канализационная техника до последнего времени не повернулась „лицом к пролетариату, лицом к его текущим нуждам и к его историческим задачам“ (Л. М. Каганович).

Еще июньский пленум ЦК ВКП(б) [1] развернул в своих исторических постановлениях боевую программу реконструкции водоснабжения и канализации соответственно требованиям социалистического строительства.

В противовес имевшейся нередко недооценке значения вопросов водоснабжения т. Каганович указал совершенно четко:

„Перед нами стоит задача обеспечить городское население СССР очищенной, обезвреженной водой. В особенности остро стоит вопрос в таких новых пролетарских центрах, как Кузбасс, Магнитогорск, а также в старых пролетарских центрах, как Донбасс.

В новых городах, в особенности в промышленных центрах, где строятся новые промышленные предприятия, необходимо учитывать задачу обеспечения водой, причем это надо учитывать и тогда, когда выбирают площадку для постройки завода“.

IV всесоюзный съезд НИТО водоснабжения и санитарной техники (НИТО ВИСТ) в ноябре 1931 г. указал на имевшиеся основные недостатки в деле водоснабжения и канализации [2].

„Недоучет перспектив развития промышленности, низкие нормы водопотребления, механистический подход к исчислению населения на основе прошлых лет привели к перегрузке выстроенных сооружений в короткий срок, несмотря на принимавшиеся длинные расчетные сроки, несмотря на то, что советские условия в самих себе содержат факторы, облегчающие работу водопровода и канализации“.

Эти недостатки зависели от недопонимания того, что „пути развития городов СССР диаметрально противоположны путям развития капиталистических городов. В советских условиях не рынок выступает в качестве главного фактора, определяющего рост городов, а плановое развитие промышленности, рост по всей стране крупного социалистического хозяйства, планомерное развитие производительных сил и равномерное их распределение по стране“ (Л. М. Каганович).

Поэтому IV всесоюзный съезд НИТО ВИСТ признал: „основным вопросом при перестройке водопроводно-канализационной техники является правильная оценка перспектив развития этих сооружений в соответствии с перспективами развития нашей социалистической промышленности, роста населения и условиями нового быта“.

Расчетный период для водопроводно-канализационных сооружений последнего времени по аналогии с капиталистическими условиями принимался до 20—30 лет.

„В настоящий момент трудно предусмотреть те формы быта, какие будут при окончательном построении социализма и при развернутом коммунизме“ (Л. М. Каганович).

Это в равной мере относится и к состоянию промышленности и техники. Поэтому, а также в целях максимального использования имеющихся у нас финансовых и материальных ресурсов, съезд счел необходимым и достаточным расчетные периоды для водопровода и канализации принимать в зависимости от местных условий, не более 10—15 лет.

В случае неясности перспектив развития городов или промышленных предприятий необходимо, чтобы схема устройства водопроводно-канализационных сооружений была максимально гибкой, допуская легкие ее изменения и расширение в соот-

[1] 1931 г.

[2] Н. И. Фальковский. О перестройке санитарной техники в соответствии с решениями июньского пленума ЦК ВКП(б).

ветствии с изменением производственно-экономического характера города или отдельных районов.

„При строительстве домов необходимо учитывать новые потребности быта—общественные столовые, детские ясли, детские сады и площадки, строительство прачечных, если не в каждом доме, то для целой группы домов, а также постройку бань, ванн, душей" (Л. М. Каганович). Соответственно этому указанию, а также с учетом других сильно возросших общественных потребностей в воде расчетные душевые нормы водопотребления IV Съездом НИТО ВИСТ увеличены. Произведена также переоценка мест водопотребления: устранено деление на нормы для „окраин" и центра города, неправильное в наших социалистических условиях. Вместо этого более полно учтена степень канализования районов.

В соответствии с изживанием религиозных и бытовых предрассудков, трехсменной работой, строительством в течение круглого года, развитием горячего водоснабжения, расход воды по дням и часам становится все более равномерным. Поэтому расчетные коэфициенты неравномерности расхода воды снижены.

Разрешение вопроса о хозяйственных водопроводно-канализационных сооружениях городов должно быть увязано с такими же для промышленности, причем он должен рассматриваться в виде общей взаимодополняющей и согласованной проблемы.

Значительное увеличение водопотребления требует максимального использования имеющихся внутренних ресурсов. В этих целях должны быть до предела использованы имеющиеся артезианские и грунтовые воды. Утечка и недоучет воды должны быть снижены до 5% и менее.

Ввиду колоссального роста водопотребления, даже при максимальном использовании подземных источников, для значительной части крупных центров СССР неизбежно обращение к мощным поверхностным источникам. Это требует увязки вопроса водоснабжения с проблемами водного транспорта.

Проблема водоснабжения реконструируемых городов, промышленности, водного транспорта и гидроэнергетики при недостаточной мощности источников, в особенности в летнее время, выдвигает вопрос о зарегулировании (в том числе и многолетнем) весенних стоков и необходимости единого управления всеми водными ресурсами по районам, областям, республикам и всему СССР.

Возрастающее загрязнение поверхностных водоемов в качестве социального заказа выдвинуло вопросы: а) о более совершенной системе очистки сточных вод; б) о жестком проведении охранной зоны водоемов; в) об отыскании новых, более интенсивных методов очистки питьевых вод. При этом подаваемая населению вода должна быть безусловно вполне доброкачественной.

В деле очистки питьевых и сточных вод уже имеются значительные сдвиги в виде фильтрации через активный уголь, применения посеребренного песка, применения активизированного ила, выработки своих советских хлораторов, и т. д.

Ввиду имеющегося недостатка в металле и некоторых материалах тип сооружений должен определяться возможностью использовать материалы, находящиеся на месте. Это вместе с потребностью в большом количестве воды ставит вопрос об использовании земляных плотин, об устройстве открытых и вообще самотечных каналов, об открытых отстойниках, о низконапорных трубопроводах".

При разработке проектов канализации особо серьезно должен быть поставлен вопрос о лучшем использовании канализационной сети, повышении коэфициента наполнения, вопрос о полях орошения, тесно связанный с созданием огородного хозяйства вблизи городов и промышленных предприятий.

Необходимость максимального использования материальных и финансовых средств при растущей потребности в воде требует, чтобы водопроводно-канализационное строительство осуществлялось очередями, вполне соответствующими развитию промышленности в каждый период.

В вопросах производства работ и управления оборудованием водопроводов и канализаций должна проводиться максимальная механизация, автоматизация пуска в ход и управления применяющихся механизмов (насосов, задвижек, регуляторов), сосредоточение всего управления и контроля за работой установок в одном центральном месте и т. д.

В вопросах водопроводной сети желательна максимальная гибкость расширения и экономия металла.

Желательно выполнение сети из труб однородных или близких между собой диаметров. При расчете сети должно исходить из расходов первых пяти лет с проверкой и добавлением линии для последующего расчетного срока.

Для облегчения водопроводной сети взята основная установка на хозяйственно-противопожарную систему водопроводов без повышения давления в уличной сети, но с применением привозных насосов, причем минимальный напор в уличной сети во время пожара в районе последнего допущен в 7 *м* над уровнем земли.

При невозможности устройства централизованного водоснабжения и канализации съезд признал желательным устройство местных установок с достаточной степенью очистки питьевых и сточных вод; при этом значительное внимание должно быть уделено хлорированию их.

Поставленная пленумом ЦК ВКП(б) задача обеспечить „культурный подъем и охрану здоровья широких трудящихся масс" требует оборудования зданий внутренними водопроводами и канализацией. Поэтому социалистической рационализации и научной постановке этого дела должно быть уделено серьезное внимание.

В этой области изменяются методы расчета, устраняется существовавшая уравниловка в отношении различных санитарных приборов

вводится учет местных условий. в которых они работают, — все это может дать значительную экономию металла.

В целях повышения темпа проектирования и строительства первое проводится теперь двухстепенным (основные положения со схемой сооружений и технический проект) вместо применявшихся трех ступеней (основные положения, эскизный проект, детальный проект).

Потребности санитарной техники тесно связаны с расширением производства труб и специального оборудования. В соответствии с решением июньского пленума ЦК ВКП(б) должны быть пересмотрены в срочном порядке применяющиеся типы и конструкции и разработаны новые стандарты. Наиболее важным является производство насосов, и в частности вертикальных насосов, фасонных частей, арматуры, санитарных и измерительных приборов.

Необходимо развернуть серьезную научную технико-экономическую разработку плана развития" водопроводно-канализац. хозяйства СССР. Для этого должна быть планирована вся научная работа в этой области. К этой работе должны быть привлечены широчайшие массы рабочих и трудящегося населения. Эта работа должна проводиться коллективно, на основе развертывания социалистического соревнования и ударничества среди научных, технических и всех практических работников в этой области.

Июньский пленум ЦК ВКП(б) дал боевую развернутую программу перестройки водопроводно-канализационной техники на социалистической основе.

Великие решения XVII всесоюзной конференции ВКП(б) о построении во второй пятилетке бесклассового социалистического общества поставили новые небывалые задачи по реконструкции водоснабжения и канализации.

Всемирно исторические постановления январского объединенного пленума ЦК и ЦКК ВКП(б) с исчерпывающей полнотой и определенностью выдвинули перед Советской страной необходимость для второй пятилетки „дополнить нынешний лозунг НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА новым лозунгом ОСВОЕНИЯ новых предприятий и новой техники".

„В период первой пятилетки мы сумели организовать энтузиазм, пафос нового строительства и добились решающих успехов. Это очень хорошо. Но теперь этого недостаточно. Теперь это дело должны мы дополнить энтузиазмом, пафосом освоения новых заводов и новой техники, серьезным поднятием производительности труда, серьезным сокращением себестоимости. В ЭТОМ теперь главное" (Сталин).

Применительно к водоснабжению и канализации постановления объединенного пленума и директивные указания вождя партии и всего мирового пролетариата т. Сталина для своей реализации в первую очередь требуют:

а) освоения новейших достижений в области водопроводно-канализационного дела как в СССР, так и за границей, в частности проектировщиками;

б) освоения вновь выстроенных водопроводно-канализационных сооружений и учета результатов эксплоатации их при проектировании;

в) улучшения качества продукции, т. е. степени очистки питьевых и сточных вод и вообще работы и эксплоатации санитарно-технических сооружений;

г) снижения себестоимости строительства и повышения производительности труда в частности за счет соответствующего проектирования (применения упрощенных и облегченных конструкций, стандартов и типов наиболее дешевых и недефицитных материалов и т. п.); снижения себестоимости самого проектирования;

д) поднятия квалификации рабочих и инженерно-технического персонала и приобретения новых навыков для полного использования новой техники;

е) проведения плановости строительства, чему между прочим способствует проектирование производства работ;

ж) развертывания социалистических форм и методов труда;

и) беспощадной борьбы со всеми проявлениями сопротивления классового врага политике партии, выявления и разоблачения антисоветских течений в водоснабжении и канализации, и в частности в проектировке их.

Июньский и январский пленумы ЦК и ЦКК ВКП(б) вместе с постановлением XVII партконференции дали исчерпывающие указания для реконструкции техники водоснабжения и канализации.

Теперь необходимо лишь большевистскими темпами реализовать исторические постановления [1].

Одним из мероприятий по выполнению этих постановлений и является настоящий том данного справочника, представляющий собою первую коллективную работу такого типа и масштаба.

---

[1] При постановке и решении всех технических вопросов надо исходить из исторических директив XVII партконференции о том, что основной политической задачей второй пятилетки является „окончательная ликвидация капиталистических классов и классов вообще, полное уничтожение причин, порождающих классовые различия и эксплоатацию, и преодоление пережитков капитализма в экономике и в сознании людей, превращение всего

И. И. НЕМЫЧЕНКОВ

II. ПРАВИЛА и НОРМЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОРЯДКА

1. Общая часть

Каждый проектировщик должен ознакомиться со всеми распоряжениями правительства по снижению стоимости строительства и экономии остродефицитных материалов.

Особенное значение имеют постановление СТО от 8/XI 1930 г., инструкция Стройтельного сектора Госплана СССР, напечатанная в газете „Известия“ от 17/XI 1930 г., приказы ВСНХ СССР № 970, 1061, 1601, приказ по НКТП СССР № 5 от 14/I 1932 г., постановление НКТП СССР № 42 от 31/I 1932 г. о снижении себестоимости капитального строительства в 1932 г. и приказ НКТП от 21/VII 1932 г. № 420.

2. Водоводы и распределительная сеть

Стальные и чугунные водоводы укладывать только в силу технической необходимости, а именно при высоком давлении, переходах под железнодорожными путями, в местах усиленного движения тяжелого грузового транспорта. Длинные напорные водоводы с высоким давлением делятся на участки с указанием, на каком участке от начала водовода будет согласно расчетам высокое давление (выше 10 *ат*), на каком участке давление понижается до 10—6 *ат* и от какой точки давление понижается ниже 6 *ат*, с тем, чтобы на таких водоводах проектировать укладку труб смешанного характера, а именно: при диаметрах труб до 500 *мм* и при давлении не свыше 6 *ат* применять деревянные клепочные непрерывные трубы; от 6 до 10 *ат* применять чугунные и от 10 *ат* и свыше применять стальные.

Отдавать предпочтение при укладке водоводов не металлическим трубам, а широко внедрять трубы деревянные (сверленые, звеньевые и непрерывные клепочные бондарного типа), бетонные и железобетонные, асбоцементные и из других новых стройматериалов.

Не допускать укладку металлических труб на самотечных водоводах.

Заделку стыков чугунных раструбных труб делать цементом и другими массами, исключая свинец, руководствуясь в данном случае работами Всесоюзного научно-исследовательского института водоснабжения и санитарной техники.

Количество задвижек, устанавливаемых на сетях, должно быть минимальное, но достаточное для правильной эксплоатации всей сети и ремонта отдельных частей ее.

Трассировку сетей намечать, учитывая наименьшее количество фасонных частей.

Трассы водоводов должны прорабатываться с широким применением самотечных водоводов.

В случае невозможности подать воду самотеком стремиться применять минимальные давления для подачи воды на промпредприятия, избегая больших подъемов воды.

Водопроводные сети должны иметь минимальную длину от водоприемника до промплощадки и по самой промплощадке. Применять на водопроводных сетях и водоводах деревянные колодцы с размерами соответственно устанавливаемыми в них фасонных частей с учетом при этом удобств обслуживания последних при эксплоатации.

В колодцах (на водоводах и водопроводных сетях) в местах, где нет интенсивного грузового движения, крышки и люки колодцев делать деревянными.

3. Водопроводные сооружения

Учитывая режим водоисточника, водоприемник следует принимать упрощенного типа, с применением преимущественно дерева как строительного материала, а также широко используя недефицитный местный строительный материал, и только в исключительных случаях допуская применение дефицитных строительных материалов.

При соответствующих местных условиях, а также при технико-экономическом обосновании применять тип сооружения водоприемника, объединенного с насосной станцией I подъема.

Сооружение береговых колодцев, мокрых или сухих, производить лишь только на основе

трудящегося населения страны в сознательных и активных строителей бесклассового общества“, а основной хозяйственной задачей является „завершение реконструкции всего народного хозяйства и создание новейшей технической базы для всех отраслей народного хозяйства“. Для решения проблем водопровода и канализации особенное значение имеет указание конференции, что полная коллективизация сельского хозяйства, рост крупных государственных предприятий и вооружение совхозов и колхозов передовой машинной техникой, на деле превращающей сельскохозяйственный труд в разновидность индустриального труда и укрепление транспортной связи и товарооборота между промышленностью и сельским хозяйством создают условия „для полного устранения противоположности между городом и деревней“.

При постановке и решении технических проблем надо иметь в виду, что кроме выбора между двумя различными, часто противоположными вариантами решения возможно еще и сочетание (конечно, не путем простого механического соединения) положительных особенностей (только положительных) обоих вариантов. По другому поводу Ленин говорил: „...Мы все-таки марксизму учились немного, учились как и когда можно и должно соединять противоположности, а главное в нашей революции за три и три с половиной года мы практически неоднократно соединяли противоположности“ (речь на собрании фракции VIII съезда советов 30 декабря 1920 г. Цитировано по сборнику „Дискуссия о профсоюзах“. Гиз, 1927 г., стр. 67). *Отв. Ред.*

технико-экономических обоснований и в зависимости от режима водоисточника, характера местных условий, местоположений и системы насосного оборудования.

При сооружении насосных шахт опускным способом применять для ножей преимущественно дерево. Добиваться уменьшения диаметров круглых насосных станций за счет наиболее компактного размещения насосного оборудования и коммуникации трубопроводов внутри станции и сокращения до возможного минимума обслуживающих помещений для рабочего персонала.

В возможных случаях объединять в общих зданиях насосные станции I и II подъема и очистные сооружения при их небольшом размере, как правило, объединять в общих зданиях с насосными станциями II подъема.

Шатры резервуаров водонапорных железобетонных, кирпичных и других башен выполнять во всех случаях из деревянных конструкций с покрытием толем или рубероидом.

Устанавливаемые на башнях резервуары емкостью свыше 50 $м^3$ должны быть приняты железобетонными, с емкостью же в 50 $м^3$ и менее — деревянными. Конструкции зданий насосных станций очистных сооружений и водонапорных башен должны быть приняты рациональных размеров, с наименьшими затратами остродефицитных строительных материалов и с использованием в первую очередь местных строительных материалов, в том числе дерева для менее ответственных деталей данных сооружений, допуская только в исключительных случаях бетон или железобетон.

Для постройки железобетонных башен, резервуаров, отстойников, смесителей, водоприемников, круглых подземных насосных станций и т. д. количество применяемого железа и цемента должно быть минимально допустимым согласно расчетам конструкций.

4. Канализация

Главное внимание проектировщик должен уделять трассе основного коллектора с тем, чтобы коллектор самотеком подавал стоки до очистных сооружений при минимальных заглублениях.

В случае невозможности проложить основной коллектор самотеком и если явится необходимость устройства перекачки по местным условиям, станция перекачки должна проектироваться в таком месте, чтобы получить наибольший экономический и технический эффект.

Сеть канализационных труб по промышленной площадке должна проектироваться минимальной длины при минимальном заглублении и уклонах при соблюдении скорости движения сточных вод не менее 0,6 *м/сек* для наибольшей гарантии от засорения труб.

Материалом для труб канализации может быть дерево, бетон, железобетон, керамика и чугун,—применение последнего должно быть минимальным. Напорные трубопроводы от насосных станций низкого давления могут быть деревянные клепочные, железобетонные или асбоцементные.

Материалом для смотровых колодцев может быть принято дерево осмоленное, кирпич, бетон, железобетон, причем лотки во всех случаях должны быть бетонные. Железобетон может быть допущен только при большом заглублении при наличии плохих грунтов, плывучих и т. д. Крышки и люки смотровых колодцев канализации в местах, где нет усиленного грузового движения, принимать деревянные.

При выборе материала для смотровых колодцев обращать внимание на применение в широком масштабе имеющихся на месте строительства местных строительных материалов, каковым при проектировании и надлежит давать предпочтение, если это допустимо по техническим и санитарным условиям.

Система очистки сточных вод не должна приниматься очень сложной и дорогостоящей, давая предпочтение, при очистке фекально-хозяйственных вод, полям орошения с агрикультурой или полям фильтрации при достаточной свободной площади.

Полную биологическую очистку допускать только по особым требованиям санитарного надзора, учитывая местные условия.

Биологические станции очистки сточных вод не должны иметь двойных фундаментов, надземная часть этих сооружений должна проектироваться на стенках биофильтров, также проектировать и эшпера, если у них будут надземные сооружения.

5. Временные сооружения

Сооружения временного типа [1] водопровода или канализации должны быть наиболее экономично запроектированы, легкого типа без затрат остродефицитных стройматериалов.

На временных сооружениях водопровода и канализации главным строительным материалом должно быть дерево, деревянные трубы, колодцы, люки и крышки к ним, здания, водоприемники, отстойники, эмшера и пр. Замена дерева при временных сооружениях по водопроводу и канализации допустима только в таких местах где дерево является по местным условиям остродефицитным стройматериалом и есть другие местные строительные материалы не особо дефицитные в общесоюзном значении, не требующие дальней доставки, — кирпич, бутовый камень, песок и гравий на стройплощадке, силикат-органик местного производства и т. д.

[1] Надо иметь в виду, что „кроме материального снашивания машина подвергается, так сказать, и моральному снашиванию (Маркс, Капитал, т. I, изд. 8-е, стр. 308). Прогресс техники делает всякое сооружение „временным". В капиталистическом обществе стараются задержать моральное онашиванне задержкой технического прогресса. Перед социалистическим общеотвом отопт задача развязать возможности непрекращающегося и быстрого технического прогресса путем устранения излишних запасов прочноотн, о одной отороны, и путем разработки конструкции, которая „оохраняет способность к постоянному усовершенствованию в частностях" („Капитал", т. I, стр. 288, перев. цитаты исправлен.).—о другой. *Ред.*

Инж. *А. Е. КОРОЛЕВ*

III. САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ОРГАНОВ ТРУДА

Социалистическая система хозяйства требует для максимального облегчения труда рабочего создания нормальных санитарно-гигиенических условий [1].

Для достижения этих условий промышленные предприятия СССР должны быть обеспечены вспомогательно-бытовыми помещениями, к числу которых относятся: гардеробные, уборные, умывальные, души, помещения для отдыха и приема пищи, курительные комнаты для кормления грудных детей. Все эти помещения, за исключением лишь **гардеробных** и **курительных**, подлежат обязательному оборудованию водопроводом соответственно их целевому назначению.

При проектировании промышленных зданий компановка отдельных помещений вспомогательно-бытового назначения производится иногда совершенно произвольно, чтобы только занять ту или иную площадь помещения, которая не может быть использована под производство.

А между тем при серьезном предварительном анализе можно получить большую эффективность в использовании и сокращение затрат на оборудование.

Требования Наркомтруда СССР и местных органов труда в части санитарно-технических устройств промышленных предприятий в основном сформулированы в VIII серии Единых норм строительного проектирования.

Согласно этим правилам рабочие и складочные помещения предприятий и хозяйств должны быть обеспечены водой в количестве достаточном для питья, умывания и хозяйственных нужд, а по своему качеству вполне удовлетворительной с санитарной точки зрения. Поэтому источники водоснабжения, водоподъемные сооружения, запасные резервуары и распределительная сеть должны соответствовать потребности предприятия и быть оборудованы и содержимы так, чтобы вода в них не могла подвергаться загрязнению.

Недооценка этих требований неизбежно влечет самые неожиданные отрицательные результаты. Как пример можно привести следующее: на одном химическом заводе из-за путаницы в трубопроводах в сети, подводящей воду к душам, оказался раствор каустика. Поэтому на предприятиях с широко развитой сетью трубопроводов производственного характера, с большим количеством отработанных вод-на предприятиях химической промышленности проектирование водопроводных сооружений и в частности размещение водопроводной сети должно быть особенно тщательно увязано со всем производственным оборудованием, чтобы при эксплоатации они взаимно не вредили друг другу.

Все эти помещения должны размещаться в том же здании, в котором люди, пользующиеся этими вспомогательными помещениями, работают. Если же в силу тех или иных условий вспомогательные помещения приходится размещать в другом или самостоятельном строении, то последнее должно сообщаться с производственным зданием теплым крытым переходом. Такое размещение вспомогательных помещений иногда встречается на предприятиях, устраивающих централизованные гардеробные и душевые, но в значительном большинстве случаев характер расположения производственных зданий на территории предприятия не позволяет этого делать, почему обычно каждый производственный корпус имеет и свои самостоятельные вспомогательные помещения.

Правильная компановка вспомогательных помещений должна предусматривать соблюдение следующих принципов: а) гардеробные должны размещаться в нижних (или цокольных) этажах с таким расчетом, чтобы рабочим не проходить большие расстояния через те цеха, в которых они работают; это особенно необходимо в тех случаях, когда такие цеха весьма загружены оборудованием и лишнее хождение по ним вообще нежелательно; б) гардеробные должны располагаться смежно с душами, если последние требуются по характеру работ; в) уборные надлежит размещать ближе к местам пребывания наибольшего количества рабочих, занятых в цехах, и ни в коем случае не располагать их так, чтобы приходилось проходить гардеробные (что наблюдается сравнительно часто); умывальные надлежит размещать в специально выделенных помещениях перед гардеробными и в крайнем случае в самих гардеробных; д) при наличии в производстве мужчин и женщин — означенные помещения делаются отдельным как для тех, так и других, причем необходимо учитывать, что женский труд постепенно внедряется в те производства, где раньше его не было.

При размещении вспомогательных помещений в нескольких этажах, они обычно располагаются друг над другом, что дает значительную экономию в трубах.

Примером такой целесообразной компановки может служить схема, изображенная на фиг. 1.

Гардеробные. Под гардеробными (в отличие от раздевален при душах) подразу-

[1] „При социализме ...—говорит Ленин—...„электрификация всех фабрик и железных дорог сделает условия труда более гигиеническими, ускорит превращение грязных, отвратительных мастерских в чистые, светлые, достойные человека лаборатории" (Собр. сочин., изд. 2-е, т. XVI, 2, стр.. ч 314). *Ред.*

меваются специально выделенные помещения для хранения верхней и спецодежды. Подобные помещения должны устраиваться при отапливаемых рабочих или складочных помещениях, в которых занято не менее 50 чел. в смену, и независимо от числа рабочих, если в производственном помещении происходит выделение пыли, ядовитых веществ, газов или паров.

В случае же, если производство или складочное помещение по своему характеру не имеет каких-либо вредных или пыльных выделений и рабочих при этом менее 50 в смену, то выделение гардеробных необязательно, но при этом должны быть предусмотрены отдельно запирающиеся на замок шкафы для хранения одежды, индивидуально для каждого работающего.

Если же рабочее или складочное помещение является неотапливаемым, то независимо от числа занятых рабочих должны устраиваться в этом же здании отдельные специальные отапливаемые гардеробные, причем устройства каких-либо крытых переходов не требуется.

По характеру своего назначения гардеробные водопроводом не обеспечиваются.

Душевые. По действующим правилам для всех тех рабочих, работа которых протекает в условиях высоких температур (например горячие цеха), при производствах мокрых, пыльных, грязных или вредных для здоровья рабочих (например во многих производствах химической промышленности), кроме обычных умывальников должны устраиваться души.

При определении необходимого количества душей обычно встает вопрос о числе рабочих, подлежащих обслуживанию душами. В практике органов Наркомтруда принято в таких случаях исходить из следующего: прежде всего расчет душей ведется на число рабочих, занятых в одну смену, т. е. если для обслуживания рабочих одной смены необходимо 10 душей, то при двух- и трехсменной работе число душей не увеличивается и остается тем же; затем самое число рабочих в одну смену, подлежащих обслуживанию, уточняется по профессиям; есть ряд производств, в которых часть рабочих занята на работе, не вызывающей безусловной необходимости в душах (например слесаря), а другая часть должна быть обязательно обслужена душами (например кузнецы),

Точного списка профессий, которые должны обеспечиваться душами в настоящее время еще не имеется, и этот вопрос решается при проектировании новых предприятий, исходя из анализа отдельных работ, которые будут в предприятии. Обычно число рабочих, подлежащих обслуживанию душами, на основе указанного, определяется хозяйственной организацией.

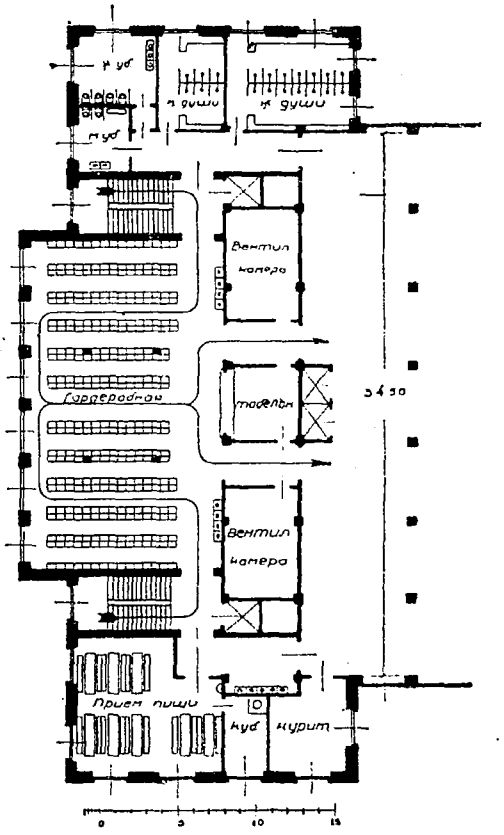
В отдельных случаях этот вопрос может быть уточнен санитарной инспекцией местных органов труда.

Число душей определяется из расчета не менее одного на каждые 5 чел., пользующихся душем в смене.

Размер душевой кабины должен быть не менее $0{,}9 \times 0{,}9$ *м*.

При душевых помещениях с числом душей более трех должны устраиваться особые места для раздевания, причем число мест для раздевания принимается, как минимум, вдвое больше нежели душей. Длина одного места для раздевания должна составлять не менее 0,45 *м*.

Практика однако показывает, что целесообразнее число мест для раздевания принимать не вдвое, а втрое больше, из расчета: один рабочий моется (одно место занято), второй рабочий раздевается для приема душа и третий одевается после приема душа. Таким образом пропускная способность душей уве-

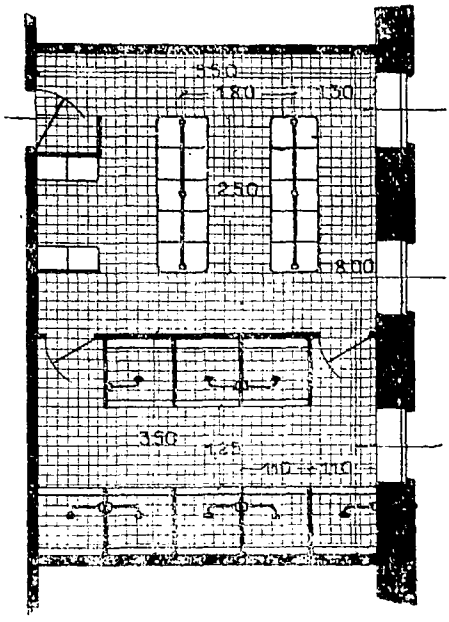


Фиг. 1. Расположение вспомогательных помещений в торце производственного корпуса.

личивается, и одно и то же количество пользующихся душами рабочих затрачивает при этом значительно меньше времени, нежели при наличии двух мест для раздевания (фиг. 2).

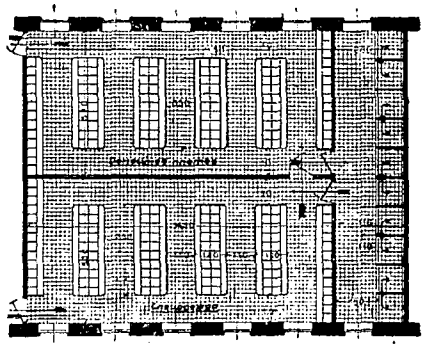
В некоторых производствах, в которых по санитарно-гигиеническим соображениям требуется, чтобы рабочие принимали душ даже приходя на работу, а не только по окончании ее, или, наоборот, в таких грязных, как литейном, — душевые приходится осуществлять по принципу пропускника, т. е. рабочий, являясь на работу, проходит в первое

отделение, где он снимает всю одежду и белье, оставляет ее в своем шкафчике и затем уже проходит через душ или обходит коридор в другое отделение, где надевает рабочее белье



Фиг. 2. Душевое помещение с особой раздевальной.

и спецодежду с обувью, а оттуда уже направляется в производство. По окончании работы рабочий проходит втот же путь, но в обратном порядке (фиг. 3). При этом способе достигается возможность поддержания всех



Фиг. 3. Душевой пропускник на 106 человек.

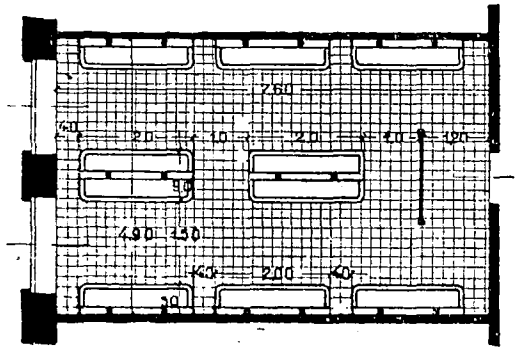
этих помещений в должной чистоте. Надо однако отметить, что такой тип душевых пропускников встречается значительно реже, так как он предусматривает необходимость выдачи предприятием не только спецодежды, но и белья и обуви, что практикуется далеко не везде.

У м ы в а л ь н ы е. Каждое производственное и складочное помещение должно быть обеспечено умывальниками из расчета не менее одного крана на каждые 10 чел. одной смены.

Расчетные размеры умывальника принимаются не менее 0,30 × 0,45 *м*.

В зависимости от характера работ в том или ином производстве приходится подводить не только холодную, но и теплую воду. Как и в отношении душей, точного перечня профессий, для которых необходимо подавать теплую воду, — нет, и в каждом отдельном случае этот вопрос необходимо разрешать из анализа профессий и специфических особенностей работы. Есть много работ например в той же полиграфической промышленности, вызывающих такое сильное загрязнение рук типографскими красками, которое отмыть одной холодной водой чрезвычайно трудно и необходима подводка теплой воды.[1]

Умывальники должны по возможности располагаться в отдельном помещении (фиг. 4),



Фиг. 4. Умывальное помещение на 40 мест с умывальниками в виде чугунных эмалированных корыт.

в непосредственной близости от гардеробных, с расчетом, чтобы рабочему по окончании работы было удобно взять полотенце и мыло из своего индивидуального шкафчика, умыться и вновь возвратиться в гардеробную.

В тех случаях, когда число рабочих невелико, умывальные располагаются в уборных, отделяясь от них глухой остекленной перегородкой.

Иногда умывальные устраивают непосредственно в гардеробной, ничем не отделяя от последней. В таких случаях надлежит размещать их с таким расчетом, чтобы они были в противоположной стороне от наружного входа в гардеробную.

У б о р н ы е. Уборными должны обеспечиваться все производственные и складочные помещения, причем при наличии на территории предприятия водопровода и сточной сети уборные должны быть оборудованы промывными клозетами и промывными писсуарами.

Располагаться уборные должны по возможности равномерно по отношению к местам работы с таким расчетом, чтобы рабочие не тратили лишнее время на хождение. В круп-

[1] С развитием теплофикации должна получить широкое распространение подводка теплой воды. *Ред.*

ных цехах, где наблюдается загруженность всякого рода движущимися механизмами, кранами и пр., отдаленное размещение нежелательно по соображениям опасности от лишнего хождения; это кроме того и просто неэкономично.

Расчет уборных производится по нижеследующим нормам, причем расчет ведется на одну смену:

В уборных для женщин должно быть устраиваемо, при числе пользующихся до 15 чел., одно очко, и далее на каждые следующие 20 чел. — дополнительно по одному очку.

В уборных для мужчин должно быть устраиваемо при числе пользующихся до 20 чел. одно очко с тем, чтобы кроме того имелось не менее 0,4 *пог. м* общего писсуара. На каждые следующие 25 чел. считается дополнительно по одному очку, а длина писсуара должна увеличиваться не менее как на 0,3 *пог. м*. Каждые 0,25 *пог. м* общего писсуара могут быт заменены одиночным писсуаром.

Площадь кабинки для сиденья на одно очко должна составлять не менее 0,85 $м^2$, причем ширина кабинки должна быть не менее 0,7 *м*.

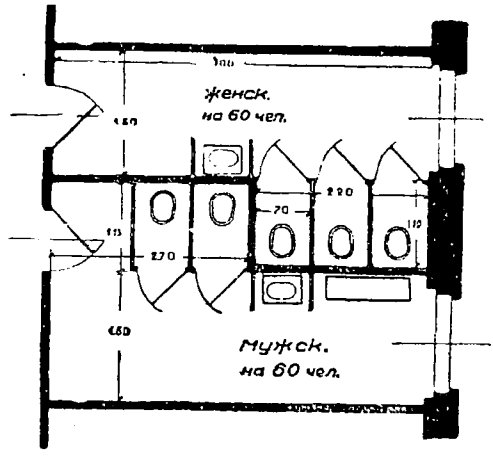
Расстояние от стены, вдоль которой расположены унитазы, до противоположной стены должно быть не менее 2 *м* (фиг. 5).

Помещения для отдыха и приема пищи. В настоящее время каждое почти предприятие имеет самостоятельную столовую для обслуживания рабочих своего предприятия или же рабочие прикрепляются с этой целью к ближайшей общественной столовой. Однако во многих предприятиях часть рабочих по местным условиям и характеру своей работы не может во время перерыва уходить с территории предприятия; во всех таких случаях для обслуживания остающихся рабочих устраиваются помещения для приема пищи.

Поскольку в таких помещениях устанавливаются кубы для кипячения воды, имеются буфеты и приходится мыть посуду, они должны оборудоваться водопроводом. Кроме того, если такое помещение удалено более чем на 50 *м* от умывален, то в нем должны быть устроены и умывальники из расчета один умывальник на 50 чел.

Площадь помещения для отдыха и приема пищи определяется из расчета 1 $м^2$ на каждого рабочего, причем расчетное число рабочих устанавливается в зависимости от ожидаемого количества остающихся на предприятии рабочих, а площадь помещения исчисляется, исходя из предположения, что в помещении будет одновременно находиться 50% расчетного количества людей.

Курительные. Курительные комнаты должны устраиваться во всех тех случаях, когда в самих рабочих и складочных помещениях курение воспрещено.



Фиг. 5. План уборных на 60 чел. женщин и на 60 чел. мужчин.

Курительные комнаты водопроводом для нужд рабочих не оборудуются.

Помещения для кормления детей. При предприятиях, в которых число работающих женщин составляет не менее 50 чел. в одну смену, должны быть устроены особые помещения для кормления грудных детей, состоящие из двух комнат: ожидальни и комнаты собственно для кормления. Принимается, что число кормящих составляет 7% от общего числа работающих в смене, а число одновременно кормящих составляет 50% от этого числа.

Хотя в действующих правилах и нет указаний на то, чтобы эти помещения обеспечивались уборными и умывальниками, но практически конечно устраивать их приходится, тем более, что по своим размерам они являются минимальными.

Проф. *А. Н. СЫСИН*

IV. САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА И НОРМЫ

I. Санитарная оценка питьевых вод

Для выяснения вопросов пригодности тех или иных вод для целей питьевого или хозяйственного пользования необходимо применить ряд различных санитарных исследований воды. Сюда относятся:

а) Исследование физических и органолептических свойств воды.

б) Исследование ее химического состава.

в) Исследование бактериологического ее

состава и, в частности, определения наличия патогенных микроорганизмов.

г) Биологическое исследование воды, т. е. изучение флоры и фауны водоема.

д) Санитарное обследование состояния этого водоема или того района, на территории которого находится изучаемый источник водоснабжения (грунтовая вода, родники и пр.).

При всех этих исследованиях, проводимых как непосредственно на месте, так и в лаборатории, получаемые результаты сопоставляются с принятыми в гигиене условными санитарными нормами и рядом местных условий, что дает возможность провести необходимую санитарную оценку воды и установить пригодность ее для пользования в общежитии.

В общем санитарные требования к воде, на учете указанных выше исследований, сводятся к следующему:

Физические свойства. Вода должна быть прозрачна, не иметь какого-либо цвета и запаха, быть освежающей на вкус и сравнительно низкой температуры. Прозрачность воды определяют через высокие стеклянные цилиндры с гладким дном, под которое подкладывается так называемый печатный шрифт Снеллена.

Цвет воды исследуется сравнением ее с дестиллированной бесцветной водой.

Запах воды определяется после нагревания ее в закупоренной колбе до 40 — 50° Ц. Особо определяется при этом запах сероводорода, проверяемый затем химическим методом. Вкус воды зависит от наличия в ней растворенного кислорода и углекислоты или от наличия минеральных солей. Температура определяется в самом водоеме помощью термометра, опускаемого в глубину. Температура должна быть около 7 — 11° Ц. Физическое исследование воды дает само по себе лишь самое первоначальное ориентировочное представление о санитарных качествах исследуемой воды.

Химический состав воды. По своему химическому составу вода не должна иметь в себе признаков загрязнения животными или иными отбросами и не иметь большого количества тех или иных примесей минерального происхождения.

Наиболее общепринятыми в гигиене ниже приводимые допустимые нормы химического состава воды (Эрисман) в миллиграммах на 1 *л* исследуемой воды.

Плотный остаток после выпаривания	500—600
Общая жесткость (немецкие градусы)	18—20
Состав жесткости:	
Окись кальция (CaO) и Окись магния (MgO)	180—200
Хлор (Cl)	20—30
Серная кислота (SO_3)	30
Азотная кислота (N_2O_5)	30—40
Азотистая кислота (N_2O_3)	Следы
Аммиак (NH_3)	Следы
Окисляемость, т. е. количество кислорода для окисления имеющихся в воде органических веществ	2—3

Из указанных примесей особенно существенно для санитарной оценки воды наличие значительных количеств азотистых соединений, причем присутствие аммиака и азотистой кислоты свидетельствует о недавнем загрязнении воды продуктами животного происхождения и их распаде; наличие азотной кислоты говорит о более давнем загрязнении и об идущих процессах минерализации. Хлориды в увеличенном количестве указывают на загрязнение воды мочей. Жесткость воды, т. е. наличие в ней щелочно-земельных солей (Ca, Mg), зависит от состава почвы и грунтов и играет немаловажную роль в технической оценке воды (значение для паровых котлов) и в санитарной (увеличенная затрата мыла, плохое разваривание пищевых продуктов и пр.).

Указанные нормы химического состава воды условны, и некоторые из них в отдельных случаях при прочих благоприятных условиях состояния воды и водоемов, по заключению местного санитарного надзора, могут быть повышены.

Нормы жесткости например в ряде местностей СССР повышаются до 30—40° и даже выше. Это конечно не относится к показателям животного загрязнения.

При более подробном изучении химического состава воды исследуются дополнительно наличие железа (Fe), окиси Na, K, Al, Mn, кремнекислоты, углекислота (CO_2) в разном ее состоянии, растворенный O, отдельные ядовитые тяжелые металлы (Pb, Cu). Определяется также обычно реакция воды и концентрация водородных ионов.

Исследование химического состава воды является одним из основных методов для санитарной ее оценки и производится в различные сезоны; однократный анализ мало доказателен.

Бактериологический состав. Санитарно безупречная вода должна быть стерильна, т. е. не содержать микроорганизмов. В природе это встречается лишь в глубоких грунтовых водах; обычно же вода водоемов имеет многочисленные группы микроорганизмов, б.-ч. сапрофитов, т. е. безвредных. Исследование бактериологического состава воды ведется в трех направлениях:

а) общий подсчет колоний бактерий (рост их после посева 1 $см^3$ воды на питательной среде);

б) присутствие кишечной палочки (титр bac. Coli);

в) нахождение патогенных микробов кишечных инфекций (брюшной тиф, паратифы, холера, дизентерия).

Санитарные нормы в области бактериологического состава воды сводятся к следующему.

Общее количество бактерий (колоний) в 1 $см^3$ исследуемой воды допускается различными авторами от 50 и до 1000 бактерий. Однократное исследование значения не имеет. Систематическое исследование в разные сезоны (паводки, разливы, времена года и пр.) дает уже точную картину для сравнительной санитарной оценки жизни водоема, тоже и для санитарной оценки отдельных стадий очистки воды и результатов этой очистки.

Наличие кишечной палочки (bacterium Coli) указывает на загрязнение отбросами животного происхождения; количественный анализ характеризует здесь степень загрязнения. Установленная методика определе-

ния кишечной палочки дает следующие нормы ее содержания в воде и соответственную оценку по этому содержанию (Уиппль).

Оценка воды	Наличие кишечной палочки в объемах воды
Очень чистая вода	в 100 и более *см*³
Достаточно чистая вода	в 10—100 *см*³
Подозрительная, но чистая вода	в 1—10 „
Плохая вода	„ 0,1—1 „
Очень плохая вода	в 0,01—0,1 „

Кишечная палочка чрезвычайно распространена в природе, как входящая в состав микрофлоры и фекальных отбросов людей и животных. При применении американской стандартной методики исследования воды на кишечную палочку определяют наличие двух основных ее разновидностей:

1) группу кишечной палочки фекального происхождения и

2) группу соответствующих бактерий почвенного происхождения.

Наличие патогенных микроорганизмов. Исследование на присутствие бактерий отдельных инфекционных заболеваний требует более длительной методики и применяется во время эпидемий или опасности возникновения таковых. Наичаще приходится прибегать к определению бактерий брюшного тифа и паратифа. Холерные вибрионы в воде определяются сравнительно простой методикой.

Помимо указанных трех групп бактерий, которые изучаются при бактериологическом исследовании воды, в отдельных случаях, особенно в воде стоячих водоемов, проводится еще исследование на наличие глистных зародышей, зачастую передаваемых через воду. Таким путем были найдены в воде яйца различных глист (аскариды, острицы, власоглав и др.).

Биологическое изучение воды. При этом изучении флоры и фауны данного водоема по характеру и степени развития в последнем определенных видов растений и животных можно судить о загрязнении воды и об ее самоочищающей способности. Исследования должны быть также систематическими и по сезонам. Результаты сопоставляются с эмпирическими нормами, которые характеризуют разного состава воду. Свободно плавающие в воде организмы, изучаемые таким путем (водоросли и др.), носят название планктон; живущие на дне и на берегах — бентос. Вся масса этих организмов по отношению к степени загрязнения водоема распадается на три группы:

Полисапробная группа — встречается обычно в очень загрязненных волах. Одновременно химический и бактериологический анализы указывают также наличие загрязнения и органическими отбросами и громадное количество бактерий (до 1 млн. и выше).

Мезосапробная группа — встречается в воде более удовлетворительной с санитарной точки зрения; число организмов больше, развивается большее количестве водорослей; вода обладает растворенным кислородом и способна к самоочищению. Число бактерий меньше.

Олигосапробная группа — характеризует чистые воды. Разнообразие видов организмов более сложного биологического строения (высшие организмы).

Биологическое изучение водоемов особенно важно как дополнительное при решении вопроса о месте забора воды для питьевого водоснабжения и о месте спуска сточных вод. Этим путем по течению реки определяется нарастающая или убывающая способность данного водоема к самоочищению.

2. Санитарное обследование водоема

Анализ воды сам по себе все же недостаточен для решения общего вопроса о санитарной оценке ее. Необходимо так называемое санитарное обследование водоема и территории. По определенным схемам, разработанным санитарными органами, делается санитарное описание местонахождения данного источника, топографические и геологические условия, существующие и возможные виды загрязнения (свалки, отбросы, промышленнные и жилые сооружения), в связи с более отдаленными местами загрязнения и пр. Особенно существенно установить, нет ли той или иной указанной выше связи с каким-либо посторонним источником загрязнения. Для этой цели проводится исследование при помощи или некоторых красок (флуоресцип) или сильно пахнущих средств (сапрол), которые прибавляют в месте предполагаемого загрязнения и которые определяются затем и в самом водоеме. К санитарному обследованию, как и вообще к изучению санитарного состояния воды, должен привлекаться местный санитарный надзор.

3. Санитарные правила взятия проб воды на предмет исследования

Для всех указанных выше исследований воды необходимо забор воды в определенном количестве и с соблюдением санитарных требований. Для краткого обычного анализа берется около 2—3 *л* воды, для подробного 4—6 *л*.

В прилагаемом протоколе взятия воды указывается точно:

1) место и дата взятия пробы;

2) условия забора воды (на какой глубине, расстояние от берега);

3) количество воды;

4) основные сведения о водоеме.

Вода берется в чистые бутыли, предварительно несколько раз споласкиваемые той же водой; бутыли затем плотно закрываются и опечатываются. Для открытых водоемов глубина забора воды должна быть не менее 0,5—1 *м* от поверхности и вместе с тем выше дна. Кроме того не следует брать у берега (точно указать). При взятии из колодца и водопроводных кранов предварительно надо спустить часть воды. При пересылке воды на

исследование на далекие расстояния теряется возможность бактериологического анализа. Для взятия проб воды пользуются некоторыми приборами (Эсмарха), где можно строго проверести стерильность взятия. В известных случаях прибегают к консервированию воды с целью предохранить ее в пути от изменения ее состава. Тогда посылают несколько порций воды: в ту, которая пойдет на определение органических веществ и NH_3, прибавляют 2 *см*³ серной кислоты на 1 *л*; к той порции, которая пойдет на определение взвешенных веществ, плотного остатка, азотистой и азотной кислот и хлора, прибавляют 2 *см*³ хлороформа на 1 *л*, и т. д.

4. Санитарные охранные зоны водных источников

Постановлением СНК РСФСР от 6/VII 1928г установлена обязательность введения при всех водных источниках, служащих для центрального водоснабжения городов, рабочих поселков и других населенных мест, з о н с а н и т а р н о й о х р а н ы [1]. Точный текст этого чрезвычайно важного закона в основных своих статьях гласит следующее:

1. Во всех городах, рабочих поселках и крупных населенных местах, имеющих центральное водоснабжение (водопроводы) или строящих таковые, должна быть установлена зона санитарной охраны водных источников, питающих центральное водоснабжение.

2. Зона санитарной охраны должна быть введена и для водных источников, питающих водопроводы фабрик, заводов, железнодорожного и водного транспорта, если их водоснабжение, помимо обслуживания технических потребностей, служит для питьевых и хозяйственных нужд населения.

3. Зона санитарной охраны водных источников имеет целью предохранение последних от загрязнения, и изменения качественного и количественного составов, а также охрану специальных водных сооружений и окружающей местности от изменений и нарушений, могущих отразиться на водных источниках и подаваемой населению воде.

4. В границах зоны санитарной охраны водных источников вводится усиленный санитарный надзор и устанавливается лабораторный контроль за составом водных источников, питающих водопровод.

В границах зоны санитарной охраны водных источников воспрещается без получения предварительного положительного заключения местных санитарных органов всякие действия, ведущие к загрязнению почвы и водных источников, а также могущие иметь вредные для них влияния, как-то: разработка недр земли, проведение дорог, сводка леса, постройка зданий и сооружений со спуском сточных вод и отбросов в водные источники, заселение дачами и т. д., причем все мероприятия, сооружения и строительство подлежат предварительному санитарному надзору в соответствии с положением о санитарных органах Республики, утвержденным СНК РСФСР от 8/X 1927 г.

5. Границы зоны санитарной охраны и мероприятия по охране водных источников и водных очистительных сооружений разрабатываются санитарными органами подлежащих отделов здравоохранения местных исполнительных комитетов при участии органов коммунального хозяйства, местных советов народного хозяйства, НКПС и других заинтересованных ведомств и учреждений и утверждаются соответственными исполнительными комитетами, которыми издаются обязательные постановления об охране водных источников.

6. Зона санитарной охраны водных источников вводится во всех населенных местах, имеющих водопроводы, в течение одного года по вступлении в действие настоящего постановления, а в населенных местах, строящих и проектирующих водопроводы — с момента выбора для последних соответствующих водных источников.

(См. текст „Собр. узаконений РСФСР“ за 1928 г. № 79, стр. 546. То же см. „Сборник действующего законодательства по здравоохранению“, изд. НКЗ РСФСР, т. II, стр. 81).

В развитие этого закона НКЗ и НКВД составили и издали ряд инструкций о проведении его в жизнь (см. указанные выше Сборник по здравоохранению, т. II, стр. 82—88). На основании особого „Положения о зоне санитарной охраны“ (см. там же), утвержденного НКЗ и НКВД 10/X 1928 г. „в зону санитарной охраны должны входить водные источники, водные сооружения водопроводов и местность, окружающая и связанная с водными источниками и водными сооружениями“ (п. 3 „Положения“).

Сама зона распадается на отдельные части:

а) зона „строгого режима“,

б) зона „ограничений“,

в) зона „наблюдений“.

З о н о й „с т р о г о г о р е ж и м а“ охватывается место забора воды водопроводных сооружений. Она должна быть ограждена; воспрещается: впуск посторонних лиц без особого разрешения, всякое строительство, не имеющее отношения к водопроводу и всякое проживание.

В „з о н е о г р а н и ч е н и й“ охватывается территория данного водного источника и других источников, санитарное состояние которых может влиять на состав подаваемой воды и внести в нее то или иное загрязнение. В границах этой зоны устанавливаются специальные санитарные правила по наблюдению за недопущением свалок, спуска сточных вод, купания, полоскания белья, водопоя скота, устройства плотин, поглощающих колодцев, стоянки судов и пр. и предусматривающие порядок заселения этой территории и всех имеющих быть здесь построек и сооружений.

Наконец в „з о н е н а б л ю д е н и й“, смежной со второй зоной и могущей лишь косвенно быть опасной для загрязнения воды, не устанавливается особых санитарных правил, но ведется более тщательный санитарный учет водных инфекционных заболеваний

[1] Закон этот повторен в Союзных республиках.

с целью принятия немедленных мер к недопущению заражения источников водопользования.

Границы зоны санитарной охраны определяются в зависимости от характера водных источников (подземные, поверхностные воды), их мощности, скорости направления течения, рельефа местности, геологии, гидрогеологии, населенности, бытовых и экономических условий жизни населения и его занятий, развития промышленности и торговли, путей сообщения и прочих условий, вызывающих загрязнение водных источников, изменение качественного и количественного их составов и режима и развития водных инфекций.

Для непосредственного санитарного надзора в территории санитарной зоны выделяется особый санитарный врач (п. 9). На основании декрета СНК РСФСР от 14/V 1932 г. вводится особая водно-санитарная инспекция, находящаяся в составе местных санитарных органов.

Согласно новому тексту „Основных положений по проектированию водопроводов", принятых на Всесоюзном съезде по водоснабжению и санитарной технике в Свердловске в 1931 г., организация санитарных охранных зон должна входить как обязательная составная часть в общий проект всякого нового водопровода.

5. Санитарный лабораторный контроль за центральным водоснабжением

Специальным постановлением НКЗ и НКВД РСФСР от 4/XII 1926 г. установлена обязательность регулярного надзора и лабораторного контроля за центральным водоснабжением (см. „Сборник по здравоохранению", вып. II, стр. 93).

Этими правилами введен обязательный ежедневный лабораторный контроль воды на всех водопроводах по особым программам, устанавливаемым санитарными органами. Исследования производятся или в лаборатории здравотдела или в лаборатории на водопроводе, специально установленной и с особым штатом. В сметах на устройство и на содержание водопровода должны быть предусмотрены соответствующие кредиты (п. 12 указанных правил НКЗ и НКВД).

Эта обязательность лабораторных исследований воды повторена и в декрете СНК от 14/V 1932 г. „об очистке городов". Для работы лаборатории рекомендуются стандартные методы исследования питьевых вод.

6. Санитарные правила по хлорированию воды

Среди различных методов обезвреживания воды от патогенных микробов наиболее доступный и дешевый способ—хлорирование воды. На основании специальных распоряжений НКЗ от 15/V 1929 г., а также более общего постановления СНК РСФСР от 14/V 1932 г. („об очистке городов") установлена обязательность устройства при всех водопроводах установок по хлорированию. Согласно детальным „санитарным правилам по хлорированию питьевых вод" (15/V 1929 г. см. Бюллетень НКЗ 1932 г., п. 2)—хлорирование воды производится обязательно:

а) Если нет очистительных сооружений.

б) Если очистительные сооружения имеются, но получаемая вода после очистки не является безупречной в санитарном отношении.

в) Если очистные сооружения имеются, но они не могут дать безупречной в санитарном отношении воды в некоторые периоды значительного загрязнения водных источников (паводки и пр.).

г) Во время появления эпидемии водного происхождения.

Кроме того санитарный надзор может установить обязательность постоянного хлорирования.

Основные положения этих „Санитарных правил по хлорированию" следующие:

п. 8. Хлорирование на водопроводах может производиться раствором хлорной извести или жидким хлором. На случай порчи хлора должны всегда иметься и установки для хлорирования раствором хлорной извести.

п. 9. Хлорирование по возможности должно производиться в воде, осветленной отстаиванием, коагулированием или фильтрованием. Доза хлора устанавливается опытным путем, причем вода, поступающая потребителю, не должна содержать свободного хлора. Контакт воды с хлором должен быть не менее одного часа. При меньшем времени контакта хлора с водой должна быть увеличена доза хлора.

п. 10. Дозировка хлора и определение свободного хлора должны производиться периодически (первая не реже трех раз в неделю, вторая—ежедневно).

п. 11. Бактериологический контроль за результатами хлорирования должен быть не реже, чем через 1 день.

Обычная доза активного хлора на 1 *л* воды считается в 1 *мг* хлора.

7. Санитарные мероприятия при водных эпидемиях

Загрязненные воды могут быть источником развития эпидемий кишечных инфекций. Сюда относится холера, брюшной тиф, дизентерия паратифные заболевания, а также и другие остро-желудочные расстройства инфекционного происхождения. Опытом и рядом экспериментальных наблюдений установлено, что загрязненная вода как открытых водоемов, так и грунтовая, особенно в теплое время года, может служить удобной питательной средой для размножения соответственных кишечных бактерий. Последние же попадают в водоемы вместе с неочищенными фекальными и хозяйственными отбросами. Во многих случаях наблюдалось и перезимование этих бактерий в зимнее время (ил дна и берегов) и новые вспышки эпидемий. Как примеры таких

крупных водных эпидемий можно привести следующие:

а) Холерная эпидемия в Гамбурге 1892 г. Эпидемия дала 18 000 заболеваний и в том числе 8 605 смертных случаев.

Рядом расположенный город Альтона дал ничтожные цифры. Показатели заболеваний в Гамбурге: 30 случаев на 1000 населения, в Альтоне — лишь 4 на 1000. Гамбург питался зараженной холерными вибрионами нефильтрованной водой р. Эльбы, Альтона же пользовалась фильтрованной водой.

б) Холерные вспышки в б. Петербурге (1908—10 гг.). Общее количество случаев заболеваний было 16 635 (в том числе 7 273 смертных случаев). В Неве, в водопроводной воде, недостаточно фильтруемой, были найдены во многих случаях холерные вибрионы.

в) Сравнительные цифры заболеваемости брюшным тифом в Ленинграде и в Москве указывают на значительное превышение последних в Ленинграде, где до последнего времени санитарная сторона водоснабжения была поставлена в худшие условия, чем в Москве. Смертность на 100 000 населения в год исчислялась от брюшного тифа в Ленинграде в 1908—12 гг. в 52,9, в то же время в Москве она составляла лишь 12,9.

д) Брюшнотифозные вспышки в Лионе (Франция) в 1929 г. (2143 случая) с заражением р. Роны и в Ганновере (Германия) в 1926 г. (2423 случаях).

Обычным показателем состояния водоснабжения считаются в этих случаях относительные цифры смертности от брюшного тифа в тот или иной период времени на 100 000 населения. Сравнительная таблица этой смертности по крупным городам мира такова:

Таблица 1

Смертность от брюшного тифа

Города	1925 г.	1926 г.	Города	1925 г.	1926 г.
Калькутта . .	56,6	68,9	Париж.	6,0	6,4
Ганновер. . .	1,4	60,6	Нью-Йорк . . .	3,5	1,9
Каир.	41,1	38,8	Чикаго	1,5	0,9
Токио	—	30,0	Стокгольм . . .	1,4	0,7
Мадрид	12,3	18,8	Берлин	1,0	0,7
			Лондон	1,1	0,6

Проведение санитарных оздоровительных мероприятий и первую очередь устройство водопровода и канализации резко понижают смертность от брюшного тифа.

Но и при наличии водопровода и канализации для предупреждения водных инфекций требуется:

а) Обязательная организация санитарного надзора (водно-санитарная инспекция);

б) Обязательный ежедневный санитарный лабораторный контроль как за выпускаемой для потребления водой, так и за работой очистных сооружений;

в) Обязательная организация охранной санитарной зоны и строгий надзор за ней;

г) Обязательное хлорирование воды по указанию санитарного надзора;

д) Учет кишечных инфекций на ближайших территориях и тщательное их расследование;

е) Повторные медицинские осмотры персонала водопроводных станций на бациллоносительство (бактерий брюшного тифа), и в случае надобности временное освобождение их от работы.

8. Санитарные правила при устройстве канализации

При проектировании канализации необходимо в числе прочих условий предварительных изысканий провести через местные санитарные органы и подробное санитарное обследование данной территории, причем особо выделяются два важных санитарных момента. Первое — это изучение состава сточных вод, подлежащих удалению, особенно вод промышленных, и степени возможного их влияния на почву и грунтовую воду, а также на общественные водоемы, куда они намечены к спуску. Второе — это выбор той территории, куда будут направлены удаляемые сточные воды и санитарное ее изучение, в частности, особо тщательное изучение общественных водоемов с их гидробиологической и химической сторон (способность самоочищения).

Местный санитарный осмотр имеет также крайне важное и во многих случаях решающее значение, в зависимости от заселенности данной территории, наличия здесь тех или иных общественных учреждений, близости зоны охраны водопровода или лечебных сооружений и пр.

Сточные воды, подлежащие удалению, подвергаются санитарному лабораторному анализу, причем и здесь следует всегда сопоставлять эти данные лабораторного анализа с данными общего санитарного обследования города, района или промышленного предприятия, т. е. знать и учесть сезонное, суточное и иное колебания количеств и состава сточных вод, метеорологические и бытовые условия и пр. Санитарный анализ сточных вод может быть полный или сокращенный. При последнем обычно требуются следующие данные: температура сточной воды, цвет, запах, мутность и осадки (пленки), реакция, количество взвешенных веществ, баланс азота — его общее количество, аммиак, азотистая и азотная кислоты, сероводород, хлор, окисляемость (фильтрованной и нефильтрованной воды); кроме того проводятся пробы на загниваемость. При необходимости бактериологического исследования последнее проводится на определение патогенных микробов и на титр кишечной палочки. Пробы сточной воды для лабораторного исследования ее берутся не менее 3—4 *л*; в случаях пересылки они подвергаются иногда консервированию. Обычно надо брать различные пробы сточной воды в отдельные сроки или делать искусственную смесь (средняя проба).

Спуск сточных вод должен быть установлен после детального сопоставления состава этих сточных вод и состава санитарного состояния воды того общественного водоема, куда пойдет этот спуск. Поэтому наряду с общими требованиями при выборе места для спуска приходится особо учитывать эти местные условия. Общие санитарные нормы по спуску сточных вод в общественные водоемы установлены в РСФСР особым законодательным актом. Это так называемые „Санитарные правила о спуске сточных вод с территории населенных мест, фабрично-заводских и промышленных предприятий, жилых и других зданий и сооружений" (16/V 1929 г., за № 170/31, см. бюлл. НКЗ 1929 г. № 20 от 1/VI. Ввиду их важности эти правила даются полностью.

9. Санитарные правила о спуске сточных вод с территории населенных мест, фабрично-заводских и промышленных предприятий, жилых и других зданий и сооружений

1. В целях санитарной охраны водоемов от загрязнений, обусловливающих изменения физических свойств, химического состава и бактериальной флоры и источников водоснабжения, спуск всякого рода сточных вод с территории населенных мест (городов, рабочих, дачных и курортных поселков и селений), заводских и фабричных предприятий, учреждений, жилых и других зданий и сооружений разрешается производить только по получении соответствующего положительного заключения местных санитарных органов, в соответствии с настоящими правилами, причем спускаемые сточные воды должны удовлетворять нижеизложенным общим нормам.

2. Спуск сточных вод в поглощающие колодцы или использование для этих целей буровых скважин воспрещается.

3. Выбор водоема, в который намечается спуск сточных вод, производится при обязательном участии санитарных органов, причем место спуска сточных вод устанавливается в соответствии с требованиями, пред'явленными местными санитарными органами после непосредственного санитарного осмотра и обследования на месте.

4. Спускаемые сточные воды должны удовлетворять следующим общим нормам:

а) сточные воды не должны иметь фекального, гнилостного или другого ясно выраженного запаха;

б) сточные воды не должны иметь какой-либо явственно видимой искусственной окраски, вызываемой производством, сохраняющейся при разведении дестиллированной водой в 30 раз толще слоя в 10 см;

в) сточные воды не должны содержать взвешенных веществ более 60 мг на 1 л, причем в стоячих водах, содержащих взвешенные вещества с преобладанием неорганического вещества, количество взвешенных веществ может быть повышено до 80 мг на 1 л;

г) сточные воды не должны иметь масел и жиров животного, растительного и минерального происхождения ни в виде пленки, ни в эмульгированном состоянии, причем ирригация воды за пленку не считается;

д) сточные воды не должны содержать ни в растворе, ни в взвешенных частицах никаких ядовитых и вредно действующих на человека, домашних животных или рыб веществ;

е) сточные воды не должны иметь резко выраженной кислой или щелочной реакции;

ж) сточные воды не должны загнивать при хранении их в закрытом сосуде как в целом, так и в разбавленном виде в семидневный срок при температуре 20 град. Ц. Стойкость стоячих вод (стабильность) должна быть не ниже 80 проц. в тех случаях, когда она может быть определена;

з) содержание растворенного кислорода в воде водоема, смешанной со сточной водой, не должно понижаться ниже 4 мг на 1 л при смешивании, производимом лабораторным методом и в условиях практически осуществимого смешания стоячих вод с водой данного водоема.

5. Сточные воды лечебно-санитарных и ветеринарных учреждений, содержащие или могущие содержать возбудителей заразных заболеваний людей и животных и создавать опасность распространения инфекции, должны подвергаться обезвреживанию (дезинфекции) до поступления их в водоем или в общую массу сточных вод. Условия производства обезвреживания (дезинфекции) сточных вод устанавливаются в каждом отдельном случае по согласовании с местными санитарными органами.

6. В границах зон санитарной охраны водных источников, служащих для водоснабжения городов, рабочих поселков и других населенных мест, общие нормы чистоты сточных вод никакому снижению не подлежат. Местные санитарные органы согласно ст. 4 постановления СНК РСФСР от 6 июля 1928 г. «Об установлении санитарной охраны водных источников, служащих для центрального водоснабжения городов, рабочих поселков и других населенных мест» (СУ № 79, ст. 546) имеют право повышать указанные общие нормы и даже запрещать спуск сточных вод в водоемы в границах зон санитарной охраны.

7. Отступления от общих норм и их снижения постоянного характера могут производиться лишь на основании специального разрешения, даваемого в каждом отдельном случае Наркомздравом после соответствующего заключения в случае необходимости Ученого медицинского совета. Заключение это дается на основании материалов, с надлежащей полнотой освещающих местные условия в отношении водоемов, прилегающей местности и самого спуска сточных вод, в частности, данных о режиме и мощности водоемов, химическом, бактериологическом и биологическом составе воды в них, санитарном состоянии населенных мест, занятиях и быте населения, отношения их к водоемам и т. д., о характере сточных вод, составе и качестве спускаемых вод, режиме спуска и т. п.

8. Временное отступление от указанных в ст. 4 норм, за исключением требования, предусмотренного п. «е», может допускаться местными санитарными органами в зависимости от местных условий на время больших паводков, а также для метеорных поверхностных вод с территории населенных мест, причем санитарными органами должны быть выработаны точные условия такого спуска сточных вод на основании изучения и исследования данного водоема.

9. В случаях выявления новых условий, облегчающих спуск сточных вод, или установления вредного влияния спускаемых стоячих вод, местными санитарными органами на основании изучения, наблюдения и обследования водоема и местности, где производится спуск сточных вод, может быть возбужден вопрос о пересмотре тех требований и норм, на основании которых производится спуск сточных вод.

10. При выдаче разрешения на спуск сточных под по пониженным нормам должна быть обусловлена возможность устройства в случаях надобности, по требованию местных санитарных органов, дополнительных сооружений по очистке сточных вод, а при составлении проекта при постройке очистных сооружений должно быть предусмотрено место для их устройства и обеспечены соответствующие земельные площади.

11. Спуск всякого рода сточных вод в имеющуюся канализацию регулируется специальными местными правилами, разрабатываемыми при обязательном участии санитарных органов и издаваемыми в порядке обязательных постановлений исполкомов и горсовета (СУ 1926 г., № 39, ст. 304).

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ НАУЧНО-ТЕХ...
2812 12/59
8538

12. Наблюдение за выполнением данных правил за соблюдением общих санитарных норм при проектировании и строительстве, за правильной работой очистных сооружений для сточных вод и за санитарным состоянием водоема, куда производится спуск сточных вод и окружающей местности, возлагается на местные санитарные органы согласно ст. 20 Положения о санитарных органах республики от 8/X 1927 г.

13. Ответственность за нарушение настоящих правил устанавливается обязательными постановлениями, издаваемыми в соответствии с настоящими правилами местными исполкомами и горсоветами на основании п. «г» ст. 7 Положения об издании обязательных постановлений исполнительными комитетами и горсоветами (СУ 1920 г., № 39, ст. 304).

14. С изданием настоящих санитарных правил отменяется положение о нормах чистоты сточных вод, изданное при циркуляре НКЗ № 263 от 12/X1 1920 г. Бюллетень НКЗ № 22—23 г.).

В области очистки и обезвреживания сточных вод имеются как общие санитарные правила, так и некоторые специальные распоряжения органов здравоохранения. Из последних надо упомянуть о санитарных правилах по хлорированию сточных вод, изданных НКЗ 5/I 1930 г. (согласованных с НКВД). В этих правилах устанавливается обязанность хлорирования всех тех вод (сточных), которые содержат возбудителей заразных болезней людей и животных и создают опасность заражения воды и почвы в распространении инфекции.

Это хлорирование не может быть рассматриваемо как метод, заменяющий очистку этих вод (п. 3 правил).

Достаточно эффективными показателями понижения количества бактерий в сточной воде при ее хлорировании может считаться их уменьшение на 99% и во всяком случае не ниже 95% (п. 9).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник действующего законодательства по здравоохранению, вып. II, М. 1923—1925 гг.
2. Хлопин, Основы гигиены, М. 1923—1925 гг.
3. Хлопин, Курс гигиены, М. 1930 г.
4. Игнатов, Практическое руководство по методике санитарно-гигиенических исследований, М. 1929 г.
5. Сыопи, Левинсон, Чистяков, Дезинфекция, дезинсекция и дератизация, М.1.32 г.
6. Стандартные нормы исследования воды. М. 1928.

Инж. *Б. С. ТИКУНОВ*

V. ПОРЯДОК ПОЛУЧЕНИЯ ПРОМЗАДАНИЯ, СОСТАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ И РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА

1. Перечень материалов, необходимых для составления основных положений и проектов

Приступая к составлению основных положений в разработке проекта, проектная организация должна иметь для этого все необходимые точные и вполне установленные сведения.

Они могут быть подразделены на 3 группы.

А) Промзадание, получаемое непосредственно от заказчика проекта водоснабжения или канализации промышленного предприятия или организации, разрабатывающей технологический проект последнего.

Б) Материалы, утвержденные хозорганом или объединением, в которое входит данное предприятие.

В) Местные данные об источниках водоснабжения и др., получаемые в результате производства изысканий. Эти взыскания могут быть произведены проектной организацией или получены от заказчика. В последнем случае все-таки проектная организация должна командировать на площадку предприятия своего опытного работника для ознакомления с местными условиями.

Желательный порядок получения сведений: сначала п. „А“, затем п. „Б“ и п. „В“ — не всегда может быть выдержан на практике, в особенности при сомнительных источниках водоснабжения. Нередко изыскания производятся в то время, когда еще только ориентировочно известен расход воды.

Все сведения должны быть уточнены к началу составления основных положений, решающих все главные и принципиальные вопросы по данному проекту.

2. Промзадание на составление проекта

Сведения, которые должно содержать промзадание, указываются в вопросниках, предъявляемых заказчику проектной организацией до начала проектирования. Сообщаемые на вопросники ответы различаются в зависимости от того, какие сооружения должны проектироваться: наружные, внутренние или те и другие совместно.

I) ВОПРОСНИК

для промышленного предприятия на проектирование наружных и внутренних водопроводов, канализации и водостоков предприятия и поселка при нем

I. Общие сведения

1. Срок пуска предприятия и данные о последовательном расширении промышленного предприятия (с указанием выпускаемой продукции по укрупненным измерителям) и поселка на первые 6 лет и перспективы дальнейшего расширения.

2. Перечень близрасположенных промышленных предприятий и поселков с указанием срока их пуска для разрешения вопроса об устройстве общерайонных сооружений.

3. Число рабочих и служащих в различные смены по всем цехам и зданиям (мужчин и женщин отдельно) с указанием числа рабочих, пользующихся душами.

Наименование цеха и его здания	Число рабочих и служащих по сменам					Число пользующихся душами по сменам				
	I	II	III	IV	Итого	I	II	III	IV	Итого

Примечания: 1) В числителе указывается число рабочих, в знаменателе — число служащих.

2) В таблице указывается число рабочих и служащих, которое фактически будет находиться на работе в данную смену.

4. Время начала и конца работы каждой смены и обеденного перерыва.

5. На какое число жителей проектируется поселок промышленного предприятия и перспективы его предельного развития.

Типы здания и этажность их.

Типы зданий	Этажность	Число зданий	Число жителей в одном здании

6. Сведения о бане, прачечной, столовой и других общественных зданиях на территории поселка.

Наименование здания	Пропускная способность в сутки	Дни работы	Часы работы

7. Данные о грунтах на территории предприятия и поселка и грунтовых водах (глубина их, характеристика или анализ грунтовой воды).

8. Источники получения электроэнергии. Обеспеченность предприятия от перебоев и снабжении энергией при получении тока от одной электростанции. Стоимость тока за квч. Характеристика и вольтаж тока.

9. Какие местные материалы могут быть использованы при производстве водопроводно-канализационных работ. Какие материалы являются наиболее дефицитными в данном районе.

10. Сведения о стоимости рабочей силы, материалов и транспорта.

II. Водопроводы

1. Расход воды (безвозвратной) для нужд производства, с указанием его неравномерности, требований, пред'являемых к качеству воды и необходимый напор в водопроводной сети у каждого цеха.

временные расходы — наполнение баков, ванн учитывать отдельно с указанием продолжительности и времени).

2) В этой таблице указывается расход воды для ФЗУ (число учеников), конного двора (число лошадей), гаража (число машин легковых и грузовых) и других зданий, расположенных на площадке.

3) В этой же таблице сообщать расходы воды на мытье полов, поливку проездов с указанием, являются ли точно установленными указанные часы этих расходов или они могут быть изменены по усмотрению проектирующей организации.

2. Расход оборотной воды для нужд производства с указанием его неравномерности, процента добавления свежей воды, температуры и напора.

3. Перечень цехов, для которых должна быть обеспечена бесперебойная подача в любое время полного или уменьшенного расхода воды.

Наименование цеха	Необходима подача полного расхода воды	Допустимо снижение расхода до *л/с*

4. Перечень наиболее высоких зданий с указанием высоты до верха сгораемого перекрытия.

5. Перечень зданий, в которых возможна постановка напорных баков с указанием допускаемой емкости последних.

6. Указать все вводы в здания [1] и расчетные расходы воды по каждому вводу (по всем сетям).

Наименование здания	Хоз.-питьевая вода		Произв. вода (безав.)		Произв. вода (обор.)	
	№ ввода	Расч. расх. *л/сек*	№ ввода	Расч. расх. *л/сек*	№ ввода	Расч. расх. *л/сек*

7. Особые задания (устройство специальной питьевой сети, прокладка труб в тоннелях и пр.).

III. Канализация

1. Данные о расходе производственных сточных вод (указать изменения по сравнению с подачей водопроводной воды) и составе их, с указанием особенностей технологического процесса, влияющих на загрязнение воды или возможности спуска их без очистки

Примечания: 1) В графе максимальных расходов указывать только расходы, отличающиеся от расходов, принятых для проектирования водопроводов по времени или величине (опорожнение баков, мойке и пр.).

2) В графе состава воды указывать ожидаемую наивысшую концентрацию различных со-

Наименование цеха	Расход воды *м³/сут*					Коэфициент неравномерности		Требования, предъявляемые к качеству воды	Высота цеха *м*	Необход. свободн. напор в цеху *м*
	I	II	III	IV	Итого	Величина	К какому часу относится			

Наименование цеха	Раоход воды в *куб. м*					Коэфициент неравномерности		% свежей воды	Температура		Необход. свободн. напор для обор. воды
	1	II	III	IV	Итого	Величина	К какому часу относится		Подав.	Спуск.	

Примечания: 1) В графе смен указывается дробное число, причем числителем является расход воды за смену в м³, а знаменателем — число часов подачи его (кратко-

[1] II. 6 заполняется в том случае, если внутренние водопроводы проектируются другой организацией.

Наименование цеха	Максимальный расх. *л/сек*	Особенности техн. процесса, влияющие на загрязнение воды	Состав сточных вод	Допустим ли по заключению санинадзора выпуск воды без очистки

лей или привести полный анализ воды (данного предприятия или другого предприятия аналогичного производства).

2. В каких цехах нужна очистка оборотной воды.

Наименование цеха	Чем загрязняется оборотная вода	Количество различн. загрязнений в оборотной воде

3. Указать все выпуски изданий или расчетные расходы воды по каждому выпуску как для хозяйственно-фекальной, так и для производственной сети.

сооружений (наносные станции, очистные сооружения и пр.) с показанием всего оборудования.

Б. Для проектирования внутренних сооружений

1. Строительные проекты всех зданий (планы всех этажей, разрезы и фасады) и рабочие чертежи конструкций, с которыми должны быть увязаны проектируемые сети (фундаменты, колонны, перекрытия и др.). На планах бытовых помещений показываются все уборные и душевые помещения, с точным обозначением всех санитарных приборов. На планах бытовых и производственных помещений указываются места рас-

Наименование здания	Хоз.-фекальн. сточн. воды		Производств. сточн. воды подлежащ. очистке		Произв. воды, спускаемые без очистки	
	№ выпуска	Расч. расх.	№ выпуска	Расч. расх. *л/сек*	№ выпуска	Расч. расх. *л/сек*

4. Особые задания (предусмотреть возможность присоединения каких-либо удаленных зданий и пр.).

положения питьевых фонтанчиков и поливочных кранов.

2. Технологические проекты (планы расположения всего оборудования) с показанием всех точек производственного расхода воды (как безвозвратной, так и оборотной) и указанием самого расхода (суточный и м³ и максимальный — в секундолитрах).

На планах должны быть показаны все подземные каналы, тоннели и трубопроводы (теплофикационный, электротехнический, производственные трубопроводы и др.) и указаны желательные направления водопроводных, канализационных и водосточных сетей.

3. Чертежи всех имеющихся водопроводных, канализационных и водосточных сетей (для реконструируемых цехов), с показанием всех диаметров.

IV. Водостоки

1. Сведения об атмосферных осадках по данному району за предыдущие годы (количество годовых осадков, продолжительность и интенсивность отдельных ливней).

2. Типы дорог и тротуаров на территории промышленной площадки и поселка.

3. Указать все выпуска внутренних водостоков из зданий, и площадь крыши на каждый выпуск и длину отводной линии (см. табл.).

Перечень чертежей, дополняющих сообщаемые по вопроснику сведения

А. Для проектирования наружных сооружений

1. Общий рельефный план всего района с показанием всех промышленных предприятий, поселков и селений, путей сообщения и водоемов (масштаб не менее 1 : 50,000 или 1 верста в 1 дюйме).

2. Генеральный план промышленного предприятия в горизонталях через 0,5 м с показанием на нем всех зданий, дорог, путей сообщения, зеленых насаждений и крупных подземных сооружений — тоннели теплофикационный, энергетический и пр. (указать их размеры и глубину заложения), а также существующих сооружений и сетей водопровода, канализации и водостоков (указать их диаметры, глубину заложения, профили). Этот план должен быть увязан с планом поселка (масштаб не менее 1 : 5000).

3. Генеральный план поселка в горизонталях через 0,5—1 м с показанием всех зданий, жилых и общественных, дорог и зеленых насаждений, существующих сетей водопровода, канализации и водостоков (указать диаметры, глубину заложения и профили) и пунктов расположения водоразборных колонок (масштаб не менее 1 : 5000).

4. Планы всех имеющихся водопроводных, канализационных и водосточных сетей (для реконструируемых предприятий) с показанием всех диаметров, смотровых колодцев (по канализации и водостокам профили), а также чертежи всех имеющихся водопроводных и канализационных

2) ВОПРОСНИК

для промышленного предприятия и объединения на проектирование наружных водопроводов и канализации предприятия

1. Нормы расхода производственной воды на единицу выпускаемой продукции (должны быть утверждены НТО об'единения).

2. Задания на проектирование противопожарного водопровода (должны быть подтверждены пожарной охраной об'единения или пожарным отделом наркомата).

а) подлежат ли спринклерованию какие-либо здания (перечень их);

б) к какой категории по пожарной охране относится данное предприятие;

в) число одновременных пожаров на предприятии и поселке и расчетный расход воды на каждый пожар, отдельно для всех видов пожаротушения (действие спринклеров, внутренних пожарных кранов и наружных гидрантов);

г) тип пожарных гидрантов (надземный или подземный) и диаметр их.

3) ВОПРОСНИК

на производство изысканий для проектирования водопроводов, канализации и водостоков промышленных предприятий и поселков

I. Водоснабжение

1. Указать возможные источники водоснабжения промышленного предприятия, собрав следующие сведения по каждому из них.

---

1 П. 3 заполняется в том случае, если внутренние канализац. устройства проектируются другой организацией.

А. Присоединение к городскому или общерайонному водопроводу [1]

а) возможные пункты присоединения (показать на плане и диаметры труб;

б) количество воды, которое может быть получено из каждого водопровода как за сутки, так и в различные часы суток и минимальный напор у места присоединения (эти данные должны быть подтверждены местной организацией, эксплоатирующей водопровод);

Часы суток	Допускаемый расход из сети $м^3/час$	Напор в $м$

в) стоимость отпускаемой воды;

г) характеристика воды (состав, пригодность для питья).

Б. Подземные воды

а) данные о существующих скважинах близ площадки промышленного предприятия (см. табл.):

Место расположения скважины	Из какого водон. слоя	Глубина скважины	Отметка стат. горизонта	Отметка динам. горизонта	Дебит скважины	Имеется ли фильтр	Тип имеющ. насосного оборудования	Глубина всасывающих труб

б) результаты гидро-геологического обследования района; геологическое строение местности, водоносные горизонты и пр. (подтвердить заключением местной компетентной организации или специалиста);

в) влияние одной скважины на другую при одновременной откачке;

г) анализ воды из скважины и заключение санитарного надзора о возможности пользования этой водой.

В. Поверхностные воды

а) Данные о мощности водоемов в различные времена года и отметки воды с представлением профиля русла.

Время года	Отметка воды	Расход воды	Примечание

В примечании указать время ледостава и вскрытия водоема, толщину льда и пр.;

б) выбор места приема воды в санитарном отношении (наименьшая загрязняемость, возможность устройства охранной зоны). Заключение местного санитарного надзора;

в) данные о направлении и скорости течения воды. Возможность подмыва берега. Возможность образования песчаной отмели;

г) наблюдались ли случаи образования донного льда (охарактеризовать таковые);

д) анализ воды с заключением местного санитарного надзора.

2. Данные о грунте в месте расположения водоприемника, насосных станций, резервуаров и других водопроводных сооружений, а также по трассе водоводов к территории поселка и площадки предприятия (характеристика грунта, допускаемое напряжение на него, наличие грунтовых вод и глубина их).

3. На какой глубине по местным условиям допустима прокладка водопроводных труб.

II. Канализация

1. Основания для выбора способа очистки хозяйственно-фекальных и производственных сточных вод, с заключением местного санитарного органа, с сообщением следующих сведений.

А. Присоединение к городской канализационной сети

а) возможные пункты присоединения (показать на плане), диаметры труб городской магистрали и глубина их заложения (точные отметки);

б) количество воды, которое может быть спущено в городскую канализационную сеть, как суточное, так и максимальное (сведения должны быть подтверждены организацией, ведающей эксплоатацией канализации);

в) тарифы за пользование городской канализацией.

Б. Поля орошения или фильтрации

а) перечень участков, которые могут быть отведены под поля орошения или фильтраций с подробной качественной характеристикой грунта;

б) возможно ли подведение к полям сточных вод самотеком или необходимо устройство насосной станции (место ее расположения);

в) данные о водоносных горизонтах на участках, отводимых под поля орошения или фильтрации, и возможность попадания в них дренажных вод;

в) в какой водоем могут быть отведены дренажные воды с полей (с заключением санитарного надзора);

д) данные о целесообразности устройства на полях орошения огородов и молочных ферм.

В. Очистные сооружения для сточных вод

а) данные о мощности водоема, в который предполагается выпустить сточные воды в различные времена года с указанием отметок и глубины слоя воды в водоеме, толщины льда и др.;

б) выбор места выпуска сточных вод в санитарном отношении (заселенность ниже места спуска сточных вод) с заключением санитарного врача;

в) данные о направлении и скорости течения воды и возможности подмыва берега;

г) возможен ли пропуск сточных вод через очистные сооружения самотеком или необходимо устройство насосной станции (место ее расположения).

2. Данные о грунте в месте расположения очистных сооружений, насосных станций и по трассе водоводов.

3. На какой глубине по местным условиям допустима прокладка канализационных труб.

III. Водостоки

1. Выбор допускаемого по санитарным условиям места выпуска ливневых вод в какой-либо водоем, овраг и т. п., к которому они могут быть подведены самотеком.

Перечень чертежей, дополняющих сообщаемые по вопроснику сведения

1. Планы всех участков, отводимых под водоприемные или очистные сооружения, поля орошения или фильтрации, насосные станции и пр., увязанные с основным генеральным планом в горизонталях через 0,5—1 м с показанием водоемов (масштаб 1 : 200).

2. Продольные профили по трассам намечаемых водоводов к поселку или площадке от водоприемных, очистных сооружений или насосных станций (обычные масштабы горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 100).

3. Профили русла водоемов, являющихся возможными источниками водоснабжения, или предназначающихся для выпуска сточных вод с по-

[1] Если имеется несколько водопроводов, то по каждому из них.

казанием различных горизонтов (высокий, меженний, низкий, ледостав).

4. Геологические резервы имеющихся буровых скважин.

3. Порядок разработки проектов

Проекты наружных водопроводов, канализаций и водостоков состоят из 3 частей, разрабатываемых последовательно:

А. Основные положения со схемами проектируемых сетей и сооружений.

Б. Технические проекты (разрабатываются по утверждении основных положений).

В. Рабочие чертежи (разрабатываются по утверждении технического проекта).

Практиковавшееся ранее составление эскизных проектов (промежуточная стадия работы между основными положениями и техническим проектом), значительно удорожающее проектирование в целом, не должно иметь места при наличии достаточно проработанных основных положений.

Проекты внутренних устройств разрабатываются сразу в окончательном виде.

4. Основные положения

Основные положения должны давать полную характеристику объекта проектирования с учетом местных особенностей и указывать способы разрешения поставленных задач, сообщая, в частности, все принятые расчетные величины.

1) Состав основных положений по проекту водопровода [1]

1. Данные о числе рабочих и служащих предприятия (по цехам и в различные смены) и о числе пользующихся душами. Принятые нормы потребления, коэфициенты неравномерности, расчетные расходы воды для хозяйственно-питьевых надобностей — суточный и максимальный секундный. Необходимые напоры.

2. Данные о расходе производственной воды в различных цехах как оборотной, так и безвозвратной.

а) размеры производства по цехам и принятые нормы расхода воды (согласованные с НТО объединения);

б) колебание расхода воды по цехам в различные часы (таблицы или график суточного расхода воды);

в) требования к качеству и температуре производственной воды;

г) величина свободного напора, необходимого у отдельных цехов.

3. Данные о расчетном населении поселка промышленного предприятия (1-я очередь и полное развитие) с учетом коэфициента семейности. Принятые нормы потребления и коэфициента неравномерности и расчетные расходы в различные часы (таблица или график). Данные о бане, прачечной и других общественных зданиях (пропускная способность, часы работы, расчетные нормы). Необходимые напоры.

4. Характеристика и степень опасности производства в пожарном отношении. Материал для постройки производственных корпусов в отношении огнестойкости. Перечень спринклеруемых зданий. Разряд противопожарного предприятия, расчетные пожарные нормы (согласованные с органами пожарной охраны объединения или П. О.).

5. Принятая система водоснабжения (возможность присоединения к районному или городскому водопроводу), число сетей и их назначение, оборот воды (с экономическим обоснованием.) Подразделение на очереди строительства.

6. Источники водоснабжения: характеристика, пригодность (согласованные с санитарным надзором), выбор места приема воды. Намеченный тип и размеры водоприемных устройств.

7. Система очистки и обезвреживания воды. Принятые расчетные данные.

8. Запасные резервуары для воды, тип, емкость.

9. Система подачи и распределения воды: насосные станции (перечень их, место расположения, число агрегатов, процент резервного оборудования), водоводы (экономический расчет, выбор материала), водонапорные башни (месторасположение, расчет емкости, высота), пневматические станции (система, емкость, напоры).

10. Допустимая по местным условиям глубина заложения труб.

11. Тип и диаметр пожарных гидрантов.

К основным положениям прилагаются:

а) Пояснительная записка, к которой должны быть приложены все необходимые документальные материалы (согласования с НТС объединения, пожарной охраной, санитарным надзором, изыскательские данные по источникам водоснабжения, согласование с организацией, эксплоатирующей водопровод (городской, районный), к которому присоединяется проектируемый и пр.);

б) генеральный план всей территории, подлежащей снабжению водою с указанием всех водопроводных сооружений;

в) генеральный план завода со схемами водопроводных сетей;

г) для поселков — утвержденная схема планировки последних.

2) Состав основных положений по проекту канализации

1. Данные о числе рабочих и служащих предприятия (по цехам в различные смены) и числе пользующихся душами. Принятые нормы потребления, коэфициенты неравномерности, расчетные расходы хозяйственно-фекальных сточных вод — суточный и максимальный секундный.

[1] Применительно к „Основным положениям для составления проектов хоз-питьевых и противопожарных водопроводов населенных мест и промпредприятий", принятых IV Всес. вод. и сан.-техн. съездом (Свердловск 1931 и подтвержденных НТС Союзстроя и Наркомхоза.

2. Данные о расчетном населении поселка (1-я очередь и полное развитие) с учетом коэфициента семейности. Принятые нормы потребления, коэфициенты неравномерности и расчетные расходы в различные часы (таблица, график). Данные о бане и прачечной и других общественных зданиях (пропускная способность, часы работы, расчетные нормы, количество сточных вод).

3. Данные о расходе производственных сточных вод и составе их.

4. Принятая система канализации (число сетей, отведение сточных вод различного состава, возможность присоединения к городской или районной канализации). Подразделение на очереди.

5. Канализационные сети: схемы, расчетные данные.

6. Способ отведения сточных вод: самотечная система, перекачка насосами. Насосные станции (место расположения, расчетные данные).

7. Способ очистки хозяйственно-фекальных сточных вод (согласованный с санитарным надзором). Выбор водоема и места выпуска сточных вод. Описание сооружений. Расчетные данные.

8. Способ очистки банно-прачечных вод (согласован с санитарным надзором). Описание сооружений. Расчетные данные.

9. Способы очистки (обезвреживание, нейтрализация) производственных сточных вод (согласованные с санитарным надзором). Выбор водоема и места выпуска. Описание сооружений. Расчетные данные.

К основным положениям прилагаются:

а) Пояснительная записка со всеми документальными данными (согласование с НТС объединения, санитарным надзором, местными органами, данные изысканий);

б) генеральный план канализуемой территории с показанием всех канализационных сооружений;

в) генеральный план завода со схемами канализационных сетей;

г) для поселков — утвержденная схема планировки последних.

3) Состав основных положений по проекту водостоков

1. Данные об атмосферных осадках.

2. Способ расчета водосточной сети и расчетные данные (климатическая постоянная, период переполнения, коэфициенты стока).

3. Схема водосточной сети, материал труб.

4. Выбор места выпуска ливневых вод (согласованный с санитарным надзором).

К основным положениям прилагаются:

а) Пояснительная записка с документальными материалами (метеорологические сведения, согласование с саннадзором);

б) план бассейна стока с показанием водосточной сети, отводных нагорных канав и выпуска ливневых вод.

5. Технический проект

1) Наружные водопроводы, канализация, водостоки

Технический проект должен быть составлен на основе полученных заданий и утвержденных основных положений настолько подробно, чтобы он давал полное представление о принятой системе, а также о месторасположении, конструкции и размерах (гидравлические расчеты) всех сооружений (резервуары, водонапорные башни, насосные станции, фильтровальные и очистные станции и пр.).

Технический проект служит основанием для составления ориентировочной сметы (по укрупненным измерителям), а также рабочих чертежей: строительных и монтажных.

Технический проект состоит из следующих чертежей:

1. Генеральный план района с показанием всех сооружений в масштабе не менее 1/50 000.

2. План площадки промышленного предприятия или поселка с горизонталями через 0,5—1 *м* с показанием всех зданий (снабжаемых водой или канализуемых), дорог и проездов, проектируемых сооружений, водоводов и распределительных сетей, с разбивкой на очереди выполнения, в масштабе не менее 1/5000.

3. Схема движения воды от места забора через все сооружения до распределительной сети (по канализации — схема движения сточных вод от насосных станций до выпуска).

4. Чертежи водосборных и водоприемных сооружений в масштабе не менее 1/100.

5. Чертежи насосных станций, водонапорных башен, резервуаров, очистных сооружений с показанием всего оборудования в масштабе не мевее 1/50.

6. Чертежи переходов под ж.-д. путями, через реки, дюкеров и других особых сооружений.

7. Трассы всех водоводов и профили по ним.

8. Планы и деталировка всех распределительных сетей (по канализации и водостокам — продольные профили).

К техническому проекту должны быть приложены:

а) пояснительная записка, содержащая описание всех сооружений, расчет диаметров труб, определение типа, производительности насосов и размеров их и двигателей, определение размеров очистных сооружений, водонапорных башен, резервуаров и пр.;

б) общий проект организации охранной зоны источника водоснабжения;

в) ориентировочная смета (по укрупненным измерителям) с подразделением на очереди строительства

г) эксплоатационная смета (по укрупненным измерителям) с подразделением по очередям

2) Внутренние водопроводы, канализация, водостоки

Технический проект должен давать возможность прозводства монтажа проектируемых устройств.

Он состоит из следующих чертежей:

1. Генеральный план участка с показанием прилегающих сетей, вводов или выпусков.

2. Планы фундаментов и этажей, с показанием всех трубопроводов, санитарных приборов, смотровых колодцев, задвижек, пожарных кранов и пр (проект внутренних водостоков содержит также план кровли с показанием водосточных воронок).

3. Схемы водопроводных сетей и необходимые разрезы по канализационной и водосточной сетям.

К проекту должны быть приложены:

а) пояснительная записка (для внутренних устройств, отличающихся сложностью) с расчетами диаметров труб;

б) спецификация приборов, арматуры, труб и фасонных частей;

в) производственная смета.

6. Рабочие чертежи

Рабочие чертежи строительные и монтажные, составляемые на основании утвержденного технического проекта, должны давать возможность полностью построить сооружение и пустить его в работу.

Строительные рабочие чертежи составляются на основании статических расчетов сооружений, выполняемых с учетом местных условий (качество грунта).

На чертежах указываются все детали конструкции и размеры (толщина стенок, арматура и пр.).

Монтажные рабочие чертежи указывают точные размеры всего оборудования, фундаментов для него и детали конструкции.

К рабочим чертежам должны быть приложены:

а) пояснительная записка (к чертежам, отличающимся сложностью).

б) производственная смета.

Инж. *Д. А. ИЛЬИН*

VI. ПОРЯДОК ЭКСПЕРТИЗЫ И УТВЕРЖДЕНИЯ ПРОЕКТОВ ПО ПРОМЫШЛЕННОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

До разделения ВСНХ СССР на отдельные наркоматы по тяжелой, легкой и лесной промышленностям действовал ряд приказов б. ВСНХ СССР, регулировавших порядок экспертизы и утверждения проектов по промстроительству (включая поселки промпредприятий).

С разделением на отдельные наркоматы порядок этот устанавливается каждым наркоматом самостоятельно [1].

По наркомату тяжелой промышленности приказом от 21 мая 1932 г. за № 320 все ранее действовавшие приказы ВСНХ [2], регулировавшие дело проектирования и экспертизы проектов, отменены и издана новая инструкция о порядке составления, рассмотрения и утверждения проектов по промстроительству, производимому НКТП СССР и подведомственными ему предприятиями. Тем же приказом Стройсектор Наркомтяжпрома должен издать ряд дополнительных разъяснений и указаний, которые им еще не опубликованы (о характере и размере лимитов пром.- и соц-быт. строительства НКТП, об оплате экспертизы НТС и введении единых расценок на проектирование).

В тех случаях, где поселение является смешанным и строится на средства промышленности, и коммунальные проекты рассматриваются на объединенных заседаниях НТС НКТП и НТС НКХ.

Таким образом единственным руководством к ведению экспертизы и утверждения проектов в настоящее время является Инструкция НКТП.

Выписка из инструкции о порядке составления, рассмотрения и утверждения проектов по промышленному строительству, производимому НКТП СССР и подведомственными ему предприятиями. Утверждена 19 мая 1932 г. НКТП

Раздел

Общие положения

§ 1. Настоящая инструкция издается на основания постановления СТО от 26 ноября 1931 г. и распространяется на все ряды промышленного строительства, производимого НКТП СССР и подведомственными ему хозорганами, предприятиями и учреждениями.

§ 2. К указанному в § 1 настолщей инструкции промышленному строительству относятся:

1) Строительство новых производственных предприятий, включая все производственные сооружения и их оборудование, вспомогательные сооружения, в том числе энергетические установки, транспортные устройства для целей промышленного характера, рабочие поселки, отдельные жилые, коммунальные, общественные здания, разного вида благоустройства и т. п., обслуживающие данное предприятие и осуществляемые на территории, отведенной для его нужд.

2) Работы по реконструкции и расширению (дооборудование и переоборудование) действующих или находящихся на положении консерва-

[1] По наркоматам легкой и лесной промышленности организованы НТС.

Приказы по ВСНХ СССР:

№	936 от 13/VIII	1926 г.	№	1059 от 7/VIII	1929 г.
№	885 от 23/VIII	1928 г.	№	1102 от 28/III	1930 г.
№	995 от 30/VIII	1928 г.	№	1396 от 20/V	1930 г.
№	339 от 19/I	1929 г.	№	1355 от 11/V	1930 г.
№	455 от 23/XII	1929 г.	№	86 от 12/II	1931 г.
№	428 от 15/II	1928 г.	№	1772 от 5/VIII	1930 г.
№	368 от 10/XII	1929 г.	№	667 от 1/X	1931 г.
№	1008 от 22/VII	1929 г.			

[2] П. 1 приказа № 15 от 5/I 1932 г. и циркуляр ВСНХ СССР № 41 от 12/II 1929 г.

ции предприятий, включая сюда и новое строительство для них.

Примечание. Утверждение проектов и смет по капитальному ремонту производится директором предприятия.

Раздел IV

Порядок утверждения проектов

§ 24. В целях установления контроля за технической правильностью и экономической целесообразностью каждого промышленного строительства проектные задания и технические проекты, а также производственные сметы подлежат в зависимости от размеров стоимости строительства в соответствии с установленными лимитами, утверждению СТО, НКТП СССР, Союзных объединений, трестов или руководителей предприятий по принадлежности.

§ 25. Проектные задания и технические проекты подвергаются до их утверждения обязательной предварительной экспертизе, согласно разделу V настоящей инструкции, а также согласованию в указанных в разделе VI настоящей инструкции инстанциях.

Утверждение проектов без предварительной экспертизы надлежащего органа (§ 39) запрещается.

Экспертиза и утверждение технического проекта производятся по всему объему строительства в целом; рассмотрение технического проекта по частям не допускается.

§ 26. Вышестоящим инстанциям предоставляется право требовать в отдельных случаях от нижестоящих инстанций на экспертизу и утверждение проекта новых предприятий или реконструкции существующих, независимо от стоимости строительства, если таковые запроектированы для новых или имеющих важное специальное значение производств, или отличаются новизной технологического процесса, а также кооперируются или комбинируются с другими предприятиями.

Раздел V

Экспертиза проектов

§ 37. Разработанные проектными организациями проектные материалы передаются на экспертизу в соответствующие отраслевые НТС.

§ 38. Для осуществления экспертизы проектные задания и технические проекты в соответствующей специальной их части передаются отраслевыми НТС,ами на предварительное обсуждение:

а) экспертным группам НТС по отдельным технологическим, производственным и экономическим вопросам;

б) строительству НТС в частях архитектурно-строительной, конструктивно-расчетной, санитарно-технической, противопожарных мероприятий и строительных смет;

в) Главэнерго НКТП в части электростанций и энергоустановок;

г) НТС по промышленному транспорту в части подъездных путей и внутризаводского транспорта.

Эксперты по отдельным вопросам имеют право голоса при решении вопросов их специальности.

В необходимых случаях в полной или частичной экспертизе проектных материалов могут привлекаться в установленном порядке иностранные консультанты или фирмы.

§ 39. Отраслевые научно-технические советы производят экспертизу проектных заданий и технических проектов во всем объеме с обязательным привлечением к участию в экспертизе строительного НТС других заинтересованных НТС и организаций.

Примечание. Проектирующие органы, действующие на основе утвержденных НКТП СССР уставов в отношении порядка экспертизы заданий и проектов, действуют на основании этих положений; в отношении же порядка утверждения заданий и проектов, а также в отношении объема и состава материалов действуют на основании настоящей инструкции.

§ 40. В целях полной увязки и согласования отдельных частей и элементов заданий и проектов при окончательной экспертизе НТС по данному проекту в целом, отраслевые НТС привлекают к рассмотрению заключений экспертных групп заинтересованные ведомства, учреждения и организации.

Протоколы единой экспертизы передаются отраслевым НТС в соответствующие органы НКТП СССР на рассмотрение при утверждении проектов.

Разногласия экспертных групп фиксируются в протоколе.

§ 41. Заключение отраслевого НТС даются в форме протоколов за подписями председательствующего на заседании НТС, председателей экспертных групп и ученого секретая НТС.

Председатели экспертных групп, каждый по своей отрасли, представляют заключение в письменном виде, которое прилагается к протоколу и должно быть роздано до заседания за 2 дня.

Все вопросы экспертизы решаются простым большинством голосов.

Особые мнения по принятым заключениям должны фиксироваться в протоколах или быть к ним приложены.

§ 42. В случаях несогласия с постановлением утверждающего органа всем экспертирующим организациям (§ 39) в 4-дневный срок со дня поступления к ним постановления названного органа, предоставляется право обжалования этих решений в Коллегию НКТП СССР.

§ 43. Проекты зданий и сооружений, составленные на основе утвержденных НКТП типовых проектов и являющиеся частями общего проекта строительства, должны подвергаться экспертизе, на основании ст. 81 постановления СНК СССР от 26 декабря 1929 г. «О мерах к оздоровлению строительства» только в отношении соответствия с местными условиями, общим размещением всех заданий и сооружений по генеральному плану и сметной стоимости строительства.

§ 45. Проектные задания и технические проекты предоставляются в соответствующие объединения НКТП СССР в 5 экземплярах.

Объединениями НКТП СССР вышеуказанные экземпляры проекта передаются на экспертизу своему отраслевому НТС для распределения следующим образом:

2 экз. остаются в отраслевом НТС.
1 экз. НТС по строительству,
1 экз. НТС промтранепроту,
1 экз. НКТ и Главэнерго, которые по рассмотрению возвращают его в отраслевой НТС.

НТС по строительству и промтранепорту могут передаваться только специальные части проектов, дополняемые материалами по указаниям и затребованиям этих НТС.

Ознакомление представителей НКЗ с проектами осуществляется в отраслевых НТС.

По окончании экспертизы один вполне исправный экземпляр отраслевой НТС передает в центральную библиотеку чертежей НКТП.

Раздел VI

Порядок согласования проектов

§ 47. При рассмотрении проектных заданий и технических проектов, подлежащих утверждению органами НКТП СССР, отраслевые НТС привлекаются к участию, кроме заинтересованных НТС, Главэнерго, а также представителей; НКТ СССР, НКЗ соответствующей союзной республики, органов УПВО НКТП СССР и др. заинтересованных органов НКТП СССР, а также заинтересованных ведомств и учреждений центральных комитетов соответствующего профессионального союза и ЦК РЦЖКО

Примечание. Представители ведомств при экспертизе проектов имеют право решающего голоса только по вопросам, относящимся к их компетенции.

§ 48. Все решения по вопросам охраны труда и здравоохранения принимаются большинством голосов НТС и представителей НКТ СССР и НКЗ союзных республик, причем в случае внесения

представителями НКТ СССР и НКЗ по принятому решению особого мнения вопрос окончательно разрешается Коллегией НКТП СССР по докладу Объединений НКТП СССР.

Неявка приглашенных представителей НКТП СССР и НКЗ союзных республик и других ведомств считается, как отсутствие возражений по проекту.

§ 49. Проекты, согласованные НТС в отношении охраны труда и здравоохранения с НКТ СССР и НКТ союзных республик и с органами здравоохранения союзных республик, а в части пожарной безопасности с органами пожарной охраны НКТП СССР не подлежат дальнейшему согласованию с местными органами труда, здравоохранения и пожарной охраны.

Инж. *Б. С. ПОСПЕЛОВ*

VII. ТЕХНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

1. Общая часть

Внешнее оформление санитарно-технических проектов должно отвечать нижеследующим задачам:

а) Давать полное представление об общей схеме проекта для всякого знакомящегося с ним.

б) Давать исчерпывающие данные о количестве работ и материалов по проекту. На всех трубопроводах должны быть указаны их диаметр, длины и уклоны.

Для характеристики материалов трубопроводов и указания приборов и фасонных частей должны быть использованы условные обозначения. (Часть условных обозначений у нас стандартизована) (фиг. 6). [1]

Все проектируемые сооружения и оборудования должны иметь необходимые размеры.

в) Проект, не в ущерб ясности, должен иметь возможно меньшие размеры, что достигается уплотнением чертежа и применением стандартных деталей. Масштабы должны соответствовать характеру данного чертежа.

г) Графика чертежей должна быть на должной высоте, так как всякий хороший, но плохо вычерченный, проект теряет в своем качестве.

д) Надписи на чертежах должны быть стандартного типа, и их размеры должны соответствовать характеру их назначения.

2. Внутренние устройства (водопровод, канализация и водостоки)

Опыт показал, что проекты внутренних водопроводов, канализации и водостоков могут и должны быть выполняемы на одних и тех же планах при условии разного обозначения различных трубопроводов.

Кроме этого на совмещенных планах наносятся все другие внутренние трубопроводы и каналы здания (отопление, вентиляция, нефтепроводы, газопроводы), подъемные механизмы и другие сооружения, с которыми должны быть увязаны сети водопровода, канализации и водостока.

Это помимо экономии в бумаге и работе, дает сразу полную картину расположения всех трубопроводов в помещении.

[1] ОСТ № 3612.

Таким образом проект санитарно-технического оборудования производственного здания должен состоять из планов фундамента этажей и крыши (если в проект входят внутренние водостоки) в масштабе $^1/_{100} - ^1/_{200}$ с показанием всех трубопроводов, проектирующихся на данных планах; схемы водопровода, разрезов канализации, разрезов и деталей водостоков и отдельных деталей, характерных для данного проекта.

На всех планах, схемах и разрезах трубопроводы изображаются одной линией.

Изображение отдельных частей внутреннего оборудования по этажам производится так, чтобы на чертеж попадали все трубы и приборы, заключенные между поверхностью пола изображаемого этажа и поверхностью пола этажа вышележащего.

На плане фундаментов изображаются (фиг. 7):

1. Ввод водопровода и все водопроводные линии, идущие под полом 1-го этажа с показанием вертикальных ответвлений от них и водопроводных стояков.

2. Канализационные выпуска, отводные от стояков линии с показанием стояков, и отводные линии от приборов 1-го этажа, проходящие под полом.

3. Водосточные выпуска, трубы и каналы с показанием стояков, прочисток и внутренних смотровых колодцев.

На плане 1-го этажа изображаются (фиг. 8):

1. Все санитарные приборы и производственные точки потребления и отвода воды 1-го этажа.

2. Все водопроводные трубы, проходящие по стенам и потолку 1-го этажа, и все стояки, идущие от них и к ним.

3. Все канализационные стояки, отводные трубы, идущие по стене выше пола и места прочисток в полу.

4. Все водосточные стояки, водосточные каналы, идущие по полу, места прочисток водосточных труб в полу и люки смотровых колодцев.

В таком же порядке изображаются трубы и оборудование вышележащих этажей.

При однородности расположения санитарных приборов по этажам может быть показав план только нижнего этажа с указанием на идентичность вышележащих.

На плане крыши показывается расположение водосточных воронок.

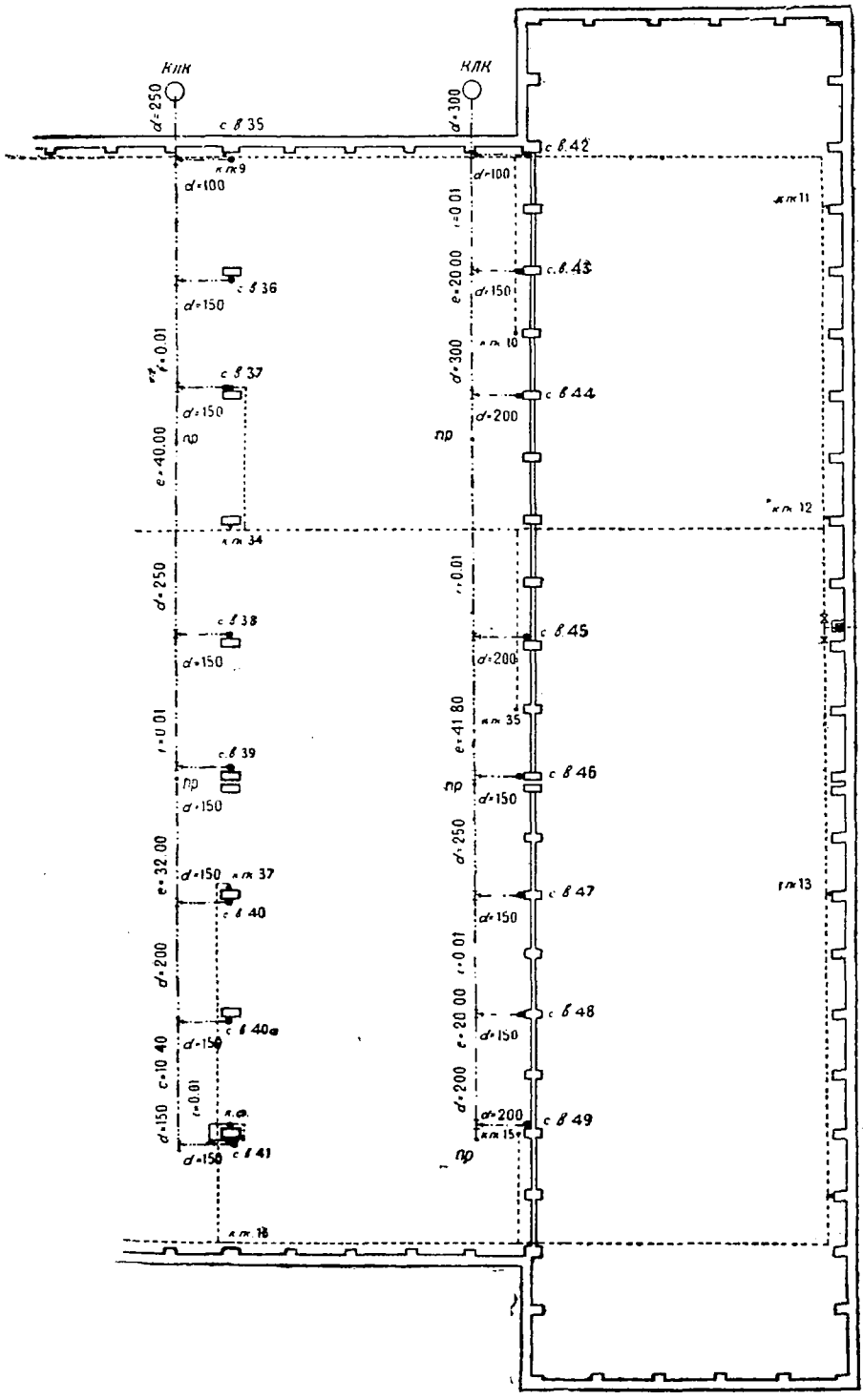
NN по пор.	Наименование деталей и приборов	Условн обознач при соединен		
		раструбн.	фланцев.	резьбовых
1	Труба с раструбом			
2	Труба с фланцами			
3	Труба с подвижными фланцами			
4	Труба с резьбой и муфтой			
5	Патрубок			
6	Колено, угольник [2]			
7	Колено с ножкой (подставкой)			
8	Отвод дуга [3]			
9	Тройник прямой			
10	Патруб с отрост для труб и резьб штуцер			
11	Тройник косой [4-5]			
12	Крестовина прямая			
13	Крестовина косая			
14	Выпуск			
15	Кран прямой проходной			
16	Задвижка			
17	Вентиль прямой проходной			
18	Вантуз воздушн			
19	Раковина			
20	Раковина угловая			
21	Кран водопроводн			
22	Умывальник			
23	Мировка			
24	Трап полсвой			
25	Муфта строительн овсной раструб			

NN по пор.	Наименование деталей и приборов	Условн обознач при соединен		
		раструбн.	фланцев.	резьбовых
26	Муфта ремонтная			
27	Переход			
28	Отвод двойной (сдвоенн колено)			
29	Разветвитель			
30	Колено двойное			
31	Заглушка			
32	Фланец глухой			
33	Пробка			
34	Отступ			
35	Седелка (оббод)			
36	Сифон			
37	Ревизия			
38	Унитаз (спереди) (сверху)			
39	Писсуар прямой			
40	Писсуар угловой			
41	Писсуар корыто			
42	Бочек промывной			
43	Бочек автоматический			
44	Ванна (в фасаде)			
45	Ванна в плане			
46	Пожарное подстов лов гидранты			
47	Тоже (с бобышками)			
48	Тоже (тройники)			
49	Тоже (крестовин)			

Труба ——— Муфта с резьбой ■

Соединен на резьбе ▣

Фиг. 6. Условные обозначения по ОСТ.



Фиг. 7. План фундаментов.

— .. — .. — .. Водопровод

- - - - - - - Водостоки

На всех линиях в плане должен быть обозначен диаметр. Материал труб указывается введением особых обозначений. На изображаемых в планах водосточных линиях, помимо этого, должны быть указаны уклон и длина, так как часто отдельных профилей по всем трассам водостоков не дается. Уклон, длины и диаметры труб канализационных и длины труб водопроводных указываются на разрезах и схемах.

Все санитарные приборы, воронки и стояки следует номеровать и вводить эту нумерацию как в планы, так и схемы и разрезы — это увязывает проект в одно целое и дает возможность читать его значительно быстрее.

Схема водопровода показывается в аксонометрических проекциях. Построение проекции ведется под любым углом, наиболее удобном для изображения.

Следует отметить, что для удобства изображения во избежание совмещения одних линий с другими при вычерчивании схемы допускаются некоторые отклонения от заданного масштаба. Диаметр и длина труб на схеме указываются: диаметр по мере его изменения и длина между каждым поворотом, ответвлением и точками изменения диаметра.

Разрезы по водосточным стоякам ввиду их большого числа и однотипности делаются не везде, а по наиболее характерным местам (масштаб $^1/_{100}$—$^1/_{200}$).

На разрезах указываются длины, уклон и диаметры отводящих линий, длины и диаметр стояков и схематично показываются фасонные части.

Кроме этого, там, где несколько воронок объединяются одним стояком, а также, где стояки проходят через крановые пути или перекрытия, должны быть вычерчиваемы детали этих присоединений и сопряжений стояков с элементами здания. Эти детали должны в противоположность схемам и разрезам вычерчиваться строго в масштабе (обычно $^1/_{10}$).

3. Наружные водопровод, канализация и водостоки

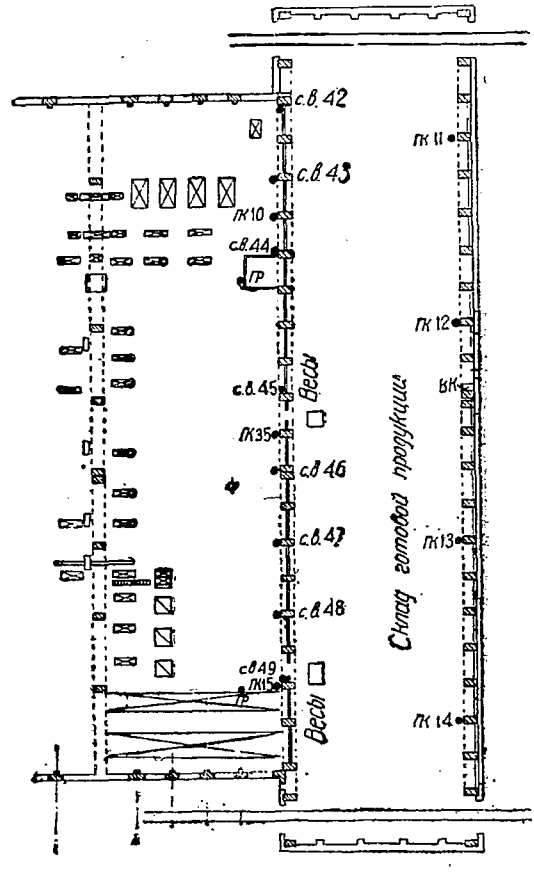
Для всех наружных трубопроводов следует иметь совмещенный генеральный план (фиг. 9); выполнение этого условия часто затрудняется тем, что проекты наружных устройств делаются или в разных организациях или разными специалистами.

Генеральный план с нанесением сети и главных сооружений обычно делается в масштабе от $^1/_{1000}$ до $^1/_{5000}$ в зависимости от величины предприятия или поселка и должен иметь горизонтали не более чем через 1 *м*.

В проекте водопровода на нем наносятся все сооружения и сеть. Сооружения должны быть увязаны с нивелирными отметками. На сети должны быть указаны все диаметры и длины труб, смотровые колодцы и пожарные гидранты. Кроме того на отдельных листах составляется подробная деталировка сети, которая, помимо точного обозначения длин и диаметров труб, обозначает все фасонные части на сети, указанные условными обозначениями. На чертеже деталировки обозначается спецификация всех фасонных частей и арматуры.

Проекты водопроводных сооружений состоят из планов и разрезов по наиболее характерным местам.

К проектам сооружений, содержащих трубопроводы (насосные станции, башни, водоприемники и др.), должна быть составлена схема, деталировка с условными обозначениями фасонных частей, задвижек и насосов и спецификация.



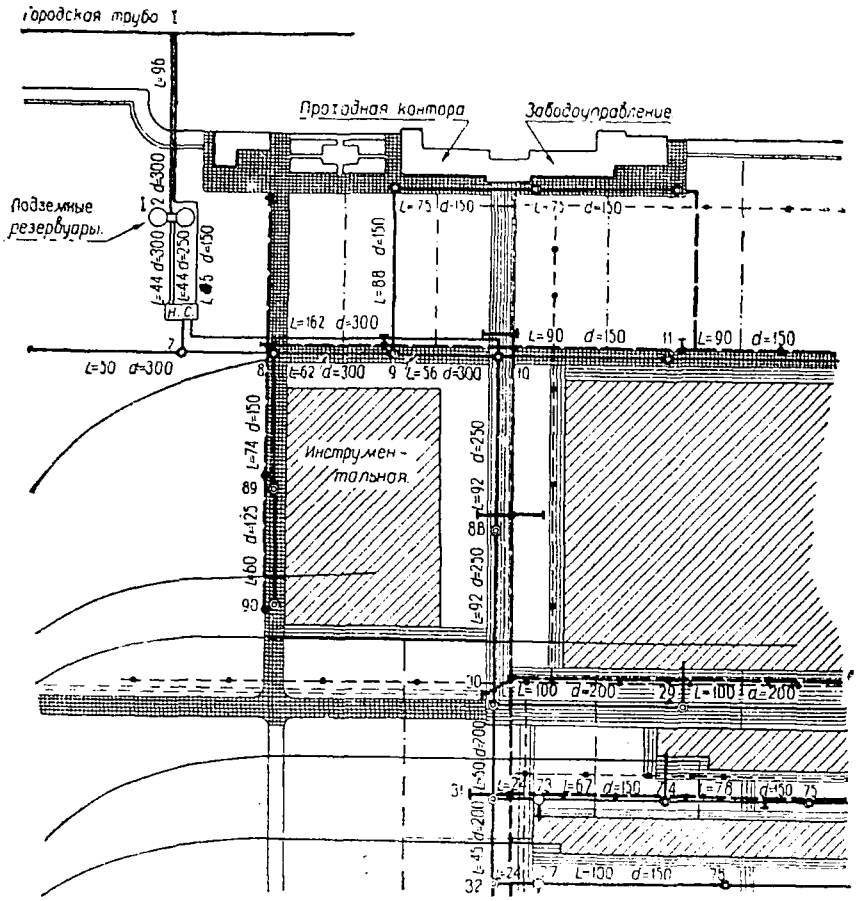
Фиг. 8. План 1-го этажа цеха.

Водозаборные сооружения вычерчиваются в масштабе не менее $^1/_{100}$, все остальные сооружения (насосные станции, башни и др.) не менее $^1/_{50}$.

Кроме всего указанного должны быть составлены профили водоводов и основных магистралей (в масштабе не менее $^1/_{10000}$ для горизонтальных расстояний и для вертикальных) и чертежи деталей сети, как-то: переходы через железные дороги, реки и т. д., и смотровых колодцев, не подходящих под стандартные размеры.

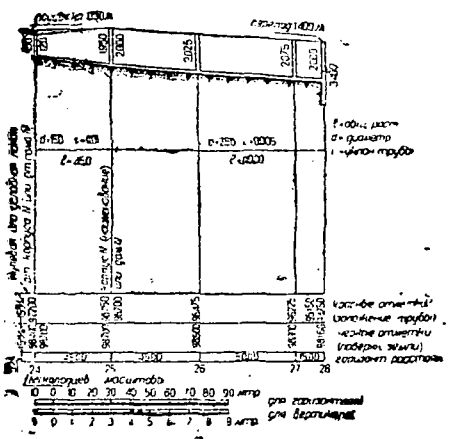
Проекты канализации и водостоков также состоят из генерального плана, профилей и проектов отдельных сооружений.

На генеральном плане должны быть нанесены все линии с обозначением их длин,



Фиг. 9. Генеральный план завода с показанием всех сетей.

диаметров и уклонов и все смотровые колодцы.



Фиг. 10. Профиль по линии канализации.

На профилях кроме этого показываются отметки поверхности земли, дна труб или каналов и глубины и высоты выемок и насыпей по пути трассы линии (фиг. 10).

Проекты сооружений канализации и водостоков также должны состоять из подробных планов и необходимого числа разрезов, характеризующих все элементы данного сооружения. На все фасонные части и оборудование сооружения должна быть составлена спецификация.

Проекты водопровода канализации и водостоков должны помимо взаимной увязки быть увязаны также со всеми наружными трубопроводами иного значения, как-го: тепловыми и силовыми магистралями, различного характера тоннелями и пр.

На планах и профилях необходимо указывать места всех пересечений, характер и габариты пересекаемого трубопровода или тоннеля и точное место по отношению к проектируемой, водопроводной или канализационной трубе.

Все надписи, характеризующие линии труб как водопровода так и канализации и водостоков, как-то: длины, диаметры и уклоны должны быть написаны на генеральном плане и других чертежах параллельно обозначаемой линии и по возможности по середине ее.

Инж. *Э. ХАЙД*

VIII. КОМПЛЕКСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ЗДАНИЙ [1]

Под термином „комплексное проектирование" следует понимать изображение на одном чертеже всех санитарно-технических систем, имеющихся в данном здании. Сюда относятся канализационные трубы, водостоки, хозяйственный и противопожарный водопроводы, производственный водопровод, горячая вода, питьевой водопровод, рециркуляционная система, газопроводы, сжатый воздух, отопительные подающие и обратные линии, вентиляция как приточная, так и вытяжная, со всеми приборами. В САСШ этот метод является стандартным при оформлении чертежей и применяется на практике уже в течение многих лет.

Совмещенный проект характеризуется методом его оформления, причем избегают схематического обозначения. На плане каждый трубопровод и прибор показан по возможности ближе к его действительному местоположению. Все перепады, стояки, отводы и другие детали главных линий показываются таким образом, как они в действительности должны быть установлены. В проекте показываются те детали, которые необходимы для монтажа данной установки, но избегают показывать ненужные детали и повторно показывать одну и ту же деталь.

Типовые присоединения к санитарным приборам показывают только один раз или совсем не показывают. По этой же причине по возможности и включаются также вертикальные разрезы. Вертикальные расстояния можно найти на архитектурных чертежах здания, которые вынускаются вместе с чертежами спецработ.

Часто вместо вертикальных разрезов вычерчиваются в большом масштабе планы отдельных помещений особенно в тех случаях, когда общий план сделан в мелком масштабе. Это дает возможность показать трубопроводы в уборных более детально в том случае, когда несколько труб проходят близко одна от другой. Часть плана зданий в большом масштабе является достаточной для типовых уборных, и таким образом можно избежать дублирования чертежной работы. Масштаб для этих планов должен быть 1 : 50, а в некоторых случаях 1 : 25.

Совмещенный проект дает много преимуществ по сравнению с отдельными проектами санитарно-технических устройств. Первое преимущество — экономия в работе. Требуется затратить меньше труда, чтобы выработать комплект совместных чертежей, чем сделать несколько комплектов отдельных чертежей (не повторяются одни и те же архитектурные детали). Кроме того получается большая экономия в бумаге. [1]

Совмещенный проект, разработанный в проектной конторе, дает возможность избежать необходимости выполнять совмещенные чертежи нескольких отдельных систем на строительстве во избежание пересечения одной системы другой. При производстве работ удобнее пользоваться совмещенными чертежами, чем несколькими комплектами отдельных проектов.

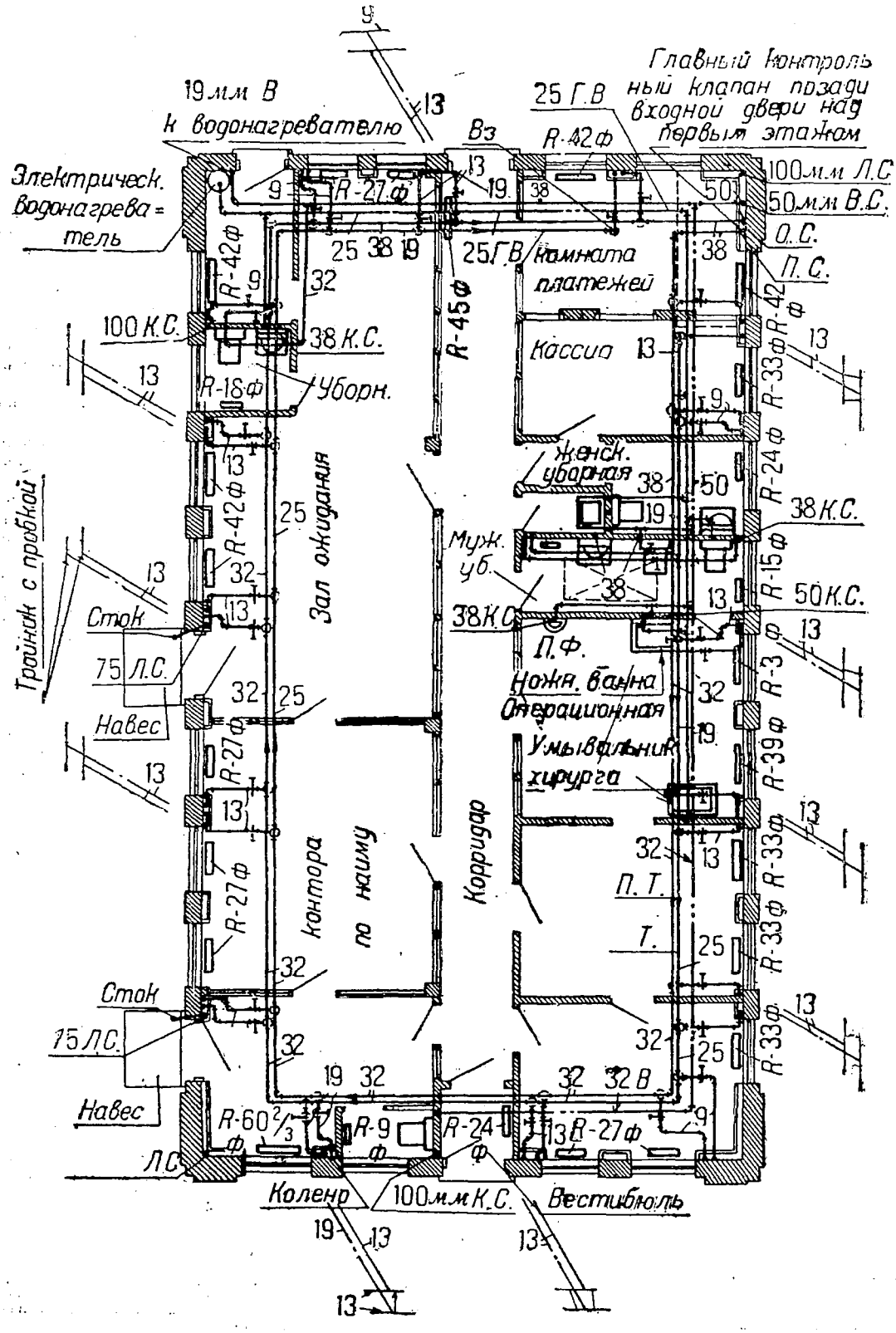
Разработка совмещенного проекта должна происходить следующим образом:

1. Получается комплект архитектурных чертежей здания, на котором наносятся различные системы трубопроводов. Каждая система может быть разработана на отдельном листе, лучше если несколько систем нанесены вместе. Линии на синьках должны быть сделаны черным или цветным карандашом так, чтобы они были совершенно ясно видны копировщику. Необходимо следить за тем, чтобы были показаны все необходимые ответвления и присоединения к магистралям. Нужно указать также все стояки, перепады и прочие детали. В этой стадии разработки не нужно определять размеры труб. Необходимо показать как можно больше деталей, чтобы планы были полны сами по себе, так как в таком случае не требуется никаких схем. При наличии стандартных и типовых чертежей достаточно сделать ссылку на них.

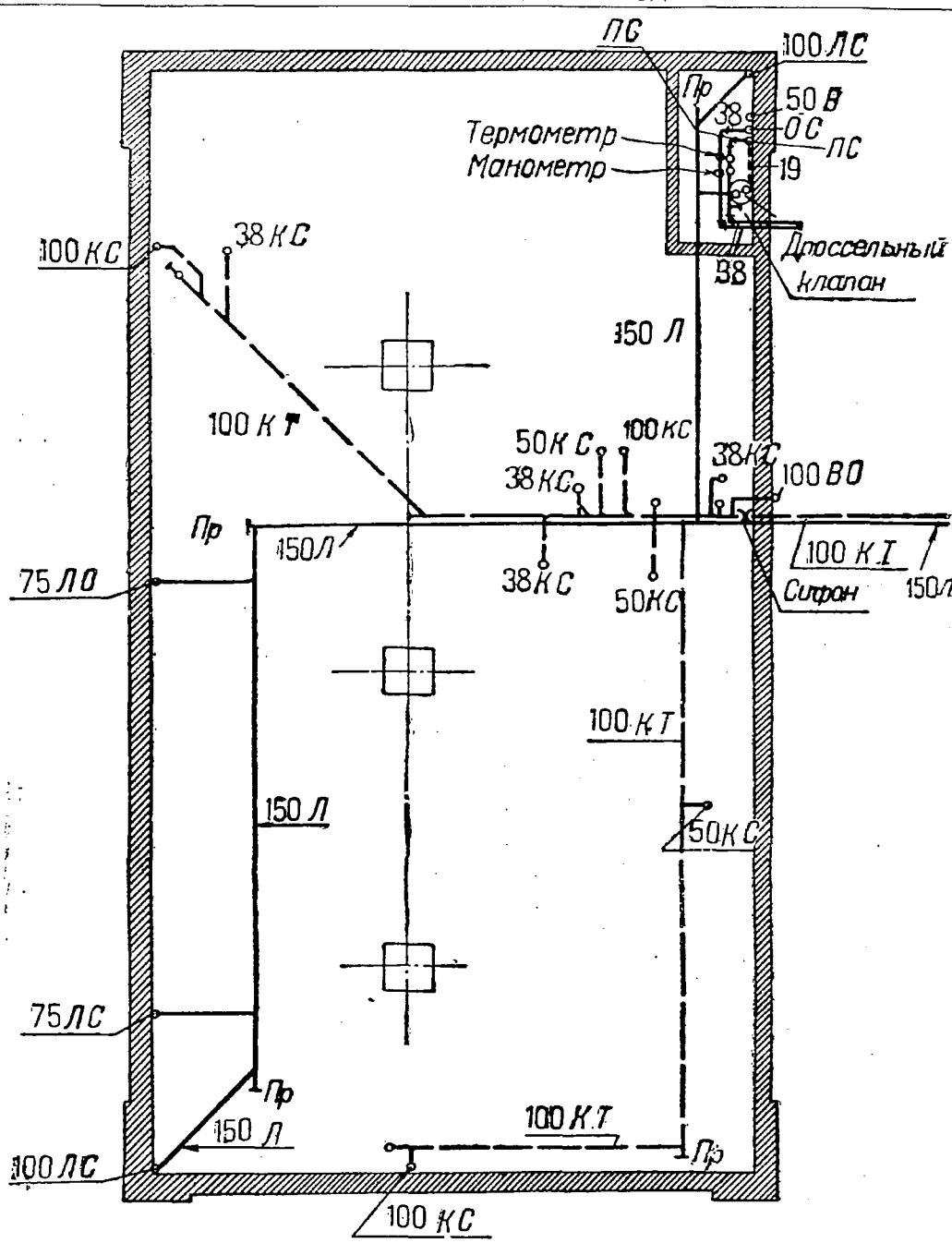
2. В то же время копировщик должен скопировать контуры с архитектурных строительных планов (тонкими линиями тушью). На чертежах должны быть даны только контуры здания без каких бы то ни было архитектурных примечаний и обозначений. Окна, двери, фонари, балки показать необходимо. Линии пересечений здания не должны быть перечеркнуты, так как они будут смешиваться с линиями трубопроводов, которые будут нанесены позднее. Углы должны быть доведены только до точки пересечения. Затем должны быть нанесены на кальку трубопроводы и оборудование различных систем (в карандаше), причем все системы должны быть согласованы между собой во избежание пересечений. Различные системы должны быть показаны различными условными линиями, чтобы их можно было легко различить. Возможно, что в дальнейшем расположение линий будет несколько изменено по сра-

[1] Перевод с английского

[1] Основное преимущество „комплексного проектирования" методологическое. „Чтобы действительно знать предмет, — говорит Ленин, — надо охватить, изучить все его стороны, все связи и „опосредствования". Мы никогда не достигнем этого полностью, но требование всесторонности предостережет нас от ошибки, от омертвения". („Статьи и речи по вопросам проф. движения". Изд. ВЦСПС, 1924, стр. 352). *Ред.*



Фиг. 11. План первого этажа.



Фиг. 12. План фундамента.

Условные обозначения на чертежах

В. — водопровод,
В. С. — водопр. стояк,
Г. В. — горячая вода,
К. С. — канализ. стояк,
К. Т. — „ труба,
Л. — водосточная труба,
Л. С. — водосточный стояк,
пр. — прочпетка,
П. Ф. — питьевой фонтанчик,
В. О. — воздухоприемная труба,
П. С. — труба отопл. (подающий стояк).
О. С. — „ „ (обратн.),
П. Т. — „ „ (подающая труба),
О. Т. — „ „ (обратная труба),
R. — радиатор.

внению с тем, что было намечено проектировщиком, вследствие пересечений с другими системами. Все эти изменения должны быть разработаны чертежником-конструктором при содействии и помощи проектировщика, затем линии должны быть вычерчены в тушь. Для контраста все санитарно-технические устройства должны быть показаны на чертежах более жирными линиями, чем стены здания. Необходимо строго придерживаться условных обозначений, чтобы эти линии можно было легко отличить одну от другой. Когда чертеж закончен вчерне, нужно передать светописные копии с него каждому проектировщику.

3. После этого все проектировщики должны произвести расчеты диаметров труб, принимая во внимание их окончательное расположение, показанное на имеющихся у них синьках. После определения диаметров проектировщик должен нанести их на синьку, также уклон труб, отметки, размеры оборудования и необходимые примечания, которые должны быть перенесены на окончательные чертежи.

4. Затем синьки с пометкой размеров и примечаний вновь возвращаются копировщику, который должен нанести их на окончательные чертежи. Надписи на чертежах и перенесение размеров должны быть выполнены очень тщательно, так как небрежные и плохо выполненные надписи могут легко испортить и самый хороший чертеж. Необходимо следить за тем, чтобы легко было понять, к чему относятся надписи и размеры. Примечания не должны пересекать какие бы то ни было линии. Стрелки должны быть аккуратно сделаны тонкими линиями. Когда все размеры и надписи сделаны и чертежи готовы, нужно отпечатать еще один комплект синек, которые должны быть затем розданы проектировщикам для окончательной проверки.

5. Проектировщик должен очень внимательно просмотреть весь проект и проверить нет ли ошибок и пропусков как с его стороны, так и со стороны копировщика.

Все исправления должны быть сделаны на синьке цветными карандашами. Затем эти синьки нужно вернуть копировщику, который должен нанести все исправления на законченной кальке. Когда все исправления сделаны и чертежи окончательно проверены, проект может быть подписан и выпущен.

Для удовлетворения требований совмещенного проекта в отношении условных обозначений и однообразия оформления различных систем, необходимо выработать определенные условные обозначения, а также однообразную систему шрифта. Для получения хороших надписей необходимо, чтобы все буквы были написаны на одном уровне по одной горизонтальной линии и с одинаковым наклоном. Прописные буквы должны быть применены для всех заголовков названий помещений и оборудования, а примечания должны быть написаны строчными буквами. Необходимо установить также стандартные размеры чертежного листа.

Идея совмещенного проекта имеет почти универсальное применение в САСШ при проектировании санитарно-технических работ. С разработкой такого рода проектов тесно связаны некоторые конструктивные особенности, так например: проводка скрытых трубопроводов [1]. Это делается в целях придания более красивого внешнего вида зданию. Однако обычно предусматривается доступность и легкость ремонта посредством установки труб в шахтах. Трубы обычно прокладываются по потолкам вместо прокладки вдоль стены, ввиду удобства подвешивания, а также вследствие меньшей теплопотери. Для удобства сборки и разборки труб применяются американские гайки („Юнион"). В Америке имеет широкое применение специальная коническая нарезка труб. Это дает возможность наиболее плотного соединения труб без применения набивки. Для свободного движения труб и предотвращения разрушения здания обыкновенно они заделываются в гильзы при пропуске через полы стены.

На фиг. 11 и 12 дан пример совмещенного проекта одного здания (исполнен американцами). Здание очень небольших размеров, и на плане не указаны все те особенности, которые упоминались выше, тем не менее в основном план дает представление о методе совмещенного проекта. Здание одноэтажное, и потому в проекте имеются только фундамент и план первого этажа. На них показаны водостоки, канализационная система, трубопроводы холодной и горячей воды, канализационные приборы, насос, водоподогреватель, радиаторы, отопительные подающие и обратные магистрали. Все системы были фактически установлены по этим планам и никаких других деталей не делалось.

Инж. *Б. С. ТИКУНОВ*

IX. НОРМЫ ПРОЕКТНОЙ РАБОТЫ

Опыт перехода проектирующих организаций на сдельную оплату проектной работы вполне подтвердил необходимость этого мероприятия в отношении правильной организации труда и укрепления хозрасчета. Этот опыт опровергнул все указания на невозможность нормирования проектной работы ввиду ее сложности неопределенности и затруднений, связанных с получением всех необходимых сведений. Наблюдавшиеся первоначально разнобой и нестрота в нормах и расценках у различных проектирующих организаций постепенно сгла-

[1] В наших условиях не рекомендуется. *Ред.*

лились и в настоящее время отдельные элементы проектной работы могут быть нормированы с достаточной точностью и определенностью. Имеется и проект общесоюзных норм, составленный Иннорсом и рассмотренный особой рабочей комиссией (при участии автора). При составлении этих норм был учтен опыт главным образом наиболее крупных проектных организаций (Водоканалпроект, Коммунстрой, б. Госпроектстрой, Сантехпроект), достаточно хорошо укомплектованных опытными работниками, почему предложенные нормы следует считать минимальными.

I. Нормы Иннорса на проектирование наружных водопроводов, канализации и водостоков

Нормы составлены на основании следующих положений:

а) По степени сложности все работы разделены на 3 разряда:

к I разряду отнесены работы, не требующие большой квалификации и выполняемые чертежником-конструктором;

ко II разряду — работы, выполняемые техником со стажем не менее 3 лет;

к III разряду работы, требующие квалифицированных исполнителей — инженера со стажем не менее 3 лет. Ему должно быть обеспечено общее руководство со стороны инженера более высокой квалификации, являющегося руководителем и автором проекта в целом (участие руководителя, а также консультанта не входит в указанные ниже нормы).

При замене одного исполнителя другим иной квалификации следует применять поправочные коэфициенты по следующей таблице.

Таблица 2

Поправочные коэффициенты

Исполнители	III разр.	II разр.	I разр.
Инженер	1	0,9	—
Техник	1,1	1	0,9
Чертежник-конструктор	—	1,1	1

б) Измерителями выполненной работы приняты:

1 *дм*² чертежа независимо от формата (обмер чертежа производится по внешнему контуру обрезанного листа), незаконченные поля допускаются не выше 5 *см* интервал между отдельными проекциями не выше 10 *см*;

1 страница, размером 210 × 297 *мм*, написанная на пишущей машинке с двойным интервалом и полями;

1 кольцо водопроводной сети;

1 *пог. м* или 1 *км* длины сети;

1 график расхода воды;

1 сооружение или единица оборудования (колодец, насосный агрегат);

1 определение мощности насоса или объема резервуара.

в) В состав работы входят:

Подготовка рабочего места и материалов
Получение задания и ознакомление с ним
Выполнение работы.

Проверка работы, выполняемой чертежником-конструктором и исправление недочетов.

Получение разъяснений и инструкций от старшего технического персонала.

Сдача работы и исправление проекта по указанию руководителя проекта или консультанта.

Примечание. Защита проекта и выезд на место в нормы не включаются.

Нормы проектной работы

Таблица 3

Наименование работ	Масштаб черт.	Разряд работы	Измеритель	Нормы времемени (часы) Водопров.	Канализ. и водостоки
Ознакомление с материалом и проработка его, составление основных положений со схемой и пояснительной запиской (без расчета сети и проектирования сооружения)			Нормы устанавливаются по соглашению в пределах не свыше 25% от стоимости составления технического проекта		
Составление графика расхода воды или стока	—	III	1 шт.	3	3
Трассировка сети на плане с показанием длин, диаметров, колодцев и других деталей и нанесением сооружений при длине сети до 5 *км*	—	III	1 *км*	3,5	5
„ 10 „	—	III	1 „	2,5	4
„ 20 „	—	III	1 „	2	3
более 20 „	—	III	1 „	1,5	2
Примечание. В случае, если в техническом проекте сеть наносится на план без изменения ее трассировки и основных положений, применять к нормам поправочный коэфициент от 0,2 до 0,5. Отдельные измерения оплачиваются по предыдущему параграфу.					
Расчет водопроводной кольцевой сети с определением потери напора (на один случай)	—	III	1 кольцо	3,5	—
Примечание. На каждое последующее кольцо до 6 прибавлять по 0,25 часа, сверх 6 — по 0,50 часа.					
Расчет канализационной сети (для хоз. фек. и промышлен. сточ. вод)	—	III	1 *км*	—	8
Расчет водосточн. сети	—	III	1 *км*	—	13
Примечание. При проектировании водосточной сети открытыми лотками вводится поправочный коэфициент К = 1,5.					

Наименование работы	Масштаб чер. т.	Разряд работы	Измеритель	Норма времени (часы) Водопров.	Канализ. и водостоки
Расчет напорных водоводов с составлением таблиц	—	III	1 км	6	6
Вычерчивание профилей земли по трассам сети	—	I	1 км	3	3
Нанесение проектных линий сети при готовом профиле земли с указанием вантузов, грязевиков, выпусков и нанесением пьезометрической линии (при вычисленных заранее отметках)	—	II	1 км	3	—
Примечание. При отсутствии вычисленных отметок норма увеличивается на 1 час., при нанесении без пьезометрической линии — уменьшается на 1 час.					
Детализировка сети	—	II	1 кол.	0,50	—
Составление спецификации	—	II	1 кол.	0,25	—
„ „	—	II	1 км	—	2
Детали сети:					
а) колодцы смотровые	1 : 25	II	1 $дм^2$	1,0	0,8
б) „ промывные	1 : 25	II	1 $дм^2$	—	0,9
в) переходы через ж.-д. полотно	1 : 50	II	1 $дм^2$	1,2	1,2
г) дюкеры и эстакады	1 : 50	II	1 $дм^2$	1,2	1,2
д) дождеприемники и вентиляции	1 : 25	II	1 $дм^2$	—	1
Насосные станции с электронасосами с определением мощности агрегатов (при заданных Q и H) подбором их по каталогу и составлением спецификации при числе агрегатов не более n [1]	1 : 50	III/II [2]	1 $дм^2$	0,6/0,6	0,6/0,6
при числе агрегатов					
от 1 до 2 n	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,75/0,75	0,75/0,75
„ 2 „ 3 n	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	1,1/1,1	1,1/1,1
„ 3 „ 4 n	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	1,6/1,6	—
Примечание. При компрессорах и паровых установках прибавляется на каждый агрегат	—	III/II	1 агр.	75/75	—
При совмещении канализац. насосной станции с приемником-резервуаром вводится коэфиц. $K = 1{,}2$					
Водоприемники (речные, озерные):					
а) простого типа без береговых сооружений	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,6/0,6	—
б) с береговыми сооружениями	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,7/0,7	—
в) типа мостовых опор	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,8/0,8	—
Оборудование буровых скважин вертикальными насосами или эрлифтами	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,7/0,7	—
Пневматические станции	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	1,0/1,0	—
Приемные резервуары с камерами задвижек	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,5/0,7	—
Камеры задвижек	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,55/1,25	—
Отстойники (с гидр. расчетом)	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,5/0,6	—
Фильтры быстродействующие:					
Мешалочные	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,6/0,8	—
безмешалочные	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,7/0,9	—
Фильтры медленные	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,6/0,8	—
Дезинфекционные устройства с приспособлением для хлорирования	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,6/0,8	0,5/0,7
Умягчительные и обезжелезнивающие установки	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	1,0/1,0	—
Водонапорные башни (при заданных V и H) при одном баке	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,5/0,7	—
„ „ „ „ „ „ „ двух баках	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	0,6/0,8	—
Отстойники первичные					
„ вертикальные	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	—	0,4/0,7
„ горизонтальные	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	—	0,4/0,6
Эмшерские колодцы	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	—	0,4/0,7
Отстойники специальн. назначения с механ. обор. (для промышленных стоков) и нейтрализаторы	1 : 50	II/III	1 $дм^2$	—	0,8/0,8
Иловые площадки	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	—	0,3/0,5
Поля орошения и фильтрации	1 : 2000	III/II	1 $дм^2$	—	0,5/0,5
Типы разводных и отводных канав, дрен и т. д.	1 : 10	II	1 $дм^2$	—	0,8
Био-фильтры	1 : 50	III/II	1 $дм^2$	—	0,6/0,8
Профили по полям орощ. и фильтр.	—	II	1 км	—	10
Аерокоагулятор, аэротанк, аэрофильтр, регенератор	1 : 50	II	1 $дм^2$	—	0,8/1,0
Метантанк	1 : 50	II	1 $дм^2$	—	1,0/1,0
Воздуходувные станции	1 : 50	II	1 $дм^2$	—	1,0/1,0
Выпуск стоков в водоем	1 : 50	II	1 $дм^2$	—	0,4/0,6
Схема движения жидкости в ила по очистным сооружениям	—	III/II	1 схема	—	20/30
Определение по графику:					
а) производительности насоса и объема резервуара	—	III	1 опр.	4	4
б) объема резервуара	—	III	1 „	2	2
Составление пояснительной записки	—	III	1 стр.	3	3
Составление экономических подсчетов	—	III	1 „	5	5
Смета по укрупненным измерителям и эксплоатационная	—	III	1 „	10	10

Примечания: 1) При исполнении сложных работ нормы времени должны быть повышены.

2) При проектировании водоснабжения и канализации существующих реконструируемых промышленных предприятий и реконструкции водоснабжения, канализации городов применять поправочный коэфициент $K = 1{,}20$.

---

[1] Для водопроводных станций $n = 3$, для канализационных $n = 2$.

[2] Дробный индекс означает совместное выполнение работы разными исполнителями (общая норма складывается из числителя и знаменателя, означающих работу исполнителей разных категорий).

3) При проверке чертежей, спецификаций и пр. специальным лицом, нормы последнего определяются в размере 5% от нормы проверенного материала.

4) Разработка вариантов исчисляется отдельно по соответствующим параграфам.

5) При применении типовых чертежей и конструкций применять поправочный коэфициент в зависимости от характера и степени их применения.

6) В случае пополнения чертежей в масштабах, не предусмотренных параграфами, нормы соответственно пересчитываются [1].

2. Нормы Иннорса на проектирование внутренних водопроводов, канализации и водостоков

Таблица 4

Нормы проектной работы

Наименование работы	Масштаб черт.	Разряд работы	Измеритель	Норма времени (часы) Водопров.	Норма времени (часы) Канализ. и водостоки
Начертание на плане сети и вводов или выпусков с указанием диаметров и длин	—	III	1 *м*	0,01	0,02
Расчет дворовой водопроводной разветвленной сети	—	III	1 *м*	0,02	—
Примечание. Расчет кольцевой сети по нормам наружных водопроводов					
Расчет дворовой канализационной сети	—	III	1 *м*	—	0,05
Детали сети (колодцы и пр.)	1 : 50	II	1 *дм*²	0,8	0,9
Деталировка сети	—	II	1 вол.	0,50	—
Спецификация сети	—	II	1 „	0,25	—
	—	I	1 *м*	—	0,005
Составление графиков расхода воды	—	III	1 шт.	5	—
Составление профилей дворовой канализационной сети	—	II	1 *м*	—	0,01
Нанесение на плане здания внутренней сети с указанием диаметров и длин					
а) для небольших жилых зданий высотой до 2 этажей	1 : 100	II	1 *дм*²	0,12	0,20
б) для жилых и общественных зданий высотой 3—4 этажей	1 : 100	II	1 *дм*²	0,20	0,30
в) для многоэтажных жилых и обществ., а также промышл. зданий	1 : 100	II	1 *дм*²	0,30	0,40
Составление схемы водопроводной сети (в аксонометрической проекции)	1 : 100	—	—	—	—
а — б	—	I	1 *дм*²	0,25	—
в		I	1 *дм*²	0,50	—
Составление разрезов по стоякам	1 : 100	II	1 *дм*²	—	0,32
Составление спецификаций:					
по внутреннему водопроводу	1 : 100	II	1 *дм*²	0,20	—
„ „ канализация жилых и производственных зданий	1 : 100	II	1 *дм*²	—	0,12
по быт. помещениям производственных зданий	1 : 100	II	1 *дм*²	—	1,00
Расчет внутрепн. сети:					
водопроводной	—	—	—	—	—
а — б	—	III	1 *дм*²	0,25	—
в	—	III	1 *дм*²	0,35	—
канализационной (при сложности сети и больш. числе приборов)	—	III	1 *дм*²	—	0,25
Станция подкачки					
при 1 насосе	1 : 50	III/I	1 *дм*²	7,5/7,5	—
„ 2 насосах	1 : 50	III/II	1 *дм*²	10/10	—
„ 3 „	1 ; 50	III/II	1 *дм*²	12,5/12,5	—
Водонапорный бак с показанием всех трубопров.	1 : 50	II	1 *дм*²	1,6	—
Выгреба	1 : 50	II	1 *дм*²	—	1
Очистные сооружения местного значения	1 : 50	III/II	1 *дм*²	—	0,4/0,6
Нанесевие воронок на плане крыши	—	III	1 *м*² крыши	—	0,002
Расчет внутренних водосточн. каналов	—	III	1 *м*	—	0,05
Нанесение на плане водосточн. каналов и увязка с другими трубопр.	1 : 200	—	—	—	—
при площ. здания до 2 *га*	—	II	1 *дм*²	—	0,5
„ 2—4 *га*	—	„	1 *дм*²	—	0,6
„ более 4 *га*	—	„	1 *дм*²	—	0,75
Составление профилей по внутренн. водостокам	—	II	1 *м*	—	0,02
Составление разрезов зданий с показанием водосточн. труб	1 : 100	II	1 *дм*²	—	0,5
Детали водосточной сети	1 : 25	II	1 *дм*²	—	1,2
Спецификация водосточной сети	1 : 100	II	1 *дм*²	—	0,2
Составление пояснительной записки	—	III	1 отр.	2,5	2,5

Нормы составлены на тех же основаниях, как и для наружных сооружений [2].

[1] При переходе с одного масштаба на другой можно руководствоваться следующей табличкой поправочных коэфициентов:

Нормы масштаба	1 : 10	1 : 25	1 : 50	1 : 100
1 : 25	0,2	1	2	—
1 : 50	—	0,4	1	2

См. носку 3 на стр. 38.

Инж. *В. С. ТИКУНОВ*

ЛИТЕРАТУРА ПО ВОДОСНАБЖЕНИЮ И КАНАЛИЗАЦИИ

I. Советская литература [1]

1) Водоснабжение и канализация [2]

Атлас санитарно-технических сооружений. Выпуск I (изд. П. Б. Всес. вод. и с.-т: съездов, 1927). Вып. II. (Изд. П. Б. Всес. Вод. и с. т. с'ездов, 1931).

Войткевич А. Ф., Новопашенный И. В., Несмеянов С. А., Хлорирование питьевых и сточных вод. (Медгиз 1931).

Иванов В. Ф., Водоснабженне и канализация поселков. (Изд. Моск. акц. изд. о-ва. VIII том Энциклопедии строителя 1927).

Калленберг О., Домовые водопровод, канализация и газовые установки. (Иерев. с нем. Гостехиздат, 1927).

Павлов К. П., Журнальная литература по вопросам санитарной техники. (Изд. Всес. Н. Вод. и С. Т. о-ва, 1931).

Серк Л. А., Санитарно-технические устройства в промышленных предприятиях. (Госпромиздат, 1930).

Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод. (Изд. П. Б. Всес. Вод. и С. Т. с'ездов, 1927).

Труды XII Всер. Вод. и С. Т. с'езда в Москве, 1922. Вып. I. (Изд. П. В. с'ездов, 1926).

Труды XII Всес. Вод. и С. Т. с'езда в Москве, 1922 г. Вып. II. (Изд. П. Б. с'ездов, 1926).

Труды I Всесоюзн. (XIII) Вод. и С. Т. с'езда в Баку, 1925. Вып. I. Бетон и железобетон в применении к санитарно-техническим сооружениям. (Изд. П. В. с'ездов, 1926).

2) Водоснабжение

I. Общие данные

Генпев Н. Н., Водоснабжение городов и промышленных предприятий. (ГНТИ, 1931).

Генпев Н. Н., Краткий курс водоснабжения (ГНТИ, 1931).

Кашкаров Н. А., Курс водоснабжения. (Изд. б. МВТУ, 1926).

Кашкаров Н. А., Водопроводные сооружения, применяемые при постройке водопроводов в Союзе в последнее время.

Тольцман Ф. О., Особенности изысканий и проектирования промышленных предприятий. (ГТИ, 1930).

Сурин А. А., Водоснабжение. Часть I. Вода и водосборные сооружения. (Изд. Кубуч Л., 1926).

Сурин А. А., Водоснабжение. Часть III. Под'ем, очистка и хранение воды. Вып. II. Определение расхода воды. (Отд. оттиск из сб. Лен. ин. Инж. П. С. Л. 1928).

Сурин А. А., Выбор схемы водоснабжения. (Изд. Гос. научно-мел. института, Л., 1927).

Тикунов Б. С., Современная литература по водоснабжению и канализации. (Изд. ВНИИ Вод. и Сан. Тех., 1932).

Тольцман Ф. О., Атлас водопроводных сооружений. (Гиз, 1930).

Труды I Всес. (XIII В. и С. Т. с'езда в Баку. 1925. Вып. I, ч. 1. «Секция водоснабжения». (Изд. П. Б. с'ездов, 1927).

Труды I Всес. (XIII) Вод. и С. Т. с'езда в Баку, 1925, «Секция водоснабжения». Вып. IV, ч. 2. (Изд. П. Б. с'ездов, 1928).

Труды II Всес. (XIV) Вод. и С. Т. с'езда в Харькове. 1927. Вып. II, ч. 1. «Секция водоснабжения», (Изд. П. Б. с'ездов, 1929).

Труды II (XIV) В. и С. Т. с'езда. «Секция водоснабжения». Вып. II, ч. 2. (Изд. П. Б. с'ездов, 1931).

Труды III (XV), В. В. и С. Т. с'езда. «Секция водоснабжения». Вып. I. (Изд. П. Б. с'ездов, 1930).

Ушаков Н. М., Водоснабжение. (Литог. изд. Военно-техн. Ак. РККА, 1926).

II. Источники водоснабжения

а) Общие данные

Данилов Ф. А., Что такое здоровая питьевая вода и как она получается. (Изд. Наркомздрава, 1925).

Клют Г., Исследование воды на место (Иерев. с нем., ГНТИ, 1931).

Лисицын К. И., О зональной осолоненности грунтовых вод на земном шаре и об оценке питьевых вод в сухих степях. (Новочеркасск, 1927).

Материалы по санитарным охранным зонам источников водоснабжения Москвы. (Изд. МКХ, 1926).

Углов В. А., Санитарное изучение источников водоснабжения на месте и их характеристика. (Госмедиздат, УССР, Харьков, 1931).

б) Поверхностные воды

Альтберг В. Я., Донный лед. (Изд. Гос. гидрол. инст., 1931).

Бактериологическое и санитарно-химическое исследование воды р. Дон в 1927 г. Вып. 1. (Изд. Гос. микробнол. инст., 1928).

Каменев В. И., Водоснабжение из водохранилищ на р. Москве и ее притоках. Материалы по изысканию новых источников водоснабжения Москвы. (Мосрекламиздат, 1929).

Озеров С. А., Волга, Ока и Москва-река, как источники водоснабжения Москвы. Химические исследования. (Труды Комиссии по изысканию новых источников водоснабжения Москвы. Вып. IV, Изд. МКХ, 1927).

Режабек Я. В., К вопросу о выборе места забора воды для строящегося ростово-нахичеванского водопровода. (Изд. Микроб. инст., Вып. IV, Р.-Д., 1929).

Санитарно-гигиеническое обследование р. Клязьмы в пределах Богородского и Орехово-Зуевского

[1] За недостатком места сообщается список книг. Периодическая литература указана в специальных отделах (вод. и кан. промпредприятий).

[2] Содержание книг касается как водопроводных, так и канализационных сооружений.

[3] При переходе с одного масштаба на другой можно руководствоваться следующей табличкой поправочных коэфициентов:

Таблица 5

Поправочные коэфициенты при изменении масштаба

Наименование работы	Норм. масшт.	1 : 10	1 : 25	1 : 50	1 : 100	1 : 200	1 : 400
Детали	1 : 50	0,1	0,3	1	2	—	—
Планы	1 : 100	—	—	0,4	1	2	3.5
	1 : 200	—	—	—	0,4	1	2

ездов. (Труды Сан. инст. им. Эрисмана. Вып. III. Изд. Мосздравотдела, 1928).

Строганов С. Н. и Захаров Н. Г., Волга, Ока и Москва-река в качестве источников водоснабжения Москвы. Гидробиологические исследования. (Труды Комиссии по изысканию новых источников водоснабжения Москвы. Вып. III. Изд. МКХ, 1927).

Труды Комиссии по санитарно-биологическому обследованию р. Сев. Донец и его притоков (Лопань и Уды). (Изд. Упр. вод. Харькова, Вып. 1, Харьков, 1928).

Труды Комиссии по санитарно-биологическому обследованию р. Сев. Донец и его притоков (Лопань и Уды). (Изд. Упр. вод. Харькова. Вып. II, Харьков, 1928).

в) Подземные воды

Аничков А. А., Бурение на воду для питьевого и технического водоснабжения. Т. I. (Изд. автора при сод. Терводкома, Владикавказ, 1930).

Гефер Г., Подземные воды и источники.

Семихатов А. Н., Артезианские и глубокие грунтовые воды европейской части СССР. (Гиз, 1925).

Гапонов Е. А., Каталог буровых скважин и гидро-геологическая карта юго-западной части Украины. (Труды Южн. обл. мелиор. организации. Вып. XIII, Одесса, 1928).

Гидро-геологический очерк Донецкого бассейна. (Изд. ГГРУ, инст. подземных вод, 1930).

Глушков И. Н., Руководство к бурению скважин. (В трех томах. Изд. Сев. неф. пром., 1924).

Даньшин Б. М., Коровай О. Л., Хепров И. Р. и Химепков В. Г., Артезианские воды Москвы, снабжение ими ее населения и промышленных предприятий (Изд. МКХ, 1928).

Двойченко П. А., Артезианские воды и колодцы Мелитопольского округа. (Труды Южн. обл. мелиор. орг. Вып. VII, Одесса, 1927).

Жирмунский А. М., Подземные воды Западного края. (Изд. Геолкома, Л., 1927).

Калинников А. В., Водоснабжение и буровое дело. (Сельхозгиз, 1931))

Лебедев А. Ф., Почвенные и грунтовые воды. (Сельхозгиз, 1031).

Личкова Е. Л., Каталог буровых скважин Украины. (Изд. НКЗ УССР, Киев, 1927).

Мейер Г. Я., Материалы к методике буровых работ для целей водоснабжения. (Геол. изд. 1931).

Никитин С. Н., Указатель литературы по буровым на воду скважинам. (Л., 1924).

Павловский Н. Н., Теория движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями и ее основные приложения. (Изд. Научно-мелиор. инст., Л., 1922).

Подземные воды азиатской части СССР. (Изд. «Советская Азия», 1932).

Порошин Ю. В., Материалы по бурению Нижегородской губ. Глубокое бурение (Н.-Новгород, 1927).

Принц Е., Гидрогеология. (Перев. с нем. Сельхозгиз, 1932).

Успенский Н. С., Курс глубокого бурения ударным способом. (Изд. Сев. нефт. пром., 1925).

Федоровский А. С., Каталог буровых скважин Харькова и его окрестностей. (Изд. Сев. обл. мелиор. орг. НКЗ УССР, Киев, 1930).

Химепков В. Г., Водоснабжение городов Московской губ. (Изд. Наркомзема, 1922).

Химепков В. Г., Водоснабжение и гидрогеология. (Изд. Мосздравотдела, 1925).

II. Водопроводная сеть

Андрианашев М. М., Техника расчета водопроводных сетей. (Изд. Сов. законодат., 1932).

Брикгауз П., Городская водопроводная сеть труб. (Перев. с нем., Гостехиздат, 1928).

Теппев Н. Н., Примеры расчета городских водопроводов. (Гиз, 1930).

Геппев Н. Н., Таблицы для расчета водопроводов по формуле Маннинга. (Изд. Транспечать, 1930).

Геппев Н. Н., Номограмма для расчета водопроводной сети. (Изд. П. Б. Всес. Вод. и С. Т. с'ездов, 1930).

Деревянные трубы. (Изд. Транспечать, 1930).

Дроздов В. А., Деревянные водопроводные трубы из клепок по американскому способу. (Изд. П. Б. Всес. Вод. и С. Т. с'ездов, 1930).

Лобачев В. Г., Расчет противопожарных водопроводов и пожарных струй. (Изд. НКВД, 1929).

Мапп В., Трубы. (Перев. с нем., ГНТИ, 1931).

Попков А. Я. Деревянные трубы (Стройиздат 1932).

Рыкачев И. В., Выработка асбоцементных труб. (Изд. П. Б. Всес. Вод. и С. Т. с'ездов, 1930).

Сурин А. А., Приложение гидравлики к решению пожарных задач. (Изд. Кубуч, Л. 1927).

Фальковский Н. И., Правила устройства водопроводной сети. Изд. И. Б. Всес. Вод. и С. Т. с'ездов, 1928).

Чернышев М. Я., Водопроводы в мерзлых грунтах. (Владивосток, 1925).

IV. Очистка воды

Гордон И. Л., Вода и ее очистка для питания паровых котлов, промышленных целей и питья. (Магиз, 1927).

Гордон И. Л., Водоочистители. (Гос. энерг. изд., 1932).

Малишевский Н. Г., Очистка питьевой воды. (Гиз, 1930).

Моисеев С. В., Экспериментальное исследование влияния дренажа скорого фильтра на равномерность его промывки. (ГНТИ, 1932).

Руководство по надзору и уходу за фильтровальными станциями для очистки питьевой воды. (Изд. П. Б. Всес. Вод. и С. Т. с'ездов, 1927).

V. Насосные станции

Будников А. Н. и Бромлей Е. Э., Насосные станции городских и заводских водопроводов. (Гостехиздат, 1927).

Бурдаков А. А., Центробежные насосы. (ГНТИ, 1931).

Иванов В. Ф., Водопод'емные приборы и насосные станции. (Изд. НИИ Укрводхоза, Одесса, 1931).

Характеристика насосных установок и примерный сравнительный экономический расчет их. (Изд. ГУКХ НКВД, 1925).

VI. Водомеры

Коровай С. Л., Водомеры. Типы, характеристики и выбор системы. (Изд. ГУКХ НКВД, 1927).

Фальковский Н. И., Водомеры (ГНТИ, 1931).

VII. Внутренние водопроводы

Будников А. Н. и Экман Ф. И., Местное и центральное снабжение горячей водой жилых строений, промпредприятий и пр. (Гостехиздат, 1929).

Коровай С. Л., Домовые водопроводы, ванны, души, устройство и уход за ними. (Изд. МКХ, 1927).

Лужецкий Н. М., Современная конструкция спринклерного оборудования. (Изд. НКВД, 1930).

Лужецкий Н. М. и Столяров С. А., Уход за спринклерным оборудованием. (Изд. НКВД, 1930).

Фальковский Н. И., Домовые водопроводы. (Изд. ВЦСПС, 1931).

VIII. Водоснабжение промышленных предприятий

Булгаков А. И., Применение вымораживания для укладки труб под дном р. Суйфуна для водопровода Маслозаводкомбината в Никольске Уссурийском. (Изд. Дальн. пол. инст., Владивосток, 1931).

Геппев Н. Н., Системы фабрично-заводских водопроводов и опыт их классификации. (Сан. тех. № 3, 1929).

Геппев Н. Н., Водоснабжение Магнитогорского комбината. («Сан. техн.» № 5, 1931).

Теннев Н. Н., Генеральные схемы водоснабжения Донбасса. (Гидр. стр. № 11-12. 1931).

Гордон П. Л. Вода в теплосиловом хозяйстве и промышленности. (Энергоиздат, 1932).

Дотс Е., Гервей Д. и Скиннер С., Производство фабрикатов и бумаг. Т. 3. Вып. V. Общее фабричное оборудование. Насосы. Вода. (Изд. НТС Бумажной промышленности, 1929).

Дукельская О. Г., Питьевой режим в горячих цехах. (Изд. Гос. соц. эконом., 1931).

Зимин Б. Н., Недостатки проектов водоснабжения. («Стр. проект» № 2/3, 1931).

Кашкаров И. А., Водоснабжение кузнецкого завода. («Сан. техн.» № 2/3. 1931).

Кашкаров Н. А., Проблема водоснабжения пермского района. («Сан. техн.» № 4, 1931).

Кашкаров Н. А., Водоснабжение Сталинграда. («Сан. техн.» № 4, 1931).

Малишевский Н. Г. Очерки водоснабжения Донбасса. («Проф. Мед.» № 1. 1927).

Попов. Магнитогорские насосные станции промводопровода («Сан. техн.» № 5/6, 1932).

Радциг В. А., Принципы водоснабжения заводов «Югостали». (Гипромез № 5/6. 1929).

Радциг В. А., Бассейны с брызгалками. (Гипромез. № 1. 1930).

Радциг В. А., Потребность в воде и схемы водоснабжения доменных заводов. («Сан. техн.» №№ 4. 5/6. 1932).

Тикунов Б. С. Устройство общих фабр.-зав. и поселков. водопроводов. (Техн.-эконом. вестник № 5. 1926).

Ульмер О., Перспективы водоснабжения Донбасса. (Изд. Хоз. Укр. Харьков, 1932).

Шохат. С. А.. Новое водоснабжение 1 МГЭС (Электр.-станц. № 0, 1930).

3) Канализация

I. Общие данные

Гюрхнер и Бенцель. Канализация городов (Перев. с нем. ГНТИ, 1931).

Иванов В. Ф., Канализация населенных мест (Одесса, 1926).

Материалы по проектированию III очереди канализации Москвы. (Изд. МКХ. Вып. I. 1925. Вып II, *1926. Вып.* III, *1927*).

Моргенштерн В. С., Канализационный справочник. (Гиз, 1931).

Строганов С. Н., Питание Москвы в 1903—1922 гг. по наблюдениям над сточной жидкостью. (Изд. МКХ, 1923).

Труды I Всес. (XIII). Вод. и С. Т. с'езда. Вып. III. Секция по канализации и по очистке городских и промышленных сточных вод. (Изд. П. Б. с'ездов, 1927).

Труды II Всес. (XIV) Вод. и С. Т. с'езда в Харькове, 1927. Вып. III. Секция по канализации и очистке сточных вод. (Изд. П. Б. с'ездов, 1929).

Труды III Всес. (XV) Вод. и С. Т. с'езда. Вып. II. Канализация и очистка городских и промышленных сточных вод. (Изд. П. Б. с'ездов. 1930).

Ушаков Н. М., Канализация населенных мест. (Гиз. 1927).

II. Канализационная и водосточная сети

Белов Н. Н., Расчет дождевой канализационной сети. (Изд. НКВД, 1931).

Бруханский Н. А., Методы определения расчетного расхода в дождевых водостоках. (Мосреклампсправиздат, 1928).

Зак Г. Л., Таблицы для расчета канализационных коллекторов по формуле Маннинга. (Изд. П. Б. Всес. Вод. и С. Т. с'ездов, 1931).

Милович А. Я. и Грицук А., Исследование движения жидкости в канализационной сети Москвы. (Материалы по проектированию III очереди канализации Москвы). (Изд. МКХ, 1927).

Нормальный метрический сортамент каменно-керамических канализационных труб и технические условия на их изготовление и приемку (Изд. П. Б. Всес. Вод. и С. Т. с'ездов, 1925).

III. Очистка сточных вод

Базякина Н. А., Лабораторные исследования по изучению процесса очистки сточной жидкости путем аэрации 1910/1917 г. (Труды Сов. по очистке сточных вод. Вып. III. Изд. МКХ, 1928).

Базякина Н. А., Опыты очистки сточных вод на аэрофильтрах в 1923 г. Скорость растворения кислорода как один из факторов биологической очистки. (Труды Сов. по очистке сточных вод. Вып. V. Изд. МКХ, 1925).

Барсов К. К. и Корольков К. Н., Работа очистительных сооружений Люблинских полей фильтрации за 1914—1923. (Труды Сов. по очистке сточных вод. Вып. X. Изд. МКХ, 1928).

Бах Г., Очистка сточных вод. (Пер. с нем. Гостехиздат, 1930).

Бем Б. Промышленные воды (Госстройиздат 1932).

Бессонов И. С., Величкин Н. М. и Савостьянов П. С., Люберецкие поля фильтрации за первые 10 лет работы. (Труды Сов. по очистке сточных вод. Вып. IX. Изд. МКХ, 1928).

Иванов В. Ф., Очистка городских сточных вод. (Изд. НТУ ВСНХ УССР, Одесса 1929).

Корольков К. Н., Распад, осадка сточной жидкости в анаэробных условиях. (Труды Сов. по очистке сточных вод. Вып. VIII. Изд. МКХ, 1926).

Макеров Н. С., Расчет камер гниения для канализационного ила. (Томск, 1928).

Макеров Н. С., Механическая очистка сточных вод в связи с обработкой ила. (Томск, 1928).

Основные положения для проектирования, устройства и эксплоатации сооружений для биологической очистки сточных вод. (Труды Сов. по очистке сточных вод. Вып. VII и II. В. Всес. Вод. и С. Т. с'ездов. Изд. МКХ, 1925).

Поварнин П. Г., Изучение процесса аэрации на пробных установках Люблинских полей орошения. (Труды Сов. по очистке сточных вод. Вып. IV. Изд. МКХ, 1924).

Ролан Е., Очистка сточных вод. (Перев. с французского. Госиздат, 1929).

Савостьянов П. С., Поля орошения и биологические станции как база для создания огородов и молочных ферм. (Изд. В. Н. Вод. и С. Т. о-ва, 1931).

Свод постановлений 1 Всес. конференции по очистке сточных вод текстильной промышленности. (Изд. Сан.-тех. сектора Гис, 1931).

Строганов О. Н., Итоги изучения сточных вод с помощью активного ила (Труды Сов. по очистке сточных вод при МКХ. Вып. 1. Гиз, 1922).

Строганов С. Н. Обзор современного состояния очистки сточных вод посредством искусственной аэрации с активным илом. (Труды Сов. по очистке сточных вод. Вып. VI. Изд. МКХ, 1925).

Юбилейный сборник, посвященный 25-летию совещания по очистке сточных вод (Изд. МКХ, 1930).

IV. Канализация зданий

Ззягинский Я. Я. Канализация зданий. (Гиз 1930).

Уаррен Дж., Канализация отдельно стоящих владений в городах, поселках, селах и деревнях. (Перев. с англ., Гостехиздат, 1928).

Шваб В., Канализация, очистка зданий и устройство уборных. (Перев. с нем. Гостехиздат, 1927).

V. Канализация промпредприятий и очистка промышленных сточных вод

Белов П. С., Промышленные сточные воды и их очистка. (1930).

Демидов Л. Г., Канализование нефтеперегонных заводов («Стр. пром.» № 10, 1927).

Демьяненко В. Н., Коксобензольное производство и его сточные воды. (На украинск. яз. «Проф. мед.» № 10, 1930).

Демьяненко В. Н., Способ очистки фенольных сточных вод фильтрацией через грунт (На украинск. яз. «Проф. мед.», № 11/12, 1931).

Дроздов В. А., Применение активного ила для очистки промышленных вод. («Сан. тех.». № 3, 1928).

Душский И. Е. и Коленко В. В., Материалы к устройству приспособлений для очистки сточных вод на сахарных заводах. (Снабкоопгиз, 1931).

Издебский А. М., Сточные воды сахарных заводов Шевченковского округа и их очистка. («Проф. мед.» № 3, 1928).

Материалы по очистке промышленных сточных вод. Труды Всеукраинского комитета по охране водоемов от загрязнений промышленными сточными водами. (Изд. НТУ ВСНХ УССР. Одесса, 1930).

Материалы по очистке сточных вод кожевенных заводов. (Труды Центр. ком. Водоохранения. Вып. VI. Изд. НТУ ВСНХ 1927).

Материалы по очистке сточных вод бумажной промышленности. Труды Центр. ком. Водоохранения. Вып. VII. Изд. НТУ ВСНХ, 1928).

Материалы для очистке сточных вод заводов первичной обработки льна. (Труды Центр. ком. Водоохранения. Вып. IX. Гостехиздат. 1930).

Материалы по очистке сточных вод кожевенной промышленности. (Труды Центр. ком. Водоохранения. Вып. IX. Гостехиздат. 1930).

Несмеянов О. А., К вопросу об очистке сточных вод Иваново-Вознесенска. («Сан. техн.» № 4, 1029).

Несмеянов С. А., О сточных водах гвоздильных заводов и их утилизации. («Сан. тех. № 4, 1931).

Коневич А. И., Очистные установки свеклосахарных заводов в Сумском округе («Проф. мед.» № 9/10, 1928).

Пискунов П. И. Хоз.-фек. канализация Автостроя. («Сан. техп.» № 7, 1932).

Строганов С. Н., К вопросу о принципах очистки сточных вод красильно отбельных фабрик («Гиг. и эпид.» № 6, 1927).

Труды Сан.-гиг. института. (Прил. к журн. «Гиг. и эпид.» 1929).

Углов В. А., К вопросу об очистке фенольных сточных вод («Проф. мед.» № 2, 1930, на украинск. яз. «Гиг. и эпид.» № 4/5, 1930).

2. Иностранная литература

1) Водоснабжение

Babbitt and Doland. Water Supply Engineering (N. l. 1927).

Béranger Ch. Guide pour la distribution de l'eau dans les bâtiments (Paris 1931).

Brinkhaus P., Anlagen zur Gewinnung von natürlichem nnd künstlichem Grundwasser (München 1920)

Daries T., Distribution d'eau.

Elims, Water Prriiication (N. J.)

Folwell P., Water Supply Engineering (N. J. 1926).

Gross E., Handbuch der Wasserversorgung (München 1930).

Imbeaux E., Hydrogéologie, recherche d'étude et captage des eaux souterraines (Paris 1930)

Imbeaux E. et aut., Annuaire statistiqueset descriptif des distributions d'eau et égouts de Franco, Algérie, Tunisil Maroc et col. fr., Belgique, Suisse et gr. duché de Luxembourg (Paris 1931).

Manual of american water works Practice (Baltim. 1925)

Rabovsky H., Holzdaubenrohre (Berlin 1925).

Bubner M., Grouber, Fickert; Die Wasserversorgung (Leipzig 1924).

Starbuck R, Modern plumbing illustrated (N. I. 1928)
" " Standart practical plumbing (" ")

Trink- und Nutzwasser in der deutschen Wirtschaft (Berlin 1930)

Turneure T. and Rüssel H., Public Water Supplies (N. I. 1924)

Weyrauch Lueger, Die Wasserversorgung der Städte.

Ziegler P., Schnellfilter, ihr Bau und Betrieb (Leipzig 1919).

2) Канализация

Böhm B. Gewerbliche Abwässer (München 1928).

Daverton A. Assainissement des Villes et égouts de Paris (Paris 921).

Folwell. Sewerage (New-York 1927).

Fuller, Sewage disposal (N. Y. 1927).

Fuller und Mc Clintock, Solving sewage problems (N. Y. 1926).

Fünfzig Jahre Berliner Stadtentwässerung 1878— 928 (Berlin 1928).

Genzwer, Die Entwässerung der Städte (Leipzig 1911).

Helbing, 25 Jahre Emschergenossenschaft 1900—1925 (Berlin 1925).

Imhoff K. Fortschritte der Abwasserreinigung (Berlin 1926).

Imhoff K. Taschenbuch der Stadtentwässerung (München 1926).

Martin A., The activated sludge process (Lond. 1927).

Metcalf and Eddy, American Sewerage practical (I III v) (N. Y. 1922).

Pritzkow A., Die gewerblichen Abwässer (Weyls Handbuch).

Prüss M., Fortschritte in der Ansfaulung von Abwasserschlamm (München 1920).

Rollants E., Les eaux usées (Paris 1926).

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

МЕСТНЫЕ УСЛОВИЯ и ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР СИСТЕМ и КОНСТРУКЦИЙ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Проф. *Н. А. КАШКАРОВ*

I. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ и КАНАЛИЗАЦИИ ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ и РАЙОНОВ

Колоссальное строительство промпредприятий в настоящий период производится чаще всего в виде узлов хозяйственных комплексов[1]), сосредоточенных в одном районе, что дает существенное преимущество для снабжения этих предприятий энергией и для организации транспорта; в тех же районах создаются соцгорода для рабочих этих предприятий. При этом снабжение всех предприятий узла водою, естественно, также должно быть единым, чтобы, во-первых, удешевить водопроводное строительство путем его укрупнения и, во вторых, дать такое решение проблемы водоснабжения всех предприятий, при котором средняя стоимость кубометра подаваемой воды будет наименьшею (при независимом разрешении вопросов водоснабжения отдельными предприятиями нередко удешевление воды для одних ведет к чрезмерному удорожанию ее для других предприятий, и средняя стоимость значительно повышается). Далее, вопросы водоснабжения должны быть тесно увязаны с вопросами канализации района, так как канализационные стоки естественно стремятся в те же водоемы, которые могут явиться и источниками водоснабжения, а потому во избежание загрязнения источников необходимо выпускать в них стоки ниже мест забора воды и притом достаточно очищенными, или же, при наличии близ района ряда открытых водоемов, использовать один из них для питания водопровода, а другие — для отвода сточных вод.

Потребление воды промышленностью и населением района нередко достигает весьма высокой величины; наряду с ними, вода требуется также в большом количестве для энергетических установок, транспорта и сельско-хозяйственных надобностей, мест, расположенных близ того же водоисточника; наконец для использования водоемов в качестве путей сообщения также требуется оставление в них обеспеченного наименьшего расхода воды. Все эти потребности должны быть учтены при общем решении вопросов водного хозяйства, и во многих случаях, даже при многоводности источников, их естественный минимальный расход оказывается недостаточным; возникает необходимость зарегулирования стока путем устройства водохранилищ.

Наконец местных источников может оказаться недостаточно, и понадобится подвод воды из дальних источников; он является дорогим и притом требует большого количества труб; поэтому до постройки водопровода из дальних источников следует произвести тщательные изыскания, которые дадут уверенность в целесообразности такого подвода, а затем выяснить возможность подвода воды, вместо трубопроводов, по открытым каналам или естественным руслам рек с их регулированием.

[1]) Сущность идеи хозяйственных комплексов раскрыта Марксом (Капитал, т. I, стр. 122 и 123). „Когда одна потребительная стоимость в виде продукта выходит из процесса труда, в него входят в качестве средств производства другие потребительные стоимости, продукты предыдущих процессов труда. Одна и та же потребительная стоимость, являясь продуктом одного процесса труда, служит средством производства для другого процесса труда. Поэтому продукты представляют не только результат, но в то же время и условия процесса труда".

„Так как каждый предмет обладает многочисленными свойствами и потому пригоден для различных способов использования, то один и тот же продукт может служить сырым материалом в очень различных процессах труда". *Ред.*

Для каждого района кроме производственной воды необходима вода для хозяйственно-питьевых надобностей которая должна удовлетворять санитарным требованиям.

Рассмотрим несколько случаев возможного решения проблемы водоснабжения районов в связи с канализацией их.

Разделим возможные случаи на следующие группы:

1) Дебит ближних источников достаточен для производственного водоснабжения района.

2) Дебит ближних источников недостаточен.

3) Особые случаи в отношении качества воды.

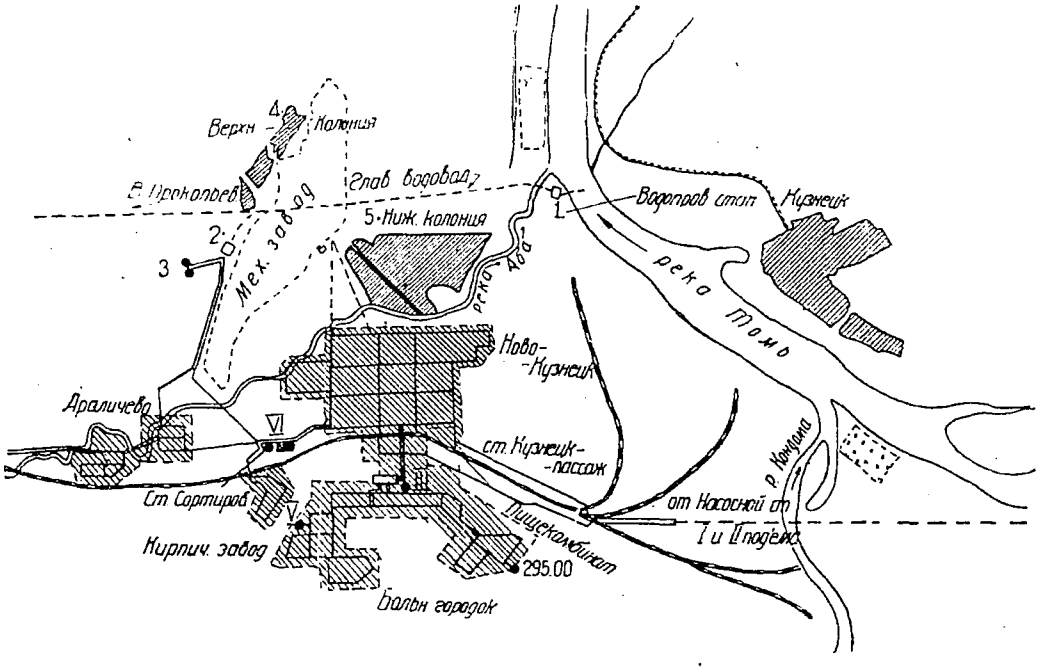
1. Дебит ближних источников достаточен для промышленного водоснабжения района

Источником, достаточным для промышленного водоснабжения района, обычно может быть река, реже — озеро.

Наиболее благоприятным случаем является тот, когда качество воды в реке удовлетворительно и для питьевого водоприемник и насосная шахта 1 подъема делаются общими для промышленного и питьевого водопроводов; питьевая вода подвергается очистке близ площадки завода и населенного места (т. е. в случае расположения завода и города близ места приема воды, очистная станция устраивается также близ водоприемника, а при значительном расстоянии от них до берега — целесообразно довести до заводской территории всю воду без очистки общими водоводами и очищать уже на площадке завода или города).

Примером такой схемы устройства водопровода может служить водоснабжение Сталинского (Кузнецкого) завода и города при нем (Сталинска) в таком виде, как оно осуществлено в настоящее время (фиг. 13).

Сталинский завод расположен в 3,5 *км* от р. Томи; наименьший расход воды в реке около 70 *м³/сек.*; населенных мест выше заводского района не было; вода хорошего качества и мягкая. Близ завода в Томь впадает небольшая речка Аба, на берегах которой располагается часть нового города и так называемая „Нижняя Колония"; выпуск сточных вод завода и города после их очистки предполагается в р. Абу.



Фиг. 13. Схематический план г. Сталинска.

водоснабжения; расход воды в сухое время маловодного года превышает потребность в воде, и устройства водохранилища не требуется; в этом случае можно брать из реки (или озера) воду как для производственного, так и для хозяйственно-питьевого водопровода, выпуская стоки в реку ниже места забора чистой воды.

Выше места забора должна быть установлена зона санитарной охраны водоема.

Потребность завода в свежей воде для производственных надобностей около 2,5 *м³/сек.*; город проектировался первоначально на 40 тыс. жителей, затем, по мере увеличения задания для завода, увеличился до 125 тыс., а в настоящее время проектируется уже на 400 тыс. населения. Норма потребления воды для 1 очереди строительства принята 120 *л*, с добавлением 50 *л* на 1 жителя на поливку насаждений.

Водоприемник выстроен на р. Томи выше впадения в нее р. Абы и должен обслуживать производственный водопровод завода — 1 очередь питьевого водопровода гор. Сталинска и сверх того 1 очередь питьевого водопровода г. Прокопьевска (соцгорода у Прокопьевских копей), находящегося на расстоянии около 30 *км* от водоприемника; население Прокопьевска на 1 очередь намечалось 200 тыс., по проекту оно увеличится до 500 тыс.

На насосной станции (в шахте) 1 подъема установлены большие насосные агрегаты для подачи воды на площадку Сталинского завода и насосы малой производительности (но с большим напором) для подачи воды по отдельному водоводу в Прокопьевск.

Вода для завода и города поступает по деревянному водоводу к центральной насосной станции, расположенной в центре заводской площадки, и главная масса ее идет на нужды промышленного водоснабжения (добавление к оборотной воде, охлаждаемой для электростанции, и мартеновского цеха в открытых бассейнах, а для прокатного и коксобензольного цехов — на градирнях), а небольшая часть берется насосами, подкачивающими ее на очистную станцию для питьевой воды. Очистная станция расположена на возвышенности, у подножия которой лежит заводская площадка, так что резервуар чистой воды служит вместе с тем напорным для большей части снабжаемой территории.

При дальнейшем росте населения до 400 тыс. город будет расширяться к югу за железной дорогой. При развитии города можно ожидать ухудшения санитарного состояния берегов р. Томи выше существующего водоприемника, и предположено выстроить для питьевого водоснабжения новый водоприемник — выше заселенной части (точное место для него еще не выбрано); вода будет подводиться непосредственно к новой части города. Существующий водоприемник будет обслуживать только производственый водопровод.

В случае недостатка расхода реки в сухое время маловодного года в естественном состоянии, река должна быть зарегулирована путем устройства водоудержательной плотины. Требуемая емкость водохранилища определяется в зависимости как от потребления воды, так и от необходимой степени зарегулирования источника и в случае необходимости многолетнего регулирования может потребоваться емкость, превышающая годовое потребление воды.

Загрязненные промышленные воды и фекальные воды населенного места отводятся после очистки ниже плотины, но поверхностные стоки с заводской площади, а равно и оборотная (мало загрязненная) промышленная вода обычно спускается в то же водохранилище, которое в случае близости к нему завода служит также и охлаждающим прудом. Тем самым водохранилище делается непригодным в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения; для питания последнего изыскивают и используют подземные воды, а в случае отсутствия или недостатка их можно применять воду той же реки, если она в естественном состоянии удовлетворительна по качеству; однако брать эту воду необходимо выше (по течению) заводской площадки, в месте, до которого по возможности не доходит подпор водохранилища, а потому не может распространяться загрязнение воды стоками; конечно выше места забора воды должна быть установлена зона санитарной охраны.

Такое решение принято для Магнитогорского завода (фиг. 14).

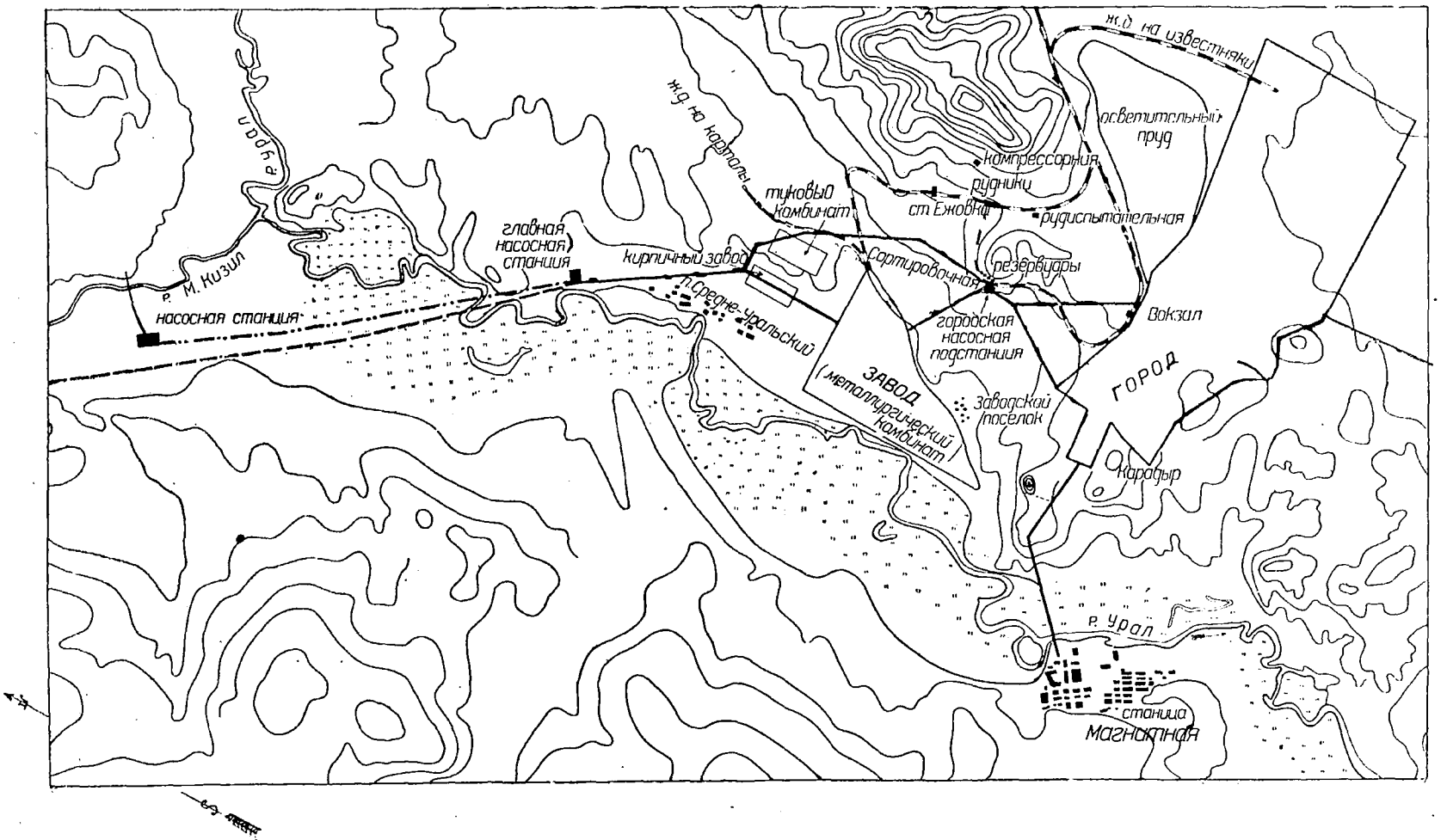
Магнитогорский завод находится непосредственно на берегу водохранилища, образованного устройством плотины на р. Урал; центральная насосная станция завода выстроена непосредственно на берегу водохранилища, и вода для промышленного водопровода берется там же; плотина находится на расстоянии около 5 *км* ниже насосной станции, подпор воды доходит на 3 *км* выше станции. Подземных вод в достаточном количестве на самой заводской площадке не обнаружено; подземные воды найдены на берегу притока р. Урала — М. Кизил, на расстоянии около 10 *км* выше верховьев водохранилища; до настоящего времени установлено, что этих вод достаточно для удовлетворения 30 — 40% потребности города и завода в питьевой воде. Недостающее количество предполагается забирать из р. Урал приблизительно на 2,5 *км* выше верховьев водохранилища и очищать на фильтровальной станции, с установлением зоны санитарной охраны реки выше места приема воды.

Соцгород (на 200 тыс. жителей) застраивается на возвышенности, расположенной к югу от завода, и сточные воды (как хозяйственные, так и загрязненные промышленные) предполагается выпускать ниже плотины.

Нередки случаи, когда река, на которой образовано водохранилище и стоит завод, имеет и выше завода заселенные берега, а потому для питья непригодна; при отсутствии подземных вод можно использовать приток этой реки, берега которого не заселены, в качестве источника питьевого водопровода, спуская стоки города и завода в русло главной реки.

Подобные условия имеют место в Н. Тагиле.

Ново-Тагильский комбинат, состоящий из металлургического, коксохимического и вагоностроительного заводов, проектируется на правом берегу Нижне-Тагильского пруда, на возвышенности, и будет пользоваться для технического водоснабжения водою из этого пруда. Пруд некогда был устроен для старого (работающего и в настоящее время) Нижне-Тагильского завода, расположенного ниже плотины; плотина была выстроена такой высоты, чтобы вода из пруда не только самотеком поступала в заводскую водопроводную сеть, но также служила и двигательной силой для заводского оборудования (приводя во вращение подливные колеса). Получившаяся при такой высоте плотины емкость пруда оказывается достаточною для зарегулирования стока р. Тагил с обеспечением

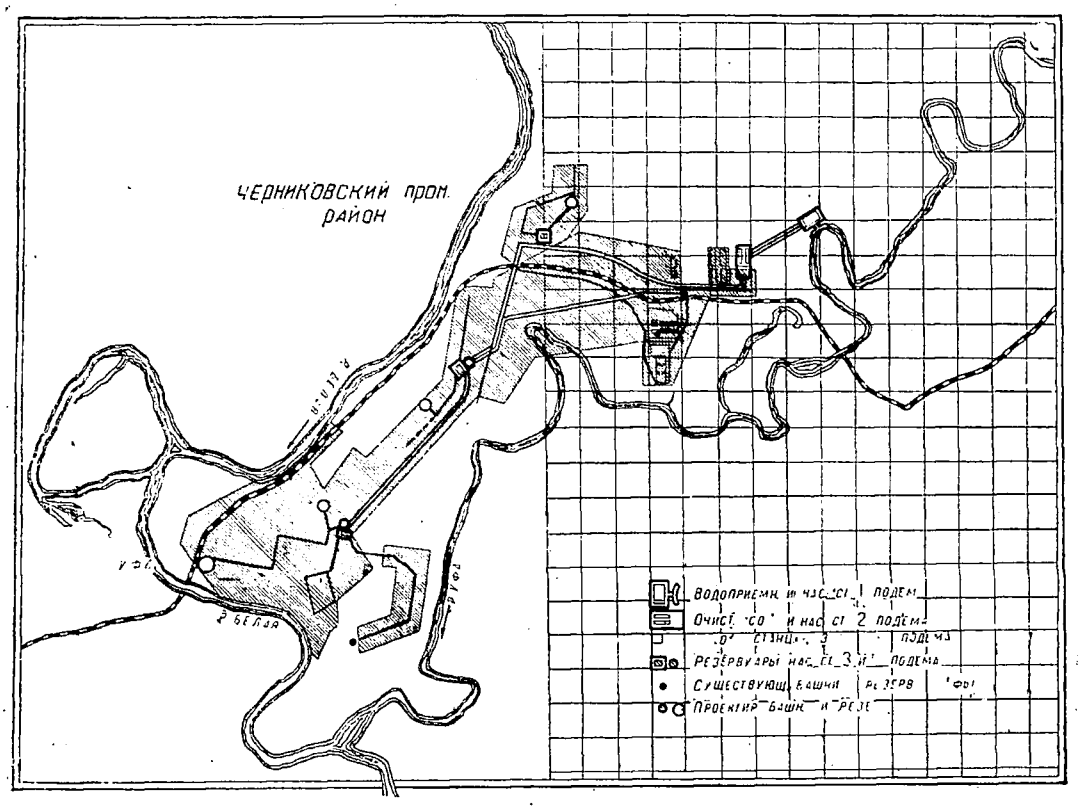


Фиг. 14. Схематический план Магнитогорского промышленного комбината.

отдачи около 5 *м³/сек.*, которая потребуется для строительства 1 очереди комбината при применении оборота воды (требуется около 3,5 *м³/сек.* свежей воды), и потребности старого завода при сохранении для него прямоточной системы водоснабжения (около 1,5 *м³*); при этом понадобится значительно увеличить сливную призму пруда, сохраняя его высший уровень, но спуская низший; последнее не встречает препятствий, так как старый завод уже переоборудовал свои механические установки и не пользуется водяными двигателями.

При принятой схеме р. Тагил остается для спуска сточных вод.

Разновидность предыдущего случая, весьма благоприятная для решения вопроса о водоснабжении и канализации промышленного района, имеет место в г. Уфе (фиг. 15), где городская и промышленная территории расположены между двумя мощными реками—Белою и ее притоком Уфою; р. Белая делает у города Уфы (у существующей его части) крутой поворот, под углом близким к 90°; р. Уфа течет почти параллельно части р. Белой ниже города, но в обратном



Фиг. 15. План Черниковского промышленного района (Уфа).

В связи с постройкой комбината население города существенно увеличится, и расчетное число жителей в 1937 г. принято около 400 тыс.; в том числе на существующей территории старого города (имевшей население около 60 тыс.) будет жить около 200 тыс., в районе к северу от города и от комбината—40, в юговосточной части (Вагоностроя)—80 и на резервных участках—80 тыс.

Источником для питьевого водоснабжения намечен приток р. Тагила, впадающий ниже плотины—р. Выя, с устройством на ней водохранилища в верховьях выше населенной части; окружающая будущее Выйское водохранилище местность покрыта лесом и совершенно незаселена.

направлении, впадая в Белую несколько выше указанного поворота. Ширина полосы между рр. Уфой и Белой около 4—6 *км.*

Промышленность — преимущественно машиностроительные заводы — развивается на берегу р. Уфы. Река многоводна и вполне удовлетворительна по качеству воды; многолюдных поселений выше по течению нет, и зона санитарной охраны легко может быть установлена.

Предполагается устроить водоприемник питьевой воды для всей заселяемой территории (как для новой промышленной части города, строящейся вдоль заводов, так и для старого города, всего для расчетного населения к 1943 г. около 430 тыс. человек) из р. Уфы выше крайнего завода (и выше

города), а забор производственной воды производить из той же р. Уфы, но непосредственно близ отдельных заводов (или групп из 2—3 заводов); сточные же воды перекачивать в р. Белую.

На мощных реках, вода которых в естественном состоянии вполне удовлетворительна, нередко промпредприятия и рабочие города при них займут почти непрерывную полосу протяжением в несколько десятков километров, и таким образом каждый вышележащий пункт может загрязнить воду и сделать ее непригодною для водоснабжения нижележащих пунктов. Проблема водоснабжения и канализации подобного района может быть разрешена двумя путями: или питанием питьевого водопровода всего района из общего водоприемника, находящегося выше крайнего населенного пункта, или же забором воды для питьевых водопроводов в нескольких пунктах, но с отводом сточных вод ниже района, или в крайнем случае (при особо благоприятных обстоятельствах) с выпуском стоков также в нескольких пунктах, но с особо тщательною очисткою как сточных вод перед выпуском в реку, так и питьевой воды.

Примером первого решения может служить проектируемый единый водопровод Большого Сталинграда.

Сталинград превращается в центр промышленных предприятий, которые располагаются непрерывной полосой по берегу Волги на протяжении около 45 *км*. Выше города по течению реки лежат заводы — Тракторный, „Баррикады" и „Красный Октябрь", около которых (далее от берега, чем заводы) проектируется социалистический город на 250 тыс. жителей, так называемый „город металлистов". Старый город Сталинград реконструируется, развивается и становится культурно-административным центром с населением в 300 тыс.

Непосредственно к Сталинграду примыкает лесной район с деревообрабатывающими предприятиями и в нем „город лесников" на 60 тыс. жителей.

Еще ниже по течению Волги проектируются химические заводы с „городом химиков" на 100 тыс. населения и наконец „город транспортников и судоремонтников" (на месте Красноармейска, бывш. Сарепты) на 67 тыс. близ проектируемого порта.

Таким образом общая численность населения всей совокупности перечисленных городов, образующих вместе Большой Сталинград, — около 700 тыс.

Общий наибольший суточный расход фильтрованной воды округленно 150 000 $м^3$. Из того же водопровода на питьевые нужды и души на заводской территории подается 17 000 $м^3/сутки$. Для технического водоснабжения предприятий естественным источником водоснабжения является Волга с забором воды близ этих предприятий; для Тракторного завода и зав. „Баррикады" вода забирается выше оврага Сухая Мечетка тем же водоприемником, который (как увидим ниже) служит и для питьевого водоснабжения всего района.

Завод „Красный Октябрь" имеет свой водоприемник, расположенный в таком месте берега Волги, что наносы песка уже прекращаются, и потому этот водоприемник продолжает работать.

Ниже города имеются два больших водоприемника, выстроенных в последнее время, а именно для электростанции лесного района (в части города, носящей название Ельшанки) и ниже — для Сталинской районной электростанции.

Для обслуживания химзаводов вероятно понадобится устройство особого водоприемника так же, как и для обслуживания порта.

Наконец, существующий пожарный водопровод лесных складов, расположенных ниже Ельшанки, берет воду из ряда мелких водоприемников.

Потребность в технической воде равна ориентировочно 500 000 $м^3/сутки$. Потребность в питьевой воде определяется по норме 150 *л* на человека в сутки, а среднее суточное потребление — около 100 000 $м^3$.

На разрешение вопроса о питьевом водопроводе значительное влияние оказали существующий питьевой водопровод города и история его развития.

Город Сталинград имеет (до настоящего времени) водоприемник из Волги, расположенный против центра города; водопроводная сеть развита как в пределах города, так и по его предместьям, вверх и вниз по течению. Несколько лет назад решено перейти на забор воды выше города; ближайшее место, удобное для устройства водоприемника без опасения заноса его песком, находится выше того рукава Волги, называемого „Денежная Ложка", на берегу которого стоят упомянутые заводы, и выше двух оврагов, впадающих в Волгу, — Мокрой и Сухой Мечеток, выносами из которых вызывается быстрое образование отмелей в этом месте.

Был составлен проект водопровода из нового водоприемника, но очередность постройки была намечена так, чтобы сначала укладывать водовод от города к будущему водоприемнику и временно подавать по этой сети воду из города к заводам до Тракторного включительно и лишь потом приступить к постройке нового водоприемника, насосной станции и большой фильтровальной станции. Постройка водоприемника и насосной станции, подающей 1 $м^3/сек.$, выполнена в 1930 г.

Вода будет подаваться на строящуюся фильтровальную станцию, проектируемую несколько южнее Тракторного завода; до фильтровальной станции водоводы поведут вместе для нужд Тракторного завода и завода „Баррикады" воды и питьевую и техническую, но последняя (без очистки) будет поступать в напорный резервуар. Очищенная же вода будет подниматься насосами второго подъема в город, в водонапорные резервуары, проектируемые у аэродрома. У этих резервуаров будет устроена третья перекачка.

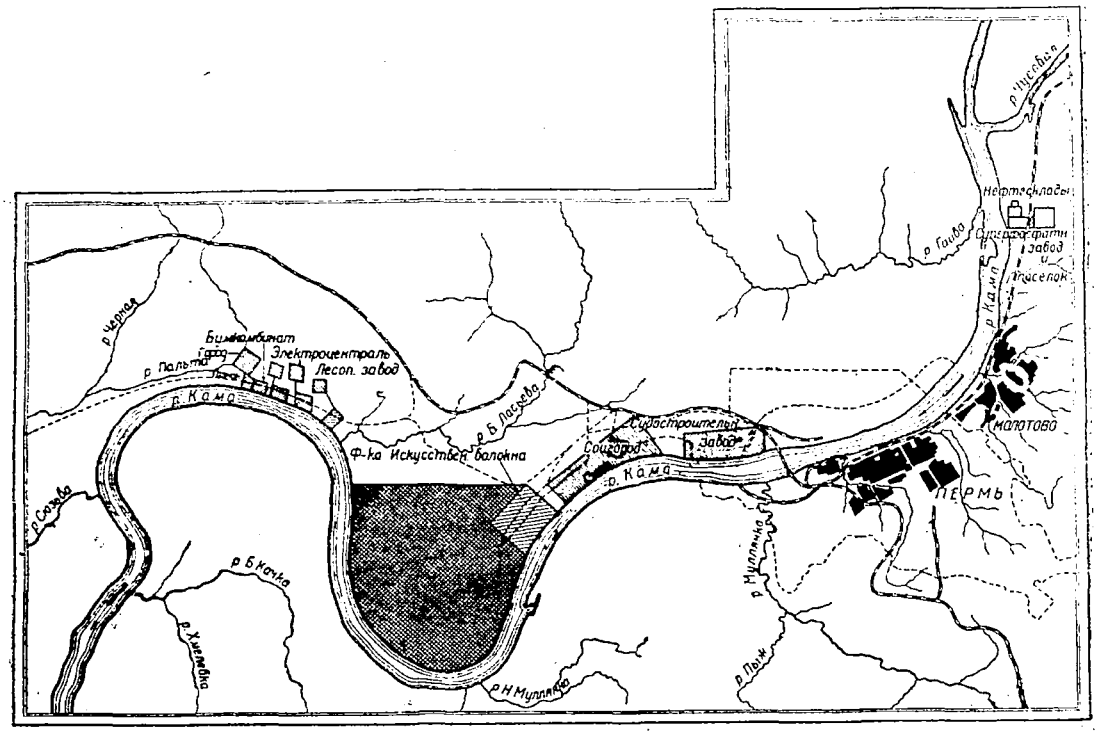
Таким образом благодаря развитой существующей городской сети труб представляется возможным устроить единый питьевой водопровод на протяжении всех 45 *км*.

Общая ориентировочная стоимость промышленного водопровода всего района около 30 млн. руб. и питьевого около 10—12 млн. руб.

Ввиду затруднительности получения в ближайшее время полного требуемого количества труб, для питания южного города проектируется устройство временного водоприемника (близ существующего водоприемника Сталинской электростанции) и очистной станции в том же районе с тем, что по переходе всего питьевого водоснабжения на питание от

Ниже города река делает излучину к югу, и дальнейшее строительство переходит на правый (северный) берег Камы. Здесь проектируются: судоверфь с соцгородом при ней (на 60 тыс. жителей), ряд химических заводов, затем склады Волгокамалеса, центральная электростанция, бумажный комбинат и фабрика Гознака, ниже которых по течению реки — соцгород на 40 тыс. жителей.

При таком количестве предприятий и рабочих поселков проблема снабжения их производственною водою не встречает затруд-



Фиг. 16. План г. Перми.

водоприемника у Мечетки, водоприемник у электрической станции будет использован для развития промышленного водоснабжения.

Водоснабжение Пермского района (фиг. 16). Около г. Перми проектируется и строится целый ряд крупных промышленных предприятий, которые вместе с существующими заводами займут полосу по берегам р. Камы протяжением около 60 *км*, с г. Пермью по средине.

Эти заводы начинаются почти от устья р. Чусовой, ниже которого предполагается устройство гидроэлектроцентрали, а еще ниже (приблизительно в 6—8 *км* от устья Чусовой) расположены нефтесклады и суперфосфатный завод с большими рабочими поселками при них; далее, после незастроенного разрыва протяжением около 6 *км*, начинается г. Молотова (б. Мотовилиха) и вслед за ним Пермь. Все эти объекты водоснабжения лежат на левом (южном) берегу Камы.

нений, но снабжение питьевой водой становится весьма сложным.

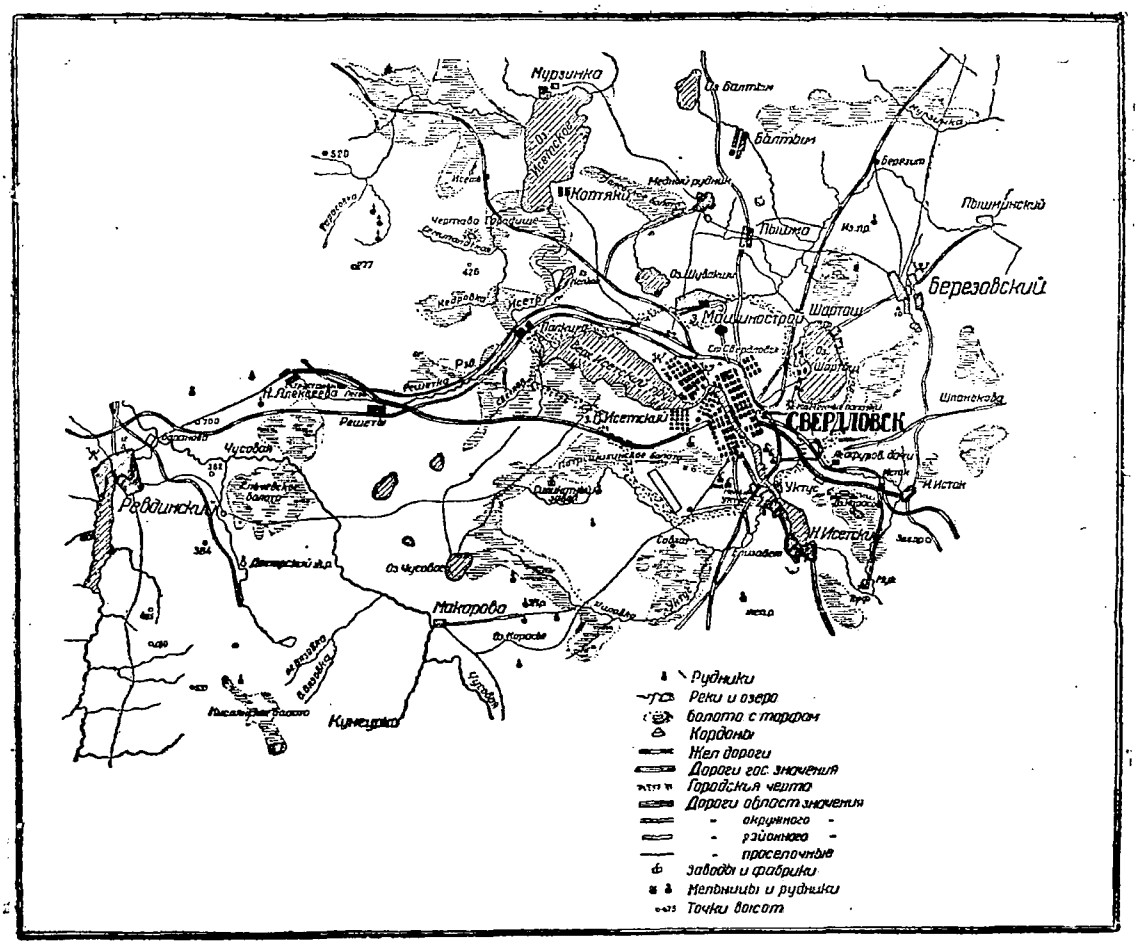
Естественным источником производственных водоснабжений является многоводная Кама, и водоприемники на ней устраиваются близ отдельных предприятий. Можно обслуживать или каждое предприятие особым водоприемником и насосною станциею, — и тогда получится наиболее легкая и дешевая водопроводная сеть, по увеличатся затраты на постройку водоприемников и насосных станций при них и на содержание персонала для этих станций (так сделано для предприятий левого берега); при противоположном решении можно иметь один общий водоприемник для нескольких предприятий. Таков проект для группы электроцентрали и Бумкомбината с Гознаком, где вся требуемая вода подается сначала на электроцентраль, а отработанная (нагретая) вода идет далее на нужды названных фабрик, для которых требуется теплая вода.

При снабжении питьевою водою мы сталкиваемся с загрязнением реки от тех заводов и населенных мест, которые лежат выше места забора воды; подземных или ключевых вод в районе совершенно недостаточно.

Коренным решением было бы устройство мощных водоприемных сооружений для питьевого водопровода выше устья Чусовой и разведение этой воды по всему району с устройством фильтровальных станций или близ водоприемника, или для каждой крупной группы населенных мест в отдельности; в этом случае загрязнение реки стоками от канализации тех же населенных пунктов будет безразлично для их снабжения питьевою водою. Однако при этом вода для части района, низовой по течению реки, будет пробегать по трубам около 60 *км*, что вызовет чрезмерный расход металла на трубы, неэкономичный и совершенно невозможный в настоящее время.

Ради экономии труб приходится прибегнуть к забору питьевой воды из Камы в нескольких местах, ниже разрывов между заводскими территориями, а именно: 1) выше нефтескладов — для нужд суперфосфатного завода с нефтескладами и поселками при них (общий водоприемник для питьевой и производственной вод); 2) в районе г. Молотова (за островом, где проходит фарватер и наблюдается весьма чистая вода) — для Перми с г. Молотова; 3) у Бумкомбината — для него и для Гознака с их городом.

Для судоверфи, химических заводов и соцгорода вода будет браться из Камы в месте, где наблюдается наиболее чистое течение, а именно — близ поворота реки, и подвергаться особо тщательной очистке.



Фиг. 17. План г. Свердловска.

При подобном заборе питьевой воды из Камы неизбежно придется усилить требования к очистке сточных вод всех промпредприятий и населенных мест перед выпуском их в реку, а быть может и отводить эти сточные воды для выпуска в Каму ниже последнего водоприемника; таким образом удешевление водопроводных сооружений ведет к удорожанию канализационных, и потому вся проблема может быть рационально разрешена только после рассмотрения ее в полном объеме.

В первую очередь строительства ради экономии труб предполагается исходить из схемы устройства ряда отдельных водоприемников питьевой воды, но располагать фильтровальные станции с таким расчетом, чтобы в случае надобности проведения воды из более высокого места по реке (например взяв ее выше Чусовой) можно было использовать эти же фильтровальные станции.

2. Дебит ближайших источников недостаточен

Если дебит ближних источников недостаточен для удовлетворения потребности промпредприятий в свежей технической воде, или же городов в питьевой воде, то приходится подводить воду из более удаленных источников; при этом, в случае большого количества подводимой воды, для удешевления строительства и уменьшения требуемого количества труб, целесообразно устраивать открытые каналы или использовать естественное русло рек с его регулированием.

Рассмотрим 3 примера подобной схемы: водоснабжение городов Свердловска и Москвы и районное водоснабжение Донбасса.

Свердловск (фиг. 17) расположен на р. Исети, сток которой издавна зарегулирован Исетским озером и Верхне-Исетским прудом; последний находится непосредственно в Свердловске.

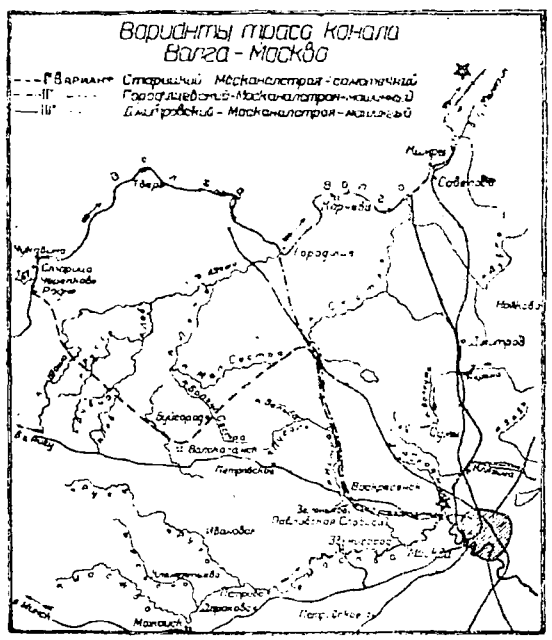
Наименьший дебит р. Исети у города в современном ее состоянии около 1,7 *м³/сек.*

В связи с ростом промышленности в Свердловском узле и строительством Средне-Уральской электростанции и ряда машиностроительных заводов (ВЭО, Уралмашиностройстрой, Инструментальстрой, заводы дорожных машин и экскаваторов), а также и медеобрабатывающих заводов, и учитывая работу В. Исетского завода, потребность в свежей воде для технического водоснабжения узла определяется около 1,9 *м³/сек.* Ожидаемое количество жителей Свердловска к 1937 г. 1230 тыс. и к 1947 г. 1,5 млн., с потреблением питьевой воды около 3 *м³/сек.* Оставляя на поддержание течения в городских прудах в сухое время года 0,5 *м³/сек.*, получаем общую потребность в воде около 5,4 *м³/сек.*

Ближайшие к городу и к предприятиям узла источники водоснабжения маловодны и не могут быть зарегулированы; именно, для увеличения минимального дебита р. Исети (примерно на 1 *м³/сек.*) можно было бы поднять уровень плотины Исетского озера приблизительно на 1 *м*; однако при этом будут затоплены торфяники, окружающие озеро, между тем Ср. Уральская электростанция строится на торфу; далее, можно было бы зарегулировать р. Пышму, на которой строится медеобрабатывающий завод, и топография местности позволяет устройство плотины (близ ж.-д. станции Березгет), однако создание повышенного напора может грозить затоплением золотоносных россыпей, имеющихся в этом районе.

Подземные воды района на малой глубине малы по дебиту, а на большой — недостаточно обследованы.

Проблема решена путем подвода к городу воды из Чусовой, протекающей на расстоянии около 15 — 20 *км* от города; на Чусовой проектируется устройство водохранилища (близ деревни Макарова), отметка которого поднимется несколько выше отметки существующего озера Чусовского и, начиная от этого последнего, к городу будет устроен открытый канал, протяжением около 17 *км*. Превышение отметки водохранилища над отметкою городской территории позволяет не только подать воду по каналу самотеком, но и подвести канал к такой возвышенности близ Свердловска, что часть воды, требуемая для питания питьевого водопровода, пройдет через фильтровальную станцию и поступит в резервуар чистой воды, который будет служить напорным резервуаром для



Фиг. 18. Варианты трасс канала Волга—Москва.

большей части города; подкачка насосами (установленными на подстанциях) потребуется только для питания небольших возвышенных районов города.

Канал рассчитан на пропуск почти всего расхода воды, которое может дать Чусовая после устройства Макаровского водохранилища а именно на 6 *м³/сек.* Существующая насосная станция (из скважин на берегу Исетского пруда) останется в качестве резерва.

Москва (фиг. 18), как известно, имеет главным источник м водоснабжения р. Москву с забором воды у Рублева (второй источник питания водопровода — Мытищенские грунтовые воды — дает только около 0,5 *м³/сек.*). Расход воды в р. Москве крайне неравномерно распределен в течение года, и около половины

годового стока проходит в 20 — 30 дней половодья, вызывая наводнения в пределах Москвы (наиболее сильное наводнение было в 1908 г., когда уровень воды поднялся выше отметки набережной около места постройки Дворца советов приблизительно на 2 *м*), в межень расход воды в реке у Рублева падает до 8,5 — 9,0 *м*³/*сек*., из которых могут быть использованы для водопровода не более 4,5 — 5,0 *м*³, так как в реке следует оставить не менее 4 *м*³/*сек*. для снабжения промышленною водою предприятий, расположенных ниже Рублева и берущих воду непосредственно из реки (Трехгорная мануфактура, МОГЭС и др.).

В 1932 г. заканчивается устройство плотины вальцового типа в Рублеве выше водоприемника, и эта плотина увеличит минимальный дебит реки до 10 *м*³/*сек*.

Для дальнейшего зарегулирования расхода р. Москвы строится плотина на р. Истре (у с. Андреевского), которая повысит обеспеченный дебит у Рублева до 14 *м*³, и проектируется плотина на р. Рузе (у г. Рузы), которая доведет дебит у Рублева до 17 *м*³. Вместе с повышением дебита в сухое время года эти плотины уменьшат дебит реки во время половодья и тем уменьшат весенние наводнения.

По устройстве Истринской и Рузской плотины забор воды у Рублева для водопровода можно будет увеличить до 13 *м*³/*сек*.; устраиваются водоприемные ковши (непосредственно выше Рублевской плотины), насосные и фильтровальные станции для развития существующих установок до производительности 13 *м*³.

Ожидаемое потребление воды водопроводами достигнет 13 *м*³/*сек*. к 1936 г.; покрытие дальнейшего роста потребления будет производиться водою Волги, подводимой по каналу Волга—Москва.

По окончательно выбранному варианту канал Волга—Москва берет начало у впадения р. Дубны, причем насосная станция для подачи воды из Волги в канал располагается выше устья р. Дубны, чтобы избежать загрязнений, вносимых в волжскую воду р. Дубною; для судоходства же нижним бьефом будет служить русло р. Дубны; канал чистой (волжской) воды подходит к главному каналу выше первого шлюза. Отметка Волги в месте забора воды около 110 *м*; минимальный расход, который можно взять из Волги в ее естественном состоянии, 15 *м*³/*сек*. При устройстве плотины на Волге у Углича (для гидроэлектрической установки) отметка уровня воды несколько повысится (до 111 *м*) и расход дойдет до 35 *м*³/*сек*., а в дальнейшем, в случае устройства плотины близ Кимр, отметка повысится до 123 *м*, что позволит подавать воду из Волги по водоподводящему каналу без работы насосов первой насосной станции, при этом расход увеличится до 50 *м*³/*сек*.

Вариант канала Волга — Москва от указанного места забора воды носит название Дмитровского (так как канал проходит близ Дмитрова), в отличие от первоначального (самотечного) варианта — Старицкого и промежуточного (насосного) — Городищенского.

Канал проектируется на пропуск 35 *м*³ воды в секунду (судоходным).

Указанные 35 *м*³ воды из Волги доходят до Клязьменского водохранилища, которое пересекается каналом в самом верховьи; далее 15,5 *м*³ идут по судоходному каналу (по направлению р. Химки), и из них 4,5 *м*³ отходят еще ниже в рр. Яузу и Лихоборку. Клязьменское водохранилище служит предварительным отстойником (с пребыванием в нем воды 38 суток) и не используется для движения судов; поступающие в него 19,5 *м*³ воды идут далее по самотечному каналу в Мытищенское озеро, емкость которого будет равна приблизительно четырехмесячному расходу воды; из Мытищенского озера вода будет подаваться к городу насосами по двум водоводам, подходящим к городской сети с севера и востока, что облегчит разводящую сеть.

Как выше указано, у Рублева намечен сброс в межень в реку — 4 *м*³, т. е. меженный расход в реке будет: от Рублева до устья р. Химки — 4 *м*³, ниже до Яузы — 15 и от устья Яузы — 20 *м*³; этот расход предназначен на нужды децентрализованных производственных водопроводов и судоходства.

Районное водоснабжение Донбасса. Обеспечение Донбасса технической и питьевой водами потребовало продолжительного обследования всех водных ресурсов района и составления общей схемы водоснабжения. Трудность разрешения этой задачи обусловлена тем, что Донбасс расположен на возвышенности, с которой стекают реки в направлении от промышленных районов Донбасса к его периферии; так что в Донбассе находятся их верховья, местность носит степной характер и отличается маловодьем, между тем потребность в воде существующих, реконструируемых и вновь строящихся заводов чрезвычайно велика. Суммарная потребность тех промпредприятий, которые будут находиться в эксплоатации, начиная с конца 1933 г. (т. е. по окончании индустриального строительства пятилетки) в свежей воде для нужд производства — около 6,25 *м*³/*сек*., а потребность в питьевой воде населения Донбасса в то же время — около 2,6 *м*³/*сек*. в среднем в году, или 3,15 *м*³/*сек*. в день наибольшего потребления. К 1938 г. потребность в питьевой воде возрастет в 1,5 раза. В приведенные числа не вошла потребность предприятий, берущих воду непосредственно из С. Донца и района Луганска, обеспеченного местными подземными источниками.

При составлении схемы водоснабжения выяснилось, что отдельные пункты водопотребления удобнее всего группировать по районам, на которые Донбасс может быть разделен в зависимости от его топографических особенностей.

Довбасс перерезывается возвышенным хребтом, расположенным приблизительно параллельно течению Донца и имеющим отметки от 245 до 345 *м* над уровнем моря.

От основного хребта идут отроги, служащие водоразделами бассейнов отдельных рек: наи-

более высокий отрог имеет направление приблизительно от Дебальцева к Снежнянскому (водораздел рр. Миуса и Крынки); отметка Снежнянского — 250 *м*. Наиболее высокими точками Донбасса являются Дебальцево (325 *м*). и Петровеньки (315 *м*).

Естественными районами Донбасса, вытекающими из его топографии, можно считать бассейны отдельных рек, а именно:

1) часть Артемовского округа, расположенная в бассейне Торца, к которой относятся: Славянск, Краматорская, Дружковка, Константиновка и Щербиновка (Торецкий район);

2) Сталино-Макеевский район, включающий гг. Сталино, Макеевку, Харцызск, Мушкетово и Рутченково, расположенный в верховьях рр. Крынки и Волчьей; в верховьях р. Крынки расположены города Рыково и Зуевка.

Следует отметить, что перевал между верховьями Торца и Кальмиуса сравнительно невысок (Ясиноватая — 213 *м*, Авдеевка — 202 *м*, Щегловка — 194 *м*, Сталино — 179 *м*, Мушкетово — 296 *м*, Рутченково — 221 *м*).

3) Алмазо-Марьевский район — бассейны р. Луганп.

4) Юго-восточный район, разделяющийся на две части:

а) Снежнянско-Боково-Хрустальский район (включая и Штеровку) в верховьях р. Миуса.

б) Краснодонско-Сорокинский район (бассейн р. Каменки).

5) Луганский район (обеспечен местными источниками).

Расчетное потребление воды принято для технической воды на полную потребность заводов, строящихся в первую пятилетку, а для питьевой на 1938 г.

Таблица 6

Потребление воды в районах Донбасса

Район	Технической воды	Питьевой воды (ор. сут.)
1. Алмазо-Марьевский с Лисичанским	770	700
2. Торецкий	1 800	940
3. Юго-восточный	770	630
4. а) Сталино-Макеевский.	2 230	1 320
б) Рыковский.	620	210
5. Дебальцево	60	—
	6 250 *л/сек*	3 800 *л/сек*

Наиболее дефицитным по источникам является Сталино-Макеевский район, имеющий в то же время наибольшую потребность.

Для снабжения технической водою намечено устройство ряда водохранилищ (всего около 15) на местных источниках; при маловодности рек все водохранилища рассчитаны на многолетнее регулирование; коэфициент обеспеченности расчетной водоотдачи принят 97%.

Недостающее количество воды для Сталино-Макеевского района предполагается подводить из р. С. Донец с использованием русла р. Торца (от устья до Константиновки или до устья притока Торца — р. Клебан-Бык), с устройством на р. Торец ряда плотин и с перекачкою воды из каждого нижнего бьефа в вышележащий насосными установками; на р. С. Донец проектируется также плотина с подпором 25 *м* (и длиною 60 *м*), подпор от которой распространится вверх по р. Торец на 25 *км*; у Славянска находится вторая плотина (уже существующая) с подпором 4,5 *м*. Подача воды от Донца к Славянску 11 *м³/сек.* (для потребностей Славянского содового и других заводов) обратно отводится в Донец до 9 *м³* отработанной воды с устройством сбросного канала. Ориентировочная стоимость работ по Славянскому узлу (включая насосную станцию у Славянска, создающую требуемый напор в сети, и плотину на Донце) — 6,8 млн. рублей.

Выше Славянска проектируются плотины Ясногорская, две Дружковских (выше и ниже Дружковки) и Новоселковская; используются существующие плотины Краматорская и Константиновская и у плотин проектируются трубопроводы и насосные установки для подъема воды из нижних бьефов в верхние в обход плотин; расход воды, перекачиваемый у нижней плотины (Ясногорской) от 3,7 до 6,7 *м³/сек.*, у Константиновской—от 2,5 *м³/сек.* до 4,5 *м³*; общая ориентировочная стоимость плотин и насосных установок около 7,5 млн. руб.

При определении количества воды, которое должно быть подводимо из р. С. Донца в Сталино-Макеевский район, потребовалось выяснение наиболее рационального использования водоотдачи проектируемого Каракубского водохранилища на р. Кальмиус, имеющего водоотдачу 0,85 *м³/сек.*; эта вода может быть направлена или к Сталину, или же к Мариуполю, расположенному близ устья Кальмиуса и преобладающего на весь расход этой реки. Так как 0,850 *м³* не могут удовлетворить дефицита Сталинского района из С. Донца, а стоимость работ для подведения воды из Донца по Торцу мало изменяется при увеличении подачи на 0,85 *м³*, то оказывается рациональным воду р. Кальмиуса предоставить Мариуполю, не подводя к последнему воды взамен Каракубской из каких-либо иных источников, отдаленных от Мариуполя.

Другие районы Донбасса, кроме Сталино-Макеевского и Торецкого, получают воду: Алмазо-Марьевский (с присоединением к нему ст. Дебальцево) из С. Донца с забором воды у хутора Светличного, а остальные районы — из местных источников.

Общая (грубо ориентировочная) стоимость всех работ по техническому водоснабжению Донбасса — около 75 млн. руб.

Потребность в питьевой воде проектируется покрывать кроме местных источников из мощных задонецких меловых подземных источников, с устройством скважин на левом берегу С. Донца в районах от с. Маяки (выше устья Торца) и до станицы Гундоровской (у устья р. Б. Каменки), т. е. почти на всем протяжении С. Донца в пределах Донбасса. Предварительные изыскания дают возможность ожидать получения воды в районе Маяков — до 0,5 *м³*, Кременского — 0,5, Светличного — 1,0, Гундоровской — 0,5 *м³*. Недостающее количество воды, сверх дебита задонецких скважин, может быть взято из

р. С. Донец с фильтрованием этой воды; вода р. Донца удовлетворительна в санитарном отношении только выше устья Торца, где р. Донец еще не загрязнена промышленными стоками Донбасса, и менее удовлетворительна в нижележащих пунктах, в частности у Светличного, где имеются головные сооружения питьевого Алмазо-Марьевского водопровода, в том числе и фильтровальная станция, и где устраиваются дополнительные сооружения для освобождения воды от запаха хлорфенола (см. ниже).

Грубоориентировочная стоимость всех сооружений для захвата, очистки и подведения к населенным пунктам питьевой воды равна около 150 млн. руб. (при средней секундной производительности 3,8 *м*³ или в день наибольшего потребления 4,56 *м*³/*сек.*).

Проект канализования населенных мест и промпредприятий Донбасса еще не разработан; он должен быть тесно увязан с проектом водоснабжения, так как спуск сточных вод может производиться только в реки, не используемые для питьевого водоснабжения, и в отдельных случаях может оказаться целесообразным для удешевления канализационных сооружений удорожить водопроводные, подводя питьевую воду из более далекого источника.

3. Особые случаи устройства водопроводов

Бывают особые случаи усложнений при решении вопроса о водоснабжении отдельных предприятий или населенных пунктов, требующие индивидуального подхода. Рассмотрим два случая: присутствие фенола в воде источника, необходимого для питания питьевого водоснабжения, и случай наличия близ предприятия морской воды при недостатке воды пресной.

Фенол попадает в воду открытых водоемов с промышленными стоками некоторых производств; при небольшой концентрации он может быть незаметен в необработанной воде, но как только вода при пользовании ею для питьевого водопровода подвергается хлорированию, образуется хлорфенол, обладающий сильным запахом даже при ничтожных дозах и делающий воду непригодною для питья.

Такой случай имеет место в Донбассе на питьевом водопроводе Алмазо-Марьевского района, питаемом водою из р. С. Донца у хутора Светличного.

В подобном случае должны быть проведены следующие мероприятия:

Промышленные сточные воды предприятий, содержащие фенол, должны подвергаться обработке на этих же предприятиях перед выпуском в водоем, причем следует по возможности извлекать фенол для его утилизации, а при очень малом содержании задерживать фенол во избежание попадания в реку. Вопрос о рентабельности извлечения фенола в этом случае не имеет значения, так как выпуск фенола в реки, из которых ниже по течению берется вода для питья, безусловно недопустим.

До реального выполнения всеми заводами указанного требования о полном прекращении спуска фенольных стоков в реку, необходимо на очистных сооружениях питьевого водопровода принять меры к уничтожению запаха хлорфенола: отметим, что для реки, в которую спускаются сточные воды хлорирование воды питьевого водопровода требуется неизбежно.

Для удаления запаха хлорфенола применяются два способа: применение вместо хлорирования дезинфекции воды хлораминами, или фильтрация воды после хлорирования через активированный уголь.

Работы последнего времени (например доложенные на Всеукраинском съезде по водоснабжению и сантехнике в июне 1932 г. в Харькове) указывают, что при дезинфекции хлораминами следует прибавлять аммиак (перед хлорированием воды) в количестве, равном от 50 до 100% требуемой дозы хлора; этим путем достигается полное уничтожение запаха хлорфенола только при концентрации фенола в воде источника не сильнее 1 : 1 000 000; преаммонизация не требует затрат на оборудование.

При большей концентрации фенола преаммонизация не достигает удаления запаха хлорфенола, и приходится фильтровать хлорированную воду через активированный уголь; по опытам, выполненным перед постройкою угольных фильтров в Светличном, оказывается наилучшею крупность угля 2—3 *мм*; скорость фильтрации намечена 55 *м*/*сек.*, толщина слоя угля 2,5 *м*. Регенерация активированного угля производится едким натром; повидимому ее следует производить не на установке, а на заводах, изготовляющих активированный уголь. Уголь может быть березовый или сосновый. Если сжимать слой угля сеткою, укладываемою поверх фильтрующего слоя, то абсорбционная способность угля не уменьшается, но срок службы угля увеличивается.

При расположении промпредприятия или населенного пункта на берегу моря (как Мариупольский или Керченский металлургические заводы) или соленого озера (как г. Балхаш и Балхашская электростанция — на берегу озера Балхаш) при отсутствии по близости пресной воды приходится пользоваться соленою водою для всех тех надобностей, для которых эта вода технически допустима и экономически выгодна.

Рассмотрим пример Керченского завода, пользующегося морскою водою с 1898 г., и при расширении завода в 1929 г. оставившего техническое водоснабжение попрежнему на морской воде. Пресная вода подается только для питания котлов и для насосов высокого давления. По заявлению специалистов заводоуправления (сделанном в комиссии СНК РСФСР по вопросам водоснабжения Керченского района в марте 1932 г.), неудобств от пользования морскою водою не наблюдается, так как она не дает накипи, и не разъедает чугунных труб водопроводной сети; быстрому разъеданию и ржавлению подвергаются черные газовые железные трубы, применяемые на Керченском заводе для разведения внутри

цехов (диаметром до 50 *мм*); разъедание их особенно быстро при высокой температуре цеха и при большой скорости движения воды; эти трубы приходится менять приблизительно через 5 лет. Далее, некоторые части водопроводных устройств следует делать вместо железа латунными, например днища конденсаторов турбин; однако эта замена днища не вызывает большого удорожания (конденсатор стоимостью около 20 тыс. рублей удорожается на 500—1000 руб.). Что касается холодильников доменных печей, состоящих из чугунных плит с залитыми в них трубками для циркуляции воды, то по сообщению того же заводоуправления их приходится заменять при очередных остановках домны для ремонта (вследствие прогорания холодильников от высокой температуры), и применение морской воды не уменьшает срока их службы.

Со стороны экономической пресная вода допускает полный оборот, и добавка свежей воды идет только на испарение при охлаждении и на потери; как известно (см. главу о нормах потребления), расход свежей воды на 1 *т* чугуна на все процессы от домны до проката включительно (в том числе и на мартены) равен 15—20 *м*³ (в зависимости от типа проката и других деталей оборудования завода). При морской воде полный многократный оборот воды на Керченском заводе в настоящее время на 1 *т* чугуна с переделом 87 *м*³.

Для выбора экономически целесообразного решения следует в каждом частном случае выяснить стоимость морской воды на уровне заводской площадки (зависящую от расстояния до места забора воды, от возвышения заводской площадки над уровнем моря или озера и от стоимости электроэнергии) и сравнить ее со стоимостью пресной воды на заводской площадке, увеличенною на стоимость постройки и эксплоатации охлаждающих устройств. В качестве конкретного примера укажем, что на Керченском заводе, который расположен на отметке около 35 *м* над уровнем моря, морская вода, расходуемая на 1 *т* чугуна (т. е. 87 *м*³ воды), обходится на уровне заводской площадки около 1 р. 20 к., и следовательно пресная вода может конкурировать с морской только при цене 1 *м*³ дешевле 6—8 коп.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения при отсутствии вблизи пресной воды и затруднительности ее подвода может быть речь об устройстве двух раздельных водопроводов — одного с небольшим количеством пресной воды, предназначенного для питья, и другого — с большим количеством соленой воды для общественных, коммунальных и некоторых хозяйственных надобностей; такое решение намечено для г. Балхаша, к которому придется подводить воду из верхней части р. Токрау, отстоящей на расстоянии около 60 *км* и несущей обследованный дебит около 20—40 *л/сек.* (что позволит подать приблизительно по 25 *л* на 1 жителя).

Если имеется на некотором расстоянии мощный источник пресной воды, то для коммунального водопровода может оказаться вполне целесообразным подведение из него всего требуемого расхода на хозяйственно-питьевые надобности, так как такое решение, имея санитарно-технические преимущества перед раздельными водопроводами, может и экономически оказаться не дороже их (благодаря экономии на разводящей сети). Для г. Керчи и Керченского района проектируется подвод воды из р. Кубани с укладкою водовода протяжением около 60 *км* (в том числе с прокладкою около 10 *км* через Керченский пролив в виде дюкера).

4. Экономические данные

Из приведенных примеров видно, что вопросы водоснабжения во многих случаях требуют подробного предварительного изучения всех наличных водных ресурсов, выяснения всех потребителей, могущих претендовать[1] на воду, имеющихся источников, и проработки нескольких вариантов схемы водоснабжения с целью сравнения их и выбора вариантов, дающих наиболее экономическое решение, т. е. позволяющих получить наименьшую стоимость 1 *м*³ получаемой воды (с учетом как ежегодных эксплоатационных расходов, так и процентов на строительный капитал и на амортизацию сооружений). В значительной части случаев вопросы водоснабжения тесно связаны с вопросами канализации сточных вод, и стоимость канализационных устройств будет увеличиваться с удешевлением водопровода; таким образом следует выбирать решение, дающее наименьшую сумму ежегодных затрат по водоснабжению и канализации вместе. При исчислении смет нельзя забывать о стоимости организации зон санитарной охраны источников, а равно и вообще о возможности организации такой зоны в каждом конкретном случае.

Наконец затруднения с материалами и в частности с трубами также должны быть учтены при выборе схемы районных водоснабжений.

К сожалению к собиранию сведений о ресурсах воды (как подземных, так и поверхностных) нередко приступают только в момент разработки проекта какого либо строительства, по заказу этого строительства и заблаговременного систематического изучения водных ресурсов до настоящего времени не производилось. Не имеется также и сводки изыскательных материалов, выполнявшихся различными организациями по заданиям отдельных строительств. Только недавно работа по составлению водного кадастра возложена на Государственный гидрологический институт.

При выборе места расположения промпредприятий наряду с сырьем, энергией и транспортом следует учитывать также и стоимость подведения чистой и удаления загрязненной воды; пренебрежение этими последними факторами, нередко наблюдавшееся на практике, привело к тому, что вода в иных случаях

[1] В условиях быстрых темпов развития, характерных для социалистического общества, учет перспектив дальнейшего развития является одним из самых важных требований планирования. *Ред.*

становится „узким" местом [1] для промышленного строительства и лимитом, закрывающим возможности дальнейшего развития предприятий в районе. В качестве примеров можно указать р. Миасс, служащую источником водоснабжения разнообразных предприятий Челябинского района, дебит которой, возможный к зарегулированию, распределен полностью между запроектированными предприятиями, так что дальнейшее их развитие невозможно без дорогого подведения воды из отдаленных источников.

Укажем еще на пример недостаточного учета вопросов снабжения водою при выборе заводской площадки — Бобриковский комбинат, расположенный на берегу реки, наименьший дебит которой очень мал по сравнению с потребностью завода и потребовал устройства водохранилища весьма большой емкости; между тем грунты под плотиною (лесс) неблагоприятны для ее устройства, и потому размеры поперечного сечения плотины потребовались значительно больше обычных для данного подпора. Вполне вероятно, что предварительный учет всех этих обстоятельств наряду с другими факторами мог повлиять на выбор площадки для комбината.

Как на один из районов, имеющих огромную промышленную будущность и не дающих уверенности в соответствии водных ресурсов с потребностью промпредприятий в воде, следует назвать Уральскую часть Урало-Кузнецкого комбината, для которой особенно необходимо заблаговременно изучение водоисточников и учет их при дальнейшем (сверх второй пятилетки) планировании предприятий.

В районах, дефицитных по воде, придется говорить о всемерной экономии расходования воды, вплоть до частичной замены охлаждающей воды иными методами охлаждения (например, по принципу холодильных машин).

В заключение для ориентировочной оценки влияния воды на стоимость продукции приведем стоимость воды (по данным доклада проф. Глушкова, сделанного на I Всесоюзной конференции по водному хозяйству при Госплане СССР в начале 1932 г.):

Стоимость воды слагается из расходов на добычу воды, на сохранение ее или регулирование естественного режима, на транспортировку ее с места добычи до места потребления, на разного рода очистки — химическую, механическую, бактериальную и на удаление отработанных вод.

Стоимость добычи воды выражается: шахтный колодец от 50 до 100 руб. на 1 $м^3$ суточного расхода (от 1,5 до 2 коп. за потребляемый кубометр); артезианский—от 200 до 300 руб. (от 6 до 8 коп. за кубометр); пруд—от 200 до 300 руб. (6—8 коп. за кубометр); каяриз 10—30 руб. (от 0,3 до 0,8 коп.); головное или водозаборное сооружение на реке 0,2—1,0 руб. (от 0,006 до 0,03 коп. за кубометр).

Стоимость сохранения воды или регулирование естественного режима водохранилища выражается 0,2—0,6 коп. за кубометр объема; если считать однократный за год оборот объема хранилища, это давало бы 0,7—1,8 руб. за кубометр суточного расхода, а считая потери, около 25%—от 1 до 2,5 руб. за кубометр полезного суточного расхода (или 0,03 до 0,07 коп. за кубометр). Если за год делается 11 оборотов объема, стоимость понизится в 11 раз.

Стоимость транспортировки воды зависит от расстояния, от высоты подъема и количества транспортируемой воды; при гравитационном течении в земляном русле около 2,5 коп. за километр на кубометр суточного расхода (0,0005 до 0,0015 коп. за кубометр); при напорном трубопроводе единовременные расходы около 0,5—5 руб. километр на кубометр в сутки (0,015 до 0,13 коп. за кубометр) и кроме того за каждый кубометр воды, поднимаемой на 1 *м* высоты или прогоняемой на 1 *км* пути, эксплоатационных 0,01—0,03 коп.

Очистка воды обходится на 1 $м^3$: отстаивание—0,05 коп., фильтрование—1—2 коп., умягчение жестких вод содой и известью 6—10 коп., опреснение воды 120—150 коп., дезинфекция озонированием или ультрафиолетовыми лучами—1,5—2 коп., хлорированием—0,1 коп.

Удаление отработанных вод можно считать по нормам стоимости транспортирования воды.

Инж. *Э. ХАЙД*

II. ТОННЕЛИ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ [2]

I. Преимущества применения тоннелей

На площадке промышленного предприятия могут встретиться следующие подземные распределительные сети: подающие и обратные линии водяного отопления, производственные паропроводы, конденсационные трубопроводы, отработанный пар, водопроводы (одна или несколько сетей), канализация, водостоки, горячее водоснабжение (подающий и рециркуляционный трубопроводы), сжатый воздух, газ, нефть и другие производственные трубопроводы.

[1] Правооппортунистическому равнению на „узкие" места партия противопоставила политику преодоления узких мест. Примером партийной постановки вопроса об узких местах может служить постановление ЦК ВКП(б) от 19/III-30 г., которое ставит „задачу такого развития советской сильноточной электротехнической промышленности, при котором она перестала бы быть „узким местом" и тормозам электростроительства, а сделалась бы толкачом электрификации и энергичным пионером все большего ее внедрения во все области народного хозяйства" (Директивы ВКП(б) по хоз. вопросам". М. Савельев и А. Поскребышев, стр. 681). *Ред.*

[2] Перевод с английского.

При большом числе различных трубопроводов, идущих параллельно друг другу, весьма целесообразно устройство специальных тоннелей для них, малого размера (непроходные) или большого (проходные). Тоннели имеют следующие преимущества:

а) Позволяют проложить большое число трубопроводов под проездом малой ширины.

б) Допускают возможность (при проходных тоннелях) постоянного осмотра с целью содержания в исправности всех ответственных трубопроводов.

в) Ускоряют и удешевляют производство ремонта в случае аварии, особенно при наличии усовершенствованной мостовой.

В экономическом отношении сокращение количества земляных работ, а также уменьшение эксплоатационных расходов часто полностью компенсируют сравнительно высокую стоимость тоннелей.

Проблемы, которые возникают перед проектировщиком тоннелей для трубопроводов, следующие: выбор трассы, изоляция труб, размещение труб в тоннелях, укрепление труб, конструкция каналов и тоннелей (выбор материала стенок, способы создания их водонепроницаемости, дренаж, смотровые колодцы).

2. Выбор трассы

Для выбора трассы тоннеля необходимо иметь генеральный план с указанием всех производственных зданий, проездов, железных дорог и других путей сообщения и пр. На плане необходимо отметить, к каким зданиям требуется подводка различных трубопроводов.

Имея эти сведения, можно выбрать наиболее целесообразную как с технической так и с экономической точек зрения для тоннелей схему расположения трубопроводов, а именно: параллельное их расположение. При выборе трассы тоннеля необходимо также принять во внимание трубопроводы, пересекающие тоннель.

Примечание. В случае, если тоннель пересекает канализационную или водосточную трубу, возможно применение одного из следующих способов этого пересечения:

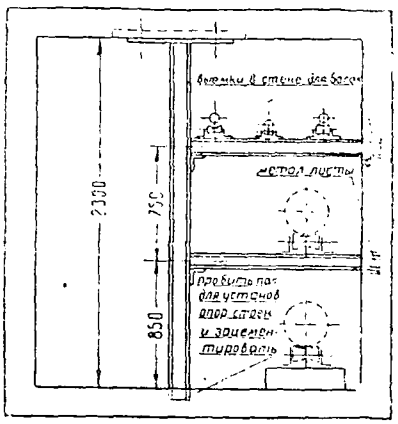
1. Канализационная (или водосточная) труба проходит через тоннель с заданным уклоном, если это возможно без пересечения с трубами, расположенными в тоннеле.

2. Канализационная труба поднимается (сифон) или опускается (дюкер) во избежание пересечения. Применение сифона встречается значительно реже при особо неблагоприятных местных условиях (скалистый грунт, плывун).

3. Размещение труб

При небольшом количестве трубопроводов обычно устраиваются небольшие непроходные каналы круглого или прямоугольного сечения. Трубопроводы укладываются в несколько рядов. Необходимо посредством устройства дренажа предупредить возможность попадания в каналы грунтовых вод. Смотровые колодцы устанавливаются в местах разветвления канала и расположения компенсаторов. Трубопроводы для пара и горячей воды укладываются на роликовые опоры.

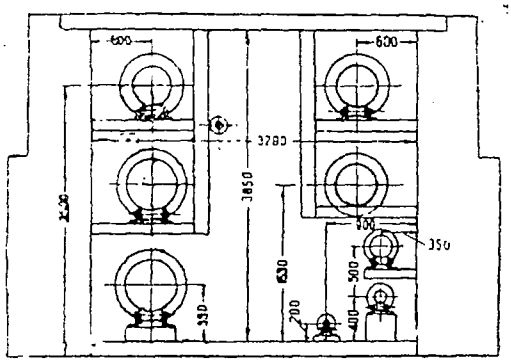
При наличии большого числа трубопроводов для удобства их осмотра и ремонта устраиваются проходные тоннели. Размещение труб в тоннелях более сложно, чем в небольших каналах. Трубы могут быть подвешены к потолку тоннеля или же положены на кронштейнах или специальных стелажах (при большом



Фиг. 19. Тоннель с боковым проходом.

числе трубопроводов). Опорные балки в стелажах размещаются через 4 *м*. В некоторых случаях устраиваются стелажи возле одной стены, а возле другой оставляется место для прохода (фиг. 19).

При особо большом числе трубопроводов устраиваются стелажи возле обеих стен



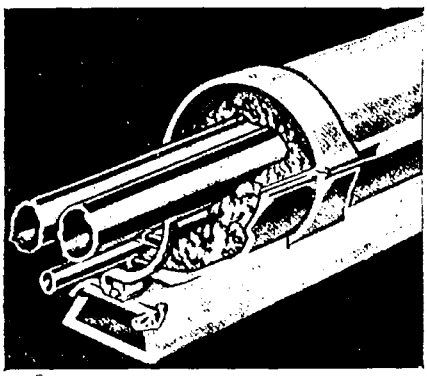
Фиг. 20. Тоннель с проходом посередине.

(фиг. 20), а в центральной части располагается коридор.

Примечание. Расположение труб в тоннелях должно быть таково, чтобы имелась возможность выемки одной из них (для ремонта), по трогая остальных. Следует размер прохода проектировать из расчета возможности работать с гаечным ключем при сборке и разборке трубопровода. Очень часто размеры тоннеля определяют компенсаторы, устанавливаемые на трубопроводах, подверженных температурным колебаниям, занимающие много места.

4. Конструкция каналов и тоннелей

Метод проводки трубопровода в каналах имеет широкое применение в САСШ, где имеются стандартные типы таких каналов. Одним из наиболее распространенных американских типов каналов, является керамиковый канал круглого сечения (Ric-wil), состоящий из отдельных звеньев. Каждое звено в свою очередь состоит из 2 полутруб. Нижняя полутруба укладывается на специальную полую керами-



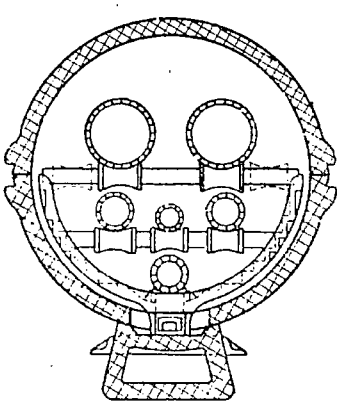
Фиг. 21. Керамиковый канал американского типа для трубопроводов.

ковую подошву (фиг. 21), имеющую двойное назначение:

а) она является основанием для канала;

б) служит дренажем.

Подошва укладывается по уклону на тщательно выравненном дне. Для улучшения дренажа подошва и нижняя полутруба обсыпаются снаружи щебнем. Внутри канала име-

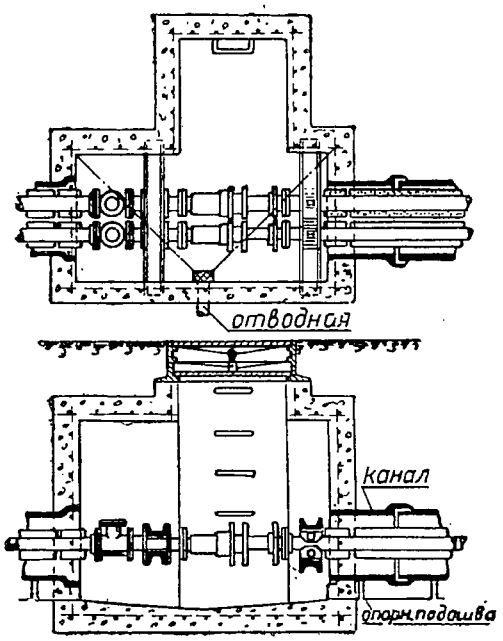


Фиг. 22. Расположение труб в тоннеле.

ются специальные кронштейны, поддерживающие поперечные балочки с роликами, на которые укладываются трубы (фиг. 22).

В канале диаметром до 300 *мм* может быть уложено 5 трубопроводов, при диаметре канала 685 *мм* число трубопроводов может быть доведено до 9. Отдельные трубы в случае надобности имеют изоляционную обмотку. Кроме того все свободное пространство внутри канала также заполняется специальным изоляционным составом. По установке на место верхней полутрубы производится заделка обоих боковых пазов, имеющих форму ласточкиного хвоста, цементным раствором.

На линии канала устанавливаются смотровые колодцы, через которые трубы пропускаются открытыми (фиг. 23).



Фиг. 23. Смотровой колодец на тоннеле.

В смотровых колодцах устанавливаются компенсаторы.

Большие тоннели (проходные) могут быть построены из кирпичной кладки или железобетона. Последний материал лучше, так как обеспечивает лучшую водонепроницаемость тоннеля, и экономичнее. Земляные работы для тоннелей (в американской практике) производятся тоннельным способом, горизонтальным бурением или копанием открытых траншей. Первый метод обычно применяется для глубоких тоннелей, а также в тех местах, где открытые канавы мешают движению транспорта. Вдоль тоннеля следует устраивать дренаж или же пол тоннеля должен иметь уклон, направленный к приямкам, откуда скопляющаяся вода должна откачиваться.

Соединения труб в тоннелях могут быть фланцевые, на нарезных муфтах или на сварке. Последний способ является наилучшим, так как он всегда дает водонепроницаемое соединение. С другой стороны фланцевые соединения дают возможность легко и быстро разбирать трубу, что также является большим преимуществом.

Все трубы, горячие и холодные, в которых должна поддерживаться постоянная температура воды, должны быть изолированы. Изоляция для горячей воды может быть из углекислой магнезии, минерального волокна или из другого эквивалентного материала. Трубопроводы, проводящие охлажденную воду, должны быть изолированы войлоком или пробкой. С большим успехом в САСШ применяется стандартная изоляция, состоящая из двух частей полукруглого сечения. Они накладываются на трубу и обматываются сверху парусиной.

При проектировании тоннелей необходимо учесть возможность введения труб в тоннель и выемки их.

Инж. *Э. В. КНОРРЕ*

III. ДОРОГИ, МОСТОВЫЕ, ТРОТУАРЫ И ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

1. Дороги как артерии движения транспорта

Путями сообщения в городах, поселках и промышленных предприятиях являются улицы, переулки и дороги специального назначения (промпредприятия).

Общая схема сети путей сообщения устанавливается проектом планировки или планом реконструкции города, поселка или предприятия, в зависимости от внутренней структуры их: расположения предприятий, административных и общественных учреждений, складских и транспортных территорий, районирования поселения и пр.

Этими схемами определяются артерии движения в соответствии с общей транспортной проблемой данного города, поселения или промпредприятия, на основании которых даются установки для внешнего оформления улиц и дорог в зависимости от интенсивности движения на них и грузонапряженности.

Основными данными для внешнего оформления улиц и дорог служат:

а) общая ширина улиц в линиях застройки (красных линиях), достаточная для пропуска всех видов городского движения;

б) назначение составных частей улиц, т. е. отвод отдельных полос для каждого вида движения;

в) нормы пропускной способности проезжих частей улиц для безрельсового транспорта в пределах одной полосы движения.

2. Классификация улиц и дорог

Классификация городских улиц не может быть дана в столь конкретной форме, как это принято для загородных дорог междугородного и районного значения, так как, с одной стороны, общегородское движение на улицах отличается большей разновидностью как в смысле густоты движения, так и в смысле разнообразия циркулирующих элементов движения, и, с другой стороны, в городах и поселениях улицы должны служить и другим целям, кроме движения, как-то: прокладке подземных сооружений, устройству зеленых насаждений, отводу верховых вод и разным санитарно-техническим потребностям населенных мест. По этому, в зависимости от назначения, согласно общей схеме городских путей сообщения, улицы могут быть разбиты на две категории: на улицы транзитного движения или магистрали и на улицы местного движения (жилые улицы). В соответствии с таким делением улицы должны иметь в линиях застройки (красных линиях) достаточную ширину для возможности размещения движения и не чрезмерно большую из соображений экономического характера.

В таблице 7 даны пределы ширины улиц с учетом указанной квалификации.

Таблица 7

Ширина улиц в линиях застройки

№ по порядку	Наименование улиц	Ширина улиц (в м)	
		не меньше	не больше
1.	Главные магистрали (с бульварами и зелеными насаждениями)	60	100
2.	Магистрали I класса	40	60
3.	Магистрали II класса	25	40
4.	Улицы местного движения I разряда (вновь проектируемые)	25	40
5	Улицы местного движения II разряда (в существующей застройке)	15	25
6.	Улицы III разряда (переулки в существующей застройке)	10	15

3. Составные части улиц

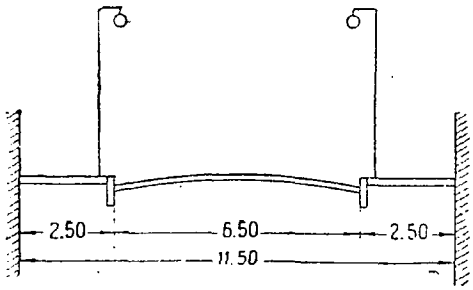
Основными элементами городских улиц являются:

1. Тротуары.
2. Велосипедные дорожки.
3. Проезжие части (мостовые) для безрельсового транспорта.
4. Полосы под городские железные дороги.
5. Палисады, бульвары, газоны для зеленых насаждений.
6. В случае необходимости предусматривают специальные полосы под внеуличные железные дороги большой скорости (метрополитены) в тоннелях или на эстакадах.

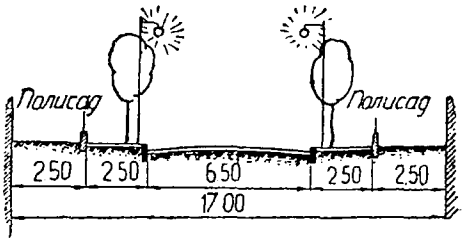
Тротуары. Наименьшая ширина тротуаров для встречного пешеходного движения должна равняться 1,50 *м*, а при постановке фонарных и других столбов 2,00—2,50 *м* (фиг. 24 и 25). На магистралях движения ширина тротуаров должна быть не менее 6,00 *м* (фиг. 26, 27 и 28).

Велосипедные дорожки. Ширина велодорожек при движении в одну сторону — не менее 1,5 *м*, а с возможностью обгона — 2,00 *м*, при движении в обе стороны — не менее 3,50 *м*.

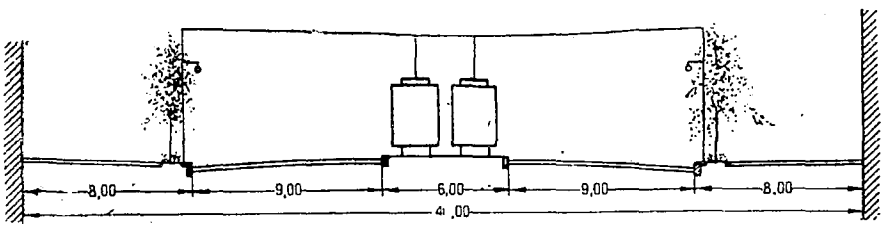
Проезжая часть (мостовые). Проезжие части улиц отводятся под движение без-



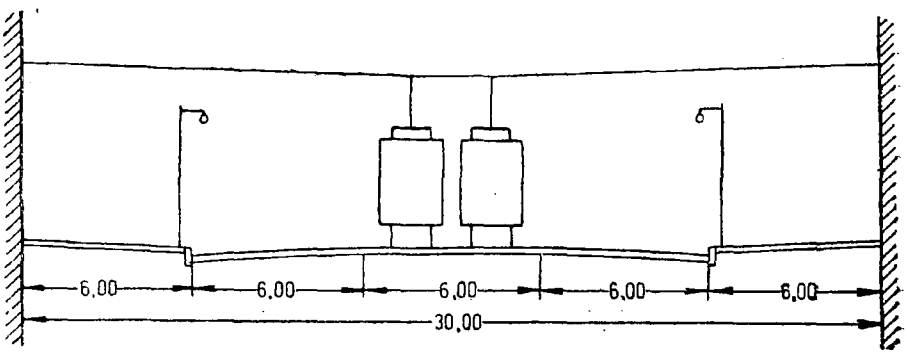
Фиг. 24. Улица местного назначения, шир. 11, м.



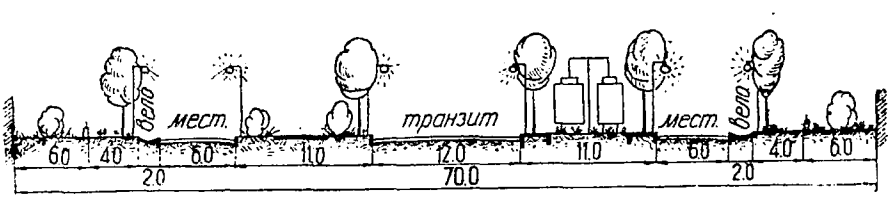
Фиг. 25. Улица местного назначени шир. 17 м.



Фиг. 26. Магистраль 1 класса.



Фиг. 27. Магистраль 2 класса.



Фиг. 28. Магистраль с центральным проездом.

рельсового транспорта, а для путей городских ж. д. в большинстве следует отводить специальные полосы, обособленные от проезжих частей, или при недостаточной ширине улиц располагать пути в проезжих частях.

Таблица 8

Зависимость ширины улиц от интенсивности движения

№ по порядку	Ширина (в *м*)	Число полос	Напр влевие движения	Примечания
1.	3,50	1	В одну сторону	Проезжая часть в одну полосу в городах допускается только в исключительных случаях, в тесных существующих застройках и для дорог внутри квартальных сообщений при комплексных застройках.
2.	6,50	2	В обе стороны	Как минимальная ширина для городских улиц с местным движением.
3.	9,00	3	В одну сторону	Для магистральных улиц в две проезжие части каждая по 9,00 *м*, отделенные друг от друга обособленной полосой для городских ж. д. или полосой зеленых насаждений. Допускается устройство обособленной полосы для городских ж. д. лишь в случае возможности отвода под проезжую часть ширины в 9,00 *м* для движения в каждую сторону.
4.	12,00	4	В обе стороны	В большинстве случаев на магистралях для транзитного движения при наличии двух более узких проезжих частей для местного движения.
5.	18,00	6	В обе стороны	То же.

Придавать проезжим частям ширину больше 6 полос не рационально, поэтому, если по условиям пропускной способности улиц потребуется большее число полос, то их надлежит распределять по нескольким проезжим частям, отделенным друг от друга полосами зеленых насаждений.

Для стоянки автомобилей вдоль тротуарных бордюров следует резервировать полосу в 2,50 *м*.

Зеленые насаждения.[1] Обычной формой заполнения свободных мест на улицах являются зеленые насаждения в виде газонов, палисадов, аллей, бульваров, скверов и пр.; они служат для украшения улиц, освежения воздуха, защитою домов от пыли и грязи, снижая образование последних и наконец они необходимы для прокладки подземных сооружений и как резервы для расширения в будущем полос, отводимых под городское уличное движение.

[1] Эта отрасль коммунального хозяйства приобретает все возрастающее значение в связи с проблемой уничтожения противоположности между городом и деревней. *Ред.*

4. Покрытие дорог

Основных требований, которым должны удовлетворять мостовые в городах, три: 1) технические, 2) санитарные и 3) экономические.

Технические требования: а) прочность, т. е. мостовая от движения экипажей не должна давать просадок, не расстраиваться и иметь возможно продолжительный срок службы; б) должна быть гладкой, в) иметь малый годовой износ и г) не должна быть скользкой.

Санитарные требования: а) отсутствие пыли и грязи, б) легкая очистка, в) непроницаемость для влаги и г) бесшумность.

Экономические требования: а) дешевизна первоначального устройства, б) дешевизна очистки и содержания, в) малые затраты на ремонт и восстановление при развитиях и г) наименьшая порча экипажей.

В зависимости от местных материалов, нерудных ископаемых и финансовых возможностей в городах применяются следующие типы мостовых, в большей или меньшей степени удовлетворяющих перечисленным выше требованиям:

Шоссе из щебня на песчаном или каменном основаниях на улицах не применимо вследствие большой густоты движения в городах и необходимости производства разрытий для прокладки подземных сооружений; трудно поддается восстановлению, разрушается и расстраивается от этих разрытий на большую ширину.

Тоже щебеночное шоссе с обработкой его связывающими битумными веществами, также неприменимо в городских условиях.

И тот и другой вид могут применяться в парковых территориях со слабым движением.

Булыжная мостовая на песчаном основании — самая доступная в наших условиях и дешёвая мостовая, но и самая несовершенная, для автотранспорта губительная, благодаря значительным скоростям движения, и недостаточно прочная для больших нагрузок.

Каменная брусчатая мостовая из твердых пород на песчаном основании (крупная брусчатка) — наиболее прочная, долговечная и простая в устройстве, легко восстанавливается при разрытиях, поэтому наиболее применима для городских мостовых, но зато и самый дорогой тип.

Мелкая брусчатка на бетонном и каменном основаниях — самая прочная и долговечная мостовая, — устраивается на улицах, имеющих вполне законченное строительство подземных сооружений, ввиду дороговизны

этого типа и трудности вскрытия его при подземных прокладках.

Мозаиковая мостовая на бетонном или каменном основаниях — качество то же, что у мелкой брусчатки, но более дешевая; уступает лишь несколько в прочности и сложнее в строительстве.

Торцовая деревянная мостовая на бетонном основании — сравнительно хороший тип усовершенствованных мостовых, однако обладает тем недостатком, что в местностях с большей разностью температур и переменной влажностью изменяется в объеме, вследствие чего неудобна в эксплоатации и недолговечна.

Мостовая из литого асфальта на бетонном основании — лучший тип мостовых; недостатки: применима на уклонах не свыше 0,025, благодаря скользкости в дождь, сложна в работе и сравнительно дорога.

Мостовая из асфальто-бетона на каменном или бетонном основании — очень хороший тип усовершенствованных мостовых; допускает применение в широком масштабе механизации при производстве, что дает значительное снижение стоимости; недостатки: применима на уклонах не свыше 0,030, сравнительно быстро изнашивается от действия подков с шипами и железных шин и требует тщательного изучения свойств применяемых битуминозных материалов.

Клинкерные мостовые на песчаном и бетонном основаниях могут явиться хорошей заменой булыжных мостовых для улиц со слабым движением, если стоимость их не будет выше булыжных. О возможности применения их в местностях с суровыми и продолжительными зимами пока практических опытов не имеется.

Бетонные мостовые в наших условиях пока применения не получили.

5. Отвод верховой воды с городених территорий и мостовых

Улицы и их мостовые, являясь городскими путями сообщения, в то же время должны служить и отводу атмосферных вод; поэтому расположение их в плане и профиле должно ориентироваться на рельеф местности с таким расчетом, чтобы по их поверхности наиболее полно и кратчайшим путем отводились дождевые и талые воды со всей городской территории в ближайшие водоемы и протоки. С этой целью параллельно с разработкой проектов планировки городов в плане должны разрабатываться и проекты вертикальной планировки всех улиц и выходящих на них строительных кварталов и усадеб так, чтобы мостовые на улицах, как правило, занимали более низкое положение в отношении кварталов для приема верховых вод с самых отдаленных участков непосредственным стоком последних по поверхности. Такой принцип вертикальной планировки соответствует также требованиям канализация городских территорий для отвода фекально-хозяйственных вод. В дальнейшем мостовые, являясь водосборами дождевых вод для городских территорий, должны быть снабжены ливнепремниками и сетями труб для отвода атмосферных вод уже подземным путем в ближайшие водостоки. Водосточные сети для отвода дождевых и талых вод надлежит рассчитывать по методу предельных интенсивностей на основании метеорологических наблюдений над дождями данной местности за возможно больший промежуток времени.

6. Продольные и поперечные уклоны мостовых

Для возможно полного и быстрого отвода поверхностных вод с улиц в городах их мостовые, как правило, должны иметь продольные и поперечные уклоны.

В таблице 9 дана указанная зависимость между продольным и поперечным уклонами и типом мостовой.

Таблица 9

Продольный уклон	Поперечный уклон			
	шоссе и булыжная мостовая	каменная брусчатка	деревянная торцовая и клинкерная мостовые	асфальтовая мостовая
0,000—0,010	0,040	0,030	0,030	0,020
0,011—0,020	0,035	0,025	0,025	0,015
0,021—0,030	0,030	0,020	0,020	0,015
0,031—и больше	0,030	0,020	не делается	

7. Расположение и трассировка подземных сооружений на улицах и площадях городов и рабочих поселков

С ростом городов растут и потребности в санитарно-техническом их оборудовании, с одной стороны, для обслуживания населения всеми видами коммунальных услуг, с другой стороны, для общего благоустройства населенных центров. Мероприятия эти осуществляются постепенно, и так как все они связаны с сооружением целых сетей подземных трубопроводов, каналов, кабелей и пр., удобнее всего прокладываемых по городским улицам и площадям, то необходимо предусмотреть постепенную прокладку под последними все большего и большего количества подземных сооружений. На основании этого в строительство городских улиц с самого начала должна быть введена определенная планомерность, заключающаяся в том, чтобы прокладка одного какого-либо сооружения на улицах осуществлялась в предвидении прокладки на той же

улице или площади целого ряда других, с оставлением для них необходимого свободного места и с систематизацией всех этих прокладок с точки зрения рационального их взаимного расположения под улицей.

Вторым основным положением в этом деле должно служить условие наименьшего стеснения городского уличного движения при прокладке и эксплоатации подземных сооружений, для чего надлежит прокладывать их по возможности в сторове от проезжих частей, предоставляя таковые исключительно в распоряжение транспорта.

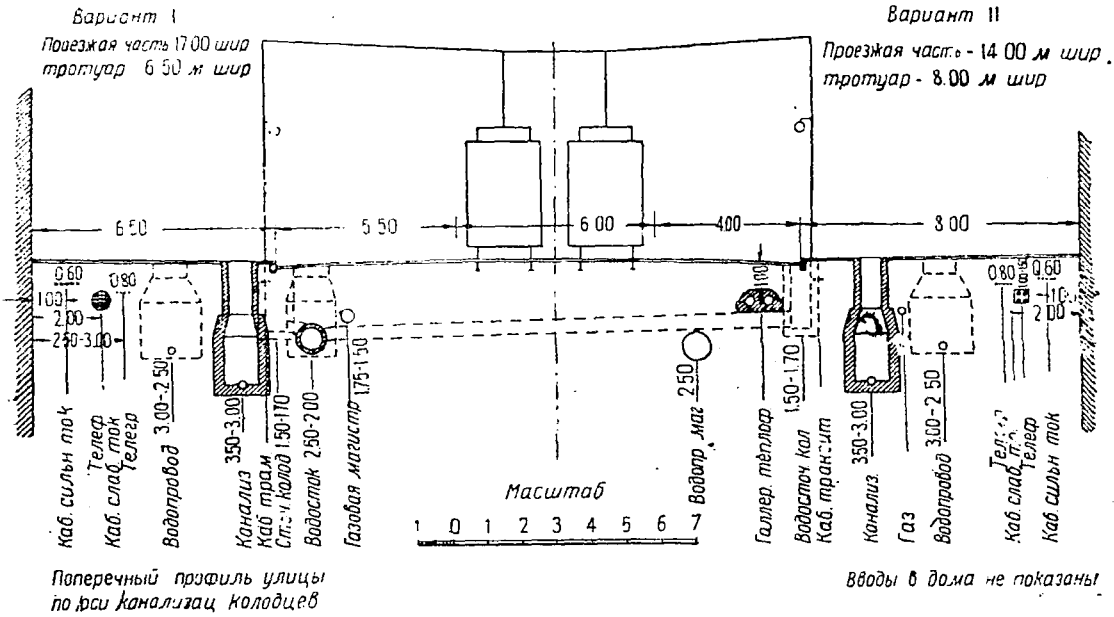
В настоящее время с полной очевидностью установлено, что на городских улицах должна быть предусмотрена возможность прокладки следующих подземных сооружений:

1. Трубопроводы городской канализации:
   а) при общесплавной системе — одна сеть трубопроводов и
   б) при раздельной системе — две сети: одна для фекально-хозяйственных вод и одна для отвода атмосферных вод.
2. Трубопроводы городского водопровода.
3. Трубопр. для осушки грунта (дренажи).
4. Трубопроводы газоснабжения.
5. Трубопроводы теплофикации.
6. Трубопроводы для нефтеснабжения.
7. Специальные трубопроводы для промпредприятий.
8. Трубопроводы пневматической почты.
9. Кабели сильных токов высокого и низкого напряжений для осветительных и промышленных целей.
10. Трамвайные кабели.
11. Кабели слабого тока:
   а) телеграфные и телефонные: Наркомсвязи, железнодорожного транспорта, Наркомвоенмора, других ведомств;
   б) кабели радиовещания;
   в) кабели пожарной сигнализации;
   г) кабели других видов сигнализации.

В этот перечень не входят сооружения внеуличных железных дорог большой скорости, при которых размещение подземных сооружений требует составления специальных проектов. Кроме того необходимо предусматривать возможность расстановки на улицах мачт, столбов, колонок и пр. для различных подпесок, воздушных проводок и т. п. Таким образом под улицами современных городов требуется размещение до 18—19 разновидностей подземных сооружений.

При расположении подземных сооружений необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

1) Размещение подземных сооружений должно быть согласовано с шириной улицы и ее внешним оформлением, т. е. с распределением отдельных полос движения: тротуаров, проезжих частей, мостовых, рельсовых путей городских ж. д., зеленых насаждений и пр.



Фиг. 29. Схема расположения подземных сооружений при ширине улицы 30 м.

2) Все трубопроводы и кабели, как правило, должны прокладываться параллельно оси улиц или линий застройки; при этом необходимо избегать косых пересечений.

3) Магистрали и транзитные линии должны следовать по одной стороне улиц, без переброс с одной стороны на другую; в случае необходимости перехода с одной стороны на другую он должен быть нормальным к оси улицы.

4) Все подземные прокладки должны быть по возможности прямолинейные; на поворотах трубопроводов должны устанавливаться смотровые колодцы, выведенные на поверхность улиц; повороты, не имеющие колодцев, должны быть точно маркированы на планах.

5) Глубина заложения подземных сооружений находится в зависимости от климатических условий, т. е. от глубины промерзания грунтов под улицами, ввиду чего трубопроводы водопровода, канализации и другие должны укладываться ниже зоны промерзания; кабели же могут и должны прокладываться на глубине до 1,00, но не менее 0,60 *м* от поверхности.

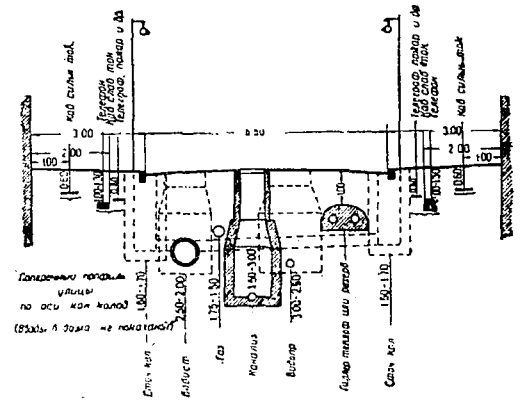
6) Взаимное пересечение подземных сооружений должно быть, как правило, на разных уровнях; поэтому и все продольные прокладки также должны быть на разных уровнях. Скрещений под острыми углами следует избегать, применяя пересечения под прямым углом.

7) Трассировку подземных сооружений в плане и отвод для них той или иной полосы под улицей надлежит начинать с наиболее заглубленных (в большинстве случаев с канализационных и водопроводных трубопроводов), а затем уже отводить места под более мелко укладываемые, причем последовательность заглубления должна итти от зданий к середине улицы, т. е. глубокие прокладки должны сосредоточиваться в наибольшем расстоянии от линии застройки.

8) Расстояния между отдельными сооружениями должны быть таковы, чтобы была обеспечена безопасность их при разрытии смежных с ними сооружений и чтобы габариты колодцев по возможности не накладывались друг на друга в поперечном разрезе и отнюдь не перекрывали в плане другие ближайшие сооружения.

9) При распределении подземных сооружений надлежит учитывать назначение улиц и характер движения на них с целью наименьшего стеснения этого движения всевозможными прокладками и вскрытиями мостовых. Поэтому, как правило, на магистралях движения шириной от 30 *м* и выше подземные распределительные прокладки должны быть сосредоточены под тротуарами или специальными полосами, ближайшими к линиям застройки, каждой стороны улицы, для возможности устройства от них вводов и соединительных веток в дома без пересечения проезжих частей, на улицах же с местным движением распределительные сети могут укладываться и под мостовыми с устройством вводов к домам в обе стороны. Транзитные линии, не имеющие вводов в дома, могут прокладываться также под проезжими частями.

На фиг. 29 и 30 представлены поперечные разрезы улиц со схематическим расположением подземных сооружений и ориентировочным указанием расстояний между сооружениями и глубин их заложения.



Фиг. 30. Схема расположения подземных сооружений при ширине улицы 12,5 м.

10) На улицах вновь проектируемых социалистических городов с комплексным строительством в кварталах больших размеров подземные сооружения должны рассматриваться как питательные линии, т. е. как транзитные, от которых делаются единичные вводы в кварталы, все же распределительные линии к домам должны располагаться внутри строительных кварталов.

Примечание. В настоящее время Народным комиссариатом коммунального хозяйства РСФСР разрабатываются технические условия и нормы на прокладку подземных сооружений по улицам и площадям городов и рабочих поселков.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. П. Шестаков, Курс автогужевых дорог.
2. Д. П. Крыпин, Курс дорожного дела.
3. Технические условия и нормы проектирования и сооружения городских проездов и их покрытий. Изд. комиссии по Строительству при СТО, 1930 г.
4. Городские улицы и их благоустройство. Изд. Госуд. научно-экспериментального института гражданских промышленных и инженерных сооружений. Вып. 2. 1931 г.

Доц. *Ф. И. ЭКМАН*

IV. ГАЗОПРОВОДЫ

В промышленных предприятиях газ применяется как топливо для различных печей, котлов и приборов в производствах металлургических, стеклоплавильных и др., а также для питания горелок в заводских лабораториях. Источником получения газа может служить газовая сеть коммунального газового завода или же заводская газовая станция. В первом случае заводская сеть будет обычно питаться светильным газом (смесью каменноугольного и водяного газа), во втором случае характер газа будет зависеть целиком от применяемого способа газодобывания, и мы будем иметь дело с газом генераторным, нефтяным, бензиновым и т. п. Из аппаратов для добывания газа в небольших количествах — для

снабжения одних лабораторий — называем генераторы бензинового газа Гослаборснабжения в Москве, Ленснаба в Ленинграде и ряд заграничных аппаратов (беноид газ и др.).

На устройстве газопровода характер применяемого газа не отражается. При определении расхода газа учитывается калорийность его. На диаметр трубопровода влияет главным образом удельный вес газа и его давление.

Уличный ввод газа обычно прокладывается в земле из чугунных раструбных труб водопроводного типа при глубине заложения их 1,5 – 1,7 *м* (в Москве). Чугунные трубы ввиду ломкости от сотрясений (при езде) применяются диаметром не менее 125 *мм*.

В случае прокладки железных труб, применимых при любом диаметре, таковые против ржавления в грунте бинтуются плотной мешковиной и покрываются каменноугольною смолою в горячем состоянии. Соединение железных труб производится сваркой или на фасонных частях (при малом диаметре). На линии ввода устанавливается уличный газовый кран (типа Лудло) с трубчатым стояком и ковером (люком). В случае направления уклона трубы в сторону здания (по условиям местности), таковая в низшей точке соединяется с чугунным сифонным горшком со стояком и ковером для периодического удаления накопляющейся жидкости.

Газопровод внутри здания прокладывается из железных газовых труб с фасонными частями — железными или из ковкого чугуна[1]. Соединение труб с фасонками (фитингами) производится на резьбе с уплотнением ее пеньковой прядью и жидкой суриковой замазкой. Прикрепление труб к стенам — обычными железными крючьями с оставлением небольшого зазора между стеной и газовой трубою. Для возможности лучшего наблюдения за плотностью сети, в целях моментального обнаружения утечки вредного[2] газа, газопровод должен быть везде прокладываем открыто по стене.

Заделка его в борозды, в штукатурку, в стену, в междуэтажное перекрытие ни в коем случае не разрешается. Пересечение дымоходов и вентиляционных каналов газопроводом не допускается. При пересечении толстых стенных массивов или каменных полов газопровод прокладывается в футляре из трубы большего диаметра, допускающем беспрепятственную смену трубы впоследствии, причем внутри футляра не должно быть стыковых соединений (фитингов). В исключительных случаях допускается прокладка газопровода в подпольных каналах, которые тогда по всей длине перекрываются досками или железными листами, обеспечивающими во всякое время доступ к любой точке газопровода. Для отвода выделяющейся из газа жидкости (например: воды из светильного газа, бензина из бензинового газа и пр.) газовый трубопровод получает уклон, который назначается в зависимости от диаметра трубы (расхода газа):

Внутр. диам. *мм*. . .	100	75	50	38	25	19	13
Уклон	0,01	0,01	0,01	0,008	0,005	0,004	0,003

Направление уклона назначается:

а) на вводной трубе — в сторону ввода (двора, улицы);

б) на трубе до счетчика—в сторону ввода, если счетчик сухой конструкции; в сторону счетчика, если последний мокрый;

в) на трубопроводе за счетчиком уклон направляется к точкам спуска, предусматриваемым в низших точках сети в виде тройников с обращенным вниз патрубком, закрытым железною пробкой.

Стояки (вертикальные линии) газопровода прокладываются, как правило, прямолинейные, без горизонтальных вставок и снабжаются на нижнем и верхнем концах прочистками (пробками). Газовая сеть прокладывается в зданиях лучше всего в виде тупиковых линий по требуемым направлениям с постановкой на каждой линии общего запорного крана, что чрезвычайно облегчает в эксплоатации наблюдение за сетью и выключение бездействующих линий.

В отдельных случаях устраивается также кольцевая проводка с обеспечением выключения кольца из общей сети (по возможности одним краном); нужно впрочем заметить, что кольцевая разводка при распределении газа не имеет того существенного значения, какое она имеет при водопроводе.

Для выключения отдельных линий сети служат газовые краны, которые применяются медные, пробочного типа с риской (меткой) на головке, показывающей направление прореза в пробке. От применения чугунных кранов следует воздерживаться ввиду их малой плотности. Газовые краны располагаются: а) на вводе в здание или у местной станции общий кран для включения всей сети; б) у основания каждого стояка; в) на отдельных поэтажных ответвлениях от стояка для включения газопровода одного или нескольких помещений данного этажа; г) на подводке к каждому прибору (печи, котлу, мотору и т. д.), д) на подводке к каждому лабораторному столу или вытяжному шкафу.

Для учета расхода газа во всем здании (или в отдельном цеху) служит газовый счетчик, который помещается в нижнем этаже у ввода от уличной магистрали или же у местной газогенераторной станции. Газовые счетчики бывают сухой или мокрой конструкции. Обыкновенно дается предпочтение сухим счетчикам, которые требуют менее ухода и не боятся мороза, но менее точны, что однако при средних и малых расходах газа в промышленных предприятиях существенного значения не имеет. Местоположение счетчика следует назначать такое, чтобы он не находился на ходу, т. е. не мог бы быть задет при проходе и при движении тяжестей. Далее счетчик должен располагаться на достаточном в горизонтальной плоскости расстоянии от нагревательных приборов (не менее 1 *м*).

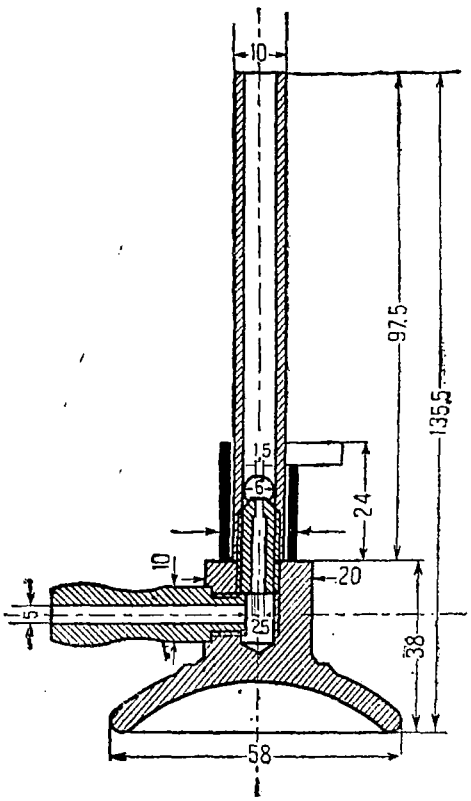
[1] Фитинги из ковкого чугуна из соображений прочности заслуживают предпочтения.

[2] Многие газы ядовиты: генераторный, каменноугольный, водяной и др.

Счетчик должен быть всегда доступен для осмотра.

Газовые приборы применяются в промышленных предприятиях весьма различных видов: нагревательные котлы для разных жидкостей, сушильные шкафы, муфельные печи, паяльные приборы, плавильные установки, газовые моторы и др.

В лабораториях встречаются: а) газовые горелки для светящегося или обесцвеченного пламени системы Бунзена (фиг. 31) Теклю



Фиг. 31. Газовая горелка спот. Бунзена.

(фиг. 32), Меккера (фиг. 33) и др.: б) газовые нагревательные колонки для приготовления горячей воды; таковые могут быть московского производства (Комега — фиг. 34) или заграничного изготовления (Юнкере, Вайан, Юнкер, Ру и др.); в) кипятильники, отапливаемые газом, вроде кипятильника „Титан"[1] и др.

Лабораторные столы и шкафы оборудуются медными лабораторными кранами следующих видов: одиночными диаметром 10 и 13 *мм*, двойными, прямыми и косыми диаметром 13 *мм*, кранами паяльными диаметром 19 и 25 *мм*.

Оборудование лабораторного стола газовыми кранами и подводка к ним трубопровода показаны на фиг. 35.

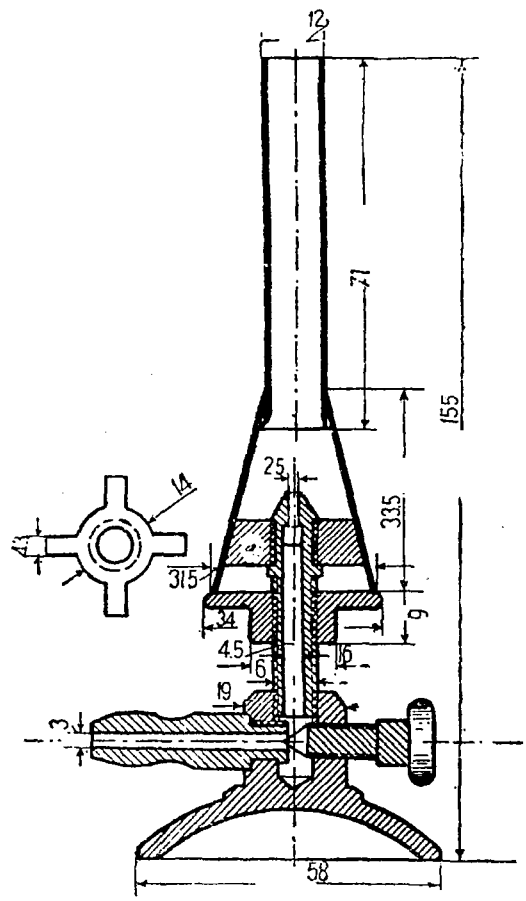
[1] Газовая горелка к кипятильнику изготовляется и монтируется мастерскими Московского газового завода.

Часовой расход газа в перечисленных приборах и кранах может быть ориентировочно принят по таблице 10.

Таблица 10

Расход газа различными приборами

1) на газовую колонку „Комега" производительностью 219 *TE* в мин. (при теплопроизводительности 1 *м*³ газа $H_c = 4500$ *TE*)	4,4—4,5 *м*³
2) на газовую колонку „Юнкере" модели $V = 30$ производительностью 333 *TE* в мин. (при $H_e = 4500$ *TE*)	6,0 „
Модели *W* 32 произв. 355 *TE* в мин.	6,0 „
„ *W* 45 „ 500 *TE* „	8,0 „
3) на газовый кипятильник „Титан" № 3 (100 *л* кипятку в час)	7,0 „
4) на печь для отжига	6,0 „
5) „ свинцовую ванну	12,0 „
6) „ печь для закалки инструмента	20,0 „
7) „ „ „ цементации	24,0 „
8) „ ручной паяльник	1,4 „
9) „ лабораторную горелку Бунзена, Теклю	0,17 „
10) „ лабораторный паяльный кран 25 *мм*	4,5 „
11) „ 1 *л. с.* газовых моторов мощностью $^1/_2$—30 *л. с.*	0,4—0,5 „



Фиг. 32. Газовая горелка спот. Теклю.

Диаметры сети могут быть предварительно назначаемы в зависимости от длины линий и часового расхода газа по следующей таблице (Куккук).

Таблица 11

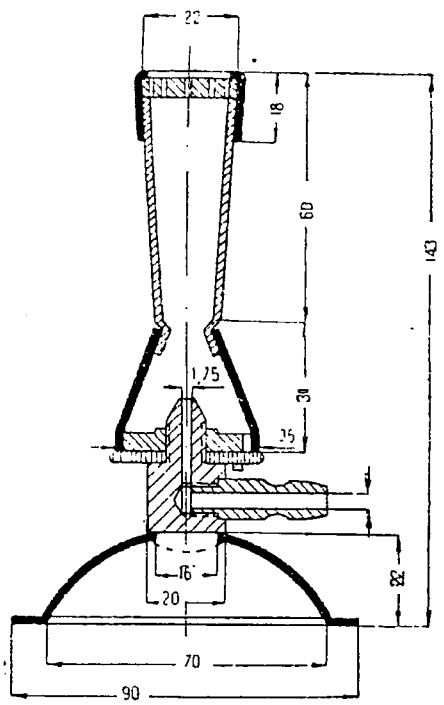
Расход газа в зависимости от длины и диаметра газопроводов

Внутр. диам.	Длина газопровода в метрах										
	2	4	6	8	10	15	20	25	30	40	50
13	1,5	1,2	0,9	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,1	—	—
19	4,5	3,7	3,0	2,2	1,9	1,3	1,2	1,0	0,9	0,6	0,4
25	9,0	7,5	6,0	4,8	3,8	3	2,5	2,2	1,8	1,5	1,2
38	27	22,5	18	15	12	9	8,2	7,5	6,7	5,3	4,2
50	60	48	39	33	27	23	20	18	17	14	12
63	122	87	71	61	55	45	38	35	32	27	24

Расчет газопроводов нормального давления (около 50 *мм* вод. ст.) производится по формуле Поле, которая имеет вид:

$$h = \frac{660\, M\, Q^2\, s\, l}{d^5}$$

где: h — потеря напора на участке в *мм* вод. столба;
M — коэфициент трения;
Q — часовой расход газа в $м^3$;
s — удельный вес газа (по отношению к воздуху);
l — длина участка в *м*;
d — внутр. диаметр трубы в *см*.

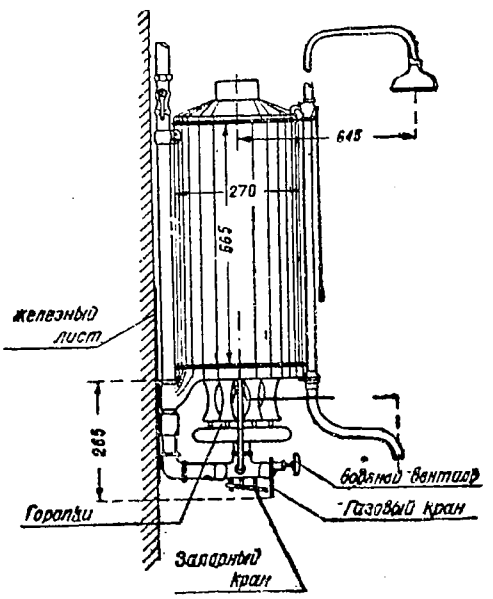


Фиг. 33. Газовая горелка сист. Мекккера.

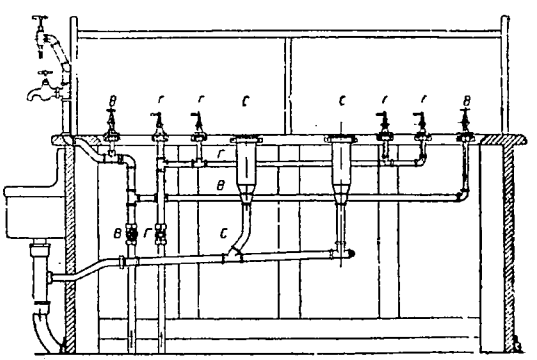
Коэфициент трения M для светильного газа составляет в трубопроводе большого диаметра ~0,003; для московского газа M применяется обычно в зависимости от диаметра трубы (см. табл. 12):

Влияние местных сопротивлений обычно незначительно, им можно в большинстве случаев пренебречь.

Для упрощения расчета можно также пользоваться нижеприведенными диаграммами,



Фиг. 34. Газовая нагревательная колонка „Комега".



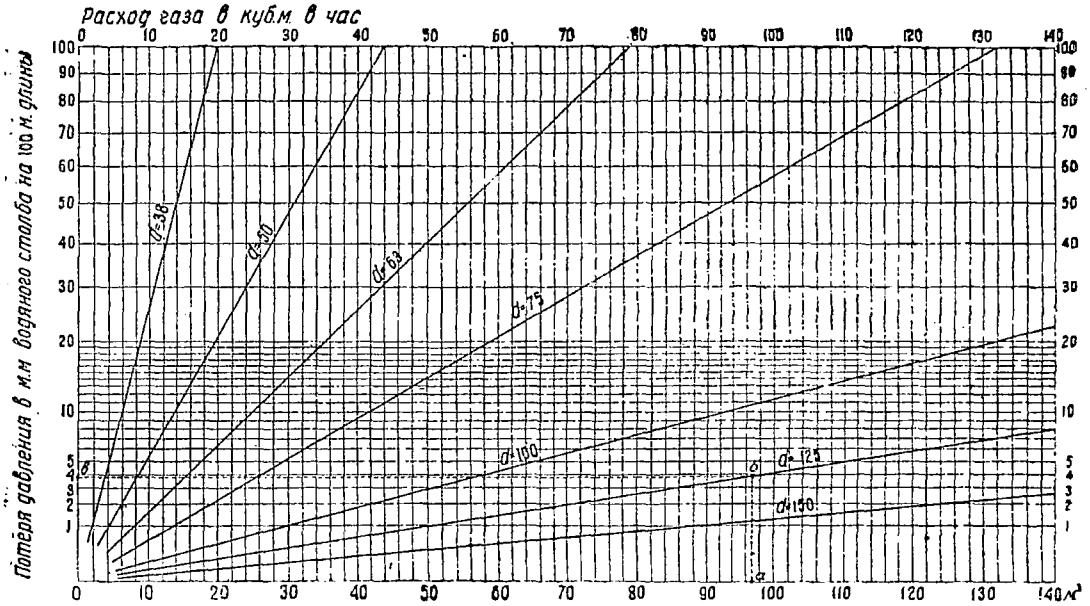
Фиг. 35. Лабораторный стол с газовыми кранами и подвеской к ним трубопроводов.

определяющими потерю давления газа h на 100 *м* длины в трубопроводе диаметром 38 —

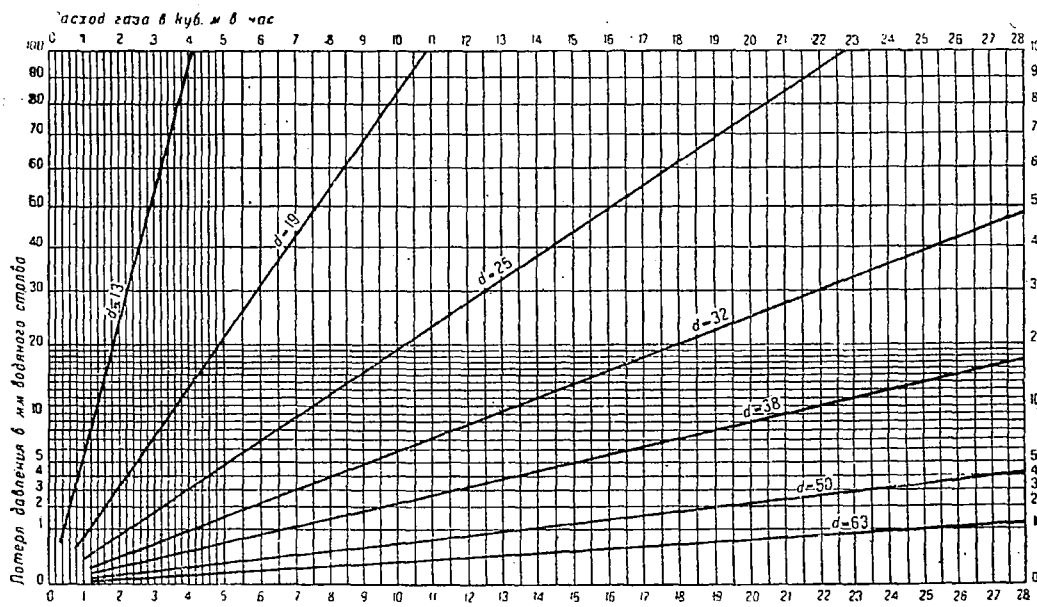
Таблица 12

Значение коэфициента M

Диам. *мм*	13	1	25	3	38	50	63	75	100	125
M = ...	0,007 -	0,0062	0,0062	0,006	0,0055	0,0055	0,0048	0,0040	0,0035	0,0035



Фиг. 36. Диаграмма потери давления газа в трубах диам. 38—150 мм.



Фиг. 37. Диаграмма потери давления газа в трубах диам. 13—6 мм.

150 *мм* (фиг. 36) и потерю давления газа на 10 *м* длины в трубопроводе диаметром 13—63 *мм* (фиг. 37) в зависимости от часового расхода газа.

Влияние разности геометрических высот в газопроводе может учитываться формулой.

$$\Delta p = \pm zG\ (1 - s)$$

Где Δp — изменение давления газа в *мм* вод. ст.;

z — разность геометрических высот сравниваемых двух точек трубопровода в *м*;

O — вес в *кг* 1 $м^3$ воздуха;

s — удельный вес газа (по отношению к воздуху), причем знак + применяется для более высоких точек газопровода по отношению к начальной точке, а знак — для более низких точек по отношению к начальной точке. Внутри зданий разность геометрических высот различных точек газопровода обыкновенно во внимание не принимается.

Для исправного действия приборов и горелок внутренней газовой сети необходимо, чтобы давление газа в трубопроводе у этих

приборов было не меньше 35 — 30 *мм* вод. столба.

Давление в городской сети поддерживается у газового завода около 50 *мм* (Москва), в наиболее отдаленных точках уличной сети 45—40 *мм*. Отсюда потеря давления в наружном (дворовом) и внутреннем трубопроводе может составлять не более 10 *мм* вод. ст., обычно допускают однако потерю напора в газопроводе (дворовом и внутреннем) не более 5 *мм*, учитывая добавочную потерю в счетчике, колебания давления в сети вследствие случайной перегрузки и т. п.

Ход расчета показан на следующем примере.

З а д а ч а. Требуется определить диаметры газопровода для снабжения газом инструментального и термического цехов металлообрабатывающего завода. Источником газа служит городская газовая сеть. Оба цеха получают общий счетчик для учета газа. Схема газопровода изображена на фиг. 38. Устройства, снабжаемые газом: в инструментальном цеху—3 лабораторных стола, каждый на 2 одинаковых газовых крана, вытяжной шкаф с 2 кранами того же типа. На трубопроводе предусматривается 2 тройника для постановки в будущем 2 одинарных кранов на каждый тройник. В термическом цеху газом питается печь для цементации, печь для закалки, одинарная свинцовая ванна и двойная соляная ванна.

Расход газа составляет в час:

1) на газовый лабораторный кран диам. 13 мм ...0,17 м³
2) на печь для цементации .....24,0 „
3) на печь для закалки .....10,0 „
4) на одинарную свинцовую ванну.....12,0 „
5) на двойную соляную ванну .....24,0 „

Характер газа: светильный газ московского газового завода с удельным весом $s = 0{,}7$. Теплопроизводительность 1 м³ газа $He = 4500$ *TE*. Давление газа в уличной сети составляет 45 *мм* вод. ст. Минимальное давление, требующееся у горелок (приборов), — 35 *мм*. Расчет производится для простоты по диаграммам (фиг. 36 и 37) с применением номограммы (фиг. 39).

Расчетом устанавливается потеря давления в газопроводе от уличной магистрали по 2 направлениям сети: *А—Г—З* и *А—Г—О* при одновременном действии всех приборов (в производственных лабораториях принимается обычно одновременное действие $^2/_3$ лабораторных кранов; в научных лабораториях — $^1/_3$).

Результаты расчета сопоставлены в виде следующей таблицы.

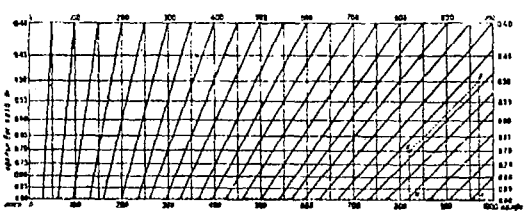
Таблица 13

Потеря давления в газовой сети

Участки сети	Длина l м	Час. расх. газа Q при $s = 0{,}7$ м³	Экспл. расх. газа $Q_э$ при $s = 0{,}5$ м³	Диам. d мм	Потеря дав. на 100 м длины h_{100} мм	Общая потеря давл. на участке h мм	Давление на конце участка P_k мм	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
				I. В в о д г а з а				
А—Б	38,0	82,04	97,00	125	3,9	1,48	43,52	Давл. в гор. сети р = 45 *мм* вод. ст.
Б—В	4,0	82,04	97,00	125	3,9	0,16	43,36	
В—Г	6,1	82,04	97,00	100	10,8	0,66	42,70	
					Итого . . .	2,30		
				II. Т е р м и ч е с к и й ц е х				
Г—Д	10,0	80,00	94,00	100	10,1	1,01	—	Давл. в точке Гр = 42,70 вод. ст.
Д—Е	2,0	08,00	80,00	100	7,3	0,15	—	
Е—Ж	2,0	44,00	52,50	75	15,8	0,32	—	
Ж—З	8,0	24,00	28,00	63	12,4	0,99	40,23	
					Итого . . .	2,47		
				III. И н с т р у м е н т а л ь н ы й ц е х				
					h_{10}			
Г—И	3,0	2,04 [1]	2,43	25	1,3	0,39		Давл. в точке Гр = 42,70 *мм* вод. ст.
И—К	4,0	1,70	2,05	25	0,9	0,36		
К—Л	5,0	1,36	1,60	19	2,4	1,20		
Л—М	1,5	0,68	0,82	19	0,8	0,12		
М—Н	4,5	0,34	0,40	13	1,0	0,45		
Н—О	1,0	0,17	0,20	13	0,5	0,05	40,13	
					Итого . . .	2,57		

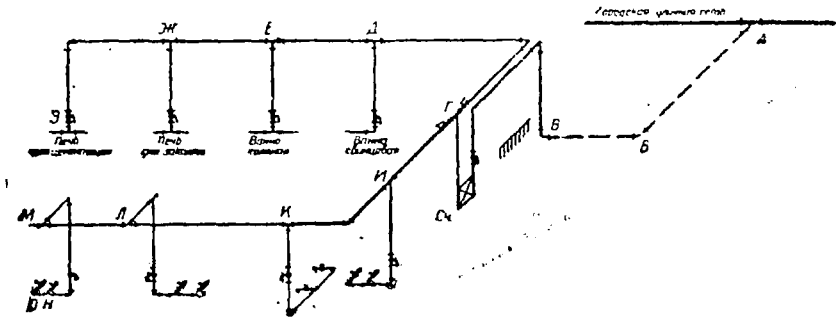
[1] В виду малой величины расхода $Q = 2{,}04$ м³ можно походить из 100-кратного значения $Q' = 204$ м³, по нему найти на номограммы $Q'_э = 243$ м³ и уменьшенный в 100 раз результат занести в гр. 4.

Пояснения к таблице. Установив последовательность участков по расчетным направлениям сети (гр. 1) и их длину по проекту (гр. 2), выявляют часовые расходы газа по участкам, соответственно числу обслуживаемых приборов и их единичным расходам по заданию (гр. 3). Так как указанные расходы относятся к газу с удельным весом $s = 0{,}7$, диаграммы же составлены для газа с уд. весом $s = 0{,}5$, то необходимо заменить расходы по графе 3 ($s = 0{,}7$) эквивалентными расходами газа, принятого в диа-



Фиг. 39. Номограмма для определения эквивалентных расходов газа при удельных весах 0,4—0,9.

граммах ($s = 0{,}5$). Для этой цели можно пользоваться номограммой и отыскивать в ней, например, для участка *АБ* с часовым расходом $Q = 82{,}04$ *м*³ по оси абсцисс соответствующую 10-кратному расходу 820,4 *м*³ точку *а*, которую по вертикали переносим на горизонталь (в точке *б*), соответствующую уд. весу $s = 0{,}7$. Исходя из точки *б* в двигаясь по направлению луча, находим точку *в* на горизонтали, соответствующей уд. весу $s = 0{,}5$. Последняя точка *в* проектируется на ось абсцисс, где точка *г* дает эквивалентный расход 970 *м*³ или после 10-кратного уменьшения $Q_э = 97{,}0$ *м*³, каковой и заносим в гр. 4. Выбрав предварительные диаметры сети по участкам, отмечаем их в гр. 5. По диаграммам фиг. 36 и 37) определяется потеря давления на 100 *пог. м* (или 10 *пог. м*) трубопровода диаметра *d* (гр. 5) при часовом расходе $Q_э$ (гр. 4). Например для участка *АБ* с часовым расходом $Q_э = 97{,}0$ *м*³ отыскиваем на оси абсцисс данный расход (в точке *а*) и переносим его по вертикали на луч, соответствующий диаметру $d = 125$ *мм*; найденную точку *б* проектируем по горизонтали на ось ординат, где в точке *в* получается



Фиг. 38. Схема газопровода

потеря давления на 100 *пог. м* длины трубопровода $h_{100} = 3{,}9$ *мм* вод. столба. Потеря давления на участке *АБ* длиною $l = 36$ *м* определяется по формуле $h = \frac{h_{100} \cdot l}{100}$; она выражается в $h = \frac{3{,}9 \cdot 38}{100} = 1{,}48$ *мм* (гр. 7). Если начальное давление газа на участке *АБ* составляет 45 *мм* вод. ст., то давление в конце участка в точке *Б* определяется $P_к = 45 - 1{,}48 = 43{,}52$ *мм* вод. столба (гр. 8). Аналогично получаются величины h_{100} (или h_{10}), h и $P_к$ для прочих участков сети. По графе 8 можно убедиться, что общая потеря давления в газопроводе не превосходит допустимой — 5 *мм* и что расчетное давление газа у наиболее отдаленных горелок составляет не менее 45 — — 5 = 40 *мм*, что больше предельного давления 35 *мм* вод. ст.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по производству специальных работ Московского областного управления строительного контроля. Выпуск № 1. Газовые работы 1931.

2. Технические нормы для прокладки газовых проводок и установки газовых приборов МКХ 1929.

3. Газ в промышленности и технике. Городской газовый завод. Москва 1916.

4. F. Kuckuck, Der Gasrohrleger und Gaseinrichter. Verl. v. Oldenbourg. München 1927).

5. Handbuch der Gastechnik. Herausgeber Dr Schilling und Dr Bunte (Bd V Vertejlung. Messung aud Einrichtung des Gasis. 1917. Bd. VIII. Das Gas als Wärmequelle und Triebkraft. 1918. Verl. v. Oldenbourg. (München).

6. Schaar's Kalender für das Gas und Wasserfach. (Verl. v. Oldenbourg).

7. Ф. Экман, Газопроводы и газовые установки. Госстройиздат. Москва (в печати).

НАРУЖНЫЕ И ВНУТРЕННИЕ ВОДОПРОВОДЫ

А. НАРУЖНЫЕ ВОДОПРОВОДЫ

Инж. *Б. С. ТИКУНОВ*

I. ОСНОВАНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

1. Классификация расходуемой воды по характеру ее потребления

Многочисленные и разнообразные потребности в воде промышленных предприятий и поселков могут быть подразделены на три основные категории:

а) вода для хозяйственно-питьевых нужд;
б) вода для производственных нужд;
в) вода для тушения пожаров.

Основанием для такого подразделения служит различие в требованиях, предъявляемых к качеству, количеству и напору воды, расходуемой для нужд указанных категорий, хотя и в пределах одной и той же категории эти показатели могут значительно различаться между собою.

1) Хозяйственно-питьевая вода

Хозяйственно-питьевая вода расходуется для санитарно-бытового обслуживания (питье, умывание, души, промывка клозетных чаш, писсуаров и пр.) рабочих предприятий и населения поселка. Эта же вода подается в общественные здания, бани и прачечные.

По качеству вода должна удовлетворять всем санитарным требованиям, предъявляемым к питьевой воде в отношении физических свойств (прозрачность, вкус, цвет), химического состава и бактериальной чистоты.

Примечания: 1. Вода для умывания, душей, бани должна быть вполне доброкачественной и пригодной для питья. При использовании для этих надобностей на предприятиях отработанной теплой производственной воды необходимо этот вопрос согласовать о санитарным надзором.

2. Для промывки клозетных чаш и писсуаров не требуется вода высокого качества, по обычно устраивается общая внутренняя сеть, подводящая воду как к этим приборам, так и к умывальникам, душам, ваннам и пр. Проводка двойной сети, подводящей воду различного качества (низкого качества к унитазам и писсуарам) по практикуется из-за дороговизны такого устройства при относительно небольшом расходе воды для промывки унитазов и писсуаров.

Расход воды зависит от числа рабочих предприятия, количества душей, характера производства, количества населения поселка, пропускной способности бани, прачечной и фабрики-кухни.

Напор воды у наиболее высоко расположенных кранов должен быть не менее 2 - 3 *м*.

2) Производственная вода

Вода на производстве требуется для самых разнообразных целей: как составная часть выпускаемой продукции, как растворитель, для промывки, охлаждения и пр. Последние воды (конденсационные) отличаются от других величиной расхода (высокий расход) и сравнительной чистотой стока, что позволяет применять оборот этих вод.

К производственному расходу относится обычно расход воды на мытье полов, промывку производственной канализационной сети и на нужды самого водопровода при наличии очистных сооружений (чистка отстойников, промывка фильтров).

К качеству воды различными производственными предприятиями предъявляются весьма разнообразные требования. Особенно часты требования в отношении жесткости (мягкая вода необходима для котельных установок, текстильных фабрик и др.), цветности (бумажные, красильные фабрики) и прозрачности.

Расход воды также зависит от характера производства, являясь сравнительно небольшим для механических и машиностроительных заводов и весьма высоким для текстильных фабрик (красильно-отбелочное производство), целлюлозно-бумажных фабрик, химических

металлургических заводов и силовых станций.

Напор в большинстве случаев должен быть достаточен для подачи воды к различным приборам и машинам (запас 2—3 *м*) и обусловливается высотой их месторасположения. В отдельных случаях требуется более значительный свободный напор (для преодоления трения, разбрызгивания и пр.).

3) Вода для тушения пожара

К качеству воды особых требований не предъявляется.

Расход воды определяется пожарными нормами в соответствии с установленным пожарной охраной числом одновременных пожаров на предприятии.

Примечание. Отличительной особенностью пожарного расхода является весьма значительная расчетная величина последнего, выраженная в секундо-литрах (в отдельных случаях более чем хозяйственно-питьевой и производственный расходы) при относительно небольшом значении этого расхода в общем балансе потребления воды предприятием, выраженном в кубометрах в сутки.

Напор должен быть постоянный, согласно пожарным нормам.

По способу наружного пожаротушения водопроводы разделяются на две системы:

а) Высокого давления—необходимая пожарная струя получается непосредственно из установленных на наружной сети гидрантов посредством приведения в действие специального стационарного пожарного насоса на насосной станции.

б) Низкого давления — водопровод лишь подает к месту пожара требуемое количество воды под напором обычным или пониженным, а требуемая высота струи создается специальными привозными механическими насосами.

Отличительные особенности каждой категории потребления воды указаны в следующей таблице. [1]

Таблица 14

Классификация воды, расходуемой для различных надобностей

Наименование потребностей	Расход в *л*	Напор в *м*	Качество воды	Примечание
1. Хозяйств.-питьевые нужды	Расход в сутки $25 \times n_1 + 40 n_2 + Q$	$T + (2 \sim 3)$	Бактериолог. чпетая удовлетв. по химич. составу и физич. свойствам	1) Для горяч. цех. расх. на чел. 35 *л*. 2) Для шахтер. на души 60 *л* на чел.
2. Производственные нужды а) непосредств. на производство	По характеру производства	В завпсим. от распол. обор. и треб. напора	По характеру производства	
б) Охлаждение (градирни, брызгалки)		10—15	"	Напоры указ. в наиб. употребит. пределах
3. Пожаротушение: а) Наружное пожаротушение	Секундч. расх. $5 \times N$ *л/сек*	$T + 24$	Безразлично	Колич. струй, согл. разр., утв. органами пож. охраны
б) Внутреннее пожаротушение	Сек. расход 1) $5 \times 2 = 10$ *л/сек* 2) $3 \times 2 = 6$ *л/сек*	В завпс. от высоты здания и констр. вн. сети	"	1) 5 *л/сек* на струю для I и II разр. 2) 3 *л/сек* для III и IV разрядов
в) Спринклерное оборудование	50 *л/сек*	1) $T + 2 +$ потери в спринкл. сети или 2) $T + 6 +$ потери в спринкл. сети	"	1) Напор при спринклерах в верхних этажах 2) Напор при спринклерах в чердачном помещении под крышей здания

Обозначения

n_1 — число рабочих на предприятии в сутки (за все смены);
n_2 — число рабочих, принимающих души (за все смены);
T — высота здания до конька крыши;
N — число пожарных струй.

Пояснения к таблице

1. а) Хозяйственный расход на предприятии исчисляется исходя из нормы потребления на одного рабочего 25 *л* и на 1 душ 40 *л*. К нему добавляется расход по поселку, бане и прачечной Q.
   б) Напор подсчитан для многоэтажных зданий, имеющих клозетные бачки в верхнем этаже.
2. Для высоких корпусов, но одноэтажных (например цеха крупного машиностроения), указанный подсчет не годится.
3. а) Напор подсчитан исходя из нормальной струи в 6 *л/сек*, согласно требованию норм пожарной охраны для водопроводов высокого давления.
   в) Расход воды на спринклерное оборудование исчислен из расчета открывшихся 50 спринклеров, считая расход на 1 открывшийся спринклер равным 1 *л/сек*.
   5 *м* свободный напор, над головкой спринклера, при котором обеспечивается расход из спринклерной головки, равный 1 *л/сек*.

[1] Составлена инж. В. Г. Лобачевым.

2. Влияние местных условий

К числу местных условий, оказывающих решающее влияние на выбор системы водоснабжения, относятся следующие:

а) Возможность присоединения к городскому или районному водопроводу; б) степень обеспеченности предприятия водой, возможные источники водоснабжения, их мощность, удаленность, качество воды; в) планировка площади предприятия и поселка; г) рельеф местности.

При наличии близ предприятия городского (районного) водопровода, подающего обычно воду высокого качества, пригодную для питья, следует присоединить к нему водопроводную сеть предприятия (при наличии нескольких сетей — хотя бы «дну из них). В большинстве случаев, ввиду значительных пожарных расходов и высоких напоров в водопроводной сети предприятия, при этом приходится на территории предприятия устраивать насосную подстанцию и запасные подземные резервуары. Городской или районный водопровод в этом случае подает в запасные резервуары равномерно требуемое количество воды под весьма небольшим напором (достаточным для наполнения подземных резервуаров). Необходимые предприятию расходы и напоры, как постоянный так и пожарный, получаются посредством подстанции с применением в большинстве случаев водонапорной башни и других сооружений.

Планировка предприятия и поселка, а также рельеф местности оказывают влияние на выбор месторасположения насосных станций и возвышенных резервуаров, зонирование водопроводных сетей и пр.

3. Число отдельных водопроводов

Выбор числа отдельных водопроводных сетей на территории предприятия обосновывается условиями расхода воды, определяемыми характером производства и мощностью предприятия, местными условиями, экономическими подсчетами, данными о расходе металла для труб, оборудования и пр.

Каждая лишняя сеть, хотя бы и слабо разветвленная, требует дополнительного количества труб, добавочных сооружений, оборудования и должна быть обоснована технической необходимостью и экономической целесообразностью.

1) Один водопровод

Устройство одной водопроводной сети может быть рекомендовано для предприятий с небольшим сравнительно расходом воды. Вода должна быть высокого качества, пригодна как для хозяйственно-питьевых, так и производственных нужд. Такой водопровод присоединяется обычно к городскому (районному) или питается подземной водой. При пользовании поверхностной водой необходимы очистные сооружения. Этот водопровод является в то же время противопожарным.

2) Два водопровода

Крупные предприятия с большим расходом воды для производственных нужд имеют большей частью 2 водопровода — один подает воду высокого качества, хозяйственно-питьевую, другой — производственную, менее удовлетворительную в качественном отношении но более дешевую.

В отношении пожарной защиты возможны следующие комбинации водопроводов:

а) Один водопровод является хозяйственно-противопожарным, другой — производственным.

б) Один водопровод является хозяйственным, другой производственно - противопожарным.

в) Один водопровод является хозяйственно-противопожарным (внутреннее пожаротушение), другой—производственно-противопожарным (наружное пожаротушение). Сравнение различных систем произведено в таблице 15.

Таблица 15

Характеристика различных систем водопровода

Система водоснабжения	Расход производств. воды	Напор в производств. водопроводе	Способ наружного пожаротушения	Величина наружной производственной сети	Внутренние производств. водопроводн. сети	Целесообразные случаи применения
а) Хозяйственно-противопожарный и производственный водопроводы	Значительно больше хозяйственно-питьевого	Значительно менее требуемого постоянного пожарного напора	Высокое давление	Малая длина, слабая разветвленность	Имеются лишь в отдельных цехах	В большинстве случаев
б) Хозяйственный и производственно-противопожарный водопроводы	Меньше или незначительно больше питьевого	Высокий напор	Высокое или низкое давление	Значительная длина и разветвленность	Имеются почти во всех цехах	В отдельных случаях
в) Хозяйственно-противопожарный и произв.-противопожарный водопроводы	Значительно больше хозяйственно-питьевого	Невысокий напор	Низкое давление	Значительная длина и разветвленность	Имеются во многих цехах	В отдельных случаях

В большинстве случаев технические и экономические данные указывают на необходимость объединения хозяйственно-питьевого водопровода с противопожарным. Объединение производственного водопровода с хозяйственно-противопожарным иногда вызывается необходимостью возможно большей экономии в расходовании питьевой воды.

3) Несколько водопроводов

Более сложная система водоснабжения и наличие добавочных водопроводов имеют место в следующих случаях:

а) Требуемые постоянные напоры для различных групп цехов настолько отличаются между собой (15 — 20 *м* и более), что является целесообразным устройство двух производственных водопроводов различного давления.

Примечание. Если по роду производства требуется повышение напора для единичных цехов, таковое обычно осуществляется постановкой внутри цехов специальных насосов дополнительного напора без увеличения числа наружных сетей.

б) Для отдельных производственных нужд требуется вода специального качества (умягченная, отстоенная), причем целесообразно устройство отдельного водопровода с очистными сооружениями для ограниченного количества воды.

в) Циркуляционные водопроводы при наличии оборота воды (по числу установок).

г) Специальный противопожарно-спринклерный водопровод (по особому требованию пожарной охраны); в некоторых случаях применение его может быть оправдано наличием высоких цехов, требующих крайне высоких постоянных напоров в пожарной сети.

д) Специальный питьевой водопровод (при наличии центральной установки для кипячения или охлаждения воды).

II. РАСЧЕТНЫЕ НОРМЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОПРОВОДОВ

Проф. *Н. А. КАШКАРОВ*

I. Хозяйственно-питьевые водопроводы населенных мест и промпредприятий

1) Расчетные нормы[1]

а) Расчетный срок действия водопровода и расчетное число жителей

1. Для существующих городов и населенных мест, близ которых по плану промстроительства 2-й пятилетки не предположено развития крупной промышленности, расчетное число жителей принимается для первой очереди строительства водопровода равным 1,3 от числа жителей во время пуска проектируемых водопроводных сооружений в эксплоатацию, а для второй очереди — равным 1,7 от того же числа.

Ориентировочный срок, к которому ожидается достижение расчетного указанного числа жителей, должен быть указан в проекте (в связи с перспективами развития города).

2. Для новостроящихся рабочих поселков и рабочих городов при промпредприятиях расчетный срок действия первой очереди строительства водопровода принимается равным пяти лет после пуска в эксплоатацию предприятия с числом жителей, соответствующим требуемому числу рабочих и служащих предприятия по планам развития последнего, с учетом коэфициента семейности и с учетом добавочного населения обслуживающих рабочих и их семейства (служащие общественных предприятий, административных учреждений и т. п.).

Для второй очереди строительства водопровода расчетный период принимается равным пяти годам с окончания расчетного периода первой очереди, а в случае недостаточно определенных перспектив развития промпредприятия в течение этого периода — расчетное число жителей принимается равным 1,3 от расчетного числа жителей для первой очереди.

3. Для существующих городов и населенных мест, в которых проектируется или развивается значительное промышленное строительство, расчетное число жителей определяется как для новостроящихся городов, с добавлением существующего числа жителей (во время окончания постройки водопровода), увеличенного в 1,3 раза для первой очереди и в 1,7 раза для второй очереди строительства. При определении числа рабочих и служащих новых предприятий должно быть учтено, что часть их будет привлечена из существующего населения города.

4. Проект составляется на обе очереди строительства, но размеры сооружений и, в частности, диаметры труб принимаются наиболее экономичными для условий эксплоатации водопровода в первую очередь строительства.

5. Водопроводные сооружения, последующее сооружение которых вызывает значительное удорожание строительства, после экономического обоснования могут строиться сразу на обе очереди.

6. Участки земли для постройки водопроводных сооружений должны быть выбраны так, чтобы допускать возможность дальнейшего расширения водопровода

[1] Приняты в качестве временных IV Всесоюзным водопроводным и сан.-техн. съездом 1931 г. и прокорректированы НТС Наркомхоза РСФСР, НТС Союзотроя НКТяжпрома и Уч. Медиц. Советом Наркомздрава РСФСР.

7. При выборе источника водоснабжения должна быть предусмотрена возможность дальнейшего развития водопровода из данного или иных источников.

б) Нормы водопотребления

8. Для городов существующего типа и для рабочих поселков принимаются:

а) Для неканализированных районов—средняя суточная норма 40 - 60 *л* с коэфициентами неравномерности потребления суточным 1,4 и часовым 1,80; при норме 40 *л* отдельно учитывается расход на общественные бани и прачечные, подлежащие вступлению в эксплоатацию в течение срока действия водопровода;

б) для районов с неполным присоединением к канализации 60—90 *л*, коэфициенты неравномерности — суточный от 1,4 (при 60 *л*) до 1,3 (при 90 *л*) и часовой 1,50.

в) для канализованных районов—90—150 *л* с суточным коэфициентом неравномерности от 1,3 (при 90 *л*) до 1,15 (при 150 *л*) и с часовым коэфициентом 1,35.

9. Для больших городов существующего типа, имеющих особо крупное промышленное и культурное значение, в особенности при переустройстве и расширении существующих водопроводов, нормы потребления воды могут быть увеличены и назначаться индивидуально, с учетом расхода воды в городе в настоящее время и особенностей города (климатических, бытовых, степени благоустройства города и т. д.).

10. Для городов социалистического типа принимается средняя суточная норма 150 *л*, а в отдельных случаях и бо́льшая; для первой очереди строительства водопровода, в случае постепенного развития благоустройства соцгорода, норма принимается в 120 *л*.

Коэфициент суточной неравномерности—1,15 и часовой—1.2—1,35.

11. В вышеуказанные нормы § 8, 9 и 10 включены все расходы, в том числе и на поливку улиц и зеленых насаждений, за исключением расхода на хозяйственно-питьевые нужды, души для рабочих во время нахождения их на предприятии и расхода производственной воды теми предприятиями, которые берут ее из проектируемого питьевого водопровода.

12. Расход воды для рабочих во время пребывания на предприятии:

а) на хозяйственно-питьевые надобности — 25 *л* на 1 рабочего в смену, а в горячих цехах до 35 *л* с часовым коэфициентом неравномерности 3 (для 25 *л*) и 2 (для 35 *л*);

б) на души — 40 *л* на 1 рабочего, пользующегося душем, а для шахтеров 60 *л*, с пропуском всех рабочих одной смены через души в течение 30 мин. по окончании смены.

Примечание. Часть воды на души подается непосредственно из водопроводной сети (от $^1/_3$ до $^2/_3$ требуемого количества), остальная вода может быть предварительно нагрета и содержаться в баках.

13. Получение промпредприятиями технической воды из хозяйственно-питьевого водопровода населенных пунктов должно быть обосновано экономическими расчетами, доказывающими нецелесообразность устройства отдельных водопроводов. Расход воды на эти предприятия должен быть обоснован их действительной потребностью в воде и с перспективами их роста.

Примечание. Устройство аварийных переключений между остями питьевых водопроводов и водопроводов, подающих воду непригодную для питья, допускается лишь в исключительных случаях с разрешения санпадзора.

14. Нормы водопотребления для отдельных потребителей в случае надобности (при расчете подводящих труб и т. п.):

Таблица 16

Нормы водопотребления

а) баня — на моющегося—150—185 *л*;
б) прачечная—30—60 *л* на 1 *кг* сухого белья;
в) общественная столовая 15—25 *л* на 1 посетителя;
г) общественные души от 25 до 40 *л* на 1 пользующегося;
д) больница—250 *л* на 1 койку. При наличии специальной водолечебницы расход на нее исчисляется отдельно.

Примечание. При отсутствии более точных данных о числе коек можно принимать ориентировочно: в промышленных районах на 1000 чел. в среднем 9 коек, в сельских — 4 койки.

е) амбулатория—12—15 *л* на 1 посетителя;
ж) школа на 1 учащегося 15 *л*, а при наличии душей 40 *л*;
з) ясли—75 *л* на 1 ребенка;
и) детский сад—75 *л* на 1 ребенка (при наличии душей), а при отсутствии душей—50 *л*;
к) клуб—10 *л* на 1 посетителя;
л) скотобойня—300 *л* на 1 голову крупного скота и 100 *л* на 1 голову мелкого скота.

Коэфициенты часовой неравномерности в пределах общего числа часов работы отдельных потребителей принимаются:

Бани, прачечные, амбулатории	1,0
Школы, клубы, столовые, кухни	1,5
Больницы	2,5

в) Напор в водопроводной сети

18. Требуемый наименьший свободный напор в водопроводной сети над уровнем улиц при хозяйственном потреблении принимается по таблице 17.

Таблица 17

Минимальные напоры в водопроводной сети

при 1—2-этажной		застройке	. . . .	12 *м*
„ 3	„	„	. . . .	16 „
„ 4	„	„	. . . .	20 „
„ 5	„	„	. . . .	25 „
„ 6	„	„	. . . .	30 „
„ 7	„	„	. . . .	35 „

19. При подаче пожарного расхода воды в пожарных водопроводах низкого давления свободный напор в сети может быть понижен до величины 10 *м*, а для отдельных точек сети, особенно невыгодно расположенных, до 7 *м* над уровнем улицы.

20. При хозяйственно противопожарном водопроводе высокого давления с установкой стационарных насосов, повышающих давление в сети при выключенных регулирующих резервуарах, свободный напор в сети должен быть не менее 25 *м* для тушения 2—3-этажных зданий и не менее 40 *м* для тушения 4-этажных зданий.

2) Таблицы расходов воды

Для удобства пользования нормами, приводим наибольшие суточный и секундный расходы воды на 1000 чел. при различных нормах, и примерные величины колебаний часового потребления воды при различных коэфициентах часовой неравномерности.

Таблица 18

Потребление воды населением на 1000 жителей

№	Средняя суточная норма	Коэф. неравномерности		Расход воды			Примечание
		сут.	час.	наиб. суточный *м³/сутки*	ср. сек. в день наиб. потреб. *л/сек*	наиб. сек. *л/сек*	
1	40	1,4	1,8	56	0,65	1,17	Должен быть добавлен расход воды на бани и прачечные (по фактическому количеству их)
2	60	1,4	1,8	84	0,973	1,75	Неканализованный район
3	60	1,4	1,5	84	0,973	1,46	Частичная канализация
4	90	1,3	1,5	117	1,355	2,17	Частичная канализация
5	90	1,3	1,35	117	1,355	1,83	Полная канализация
6	120	1,15	1,35	138	1,6	2,16	Первая очередь строит. городов соц. типа при 1—2 и 3-сменной работе предприятий
7	120	1,15	1,2	138	1,6	1,92	Полная канализация
8	150	1,15	1,35	173	2,0	2,70	Полная канализация города с рабочим населением при 3-сменной работе предприятия
9	150	1,15	1,2	173	2,0	2,4	

Таблица 19

Расход хозяйственно-питьевой воды на промпредприятии на 1000 чел.

1. При норме 25 *л* на 1 раб. в смену:

а) при 8-час. продолж. смены $\max q = 3 \frac{25}{8 \cdot 3\,600} 1000 = 2{,}6$ *л/сек*

б) при 7-час. продолж. смены $\max q = 3 \frac{25}{7 \cdot 3\,600} 1000 = 3{,}0$ *л/сек*

. При норме 35 *л* (для горячих цехов):

а) при 8-час. продолж. смены $\max q = 2 \frac{35}{8 \cdot 3\,600} 1000 = 2{,}43$ *л/сек*

б) при 7-час. продолж. смены $\max q = 2 \frac{25}{7 \cdot 3\,600} 1000 = 2{,}78$ *л/сек.*

Души

При подаче всего душевого расхода непосредственно из водопроводной сети в течение получаса по окончании смены и норме 40 *л* на человека:

На 1000 принимающих душ

$$\max q = \frac{40}{0{,}5 \cdot 3\,000} 1000 = 22{,}2 \text{ л/сек.}$$

На одну душевую сетку, считая, что за ½ часа пользуются душем человек

$$\frac{5 \cdot 40}{0{,}5 \cdot 3600} = 0{,}11 \text{ л/сек.}$$

2. Нормы расхода воды для производства

Для технических водопроводов промпредприятий нормы водопотребления на единицу продукции зависят для каждого вида производства от типа оборудования и потому в каждом отдельном проекте должны быть уточнены по указаниям специалистов по технологии данного производства и до представления проекта на утверждение должны быть подтверждены НТС строевого объединения.

Таблица 20

Ориентировочные нормы расхода производственной воды

№	Наименование потребителей	Единица продукции	Удельн. раход воды		Примечание (откуда получены данные)
			Всей $м^3$	Свежей $м^3$	
	I. Силовые станции				
1	Для конденсации пара (60-кратное количество оборотной воды)	1 *кг* пара	60 *л*	—	
2	Для конденсации пара на силоустановках с турбинами высокой экономичности (расходуют на 1 kWh 6 *кг* пара)	1 kWh	0,36 $м^3$	—	
3	Расход свежей воды на дополн. испарение из охлажд. пруда (сверх ест. испарения) на 1 *кг* пара, прошедшего через конденсатор	1 *кг* пара	—	0,6 *л* 1,0 *л*	3,6 *л* см. „Эл. станции" 1930 № 4 статья инж. Романова. Осторожнее брать большую величину, указ. др. авторами 6,0 *л*
4	То же на 1 kWh (т. е. на 6 *кг* пара)	1 kWh	—	3,8—6,0 *л*	Фактич. раход МОГЭС 5,5 *л*
5	Раход свежей воды на 1 kWh, включая испарение на охлаждающего пруда (ориентировочно)	1 kWh	10 *л*	—	Бюллетень Гипромеза 1929 г. № 5—6, статья инж. Радцига
6	То же при охлаждении на градирнях (3—5% от оборотн. воды)	1 kWh	11—18 *л*	—	0,03 × 360 = 10,8 0,05 × 360 = 18
7	Газогенератор, силовые установки (газо-дизели)	1 kWh	75 *л*	3 *л*	
8	Дизель	1 *л. с.*	12—24 *л/ч*	—	12 *л/ч* при нагрев. до 24 нагр. до 40°
9	Нефтяной двигатель	1 *л. с.*	36 *л/ч*	—	П
	II. Металлургические заводы				
	Полный расход воды по заводу на 1 *т* выплавленного чугуна (от домны до проката включительно) (в оредвем)	1 *т* чуг.	115—140	17,5—21	
	III. Машиностроительные заводы				
1	Автостроительный				
	а) легковые машины	1 маш.	300 $м^3$	—	Нижегор. автоотрой (проект)
	б) грузовики	1 маш.	85 $м^3$	—	Ярославск. автозав. (проект)
	в) тракторные	1 маш.	45 $м^3$	—	Сталингр. тракторн. (проект, по указан. фирмы Сейер)
2	Паровозостроение	1 инд. руб. годов. продукц.	273 $м^3$ в сутки	—	Луганский паровозостроит. завод (вконом. обе в.)
3	Арматурный завод	1 000 руб. годов. продукции	6,5—8,2 $м^3$ в сутки	—	Арматрест, завод „Манометр"
	IV. Электропромышленность				
1	Электромашиностроение				
	а) аппаратный завод	1 000 руб. годов. продукции	0,42 $м^3$ в сутки	—	
	б) машиностроительный завод	1 000 руб. годов. продукции	0,83 $м^3$ в сутки	—	
	в) трансформаторный завод	1 000 руб. годов. продукции	0,60 $м^3$ в сутки	—	
	г) турбогенераторный завод	1 000 руб. годов. продукции	2,1 $м^3$ в сутки	—	
	V. Обработка цветных металлов и золота				
	а) Золото				
1	Промывка золота	1 *т* руды	6,8 $м^3$	—	Цветметзолото
2	Флотация золота	1 *т* руды	2—3 $м^3$	—	
3	Обогащение на столах Вальфлея	1 *т* руды	6 $м^3$	—	
4	Цианистый процесс	1 *т* руды	1,5—1,0	—	
5	Электролиз	1 *т* мет.	1 $м^3$	—	
	б) Свинец				
1	Рудники	—	0	0	Гипроцветмет
2	Обогатительная фабрика	1 *т* руды	52,8—88,6	29—49	Расход воды изменяется в зависимости от: 1) состава руды и концентратов; 2) % содерж. в них металла; 3) схемы технологического процесса. Здесь приведены данные из нескольких проектов. Путем большего использования оборота воды процент свежей воды может быть снижен
3	Металлургический завод	1 *т* мет.	48,3	28,8	Расход воды на электростанции при предприятиях здесь не учтен

[1] По данным, полученным Всесоюзным институтом водоснабжения и санитарной техники от различных организаций.

Продолжение таблицы 20

№	Наименование потребителей	Единица продукции	Удельн. расход воды: Всей $м^3$	Удельн. расход воды: Свежей $м^3$	Примечание (откуда получены данные)
	в) Медь				
1	Рудник	0	0	—	
2	Обогатительная фабрика	1 *т* руды	52,5—88	29—49	
	То же на 1 тонну металла	1 *т* мет.	500	135,5	
3	Металлургический завод	1 *т* мет.	7,1	2,3	
	а) электролиз меди	—	—	—	
	б) выплавка черновой меди	—	3,1—4,3	3,1—4,3	
	г) Цинк				
1	Рудники	—	0	0	
2	Обогатительная фабрика	1 *т* мет.	52,5—88	29—49	
3	Металлург. завод, электролиз цинка	1 *т* мет.	75—151	75—101	
	д) Сернокислый завод				
1	Моногидрат на 1 *т*	1 *т*	40—7	8—	
	VI. Химическая промышленность				
1	Коксобензольное производство на 1 *т* кокса	1 *т* кокса	—	—	Гипромез
2	Синтез аммиака конверс. спос.	1 *т* аммиака	—	240 $м^3$	Проекты химкомбинатов
	2-ано. Синтез аммиака (по способу Клода)	1 *т*	—	100 $м^3$	Н. Тагил (проект)
3	Азотная кислота				
	а) окисл. из аммиака	1 *т*	—	12—972	
	б) по методу Дюпона	1 *т*	—	110	
4	Аммиачная селитра	1 *т*	—	15—30	
5	Бертолетова соль	1 *т*	—	200	
6	Сернокислотный завод				Кирпичников С. Д. и Шаров П. В. Расходные коэффициенты и основные показатели по главнейшим химическим производствам. Вып. 1 (Гос. Научн. Техн. Изд. 1931).
	а) башенная	1 *т*	—	27—40	
	б) контактная	1 *т*	—	11,2—40	
	в) камерная	1 *т*	—	0,8	
7	Натровая селитра	1 *т*	—	8	
8	Хлор жидкий	1 *т*	—	11,7—12,7	
9	Купорос железный	1 *т*	—	1,7	
10	Медный купорос	1 *т*	4,52	—	
11	Карбид кальция	1 *т*	20	—	
12	Аммофос	1 *т*	9,3	—	
13	Преципитат	1 *т*	2—4	4,9	
14	Суперфосфат	1 *т*	0,04—0,1	—	
15	Завод жидкой углекислоты	1 *т*	170 $м^3$	—	Данные Инст. энергетики со ссылкой на Инст. им. Карпова
16	Лакокрасочный завод	1 *т*	150	—	
17	Органические краски	1 *т*	165	—	
	VII. Искусственное волокно				
1	Фабрика вискозного шелка	1 *кг*	1,5	1,2	
2	Фабрика вистры	1 *кг*	1,3	1,0	
3	Фабрика нитрошелка	1 *кг*	2,2	2,2	
4	Фабрика медно-аммиачного шелка	1 *кг*	4,5	4,5	
5	Фабрика ацетатного шелка	1 *кг*	1,7	1,7	
	VIII. Бумажно-целлюлозная промышленность				
1	Древесная масса для бумаги или картона при непрерывных дефибрерах фойта	1 *т*	—	50—60	Технико-эконом. нормы Н.Т.С бум. промышленности
2	То же при современ. прессо. гидравл. дефибрерах	1 *т*	—	80—90	
3	Целлюлоза сульфитная и небеленая сульфатная	1 *т*	—	200	
4	Целлюлоза беленая сульфатная	1 *т*	—	350	
5	Отбелка целлюлозы для бумаги	1 *т*	—	200	
6	Отбелка целлюлозы соломенной	1 *т*	—	550	
7	Бумага оберточная	1 *т*	—	80	
8	Бумага газ. фолевая	1 *т*	—	75	
9	Бумага печатная № 7	1 *т*	—	100	
10	Бумага печатная № 8	1 *т*	—	80	
11	Картон бурый	1 *т*	—	150	
12	Картон соломенный	1 *т*	—	100	
13	Картон белый	1 *т*	—	50	
	IX. Нефтяная промышленность				
	Полный расход воды на нефтеперерабатывающих заводах на 1 *т* сырья				Нефтеотрой
	а) при процессах неглубокого отбора	1 *т* сырья	12	—	Для целей охл. 85—90% (треб. температура 15—18°) для подобных предприятий 5—10%, загрязненных вод 10—15%
	б) при процессах смешанного отбора	1 *т* сырья	15	—	
	в) при процессах глубокого отбора	1 *т* сырья	15	—	

Продолжение таблицы 30

№	Наименование потребителей	Единица продукции	Удельн. расход воды		Примечание (откуда получены данные)
			Всей $м^3$	Свежей $м^3$	
	X. Жировая и костеобрабатывающая промышленность				
1	Саломас норм.	1 *т*	3,9	—	ТЭЖЭ
2	Маргарин топленый	—	4,9	—	
3	Глицерин сырой	—	308	—	
4	Глицерин технический	—	45	—	
5	Олеин кисл. и стеаринов.	—	25	—	
6	Свечи стеариновые	—	30	—	
7	Клей сухой	—	119	—	
8	Клей жидкий	—	38	—	
9	Желатин	—	2 150	—	
10	Мыло хозяйственное	—	11	—	
11	Мыло хозяйственное твердое	—	13	—	
12	Мыло ядровое	—	15,5	—	
13	Мыло высокосортное	—	18,5	—	
14	Мыло жидкое	—	0,55	—	
	XI. Резиновая промышленность				
1	Шинный завод	1 покрышка	200	—	
2	Регенераторный завод	1 *т*	200	—	
3	Асбестовый завод	1 *т*	100	—	
4	Подошвенный завод	1 *т*	35	—	
5	Галошное производство	1 *т*	200	—	
	XII. Спиртовая промышленность				
1	Хлебное вино	1 $м^3$	5	—	Союзоспирт
2	Ректификат	1 $м^3$ безв. алк.	15	—	
3	Виноку[illegible]ение (спирт сырец)	1 $м^3$ безв. алк.	60,0	—	
4	То же ректификат	1 $м^3$ безв. алк	15,0	—	
	XIII. Свеклосахарная промышленность				
1	Свеклосахарное производство	1 *т* свеклы	8—12	—	
2	Свеклосахарное производство	1 *т* сах.	25—35	—	
	XIV. Силикатная промышленность				
1	Цемент (мокр. способ)	100 боч.	6,65	—	Пр. Сухоложского цем. завод.
2	Кирпич	1000 шт.	—	1,2	
3	Керамиковые изделия	1 *т*	—	0,5	
4	Стекло оконное	1 *т*		2,5	В том числе: ватержакеты . . . . . 43% маш. Фурко . . . . . 43% пар. котлы. . . . . 3% генератор . . . . . 8,5% проч. 2,5% 100%
5	Стекло бутылочное	*т*	12—20	—	
	XV. Кожевенная промышленность				
1	Обработка 1 крупной шкуры (вес в средн. 18 *кг*)	1 шкура	1,5	—	Кожпроект
2	То же мелкой 3,5 *кг*	1 шкура	0,4	—	
3	Мездровый клей	1 *кг*	0,6	0,5	
4	Обработка 1 шубной овчины (вес 3 *кг*)	1 шт.	0,12—0,15	—	
5	Танниды	1 *т*	600—700	450—500	
6	Спец. картон (кож. суррогатное п-во)	1 *т*	450	350	
7	Кожекартон (тоже	*т*	120	30	
	XVI. Суконные фабрики				
1	Средний расход на промыв. и крашен. 1 куска товара (37 *м*)	1 кус.	11,5—19	—	По проектир. водопроводов нескольких суконных ф-к
2	На промывку и крашение бобрика	100 *м*	51	—	Ф-ка „Красный Октябрь"
3	То же сукна	—	26	—	
4	То же трико шерстяное крашеное	—	16	—	
5	То же байки галошной	—	15,5	—	
6	То же сукна шароварного	1 *т*	46	—	
7	Крашеной шерсти	1 *т*	45	—	
	XVII. Хлопчатобумажные фабрики				
	Ситцепечатные	1 кус.	1,25	—	Данные секции энергетики Всесоюзн. текст. объедин. Длина куска 43 *м*, вес 3—3,5 *кг*
	Красильно-отделочные (в зависимости от методов)	1 кус.	0,75 1,25	— —	
	Бельевые	1 кус.	1,	—	
	XVIII. Фабрики пеньки и каната				
	На выработку 1 *т* пеньки и каната	1 *т*	2	—	
	XIX. Мясокомбинаты				
1	На тушу овчины	—	2	—	Хладоотрой
	Туша барана	—		—	

Инж. *Б. С. ТИКУНОВ*

3. Пожарные нормы

1) Обзор различных правил пожарной охраны промышленных предприятий, применявшихся до 1932 г.

Применявшиеся у нас за последнее время (1928—1931 гг.) пожарные правила были весьма кратки, неопределенны; более поздние правила (1930—1931 гг.) еще не имеют формального утверждения правительственных органов, почему и не были опубликованы.

В последовательном порядке происходила следующая смена правил:

1) О февраля 1928 г. применялись правила быв. НКВД [1]. Они впервые установили регламентацию мероприятий по пожарной охране промышлевных предприятий, получили большое распространение, но вскоре были признаны недостаточными для надлежащей защиты предприятий и заменены правилами КомСТО.

2) Правила КомСТО начали применяться с марта 1929 г. [2] Они, наоборот, установили слишком преувеличенные требования, в част-

Таблица 21

Сравнительная характеристика пожарных норм

	Правила НКВД от 6/II 1928 г.	Правила Ком. СТО от 5/II 1929 г.	Изменен. Правила Ком. СТО от 5/XI 1929 г.	Правила Инот. Вод. и ИТС Союзстроя
Минимальный диаметр труб *мм*	100	100	100	100
Наибольшее расстояние между гидрантами	100	80	100	
Число и производительность [3] пожарных струй *л/сек*	$4\times5+2\times3$	I разр. $4\times10+2\times10$ II „ $4\times7.5+2\times7.5$ III „ $3\times5+1\times5$ IV „ $2\times3,75$	4×10 [4] $+2\times5$ $4\times7,5+2\times5$ $4\times5+2\times3,75$ $3\times3,75$	$40+2\times5$ $30+2\times5$ $20+2\times3,5$ $10+2\times2,5$
Высота наружной струи	На 1 *м* выше наивысшей точки охраняемого сооружения при расположении брандспойта на уровне этой точки, длине рукава ≤ 200 *м* и днам. 63 *мм*	На 10 *м* выше горящей точки	На 10 *м* выше наивысшей точки здания при расположении брандспойта на уровне этой точки; длине рукава 100 *м*, днам. 65 *мм*	На 10 *м* выше наивысшей точки здания при расположении брандспойта на уровне этой точки, длине рукава 100 *м* днам. 65 *мм*
Емкость запасных водоемов	3 час.		Бак водонапорной башни 30 мин.	
Внутреннее пожаротушение	Каждая точка поливается двумя струями			Постоянное давление должно обеспечивать действие пожарной струи
Длина струи из внутр. пож. крана *м*	10	10	10	10
Длина пожарного рукава *м*	15	10	10	10
Минимальный днам. пожарного крана *м*	44	44	50	5
Емкость запасного бака для внутреннего пожаротушения	При 5 кранах не менее 10 $м^3$, на каждый лишний кран добавляется 0,5 $м^3$, но не более 25 $м^3$			30 мин.

[1] Правила пожарной охраны промышленных предприятий и складских зданий (Изд. б. НКВД 1928/29 г.) выдержали подряд 3 издания.

[2] Правила и нормы для промышленного строительства (Изд. Госплана 1926 г.).

[3] Первая цифра означает число струй для наружного пожаротушения, вторая — их производительность, после знака + указываются число и производительность струй для внутреннего пожаротушения.

[4] При спринклерном оборудовании снижается до $4\times7,5$.

ности, чрезмерно высокие нормы пожарных расходов для внутренних водопроводов (струя 10 *л/сек*), вызывающие в них столь значительное увеличение диаметров внутренних водопроводов, что практически они не могли быть осуществлены. Правила вскоре были изменены (15 ноября 1929 г. по прот. № 67), но в измененной редакции не опубликованы.

Правила КомСТО впервые подразделили предприятия на 4 разряда по мощности устраиваемого водопровода. Эта классификация сохранилась во всех последующих правилах.

3) В начале 1930 г. пожарные нормы были вновь пересмотрены при участии Всесоюзного института водоснабжения и С. Т. (в то время Сан. техн. сектор ГНС) и СтройНТС и в измененном виде начали фактически применяться, хотя не получили надлежащего утверждения и не были опубликованы. Их недостатком является краткость — многие требования пожарной охраны не уточнены и не конкретизированы.

Показателем неопределенности с пожарными нормами служат применявшиеся еще в 1932 г. пожарные нормы Ленинградской области, представляющие собою правила Ком. СТО от 5 марта 1929 г. с некоторыми поправками, в частности уменьшением размера пожарной струи для внутренних водопроводов до 5 *л/сек*.

Сравнительная характеристика всех правил представлена в табл. 21.

2) Новые пожарные нормы[1]

Новые пожарные нормы, разработанные к началу 1932 г. (при участии ПВО Наркомтяжпрома и Пож. Комитета) уточняют и конкретизируют пожарные требования. Они кроме того разрешают впервые в СССР объединение пожарных водопроводов со спринклерными, что может значительно упростить и удешевить в некоторых случаях пожарное оборудование. Сообщаемые в следующих разделах этой главы сведения составлены на основании проекта новых норм.

а) Общие правила

Нормы устанавливаются только для вновь строящихся и капитально реконструирующихся предприятий. При переустройстве водопроводов на существующих предприятиях надлежит исходить из наличия местных условий, обеспечивающих подачу воды для тушения пожара.

Допускается в виде исключения (с разрешения пожарной охраны) устройство специального противопожарного водопровода. Как общее правило противопожарный водопровод должен быть объединен с производственным или хозяйственно-питьевым. Спринклерный водопровод может быть объединен с каждым из них. Водопровод может быть как высокого давления (стационарные пожарные насосы), так и низкого давления (передвижные механические пожарные насосы).

Предприятия разделяются попрежнему на 4 разряда, причем расчетные пожарные расходы для каждого разряда должны быть таковы:

Таблица 22

Классификация пожарных категорий

Разряд	Наружный водопровод	Внутренний водопровод
I.	8 струй по 5 *л/сек*	2 струи по 5 *л/сек*
II.	6 „ „ 5 *л/сек*	2 „ „ 5 *л/сек*
III.	4 струи „ 5 *л/сек*	2 „ „ 2,5 *л/сек*
IV.	2 „ „ 5 *л/сек*	2 „ „ 2,5 *л/сек*

Примечание. В большинстве случаев при высоте струи до 10 *м* внутренние водопроводы III и IV разрядов следует рассчитывать на подачу 2 струй не по 2,5 *л/сек*, а по 3 *л/сек*, так как при незначительном увеличении расчетного расхода (на 1 *л/сек*) достигается большая экономия в напоре, так как применяются наконечники различных размеров.

Таблица 23

Напор при струях 2,5 и 3 л. с.

Пожарные струи *л/сек*	Диаметр наконечника *мм*	Требуемый напор у крана *м*
2,5	13	20,5
3,0	16	12,3

Разница в напоре: 20,5—12,3 = 8,2 *м*.

При объединении противопожарного водопровода с хозяйственным или производственным расчетный пожарный расход должен подаваться при максимальном хозяйственном или производственном, без какого-либо снижения последнего.

Противопожарный водопровод высокого давления должен обслуживать все здания, расположенные на территории предприятия или поселка, за исключением особо возвышенных (элеваторы, вышки, силосы, башни подъемных сооружений и пр.).

Последние должны иметь как повысительные стационарные насосы, так и вертикальные сухие пожарные стояки диаметром 75 *мм* во всю высоту здания, причем каждый стояк должен иметь у основания вентиль с гайкой, необходимые для подачи в него воды передвижными механическими насосами.

б) Наружные водопроводы на площадках промпредприятий

Сеть наружного водопровода должна быть замкнуто кольцевою. Прокладка тупиковых линий допускается лишь по предварительном согласовании этого вопроса с органами пожарной охраны.

Давление во время пожара должно обеспечивать получение струи высотою 10 *м* при расположении ствола на уровне наивысшей точки здания при длине пенькового непрорезиненного рукава в 100 *м*, диаметре рукава 63 *мм* и мундштука ствола 19—20 *мм*.

[1] Также не получили надлежащего утверждения и опубликования.

Противопожарная сеть должна иметь две питательных (от насосной станции до кольца) трубы, расположенных между собою на расстоянии не менее 5 *м* (при длине питания до 100 *м* и применении стальных труб допускается прокладка одинарной трубы). Диаметр труб сети должен быть не менее 100 *мм*. Гидранты устанавливаются на расстоянии не более 80 *м* по прямой линии один от другого вдоль дорог и проездов так, чтобы к ним был обеспечен подъезд. Расстояние от гидрантов до стены ближайшего здания должно быть не менее 3 *м*. [1]

Нормы устанавливают, как правило, применение гидрантов надземного типа, допуская установку подземных гидрантов только при разрешении пожарной охраны.

При выборе типа гидрантов следует учитывать преимущества и недостатки каждого типа, отмеченные как нашей, так и заграничной практикой. [2] Надземные гидранты легко находимы, быстро открываются, не нуждаются в тяжелых стендерах, но они дороже подземных как по строительной стоимости, так и в эксплоатации (окраска, замена поврежденных или похищенных частей и др.), препятствуют движению и больше подвергаются опасности промерзания. Подземные гидранты трудно находимы, могут быть занесены снегом в зимнее время, требуют применения стендера, но могут быть расположены в любом месте без помехи для движения и защищены от замерзания.

При отсутствии возможности получения из источника водоснабжения в любое время требуемого пожарного расхода должен быть обеспечен постоянный запас воды на 3-часовой пожар в особом водоеме, подземных резервуарах или водонапорной башне. Водонапорные башни и резервуары могут устанавливаться как в производственных зданиях, так и в отдельных строениях: в первом случае стены должны быть огнестойкие, во втором — допускаются и сгораемые здания, причем разрывы от отдельно стоящих водонапорных башен до сгораемых зданий должны быть не менее 25 *м*, а до огнестойких 15 *м*.

Устанавливаемые на насосных станциях водопроводов высокого давления стационарные пожарные электронасосы должны быть обеспечены двумя источниками питания, энергией от двух независимых и постоянно действующих электростанций. При получении тока от одной районной электростанции допускается питание током только от нее, но при условии подвода тока от двух самостоятельных фидеров. При невозможности получения тока от 2 станций или 2 фидеров необходима постановка запасного насоса с двигателем внутреннего сгорания [3] (на прямом соединении, в исключительных случаях при наличии разрешения пожарной охраны посредством зубчатой передачи). Пожарный насос устанавливается один в том случае, если постоянные насосы (производственные, хозяйственные) подают воду в количестве, достаточном для тушения пожара. [4] При недостаточной мощности постоянных насосов должны быть установлены два пожарных насоса. Они могут быть установлены в отдельных зданиях, производственных помещениях и общих насосных станциях (при постановке в производственных помещениях должен иметься особый выход из насосного отделения наружу).

в) Внутренние водопроводы производственных зданий

Внутренние противопожарные сети должны быть замкнуты кольцевыми. Вводов (при непосредственном присоединении к наружной сети) должно быть не менее двух.

При объединении внутреннего противопожарного водопровода с хозяйственным или производственным он должен быть рассчитан на подачу суммарного расхода максимального хозяйственного или производственного и пожарного.

Постоянный напор во внутренней сети должен обеспечивать высоту струи на 2 *м* больше высоты этажного перекрытия, применяя пеньковые непрорезиненные рукава длиной 10 *м* и диаметром 50 *мм*.

Это требование относится и к крупным одноэтажным цехам значительной высоты со сгораемыми конструкциями перекрытий, при чем высота струи должна превышать на 2 *м* верхние их грани. Последнее требование влечет за собою значительное повышение напора для многих крупных предприятий, в частности для машиностроительных и металлургических заводов, так как высота цехов достигает 15 — 25 *м* и более; следовательно требуемый напор в наружной сети должен быть:

Таблица 24

Требуемый постоянный напор в сети

Высота цеха *м*	Высота крана *м*	Потеря напора в сети *м*	Требуемый напор у пож. крана *м*	Напор в пожарной сети *м*
10	1,5	5	18,3	24,5 ∞ 25
15	1,5	5	28,5	35
20	1,5	6	41,3	43,9 ∞ 50
25	1,5	6	37,5	65

В этом случае объединение противопожарного водопровода с хозяйственным или производственным допустимо только при незна-

[1] Для деревянных зданий рекомендуется не менее 10.0 *м*.

[2] Ortloph, Feuerlösolrwasser-versorgung mit Besonderer Betrachtung Uber- und Unterflur hydrant (Ges. Ing. № 33, 1927).

[3] Такой насос требует больших затрат, так как является обычно по своей мощности крупным оборудованием, занимающим большое меото (при установке дизеля), что увеличивает размеры насосной станции и требует устройства солидного фундамента. *Ред.*

[4] В этом случае при неисправности пожарного агрегата необходимое количеотво воды может быть подано к месту пожара, а напор будет создан передвижными вассомн, следовательно предприятие должно иметь в запасе последние.

чительном расходе воды для производства или хозяйственных надобностей, ввиду неэкономичности подъема расходуемой воды на высоту, диктуемую требуемым напором. Более целесообразно устройство специального противопожарного водопровода, в котором должно поддерживаться необходимое давление насосами или пневматической установкой. Окончательно этот вопрос должен разрешаться в зависимости от огнеопасности и ценности зданий и стоимости устройства и эксплоатации противопожарного водопровода. В отдельных случаях пожарный надзор, учитывая все факторы, может разрешить отступить от этого правила. В значительной мере необязательность этого правила зависит от наличия автоматических приспособлений для пуска пожарных насосов, обеспечивающих возможность быстрого приведения в действие наружных гидрантов.

При питании внутренних пожарных кранов из водонапорных баков, устанавливаемых над зданиями, объем их должен обеспечивать расчетный расход в течение 30 минут. Баки должны быть оборудованы автоматическими указателями уровня воды в них.

Пожарные краны должны быть расположены на высоте 1,5 *м* от площади пола. Они устанавливаются, как правило, с внутренней стороны выходов, а также на площадках отапливаемых лестничных клеток. В особых случаях допускается установка кранов, позволяющая пользование ими с наружной стороны здания, при чем в целях предохранения их от промерзания или повреждения они устанавливаются в специальном шкафчике, где помещаются рукав и ствол.

Радиусы действия каждого пожарного крана

$$r = l_0 + l_1,$$

где

l_0 — длина пожарного рукава, равная 10 *м*,

l_1 — длина струи, обусловливаемая высотой помещения.

Краны расстанавливаются таким образом, чтобы могла быть полита любая точка пола (обязательная поливка каждой точки поля 2 струями не требуется).

Внутренние пожарные краны должны иметь рукав и ствол, хранящиеся в специальных шкафчиках со стеклянной дверцей, освещаемых электролампой. Все краны имеют свою нумерацию и снабжаются надписями с указанием их местонахождения.

г) Объединение противопожарного водопровода со спринклерным

При наличии спринклерного оборудования в каком-либо здании внутренние пожарные краны устанавливаются на питательной спринклерной сети. Объединенный водопровод должен быть рассчитан в этом случае на следующий пожарный расход:

Спринклеры 50 *л/сек*
Наружные гидранты 2 струи по 10 *л/сек*—20 *л/сек*
Внутренние пожарные краны 2 струи по 3 *л/сек* — 6 *л/с*.
Всего 76 *л/сек*.

В отношении устройства спринклерного оборудования остаются в силе действующие правила устройства спринклеров. [1] Отдельной противопожарной сети не делается, но спринклерная сеть должна подводиться ко всем внутренним пожарным кранам, расстанавливаемым в обычном порядке.

д) Противопожарное водоснабжение поселков

Водопроводы поселков, не имеющих общественных зданий, рассчитываются только на подачу воды для наружных гидрантов.

Таблица 25

Пожарные расходы для поселков

При числе жителей до 10 000 чел.—5—10 *л/сек* в зависимости от характера застройки.
При числе жителей 10 000—50 000 чел. 20 *л/сек*.
" " " более 50 000 чел. по нормам, установленным для городов.

Пожарный расход должен подаваться при максимальном хозяйственно-питьевом расходе из расчета производительности каждой пожарной струи — 5 *л/сек*.

При наличии в поселках общественных зданий — клубов, театров, фабрик-кухонь и др., для них должена быть предусмотрена дополнительная подача воды на действие внутренних пожарных кранов.

Таблица 25а

Пожарные расходы для общественных зданий

При числе жителей по 10 000 чел.—5—6 *л/сек*.
" " " 10 000—50 000 чел. 10 *л/сек*.

Внутренние водопроводы этих зданий должны быть рассчитаны на подачу 2 струй по 2,5 *л/сек* (лучше 3 *л/сек*).

Относительно системы давления, типа, размеров гидрантов и правила расстановки их в поселках прямых указаний в нормах не имеется. Они определяются с учетом местных условий (рельеф, характер застройки).

Инж. *С. Н. КРИЦКИЙ* и инж. *М. Ф. МЕНКЕЛЬ*

III. РЕЧНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

(УЧЕНИЕ О РЕЧНОМ СТОКЕ)

1. Основные понятия и термины учения о стоке

Реки питаются за счет воды атмосферных осадков (дождя или снега), выпадающих на поверхность земли).

Часть воды, выпадающей в виде осадков, испаряется и не участвует в образовании речного стока. Неиспарившаяся вода стекает

[1] Правила устройства спринклерных оборудований спринклерных сооружений (изд. быв. НКВД).

под действием силы тяжести частью непосредственно по поверхности земли (поверхностный сток), частью, просачиваясь в грунт, медленно двигаясь между зернами грунта и выходя в реку после более или менее продолжительного подземного пути (грунтовой сток).

Часть земной поверхности, с которой осадки стекают в данную речную систему, называется водосбором или бассейном ее.

Линия, ограничивающая водосбор речной системы или части ее, называется водоразделом. Водораздел проходит по гребням возвышенностей и горных кряжей.

В некоторых случаях вода, выпадающая на поверхность водосбора какой-либо реки, просачиваясь в грунт, попадает в пласты, имеющие наклон в сторону другого бассейна. В таких случаях водораздел грунтового стока не совпадает с поверхностным водоразделом. При значительных реках (с площадью водосбора порядка сотен квадратных километров и более) можно обычно приближенно считать, что поверхностный водораздел полностью определяет границу области питания реки (исключение карстовые области).

Модулем стока называется расход воды, поступающей в реку с единицы площади водосбора. Эта величина выражается обычно в литрах в секунду с квадратного километра.

Средняя величина стока за достаточно продолжительные периоды (десятилетия, двадцатилетия) является для каждой реки величиной почти постоянной. Эта средняя за весьма длительный период величина называется средним многолетним или нормальным стоком реки.

Модуль стока, соответствующий нормальному расходу, называется нормой стока.

Для того, чтобы характеризовать отклонения стока от нормы, выражают сток за какой-нибудь период времени в долях нормального стока реки. Отношения среднего расхода воды за какой-либо период к нормальному расходу воды называются модульными коэфициентами.

Модульные коэфициенты применяются для характеристики стока за какой-либо год, наивысшего и наинизшего секундных расходов и т. д.

Отношение количества воды, стекшей по реке за какой-либо период, к количеству воды, выпавшей за тот же период на поверхность водосбора реки, называется коэфициентом стока.

Различают нормальный коэфициент стока, характеризующий отношение нормы стока к норме осадков, и коэфициенты стока за отдельные многолетние периоды и годы. Коэфициенты стока за промежутки времени более короткие, чем год, иногда вычисляются. Однако пользование ими нельзя рекомендовать, так как при коротких периодах играет большую роль продолжительность добегания до реки осадков, выпадающих на различные части водосбора. К тому же продолжительность добегания неодинакова для поверхностного и грунтового стоков. Иногда вычисляются значения коэфициента весеннего стока, по отношению к зимним осадкам, включая в последние все количество осадков, выпавшее за зиму ($\eta_{в.з}$) или же ту долю их, которая осталась в водосборе в виде запасов снега к началу весеннего снеготаяния ($\eta'_{в.з}$). Значения этих величин довольно устойчивы и могут применяться, например, для предсказаний объема стока за половодье.

Для средних условий Европейской части СССР примерные средние значения их равны:

$$\eta_{в.з} = 0.6$$
$$\eta'_{в.з} = 0{,}8-09$$

2. Первичная обработка гидрометрических данных

Гидрология базирует все свои выводы на результатах наблюдения над реками,[1] измерения уровней и расходов воды, скоростей течения и т. д., являющихся предметом особой науки — гидрометрии.

Колебания горизонтов воды на реке измеряются на водомерных постах. Водомерные посты находятся в ведении НКВода, Гидрометкомитета, НКПС, НКЗема и отдельных организаций, ведущих исследования рек для своих целей (Гидроэлектрострой, Водоканалпроект, отдельные строительства и предприятия). За 1900—10 г. имеются опубликованные в печати сводки наблюдений водомерных постов на главных судоходных реках, изданные б. МПС.

Наблюдения на водомерных постах ведутся ежедневно 1 раз или 3 раза в сутки (в зависимости от значения поста). Эти наблюдения относятся обычно к некоторому условному нулю, который связывается нивелировкой с абсолютными отметками.

По многолетним наблюдениям водомерного поста можно установить характерные горизонты реки (см. проф. М. А. Великанов, Гидрология суши).

---

[1] Маркс и Энгельс поддерживают всерешено исключительную роль регулирования рек,

„Необходимость общественно контролировать какую либо силу природы в интересах хозяйства, необходимость в крупном масштабе использовать ее или одерживать ее разрушительные действия при помощи сооружений, возведенных рукой человека, играет решающую роль в истории промышленности. Примером может послужить регулирование воды Египта, Ломбардии, Голландии и т. д. или в Индии, Персии и т. д., где орошение каналами не только доставляет почве необходимую для растения воду, но в то же время приносит вместе с илом минеральные удобрения с гор. Тайна расцвета промышленности в Испании и Сицилии при господстве арабов заключалась в канализации". „Необходимость вычислять периоды разлития Нила создала египетскую астрономию и вместе с тем господство касты жрецов, как руководителей земледелия". „Одной из материальных основ государственной власти над необязанными между собой мелкими производственными организмами Индии было регулирование водоснабжения". (Капитал, т. I, изд. 8, стр. 392). „Вся гидростатика (Торичелли и т. д.) вызвана к жизни потребностью регулировать горные потоки Италии в XVI и XVII веках (письмо Энгельса к Штаркенбургу. Марко и Энгельс. Письма, стр. 342). *Ред.*

Таблица 26

Характерные горизонты рек

1. Горизонт половодья	самый высокий средний самый низкий
2. Горизонт весеннего ледохода без затора льда	с. в. ср. с. н.
3. То же с затором льда	с. в.
4. Горизонт осеннего ледохода без затора льда	с. н.
5. То же с затором льда	с. в.
6. Горизонт самого высокого за год летнего паводка	с. в. ср. с. н.
7. Наивысший за год горизонт при реке, свободной от льда	с. в. ср. с. н.
8. Горизонт в реке, покрытой льдом	с. в. ср. с. н.

Обычно каждой отметке уровня воды в реке в данном сечении соответствует определенный расход воды. Исключения: а) реки с очень неустойчивым руслом; б) реки, режим которых искажен сооружениями, могущими задерживать и выпускать воду (в пределах подпора); в) реки выше устья притоков в пределах влияния подпора от подъема воды на притоках; г) реки, подверженные заторам льда во время заторов. Когда река находится под льдом, зависимость между горизонтом и расходом иная, нежели летом, что должно быть учитываемо.

Связь между горизонтами и расходами обычно выражается кривой связи, пользуясь которой и данными водомерного поста можно за любой день установить расход воды в реке.

Многолетними наблюдениями устанавливаются следующие характерные расходы воды:

Таблица 27

Характерные расходы рек

1. Наибольший расход весеннего половодья	самый высокий средний самый низкий
2. Расход наиболее высокого за год летнего и осеннего паводков	е. в. ср. с. н.
3. Самый низкий расход за год за время, свободное от льда	с. в. ср. с. н.
4. То же за время, когда река покрыта льдом	с. в. ср. с. н.

3. Приемы и порядок изучения речного стока

Все выводы гидрологии основаны на данных наблюдений за режимом различных рек земного шара. Эти наблюдения имеют тем большую ценность, чем более продолжительный период они охватывают. Можно считать, что более или менее исчерпывающую характеристику режима стока какой-либо реки дают наблюдения продолжительностью 20—30 лет и более.

При отсутствии многолетних наблюдений элементы стока определяются путем проведения аналогии с лучше изученными реками, находящимися в сходных физико-географических условиях.

При этом применяются следующие приемы:

а) непосредственная аналогия с соседней рекой (или несколькими соседними реками),

б) широкая географическая интерполяция с увязкой между собою гидрометрических, метеорологических и иных данных по целому более или менее обширному району,

в) подсчет по эмпирическим формулам и теоретическим методам, выведенным на основании изучения общих законов гидрологии, по значительному числу рек.

Изучение режима речного стока принято разделять на следующие элементы:

I. Норма стока.

II. Многолетние и годовые отклонения стока от нормы.

III. Сезонные колебания стока.

IV. Предельные мгновенные значения стока:

а) наибольшие расходы,

б) наименьшие расходы.

1) Норма стока

Норма стока является важнейшей характеристикой водоносности реки.

Если сток какой-нибудь реки измерен за несколько лет подряд, то средний за эти годы модуль стока может рассматриваться как приблизительное значение нормы. Допускаемая при этом ошибка тем меньше, чем более продолжителен период, охваченный наблюдениями.

В средних условиях Европейской части СССР можно считать необходимым минимумом продолжительности наблюдений для определения нормы стока 10—15 лет (вероятная ошибка около 10%).

При определении нормы стока по методу географической интерполяции собираются все имеющиеся материалы по измерению стока рек, протекающих в изучаемой географической области. Эти материалы систематически обрабатываются с вычислением по ним нормы стока и взаимно увязываются.

Полученные цифры, характеризующие норму стока ряда рек, наносятся на географическую карту и по интерполяции между ними проводятся линии равных значений нормы стока. Для всякой реки, протекающей в пределах области, охваченной изолиниями, норма стока определяется по изолиниям путем очерчивания на карте водосбора.

Карта изолиний нормы стока для Европейской части СССР (фиг. 40) составлена инж. Д. И. Кочериным (Труды МИИТ 1927 г., вып. VI „Средний многолетний, годовой и месячный сток в Европейской части Союза“).

При пользовании картой Д. И. Кочерина следует иметь в виду, что для малых, даже

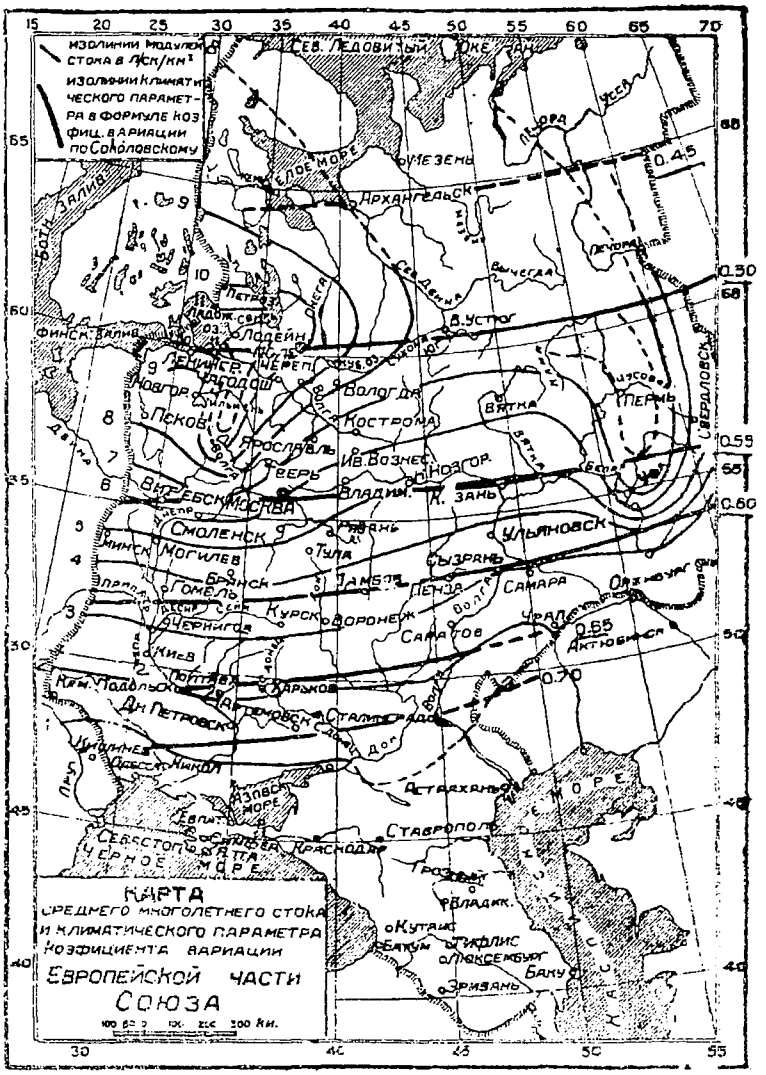
близко расположенных водосборов, наблюдается некоторое разнообразие модулей стока соответственно разнообразию природных условий этих малых водосборов. Эти колебания обычно сглаживаются для бассейнов в несколько сот квадратных километров и больше, к которым и надлежит относить данные Д. И. Кочерина.

2) Годовые колебания стока

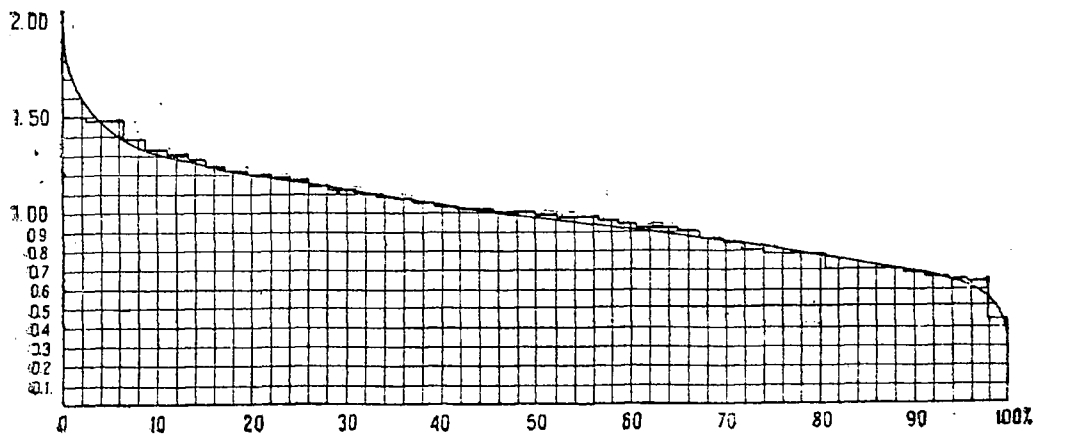
В зависимости от колебаний осадков, температуры и пр. объемы стока какой-либо реки за различные годы не одинаковы. Для характеристики колебаний годовых объемов стока применяются кривые продолжительности годовых объемов стока (фиг. 41).

Ординаты этих кривых изображают объем стока, выражаемый обычно в модульных коэфициентах (см. выше). Абсциссы показывают число лет в процентах, в течение которых годовой сток данной реки выше величины, изображаемой соответствующей ординатой.

Так, на фиг. 41 годовой сток, составляющий 0,70 от нормы (модульный коэфициент $K = 0{,}70$) обеспечен на 90%, т. е. в течение 90% всех лет сток за год выше, чем 0,70 среднего многолетнего. Если нанести на кривую продолжительности дей-



Фиг. 40. Карта изолиний для Европейской части СССР.



Фиг. 41. Кривая продолжительности годовых стоков р. Днепра.

ствительно наблюденные величины годовых стоков какой-либо реки за ряд лет, расположив их в порядке убывания и выбрав масштаб абсцисс таким образом, чтобы наблюденные годы заняли всю длину отрезка от 0 до 100%, то получится ступенчатая диаграмма, общий уклон которой приблизительно совпадает с направлением кривой продолжительности.

Для построения кривой продолжительности применяется следующий способ, заимствованный из теории вероятностей. По измеренным величинам годовых объемов стока за ряд лет вычисляется так называемый коэфициент вариации

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_1^n (k_i - 1)^2}{n-1}}$$

Здесь k_i — модульные коэфициенты, выражающие измеренный сток отдельных лет,

n — число лет наблюдений.

По значению C_v строится кривая продолжительности, пользуясь следующей таблицей:

Таблица 28

Ординаты кривой продолжительности

Коэфициент вариации C_v	Процент обеспеченности										
	0,1	1	5	10	25	50	75	90	95	99	99,9
0,05	1,161	1,120	1,083	1,065	1,034	0,999	0,965	0,938	0,920	0,887	0,852
0,10	1,338	1,248	1,169	1,130	1,067	0,997	0,930	0,875	0,842	0,782	0,719
0,20	1,735	1,524	1,348	1.264	1,130	0,988	0,858	0,756	0,698	0,594	0,492
0,30	2,188	1,831	1,537	1,399	1,186	0,973	0,784	0,643	0,565	0,436	0,316
0,40	2,700	2,160	1,732	1,536	1,240	0,948	0,708	0,539	0,448	0,304	0,188
0,50	3,270	2,515	1,935	1,670	1,285	0,920	0,635	0,440	0,350	0,205	0,100
0,60	3,892	2,890	2,140	1,810	1,324	0,889	0,662	0,352	0,250	0,130	0,046
0,70	4,577	3,296	2,351	1,933	1,367	0,846	0,489	0,265	0,174	0,076	0,020
0,80	5,310	3,720	2,568	2,064	1,384	0,800	0,416	0,204	0,112	0,048	0,008
0,90	6,094	4,150	2,782	2,188	1,396	0,748	0,352	0,145	0,073	0,028	0,001
1,00	6,910	4,600	3,000	2,300	1,410	0,700	0,290	0,100	0.050	0,010	0,000

При практическом применении за наиболее маловодный год принимают год с обеспеченностью от 90 до 99% в зависимости от ответственности рассчитываемых сооружений (повторяемость в среднем от 10 до 1 раза в столетие). Еще более маловодные годы в расчет не принимаются, имея в виду крайне редкую их повторяемость.

Для надежного вычисления C_v по приведенной выше формуле необходимы данные непрерывных измерений за период не менее 10—20 лет. При отсутствии таковых можно по рекам Европейской части СССР пользоваться эмпирической формулой инж. Д. Л. Соколовского (инж. Д. Л. Соколовский, Применение кривых распределения к установлению вероятных колебаний годового стока рек Европейской части СССР):

$$C_v = a - 0{,}063 \lg(F+1),$$

где a — географический параметр, определяемый по карте с изолиниями (фиг. 40).

F — площадь водосбора в $км^2$.

3) Сезонное распределение стока

В пределах СССР можно наметить следующие 4 основных типа рек по сезонному распределению стока:

Северовосток Европейской части СССР (кверху от линии Минск—Тула—Саратов), Сибирь.

Лето — низкий сток за счет скудного грунтового питания, прерываемый эпизодическими ливневыми паводками. Постепенное уменьшение стока к концу лета.

Осень — повышение стока от осенних дождей и уменьшение испарения.

Зима — низкий сток за счет грунтового питания, постепенно уменьшающийся к концу зимы.

Весна — весьма высокий сток за счет таяния накопившихся за зиму запасов снега.

Тип гидрографа рек этой группы отличается двумя максимумами — весенним и осенним и двумя минимумами — летним и зимним.

Доля весеннего стока составляет 50—70%. Наиболее низкий сток на севере приходится на зиму. По мере продвижения к югу доля зимнего стока возрастает. Реки, сток которых зарегулирован озерами (Свирь) имеют значительно более равномерное распределение стока.

Югозапад Европейской части СССР (к югу от линии Минск — Саратов).

Общий характер распределения стока близок к предыдущему. Различие в том, что вследствие неустойчивой зимы зимний сток выше, чем у северных рек и в течение зимы не падает, а повышается.

Тип стока рек этой группы отличается одним максимумом — весенним и одним минимумом — летним.

Реки с горно-снеговым питанием (Кавказ, Сибирь, Туркестан).

Сток горно-снегового происхождения дает летние половодья. В некотором отдалении от гор сток с гористой части водосбора, соединяясь со стоком равнины, искажает характер распределения последнего, увеличивая долю летнего стока.

Реки засушливых областей (Казакстан, Нижнее Поволожье, степная часть Крыма).

Указанные реки, протекающие по местностям, носящим характер полупустынь, отличаются весьма высокой долей весеннего стока; летом и осенью сток носит эпизодический характер после ливней. В остальное время сток почти отсутствует, во всяком случае крайне низок. Реки, приносящие воду из более влажных районов, протекая по полупустыням, теряют воды на питание грунтовых вод.

Распределение стока рек этой категории характеризуется чрезвычайно высоким процентом весеннего стока (80% и выше).

4) Максимальные мгновенные расходы

При наличии мгновенных непосредственных гидрометрических наблюдений по исследуемой реке наивысший расход ее определяется на основании данных этих наблюдений. При этом необходимо иметь в виду следующее.

Чем дольше продолжаются наблюдения по реке, тем более высокие расходы удается замерить. Так, половодье 1908 г. дало небывалый (т. е. не наблюдавшийся за 50—100 лет наблюдений) расход воды по Москва-реке, половодье 1926 г. по Волге, половодье 1931 г. по Днепру и т. д.

Современная гидрология не имеет данных для установления предела, которого никогда не мог бы достигнуть расход воды какой-либо реки. Во всяком случае этот предел лежит очень высоко. Поэтому современная гидрология при оценке высоты максимального расхода половодья исходит из понятия повторяемости (обеспеченности) (ср. выше годовые колебания стока).

Определяется не просто наивысший расход, — понятие, как видно из сказанного, крайне неопределенное, — а наивысший расход, повторяющийся в среднем столько-то раз в столетие.

Установление повторяемости наивысших расходов по данным гидрометрических наблюдений производится по методам теории вероятностей.

Приводимые ниже цифры максимальных расходов могут считаться наивысшими за период, протекший с начала систематического изучения наших рек. Повторяемость их можно в среднем оценить как 1 раз за 30—50 лет.

Максимальные мгновенные расходы рек СССР наблюдаются во время весенних половодий (снеговые максимумы) и во время летних и осенних паводков (ливневые максимумы). Сильные ливни дают большую интенсивность стока с единицы площади водосбора, чем снеготаяние, зато площадь одновременного выпадания интенсивных ливней ограничена, тогда как снеготаяние захватывает сразу громадные пространства. Поэтому на малых реках ливневые паводки дают большие расходы воды, чем снеговые половодья, а на больших реках наблюдается обратное явление. По Д. И. Кочерину (Нормы наибольших расходов снеговых паводков в Европейской части СССР, М. В. Т. У., „Гидротехнический сборник" № 1, 1927 г.) граница между преобладанием ливневых и снеговых максимумов на территории Европейской части Союза намечается следующим образом:

Север—Северовосток, Северное Заволожье—снеговые максимумы преобладают даже на самых малых водосборах;

Московский район, севернее Москвы—ливневые максимумы больше снеговых при площади водосбора порядка 15—20 $км^2$ и меньше;

Серпухов — Рязань — тоже 50 $км^2$ и меньше;

Юг—(Донбасс, южная Украина) тоже 1500—2000 $км^2$ и меньше.

Для определения максимального расхода малых рек можно пользоваться „Правилами определения наибольшего расчетного притока ливневых вод к местам малых искусственных сооружений" НКПС, 1928 г.

Нормы НКПС применимы для площадей водосбора не более 60—100 $км^2$.

Изложение норм НКПС, содержащих значительное число картограмм и таблиц, в настоящем издании опущено.

Максимальные расходы рек южной полосы Европейской части СССР, наблюдающиеся при площадях водосбора до 2000 $км^2$ во время ливневых паводков, могут определяться по следующим формулам Д. И. Кочерина.

1) Юг (Донбасс, южная Украина):

$$Q_{max}\ \frac{м^3}{сек.} = \frac{214}{(F+7.3)^{0.85}}\ F.$$

2) Крым:

$$Q_{max}\ \frac{м^3}{сек.} = \frac{57{,}5}{(F+1.35)^{0.76}}\ F.$$

Здесь F площадь водосбора в квадратных километрах.

Наибольшие расходы снеговых половодий рек Европейской части СССР могут при отсутствии непосредственных измерений определяться по формулам инж. Д. И. Кочерина.

Последние имеют вид:

$$Q_{max}\ \frac{м^3}{сек.} = q_m \cdot F \cdot \delta \cdot (1 - 0{,}3\ \lambda),$$

где: $q_m\ \frac{л^3}{сек/км^2}$ — модуль максимального расхода,

F — площадь водосбора в $км^2$,

δ — коэфициент рельефа водосбора, принимаемый равным:

а) для болотистой равнины и плоской степи $\delta = 0{,}70$,

б) для слабо волнистой равнины $\delta = 0{,}85$ и

в) для прочих случаев $\delta = 1$.

γ — относительная лесистость водосбора,

коэфициенты δ и $(1-0{,}3\gamma)$ могут применяться лишь к малым водосборам ($F = 2000-5000$ км²).

При большем значении F оба коэфициента должны приниматься равными единице.

Величины q_m в зависимости от площади и географического положения водосбора определяются по таблице, составленной Д. И. Кочериным на основании выведенных им же эмпирических формул.

у Карагандинских угольных копей, промерзающая на 3—4 месяца при водосборе свыше 10.000 км².

4. Примерный состав гидрологического описания реки

Ниже приводится примерная краткая программа гидрологического описания реки, включаемого в состав материалов к проекту использования для тех или иных целей.

В каждом отдельном случае в зависимости от предполагаемого использования реки состав очерка может видоизменяться.

Таблица 29

Модули наибольших расходов талых вод по районам Европейской части СССР

Площадь бассейна (км²) \ Район	Север	Северовосток	Ниж. Ветлужский	Сев.-Заволжье	Московский	Запад	Лесостепь	Юг и Юго-запад
100 000	0,113	0,14	—	0,11	—	0,06	0,07	0,06
50 000	0,145	0,185	—	0,15	0,146	0,09	0,11	0,09
25 000	0,18	0,22	0,114	0,50	0,21	0,13	0,16	0,12
10 000	0,23	0,27	0,17	0,265	0,30	0,20	0,23	0,18
5 000	0,27	0,32	0,22	0,325	0,38	0,26	0,30	0,21
2 000	0,32	0,37	0,27	0,39	0,48	0,32	0,38	0,30
1 000	0,38	0,11	0,31	0,18	0,59	0,13	5.51	0,42
500	0,43	0,51	0,41	0,56	0,71	0,53	0,62	0,53
250	0,49	0,58	0,48	0,65	0,82	0,65	0,76	0,66
100	0,57	0,68	0,59	0,78	1,00	0,82	0,98	0,88
50	0,65	0,76	0,68	0,89	1,13	1,01	1,18	1,06

5) Низкие и наименьшие расходы

Наиболее низкие расходы наблюдаются на большинстве наших рек в конце лета или в конце зимы (см. выше сезонное распределение стока). Для рек одного и того же района эти расходы тем меньше (по отношению к норме), чем меньше водосбор реки. Озерные реки отличаются высокими наименьшими расходами вследствие регулирующего влияния озер.

Некоторые значения наименьших расходов наших Европейских рек приведены в статье Д. И. Кочерина „Низкие и наименьшие расходы воды рек Европейской части СССР" (Труды МНИТ, вып. XI).

По данным Д. И. Кочерина можно считать, что малые реки с водосбором до 100 км² на севере промерзают, а на юге пересыхают.

Наименьшие (с повторяемостью один раз в 20 — 30 лет) расходы значительных рек падают в нашем климате до 0,05 — 0,10 от нормы.

Эти цифры должны рассматриваться как грубое приближение.

Местные условия, как например наличие обильного ключевого питания, могут значительно увеличить наименьший расход не только малых, но и средних рек. В районах ничтожного грунтового питания (области с резко континентальным климатом — Казахстан, Южное Заволожье и области вечной мерзлоты — Приамурье) сток даже значительных рек может падать до нуля. Пример—р. Нура

Гидрологическое описание реки

I. Введение

1. Климатическое описание водосбора:
а) осадки, б) влажность, дефицит влажности, в) испаряемость, г) колебания температуры, д) скорость и распределение ветра, е) испарение с водной поверхности.

2. Гидрографический очерк:

а) географическое положение водосбора, площадь водосбора и ее нарастание по длине реки, формы и границы водосбора; б) топографический характер местности, уклоны реки, озера, болота, пруды; в) геология и гидрогеология; г) растительность, почвы; д) сведения об основных притоках.

3. Перечень и оценка имеющихся материалов по гидрометрии:
а) по системе исследуемой реки,
б) по гидрологическим-аналогичным, лучше изученным рекам.

II. Очерк стока реки

1. Общее гидрологическое описание реки в связи с физико-географическим положением ее водосбора.

Место реки в климатической классификации рек, соотношение между генетическими элементами стока (грунтовый, поверхностный, равнинно-снеговой, горно-снеговой, ливневой), общая картина годового хода стока, зарегулированность в естественном состоянии.

2. Нормы стока:
а) по данным непосредственных измерений.
б) по аналогиям.

3. Годовые и многолетние отклонения стока от нормы:
а) Основной метод — метод теории вероятности.
б) Основной материал — гидрометрические измерения.
в) Подсобный материал — аналогии.

4. Сезонное распределение стока:
   а) Основной материал — гидрометрические измерения.
   б) Для сопоставления и проверки можно пользоваться аналогиями с соседними реками, статьями Кочерина и т. п.

При анализе сезонного распределения стока необходимо учитывать место реки в климатической классификации и разделении стока на генетические элементы (грунтовый, поверхностный).

5. Предельные мгновенные отклонения стока от нормы:
   а) максимумы расходов,
   б) минимумы расходов.

III. Очерк режима речного потока

Мутность, движение наносов, твердый расход.
Режим и образование льда, его толщина, донный лед, ледоход.
Строение и режим русла:
   а) Изменчивость русла,
   б) образование и изменение перекатов и т. д.

IV. Приложение

Таблицы и графики непосредственных гидрометрических и метеорологических материалов, использованных при составлении очерка.

5. Водохозяйственные расчеты (регулирование речного стока)

Регулирование стока заключается в том, что в течение многоводных периодов избыток воды запасается в водохранилищах; в периоды маловодья расход воды поддерживается за счет израсходования этих запасов.

Водохозяйственные расчеты по регулированию стока должны определить величину равномерной водоотдачи, обеспеченную при устройстве водохранилища данной емкости (в зависимости от водопотребления зарегулированная водоотдача в отдельных случаях может быть не совсем равномерна).

Теоретическим пределом, которого не может превысить равномерный расход при регулировании стока, является нормальный (средний многолетний) расход реки.

I) Определение потребной емкости водохранилища по многолетним гидрометрическим данным за истекший период

Зная по гидрометрическим данным колебания стока реки за истекший период, можно найти емкость водохранилища, которая была бы необходима и достаточна для обеспечения потребной водоотдачи в течение этого периода.

Расчет удобнее всего производить графически, пользуясь интегральными кривыми стока реки.

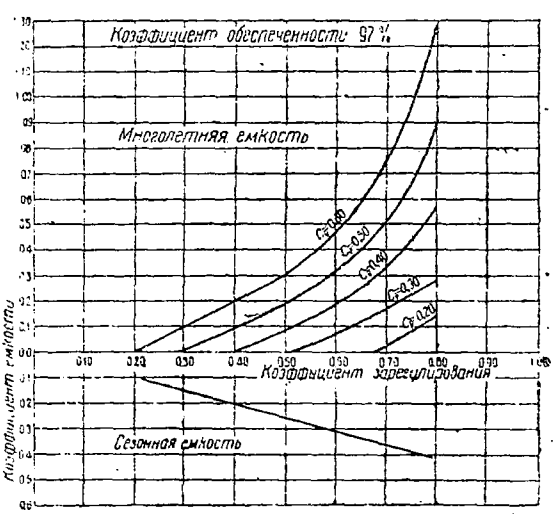
При неравномерной отдаче (ирригация, потребляющая воду лишь летом и т. п.) техника расчета несколько усложняется. Значительно сложнее водохозяйственные расчеты гидросиловых установок, поскольку в этом случае потребление воды зависит от наполнения водохранилища, так как мощность гидроэлектростанции определяется произведением расхода на напор. Для этого случая разработан целый ряд более или менее сложных графических приемов (Мастицкий, Лейнер).

Изложенный в предыдущем абзаце прием расчета сводится к определению емкости водохранилища, которое нужно было бы в течение некоторого истекшего периода, за который имеются данные по стоку реки. При распространении выводов такого расчета на будущее не учитывается то, что возможные комбинации лет различной водности бесчисленны и отнюдь не исчерпываются циклом наблюдений.

Для того чтобы отрешиться от индивидуальных особенностей последнего, необходимо ввести в расчет понятие повторяемости или обеспеченности (см. выше годовые колебания стока). При этом расчетом должны учитываться маловодные годы и сочетания их, соответствующие некоторой предельной обеспеченности. Еще более маловодные периоды игнорируются вследствие слишком редкой их повторяемости. Принимаемая обеспеченность зависит от степени ответственности рассчитываемой водохозяйственной системы. В американской практике приняты значения обеспеченности от 90 до 99%, обычно 95%. В советской практике за последние годы стала общепринятой обеспеченность 97% (см. инж. С. Н. Крицкий и инж. М. Ф. Менкель, Теория расчета многолетнего регулирования речного стока, Гидротехнический сборник МВТУ, № 4).

Необходимые емкости водохранилища для данного коэфициента зарегулирования зависят в итоге от трех величин:

а) коэфициент вариации годовых объемов стока реки,
б) сезонное распределение стока,
в) процент обеспеченности.



Фиг. 42. График для расчета водохранилища.

Для быстрых прикидок на фиг. 42 дан график, позволяющий определять потребную емкость водохранилища. При составлении этого графика обеспеченность принята 97%, сезонное распределение стока — для малых и средних рек южной и центральной полосы СССР.

2) Потери воды из водохранилищ

Вредные потери воды из водохранилищ слагаются из потерь на испарение с водной поверхности и потерь на фильтрацию в чашу водохранилища и в обход подпорных сооружений.

Потери на испарение с водной поверхности определяются по данным метеорологических наблюдений. Для надежности выводов желательны наблюдения по плавучим испарителям (Лермантова-Любославского и т. п.). Испарители этой системы до последнего времени были мало распространены на метеорологических станциях в СССР. Поэтому данные по испарению с водной поверхности крайне недостаточны.

При отсутствии наблюдений по испарителю испарение с водной поверхности может подсчитываться по формуле А. Мейера:

$$e\frac{мм}{мес}=15d\ (1+0{,}2W),$$

здесь: d — дефицит влажности в миллиметрах ртутного столба, W *м/сек* — скорость ветра.

Ориентировочно можно принимать для юга (Украина, Северный Кавказ) норму испарения с водной поверхности $e = 1000 — 1200$ *мм/год*; для центра $e = 750$ *мм/год*; для Средней Азии, Нижнего Заволжья и т. д. интенсивность испарения значительно выше.

В засушливые годы испарение может увеличиваться примерно в 1,5 раза против нормы.

При расчете испарения с зеркала водохранилищ необходимо учитывать уменьшение величины испарения на высоту слоя выпадающих осадков. Если обозначить последнюю r *мм/год*, то к расчету должен приниматься слой испарения, равный

$$e' = e - r.(1 - \eta),$$

где η — нормальный коэфициент стока регулируемой реки.

Фильтрация из водохранилища слагается из фильтрации через грунты, образующие чашу водохранилища, и фильтрации сквозь подпорные сооружения. Последняя при удовлетворительно построенных сооружениях почти всегда ничтожно мала. Утечка из водохранилища через грунты зависит от геологического строения чаши последнего. Дать какие-либо общие нормы невозможно вследствие индивидуального характера геологии в каждом отдельном случае. Для грубой прикидки можно принять фильтрацию для хороших водохранилищ близкой к нулю, для средних — 1 — 2 *мм/сутки* слоя, площадь коего принимается равной площади зеркала водохранилища в каждый момент; плохих — 3 — 4 *мм/сутки*.

Если есть основания опасаться фильтрации свыше 3—4 *мм/сутки*, то следует подвергнуть детальному анализу самый вопрос о рациональности устройства водохранилища в столь неблагоприятном месте.

Вопрос о занесении водохранилищ наносами, переносимыми рекой, особенно важен для горных рек, где количество наносов (главным образом влекомых по дну) громадно.

Для равнинных рек (Донбасс, Центр) принято считать мертвый объем в 3 — 5% от нормального годового стока реки достаточной гарантией от занесения на 30 — 50 лет. Эта величина мертвого объема легко достигается при многолетнем регулировании, требующем емкости водохранилищ порядка нормального годового стока и выше. Для малых водохранилищ единственным надежным средством борьбы с заносами следует признать такое расположение и устройство водосборных сооружений, при котором достигалось бы возможно меньшее искажение режима потока в половодья и паводки (когда главным образом передвигаются наносы). При проектировании водохранилищ на горных реках необходимо в каждом случае специальное изучение вопроса на месте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Великанов, Гидрология суши, М. 1925.
2. Труфанов, Речная гидрология М. 1923.
3. Советов, Курс общей гидрологии, М. 1931.
4. Кочергин[1], Средний многолетний годовой и месячный сток Европейской части Союза (Труды МИИТ, 1927, вып. VI).
5. » Обеспеченность расходов в году и ее характеристика по разным данным для рек СССР (Труды МИИТ, 1929, вып. XI).
6. » Низкие и наименьшие расходы воды рек Европейской части СССР (там же).
7. » О нормах наибольших расходов воды для бассейнов Европейской части СССР (Записки ГГИ, 1928, т. II).
8. » Нормы наибольших расходов снеговых паводков в Европейской части СССР (МВТУ, «Гидротехнический сборник» № 1, 1927).
9. » Испарение с поверхности бассейна и коэфициент стока в их изменении по территории Европейской части СССР (МВТУ «Гидротехнический сборник» № 2 1929).
10. НКПС, Нормы притока ливневых вод к искусственным сооружениям (НТК НКПС, вып. 86, 1928).
11. Соколовский, Применение кривых распределения к установлению вероятных колебаний годового стока рек Европейской части СССР, М. 1930.
12. Крицкий и Менкель, Расчет многолетнего регулирования речного стока по методам вероятностей (МВТУ, «Гидротехнический сборник» № 4, 1932).
13. Известия и Записки Государственного гидрологического института, разные выпуски.
14. A. Mayer, Elements of Hydrology.

[1] Отдельные статьи инж. Д. И. Кочерина объединены в книге «Вопросы инженерной гидрологии» (Энергоиздат 1932).

Инж. *С. Н. КРИЦКИЙ* и инж. *М. Ф. МЕНКЕЛЬ.*

IV. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

1. Водохранилищные плотины и сооружения при них

Водохранилищные плотины возводятся на реках и балках для образования водохранилищ, служащих для регулирования речного стока.

Узел сооружений на водохранилище состоит из плотины, водослива, водоспуска и водоприемного сооружения.

Плотина перегораживает долину реки и, задерживая речной сток, служит для создания водохранилища.

Водослив имеет назначением сброс из водохранилища лишней воды во время половодий и паводков, во избежание переполнения водохранилища.

Водоспуск служит для опорожнения водохранилища на случай ремонта сооружений, чистки его и для полезных попусков в нижний бьеф.

Водоприемные сооружения обычно объединяются с водоспуском и служат для приема воды из водохранилища и подачи на насосную станцию, гидроустановку и т. п.

Важнейшими типами плотин являются следующие:

а) земляные плотины,
б) плотины из каменной наброски,
в) гравитационные плотины.

В заграничной практике довольно широкое применение имеют также плотины арочные и железобетонные

(1) Земляные плотины

Условия, которым должна удовлетворять земляная плотина и ее основание, сводятся к следующему: 1) достаточная плотность и несжимаемость основания, во избежание деформации плотины и выпирания грунта основания из-под тела плотины; 2) надежное сопряжение тела плотины с основанием, исключающее утечку воды из водохранилища и вымыв основания, 3) водонепроницаемость тела плотины и 4) устойчивость тела плотины и откосов.

В силу этих условий основанием плотины могут служить почти все виды грунтов: скала, есок, суглинок, глина. Безусловному удалению из тела плотины подлежат: растительная земля, чернозем, торф. Эти грунты сильно деформируются под нагрузкой и не обеспечивают устойчивости сооружения. Известен ряд катастроф с земляными плотинами, обусловленных оставлением в основании плотин указанных грунтов. Не могут служить основанием плотины грунта плывучего характера и грунты химически неустойчивые (грунты с большим содержанием солей).

В основу выбора грунта как материала для тела плотины кладутся две его характеристики: водопроницаемость, выражаемая коэфициентом фильтрации, и устойчивость; одной из важнейших характеристик устойчивости грунта является угол внутреннего трения.

Грунт, обладающий одновременно водонепроницаемостью и устойчивостью, является идеальным для тела плотины.

В зависимости от характера основания и наличия грунтов на месте постройки, известны следующие основные типы плотин: 1) из однородного грунта, 2) из разнородного грунта. Последний в свою очередь делится на: а) тип с глинистым водонепроницаемым покрытием по напорному откосу, б) тип с водонепроницаемым ядром в центре плотины и в) тип намывной.

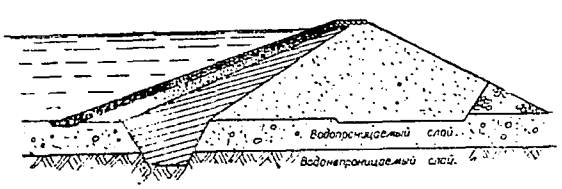
Схема конструкции 1-го типа представлена на фиг. 43.



Фиг. 43. Земляная плотина.

Все тело плотины выполнено из одного материала и работает как одно целое. Грунт для такого типа должен отвечать двум условиям: малой водонепроницаемости и устойчивости. При наличии на месте постройки суглинка надлежащего качества этот тип плотины является наиболее целесообразным и простым в исполнении. Большая часть плотин Союза относится к этому типу.

Второй тип плотины является примером более тонкой конструкции. Плотина разделена на элементы, выполняющие различную работу (фиг. 44).



Фиг. 44. Земляная плотина с водонепроницаемым покрытием.

Основной частью конструкции является фартук по напорному откосу, выполненный из водонепроницаемого материала; назначение его—воспринимать напор верхнего бьефа. Вся остальная часть плотины является опорной конструкцией для водонепроницаемого покрытия. В соответствии с этим разделением работы фартук выполняется из суглинка хорошего качества с особой тщательной укладкой его

в тело плотины. Опорная часть требует меньшей тщательности производства работ и отбора грунта. Материалом для этой части могут служить суглинки, супесь, песок, гравий. Тип этот может найти себе применение, если на месте работ имеется лишь небольшое количество хорошего материала, или этот материал удален от створа плотины и требует значительных затрат на транспорт. В подобных случаях применение этого типа может дать наиболее экономичное решение; недостатками его являются: а) разнородный состав тела плотины и связанная с этим возможность неравномерной осадки оползней и т. п., б) более сложное, нежели в типе 1-м, производство работ.

Тип третий может рассматриваться как видоизменение типа 2-го. Водонепроницаемая конструкция перенесена в нем с напорного откоса в центр плотины. Такое расположение грунта может быть оправдано, если принятый к постройке суглинок очень жирен и мало устойчив.

В английской практике, при наличии очень хорошей жирной глины, ядро выполняется весьма тонким, а вся остальная часть плотины насыпается из песчаного материала.

В случае отсутствия подходящего для изготовления ядра грунта на месте постройки и скального основания применяется бетонное или железобетонное ядро.

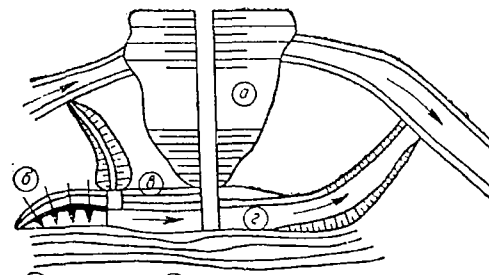
Возведение плотины намывного типа производится гидравлическим путем. Карьерный грунт размывается струей воды под большим напором и по системе желобов подается к низовому и верховому откосам плотины. Вытекая из желобов или труб, грунт осаждается: более крупный ближе к откосам, более мелкий — к центру; здесь естественно образуется ядро, составленное из мельчайших фракций.

Водосливные сооружения при земляных плотинах должны удовлетворять следующим основным требованиям: а) пропускать расчетный максимальный расход половодий и паводков при заданной отметке водохранилища, ни в каком случае не допуская возможности перелива через гребень плотины, что в большинстве случаев неминуемо ведет к катастрофе, б) иметь, по возможности, автоматическое действие и пропускать половодья без манипулирования затворами и вообще без участия человека. Практика показывает, что даже хороший технический надзор не всегда может обеспечить своевременное открытие щитов водослива и, как последствие этого, не вполне гарантирует от подъема горизонта выше гребня плотины и от разрушения ее, в) располагаться в обход тела плотины в коренном берегу. Помещение водослива в теле плотины является, как показывает практика, наиболее уязвимым местом всего узла сооружений и причиной большей части катастроф с земляными плотинами.

Расчет пропускной способности водосброса производится на наивысший расход воды реки в створе сооружений, который можно ожидать в течение срока службы сооружения.

Автоматичность действия водосброса простейшим способом достигается применением глухого водослива, без какого бы то ни было оборудования затворами.

Схемы сооружений самодействующего (с свободным переливом) водосброса с боковым водосливом и водосброса щитового типа даны на фиг. 45 и 46.



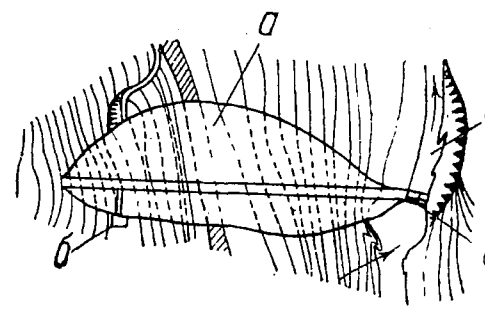
а) Плотина. б) Водоспуск и водоприемник. в) Водослив. г) Канал водосброса.

Фиг. 45. Схема автоматического водосброса с боковым водосливом.

Водоспускные и водоприемные сооружения должны удовлетворять следующим условиям:

а) обеспечивать опорожнение водохранилища в заданный срок (для водохранилищ порядка десятков или сотен миллионов $м^3$ срок опорожнения применяется обычно 15 — 30 дней),

б) производить прием воды для подачи на насосную станцию и т. п. разных горизонтов водохранилища,



Фиг. 46. Схема автоматического водосброса щитового типа.

в) располагаться по возможности в обход тела плотины или, при хорошем основании, в коренных породах под плотиной.

Типичная схема водоспускных сооружений показана на фиг. 47.

2) Плотины из каменной наброски

Наиболее распространенный тип набросной плотины представляет собою каменную отсыпь с водонепроницаемой диафрагмой, уложенной по напорному откосу. Этот тип может рассматриваться как развитие 2-го типа земляной плотины с более резким разделением

конструкции на части, выполняющие самостоятельные функции: а) водонепроницаемую в виде тонкого железобетонного элемента и б) опорную—в виде отсыпи из крупных камней.

Схема конструкции дана на фиг. 48.

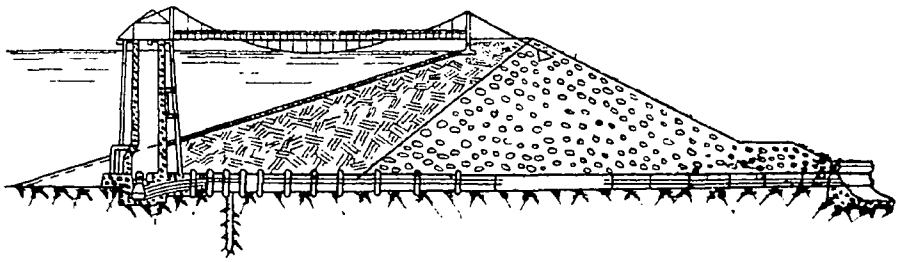
Основными элементами ее являются: а) основание, б) каменная отсыпь, в) водонепроницаемое покрытие.

Менее распространенным является второй тип с водонепроницаемой диафрагмой в центре

Напорный откос укрепляется слоем сухой кладки с перевязкой швов.

Водонепроницаемое покрытие устраивается обычно из железобетонных плит с двойной армировкой, уложенных в один или два ряда на сухую кладку напорного откоса.

Сопряжение покрытия с основанием производится с помощью бетонного зуба, опущенного до водонепроницаемых слоев. В случае трещиноватой скалы под зубом производится цементация.



Фиг. 47. Водоспускные сооружения.

плотины. Диафрагма выполняется в этом случае обычно в виде железобетонной полой конструкции, позволяющей ее осмотр.

Основание каменно-набросной плотины должно удовлетворять требованиям несжимаемости и устойчивости против вымывающего действия фильтрационных вод, просочившихся сквозь швы покрытия плотины и под ней.

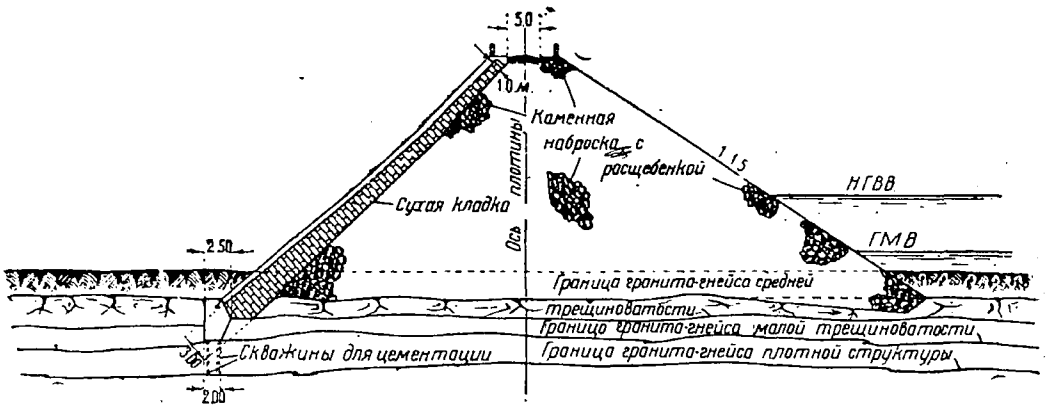
Этим требованиям отвечает цельная и трещиноватая скала (горный аллювий валунного и крупногалечного характера). Пески, особенно мелкие, суглинки и глины должны быть признаны неблагоприятным основанием

Водосливные сооружения при каменно-набросной плотине должны удовлетворять тем же требованиям, что и при земляной. Перелив воды через гребень недопустим во избежание разрушения плотины.

Типы водоприемных и водоспускных сооружений аналогичны приведенным выше.

3) Гравитационные плотины

Гравитационная плотина является по существу массивной подпорной стенкой, противодействующей гидростатическому на-



Фиг. 48. Плотина из каменной наброски.

для этого типа плотины. Неравномерная осадка насыпи от неодинаковой деформации основания под действием нагрузки или вследствие выноса мелких частиц фильтрационным потоком может повлечь раскрытие швов, разрушение покрытия и плотины.

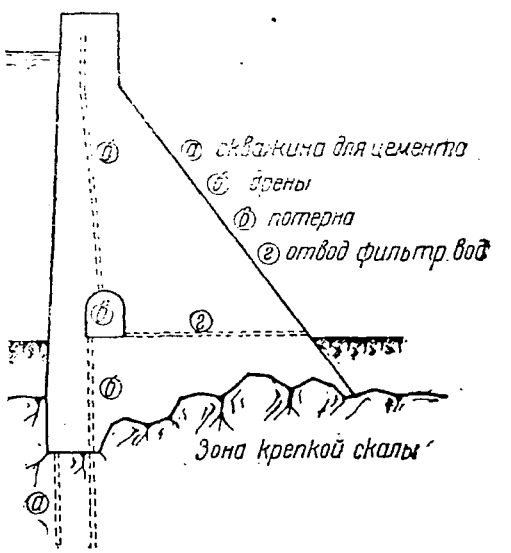
Тело плотины выполняется из наброски крупных камней с разравниванием и заполнением пустот рассыпною карьерной мелочью.

пору силой собственного веса. Отсюда вытекают требования, предъявляемые этими сооружениями к основанию: способность воспринимать значительные давления, несжимаемость и неразмываемость. Наилучшим образом этим условиям удовлетворяет твердая, неразрушенная скала: гранит, порфиры и другие изверженные породы. Однако и менее устойчивые породы, как песчаники, плотные известняки,

также являются достаточно надежным основанием для гравитационной плотины. Наличие в этих породах следов разрушения в виде незначительной трещиноватости, вообще говоря, не является препятствием к сооружениям этого типа, но требует дополнительных мер по пересечению фильтрационного потока путем нагнетания в основание цемента. На практике такая цементация в большем или меньшем объеме требуется при возведении каждой гравитационной плотины. Не могут служить основанием гравитационной плотины (это справедливо для всякого рода подпорных сооружений) грунты, химически неустойчивые и способные растворяться в воде. Рыхлые грунты могут служить основанием для сооружений небольшой высоты (порядка до 10—15 *м*). При этом требуется обычно уплотнение грунта свайной бойкой и пересечение фильтрационного потока под основанием во избежание вымыва его шпунтовыми рядами.

Гравитационные плотины выполняются как глухого типа, т. е. не рассчитанные на перелив воды через гребень, так и водосливные.

Нормальный профиль глухой плотины изображен на фиг. 49.



Фиг. 49. Профиль глухой плотины.

Очертание гребня устанавливается, исходя из условия наибольшего коэфициента расхода через водослив, очертание водосливной части—из условия безвакуумного падения воды (струя не должна отставать от стенки).

Треугольное очертание профиля с вершиной на уровне наивысшего горизонта в водохранилище отвечает наиболее рациональному распределению материала и допускает применение теории упругости с доведением расчета до желаемой степени точности.

Тело плотины выполняется из бетона, бетонно-циклопической кладки и буговой кладки.

В настоящее время основным материалом на западе служит бетон, позволяющий широкое применение механизации и дающий наибольшую производительность работ. Плотины Днепровской, Волховской и Земо-Авчальской гидростанций построены также из бетона. Бутовая кладка, требуя большого количества квалифицированной рабочей силы, дает значительно меньшую производительность. При сравнительно небольших объемах кладки, наличии хорошего камня и при недостатке цемента тип этот может дать правильное решение.

Бетонно-циклопическая и бутово-циклопическая кладка представляют собой среднее между двумя крайними типами.

При гравитационных плотинах обычно водосливные сооружения отдельно не предусматриваются. Сброс происходит через водосливную секцию подпорного сооружения, которая выполняется для этого с пониженным гребнем с соответствующим очертанием гребня и низовой грани.

Водослив работает как свободный или армируется затворами.

Водоспускные или водоприемные конструкции помещаются обычно в глухой части плотины с некоторым ее уширением в сторону водохранилища.

2. Водоподъемные плотины

1) Основные принципы проектирования

Водоподъемные плотины, возводимые на реках и искусственных водостоках, служат для повышения в них горизонта воды и создания глубин, необходимых из условий водозабора для водопроводных сооружений, мелиорации, судоходства и т. д. Водоподъемные плотины располагаются в самом русле реки и, перекрывая с помощью тех или иных устройств живое сечение водотока, создают подпор, распространяющийся вверх по реке.

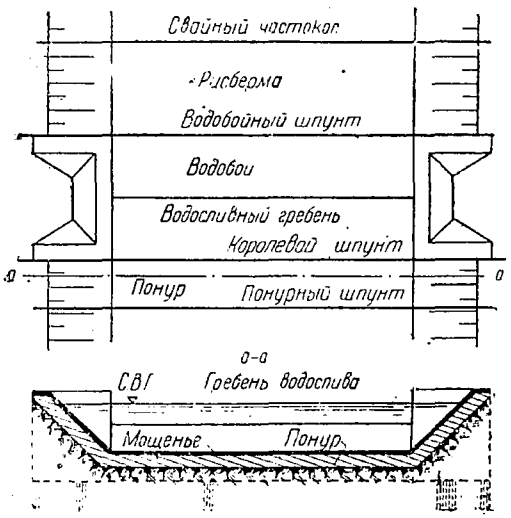
Пропуск высоких вод через сооружение производится либо в отверстии плотины между гранями береговых устоев, либо допускается обход высокими водами сооружения поименным разливом. Первый случай имеет место, когда река течет в высоких берегах и паводки в естественном состоянии реки проходят в самом ее русле с небольшим лишь выходом на пойму. Отверстие плотины должно быть рассчитано в этом случае на пропуск расчетного максимального расхода при заданной бытовыми условиями отметке верхнего бьефа. Если высокие воды реки разливаются в выбранном для сооружения створе на широкую пойму, допускается обычно обход и иногда затопление водой береговых устоев плотины. Желательно однако предусмотреть, по возможности, примыкание плотины к одному из незатопляемых берегов, с тем чтобы был обеспечен доступ к сооружению.

Принцип проектирования в обоих случаях сводится к минимальному изменению сооружением естественного режима высоких вод.

К тому же типу речных водоподъемных плотин относятся головные сооружения водоспусков на водохранилищах (см. выше).

2) Элементы водоподъемных плотин

Основными элементами водоподъемных плотин являются: а) флютбет, б) береговые устройства, в) подпорные сооружения. Схематический план и фасад плотины изображены на фиг. 50.



Фиг. 50. Схема водоподъемной плотины.

Флютбет служит: а) для преграждения пути фильтрационному потоку под основание сооружения, во избежание вымыва грунта из-под основания и ухода воды из верхнего бьефа, б) для укрепления русла в нижнем бьефе от размывов, в связи с большими скоростями, которые приобретает вода за счет падения при переходе из верхнего в нижний бьеф плотины.

Схема флютбета на мягких грунтах представлена на фиг. 51.

Различают следующие части флютбета: а) понур, б) водобой, в) рисберма. Шпунтовые ряды, входящие в состав флютбета, носят название: а) понурный, забиваемый перед понуром, б) королевой — перед водобоем и в) водобойный — в конце его. Водонепроницаемая конструкция, заключенная между понурным и водобойным шпунтом, служит для создания длинного пути фильтрации, на котором движущаяся под основанием плотины вода должна потерять напор и выйти с малыми скоростями за пределами водобоя в водопроницаемую рисберму.

В случае скального основания плотины флютбет значительно упрощается и может совсем отсутствовать

Береговые устройства служат для сопряжения плотины с берегами и крепления последних на близлежащих к плотине участках, обычно в пределах длины флютбета. Сопряжение плотины с берегами достигается помощью береговых устоев и земляных дамб. Устои выполняются в виде подпорных стенок обратными крыльями, заведенными в берега.

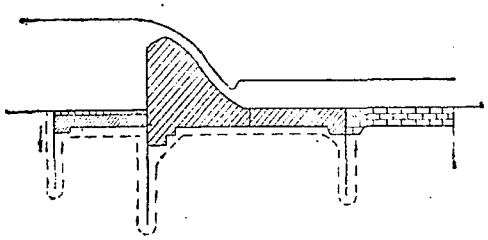
В случае незатопления высокими водами берегов, устои выводятся выше горизонта затопления. В противном случае допускается иногда перелив воды поверх устоев с креплением береговой полосы вокруг обтекаемого устоя.

Подпорные сооружения выполняются двух типов: а) в виде глухой водосливной утенки, б) в виде конструкции, которая может быть разобрана, поднята или опущена с освобождением отверстия для прохода воды.

Первый тип применяется при наличии следующих условий: а) возможного по местным условиям повышения горизонта при пропуске высоких вод против естественного, или когда высокие воды идут поймой и отеснение русла подпорным сооружением незначительно отражается на всем живой сечении потока. В водохранилищах этот случай соответствует возможности поднимать верхний бьеф во время паводка над рабочим горизонтом водохранилища, б) нет опасности заиления верхнего бьефа, в) нет необходимости открывать отверстие для целей судоходства, лесосплава и т. п.

Достоинствами этого типа являются: а) простота выполнения, б) дешевизна сооружения, в) простота и надежность эксплоатации. Имея в виду последнее, этот тип, как указывалось выше, широко применяется для водосливных сооружений земляных водохранилищных плотин.

Разборчатые плотины применяются во всех тех случаях, когда отверстие плотин должно периодически полностью или частично освобождаться для пропуска расходов, промыва наносов, прохода судов и т. п.



Фиг. 51. Схема флютбета на мягких грунтах.

Часто применяется комбинация обоих типов с устройством разборчатой части на гребне водосливной плотины или выполнением глухого водослива на одной части отверстия и разборчатой — на другой.

3) Типы плотин

Наиболее употребительной конструкцией глухого водослива является плотина из бутовой или бетонной кладки.

Конструкция плотины в общем аналогична конструкции гравитационных водохранилищных плотин с упрощением и понижением требований к материалу за счет малой высоты (обычно в пределах нескольких метров).

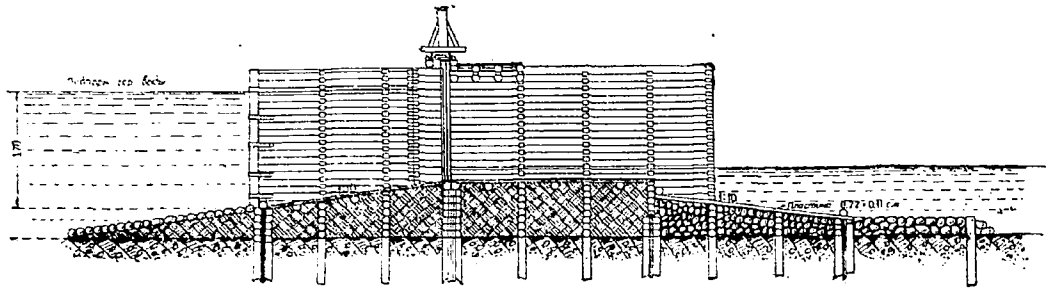
Гидротехнике известно очень большое количество различных типов разборных кон-

струкций и их видоизменений. Даем основные из них:

1. Деревянная плотина русского типа.
2. Плотина Поарэ.
3. Металлические плоские затворы.
4. Сегментный затвор.
5. Вальцевой затвор.

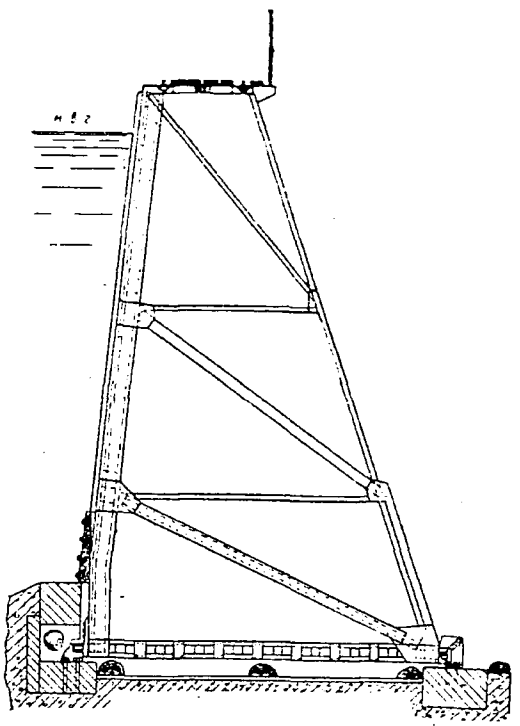
системах Туркестана. Металлические щитовые затворы больших отверстий и прочие из приведенных в перечне типов только еще начинают входить в практику Союзной гидротехники.

Конструкция деревянной плотины состоит из флютбета береговых устоев, промежуточных



Фиг. 52. Деревянные плотины.

Наиболее распространенными в нашем Союзе типами являются деревянная плотина и плотина Поарэ. Первая имеет широкое распространение на малых речках для обслуживания мелкой промышленности и сельского хозяйства. Этот же тип с некоторыми видо-



Фиг. 53. Плотины Поарэ.

изменениями является старейшим в русской практике сооружением на водосливах уральских водохранилищных плотин. Плотина Поарэ широко применяется для шлюзования судоходных рек Союза. Металлические щитовые затворы малых отверстий распространены главным образом на ирригационных

опор с закладываемыми между ними щитами и моста.

Типовой поперечный разрез плотины дан на фиг. 52.

Распространение в нашем Союзе деревянной плотины объясняется дешевизной лесных материалов. Главнейшим недостатком конструкции является ее недолговечность, особенно в частях, подвергающихся периодическому действию воды.

Схема плотины Поарэ дана на фиг. 53. Конструкция состоит из металлических ферм с подшипниками на флютбете, бетонного (иногда деревянного) типа. Заполнение между фермами производится либо деревянными щитами, опирающимися обычно на фермы, либо деревянными спицами с опорами на пороге флютбета и прогоне, уложенном по верху ферм. При освобождении отверстия щиты увозятся на берег, а фермы, будучи освобождены от распорок и мостика, вращаясь на подшипниках, укладываются на флютбет с помощью цепи и береговой лебедки. Сборка производится в обратном порядке.

Обычно напор на фермах Поарэ не превышает 3 — 4 *м*. Отверстие — не ограничено.

К недостаткам этого типа можно отнести:

а) большие, сравнительно, потери воды сквозь неплотности щитов, особенно спицевого ограждения,

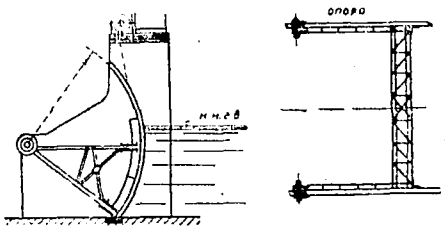
б) относительная продолжительность разборки плотины, что представляет опасность на реках с быстро наступающими паводками,

в) желательность разборки на зиму и во всяком случае заблаговременно до наступления ледохода во избежание повреждения плотины льдом. Последнее обстоятельство заставляет отказаться от применения ферм Поарэ в тех случаях, когда подпор необходимо держать круглый год (например для промышленного водоснабжения).

Плоские металлические затворы, скользящие в пазах постоянных опор, являются простейшей конструкцией, широко применяемой для перекрытия малых отверстий, например небольших оросительных каналов, лотков, подводящих воду к насосным стан-

цям и т. п. Конструкция его состоит из ряда горизонтальных балок, обычно швеллеров, покрытых металлической обшивкой. Значительное подъемное усилие, развивающееся даже при небольших размерах щита от трения, заставило пойти на усовершенствования этого типа.

Применение катков, прикрепляемых к щитам, позволило значительно увеличить перекрываемое щитом отверстие.



Фиг. 51. Сегментный затвор.

Полная замена трения скольжения трением качения произведена в щитах системы Стонея. Катковое устройство, скрытое в нишах массивных опор, подвешивается в этой системе в особых рамах, независимо от щита.

Применяемые в настоящее время щиты имеют пролеты до 30 *м* и высоту (при меньших напорах) до 16 *м*.

Главнейшими недостатками каткового щита и щита Стонея являются:

а) необходимость массивных устоев и быков,

б) необходимость высоко расположенного служебного мостика с подъемными механизмами для подъема щита выше самых высоких вод,

в) подверженность пазовых устройств действию наносов и обмерзанию.

Щиты Стонея применены в качестве разборчатой конструкции на водосливных плотинах Днепровской и Земо-Авчальской гидростанций, р. Торец в Донецком бассейне для целей промышленного водоснабжения и в некоторых других сооружениях.

Схема сегментного затвора дана на фиг. 54.

Затвор состоит из сегмента, прикрепленного к горизонтальной оси вращения двумя опорными секторами.

К достоинствам конструкции относятся:

а) положение опорных частей вне действия воды, льда и наносов,

б) значительная жесткость конструкции и хорошая работа в условиях ледяного режима,

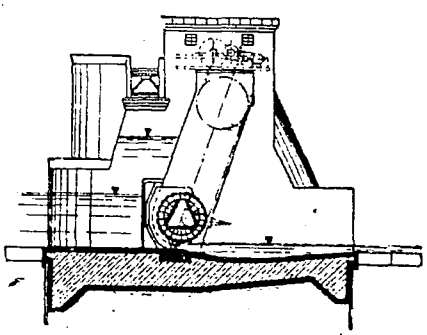
в) малая величина распора на бычки при гибких подкосах и, вследствие этого, легкая конструкция бычков,

г) легкий подъем дает возможность перекрытия больших отверстий (наибольший перекрытый пролет 45 *м*).

Главнейшим недостатком является отсутствие свободного габарита в открытом состоянии.

За последнее время сегменты получили весьма широкое распространение на Западе и в нашем Союзе. В частности, эта конструкция применена для водоспусков бобриковских плотин и принята в качестве типовой для водохранилищ Донбасса и Кривого Рога.

Вальцовый затвор представляет собою полый цилиндр, вкатывающийся при



Фиг. 55. Вальцовый затвор.

подъеме по наклонным зубчатым рейкам, расположенным на устоях. Подъем совершается с помощью одного подъемника, соединенного с ведущим концом цилиндрического затвора цепью Галля или проволочным канатом.

Схема затвора дана на фиг. 55.

Таблица 30

Характерные данные по некоторым из построенных гравитационных плотин

№ по порядку	Наименование	Длина по гребню (*м*)	Высота (*м*)	Очертание в плане	otg угла наклона граней		Основание	Состав тела плотины	Объем кладки 1000 $м^3$	Время постройки
					верховой	низовой				
1	Рузвельт, Аризона . . .	—	85,4	$R = 125$	0,05	0,67	—	Крупные камни на раствоpe 1 : $2^1/_2$: 4	255	1905—11
2	Арроурок САСШ	300	98	$R = 201$	0,01	0,70	—	80% бетона	400	1912—16
3	Элефант Бют, САСШ . .	366	93	прямолинейная	0,07	0,67	Трещиноватый песчаник и сланец	80% бетона	450	1912—14
4	Буль Рем, Орегон	289	55	$R = 183$	—	0,7	Базальтовая лава	Бетон	55	1927—28

Таблица 31

Характерные данные по некоторым из построенных земляных и каменнонабросных плотин

№ по пор.	Наименование	Наибольшая высота (*м*)	Длина по гребню (*м*)	Ширина по гребню	Заложение откосов		Конструкция плотины	Основание	Материал тела плотины	Объем тела плотины (1000 *м*³)	Время постройки
					верховой	низовой					
1	Плотина на р. Шат для водоснабжения Бобриковского комбината	20,0	500	6,0	от 1 : 3 до 1 : 7	от 1 : 2 до 1 : 7	Основное тело из однородного материала с тщательным уплотнением. Пригрузочные призмы для распределения давления на основание	Аллювиальные суглинки мощностью 20 — 30 *м*, залегающие на известняке	Лесовидные суглинки. Преобладание фракций 0,05—0,01 (55%). Угол внутреннего трения 20°	600	1930—32
2	Плотина на р. Любовка того же назначения	20,0	400	5,5	от 1 : 3 до 1 : 7	от 1 : 2 до 1 : 7				500	1930—32
3	Плотина на р. Седанке для г. Владивостока (в постройке)	18,0	500	6,0	1 : 3	1 : 2,5	Фартук по напорному откосу из отборного грунта, о зубом до скалы и покрытием из железобетонных плит. Тело плотины из суглинков	Суглинки с песком, гравием, и валунами мощностью 10—30 *м* на граните	Суглинки с содержанием глины 10—15%, песок разных фракций, гравий до 40% (прекрасный материал)	450	1931
4	Сулинокая плотина в Донбассе (в постройке)	18	450	7,0	1 : 3	1 : 2	Однородное тело из суглинков	Аллювиальные суглинки	Суглинки; преобладание пылевидных фракций с наличием глины порядка 15%, угол внутреннего трения 25—30°	190	1932
5	Соммерсет, Массачузетс	32,4	640	6,10	1 : 3	1 : 2,5	Центральная часть плотины выполнена намывным способом	Гранит, покрытый аллювием на глубину от 23,0 *м* до 0	Суглинки: глина, 20% песок 40%, щебень 30%, булыжник 10%	750	1911—12
6	Плотина Сангес, Колорадо	36,4	430	6,10	1 : 3	1 : 2	Центральное жесткое ядро высотой 7,0 *м* для сопряжения со скалой; тело плотины из суглинка, песка и щебня	Базальт, покрытый аллювием на глубину 2—8 *м*	Суглинок, песок, щебень	400	1910—13
7	Карачуновская плотина в Криворожье (в постройке)	23,0	206	7,5	1 : 1 1 : 1 10 1 : 1,25	1 : 1,5	Каменная наброска с жел. бетонным экраном по верховому откосу	Гранит	Местный гранит	120	1931
8	Морена, Калифорния	81.0	159	4,9	10 : 9 1 : 0,5	1 : 1,5	Каменная наброска	Гранит	Местный гранит	230	1910

В СССР вальцовый затвор принят для Москворецкой плотины Рублева, построенной для нужд водоснабжения Москвы. Вальцовая плотина построена в Донбассе на р. Торец для целей промышленного водоснабжения и в Закавказье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов, Водоподъемные плотины, М. 1931 г.
2. „ Водохранилищные плотины, М. 1931 г.
3. Бассель, Земляные плотины, 1921 г.
4. Александров и Дубяга, Современное положение вопроса о постройке каменных водоудерживательных плотин, 1925 г.
5. Ziegler, Der Talsperrenbau B I, Talsperren aus Erde und losen Steinmaterial, 1925. Der Talsperrenbau B I Berechnung massiver Talsperren, 1927.
6. H. Engels, Handbuch des Wasserbaues B I—III
7. Handbuch der Ingenieuwissenschaiten, Wasserbau.
8. Emperger Handbuch fur Eisen beton bau B IV Wasserbau, 1925.
9. Kulku, Der Eisenwasserbau, 1928.
10. Schoklitsch, Wasserbau, 1931.
11. Parker, Control of water.
12. Wegmann, Design and construction of dams.
13. Creager, Masonry dams.
14. Creager and Instin, Hydroelectric Handscal 1927.

Проф. *Н. А. КАШКАРОВ*

V. УСТРОЙСТВО ВОДОПРИЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

I. Сооружения для приема воды из рек

1) Выбор места приема воды

Водоприемные сооружения на реках должны устраиваться так, чтобы захватить воду в таком месте живого сечения, где она имеет наименьшее содержание загрязнений и мути.

Водоприемники для питьевого водоснабжения следует располагать по течению реки выше населенных мест, стоки которых неизбежно будут загрязнять воду.

Водоприемники для производственного водоснабжения располагают возможно ближе к промпредприятию.

Водоприемные сооружения следует располагать близ вогнутого берега реки, так как глубина воды (и скорость течения) всегда больше у вогнутого (подмываемого) берега, чем у выпуклого (наносимого течением реки).

Выбрав сечение реки, подходящее для устройства водоприемника, следует снять поперечный профиль реки по этому сечению, с нанесением наименьшего, среднего меженного и наивысшего горизонтов воды и горизонтов ледостава и ледохода. По этому профилю выбираем место расположения: а) водоприемника и б) насосной станции.

Водоприемник следует помещать на таком расстоянии от уреза меженних вод, где глубина воды при наинизшем горизонте будет, по возможности, не менее 2,5 *м*, чтобы можно было расположить конец водоприемной трубы не ниже чем на 1 — 1,5 *м* над дном реки (во избежание заноса в трубу осадков и ила со дна реки, особенно во время половодья) и не выше чем на 1 — 1,5 *м* под поверхностью воды (так как верхний слой воды летом нагревается, кроме того на поверхности воды плавают различные взвешенные предметы и планктон).

Насосную станцию следует помещать на незатопляемом месте; если река при разливе затопляет широкую полосу, то иногда насосную станцию ставят в пределах этой полосы, скружая подсыпкою (до уровня на 0,5 — 1,0 *м* выше уровня наивысших вод), и устраивают дамбу для подъезда к станции, однако подсыпку следует делать только выше уровня ледохода (во избежание дорогих укреплений против повреждения льдом).

Выбор места водоприемника и насосной станции определит расстояние между ними. При расстоянии от водоприемника до насосов не более 30—40 *м* нередко забирают воду из реки непосредственно всасывающими трубами насосов; при большем расстоянии обычно устраивают промежуточный береговой (всасывающий) колодец, разделяющий трубопровод на 2 части: самотечную, подводящую воду из реки в колодец (и закладываемую ниже наинизшего уровня воды), и всасывающую, посредством которой насосы берут воду из колодца.

Укладка 1 *пог. м* всасывающей линии дешевле, чем самотечной, и ремонт ее легче благодаря меньшему заглублению в землю; однако всякая неплотность во всасывающей линии, уменьшая вакуум в ней, ухудшает работу насосов; потому-то и стремятся к укорочению всасывающих труб и делают их по возможности железными (а не чугунными).

У водоприемного конца трубопровода устраивается оголовок, имеющий назначением защищать трубопровод от ударов и по возможности обеспечить поступление в него воды без мути.

Если глубокое место на реке находится близ берега, то водоприемник, располагаясь у берега, делается берегового типа; при значительном расстоянии от места приема воды до уреза воды получаются оголовки так называемого островного типа.

2) Водоприемные оголовки в реках с чистою водою

а) Реки большой глубины

В реках, не несущих наносов и имеющих глубину в месте приема воды при уровне низких вод не менее 5—6 *м*, можно ограничиться простейшим типом водоприемника, в виде чугунных или железных стояков

(фиг. 56), поднимающихся над дном приблизительно на 3 *м* и оканчивающихся сверху воронкою, повернутою горизонтально вниз по течению: благодаря повороту воды при входе в трубу осадки будут выпадать перед входом в водоприемник; воронку закрывают грубою решеткой из железных прутьев с зазорами около 2,5 — 5,0 *см*. Стояк устанавливается (посредством чугунного колена с лапами) на дно реки (при составе его из плотного грунта) или на бетонную подушку и прикрепляется тягами к железным свайкам, забитым (или чаще завинченным) в грунт, или к мертвым якорям.

При мягких грунтах под колено с лапой подготовляется основание из каменной наброски.

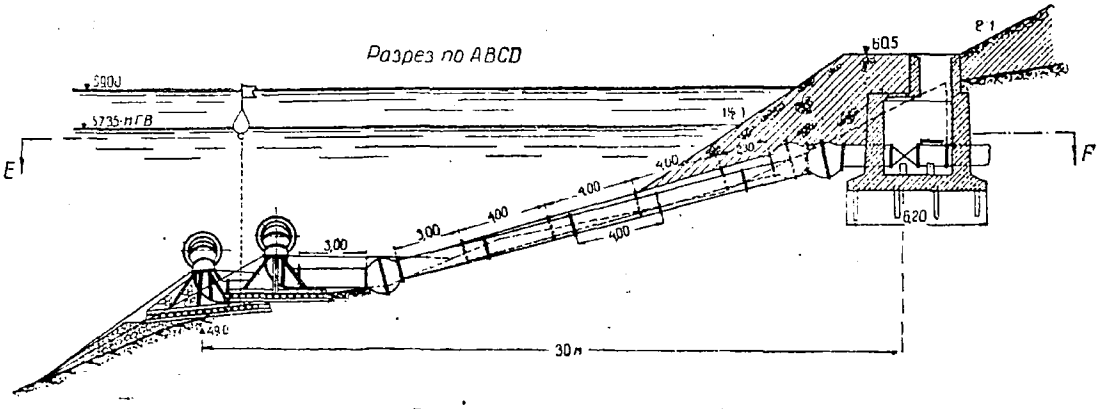
Стояк переходит в трубу, уложенную по дну реки и направляющуюся к береговому колодцу или к насосам; для укладки трубы она снабжается шарнирами, а дно предварительно выравнивается.

На фиг. 56 и 57 представлен проектируемый водоприемник для Сормовского завода. По такому же типу устроен водоприемник Ленинграда и проектируется водоприемник Астрахани.

б) Реки средней глубины

В реках, имеющих при наинизшем уровне воды глубину не более 3—5 *м*, конец водоприемной трубы должен быть защищен от повреждений или рядом свай или массивом — ряжевым или бетонным.

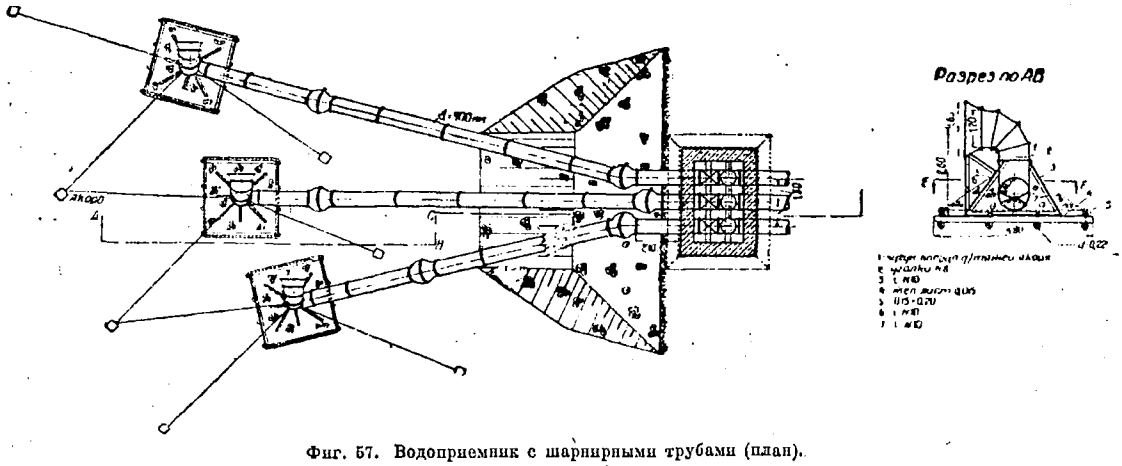
На фиг. 58 представлен водоприемник из Сены в Иври (предместье Парижа).



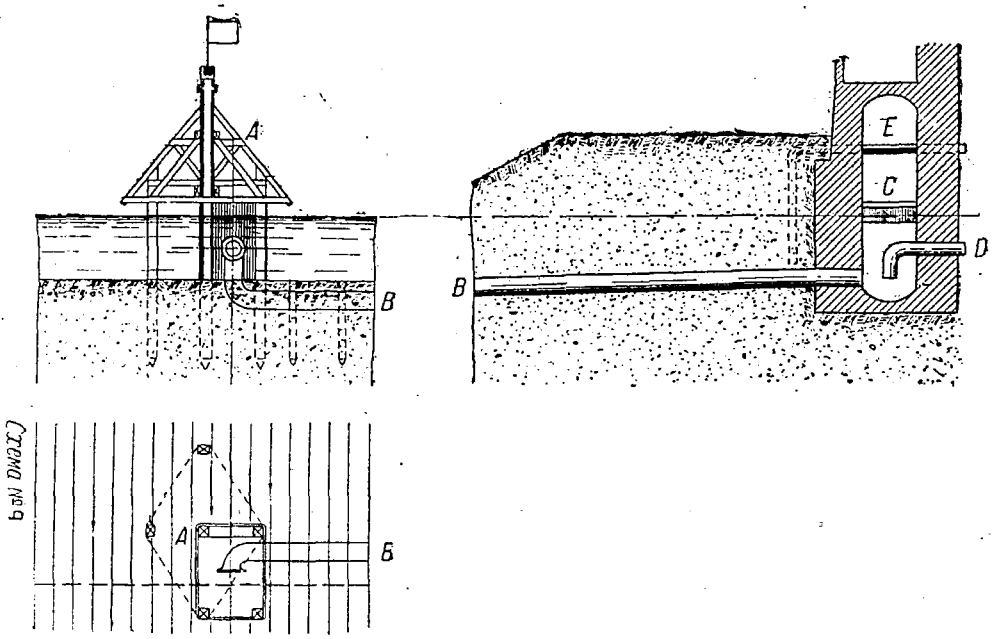
Фиг. 56. Водоприемник с шарнирными трубами.

Насосная станция Иври подает в город 82 000 $м^3$ в сутки из 2 одинаковых водоприемников, глубина воды в реке 2 *м*, длина самотечной линии 70 *м*, диаметр водоприемной трубы 1 *м*. Конец трубы возвышается над дном на 1 *м* и окружен деревянною решеткой (с просветом в 2 *см*), прикрепленною к сваям; для защиты от повреждения судами установлена надстройка с сигналом.

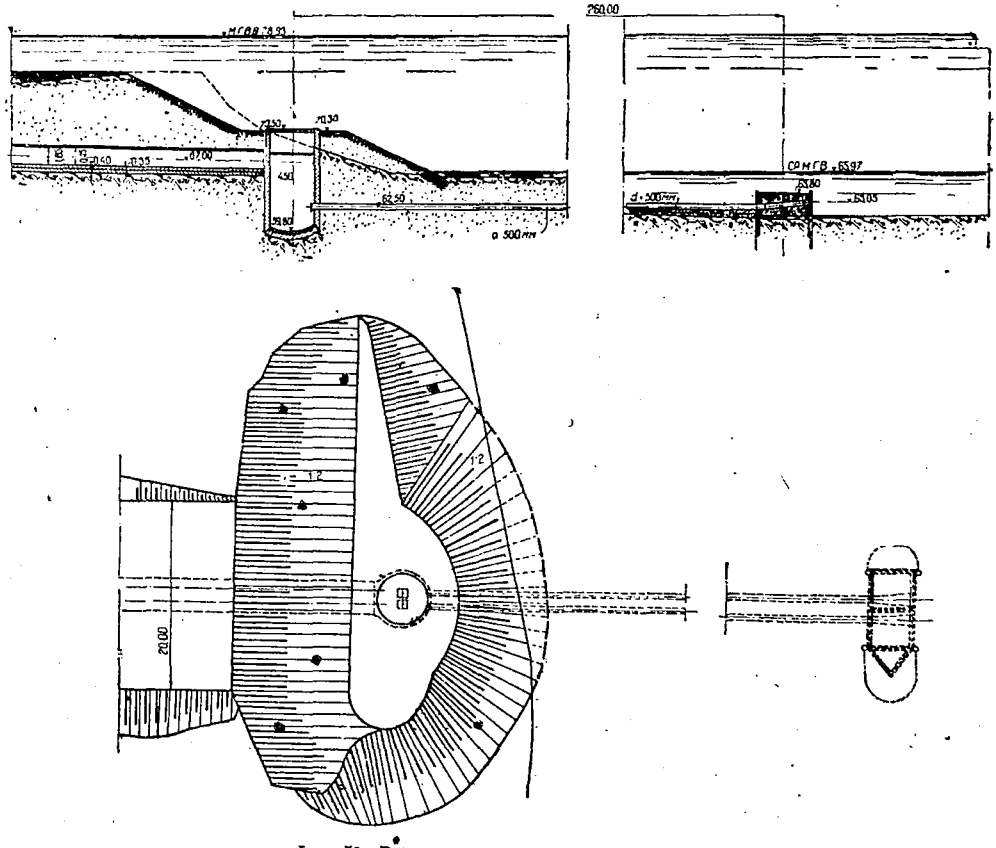
На фиг. 59 изображен водоприемник одного завода на Оке, выполненный в виде ряжа через который пропущены концевые звенья самотечных водоприемных труб: трубы уширяются к концу для уменьшения скорости входа в них воды из реки и уложены с подъемом к реке, чтобы забирать воду выше дна. Верх ряжа располагается ниже ледяного покрова (во избежание повреждения последним).



Фиг. 57. Водоприемник с шарнирными трубами (план).



Фиг. 58. Водоприемники г. Парижа (Иври).

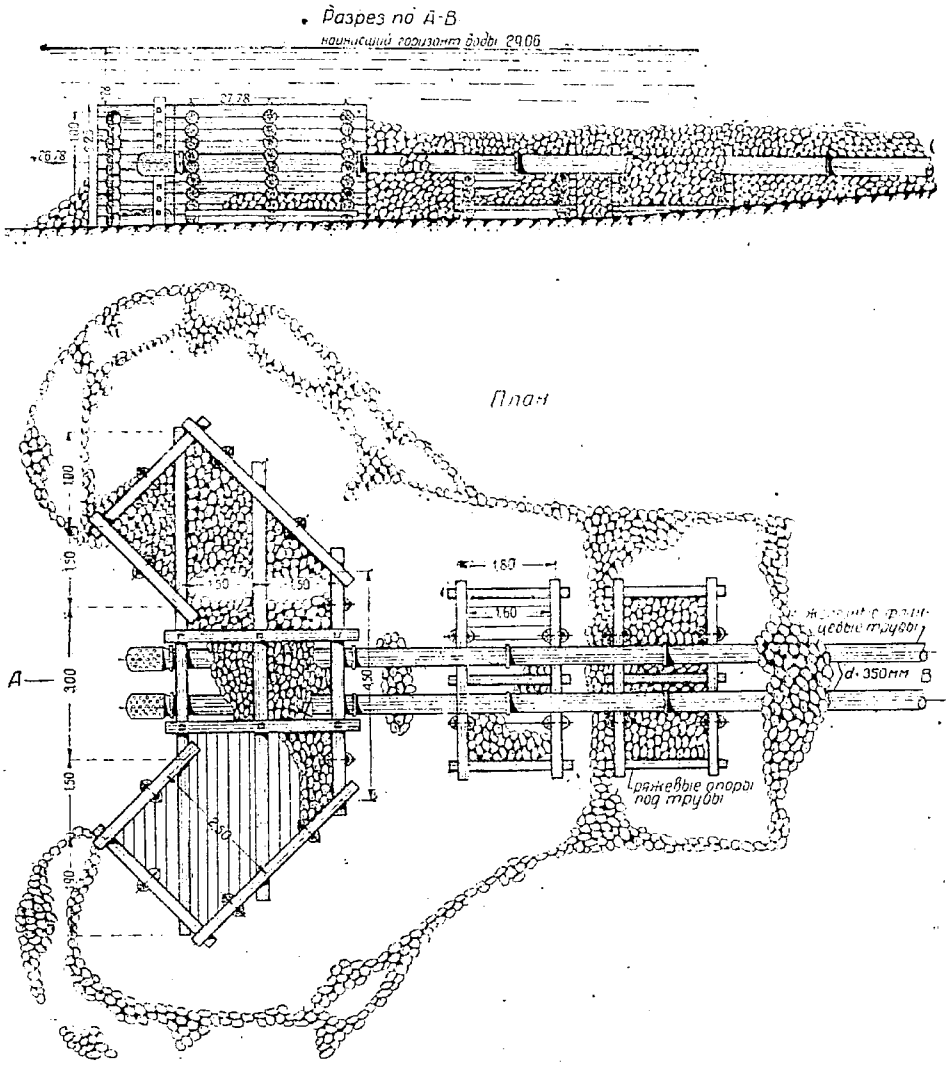


Фиг. 59. Водоприемник с ряжевым оголовком.

Если грунт русла допускает забивку свай, то вместо ряжа оголовок может быть выполнен из ряда свай, с каменною засыпкой за ними.

Такой тип оголовка применяется и при устройстве вместо водоприемных труб деревянной галлереи.

Для направления движения струй воды у оголовка (во избежание подмыва или занесения его), при размываемом русле с верховой оголовок снабжают в плане выступами как выше, так и ниже приемных сеток, так что меж у выступами образуется маленькая бухточка (фиг. 60). Такое устройство, давая хорошую защиту трубам, пригодно только при чистой поде, так как в бухточке течение воды замедляется и может отлагаться муть; разновидность этого типа для мутной воды показана ниже.



Фиг. 60. Водоприемник с ряжевым оголовком и бухточкой.

стороны оголовок имеет в плане треугольное очертание, а с низовой — закругление, подобно мостовому быку, как видно на фиг. 59.

По сходному типу выстроен водоприемник Нижегородского автозавода, но ряж заменен более устойчивым бетонным массивом.

В случаях, когда имеются особые опасения повреждений приемных концов труб плавающими предметами, ряжевой (или свайный)

В прежнее время у нас нередко устраивали водоприемники в виде дырчатого ящика (деревянного, чугунного или железобетонного), установленного на дно реки и обсыпанного камнем; приемный конец трубы помещается внутри ящика и получает воду, просачивающуюся через каменную обсыпку. Такой тип нельзя рекомендовать, так как с течением времени каменная наброска заилится (в па-

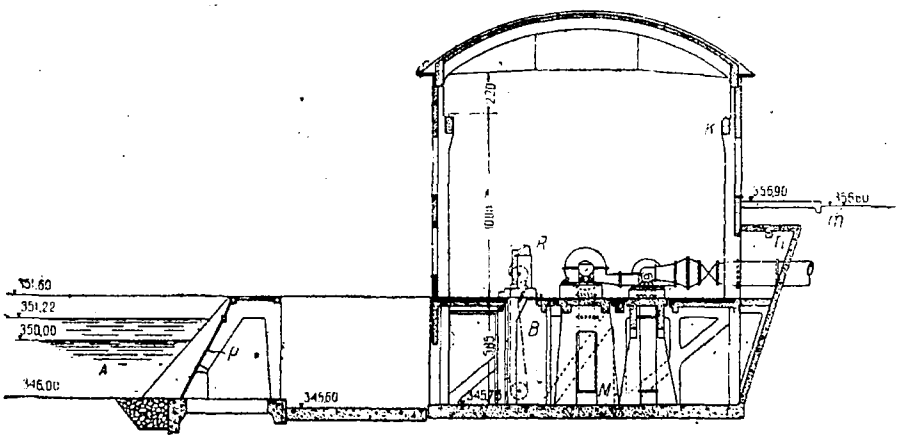
водок муть имеется и в реках с чистой водою), а очистка ее возможна только путем разборки с помощью водолазов.

При крутом береге и средней или малой глубине воды в реке (2—5 *м*), если колебания уровня воды невелики, а вода достаточно чиста, весьма целесообразно подводить воду из русла непосредственно к насосной станции (путем открытого канала или галлереи), в особенности для производственных водопроводов с большим расходом воды.

Примером подобного устройства могут служить водоприемники Магнитогорского завода (фиг. 61).

вают оголовок бетонным в виде мостового быка с ледорезом, приближаясь к нижеописанному типу водоприемника Сталинградской электростанции (фиг. 62).

В реках с большим колебанием горизонта стремятся брать воду во время половодья с более высокого уровня, чем при межени; при малом расходе водопроводной воды иногда забирают воду посредством подвижного концевого звена трубы, которое соединено с береговой (неподвижной) частью на шарнире и может быть помещено на различном уровне (такой тип приема воды характерен для озер). При большом расходе устраивают водоприем-



Фиг. 61. Водоприемник Магнитогорского водопровода.

В Магнитогорске главная насосная станция расположена непосредственно на берегу пруда (на р. Урал); уровень пола насосной станции на 6,6 *м* выше дна пруда у берега, глубина воды колеблется от 4 до 5,25 *м*. Вода подводится широким и коротким каналом в подвальное помещение насосной станции — в переднюю камеру, которая отделена подвижными сетками от остальной части подвала, куда опущены всасывающие трубы (от каждого насоса отдельная труба). Сетки устроены в виде бесконечного полотна (из фосфористой бронзы), перекинутого через 2 барабана — верхний и нижний; осадок, остающийся на сетках при проходе воды, смывается с сетки у верхнего барабана струею воды под напором.

в) Реки малой глубины

В реках малой глубины (2—3 *м*) не всегда возможно поместить оголовок ниже ледяного покрова и приходится принимать меры для защиты приемных концов труб от повреждения, устраивая ледорезы. При малой глубине оголовок может быть сделан из ряжей, обсыпанных для устойчивости камнем, в средней порожней камере которых помещаются оголовки труб; вода в эту камеру подводится по трубам (чаще деревянным), пропущенным через каменную наброску и ряжи.

При большой глубине реки и низком уровне ледохода, для увеличения устойчивости устраивают водоприемник в виде пологого внутри мостового быка (при расположении далеко от берега) или мостового устья (при береговом типе).

Водоприемник Сталинградской электростанции состоит из бетонного массива с приемом воды через два ряда по 4 окна 1,0×3,0 *м* с отметкою центра окон — 14,5 и — 12,0 *м*, при отметке дна Волги у водоприемника — 16,0 *м*, низшем уровне воды — 13,67 *м*, низшем горизонте ледохода — 13,08 и наивысшем — 4,65 *м*. Высотою водоприемника над дном 7,0 *м* (с отметкою верха — 9,0 *м*), ширина 4,5 *м* и длина 20,35 *м*, включая мощный ледорез.

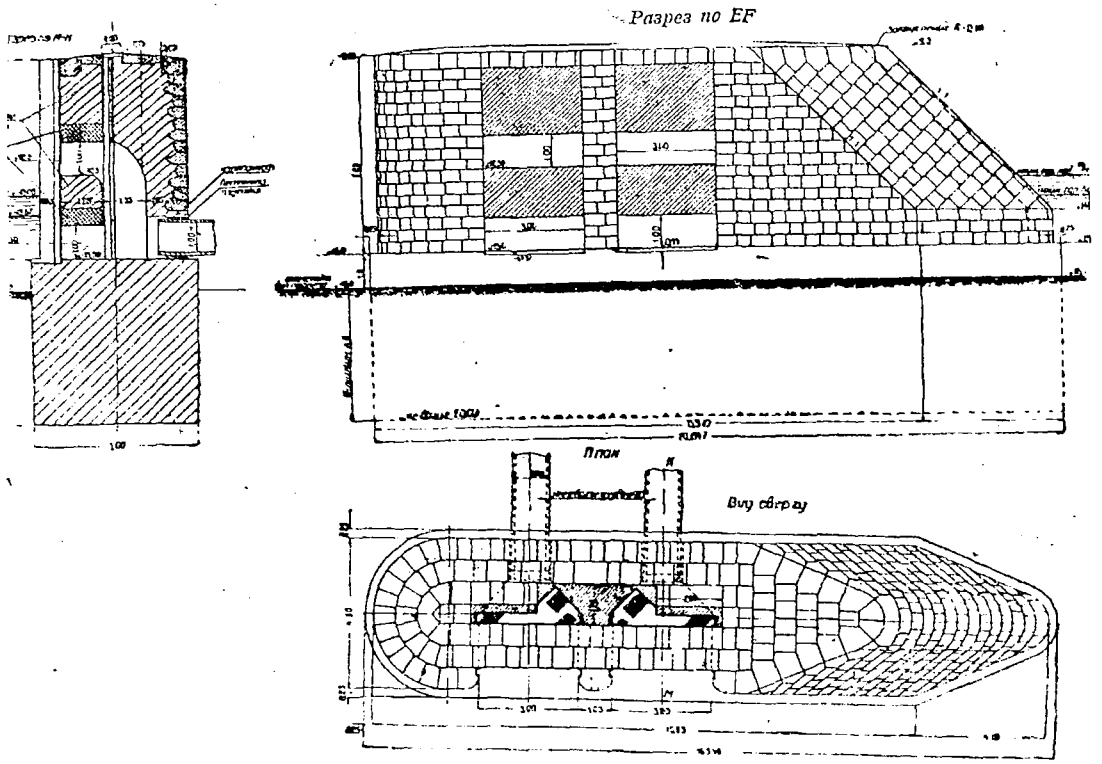
Вода поступает через окна во внутреннюю полость массива, из которой отводится к насосной станции двумя самотечными трубами диаметром по 1,0 *м*. Очертания внутренней полости массива соответствуют постепенному сужению струй при переходе из окон в трубы так что скорость движения воды внутри полости постепенно возрастает, и отложения осадков не может происходить.

В случае установки на насосной станции значительного числа агрегатов, и притом работающих с различным напором для подачи воды в отдельные сети (что нередко требуется в крупных промышленных водоснабжениях), желательно для каждого насоса иметь отдельную всасывающую трубу; при этих условиях целесообразно устройство водоприемника малого размера в плане, с подводом воды от него по самотечным галлереям к всасывающему

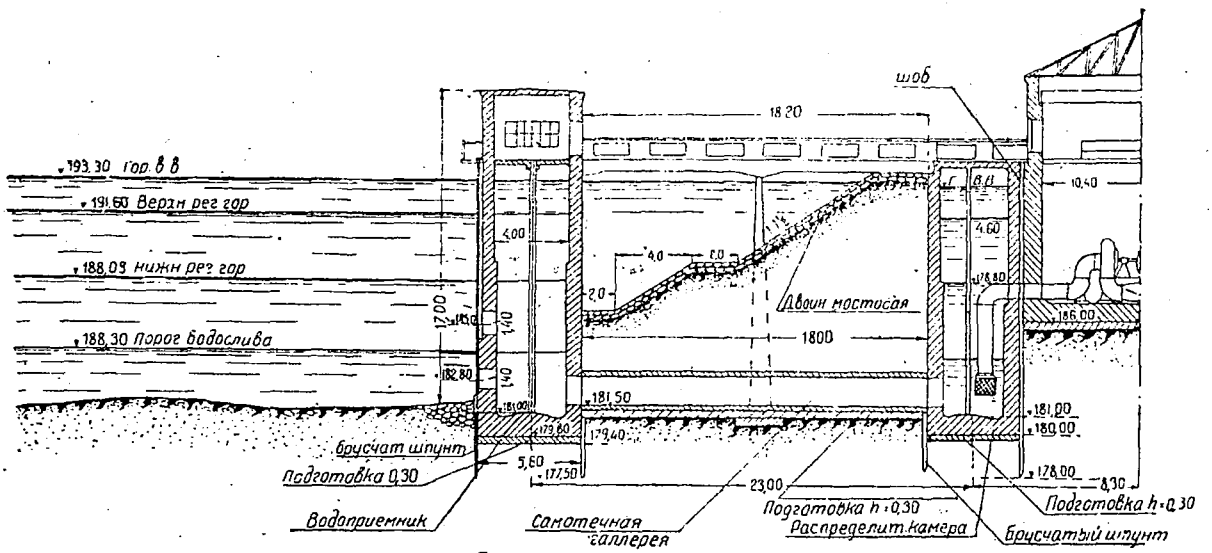
колодцу, располагаемому рядом с насосной станцией и имеющему желательную длину; такое устройство принято для Н.-Тагильского завода (фиг. 63).

был затоплен не более 20—30 дней в году.

Ввиду высокой стоимости как подобных водоприемников, так и насосной шахты и подъема в условиях значительного колеба-



Фиг. 62. Водоприемник Стальграс.



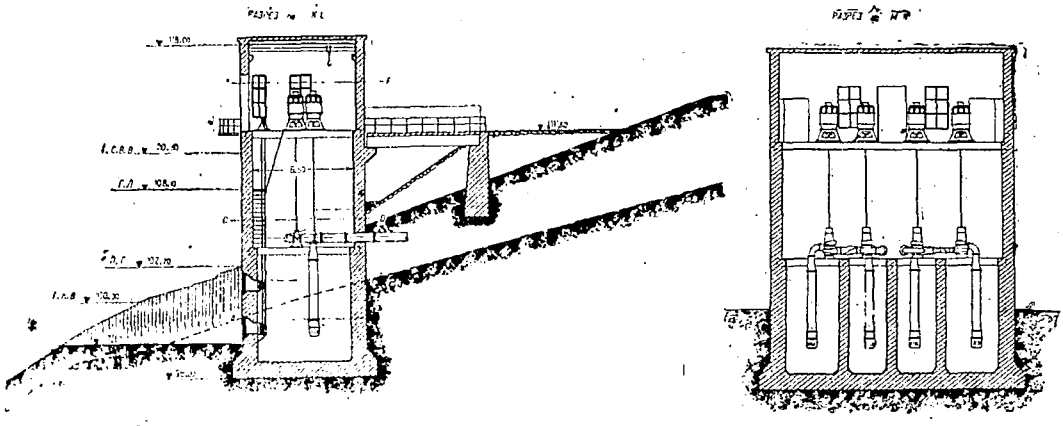
Фиг. 63. Водоприемник Н.-Тагильского завода.

Вместо незатопляемого водоприемника при этом типе с целью удешевления допустимо также устройство затопляемого, верх которого следует доводить до такой отметки, чтобы он

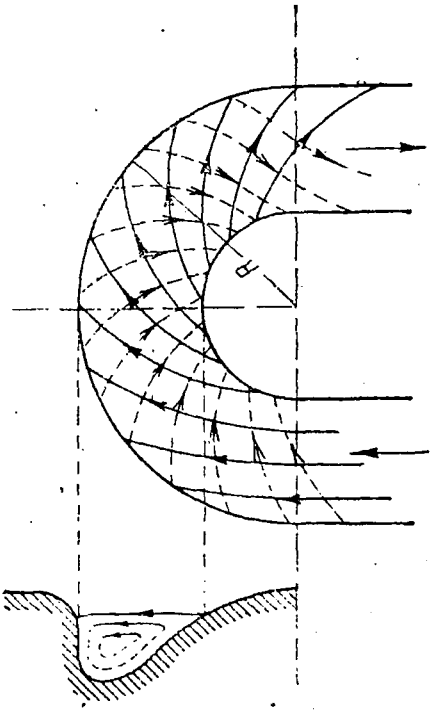
ния уровня воды, их выгодно объединять в одном сооружении, устанавливая центробежные насосы, как это сделано на Воскресенском заводе (фиг. 64).

Воскресенская шахта в плане имеет контур, состоящий из 2 полуокружностей, с прямоугольной вставкой; длина здания 16,5 *м* и ширина 8,7 *м*.

Здание состоит из 3 этажей; нижний этаж имеет окна (2 ряда по 4 окна), расположенные ниже уровня воды, и служит водоприемником. На 2-м этаже расположены насосы с вертикальной осью, а на 3-м — электромоторы для них. Толщина стен 1 этажа — 1,10 *м*.



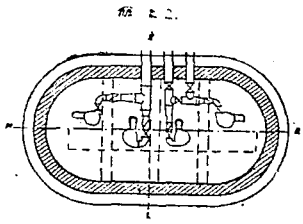
Фиг. 64. Водоприемник Воскресенского завода



Фиг. 65. Направление струй при повороте потока.

Водоприемная часть сооружения, т. е. нижний этаж, разделена 3 перегородками (толщина по 0,70 *м*) на 4 камеры (по числу насосов); перегородки идут до первого перекрытия.

Окна со стороны реки защищены грубыми решетками (из полосового железа 60 × 8 *мм*, с зазорами в 30 *мм* в свету); решетки могут быть вынуты и заменены щитами (из деревянных досок, с обшивкою кромок щита железом). Для подъема и опускания щитов и решеток



служат направляющие рамы (из швеллеров № 10); для окон, расположенных друг над другом, рамы стоят одна за другой.

Перекрытие, отделяющее водоприемную часть от помещения насосов, должно быть сделано водонепроницаемым и рассчитано на давление воды снизу (при уровне самых высоких вод в реке); для сообщения с водоприемными камерами служат герметические люки (прямоугольные, размером 1,2 × 0,7 *м*).

г) Водоприемники в реках с мутною водою

Значительное содержание мути реже наблюдается в реках с постоянною большою глубиною воды, и чаще в тех реках, которые в межень имеют малую или средиюю глубину; в этих реках во время половодья скорость течения сильно возрастает и осадки (ил) поднимаются со дна.

В реках с большим содержанием мути необходимо принимать особые меры против проникания мути в трубопровод. Для этой цели следует располагать приемные концы труб так, чтобы они находились на месте с быстрым течением воды.

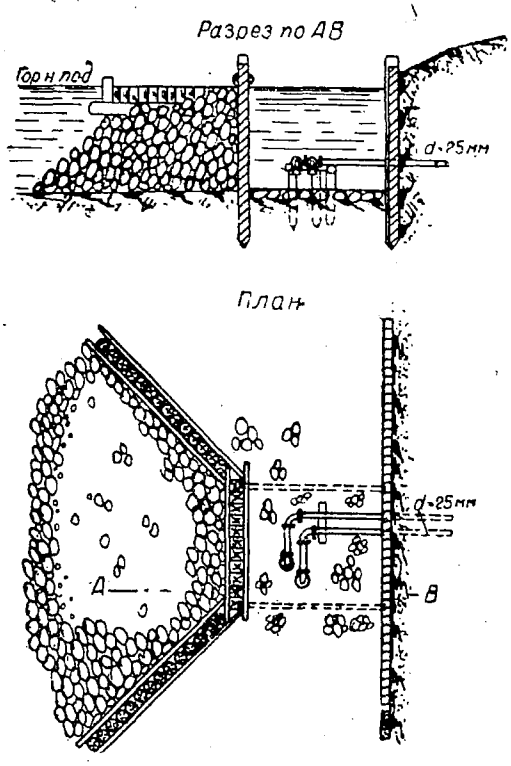
Если река в месте приема воды сильно изогнута в плане, то у внешнего (вогнутого), берега можно ожидать постоянного размыва. Этот размыв вызывается вращением всего потока реки вокруг его продольной оси, по-

являющимся на каждом изгибе реки и изучавшиеся проф. А. Н. Мпловичем.

При повороте потока, отдельные его струйки совершают винтообразное вращательное движение вокруг его оси, при котором стремятся сохранить одинаковую длину (в случае сохранения параллельности струй, длина струй, ближайших выпуклому берегу, была бы меньше, чем струя у вогнутого берега).

Как видно из прилагаемой схемы (фиг. 65), поверхностные токи жидкости у поворота направляются от внутреннего берега к внешнему, а донные токи идут от наружного берега к внутреннему, они-то и производят непрерывный подмыв наружного берега и переносят материал по дну к внутреннему берегу.

При русле, образованном из твердых пород, наибольшая глубина бывает непосредственно у наружного берега, а при размываемом грунте русла профиль наружного берега



Фиг. 66. Водоприемник эжекторного типа, расположенный у берега.

должен соответствовать углу естественного откоса мокрого грунта (для мокрого песка — около 20°); это вызывает непрерывное сплывание грунта с верхних частей берега, где поэтому должны наблюдаться оползни.

Описанные явления должны особенно интенсивно происходить во время паводков.

Если закрепить дугу изгиба внешнего берега реки рядом свай (забитых в естественный откос берега), то первоначальный откос перед сваями будет смыт во время паводка, и максимум глубины реки подойдет к самому свайному ряду; при расположении сосунов в реке перед свайным рядом, не приходится опасаться заноса их, а наоборот, надо ожидать увеличения глубины под ними.

С этой точки зрения следует помещать водоприемник не на прямом участке берега, а на дуге, выправив весь внешний берег реки одной дугой.

Дно под сосуном первоначально нужно покрыть камнем, для чистоты места у сосунов. Впоследствии дно под сосуном опустится вместе с камнем.

Необходимо обратить внимание на надежность свайного ряда, так как он может работать как подпорная стенка.

Если кривизна русла недостаточна, то против сосунов вызывают ускорение течения путем устройства второго свайного ряда, расположенного близ сосунов параллельно берегу, на расстоянии от береговой свайной стенки 1,5 — 2,5 *м*, а выше и ниже по течению отходящих дальше от берега ввиде крыльев с углом наклона этих крыльев (в плане) 1 : 1,5 — 1,2 (фиг. 66); позади свайного ряда делают каменную насыпь. Струя воды, входя в проток у сосунов, получает увеличение скорости и проносит муть мимо, отлагая ее ниже сосунов (при выходе из прохода).

Подобный тип водоприемника носит иногда название „эжекторного". Его можно применять и в случае расположения приемных концов труб далеко от берега (если дно реки идет полого, т. е. на прямых участках реки); в таком случае проток около сосунов образуется двумя свайными рядами с каменной отсыпью за ними — одним со стороны берега, другим со стороны реки (фиг. 67), в случае грунта, не допускающего забивки свай, — двумя рядами аналогичного очертания в плане; такие водоприемники хорошо работают при естественной скорости воды в реке около 1 *м*.

Эжекторный тип оголовка применяется и для весьма крупных водоприемников, например для водоснабжения лесных заводов в Сталинграде (у Ельшанки) (фиг. 68), где вода от такого оголовка берется по всасывающим трубам насосами, установленными на насосной станции, отделенной от берега и имеющей вид мостового быка.

В случае необходимости особой защиты приемных концов труб от повреждений (сплавом, плотами или вообще плавающими предметами) и помещения их с этой целью в бухточке при мутной воде во избежание отложения в этой бухточке мути целесообразно забить против концов труб свайный ряд (фиг. 69), расположенный под углом к берегу и создающий ускорение течения в бухточке, обеспечивая этим вынос осадков дальше и отложение их в реке ниже водоприемника.

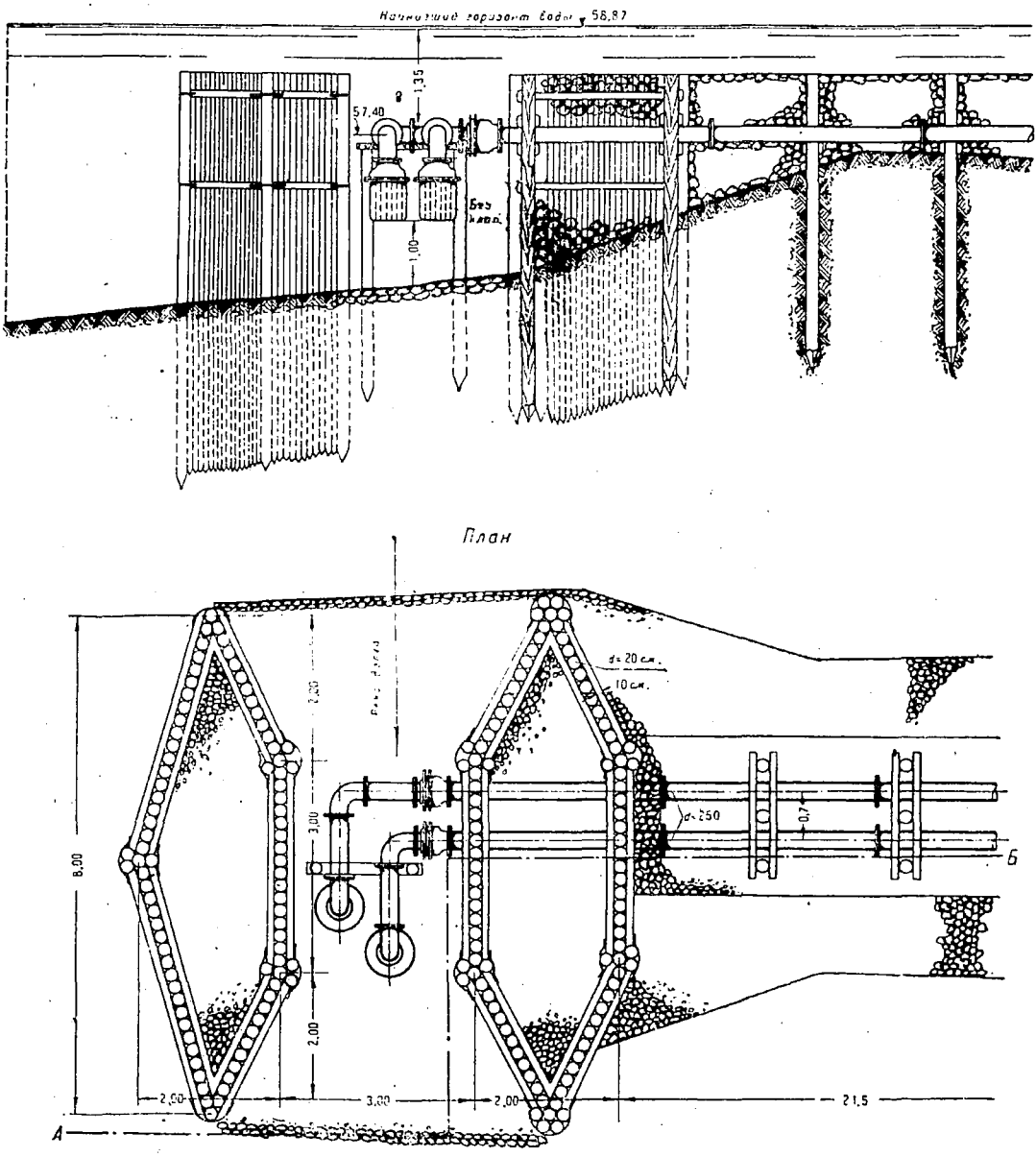
Во всех указанных типах водоприемников верх их доводится только до низа ледяного покрова, во избежание повреждений льдом.

Опытами проф. Мпловича над моделью небольшого водоприемника установлено, что при обтекании последнего водою получается подпор перед водоприемником, резкое понижение уровня воды с боков и вихревое движение за ним (фиг. 70). Этот вихрь и производит размыв грунта.

Для наилучшей защиты от занесения труб песком забор воды следует производить у внешней стенки водоприемника, как показано на фиг. 71.

В случае необходимости пользования водою с большим содержанием мути (во избежание засорения конденсаторов при применении воды для охлаждения) иногда пропускают воду через мелкие сетки (например, системы Гейгера), вращающиеся ва барабане и подвергающиеся непрерывной очистке от оседающей на них мути такое устройство имеется на Московской электрической станции (МОГЭС), а равно и на нескольких бумажных фабриках (требующих осветленной воды).

В водоприемнике МОГЭО (фиг. 72) интересны способ забора воды из реки и способ очистки ее от мути.



Фиг. 67. Водоприемник эжекторного типа.

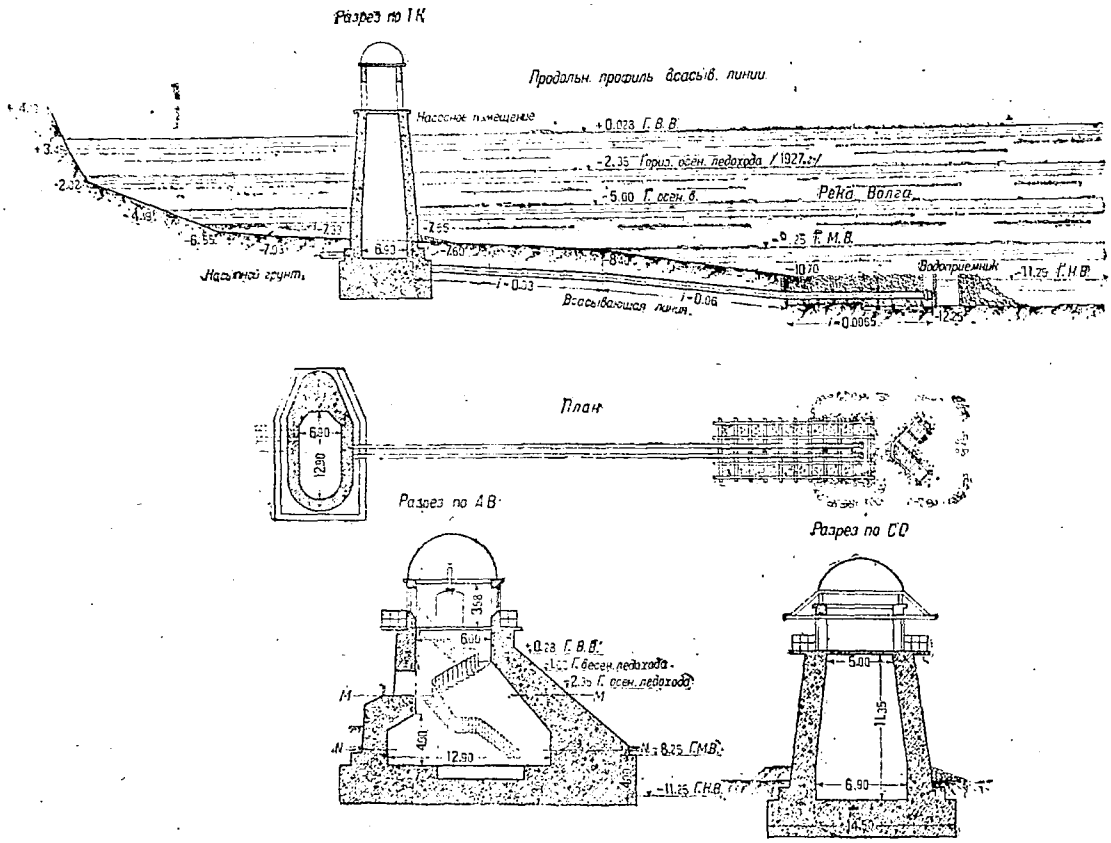
Электростанция берет для охлаждения из Москва-реки 32 000 *м*³/*час* (выпуская нагретую воду в ту же реку); описываемый водоприемник, выстроенный в 1927 г., подает 15 000 *м*³/*час*.

Водоприемник имеет следующее устройство.

В реку выдвинута аванкамера для забора воды, доведенная до места с глубиною при низкой воде 0,85 *м*; это место находится в 8 *м* от набережной; аванкамера деревянная, из досчатого пола, настланного по прогонам, опирающимся на сваи боковых стенок и перекрытия; ширина аванкамеры 18 *м*, перекрытие находится ниже уровня самых низких вод. Впуск воды бывает при низкой воде через окна в вертикальной стенке, которые при повышении уровня воды закрываются щитами, и тогда вода поступает через окна в перекрытии. Площадь впускных окон определена по скорости впуска 0,30 *м/сек.* и равна 14 *м*².

Береговой водоприемник в виде бетонного колодца, размерами в плане 6,20 × 18,0 *м*, разделен на 3 отделения, работающих параллельно и выключаемых для очистки независимо одно от другого. Площадь впускных окон для воды определена по скорости 0,70 *м* в сек., кроме окон для приема воды из аванкамеры, через которых имеет отметку + 0,20 *м*, имеются окна с отметкою верхнего края + 2,50 *м* для приема воды при достаточно высоком ее уровне.

Вода, поступившая в окна берегового водоприемника, пропускается через подвижные фильтрующие сетки. Сетка находится в постоянном движении. Количество мути, оседающее на нее, так велико, что в случае установки неподвижной решетки потребовалась бы чрезвычайно частая замена и прочистка этой решетки; подвижная же сетка поднимается вращающимся барабаном вверх, выше уровня воды, и подвергается обмыванию струей воды, грязная вода отводится в канализацию, а дальше лента движется вниз уже очищенною.



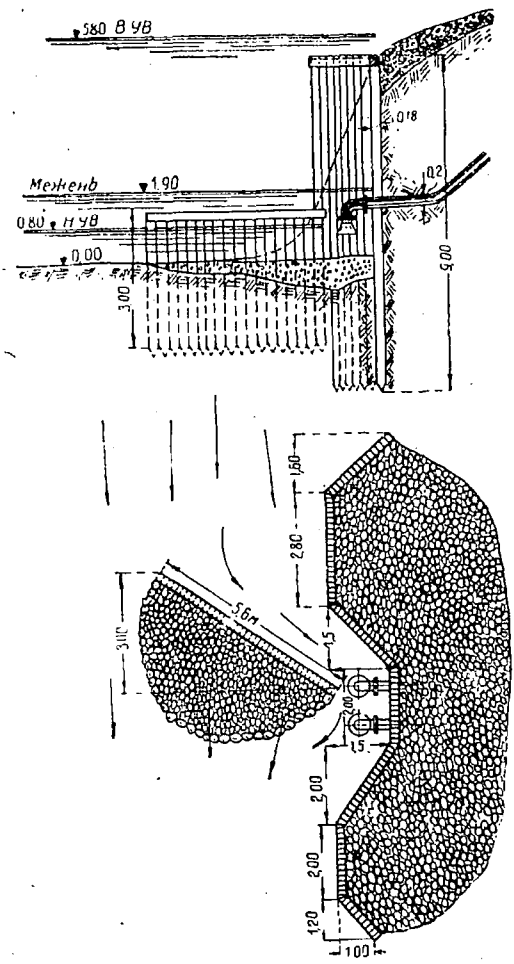
Фиг. 68. Водоприемник с насосной шахтой в виде мостового быка.

Такая схема для больших водоприемников является экономически выгодною. Неудобство ее состоит в том, что очищать подвижную сетку можно только поднимая ее выше уровня воды; верхний барабан сетки должен подниматься на 4 *м* выше уровня самых высоких вод.

При всех типах водоприемников общая площадь сечения водовпускных отверстий должна быть определена по расчету, чтобы скорость поступления в них воды была достаточно мала и вода не могла увлекать с собою муть; при воде с малым содержанием мути скорость входа желательна 0,5 — 0,7 *м/сек.*

Одним из хороших способов недопущения мути в водоприемник является забор воды не

непосредственно из реки, а из отстойных бассейнов (затонов), устраиваемых в берегу и носящих название водоприемных ковшей; вода из реки, до поступления в водоприемные трубы, проходит с малою скоростью через ковш, оставаясь в нем достаточно продолжительное время и отлагая осадок. Ковш периодически очищают от осадка посредством землечерпалок или иным способом.



Фиг. 69. Водоприемник в виде бухты с направляющим свайным рядом.

Для большинства случаев (по местным условиям) устройство ковшей в качестве отстойников оказывается дорогим, и задержание мути экономичнее производить другими способами; устройство ковшей целесообразнее при наличии в реке, кроме мути в половодье, также донного льда осенью, так как ковш является одним из лучших типов водоприемника для обеспечения от закупорки труб донным льдом.[1]

[1] Изучение донного льда и борьба с ним широко поставлены в Ленингр. гос. гидрологическом и-те (проф В. Я. Альтберг).

Донный лед и мероприятия для защиты от него

Явление донного льда имеет место в реках с быстрым течением и с малою глубиною в начале зимы до ледостава.

Как известно, вода при переходе из жидкого состояния в твердое выделяет громадное количество теплоты (80 *кал*), сохраняя при этом переходе температуру в 0°, т. е. один объем воды, охлажденный до нуля, при переходе в состояние льда, способен поднять температуру 80 таких же объемов окружающей его массы воды на 1°. Когда воздух охлажден ниже нуля, а вода еще не покрыта льдом, который мог бы ее изолировать от холодного воздуха, нередко наблюдается переохлаждение воды, выражающееся тысячными долями градуса; чем мельче река, тем больше вероятия,



Фиг. 70. Размыв грунта у водоприемника.

что такое переохлаждение воды дойдет до дна реки. При быстром течении в реке частица переохлажденной воды легко может перейти в состояние льда, так как нагретые ею при кристаллизации частицы воды уносятся течением, и наросший на каком-нибудь предмете кристаллик льда станет увеличиваться за счет притока свежей струи переохлажденной воды образуя „донный лед".

Выступы дна, как места, непрерывно омываемые переохлажденной водой, являются наиболее благоприятными пунктами для выделения кристаллов, чем и обусловлено образование льда именно на дне реки.

На реках наибольшее образование льда наблюдается в порогах.

Образование донного льда находит особо благоприятные условия на металлическом предмете, выступающем в реку, каковым является конец водоприемной трубы: благодаря большой теплопроводности металла, он быстро

будет отнимать от воды то тепло, которое выделяется при кристаллизации.

В процессе образования льда важна не столько температура воды, сколько теплообмен.

Рост донного льда может происходить, по наблюдениям проф. Альтберга, двояким путем:

1) Путем непосредственного роста кристаллических элементов за счет запаса холода, непрерывно доставляемого притекающей переохлажденной водой, уносящей затем теплоту, выделяемую при кристаллизации.

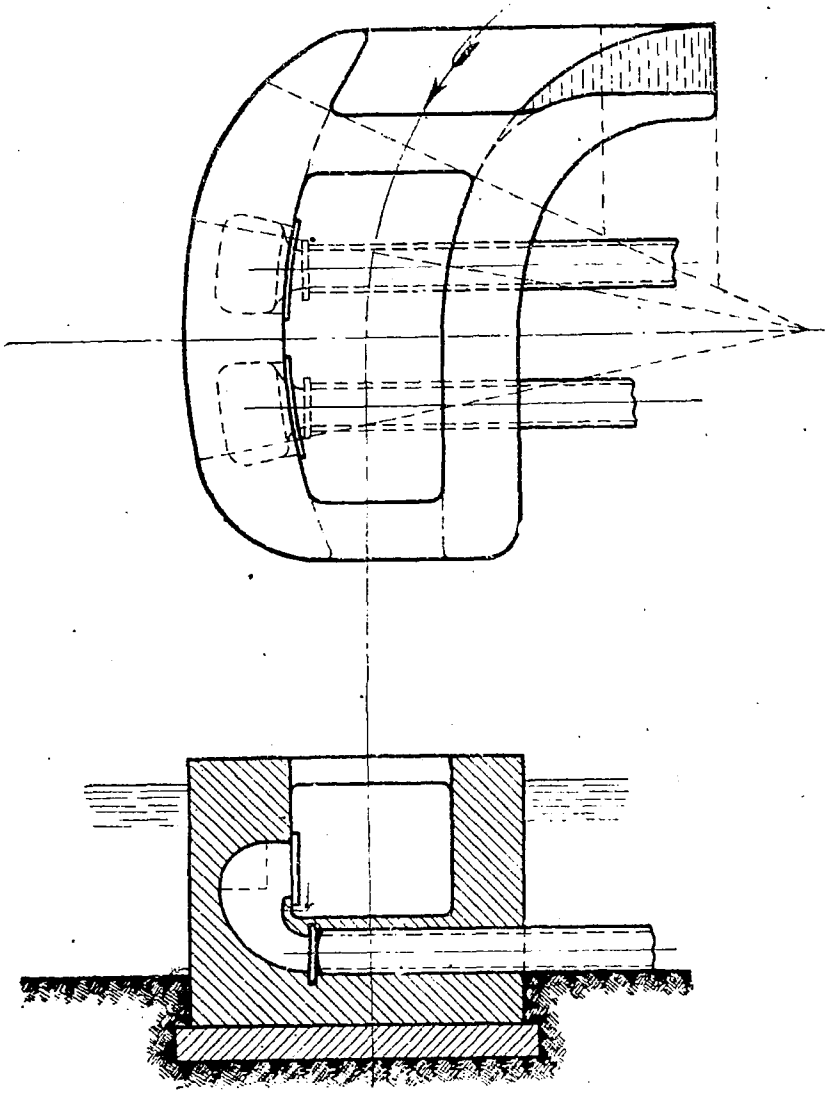
2) Путем массового присоединения и применения мелких элементов льда, постоянно находящихся в воде.

С установлением ледостава резко падает теплоотдача воды, и вместе с этим прекращается всякая возможность образования донного льда.

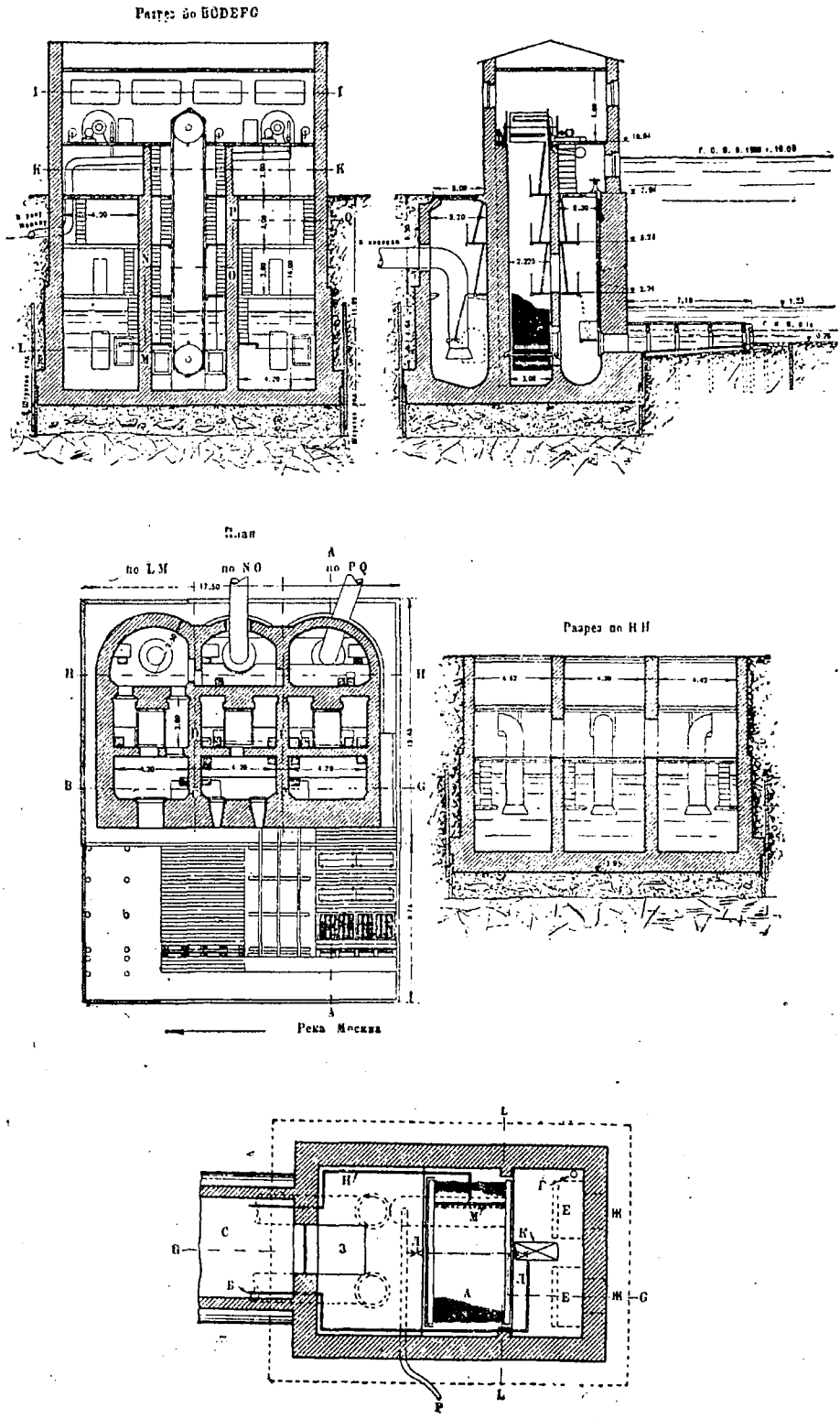
Некоторые наблюдатели указывают, что донный лед образуется больше там, где дно понижается по направлению течения реки, а потому прием воды надо устраивать в местах, где дно повышается по направлению течения, так как восходящие струи воды обычно теплее.

Способы предохранения водоприемных решеток от закупорки донным льдом должны основываться на том, чтобы лишить поду до ее поступления в трубы переохлажденного состояния.

Для предупреждения от закупорки водоприемных труб донным льдом возможны мероприятия двух родов: или забор воды из ковша, где вода находится в спокойном состоянии и потому донный лед не может образоваться, или обогревание впускных решеток водоприемника (электр. током или горячею водой и паром).

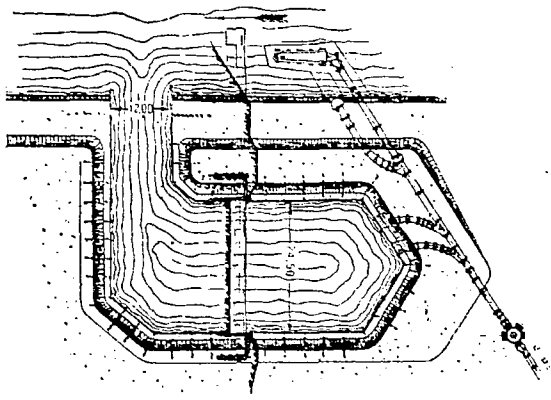


Фиг. 71. Модель оголовка Сталинградского водоприемника.



Фиг. 72. Водоприемник МОГЭС с подвижной сеткой.

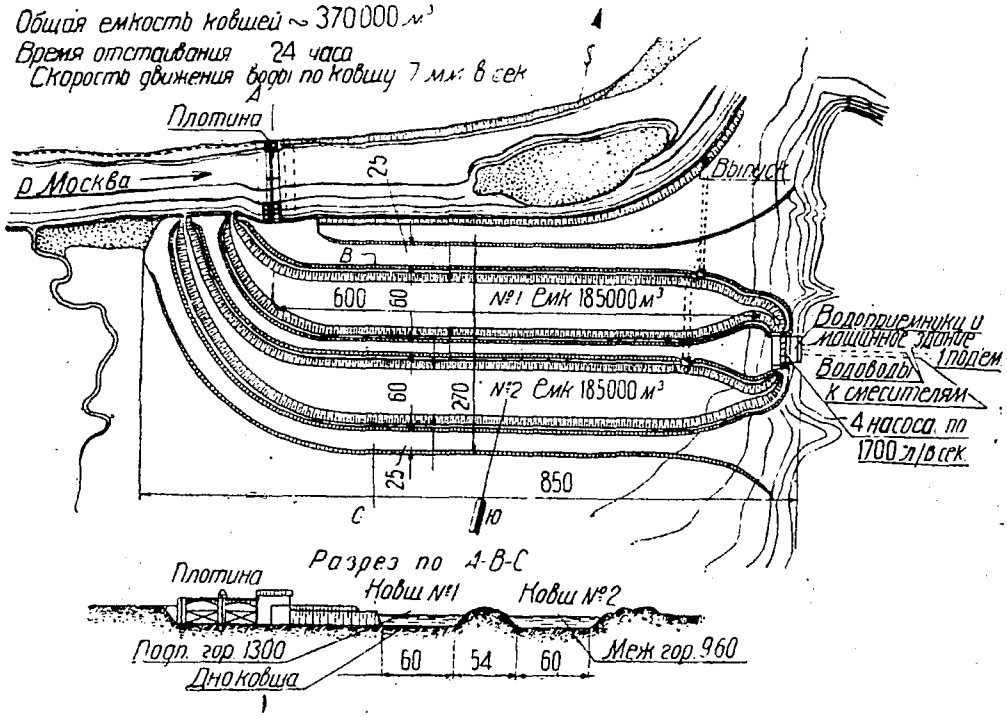
Варшава получает воду из Вислы, имеющей малую глубину и значительную скорость течения; вода забирается тремя всасывающими трубами диаметром до 0,90 *м*, которые первоначально были введены непосредственно в реку, где оканчивались сосунами (длиною по 6,3 *м*, диам. 0,56 *м* у конца и 1,0 *м* у присоединения в трубе); верхняя часть сосунов была снабжена отверстиями с общею площадью сечения в 1,4 раза более сечения трубы. Ввиду заноса мелким песком и закупорки донным льдом, было устроено 3 ковша (по одному у каждого сосуна) (фиг. 73). Длина каждого ковша 50 *м*, ширина по дну 24,5 *м* и глубина около 3 *м*;



Фиг. 73. Варшавский ковш.

бассейны вырыты в земле и окружены шпунтовыми стенками, укрепленными помощью анкерных свай. Ковш соединен с рекою каналом шириною 12 *м* и расположен вдоль реки против течения так, что речной поток при входе в ковш должен повернуться на 180°. От всасывающей трубы в бассейн отходят 2 отростка диаметром по 0,75 *м*.

Для забора воды новою насосною станцией Рублевского водопровода проектируется устройство 2 ковшей (фиг. 74), рассчитанных на подачу 370.000 *м*³ в сутки. Ковш имеет ширину 50 *м*, длину около 600 *м* и среднюю глубину при наивысшем уровне воды в реке около 6 *м*, так что общая емкость при половодье (когда вода особенно глубока) составляет около 360 000 *м*³ и пребывание воды в ковше около 24 час. при средней скорости протекания 7 *м/сек*. При наинизшем уровне время отстаивания уменьшается до 6 час. Вода поступает в ковш из верхнего бьефа реки Москвы (выше плотины, устроенной непосредственно ниже входа в ковш); вход в каждую половину ковша, шириною 6 *м* выполняется с вертикальными бетонными или железобетонными стенками и таким же дном, для уменьшения возможности образования наносов в этом месте снабжен специальным щитовым затвором.



Фиг. 74. Рублевский ковш.

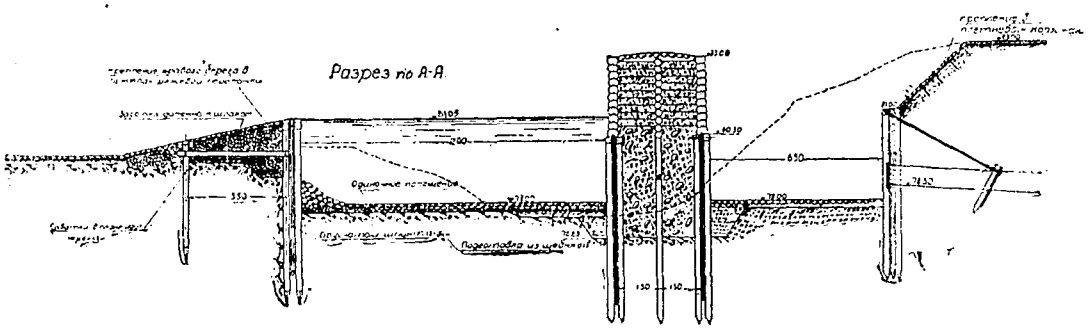
Уровень верха дамбы, окружающей ковш, намечен на 1 *м* выше уровня высших вод; наружные откосы дамбы со стороны берега будут одернованы. Речной откос будет укреплен двойным свайным рядом и двойной мостовой. Внутренние откосы ковша предпола-

гается замостить бутовым камнем и укрепить свайным рядом от оползания.

Дну ковша придан подъем по направлению движения воды. Первая треть ковша имеет назначение служить песколовкой; со стороны реки песколовка ограждена поперечным шпунтом. Дно ковша у водоприемника (т. е. у верхнего конца) проектируется несколько выше среднего уровня дна реки для возможности выпуска воды из ковша (по трубам) в нижний бьеф реки.

придавая приемному концу такую длину, чтобы при повороте его вверх фланец, присоединяющий сетку или клапан, оказался выше уровня низких вод.

В случае большего расстояния от водоприема до насосной станции и устройства промежуточного всасывающего (берегового) колодца часть линии от оголовка до колодца будет самотечною и будет выполнена или из труб или в виде галлереи (деревянной или бетонной).



Фиг. 75. Водоприемник Надеждинского завода.

Прием воды для Надеждинского металлургического завода (фиг. 75) проектируется из Каквы, на которой наблюдается обильное образование донного льда; ковш отделяется от русла реки путем постройки продольной перемычки шириною 3 *м*; ширина ковша 6,5 *м*, длина около 65 *м*; в перемычке предусмотрены 2 отверстия, закрываемые щитами, у верхового и низового ее концов, что позволит производить промывку ковша. Водоприемные трубы берут воду из ковша на расстоянии около 40 *м* от верхового входа.

Для борьбы с донным льдом предусмотрен подвод отработанной (нагретой) воды от конденсаторов к обоим входам в ковш.

Мероприятия для предохранения водоприемных решеток в период образования донного льда состоят в уменьшении скорости входа воды (путем увеличения площади входных отверстий) и в нагревании решеток электричеством (установкою реостатов) или паром, подводимым по трубам к особой трубчатой раме, помещаемой впереди решеток.

д) Всасывающие и самотечные линии и береговые колодцы

Как указывалось, в случае близкого расстояния от насосной станции до места приема воды, она берется из реки непосредственно всасывающими трубами; последние оканчиваются в реке приемною сеткою, не пропускающею засорений, а также могут снабжаться и всасывающим клапаном; при отсутствии последнего заполнение трубы при каждом пуске в ход насоса должно производиться вакуум-насосом.

Для осмотра и смены сетки и клапана без помощи водолазов, приемный конец трубы следует соединять с неподвижною частью трубы посредством шарнира (на сальнике),

Приемный конец самотечной трубы обычно снабжается не сеткою, а только уширением (раструбом), иногда закрываемым грубою решеткою (из полосового железа сечением около $1{,}0 \times 2{,}5 - 5{,}0$ *см* с просветами около 2,5—5,0 *см*).

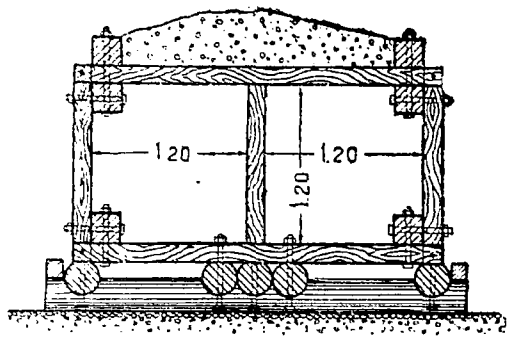
Число труб (как всасывающих, так и самотечных) делается не менее двух, и диаметр их определяется так, чтобы при полном наибольшем потреблении воды насосами и работе всех труб скорость движения воды в них была около 0,65—0,80 *м/сек*, а при выключении одной из труб скорость повысилась бы до величины около 1,30—1,50 *м/сек*; при последней величине скорости будет обеспечена промывка линии от могущих быть отложений, что необходимо для самотечных линий. Для удаления осадков в реку обычно устраивают в береговом колодце приспособления для обратной промывки самотечной линии путем соединения самотечной линии с напорной, непосредственно или через всасывающую; в это время выпускной конец самотечной линии в береговом колодце должен быть закрыт (задвижкою или дроссель-клапаном).

Диаметр приемного конца трубы назначается так, чтобы площадь сечения выходных отверстий была в 1,3—2,0 раза более площади сечения трубы.

Продольный профиль приемной (самотечной или всасывающей) трубы определяется требуемою глубиной укладки ее на участке вне уреза воды (где трубу следует укладывать на глубине не менее глубины промерзания грунта); в части, всегда покрытой водою, труба может быть уложена или непосредственно на дно реки с помощью шарниров между отдельными звеньями трубы или на подсыпке из камня или на сваях (на поперечинах, связывающих парные сваи, забиваемые через 1—2 *м*

по длине трубы); при укладке трубы на дно она защищается сверху от подмыва и повреждений каменною засыпкой.

Всасывающие трубы следует делать железными, особенно на участке, располагаемом выше уровня низких вод, где в случае неплотности стыков в трубу мог бы поступать воздух. Самотечные трубы могут быть как железными, так и чугунными и даже деревянными.



Фиг. 76. Водоприемная труба Сталинского завода (разрез).

На фиг. 76 и 77 представлена самотечная труба водоприемника Сталинского завода.

Водоприемник рассчитан на подачу 2,8 $м^3/сек$. Вода из реки входит непосредственно в деревянную самотечную трубу, составленную из поперечных брусьев с промежуточною стенкою, разделяющею трубу на 2 отделения, с внутренними размерами (в свету) 1,20 × × 1,20 *м* каждое.

Подобная деревянная самотечная труба обычно оканчивается в реке оголовком в виде ряжа, в пределах которого сечение трубы расширяется. К береговому колодцу труба примыкает посредством деревянной рамы, закладываемой в стенку колодца, к которой и присоединяется крайнее звено трубы.

Для очистки трубы типа сталинской от осадков следует предусмотреть ее промывку или обратною струею водою, или прямою — при удвоении скорости течения воды по трубе; для возможности промывки должны быть установлены в береговом колодце затворы (щиты) на входном конце каждой из труб.

Самотечная линия нередко устраивается также в виде шпунтовой галлереи, которую следует делать обязательно двойною для возможности поочередной очистки. Галлерею можно устраивать непроходимою, и в таком случае ее очистка производится промывкою, а потому и сечение ее должно быть взято по расчету на скорость при промывке (т. е. при работе одного отделения) не менее 1,30 — — 1,50 *м/сек*; иначе можно устраивать галлерею проходимою, и в этом случае потолок ее устраивается выше уровня самых низких вод, а оголовок снабжается пазами для установки щитов, чтобы можно было ежегодно после наводка (при низком горизонте воды) опоражнивать поочередно каждую половину откачкою воды и производить очистку галлереи.

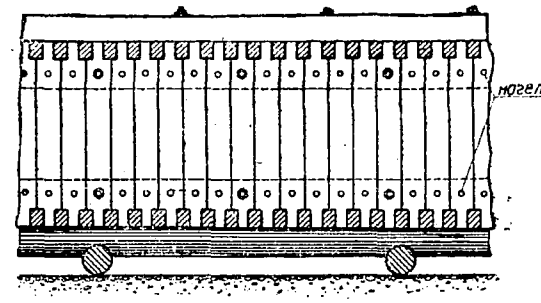
Всасывающие трубы забирают воду из берегового колодца.

Нередко при мутной воде береговой всасывающий колодец разделяется на 2 части подвижною сеткою, через которую проходит вся вода из самотечной линии. Чтобы избежать попадания ко всасывающим трубам вподоводье непрошедшей через сетку поды и в то же время не увеличивать высоты сетки, можно устраивать над приемным концом всасывающей трубы сплошной настил, доводя сетку только до этого настила, подобно тому, как это сделано в Рублевском водоприемнике.

Удаление осадков из всасывающего колодца обычно производится эжектором. Для возможности поочередной очистки иногда (при большом количестве осадков) разделяют береговой колодец на 2 части еще продольной перегородкой.

Следует иметь в виду, что всасывающий колодец никогда не должен служить отстойником, так как емкость его бывает слишком мала и пребывание в нем воды слишком кратковременно, увеличивать же его емкость неэкономично.

Всасывающий колодец иногда делают незатопляемым, но иногда (для удешевления) допускают его затопление; в этом случае следует доводить колодец до такой высоты, чтобы он был затоплен не более 20—30 дней в году: люк для входа в затопляемый колодец должен закрепляться болтами (во избежание всплывания при высокой воде).



Фиг. 77. Водоприемная труба Сталинского завода (продольный разрез).

Незатопляемый всасывающий колодец при значительных колебаниях уровня воды в реке будет весьма дорогим сооружением, и иногда выгодно объединить его в одно сооружение с насосной станцией.

Подобный тип всасывающего колодца запроектирован для Пермского бумажного комбината.

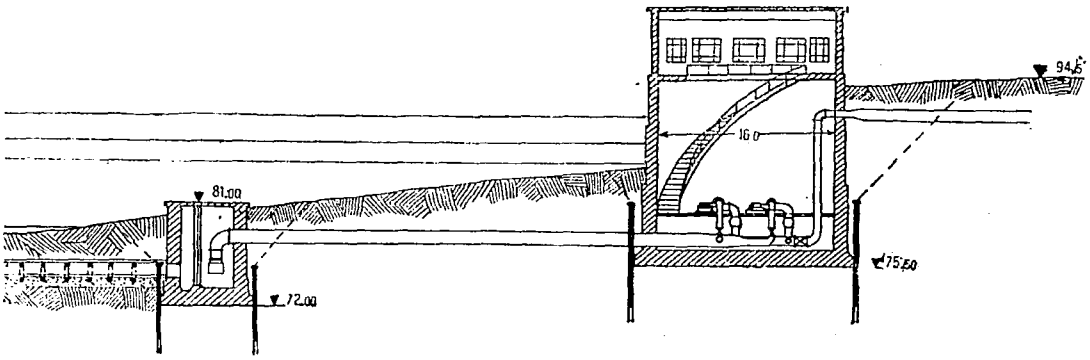
Всасывающий колодец и насосная станция в этом варианте проекта совмещены в одном здании. Здание имеет овальный вид в плане, с радиусом овала 6,20 *м* и общей длиной 23—80 *м*. Высота здания диктуется амплитудой колебания горизонтов и доведена до отметки 99,00 (высота 27,80 *м*).

Забор воды происходит через отверстия шиберов, расположенных в наружных стенках водоприемника, в месте подхода самотечной галлереи.

Согласно заданию, водоприемный колодец оборудуется мелкими сетками для механической очистки воды. Колодец разбит перегородками на четыре самостоятельных камеры, по числу насосов, что дает возможность производить очистку отдельных камер, не останавливая других агрегатов. Совмещенная насосная станция с водоприемником разделяется по высоте на 3 этажа. Первый—нижний—этаж

Самотечная галлерея — та же, что и в первом варианте, но меньшей длины, а именно 85 *м*.

Береговой колодец запроектирован бетонным, в плане овальной формы, и сооружается в затопляемой пойме реки на расстоянии 57 *м* от меженного уреза воды; колодец выведен только на поверхность земли. Внутри колодца устанавливаются водоочистительные сетки и помещаются сосуны всасывающих труб.

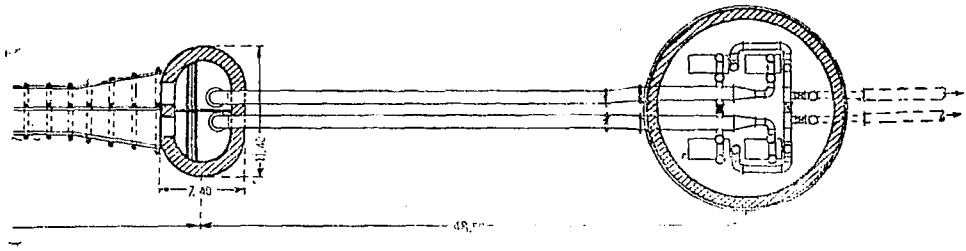


Фиг. 78. Водоприемник Пермского бумкомбината с горизонтальными насосами.

является водоприемными камерами, во втором этаже устанавливаются насосы и монтаж внутренней сети, а в верхнем этаже помещаются электромоторы и подъемные приспособления сеток и шиберов. Кроме того насосная станция оборудована краном. Высота нижнего этажа диктуется, с одной стороны, отметкой подхода самотечной галлереи, с другой, — высотой всасывания насосов, в данном

Всасывающая линия длиной 45 *м* состоит из 2 труб диаметром по 1200 *мм* каждая.

Насосная станция запроектирована железобетонной и имеет форму круглой шахты с внутренним диаметром 16,00 *м*. Шахта заглублена на 17 *м* и расположена выше максимального горизонта, на бровке верхней террасы поймы Камы. Насосная станция оборудована четырьмя горизонтальными насосами



Фиг. 79. Водоприемник Пермского бумкомбината с горизонтальными насосами (план).

случае запроектирована в 6,50 *м*, и отметка пола третьего этажа зависит от максимального весеннего горизонта из условия незатопляемости.

Насосная станция оборудована четырьмя вертикальными насосами, из которых три рабочих и один резервный, производительностью по 1,1 *м*³/*сек*.

Устройство совмещенных насосной станции и всасывающего колодца выгодно при насосах с вертикальной осью; в случае необходимости установки горизонтальных насосов, площадь насосной шахты увеличивается, и ее приходится устраивать отдельно от водоприемного колодца. Фиг. 78 и 79 представляют вариант водоприемника и насосной шахты для того же бумажного комбината, но для случая установки и горизонтальных насосов.

из которых один — запасной. Установочная мощность станции 3300 *л. с.*

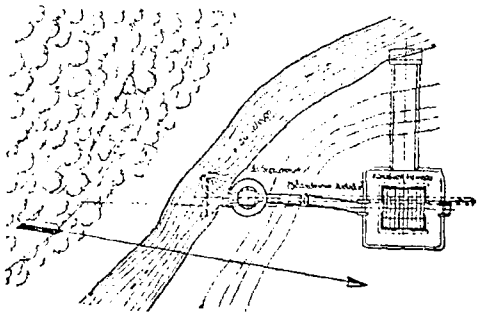
Напорная линия состоит из двух деревянных труб диаметром 1300 *мм* каждая и длиной по 1200 *м* каждая.

Ориентировочная стоимость водозаборных сооружений и насосных станций по варианту 1-му — 1 555 000 руб., а по варианту 2-му — 1 765 000 руб., т. е. на 14% дороже.

3) Прием воды из рек малой глубины и из рек с перемещающимся руслом

Если глубина воды в реке при наинизшем горизонте недостаточна для расположения водоприемных сооружений, то приходится или поднимать уровень воды путем устройства водоподъемной плотины, или заглубляться

с водоприемником в дно реки; последний способ применяется и в реках с перемещающимся руслом, для обеспечения наименьшей глубины,



Фиг. 80. Водоприемник на р. Ди-Шеуда (план).

необходимой для приема воды, т. е. высотою около 3,0 — 3,5 *м*.

В случае неразмываемого скалистого грунта подходит тип бетонной водосливной (глухой) плотины, как например плотина на р. Яя (для водоснабжения Анжеро-Судженских копей), естественная глубина которой в межень

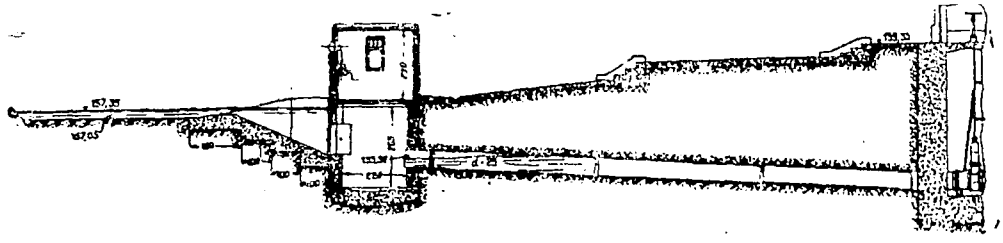
верстие (донный водоспуск), открываемое по мере надобности.

Вода забирается двумя всасывающими трубами, уложенными непосредственно выше плотины по течению реки, которые для предохранения от повреждения льдом и лесосплавом ограждены ряжами.

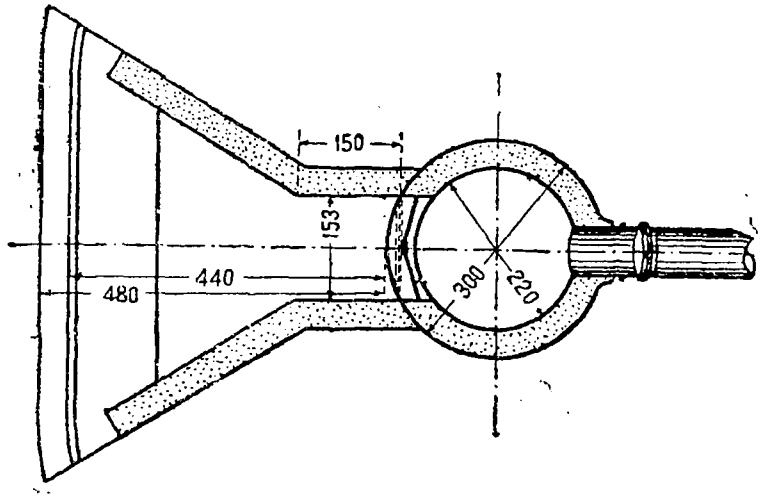
В случае размываемого русла глухая плотина непригодна, так как за нею будут быстро отлагаться насосы, почему и устраивают разборчатые плотины различного типа.

Вместо подъема уровня воды плотиною, стоимость которой нередко весьма значительна, иногда устраивают водоприемник, располагаемый возможно ниже. Примером может служить водоприемник г. Альбани в виде плоского ящика, устанавливаемого на дне реки, в который вода поступает только сверху; водоприемная труба отводит воду из этого ящика. Такой тип неудобен тем, что центральная камера легко может заполниться осадками, которые трудно удалять.

При заборе воды из живого сечения мелких рек лучше пользоваться трубою или галлереей, допускающими промывку путем повышения скорости течения, и не устраивать оголовков



Фиг. 81. Водоприемник на р. Ди-Шеуда разрез).



Фиг. 8 . Водоприемник на р. Ди-Шеуда (береговой колодец).

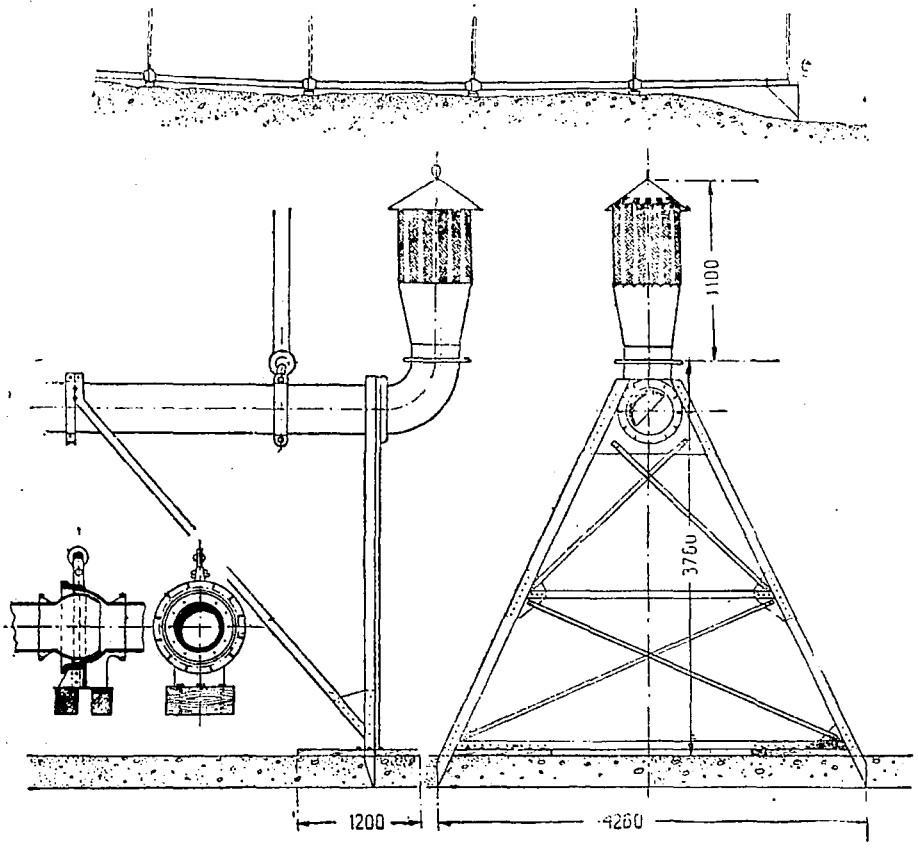
1,25 — 1,50 *м*. Для удаления мути, накопляющейся за плотиной, у самой пониженной точки дна в плотине делается промывное отверстие, закрываемое по мере надобности.

такого типа, в которых может происходить отложение осадков в мало доступном для очистки месте.

При мелком потоке с чистой водой и неразмываемом руслом можно применять устройство по типу водопровода Грознефти (в г. Грозном) из Дп-Шеуды (фиг. 80, 81 и 82). Эта речка питается водою из ключей, выбивающихся через ее дно, имеет глубину около 0,50 *м*, но расход 60—75 000 *м*³ в сутки и даже более.

Река преграждена неглубокой плотиной, поднимающейся на 0,35 *м* и врезывающейся в русло на глубину 0,60 *м*. Таким образом ее назначение — только создать небольшой подпор и несколько затруднить движение воды вниз по естественному руслу.

На расстоянии около 10 *м* выше плотины у одного берега устроена приемная камера,



Фиг. 83. Водоприемник из озера Констанца.

приемный лоток длиною 6 *м* расположен под углом около 45° к оси реки и постепенно сужпвается и углубляется, доходя до уровня 1,60 *м* ниже поверхности воды, на которой имеет ширину 1,55 *м*. Этот лоток подводит воду к стенке приемного колодца. Входнов отверстие в колодец закрывается железною решеткою. Диаметр колодца 2,20 *м*. Из колодца вода поступает по трубопроводу диаметром 6,25 *мм* в камеру задвижек. Водоприемник рассчитан на подачу около 45 000 *м*³ воды в сутки.

В реках с ложем, состоящим из галечника, которые обладают способностью с течением времени сильно менять свое русло, рационально устраивать прием воды не из живого сечения реки, а из подруслового потока, т. е. извлекать воду, профильтровавшуюся в русло; вода забирается или горизонтальными водосборными трубами или галлереями, или вертикальными колодцами.

Забор подрусловой воды горизонтальными трубами целесообразен при небольшой толщине слоя водопроницаемого галечника и неглубоком (на 4—5 *м*) залегании под ним непроницаемой породы (скалы или глины), и при условии, что вода реки не несет мелкой глинистой мути или мелкого песка. В этом случае поперек русла вырывается канава (по возможности до непроницаемого слоя), в которой или устраивается водосборная галлерея с отверстиями в верховой (по течению реки) стенке и со сплошной низовой стенкой, или же укладываются трубы с отверстиями в стенках; затем канава засыпается крупным гравием и сравнивается с уровнем естественного дна реки; галлерея пли труба получает уклон к сборному колодцу близ берега, из которого вода поднимается насосами.

В случае содержания мути в речной воде засыпка канавы может с течением времени заилиться, и фильтрация воды в канаву прекратится.

В случае большей глубины подруслового потока (10 — 15 *м*) вода забирается колодцами, диаметр которых зависит от крупности гальки; при мелком галечнике целесообразны буровые колодцы, а при крупном — опускные колодцы большего диаметра. В случае опускания колодцев кессонным способом (без водоотлива) нижняя часть колодца устраивается в виде кессона и снабжается перекрытием, в котором укрепляется шахта со шлюзом для производства работ.

Вода из отдельных водоприемных колодцев подается к насосной станции (располагаемой на берегу) всасывающими трубами или сифоном.

При русле реки, состоящем из крупного чистого песка, воду берут иногда колодцами, устраиваемыми или на берегу, или на песчаной отмели, или островке посреди реки, чем достигается естественная фильтрация речной воды; этот способ хорош при отсутствии в воде в половодье глинистых частиц, которые могут (при просачивании воды из реки к колодцам) заплыть поры между песчинками грунта и вызвать прекращение фильтрации.

2. Водоприемники из озер

Водоприемники озерной воды следует помещать на глубоком месте возможно дальше от берега, в особенности дальше от места попадания в озеро стоков, а также и от места втекания в озеро притоков воды. Приемник должен быть защищен от волнения.

Отметим, что большинство городов, пользующихся озерною водою (Цюрих, Женева, Чикаго и др.), должны были для получения наиболее чистой воды постепенно выдвигать свои водоприемники далеко в озеро.

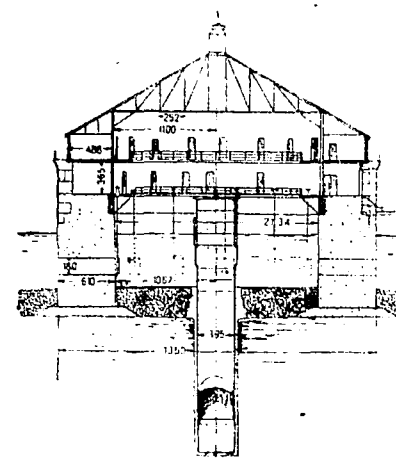
Водоприемные отверстия помещаются ниже самого низкого уровня воды в озере и притом на глубине, где они обеспечены от попадания плавающих тел и от замерзания; толщина льда в озерах близ берегов может достигать 0,7 — 1,0 *м*. В то же время нельзя располагать приемных отверстий близ дна, где находятся муть и илистые отложения.

Иногда летом берут воду на большей глубине, чем зимой, ради получения более свежей воды; так например, в Цюрихе летом берут воду на глубине 16 *м*, а зимою — 4 *м*.

Простейший водоприемник состоит из трубы, заборный конец которой снабжен сеткою (сосуном); на фиг. 83 показан приемник в Констанце, удаленный от берега на 400 *м* (до глубины 40 — 50 *м*). Труба (собранная на плаву и опущенная по заполнении водой) уложена не прямо на дно, а на деревянные подкладки.

Для получения воды с разных глубин труба может оканчиваться подвижным звеном, как это сделано в Штутгарте, где подвижная часть поднимается посредством лебедки и цепи. Большие водоприемники часто устраиваются в виде колодца значительного диаметра, со стенками из бетона или из ряжевых ящиков, в центральную часть которого входит водоприемная труба, отводящая воду к берегу; труба эта идет или по дну озера или под дном (в тоннеле).

Бетонный водоприемник города Буффало (фиг. 84), островного типа (так наз. криб), состоит из колодца, внутренним диаметром 21,34 *м*, со стенками толщиною 6,10 *м*; стены составлены из склепанных стальных листов, промежуток между которыми заполнен бетоном. Весь приемник установлен на бетонном основании. В стенах устроено 12 отверстий, сечением 1,8 × 1,8 *м*, закрываемых изнутри



Фиг. 84. Водоприемник гор. Буффало.

щитами. В середине колодца находится вертикальная цилиндрическая шахта, диаметром 3,95 *м*, имеющая в верхней чугунной части отверстия, через которые вода, находящаяся в колодце, попадает по шахте в тоннель, идущий к берегу под дном озера на протяжении около 2 *км* и далее под землею от берега к городу на протяжении 130 *км*; тоннель — бетонный, сечением 2,75 × 2,30 *м*. Над бетонными стенами водоприемника устроены котельная и служебное помещение.

Для водопровода Ленинграда из Ладожского озера запроектирован водоприемник (фиг. 85) также островного типа (криб), имеющий внутренний диаметр 12 *м*, высоту над дном 20 *м*; стенки (бетонные) толщиною 5,5 *м*. При проектировании водоприемника обращалось особое внимание на борьбу с донным и плавающим льдом, весьма опасным на Ладожском озере, водоприемник разделен на две независимых половины (для поочередной очистки). Вода из озера поступает в окна, расположенные на 2 уровнях и снабженные сетками, которые можно нагревать электрическим током; из этой части вода переливается через окна в центральную шахту, из которой берет начало самотечный тоннель, подводящий воду к берегу.

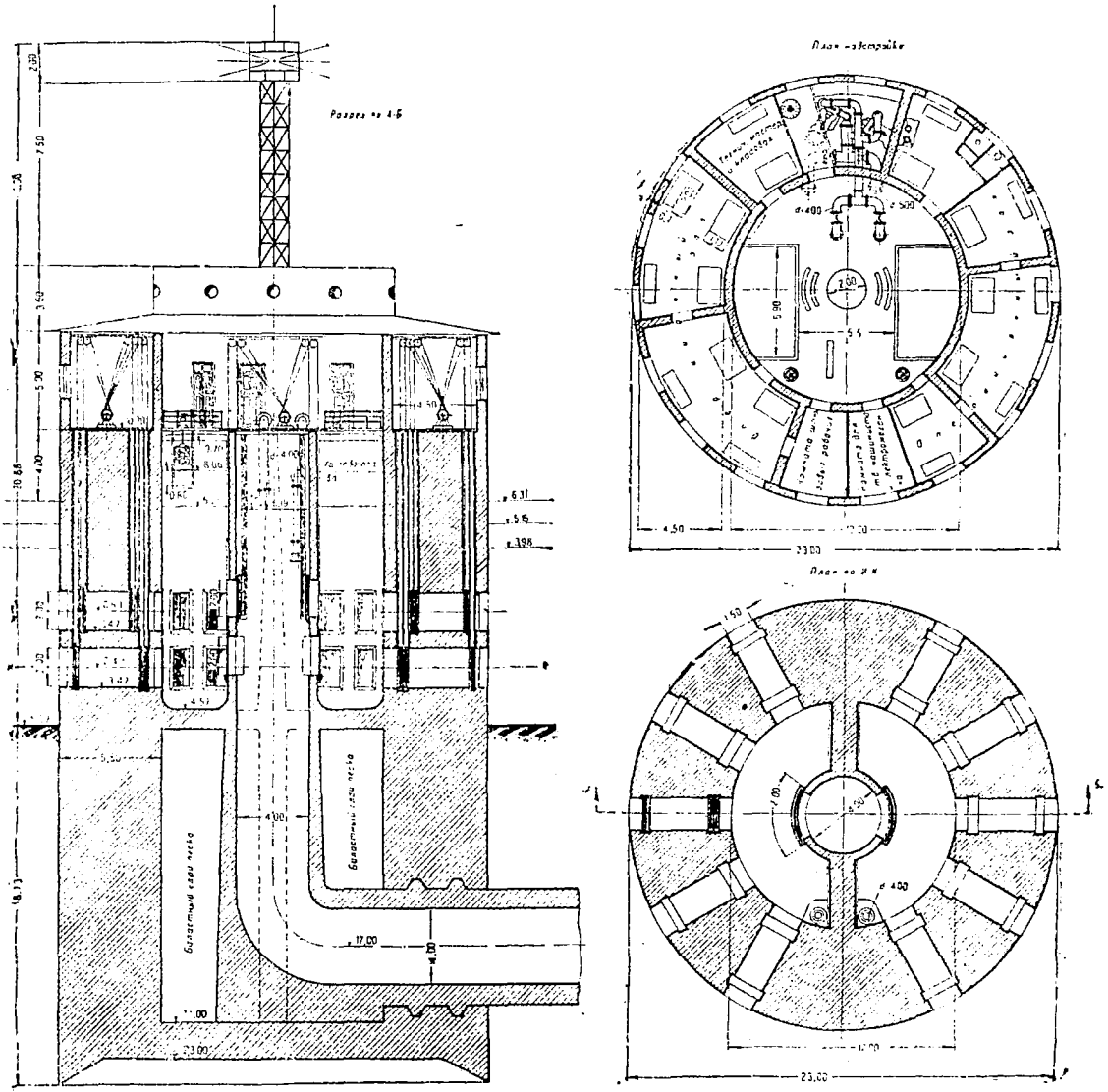
Водоприемник проектируется на расстоянии 2 *км* от берега, в месте глубиною около 9 *м*; на более близком расстоянии наблюдаются осадки на дне озера и донный лед.

Самотечный тоннель рассчитан (для первой очереди) на подачу 13 *м*³/*сек*., круглого сечения, внутренним диаметром 3 *м*. Тоннель

оканчивается в береговой шахте, откуда вода будет подводиться к насосной станции.

Производство работ по устройству тоннеля предполагается посредством горизонтального

говой шахты. Для устройства крнба предполагается насыпать на озере островок, окруженный ряжами и заполненный песчаным грунтом, и на нем вести работы методом опу-



Фиг. 85. Водоприемник для Ладожского озера (проектируемый).

кессона (щита), с обделкою стенок бетоном, с укладкою (по внутренней поверхности тоннеля) арматуры и слоя торкрет-бетона (в 7,5 *см*); толщина бетонной обделки (по расчету) около 0,55 *м*. Работы предполагается начать с двух концов—из водоприемного криба и из берескного колодца. Криб заглубляется ниже тоннеля с целью производства тоннельных работ со щитом через тот же криб. Ориентировочная стоимость криба 2,5 — 3 млн. руб., 1 *пог. м* тоннеля = 1,5 млн. руб.

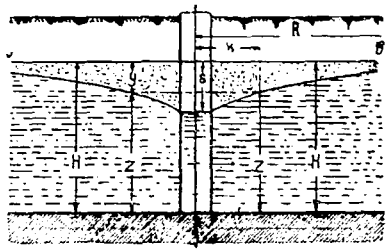
Проф. Н. А. КАШКАРОВ

VI. ДОБЫВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

I. Зависимость дебита колодца или галлереи от их размеров

1) Колодцы в подземном потоке со свободным зеркалом воды (безнапорном)

Если имеем колодец радиуса r, погруженный в водоносный слой на глубину H (фиг. 86), и при откачке воды из колодца понизим уровень в нем на величину s, то под влиянием разности уровней в колодце и вне его вода



Фиг. 86. Поверхность депрессии грунтовых вод.

устремится к колодцу, так что поверхность воды вокруг колодца примет вид воронки; кривая пересечения этой поверхности с вертикальной плоскостью, проведенной через ось колодца, называется кривой депрессии, и уравнение этой кривой депрессии дает зависимость между дебитом колодца, его размерами (глубиной погружения H и диаметром d) и свойствами водоносного грунта.

Дебит колодца, т. е. приток к нему воды в единицу времени, равен $q = f_0 v$, где v — скорость притекания воды.

Скорость v зависит от уклона потока $i = \frac{h}{l}$; эта зависимость может быть выражена различными формулами, простейшая из которых (по закону Дарси) имеет вид:

$$v = \kappa_2 \frac{h}{l};$$

более сложная, но и более точная (по закону Смрекера)

$$v = \left(\frac{h}{c_1 l}\right)^{1/m}$$

или приближенно:

$$v = \left(\frac{h}{c_1 l}\right)^{0,67}$$

Задавшись видом формулы, определяют коэфициенты (κ_2, c или c_1 и m) опытным путем.

По мнению Принца [1] закон Дарси достаточно надежен для практических целей и удобен по своей простоте.

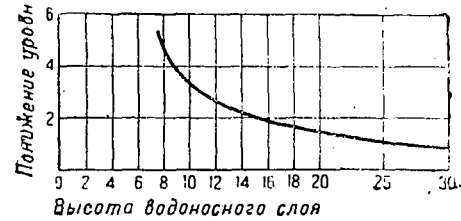
[1] Принц. Гидрогеология, русский перевод, 1932 г., стр. 193.

По закону Дарси дебит колодца определится формулой:

$$q = \frac{k_1 k_2 \pi (2H - s)s}{\lg_n \left(\frac{R}{r}\right)}.$$

Коэфициенты пористости (k_1) и водопропускной способности (k_2) могут быть определены лабораторным путем и равны для различных грунтов: $k_1 = 0{,}10 - 0{,}50$, в зависимости от степени разнородности частиц грунта по их крупности и от их цементации (плотн и т. п.); значения k_2 при крупности песка 0,8 *мм* — 0,0008; 2,0 *мм*, — 0,002 для гравия — 0,05.

Из уравнения следует, что дебит колодца q зависит: 1) от глубины H погружения колодца в водоносный слой и следовательно от глубины (мощности) этого слоя, 2) от величины понижения уровня воды при откачке s, являясь почти пропорциональным этой глубине, 3) весьма мало зависит от радиуса колодца.



Фиг. 87. Понижение уровня воды в зависимости от высоты водоносного слоя.

На фиг. 87 представлены изменения уровня откачкою, требующиеся для получения одинакового дебита при различных значениях H (составлено для $q = 50$ *л/сек.*; $k_2 = 0{,}002$; $R = 1000$ *м* и $r = 1{,}0$ *м*).

2) Колодцы в напорном артезианском подземном потоке

Обозначаем (фиг. 88) через H возвышение пьезометрического уровня над дном колодца и через a толщину напорного водоносного слоя, которую принимаем постоянной в пределах воронки депрессии.

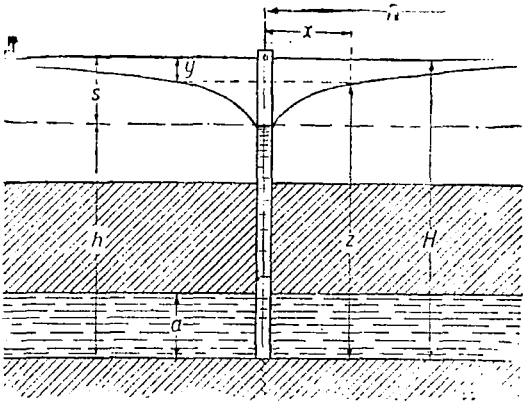
Для дебита колодца будем при этом иметь формулу:

$$q = \frac{2\pi k_1 k_2 a(H - h)}{\lg_n \left(\frac{R}{r}\right)}.$$

3) Случай наклонного водонепроницаемого пласта

В случае наклонного непроницаемого пласта скорость притекания воды к колодцу в различных меридиональных плоскостях будет неодинакова, находясь в зависимости как

от уклона кривой депрессии, так и от уклона непроницаемого слоя; количество воды, поступающей в колодец с верховой (по направлению грунтового потока) стороны его, будет больше, чем при горизонтальном непроницаемом слое, а с низовой будет меньше.



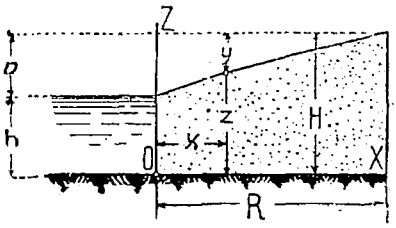
Фиг. 88. Поверхность депрессии артезианских од.

Не останавливаясь на выводе уравнения [1] для этого случая, укажем, что можно приближенно построить кривую депрессию, откладывая от уровня непроницаемого слоя на горизонтальных расстояниях от центра колодца те же значения вертикальных ординат, которые имели бы место и при горизонтальном непроницаемом слое.

4) Горизонтальные галлереи для сбора подземных вод

При горизонтальном подстилающем непроницаемом слое приток воды с одной стороны галлереи длиною l равен (фиг. 89):

$$q = \frac{0{,}5\ k_1 k_2 l}{R}(2H - s)s.$$



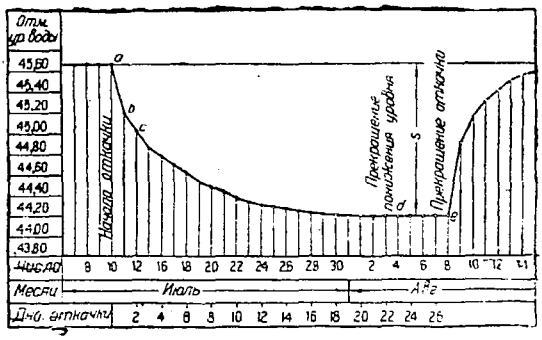
Фиг. 89. Схема притока воды к водообориой галлерее.

2. Определение мощности колодцев путем откачки

Можно найти вероятный дебит колодца при различной величине понижения уровня воды, если произвести несколько подобных откачек с различной производительностью насоса, определяя каждый раз отметку установившегося горизонта воды в колодце, соответствующего данной производительности насоса.

При начале откачки насос будет сначала извлекать из грунта накопившиеся запасы воды, и горизонт в колодце будет понижаться, при чем понижение горизонта будет постепенно замедляться; дальнейшее понижение горизонта прекратится, когда установившаяся разность уровня воды вне колодца и в колодце будет вызывать секундный приток воды к колодцу, равный производительности насоса. Такое состояние равновесия наступает не сразу, и чтобы получить уверенность, что равновесие достигнуто, надо продолжать откачку еще в течение некоторого срока (не менее 20 дней—1 месяца).

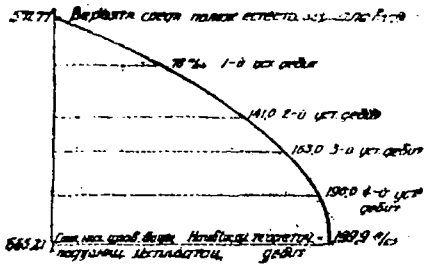
Отметки уровня воды в колодце, по мере продолжения откачки, наносятся на диаграмму (фиг. 90). По прекращении откачки перво-



Фиг. 90. Кривая откачки воды.

начальный уровень воды в колодце восстанавливается, и по быстроте восстановления уровня судят о мощности водоносного горизонта. Одна откачка даст грубо приложенное определение коэфициентов, входящих в формулу определения дебита колодцев.

Производя последовательно ряд откачек при различной производительности насоса, наносят



Фиг. 90а. Зависимость дебита колодца от понижения уровня воды.

метки установившегося уровня и по горизонтали — соответственный расход воды из колодца; соединив полученные точки плавной кривой, можно судить о наибольшей теоретически возможной производительности колодца и о требуемой для этого величине понижения уровня воды.

[1] Этот вывод можно найти например в книге проф. Л ю г е р а. „Водоснабжение городов", русское изд., 1897 г, стр. 229, немецкое изд. 1914 г, т. 1, стр. 415.

Однако, последовательная откачка воды из одной скважины при разной производительности насосов (каждый раз до установления постоянного уровня) требует весьма продолжительного времени и потому удобнее пользоваться способом Тима, основанным на наблюдении падения горизонта воды (уровня депрессии) вокруг скважины при производстве из нее откачки.

Наблюдательные скважины следует располагать по линии наибольшего ската поверхности грунтового потока, а потому прежде всего определяют направление грунтового потока, устраивая для этого три скважины (приблизительно в вершинах равностороннего треугольника с длиною стороны 50—100 *м*). Одна из этих скважин делается диаметра, достаточного для производства откачки, а две остальные—меньшего диаметра, как наблюдательные.

Определение направления подземного потока необходимо для постройки эксплоатационных скважин, которые должны быть размещаемы так, чтобы одна скважина не перехватывала воды у другой скважины, т. е. ряд скважин следует располагать параллельно горизонталям потока.

При пробной откачке располагают наблюдательные скважины по линии наибольшего падения, проведенной через ту скважину, из которой производится откачка; в случае необходимости полного освещения мощности водоносного потока (не ограничиваясь выяснением величины дебита одной скважины), что обычно бывает при менее глубоких водоносных слоях, желательно устроить наблюдательные скважины по двум взаимно-перпендикулярным линиям, проведенным через пробную скважину по направлению наибольшего падения и по горизонтали подземного потока (в виде креста), не менее двух скважин с каждой стороны от пробной.

В случае двух наблюдательных скважин, первую располагают на расстоянии не ближе 5—10 *м* от пробной в виду того, что в непосредственной близости колодца возникают нарушения параллельного движения водяных струй, вторую скважину помещают метрах в 50 от пробной.

Наблюдательные скважины желательно делать диаметра не менее 50—75 *мм*.

Производя из бурового колодца откачку воды в количестве q, и наблюдая в двух наблюдательных скважинах на расстоянии a_1 и a_2 (фиг. 90б) понижение уровня s_1 и s_2, получим произведение коэфициентов пористости и водопропускной способности:

$$k_1 k_2 = \frac{q}{\pi} \cdot \frac{\lg_n a_2 - \lg_n a_1}{(h_2 + h_1)(s_2 - s_1)}.$$

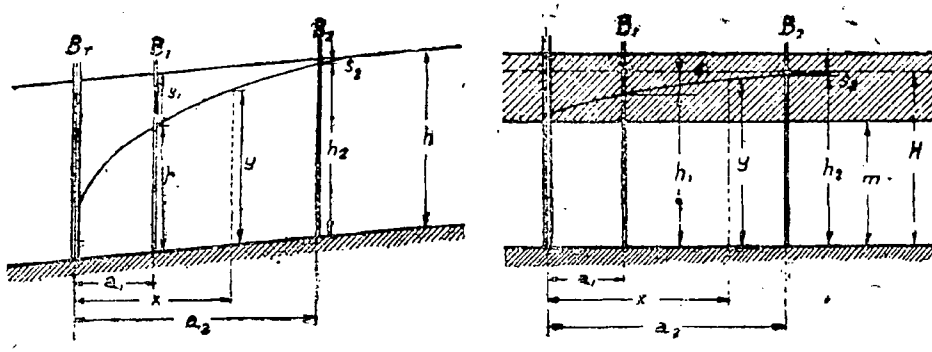
Подобным образом для артезианского колодца:

$$k_1 k_2 = \frac{q}{2\pi m} \cdot \frac{\lg_n a_2 - \lg_n a_1}{s_1 - s_2}.$$

Вычисленная таким путем величина единицы дебита в районе подземного потока $k_1 k_2$, обозначаемая по Тиму через E, считается средней величиной для поперечного сечения потока, и при площади этого сечения $f = hL$ и падении зеркала потока i позволяет вычислить ориентировочную величину количества воды, которое может быть получено в этом поперечном разрезе:

$$q = k_1 k_2 fi = \varepsilon Lhi,$$

где: $\varepsilon = k_1 k_2$; L — ширина потока, h — глубина погружения колодца ниже уровня воды при откачке.



Фиг. 90б. Определение дебита колодцев по способу Тима.

3. Способы добывания подземных вод

Для добывания подземных вод могут быть применены три типа захватных сооружений: трубчатые колодцы, шахтные колодцы и горизонтальные водосборы.

Трубчатые колодцы устраиваются посредством бурения и применяются при глубоком залегании водоносного слоя; в случае малой глубины залегания трубчатые колодцы экономичны для захвата водоносного пласта большей толщины (примерно свыше 5 *м*).

Шахтные колодцы (большого диаметра) устраиваются чаще всего опускным способом и применяются при меньшей глубине залегания водоносного слоя; диаметр колодца мало влияет на секундный приток воды к нему, стоимость же 1 *пог./м* колодца возрастает значительно быстрее диаметра, тем не менее, шахтные колодцы имеют то преимуще-

ство перед трубчатыми, что в них легко поместить насосы для подъема воды; кроме того для водоснабжения отдельных предприятий или небольших поселков с малым суточным расходом воды можно ограничиться устройством колодца из водоносного слоя малой мощности, дающим небольшой средний секундный приток вод, но при этом необходимо иметь некоторый запас воды в самом колодце, чтобы забирать из него воду периодически, не дожидаясь пополнения колодца из грунта; в этом случае шахтный колодец служит также сборным резервуаром.

При заглублении колодца в водоносный слой более, чем на 5—6 *м* и при значительной мощности слоя, устройство шахтного колодца отпускным способом требует сильного водоотлива, и потому целесообразно или превратить для производства работ нижнюю часть шахтного колодца в кессон (устроив перекрытие и подводя в полученную кессонную камеру сжатый воздух), или же вместо шахтных колодцев применять трубчатые.

Горизонтальные водосборы применяются (взамен устройства ряда из нескольких шахтных колодцев) при неглубоком залегании водоносного слоя и при небольшой его толщине в случае необходимости перехватить поток воды на значительной ширине. Выбор наиболее выгодного решения зависит от местных условий и от имеющегося оборудования для производства работ и производится путем сравнения стоимости ряда колодцев и горизонтального водосбора.

4. Трубчатые колодцы

Для больших водопроводов обычно приходится устраивать несколько колодцев. Колодцы располагаются по линии, перпендикулярной к направлению подземного потока; общая длина линии колодцев для получения секундного притока воды q может быть ориентировочно определена по уравнению:

$$\alpha = \frac{q}{\varepsilon hi},$$

где величины ε и i (уклон поверхности депрессии) определяются изысканиями, h — заглубление колодца в водоносный слой, считая от динамического уровня воды (т. е. от уровня воды при откачке).

Расстояние между колодцами должно быть равно двойной величине радиуса воронки депрессии, определяемого также при изысканиях.

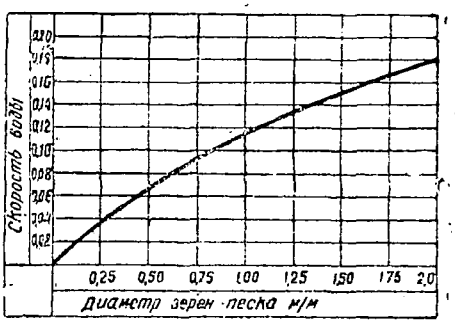
Указанные величины являются ориентировочными и уточняются по мере устройства новых колодцев путем наблюдений над их взаимным влиянием при одновременной откачке из них. На существующих установках расстояние между колодцами изменяется от 20 до 100 *м*.

Каждый колодец (кроме берущих воду из твердых пород) имеет так называемый ф и л ь т р для впуска воды из водоносного слоя и о г о л о в о к для защиты колодца от загрязнений.

5. Конструкция трубчатых колодцев

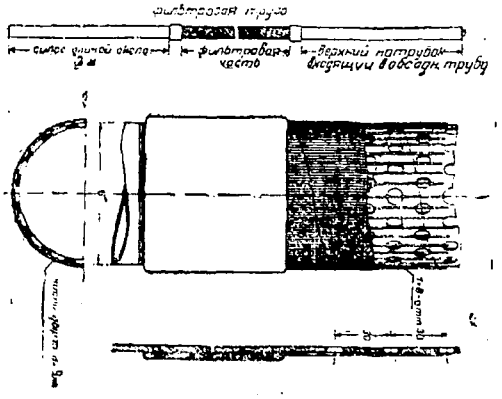
1) Фильтр

На протяжении водоносного слоя обсадные трубы в буровом колодце должны быть заменены фильтром, т. е. трубою с отверстиями в стенках для впуска воды в колодец. Устройство фильтра должно соответствовать крупности зерен водоносной породы; если эта порода — трещиноватая скала, то скважина может быть оставлена без всякой обделки; чем мельче порода, тем менее должны быть впускные отверстия в фильтре, и тем совершеннее фильтр; в то же время следует уменьшить скорость впуска воды (во избежание выноса песка в скважину). Величина допускаемой скорости для различной крупности водоносного грунта может быть определена по диаграмме 91.



Фиг. 91. Диаграмма для определения крупности песка.

Фильтровые трубы обычно изготовляются из железных обсадных труб, в стенках которых просверливаются отверстия диаметром 15—20 *мм*, располагаемые в шахматном порядке (фиг. 92 — фильтровая труба Амурской ж. д.)

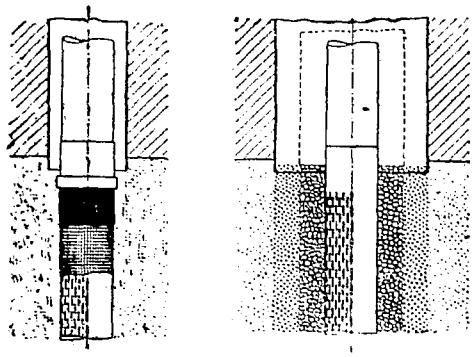


Фиг. 92. Фильтровая труба с силооом.

расстояние между поперечными рядами отверстий принимается около 20 *мм*, а между отверстиями в одном ряду 20—30 *мм*.

Снаружи фильтровая труба окружается или сеткою, или засыпкою из концентрических

слоев гравия и песка, для возможности устройства которой диаметр скважины должен быть значительно более диаметра фильтровой трубы (фиг. 93).



Фиг. 93. Типы фильтров: сеточный и из гравия.

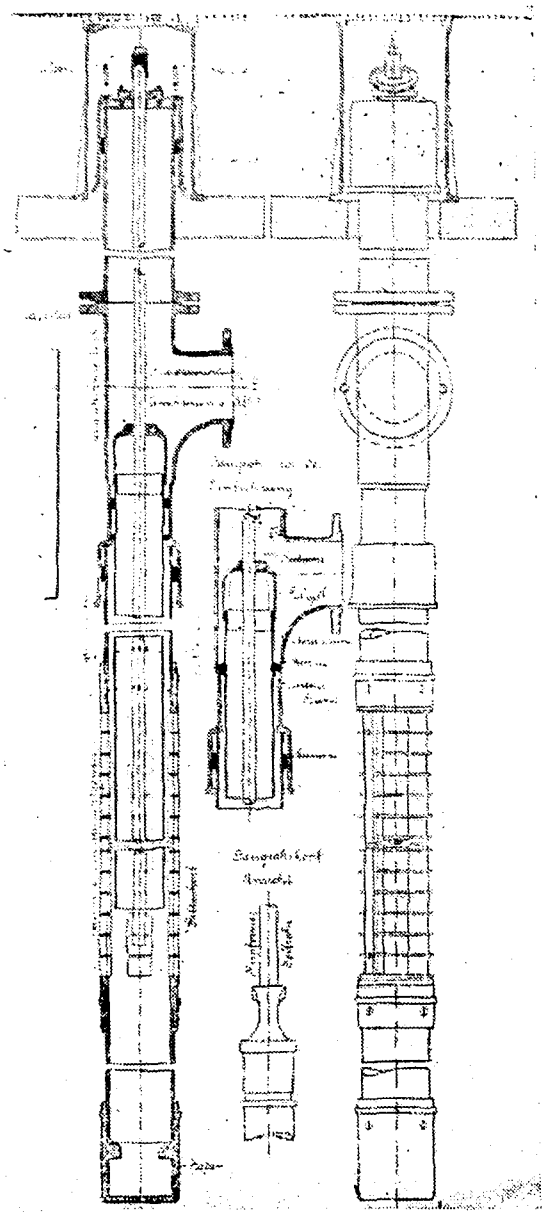
Сетку нельзя накладывать непосредственно на стенки трубы, так как в таком случае просачивание воды происходило бы только через части сетки, расположенные против отверстий в стенках трубы, между тем желательно использовать всю поверхность сетки. Для этого вдоль трубы по образующим ее прокладываются оцинкованные проволоки, диаметром 3—6 *мм*, на взаимном расстоянии 15—25 *мм*, которые по концам и местами по длине (приблизительно через 25 *см*) припаиваются к трубе. Поверх продольных проволок труба обертывается луженой сеткой из тонкой медной проволоки, номер сетки выбирается в зависимости от крупности породы, например с таким расчетом, чтобы сетка при просеивании через нее этой породы пропускала при очень крупном гравии от 20 до 30%, при среднем гравии — от 30 до 40%, при песке — от 40 до 60%.

Благодаря этому условию все мелкие частицы породы, прилегающей к колодцу, при начал, его действия выпадут в колодец, оставшиесе же в породе частицы будут находиться лишь на значительном расстоянии от стенок колодца где скорость притекания воды к колодцу уже невелика и не в состоянии перемещать этих частиц; таким путем фильтр и самый колодец будут предохранены от засорения.

Длина фильтровой части делается такою, чтобы захватить ею по возможности всю мощность каптируемого водоносного слоя. К верхнему концу фильтра присоединяется патрубок длиною не менее 1 *м*, входящий в обсадную трубу, назначение его — помешать попаданию внутрь колодца крупных частиц грунта, поднимающихся в промежутки между фильтром и обсадною трубою при работе насоса; еще лучше перекрыть кольцевой промежуток между трубами железным или чугунным кольцом, или набивкой из резины или осмоленной пакли, надетой на конец патрубка фильтровой трубы.

К нижнему концу фильтровой трубы присоединяется глухой патрубок длиною 1—2 *м* (который желательно погрузить в водонепроницаемый слой), с глухим дном, образующий „силос“ или камеру для скопления мелкого песка и ила, попадающих в фильтр при начале работы колодца. В первое время действия колодца необходимо очищать силос, пока порода, прилегающая к колодцу, не будет окончательно промыта.

Вместо железной трубы А. Тим (Германия) предложил применять чугунную, не подвер-

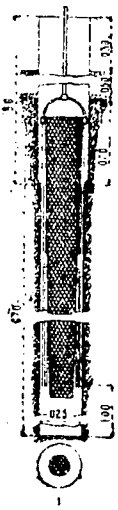


Фиг. 94. Трубчатый колодец Тима.

гающуюся ржавлению и потому более долговечную.

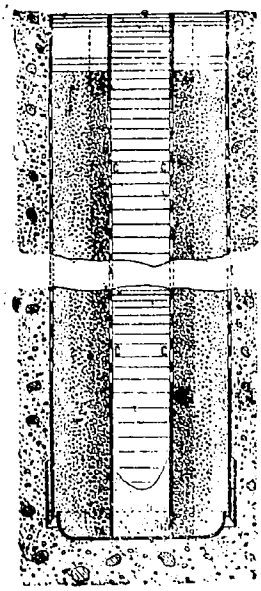
Трубчатый колодец Тима (фиг. 94) состоит из чугунного остова с прямоугольными отверстиями 44 × 85 *мм* и составляется из отдельных кусков диаметром 1—3 *м* каждый, сое-

диняемых особыми муфтами, которые свинчиваются медными винтами; внутренний диаметр чугунного фильтра 150 — 300 *мм*. Снизу фильтр закрывается дном, снабженным металлическим ушком для опускания и подъема фильтра. Сетка натягивается по закраинам, которыми снабжены муфты, и по стержню, проходящему вдоль всего фильтра.

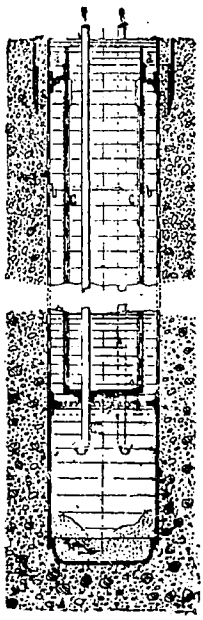


Фиг. 95. Двойной фильтр Зонне.

При очень мелком грунте приходится мириться с тем, что мелкие частицы будут постоянно попадать в колодец, и надо предусмотреть приспособления для предохранения от попадания осадков в насосы и для очистки колодца. В таких случаях внутри наружной фильтровой трубы ставится вторая фильтровая труба, защищенная мелкой сеткой, в которую муть уже не попадает; муть остается в промежутке между обоими фильтрами. Внутренний фильтр можно делать в виде сетчатого ведра по системе Зонне (фиг. 95). Для очистки колодца служит устройство по типу, примененному Смрекером в Маннгейме (фиг. 96), в котором через фильтровую корзинку



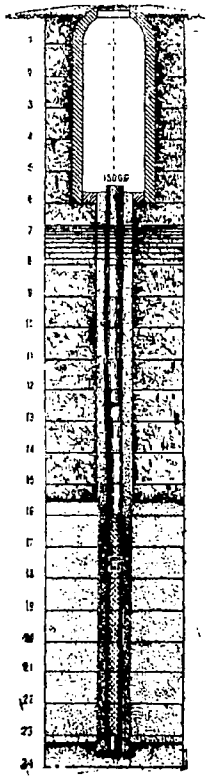
Фиг. 96. Фильтр Смрекера.



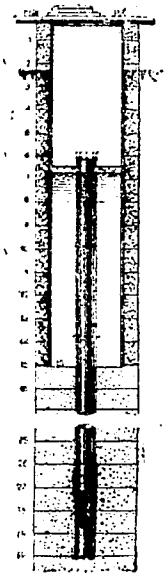
Фиг. 97. Буровой колодец с наружным песчаным фильтром.

пропущены две трубки, служащие для промывки илистых осадков, скопляющихся в наружной трубе; дно последней должно быть заделано. Промывная вода пускается сверху (из водопровода) в фильтровую корзинку, промывает ее стенки и затем выкачивается вместе с илом по промывным трубкам.

При еще более мелком грунте для гарантии против проникания песка устраивается искусственный фильтр, который помещают между обсадной трубою и внутреннею водоприемною трубою (фиг. 97—99); при этом наружную



Фиг. 98. Колодец с наружными трубками для промывки.



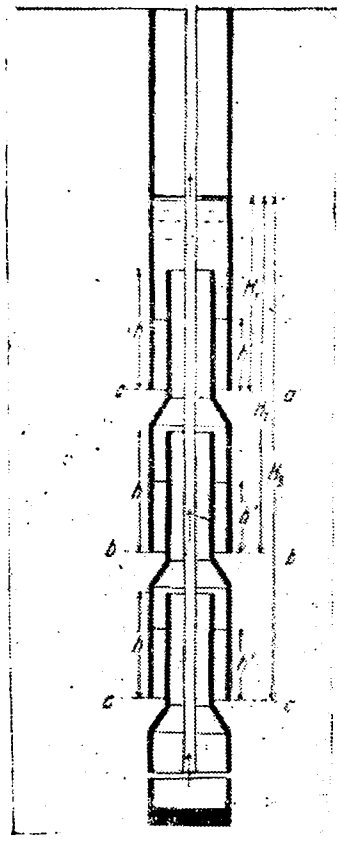
Фиг. 99. Фильтр из гравия.

трубу можно или сохранить или удалить. Первое устройство связано с оставлением в земле дорогих труб, но позволяет сменять фильтрующий песок в случае его засорения. Наружная обсадная труба снабжается отверстиями на участке, соответствующем толщине водоносного слоя; в нее спускается водоприемная труба так, чтобы оси их совпадали, и в промежутке между ними устанавливаются жестяные цилиндрические шаблоны, между которыми засыпается песок разной крупности (более крупный ближе к водоприемной трубе); после засыпки песка шаблоны вынимаются. Промежуток между трубами делается около 25 *см*, диаметр обсадной трубы—75 *см*, а приемной—25 *см*.

При очень мелких песках устраиваются так называемые коробчатые колодцы погружаемые гидравлическим способом. Цилиндр из листового железа устанавливается на бетонный поддон, на средине которого устанавливается также водоприемная труба; промежуток между ними заполняется фильтрующими

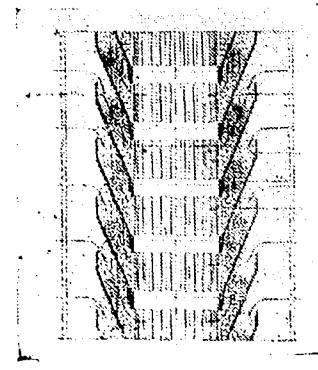
слоями песка и поверх цилиндра укрепляется крышка; дно скреплено с крышкой штангами, которые ввинчены нижним концом в гайки, вделанные в поддон. Для погружения цилиндра в грунт, его окружают вертикальными и горизонтальными (кольцевыми) дырчатыми трубами, через которые нагнетают воду под напором; погружение цилиндра производят вращением его при умеренной нагрузке. По установке цилиндра в водоносном слое вывинчивают (за верхний конец) штанги из поддона и затем вынимают железный кожух с дырчатыми трубами.

Иной тип колодца, в котором взамен устройства фильтрующей сетки стремятся настолько уменьшить скорость притекания воды, чтобы вода не могла выносить песка в колодец; к подобным системам принадлежит система Симоне (фиг. 100).



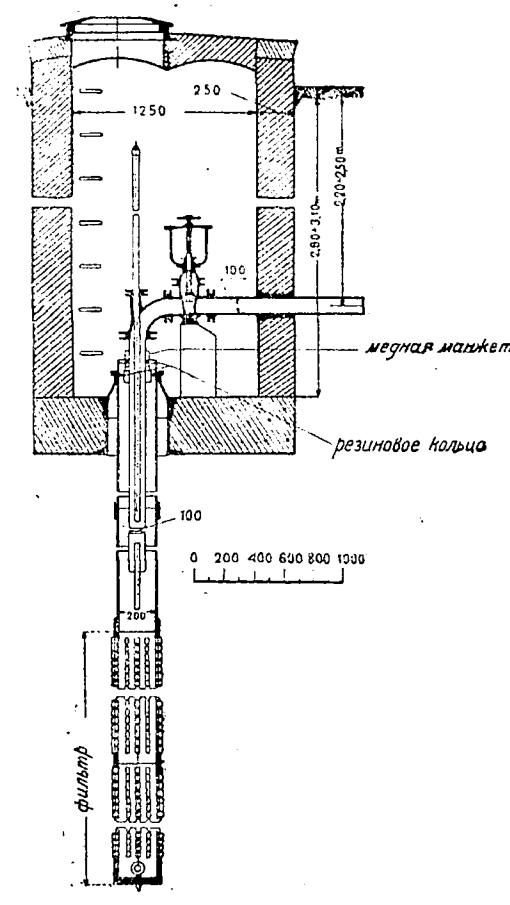
Фиг. 100. Фильтр Симоне.

Эти колодцы состоят из бетонных воронок, обращенных уширением вниз, входящих одна в другую; их длина и число зависят от глубины колодца и от грунта. При работе насоса вода входит через кольцевые промежутки *aa*, *bb*, *cc*, расположенные на глубине H_1, H_2, H_3 ниже уровня воды. Проходя по промежуткам h снизу вверх вода будет выделять мелкие частицы, которые с течением времени образуют фильтрующие слои высотою h'. При соответственном выборе высоты h' можно получать совершенно чистую воду даже из плывуна. Стоимость колодцев этой системы приблизительно та же, как и при других системах при равном диаметре.



Фиг. 101. Фильтр из чугунных воронок.

Заслуживает внимания фильтр с засыпкой из гравия (фиг. 101), состоящий из асфальтированных чугунных воронок, входящих одна в другую и повернутых кверху; нижние части воронок цилиндрические, с отверстиями,

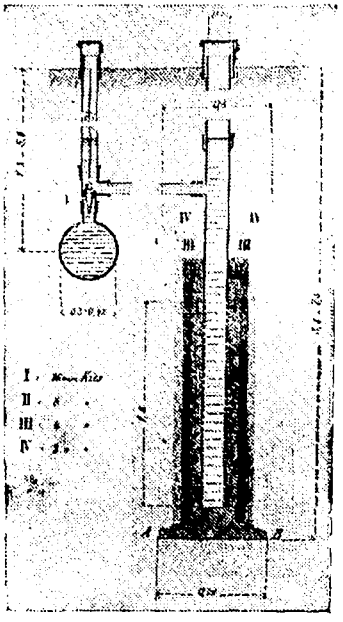


Фиг. 102. Оголовок трубчатого колодца.

и по сборке фильтра образуют вертикальную трубу, вода в которую поступает из грунта через воронки (карманы), засыпаемые тремя слоями гравия (крупным, средним и мелким); снаружи весь фильтр обсыпается песком. Как сборка воронок, так и заполнение гравием производятся на поверхности земли, что обеспечивает тщательность работы; вытягивание обсадных труб после установки фильтра не отражается на состоянии засыпки.

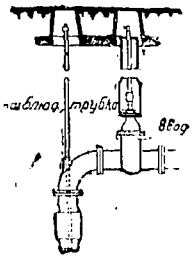
2) Оголовки трубчатых колодцев

Верхний конец трубчатого колодца должен быть закрыт оголовком (фиг. 102, 103), предохраняющим колодец от загрязнения. К оголовку



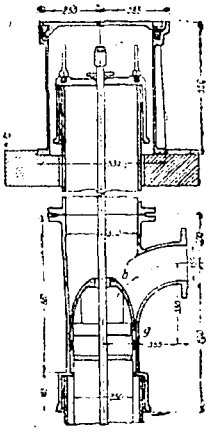
Фиг. 103. Детали оголовок.

присоединяется труба для подъема воды из колодца; на этой трубе вблизи колодца помещается задвижка для выключения колодца. Через оголовок пропускается трубка малого диаметра для наблюдения над уровнем воды в скважине. Оголовок удобнее помещать в шахте, закрытой сверху люком и обеспечивающей легкий доступ к трубчатому колодцу; к этой же шахте помещается и задвижка. Иногда для удешевления оголовок засыпается землей без устройства шахты, взамен которой ограничиваются установкой крышек над концом наблюдательной трубки и над задвижкой (фиг. 104).



Фиг. 104. Оголовок с наблюдательными шахтами.

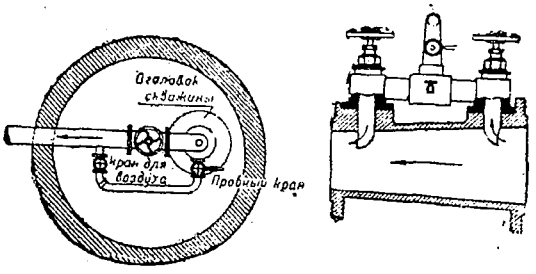
Для облегчения доступа в колодец удобна конструкция проф. Тима (фиг. 105), в которой оголовок свободно насаживается на обсадную трубу колодца с прокладкою между ними резинового кольца, обеспечивающего надежность соединения. Эта конструкция имеет еще вторую особенность — приспособление для легкого извлечения всасывающей трубы, которая снабжена сверху скобкою *b*; плотность соединения со стенкой колодца достигается также прокладкою резинового кольца.



Фиг. 105. Оголовок Тима.

Для взятия проб воды желательна установка прибора, подобного прибору Рейхлера, показанному на фиг. 106. Всасывающий трубопровод просверливается в двух местах, и отверстия соединяются трубкою диаметром 20—25 *мм*, изолированною двумя кранами и снабженною воздушным краном и стоком. Перед взятием пробы сток и воздушный кран дезинфицируют (обтирая спиртом и зажигая); затем открывают водяные краны, трубка наполняется водою, вновь изолируют ее от всасывающей трубы, открывают воздушный кран и выпускают пробу через сток в стерилизованный сосуд.

Оголовки при подаче воды из трубчатого колодца сборным сифоном устраиваются так же, как при всасывающих трубах.



Фиг. 106. Прибор Рейхлера.

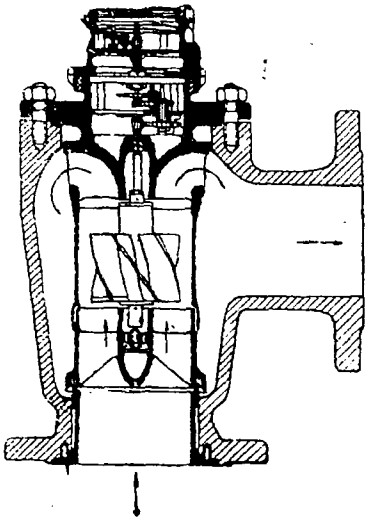
На фиг. 107 представлен оголовок с водомером, позволяющий замерять дебит каждого колодца в отдельности.

3) Сбор воды из нескольких трубчатых колодцев

1. При глубине динамического уровня, не превышающей 4—5 *м*, сбор воды из отдельных скважин может производиться самотечной трубой, работающей неполным сечением.

2. При глубине динамического уровня (после откачки, с запасом в 1—2 *м* на случай дальнейшего понижения этого уровня через несколько лет эксплоатации), превышающей 8—12 *м*, возможно устройство общей насосной

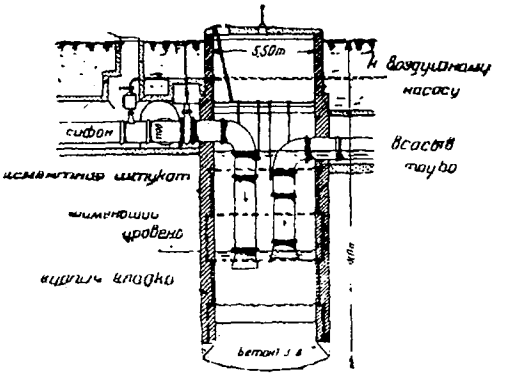
станции с соответственным заглублением насосов; всасывающие трубы насосов берут воду из сборного колодца (фиг. 108), в который вода поступает из трубчатых колодцев по сифону. Сборный колодец располагают близ середины площади, на которой находятся сква-



Фиг. 107. Водомер Вольтмана для буровых скважин.

жины с целью укоротить отдельные ветви сифона (фиг. 109).

Сифон прокладывают параллельно линии скважин, на некотором расстоянии от нее, и отдельные кольца отделяются от сифона задвижками; обычные задвижки нежелательны, так как в кожухе задвижки, обращенном

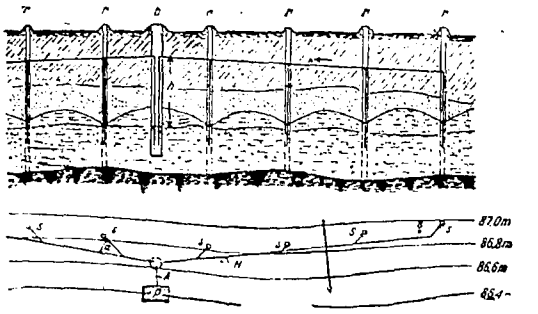


Фиг. 108. Сборный колодец водопровода г. Вельна.

сверху, будет скопляться воздух, и лучше применять задвижки с кожухом, направленным вниз или с гидравлическим резервуаром, заполненным водой (фиг. 110).

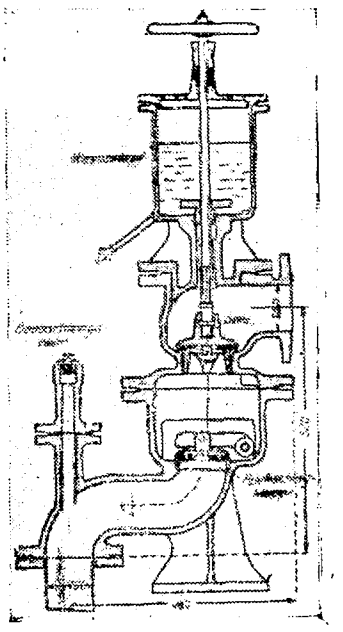
Наивысшая точка сифона не должна располагаться более, чем на 6—7 *м* над наинизшим уровнем воды в трубчатых колодцах. Сифон должен итти с постепенным подъемом к сборному колодцу, перед которым к сифону присоединяется трубка от вакуум-насоса для удаления воздуха и зарядки сифона.

Если местность имеет уклон по направлению движения воды в сифона, то последний иногда разбивают на ряд ступеней, соединенных вертикальными перепадами; перед каждым перепадом устанавливают приборы для удаления воздуха, или в виде автоматического эжектора (системы Кертинга), или в виде прибора Линдлея, сконструированного для водопровода Баку и имеющего вид лебединой шеи. В Баку (на Шоларских водоприемниках) сифон имеет диаметр 750 *мм*, уложен



Фиг. 109. Схема группы сборных колодцев.

с подъемом на 1 : 4000; вертикальные перепады имеют такой диаметр, чтобы скорость течения воды увеличивалась до 2 *м* в секунду, воздух увлекается сильным течением и попа-



Фиг. 110. Задвижка с гидравлическим резервуаром.

дает и нижележащую трубу сифона вплоть до выхода в сборный колодец; таких уступов сделано 6. Для регулирования скорости протекания нисходящие колена состоят из двух труб, снабженных задвижками и имеющих

площади сечения одна в два раза более другой (при диаметре сифона 750 *мм* перепады имеют диаметр 300 и 450 *мм*). Над каждым коленом ставится воздушный вантуз.

Укладка сифона представляется дорогою в случае, если уровень стояния грунтовых вод высок и работы по укладке надо вести с большим водоотливом.

3. При большой глубине динамического уровня каптируемой воды, а равно и при тяжелых условиях производства работ по укладке сифона, вода поднимается из каждого трубчатого колодца отдельным насосом или эрлифтом.

6. Шахтные колодцы

Шахтные колодцы располагают в местах, где подошва водоносного слоя наиболее понижена. При устройстве колодца на затопляемом участке следует окружить его подсыпкой и вывести выше уровня высоких вод. Колодец должен быть защищен от попадания в него атмосферной воды и стенки его возводятся на 0,7—1,0 *м* выше уровня земли.

Домовые колодцы следует располагать не ближе 10—12 *м* от мусорных ям и выгребов и стенки их должны быть сделаны вполне водонепроницаемыми или обложены мятой глиной до глубины не менее 3—4 *м*, чтобы просачивающаяся поверхностная вода отфильтровывалась местным грунтом; поверхность земли у колодца покрывается непроницаемым слоем, имеющим скат от колодца и отводящим от него воду.

Поперечное сечение колодцев делают не менее 1 *м*; при значительной глубине лучше увеличивать диаметр до 1,25—1,50 *м* для облегчения работы рабочего, стоящего внутри колодца при его опускании. Неэкономично делать диаметр колодца более 6 *м*, и при недостаточности одного колодца такого диаметра обычно дешевле устроить два колодца меньшего диаметра.

Требуемый диаметр колодца определяется по его дебиту и по допускаемой скорости входа в него воды; скорость, допускаемая при водоносных грунтах различной крупности, может быть взята по диаграмме фиг. 91.

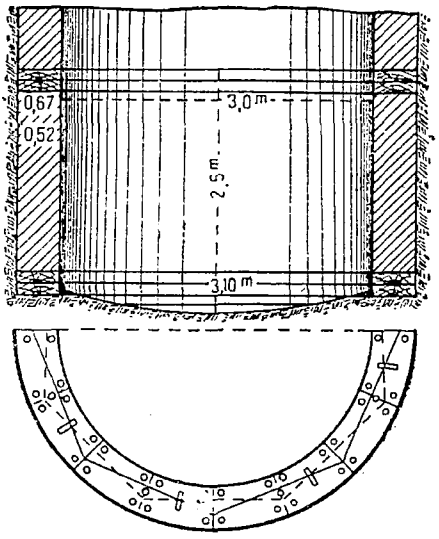
Задавшись скоростью входа воды и зная глубину погружения колодца в воду и отношение площади входных отверстий к общей поверхности колодца, легко вычислить требуемый диаметр колодца. Впуск воды может производиться также и через дно, защищаемое слоем камня против заноса породою.

Деревянные колодцы лучше всего устраивать из ольхи или лиственницы, которые наименее загнивают.

Бетонные (или железобетонные) колодцы могут составляться из готовых звеньев или же изготовляться на месте.

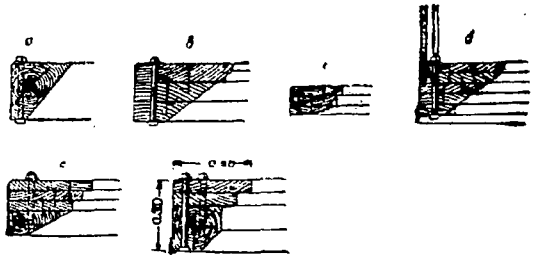
Отдельные звенья длиною около 1 *м* изготовляются в стороне и после твердения погружаются в грунт спускным способом. Толщина стенок зависит от диаметра и глубины колодца. Такие колодцы особенно удобны при массовом изготовлении их, например на железных дорогах (при путевых казармах и будках). Введение в бетон железной арматуры позволяет уменьшить толщину стенок, и следовательно вес отдельных звеньев колодца, что облегчает перевозку и установку их на место. Отверстия в стенках тех звеньев, которые будут погружены в воду, делаются путем закладки в бетон круглых деревянных пробок.

Колодцы, выполняемые на месте из камня, кирпича (фиг. 111) или бетона, устраиваются



Фиг. 111. Кирпичная кладка колодца.

на так называемом „ноже". Ножи делают из дерева, железа или железобетона. Деревянный нож представляет собою раму в виде кольца, составленную из двух или более рядов досчатых косяков, обычно соединяемых в полдерева. Внутренний край рамы скашивается книзу для уменьшения сопротивления при погружении. Различные типы ножей представлены на фиг. 112: все доски ножа связы-



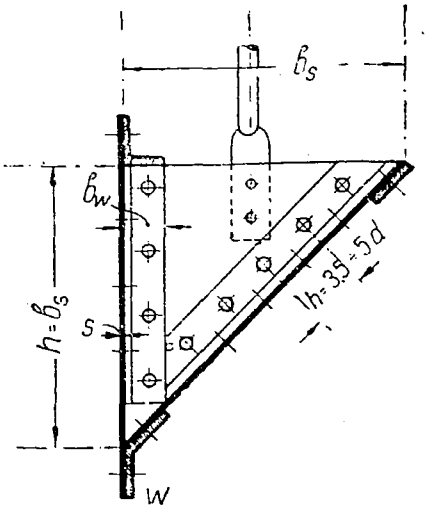
Фиг. 112. Деревянные ножи.

ваются по высоте болтами и кроме того прибиваются гвоздями; для большего заострения режущего нижнего края пробивается или вертикальная кольцевая железная полоса, выступающая ниже досок ножа, или уголок (или тавр), обращенный одной из полок вниз.

Конструкция железного ножа приведена на фиг. 113 Ширина ножа принимается равной толщине стенок колодца *s*, если последняя не

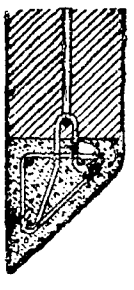
более 50 *см*, и равной 0,8 *s* при *s* более 60 *см* (в этом случае стенки делают книзу более тонкими).

На фиг. 114 показана конструкция железобетонного ножа; этот нож должен изготовляться точно на месте опускания колодца делается из бетона состава 1 : 4—1 : 5 и может быть использован не ранее 21—28 дней по изготовлении.

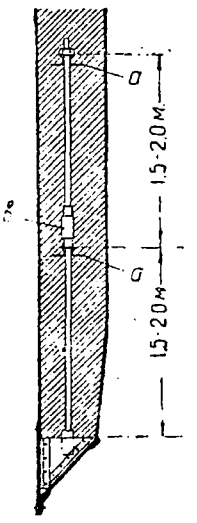


Фиг. 113. Металлический нож.

Для соединения ножа с кладкою и во избежание разрыва последней при опускании колодца заклалываются вертикальные анкеры, прикрепляемые к ножу; для этого в железных ножах устраиваются диафрагмы. Анкеры ставятся на взаимном расстоянии 0,60—0,75 *м*, но не менее четырех штук на всю окружность, и идут на всю высоту опускаемой части колодца; при глубине последней более 2 *м* анкеры составляются по длине из нескольких звеньев; после каждого звена укладывается прокладной ряд, который следует выполнять из двух уголков (фиг. 115); анкеры должны соединяться посредством муфт на винтовой резьбе. Применение для прокладных колец плоского железа и смещение отдельных анкерных звеньев следует считать неправильным.



Фиг. 114. Железобетонный нож.



Фиг. 115. Соединение ножа складкой посредством анкеров.

Степки кирпичных колодцев следует возводить из сильно обожженного кирпича на цементном растворе; лекального кирпича не следует применять. Кладка ведется с правильной перевязкой швов (чаще всего английская или перекрестная). Снаружи колодцы оштукатуривают для водонепроницаемости цементной штукатуркой (1 : 2,5—1 : 3), наметом в два слоя общей толщиной 1—1,5 *см* изнутри можно ограничиться расшивкой швов.

При глубине опускной части колодца более 8 *м* нижнюю часть колодца делают конической (с уширением книзу), давая уширение около 5 *см* на 1 *м* высоты, подобное уширение придают также колодцам с диаметром более 5 *м* (независимо от глубины опускания), начиная у них уширение на высоте от дна около $^1/_3$—$^1/_4$ глубины опускания.



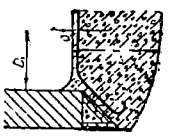
Фиг. 116. Отверстие в кирпичной кладке для притока воды.

Устройство отверстий для доступа воды в кирпичный колодец показано на фиг. 116, между отдельными кирпичами оставляются промежутки по 2—2,5 *см*.

Колодцы из бетона обычно выполняются из колец, заранее заготовленных на стороне, и реже возводятся на месте; это объясняется тем, что они не имеют преимуществ перед кирпичными, работа же по их выполнению сложнее и требуется время на их выдерживание перед опусканием.

Перекрытия над колодцами целесообразно выполнять в виде плоских сводов между железными балками (помещаемыми через 0,7—1,0 *м*), или в виде железобетонных плит.

Дно колодцев в случаях, когда можно отказаться от притока воды через него, следует забетонировать; от этого значительно повышается прочность колодца, и колодец обеспечивается против дальнейшей осадки (после того, как нож колодца проржавеет и не сможет равномерно поддерживать стенки). Бетонирование дна производят под водою (бетоном очень жирного состава 1 : 3—1 : 4); бетон должен покрывать нож по крайней мере на 10—20 *см* (фиг. 117).



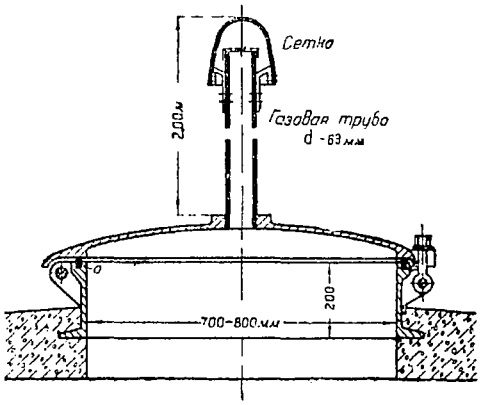
Фиг. 117. Бетонное днище колодца.

Люк для входа в шахтный колодец следует делать вполне водонепроницаемым; это достигается например помощью резинового кольца (фиг. 118) и прижимного болта *в*.

Так как уровень воды в колодце подвержен постоянным колебаниям, то на колодце следует устанавливать вентиляционную трубу, которую всего удобнее поместить на крышке люка; труба прикрывается колпаком с густой медной сеткой (против попадания в колодец насекомых). Диаметр вентиляцион-

ной трубы берется 5—6,25 *см*, длина по возможности не менее 1,5 *м*.

Общий гид шахтного колодца представлен на фиг. 119, в колодец погружены две всасывающих трубы, задвижки на которых вынесены из колодца в неглубокие шахты, при-



Фиг. 118. Люк с вентиляционной трубой.

соединенные к колодцу; этим достигается как уменьшение диаметра последнего, так и защита воды от загрязнений при подходе к задвижкам.

7. Добывание подземных вод горизонтальными водосборами

В случае, если подземные воды протекают потоком небольшой толщины, то дебит одного вертикального колодца получится незначительный, и для добывания требуемого количества воды понадобилось бы устроить большое количество колодцев, что потребовало бы больших затрат.

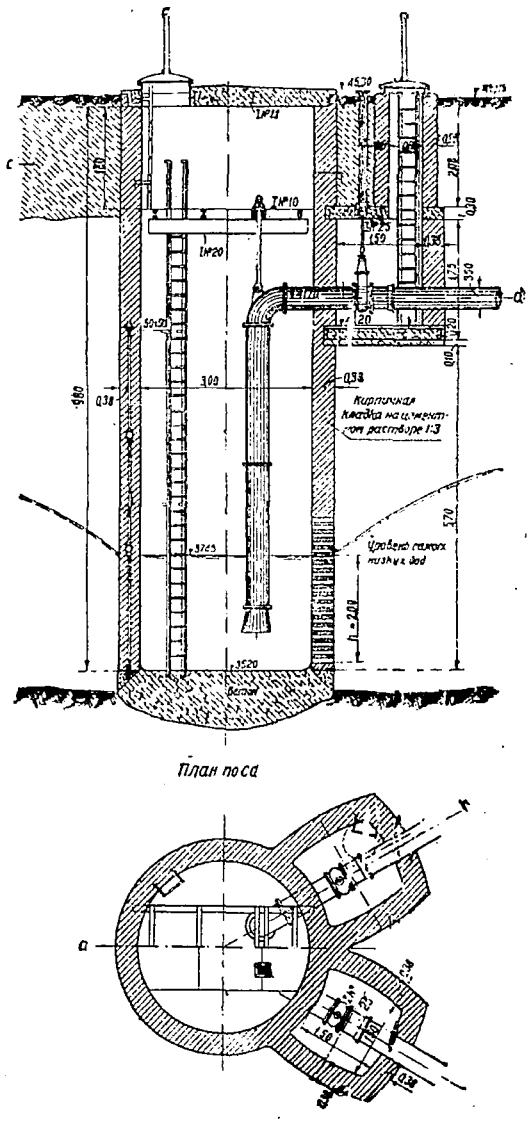
Проще проложить в водоносном слое горизонтальную водосборную галлерею, пересекающую поток; галлерея будет дренировать грунт и отводить (по уклону) воду в сборный колодец, откуда вода будет забираться насосами.

Если подземный поток течет в виде отдельных жил, то также выгодно собрать его воду в галлерею, проложенную перпендикулярно к направлению потока, пересекающего все жилы; в этом случае при устройстве большого числа отдельных колодцев нельзя быть уверенным, что между двумя смежными колодцами вода не уходит по хрящеватой жиле, из которой она не извлекается ни одним из этих колодцев.

Чем сильнее уклон подземного потока, тем менее полно вода из него может быть извлечена посредством ряда колодцев. Поэтому у склонов гор собирание подземной воды почти всегда выгодно производить горизонтальными водосборами.

Если требуется извлечь воду из мало проницаемой породы, то наиболее целесообразно проложить дренажные трубы на небольших расстояниях одна от другой; благодаря отводу воды дренажем почва может впитывать в себя больше влаги, и в нее будет поступать также часть тех выпавших атмосферных осадков, которые без дренажа стекали бы по поверхности почвы.

По конструкции горизонтальные водосборы могут быть разделены на следующие виды:



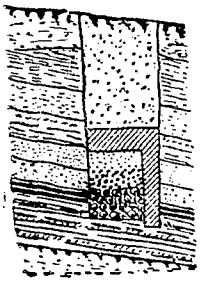
Фиг. 119. Кирпичный шахтный колодец с 2-мя всасывающими трубами.

1) дренажи, 2) трубы, 3) сборные каналы, 4) проходимые сборные сооружения (галлереи или штольни).

Дренажи устраиваются в виде канав, заполненных камнем или крупным хрящем (фиг. 120). Такое устройство удобно для дренирования крутых откосов (преимущественно откосов на выходных концах пород). Вблизи дренажа не должно быть деревьев или кустарников во

избежание заграждения дренажа их корнями. Дренажи проводятся на глубине не менее 2 *м* под поверхностью земли.

Водосборные трубы чаще всего бывают керамиковые или бетонные (фиг. 121 и 122), реже чугунные; при малых диаметрах (следовательно при малом расходе воды) вода поступает в трубы через стыки, при больших диаметрах стенки труб снабжаются отверстиями; во избежание проникания в трубы частиц грунта над трубами засыпаются слои гравия и песка постепенно убывающей кверху крупности, которые образуют фильтр.

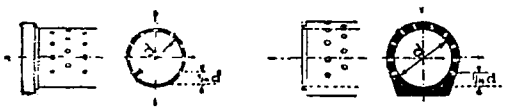


Фиг. 120. Поперечный разрез сборной галлереи.

Для возможности осмотра и очистки труб они должны быть уложены по прямым линиям, и на расстоянии от 50 до 100 *м* располагаются смотровые колодцы; в случае засорения трубы прочищаются пропусканием через них щетки или банника, протягиваемых на проволоке. Для возможности работы со щеткой размер смотровых колодцев по направлению длинной оси требуется не менее 1,8 *м*.

Иногда вместо труб вода собирается в каналах, сложенных из кирпича.

Для отвода поверхностной воды, недостаточно профильтровавшейся при просачивании в дренажную канаву, последняя перекрывается слоем глины с песком (толщиною около 50 *см*),



Фиг. 121. Типы водосборных труб: керамиков., бетон.

а иногда (как на фиг. 122—водопровод в Сен-Клу близ Парижа) даже слоем бетона, и если можно ожидать большого притока неочищенной воды, то она отводится в водосток особым дренажем.

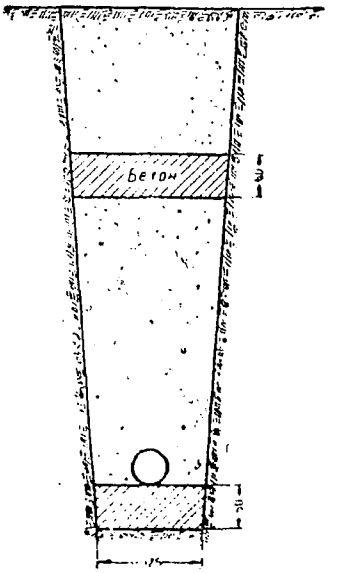
При значительном количестве собираемой воды сборные каналы бывают значительных размеров и тогда удобно устраивать их проходимыми для осмотра и очистки от песка.

Проходимые каналы делаются бетонными или из каменной кладки (фиг. 123); толщина стенок зависит от свойства окружающего грунта, и при грунте, который не осыпается и без обделки (например при трещиноватом камне), канал превращается в вырытую в грунте штольню, дно и нижняя часть боковых стенок которой покрыты тонким слоем бетона или штукатуркою для заделки естественных трещин, имевшихся в грунте, и для достижения водонепроницаемости того лотка, по которому будет течь собранная вода.

Вода из горизонтальных водосборных труб поступает (по уклону) в сборный колодец (фиг. 124), откуда откачивается по всасывающей трубе насосом.

8. Искусственное увеличение расхода подземного потока

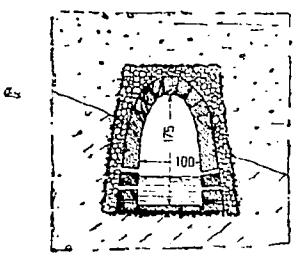
Для увеличения минимального дебита подземного безнапорного потока можно зарегулировать этот поток, устроив подземную пло-



Фиг. 122. Дренаж из керамиковых труб.

тину (барраж), которая будет задерживать подземный сток в период большого расхода подземных вод и образует запасы для маловодного периода (фиг. 125).

В случае наличия мощного слоя песчаного грунта, пригодного для естественной филь-



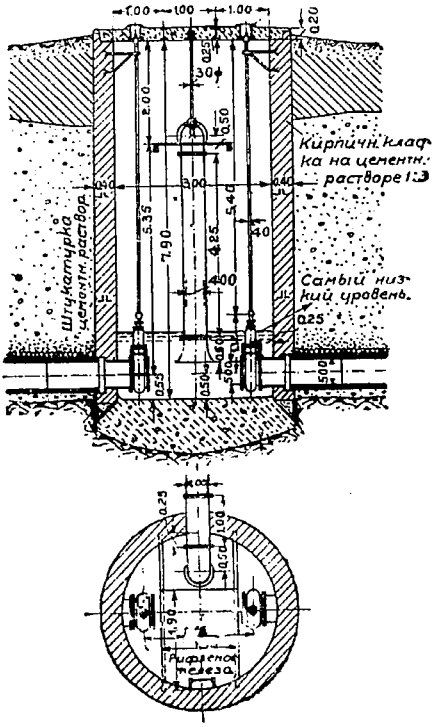
Фиг. 123. Водосборный канал.

трации воды, и при недостатке естественных запасов подземной воды (при малом количестве атмосферных осадков, выпадающих на водосборной площади подземного бассейна), возможно более коренное решение вопроса—искусственное создание подземных вод путем вливания в грунт воды из имеющихся вблизи открытых водоемов, несущих достаточный

расход воды, неудовлетворительной по качеству. Перед напуском воды в грунт она должна быть предварительно очищена (осветление, освобождение от мути). Одна из первых установок этого типа выполнена в 1897 г. шведским гидрологом Рихертом в г. Готенбурге и названа им „фабрикой грунтовых вод".

Впуск воды в грунт можно производить через поглощающие канавы или бассейны, или путем орошения поверхности почвы, или через вертикальные поглощающие колодцы (трубчатые или шахтные), или через горизонтальные, заглубленные в грунт, трубы дренажного типа.

Поглощающие канавы (фиг. 126) делаются площадью около 1 $м^2$ на 1 $м^3$ напускаемой



Фиг. 124. Кирпичный водосборный колодец.

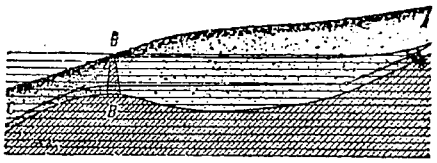
воды в сутки и должны быть такой глубины, чтобы они врезались в фильтрующий слой грунта; на дно канав насыпается слой фильтрующего песка толщиною около 0,50 $м$, глубина слоя воды над песком принимается не менее 1,2 $м$. После заиления поверхности песка напуск воды в канаву прекращают и снимают верхний слой песка толщиною 2—3 $см$; после нескольких очисток вновь досыпают фильтрующий слой чистым песком.

Поверхностное орошение почвы целесообразно в случае, когда водоносный слой доходит до поверхности и не прикрыт никаким водонепроницаемым пластом; недостаток этого способа в том, что зимою он неприменим.

Поглощающие колодцы применяются в случае, если фильтрующий (водоносный) слой грунта прикрыт толстым слоем непроницаемой породы. При впуске через поглощающие колодцы требуется особенно тщательная предварительная очистка воды.

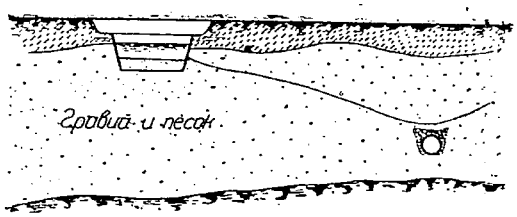
Впуск воды в грунт через дренажные трубы нельзя рекомендовать, так как эти трубы легко могут засоряться.

Во Франкфурте были произведены опыты для выяснения наиболее рационального



Фиг. 125. Подземная запруда для повышения уровня грунтовых вод.

метода введения в грунт воды; кроме впуска воды в рвы воду вводили через колодцы или непосредственно в грунтовой поток (через глубокие колодцы), или на некоторой глубине от поверхности земли, но выше уровня грунтовых вод. Первый способ, т. е. впуск воды непосредственно в грунтовой поток, оказался неудовлетворительным, так как профильтруемая вода недостаточно окислялась (даже при аэрации ее перед впуском в грунт): количество кислорода, требуемое для окисления органических веществ в воде р. Майна, не покрывалось кислородом, содержащимся в воде грунтового потока; между тем при впуске воды через колодцы на уровне 13—14 $м$ выше уровня грунтовых вод впущенная вода достаточно окисляется при просачивании через 13-метровый слой мелкого песка, в порах которого постоянно имеются запасы воздуха.



Фиг. 126. Канал для образования искусственных грунтовых вод.

Для применения фильтрации воды через естественный грунт в каждом частном случае необходимо произвести предварительное обследование грунта (как его механических свойств, так и биологии) для выяснения его фильтрующей способности.

9. Захват ключевой воды

Ключи бывают двух типов: восходящие, поднимающиеся с некоторым напором в пониженных местах долин, и нисходящие, стекающие на боковых склонах по выклинивающимся

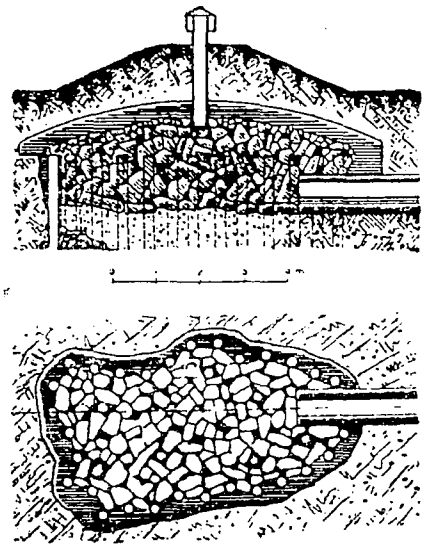
непроницаемым породам, подстилающим водоносный слой.

Сооружения для захвата (каптажа) этих типов ключей резко различаются между собою.

Каптаж восходящих ключей

Каптаж восходящих ключей сводится к удалению верхних слоев почвы, которые размываются ключевой водой и ее загрязняют, и к устройству сооружений, ограждающих ключ от загрязнения поверхностными стоками. Схему каптажных сооружений можно сравнить с цилиндром без дна, устроенным над выходом ключа; конструкции могут быть весьма разнообразны.

Простейший вид каптажа применяется для ключей, расположенных вдали от населенных мест и не подвергающихся риску загрязнения; при этих условиях можно ограничиться после расчистки участка устройством дамбы, ограждающей участок от стекающей воды.

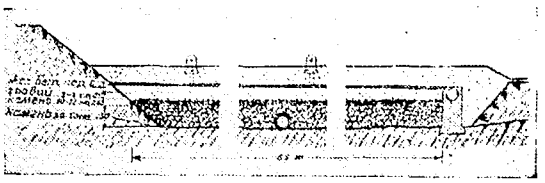


Фиг. 127. Каптаж восходящего ключа.

В случае возможности попадания в воду загрязнений каптажные сооружения делаются закрытыми; иногда ограничиваются сооружениями, недоступными для осмотра; закрытый каптаж небольшого ключа показан на фиг. 127, где над ключем устроено водонепроницаемое покрытие из мятой глины, поддерживаемой отсыпью из крупного камня; вода собирается в промежутках между камнями и отводится к насосной станции (или к месту потребления) по трубе. Во избежание уплотнения грунта от нагрузки камнем забивается ряд свай. Сверху каптаж засыпается землею во избежание промерзания. Для притока свежего воздуха устанавливается вентиляционная труба.

На фиг. 128 и 129 представлен каптаж больших родников Ронна, питающих водоснабжение г. Нюренберга; родники выходят (из трещин доломита) на площади около 20 000 $м^2$.

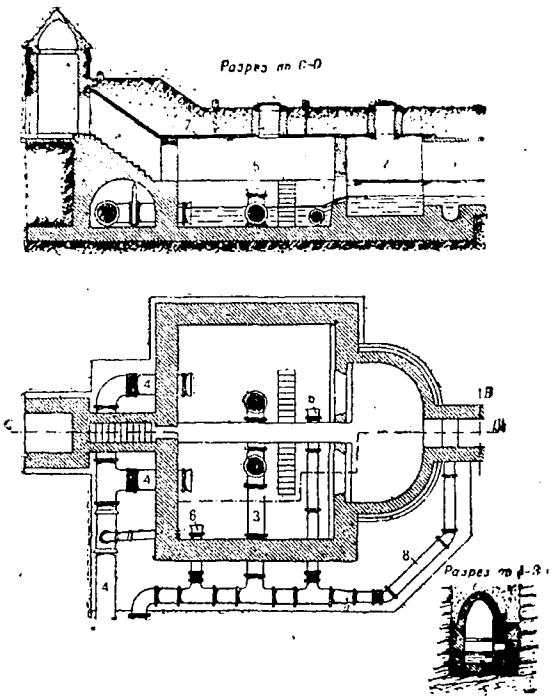
По снятии слоя разрушенных пород, прикрывавшего выходы ключей, образовавшийся котлован был засыпан слоями камня и гравия различной крупности (от 2 до 50 $см$), постепенно уменьшающийся кверху, общею толщиною 2,5 $м$ и поверх них слоем песка; над песком



Фиг. 128. Каптаж родников Ронна.

уложено железобетонное перекрытие. С низовой стороны засыпка ограждена бетонной подпорной стенкой, на которой лежит железная труба диаметром 800 $м$.

Вода родников, собирающаяся в каменной засыпке, отводится двумя трубами (диаметром по 900 $мм$) в отводный канал длиною около 200 $м$, подводящий ее к сборной камере; на всем протяжении этот отводный канал имеет

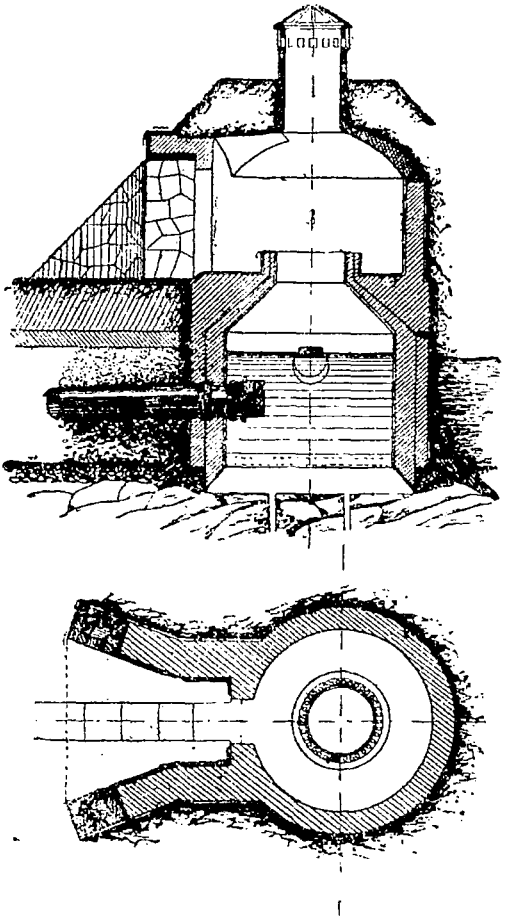


Фиг. 129. Сборная шахта родников Ронна.

с одной стороны боковые отверстия, по которым в него может поступать также вода из второстепенных ключей, расположенных по трассе канала. Из канала вода попадает через водосливные водомеры в две камеры (№ 5), из которых по трубе (№ 4) диаметром 1,0 $м$

подается к городу. Трубы № 3 — водосливные, а № 6 и 8 — водоспускные (для поочередной очистки сборных камер). Дебит родников около 350 *л/сек.*

Тип каптажа, сходный с описанным типом каптажа Ропна, устроен в 1929 г. для ключей Кипучая криница, питающих водою г. Сталино, с той разницей, что каптаж (ради быстроты производства работ) выполнен из дерева в виде деревянного перекрытия, опирающегося на деревянные стойки; сверху деревянное перекрытие покрыто слоем глины и двойным мощением. Во избежание загнивания дерева захваченная вода поступает в колодец, уровень в котором поддерживается выше отметки деревянного перекрытия.



Фиг. 130. Каптаж восходящего ключа (Детское Село).

Каптаж, доступный для осмотра, представлен на фиг. 130 относящемся к каптажу Орловских ключей для водоснабжения Детского села. Главные выходы ключей были заключены в закрытые колодцы. Каждый колодец состоит из железного цилиндра (из листового железа толщиною 4 *мм*) диаметром 3,20 *см*, закрепленного на чугунном опорном кольце; цилиндр обложен снаружи и внутри кирпичною кладкою, внутренняя поверхность колодца облицована белыми фаянсовыми плитками. Сверху над колодцем устроена входная камера, обсыпанная снаружи землею. Каждый колодец имеет водоприемную трубу в 60 *см*, соединяющую его со сборным колодцем, и водосливную трубу в 40 *см*, служащую для отвода избытка воды в общий водоспуск, идущий к р. Вереве.

Каптаж по типу колодцев устраивается в случае изолированного положения отдельных ключей; если же ключи расположены группами, то над ними устраивается водосборная камера, имеющая в плане такие очертания, чтобы объем кладки стен и покрытия получился наименьшим.

10. Каптаж нисходящих ключей

Основным требованием при захвате нисходящих (боковых или горных) ключей, бьющих на склонах долины, является расположение захватных сооружений на такой глубине от поверхности земли, чтобы в них не могла попадать поверхностная вода, невполне отфильтрованная через грунт. Наименьшая толщина слоя грунта, достаточная для очистки просачивающейся воды, зависит от свойств грунта, и при мелком песчаном грунте равняется приблизительно 4 *м*; таким образом захватное сооружение должно брать ключевую воду на глубине не менее 4 *м* от поверхности земли.

Когда местность имеет пологий скат, то для достижения указанной глубины пришлось бы врезаться в землю на весьма большое горизонтальное расстояние, если бы итти открытой выемкой, и гораздо дешевле обойдется устройство сборной камеры в виде колодца (вертикальной шахты) с доступом сверху через люк; на фиг. 131 представлен каптаж ключей у г. Цюриха; доступ в камеру такого типа конечно менее удобен, чем боковой вход. В случае крутых склонов местности устройство камеры с боковым входом по фиг. 132 оказывается более дешевым, чем при пологих склонах.

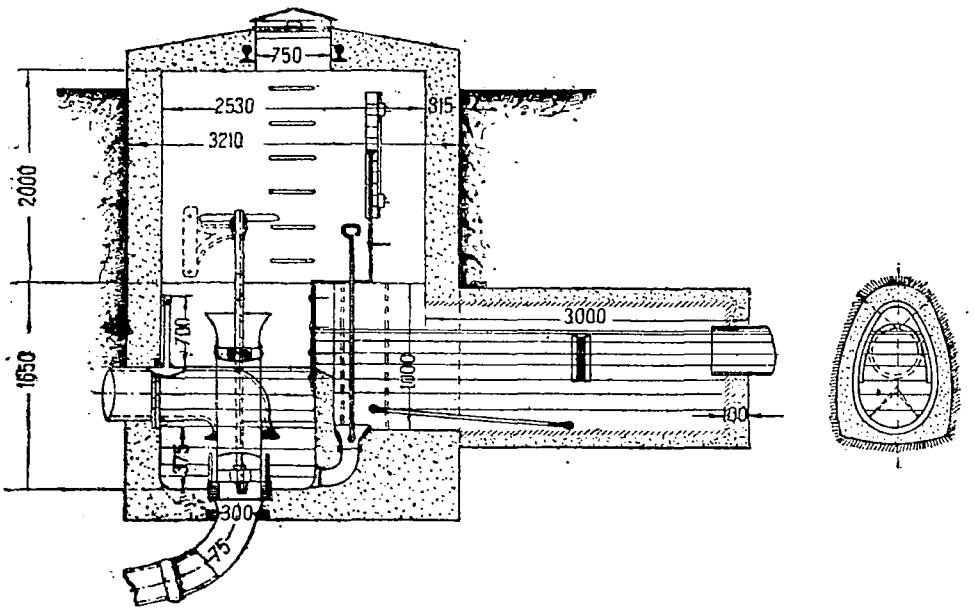
Если наконец по местным условиям трудно расположить захватное сооружение в таком месте, где ключевая вода находится на глубине, достаточной для отфильтрования поверхностных стоков, то следует устроить над потоком ключевой воды перед входом его в сборный бассейн защитный лоток из мятой глины (фиг. 133); этот лоток укладывается на таком протяжении, чтобы перехватывать всю ту поверхностную воду, которая попадает, не пройдя слоя достаточной толщины; вода отводится лотком куда-либо в сторону от сборной камеры.

В сборной камере ключа должны быть помещены трубы: водоприемная (проводящая воду к месту потребления), водосливная (для отвода излишка воды) и водоспускная (для опорожнения камеры в случае очистки или ремонта). Если ключевая вода выносит из породы песок, то камеру разделяют переливною стенкою на два отделения, и вода из ключа поступает в первое отделение, где отстаивается,

а конец водоприемной трубы помещается во втором отделении, содержащем уже осветленную воду, перелившуюся через стенку из первого отделения. В стенке между первым и вторым отделениями обычно устраивается водослив для замера дебита ключа.

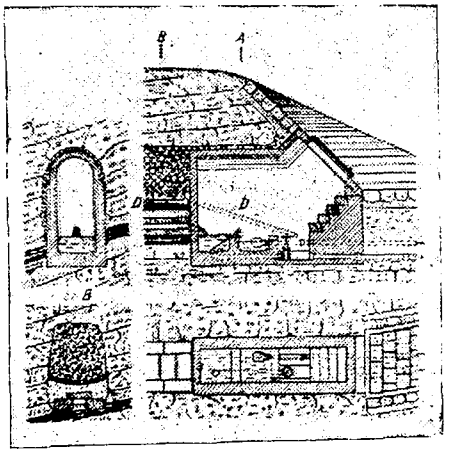
Всякая обделка ключа должна быть доступна и должны быть обеспечены возможность удаления из нее песка, а равно и доставка в нее различных строительных материалов в случае ремонта. Вход должен быть устроен так, чтобы при входе не вызывалось засорения чистой воды.

Подвод ключевой воды к сборной камере производится через отверстия в ее стенке; если ключевая вода идет в виде одной сильной струи, то она вводится непосредственно в сборную камеру или же в галлерею, идущую от ключа к камере.

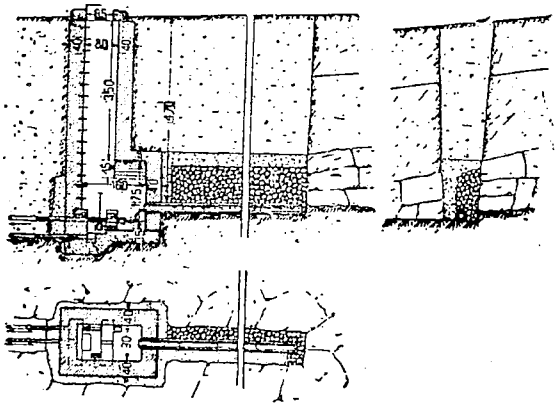


Фиг. 131. Каптаж выходящего ключа.

Если мы собираем в одну камеру ряд более мелких струй нескольких ключей, то от камеры проводится галлерея или труба, пересекающая в поперечном направлении эти струи, для впуска которых в галлерею оставляются отверстия в ее стене. При таких породах водоносного слоя, когда можно не опасаться вымывания водою мелких частиц, впуск ключевой воды в сборную камеру (или в горизонтальную галлерею, идущую от сборной камеры) производится непосредственно через отверстия в стенках; если же порода мелка и ключевая вода может выно-



Фиг. 132. Каптажная камера с боковым входом.



Фиг. 133. Каптаж неглубокого ключевого потока.

сить с собою песок, то снаружи впускных отверстий устраивается отсыпь из камня, гравия и песка, крупность которых постепенно уменьшают по мере удаления от впускных отверстий, образуя фильтр, не допускающий проникания в камеру песчинок.

В случае каптажа нескольких ключей, расположенных на некотором расстоянии друг от друга, вода из отдельных каптажных камер отводится (самотеком) по трубам (обычно керамиковым) к общему сборному резервуару, из которого направляется к месту потребления.

Доц. *А. А. ЛАГОВСКИЙ*

VII. ВОДОПРОВОДНЫЕ НАСОСЫ И НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

1. Насосы

По своей конструкции насосы разделяются на а) поршневые, б) струйные и в) центробежные.

1) Поршневые насосы

По способу работы поршневые насосы разделяются на насосы простого действия, двойного многократного и диференциальные. Насос простого действия за время одного оборота (2 хода) подает воду только в течение хода нагнетания, диференциальный, засасывая воду только в течение 1 хода, подает ее как за ход нагнетания, так и всасывания, т. е. дает более равномерную подачу; насос двойного действия подает воду одинаково как при ходе нагнетания, так и всасывания. Подача насосов многократного действия еще более равномерна.

а) Производительность насосов

Простого действия $Q = \frac{FSn}{60}$

Q — расход воды $м^3/сек.$

S — ход поршня $м$

n — число оборотов

F — площадь поршня — $м^2$

двойного действия $Q = \frac{(2F - f)\,Sn}{60}$

диференциального $Q = \frac{FSn}{60}$.

При одинаковых размерах и числах оборотов производительности насосов простого и диференциального действия — одинаковы.

Поршневые насосы, по способу получения движения от первичного двигателя, разделяются на приводные и прямодействующие.

Приводные насосы преобразуют вращательное движение двигателя при помощи шатуна и кривошипа в возвратно поступательное движение. Прямодействующие насосы шатунно-кривошипного механизма не имеют.

Приводным насосам движение может передаваться от вращающегося вала двигателя непосредственно или при помощи ременной, зубчатой и других передач.

Насосы одинарного действия, ввиду неравномерности их подачи, на практике употребляются лишь сдвоенными и строенными. Эти насосы дают весьма равномерную подачу и строятся быстроходными (с числом оборотов до 250 в мин.).

б) Высота всасывания

Вследствие разных потерь она всегда меньше своей предельной величины 10,33 *м*.

Практически допустимая высота всасывания поршневых насосов уменьшается вместе с температурой воды и числом оборотов насоса:

Таблица 32

Высота всасывания

Число оборотов в минуту	Температура воды в градусах Цельсия						
	0	20	30	40	50	60	70
	Высота всасывания водяного столба в *см*						
50	7	6,5	6	5,5	4	2,5	0
60	6,5	6	5,5	5	3,5	2	0
80	5,5	5	4,5	4	2,5	1	0
120	4,5	4	3,5	3	1,5	0,5	0
150	3,5	3	2,5	2	0,5	0	0
180	2,5	2	1,5	1	0	0	0

Вода с температурой 70° С даже самыми тихоходными насосами не всасывается и должна подводиться к насосу самотеком.

в) Манометры и вакуумматры

Для определения давлений, развиваемых насосами в напорном трубопроводе, употребляются манометры.

Манометр показывает избыток давления над атмосферным, т. е. рабочее, а не абсолютное давление. Последнее больше рабочего на одну атмосферу.

Если манометр присоединен к нагнетательной трубе насоса или воздушному колпаку, то при работе насоса он показывает динамический напор, при бездействии насоса — статический.

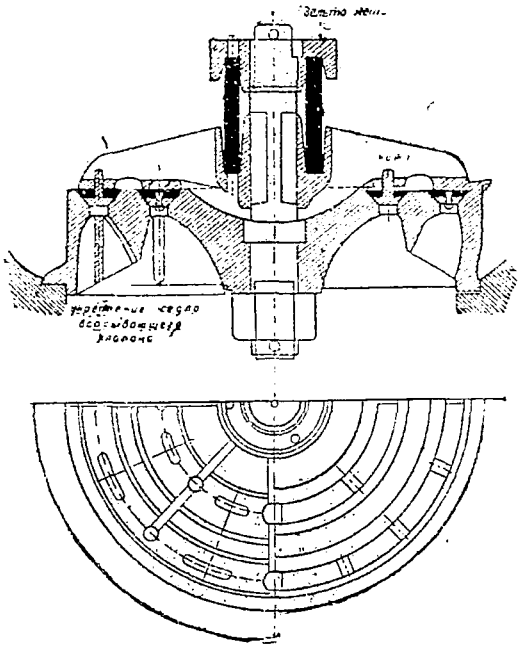
Вакуумметр предназначен для измерения давлений ниже атмосферного (разрежения).

Он показывает разность между давлением наружного воздуха и абсолютным давлением в разреженном пространстве; если это показание дается в метрах водяного столба, то вакуумметр показывает полную высоту всасывания.

Шкала вакуумметра градуируется различно:

1) в дюймах ртутного столба (старые вакуумметры), и тогда шкала разделена от 0 до 30″;

2) в сантиметрах, имея деления от 0 до 76 *см*. В обоих случаях пределы шкалы 30 и 76 соответствуют высоте ртутного столба, уравновешивающего давление равное атмосферному. Когда вакуумметр соединен с пространством, в котором господствует атмосферное давление, он показывает 0. При соединении вакуумметра с разреженным пространством он показывает полную (динамическую) высоту всасывания. Разность показаний дает потерю напора при всасывании.



Фиг. 134. Кольцевой клапан.

Определение высоты всасывания по показанию вакуумметра производится так: пусть вакуумметр показывает 50 *см*, тогда полная высота всасывания в метрах равна $\frac{50 \times 10 \cdot 33}{76} = 6 \cdot 79$ *м* водяного столба, а разрежение равно $10{,}33 - 6{,}79 = 3{,}54$ *м*.

$$\text{Вакуум} = \frac{6{,}79 \times 100}{10{,}33} = 65\%.$$

Когда показание вакуумметра изменяется, то при небольших пределах изменения нельзя решить вопрос изменилось ли на разрежение или же изменилось атмосферное давление. Для решения этого вопроса необходимо знать показание барометра b, если показание вакуумметра при этом h *мм* ртутного столба, то действительный вакуум в % будет:

$$V = \left(1 - \frac{b - h}{760}\right) 100.$$

г) Клапаны

Они представляют важную деталь поршневого насоса, от которой зависит правильность работы насоса. От клапана требуется, чтобы он быстро, точно и без удара закрывал клапанные отверстия в седле и быстро и своевременно их открывал. Клапан действует тем лучше, чем он легче. Поэтому клапаны, нагруженные пружиной, действуют лучше клапанов, опускающихся от действия собственного веса.

В настоящее время наибольшим распространением пользуются тарельчатые, кольцевые и групповые клапаны (фиг. 134).

д) Процесс нагнетания

Потребляемая приводным поршневым насосом эффективная мощность (на его валу) в *л. с.*

$$N_e = \frac{Q_e \cdot (H + H_e)}{75 \cdot \lambda \cdot \eta_m}$$

Здесь Q_e — эффективная подача в *л/сек*, H — полный статический напор ($H = H_B + H_H$), H_e — общая потеря напора на все сопротивления (без учета сил инерции) во всасывающей и нагнетательной трубах.

Таблица 33

Значения коэфициентов

коэфициент наполнения	
1. Большие насосы хорош. исполнения	0,95—0,98
2. Средние „ обыкновенные	0,85—0,95
3. Малые „	0,85 - 0,90
4. Прямодействующие	0,90—0,95
η_m — механический к. п. д.	
1. Для приводных насосов без зубчатой передачи	
малых	$\eta_m = 0{,}65$
больших	$\eta_m = 0{,}80$
2. Для приводных насосов с зубчатой передачей	
малых	$\eta_m = 0{,}60—0{,}62$
больших	$\eta_m = 0{,}75—0{,}77$
3. Для паровых прямодействующих насосов	
малых	$\eta_m = 0{,}80$
больших	$\eta_m = 0{,}85$

е) Воздушные клапаны

При поршневых насосах они обязательны и ставятся как на всасывающей трубе, притом возможно ближе к насосу, так и на нагнетательной.

В нагнетательном колпаке в моменты, когда подача жидкости насосом превышает его среднюю подачу, избыток жидкости уходит в колпак, а не в напорный трубопровод, сжимая воздух, а когда подача насоса становится меньше средней его подачи, воздух выгоняет жидкость из колпака.

Разность объемов жидкости, помещающейся в колпаке, для приводных насосов следующая:

$$\left.\begin{array}{ll} V_{max} - V_{min} = 0{,}55V & \text{насоса прост. действия} \\ V_{max} - V_{min} = 0{,}21V & \text{„ двойн. „} \\ V_{max} - V_{min} = 0{,}09V & \text{„ тройн. „} \end{array}\right\} V = FS.$$

Разность объемов воздуха равна разности объемов жидкости:

$$B_{max} - B_{min} = V_{max} - V_{min} = \frac{1}{m} B;$$

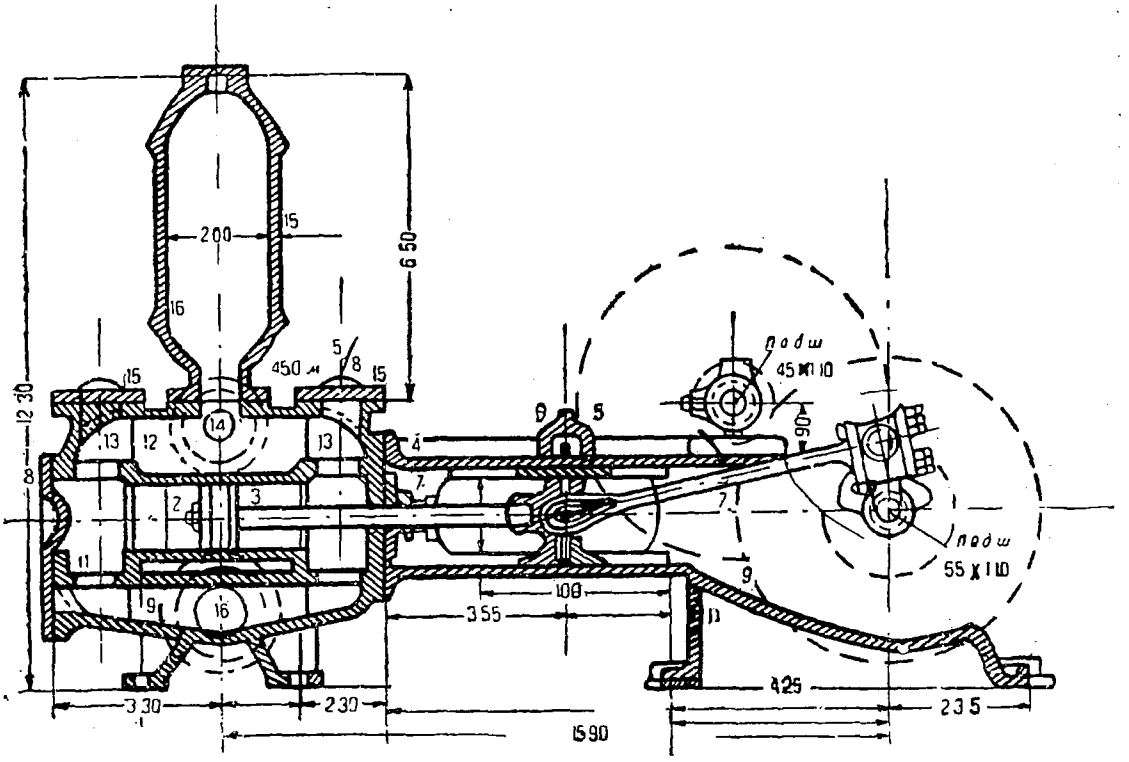
$$B_{max} = B\left(1 + \frac{1}{2m}\right);$$

$$\frac{P_a}{P_b} = \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{2m-1}{2m+1} = n.$$

и увеличивают этот объем в зависимости от длины нагнетательной линии.

ж) Необходимая арматура насоса

1. Задвижки на всасывающей и нагнетательной трубах.
2. Обратный клапан, устанавливаемый на напорной трубе между насосом и задвижкой.
3. Манометр.
4. Вакуумметр.
5. Заливной вентиль.
6. Клапан для выпуска воздуха, поставленный в верхней точке насосного цилиндра; без него невозможен залив.
7. Клапан для присасывания воздуха, устанавливаемый в верхней части насосного пространства и служащий для пополнения воздуха в нагнетательном колпаке.



Фиг. 135. Приводный поршневый насос завода Борец

Обыкновенно принимают для всасывающих колпаков $n = 0{,}9$, тогда $m = 9{,}5$. Отсюда для насоса простого действия:

$$B = 9{,}5\ (V_{max} - V_{min}) = 5{,}2V$$

двойного $B = 9{,}5\ (V_{max} - V_{min}) = 2\ V$

тройного $B = 9{,}5\ (V_{max} - V_{min}) = 0{,}8V.$

Для нагнетательного колпака берут $n = 0{,}99$, что соответствует $m = 100$. Однако колпак выходит громоздким и его разделяют на два: один ставят на насосе, другой на линии. обыкновенно объем воздушных пространств в нагнетательном колпаке берут не менее $8Fs$

8. Приемный клапан и сетка. Площадь отверстий сетки делается обыкновенно в 2—3 раза больше площади поперечного сечения трубы.

Таблица 34 дает основную техническую характеристику и габаритные размеры приводных насосов в исполнении завода „Борец“ (фиг. 135).

2) Паровые поршневые насосы

Прямодействующие — у них поршень парового цилиндра штоком непосредственно соединен с поршнем водяного цилиндра. Давле-

Таблица 34

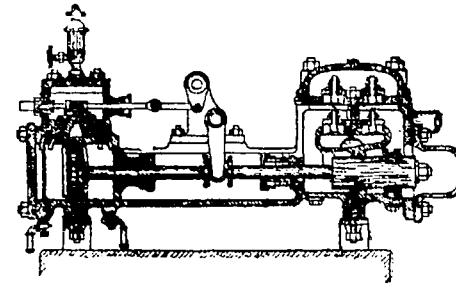
Приводные насосы

Размеры насоса в *мм*		Число оборотов (двойн. ходов) в минуту	Произв. в *л/мин*	Наибольшие		Диаметр отверстия труб в *мм*		Наибольшие габаритные размеры в *мм*	
диаметр цилиндра	ход поршня			высота всасыв. в *м*	напор в *ат*	всасывающий	напорный	длина	ширина
152	255	58	480	6	8	100	75	2048	1065
178	255	58	660	6	8	125	100	2070	1010
203	255	58	860	6	8	125	100	2185	1070

нне пара на поршень должно быть постоянно во время хода, — отсечка пара невозможна.

Употребительнейший тип — сдвоенный (Duplex) горизонтальный насос четверного действия системы Вортингтон (фиг. 136).

Насосы Duplex, Вортингтон со втулкой и внутренними сальниками, употребляемые в железнодорожных водоснабжениях изготовляются для паровых цилиндров от 150 до 305 *мм* диаметром, водных от 100 до 178 *мм*, с числом ходов в минуту от 75 до 125 и производительностью от 20 до 85 *м³/час* при давлении в водяном цилиндре до 12 *ат*. Данные о ходовых размерах насосов Вортингтон приведены в нижеследующей таблице:



Фиг. 136. Паровой насос завода Вортингтон.

Таблица 35

Размеры и производительность сдвоенных паровых насосав Вортингтона простого действие

Диаметр в *мм*		Ход поршня в *мм*	Число ходов в минуту	Диаметр труб в *мм*				Производительность в *м³/час*
паровых цилиндров	водяных цилиндров			всасывающий	напорный	паропров.	паровыпускн.	
150	102	152	75—150	75	63	40	50	10—20
150	112	152	75—150	100	75	40	50	12—25
190	127	152	75—125	100	75	40	60	15—26
228	152	255	75—125	125	100	50	60	37—61
255	152	255	75—125	125	100	50	60	37—61
305	178	255	75—125	150	125	60	75	51—85

Насосы Вортингтона требуют мало места, фундаменты под них легкие, уход и регулировка просты, причем последняя достигается прикрыванием парового вентиля. Однако они расходуют много пара от 30 *кг* на *л. с.* и даже выше. Поэтому они употребляются там, где имеется дешевое местное топливо и отсутствует дешевая электроэнергия.

Устройство насосов Вортингтона с двойным расширением пара (в двух цилиндрах) дает экономию топлива до 20%, но машина становится громоздкой и дорогой.

Расход пара на обыкновенный насос Duplex (не компаунд) определяется по следующей формуле:

$$D = \xi 0{,}36 \cdot 2FV_{ср}\,\gamma\left[(\varepsilon + m) - \frac{q}{p'''}(m + c)\right]$$

ξ — поправочный коэфиц. = 1,1
F — площадь поршня в *м²*,
$V_{ср}$ — средняя скорость поршня $= \frac{2ns}{60}$,

где

n — число двойных ходов в минуту,
γ — вес *м³* пара при давлении его вступления в паровой цилиндр,
ε — степень наполнения (для дан. случ. $\varepsilon = 1$),
m — вредное пространство,
C — степень сжатия $\sim 0{,}65$,
q — давление выпуска $\sim 1{,}2$ *ат*,
D — часовой расход пара в *кг* на оба цилиндра.

Паровые насосы маховичного типа.

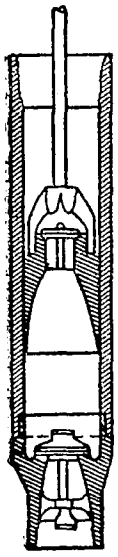
Они представляют паровую машину с коренным валом и маховиком, штока паровых цилиндров которой непосредственно соединены с насосами. Машины снабжены конденсатором, расположенным под полом ма-

шинного помещения и получающим движение от коренного вала. Такие водоподъемные машины строятся вертикальные. Ввиду наличия маховика эти машины допускают отсечку и расширение пара в цилиндре высокого давления; строятся для давлений пара до 15 *ат* и перегрев до 350°С.

Расход пара в таких машинах двойного расширения и с конденсацией достигает 5—6 *кг* на действ. силу и ниже. Строятся заводами по особому заказу для данных местных условий. Применяются для больших производительностей, когда не имеется дешевой электроэнергии и дешевого топлива для дизелей. Заводом Демаг для Рурской области построен паровой насос на 6000 *м³/час* при напоре 135 *м* — это наибольший насос в Европе.

3) Глубоководные штанговые насосы

Такие насосы устраиваются с проходным поршнем и употребляются для подъема воды из буровых скважин. Насос может быть конструирован как простого действия и как диференциальный. Производительность для того и другого типа $Q = \frac{FSn}{60}$.



Фиг. 137. Насосный цилиндр.

Насосные цилиндры (фиг. 137) укрепляются на нагнетательной трубе при помощи нарезки, чтобы уменьшить диаметр необходимой для насоса скважины. Штанги насоса соединяются нарезкой и снабжаются направляющими роликами.

Вследствие больших сил инерции, вызываемых колебательным движением длинных и тяжелых штанг, эти насосы строятся тихоходными: 20—30 ходов в минуту.

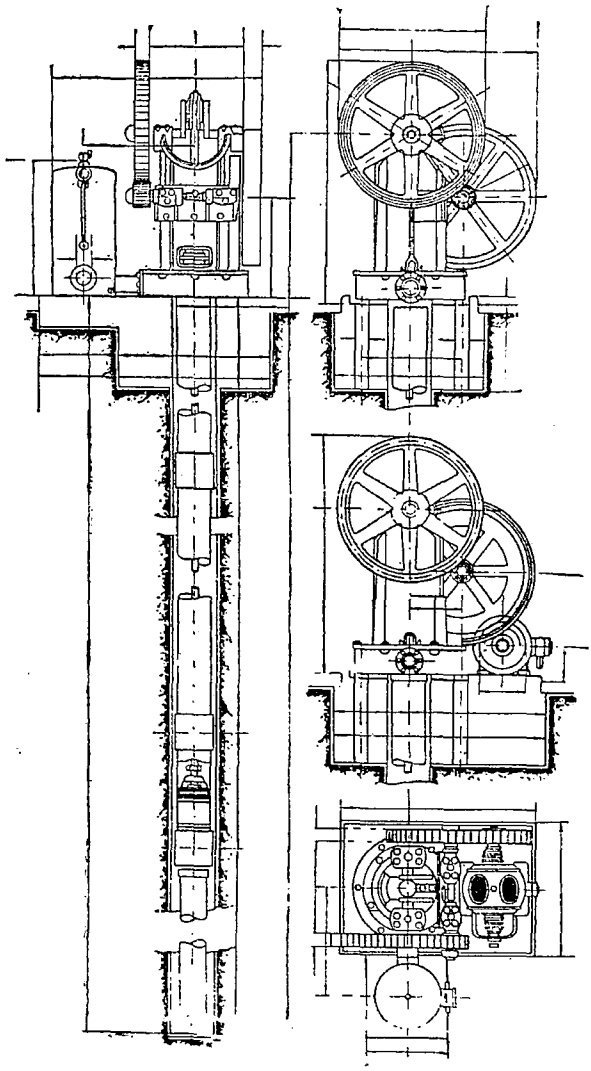
Насосы получают движение от того или другого двигателя при помощи зубчатой передачи или ремня (фиг. 138 и 139).

Вследствие инерции штанг ход простого штангового насоса получается неравномерный. Выравнивание хода достигается подвешиваемым на рычаге противовесом или же пневматическим способом.

Для больших глубин и значительной производительности применяются насосы двойного действия. Они имеют два поршня, движущихся от одного и того же коленчатого нала при помощи отдельных кривошипных шатунных передач в разные стороны.

Применением двух поршней достигается подача воды при прямом и обратном ходе. Насосы двойного действия устраиваются для глубин до 60 *м* и наименьшего диаметра скважины до 170 *мм*.

Штанговой насос устраивается и прямодействующим. В этом случае штанги непосредственно соединяются со штоком парового цилиндра, расположенного над скважиной. Основная характеристика таких насосов дана в следующей таблице:



Фиг. 138 и 139. Штанговый насос.

Таблица 36

Штанговые насосы

Диаметр парового цилиндра в *мм*	Ход поршня в *мм*	Число оборотов в минуту	Наружный дм. тр. буровой скважины в *мм*	Диаметр насосного цилиндра в *мм*	Производительность *м³/час*
250	915	25—35	150	105	11—15
350	1220	20—30	2 0	145	22—33
500	1200	20—30	250	180	33—50

Надостатки насоса заключаются в их тихоходности, трудности ухода и ремонта. В настоящее время употребляются для подъема воды из скважин малого диаметра 125—150 *мм*. Коэфициент полезного действия 0,5—0,6.

4) Струйные насосы

Они основаны на всасывающем действии струи капельной или газообразной жидкости в месте ее сужения и отчасти на участке последующего ее расширения; к. п. д. их низок и не превосходит 0,2 в лучших случаях.

По роду рабочей (движущей) мощности и поднимаемой жидкости насосы эти классифицируются следующим образом:

№ по пор.	Название струйного насоса	Движущая жидкость	Поднимаемая жидкость	Главнейшие применения насосов
1	Паровой инжектор	пар	вода	Для питания паровых котлов
2	Паровой эжектор (элеватор)	пар	вода	Для выкачивания грязных вод
3	Струйный конденсатор	вода	пар	Для конденсации пара и подогрева воды
4	Водоструйный воздушный насос	вода	возд.	Для откачивания воздуха из сифонов всасывающих линий и т. п.
5	Пароструйный воздушный насос	пар	возд.	Для откачивания воздуха из конденсаторов паровых турбин
6	Водоструйный эжектор (элеватор)	вода	вода	Для выкачивания грязных вод
7	Струйный эжектор	возд.	сыпуч. тело (зерно)	Для подъема и транспортировки зерна

Тип водоструйного эжектора для подъема воды со взвесью представлен на фиг. 140. Они бывают в вертикальном и горизонтальном исполнении, всасывающие и не всасывающие.

Таблица 37

Производительность эжектора Кертинга

№ аппарата	Часовая подача в *л*	Диаметр труб в *мм*		
		напорной и водяной	подъемной	всасывающей
1	1 000	10	20	20
2	2 000	13	25	25
3	5 000	20	40	40
4	10 000	30	50	50

Высота подъема воды эжекторами всегда меньше напора рабочей воды.

Эжекторы могут при некотором изменении размеров сопел работать паром.

Водоструйные и пароструйные эжекторы при некотором изменении их конструкции могут быть применены для подъема воды из скважин.

Однако вследствие их низкого к. п. д., для этих целей они находят применение лишь при пробных откачках.

5) Водоструйные воздушные насосы

Вода, просачиваясь через зазоры между расходящимися насадками, присасывает воздух. Употребляются для отсасывания воздуха из сифонов и всасывающих труб насосов; этот насос получил значительное распространение в конденсационных установках. Данные о водоструйных насосах (фиг. 141) приводятся в следующей таблице:

Таблица 39

Водоструйные насосы

Количество отсасываемого воздуха *л/час.* при разрежении 5 *м* вод. столба	Диаметр труб в *мм*		
	рабочей воды при давлении 3 *ат*	всасываемого воздуха	отводная из аппарата
1 900	25	20	30
2 850	30	25	40
5 700	40	25	50
10 700	50	30	60
15 800	60	40	70
25 000	70	50	80

6) Эрлифты (насосы мамут)

Они служат главным образом для подъема воды из скважин. Схема эрлифта дана на фиг. 142. Здесь *K*—компрессор (воздушн. насос), *W*—воздушный котел, *a*—нагнетатель-

Таблица 38

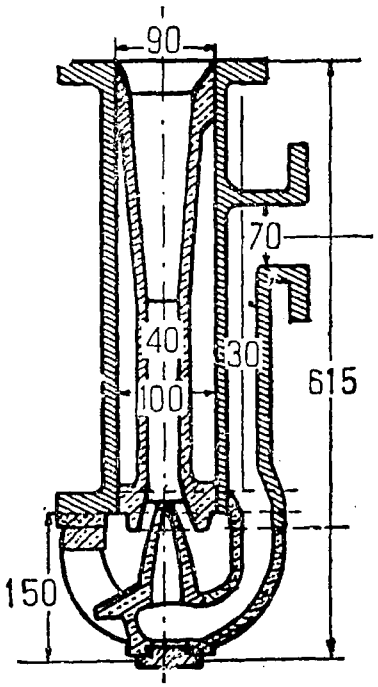
Паровые эжекторы

Часовая производительность в *л*	1 000	2 000	4 000	6 000	8 000	12 000	15 000	30 000	50 000
Диаметр паров. трубы в *мм*	15	20	25	30	40	40	60	60	80
Диаметр водяной трубы в *мм*	20	25	30	40	50	50	60	80	120

пая воздушная труба, b—подъемная водяная, R—сборный резервуар. При работе эрлифта труба a до форсунки c заполнена воздухом, а труба b смесью воды с воздухом (эмульсией); труба b снизу открыта, почему скважина и напорная труба b представляют два сообщающихся сосуда; так как удельный вес эмульсии меньше удельного веса воды, то в трубе b эмульсия поднимается и может при известном количестве вдуваемого воздуха подняться и изливаться в резервуар R.

Трубы воздушные и водяные могут иметь концентрическое расположение.

Глубина погружения форсунки под динамический уровень выбирается по соотношению: $a = \frac{H}{H + h}$, причем x берется в пределах



Фиг. 140. Водоструйный эжектор.

от 0,35 до 0,70, здесь H полная высота подъема воды от динамического уровня до уровня в резервуаре.

Необходимое количество воздуха $м^3$ для подъема 1 $м^3$ воды может быть определено по следующей формуле Андерсона:

$$W = \frac{Kh}{23 \log \frac{H + 10}{10}}.$$

Здесь h—полная высота подъема в метрах, H—глубина погружения башмака в $м$, K—коэфициент $= 2{,}17 + 0{,}0164\ h$.

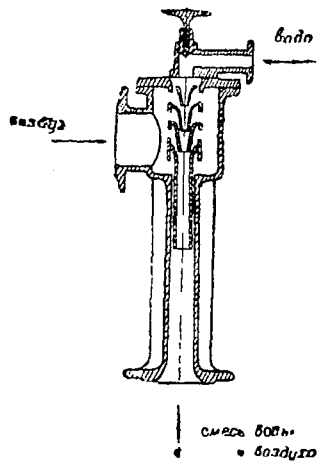
Необходимое давление воздуха, развиваемое компрессором в $м$ водяного столба при начале работы эрлифта:

$$H_н = H + h_1 + h_c.$$

Здесь h_c—сопротивление от трения воздуха по воздухопроводу.

Необходимое давление воздуха, когда установится динамический уровень:

$$H_н = H + h_c.$$

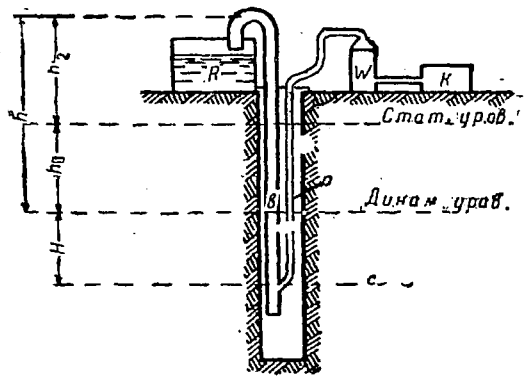


Фиг. 141. Водоструйный воздушный насос.

Потерю на трение в воздухопроводе можно вычислить по формуле:

$$h_c = x \frac{l}{d} \times \frac{\gamma v^2}{2g},$$

здесь x—коэф., который можно взять по таблицам Ритчеля и Браббе, l—длина, d—диаметр воздухопровода в $м$, v — скорость воздуха



Фиг. 142. Схема эрлифта.

в $м/сек.$, γ — удельный вес воздуха $кг/м^3$ (можно принимать $\gamma = 1{,}25$), $g = 9{,}81$. Коэф. x по Блессу $= 0{,}0125 + \frac{0{,}0011}{d}$.

Скорость в воздушных трубах принимается в 16—15 $м/сек.$

Практика для диаметров воздушных и подъемных труб установила следующие соотношения.

Таблица 40

Диаметр труб для случая параллельного расположения труб

Количество подаваемой воды в $м^3/час$	Диаметр скважины в *мм*	Диаметр воздушных труб в *мм*	Диаметр подъемных труб в *мм*
8,0	114	25	51
14,5	127	25	63
20,0	152	32	76
26,5	178	38	87
44,0	203	38	102
81,0	254	51	152

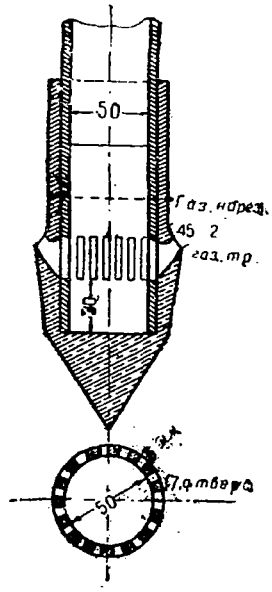
Таблица 41

Диаметр труб для случая центрального расположения воздушной трубы

Количество поднимаемой воды в $м^3$	Диаметр подъемных труб в *мм*	Диаметр воздушных труб в *мм*
18—23,0	89	32
22,5—54,5	102	38
34,5—57,0	127	51
62,5—85,5	162	51
114—147,5	203	63
176—227	254	63

Устройство форсунок (башманов)

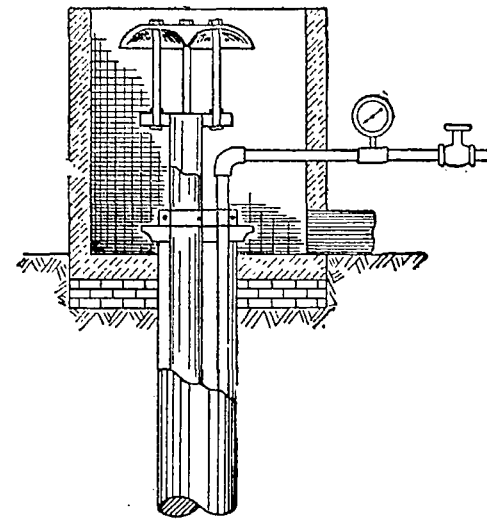
Это — приборы для введения воздуха в водоподъемную трубу. Форсунки бывают двух главных типов: тип первый — (фиг. 143), воздух входит в воздушную трубу нераздробленными массами; в типе втором воздух при входе в водоподъемную трубу раздробляется на мельчайшие пузырьки. Существует весьма большое число конструкций форсунок.



Фиг. 143. Тип форсунки эрлифта.

Сепараторы (воздухоотделители)

Они служат для отделения из поднятой воды примешанного к ней воздуха. Они устанавливаются или перед сборным резервуаром или в нем самом. Типы сепаратора показаны на фиг. 144.



Фиг. 144. Воздухоотделитель.

Компрессоры для эрлифтов употребляются или поршневые или ротационные.

Необходимую мощность поршневого компрессора можно определить по формуле:

$$N = 34\,400\,[P_2^{0,291} - 1]\,\frac{Q}{75\,.\,\eta}\ л.\,с.$$

Здесь P_2—развиваемое компрессором давление воздуха в *ат*; Q — производительность компрессора в $м^3/сек.$, считаемая по засасываемому объему; η — к. п. д. компрессора = = 0,8 — 0,85.

Иногда мощность двигателя для компрессора определяют по следующей формуле:

$$N = \frac{Qh}{75\,\eta} \qquad (10)$$

Здесь Q — подача эрлифта в $м/сек.$
h — полный подъем эрлифта в *м*,
η — к. п. д. эрлифта = 0,15 — 0,25.

Достоинства эрлифтов: простота и дешевизна устройства, надежность в работе, применимость для узких скважин. Недостатки—низкий к. п. д., не превышающий обыкновенно 0,25.

7) Центробежные насосы

В центробежном насосе подъем воды производится при помощи центробежной силы, развиваемой в воде, которая заполняет вращающееся лопастное колесо насоса; чтобы насос действовал, он должен быть залит водой, поэтому всасывающая труба насоса должна быть снабжена приемным клапаном с сеткой. Вода из всасывающей трубы посту-

пает к оси колеса, протекает по каналам между лопатками, поступает в пространство между колесом и корпусом и затем в нагнетательную трубу. В противоположность поршневому насосу центробежный может некоторое время без аварий работать при закрытой задвижке, причем затраченная на такое вращение насоса энергия, достигающая до 30% нормальной мощности, расходуется на трение колеса о воду, превращаясь в тепловую энергию (нагревание воды и насоса).

Центробежные насосы являются быстроходными машинами и строятся для чисел оборотов 600—3000 в минуту. Поэтому они весьма подходят к непосредственному соединению с электромоторами.

а) Необходимая арматура центробежного насоса

1. Задвижка на напорной трубе.
2. Обратный клапан на напорной трубе.
3. Манометр.
4. Вакуумметр.
5. Приемный клапан и сетка.
6. Заливное приспособление.
7. Воздушный кран.

б) Высота всасывания центробежных насосов

Практически полную высоту всасывания (статическую + потери) рекомендуется брать для водопроводных насосов не более 5 *м*, а для канализационных 4,5 *м*.

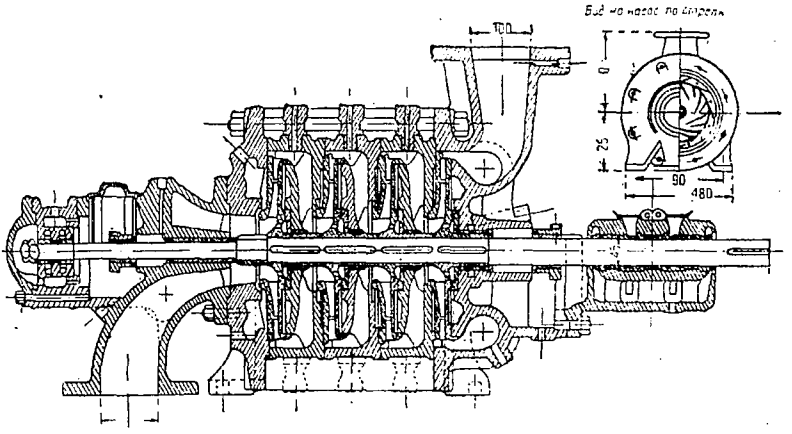
η — общий к. п. д., принимаемый в пределах 0,4—0,7 в зависимости от производительности насоса. При наличии направляющего аппарата (турбинные насосы, являющиеся наиболее распространенной современной конструкцией) к. п. д. повышается на 5—10%.

в) Многоколесные насосы

Они строятся в целях получения высоких напоров и представляют последовательное соединение нескольких колес, насаженных на общий вал. Корпус насоса (фиг. 145) имеет каналы, подводящие воду, вышедшую из предыдущего колеса ко всасывающему отверстию второго. В одном корпусе делается обыкновенно не более 8 ступеней. На одну ступень приходится от 10 до 70 *м*. Производительность до 1 $м^3/сек$.

г) Некоторые детали центробежных насосов

Сальники конструируются так, чтобы обеспечивалось свободное вращение вала, и чтобы сальник со стороны всасывания не пропускал воздуха, а сальник с другой стороны — воду. Обыкновенно для устранения присасывания воздуха сальники со стороны входа воды, где имеется разрежение, снабжаются гидравлическим затвором. Корпус насоса отливается из чугуна и лишь в исключительных случаях для высоких давлений из стали. Лопастные



Фиг. 145. Многоступенчатый центробежный насос.

Мощность, потребляемая насосом на его валу

$$N_e = \frac{Q_e\,(H + H_c)}{75\,\eta_n \cdot \eta_m} = \frac{Q_e\,(H + H_c)}{75 \cdot \eta},$$

Здесь η_n — гидравлический к. п. д. насоса равный

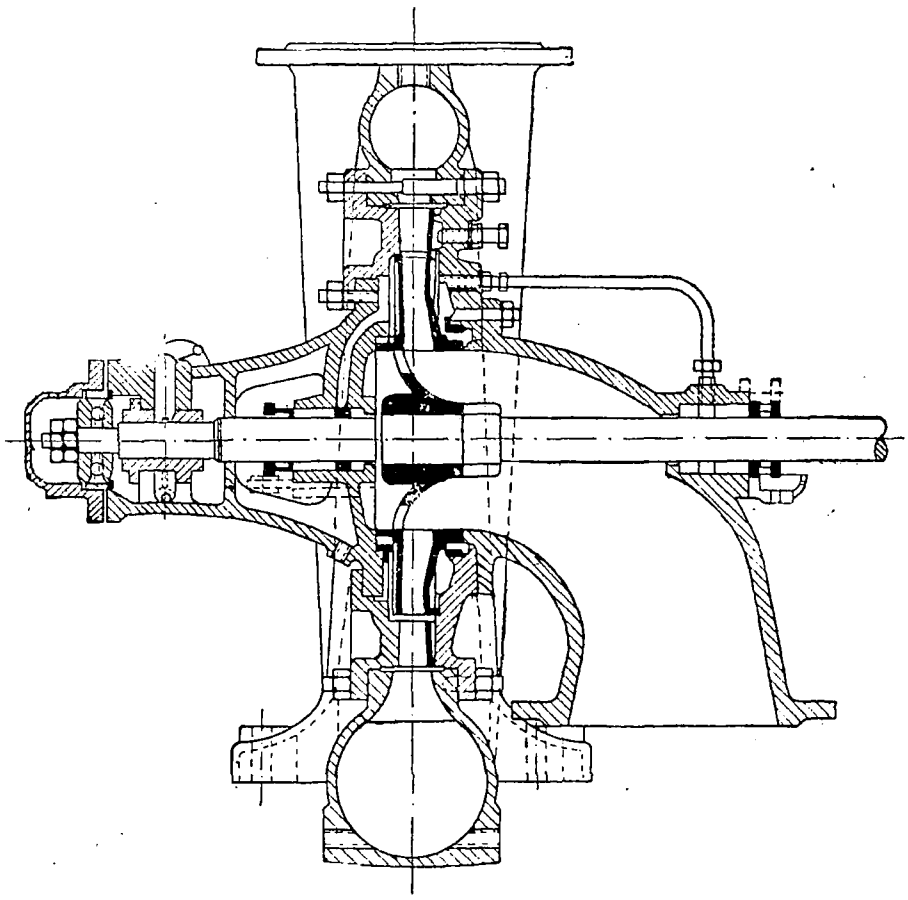
$$\eta_n \frac{H_m}{H_m + H_k} = 0{,}8 - 0{,}85$$

и выше; η_m — механический коэфициент, $\eta_m = 0{,}7 - 0{,}8$;

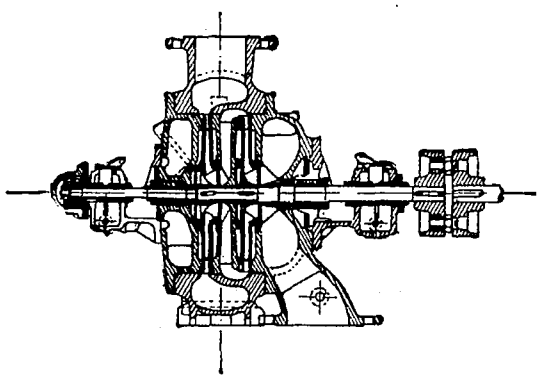
колеса отливаются из чугуна, а для высоких давлений и хороших насосов из бронзы. Для повышения к. п. д. поверхности лопаток направляющего аппарата и корпуса тщательно и гладко отделываются, что уменьшает трение воды о них. Толщина чугунных лопаток берется 5—6 *мм*, бронзовых 3—5 *мм*, причем концы их в месте входа должны быть заострены. Вал насосов делается из лучшей мартеновской стали. Для уменьшения потерь на трение в центробежных насосах употребляются подшипники самых лучших конструкций, весьма часто с кольцевой смазкой, еще лучше — шарикоподшипники.

д) Примеры выполнения центробежных насосов

Одноколесный насос с направляющим аппаратом в исполнении завода Гильперт Амаг представлен на фиг. 146. Насосы этого типа строятся для напоров до 50 *м* и производительностью до 12.000 *м*³ при к. п. д. до 0,8. Всасывающий и нагнетательный патрубки могут принимать любое положение. Осевое давление уравновешивается отверстиями в колесе с соответствующими заточками. Случайные осевые давления уравновешиваются шариковой пятой. Подшипников два с кольцевой смазкой.



Фиг. 146. Одноколесный насос с направляющим аппаратом.



Фиг. 147. Турбинный насос.

е) Оценка центробежных насосов и область их применения

Центробежные насосы изготовляются для широких пределов напора от нескольких метров до 2.000 *м* и для весьма больших производительностей до 2 *м*³/*сек.* и более. Они строятся для чисел оборотов от 60 до 3.000 в минуту и поэтому представляют быстроходные машины, вполне подходящие для непосредственного соединения с электромоторами, работающими тоже с большим числом оборотов.

Несмотря на несколько более низкий к. п. д. по сравнению с поршневыми насосами, центробежные насосы, благодаря возможности непосредственного соединения с электромоторами, значительно меньшей площадки пола, которую они требуют, и простоте ухода решительно вытесняют поршневые, которые употребляются только для малых расходов воды (меньше 375 *л*/*мин.* при больших напорах. Центробежные насосы

для этих условий весьма трудно сконструировать по причине чрезвычайно малой ширины колеса.

ж) Центробежные насосы с вертикальным валом

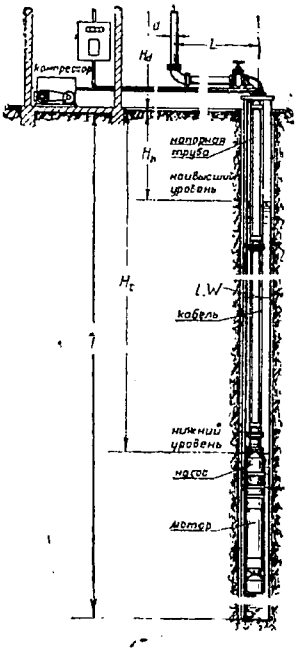
Насосы с вертикальным валом находят применение в следующих случаях и формах выполнения:

1. Для подъема воды из буровых скважин.
2. Для подъема воды из шахтных колодцев.
3. То же, но с подвижным насосом и электромотором.
4. Затопляемый тип насоса и электромотора для подъема воды из скважин.

Насос первого типа применяется для диаметров скважин от 200 до 1000 *мм* и для производительностей до 600 *м³/час*. Число ступеней насоса зависит от высоты подъема; последняя достигает 250 *м*.

Второй тип установки в шахтном колодце отличается от первого тем, что насос и вал его не находятся под водой, подшипники вала доступны и могут иметь нормальную смазку. Выбор диаметра насоса не ограничен малым диаметром скважины.

Во избежание возникновения резонанса между собственным колебанием вала и числом его оборотов вал подразделяется на сравнительно короткие части, соединенные между собой специальными соединительными муфтами, причем каждая такая часть снабжается отдельным опорным подшипником.



Фиг. 148. Вертикальный подводный насос.

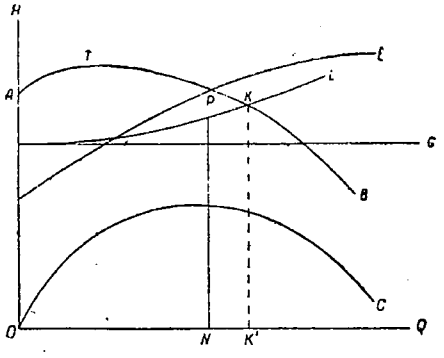
Третий тип установки — подъемный насос (подвижной)—употребляется главным образом для случаев больших колебаний уровня воды в колодце и чаще для установок временного характера.

Затопляемые насосы. У них электромотор и насос находятся на общем валу и погружаются в скважину (фиг. 148). Мотор находится в особом железном кожухе, в который компрессор нагнетает в злух, так что давление воздуха в кожухе всегда поддерживается на 0,5 *ат*. больше, чем гидравлическое давление воды в скважине по отношению к кожуху. Давление, развиваемое компрессором автоматически регулируется особым прибором. Мотор может быть расположен под насосом и обратно. Строятся для давлений от 20 до 60 *м* для подачи от 120 до 2200 *л/мин* для диаметров насоса от 142 до 385 *мм* и мощностей от 1,5 до 40 *кв*. Смазка через 4000 час. работы. Расход тока $^1/_{10}$ *квт-ч* на 20 *м* подъема и 1 *м³* подачи

На водопроводе города Asch такие насосы работают уже 2 $^1,_2$ года.

з) Характеристики центробежных насосов

Для центробежных насосов не существует простой формулы для определения производительности насоса в зависимости от его размеров и числа оборотов. Точно так же нет формулы, определяющей полный напор насосов в зависимости от числа его оборотов и производительности. Требуемые соотношения между этими величинами получаются обыкновенно опытным путем при испытании насоса на заводе по его изготовлении и изображаются в виде кривых, называемых характеристикой насоса. На фиг. 149 представлены 3 типичные характеристики центробежного насоса.



Фиг. 149. Характеристики центробежного насоса.

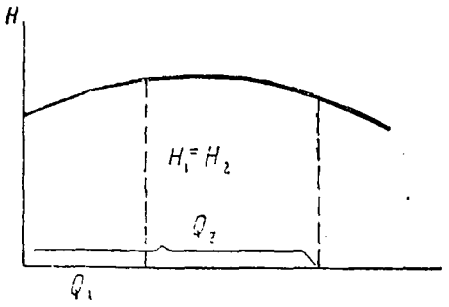
Кривая AB — основная характеристика насоса $Q — H$, показывающая как изменяется полный напор, развиваемый насосом при изменении его производительности. Кривая OC есть характеристика к. п. д. насоса; ординаты ее представляют к. п. д. Кривая DE — характеристика потребляемой мощности. Все характеристики получены для постоянного числа оборотов колеса насоса. Изменение Q достигается простым прикрыванием задвижки.

и) Параллельная работа насосов

Для ее осуществления необходимо:

1. Чтобы характеристики $Q — H$ работающих насосов были идентичны.
2. Чтобы характеристики $Q — H$ обладали особыми свойствами, необходимыми для устойчивости параллельной работы. Так, характеристики фиг. 150 не подходящи для параллельной работы, так как один и тот же напор может быть развит при разных производительностях. Насосы, соединенные параллельно с такими характеристиками, будут перебрасы-

пать нагрузку друг на друга и в сумме дадут значительно меньше двойной производительности.



Фиг. 150. Характеристика центробежного насоса, не пригодного для параллельной работы.

Для устойчивости параллельной работы подходят характеристики сравнительно круто падающие к оси абсцисс с увеличением Q (фиг. 151).

2. Насосные станции водопроводов

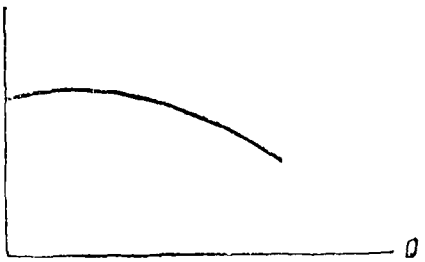
1) Выбор типа насосов

Господствующим типом насоса является в настоящее время центробежный насос благодаря возможности непосредственного соединения его с электромотором, сравнительно меньшей площади, занимаемой насосом, и вследствие этого большей экономичности установки несмотря на меньший к. п. д. центробежного насоса по сравнению с поршневым.

канализационных станциях, когда применение одноколесного насоса или винтового по причине требуемого большого напора невозможно; г) на водопроводных и канализационных насосных станциях, когда сравнительный экономический расчет покажет, что применение паровых водоподъемных машин выгоднее.

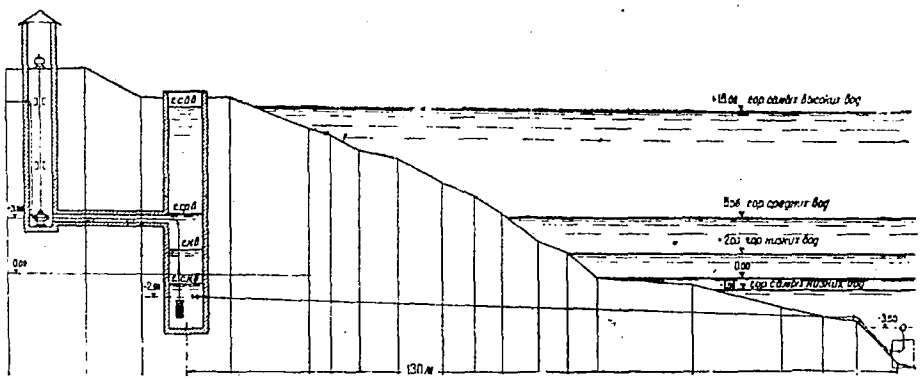
Выбор типа первичного двигателя для насосных станций.

В качестве первичных двигателей для центробежных насосов при современном развитии энергетики применяются главным образом паровые турбины, дизеля и электромоторы. При возможности получения дешевой (3—6 коп. *квт*) электроэнергии от районных или круп-



Фиг. 151. Характеристика центробежного насоса, пригодного для параллельной работы.

ных заводских электростанций, наиболее выгодным двигателем является обыкновенно электромотор. В тех же случаях, где дешевой электроэнергии получить нельзя, необходимо произвести параллельные технико-экономические подсчеты, по которым можно было бы сравнить как величину капитальных затрат



Фиг. 152. Насосная шахта с вертикальным насосом при наличии мокрого колодца.

Поршневые насосы применяются в настоящее время в следующих случаях: а) когда приходится преодолевать большой напор при малой производительности (375 *л/мин*), при которой каналы насоса выходят очень узкими; б) на железнодорожных водокачках, где выставляется требование о работе водокачки на всяком топливе и ставится на первый план надежность действия и простота ухода. Здесь нередко употребляются сдвоенные прямодействующие паровые насосы Вортингтон; в) на

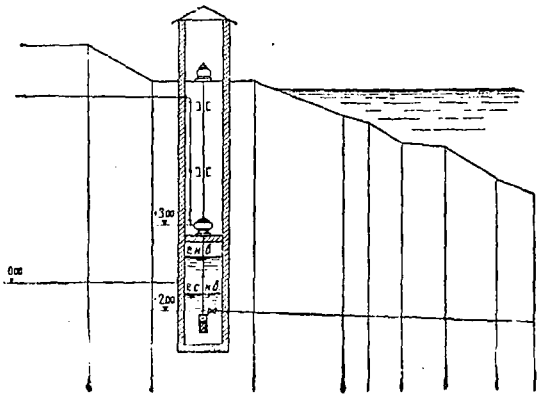
так и стоимость подъема тонно-метра воды по сравниваемым вариантам. Эти вопросы входят в область машиноведения и устройства силовых станций и вследствие их широты здесь освещаться не могут.

Особенности устройства насосных станций первого подъема из поверхностных источников водоснабжения с большим колебанием уровня.

Такие станции обыкновенно имеют шахту, в которой и устанавливаются насосы. Глуби-

на шахты зависит от размера колебания уровня. В целях уменьшения диаметра шахты и сокращения строительной стоимости, здесь уместно применять центробежные насосы с вертикальным валом.

На фиг. 152, 153 и 154 показаны наиболее часто применяемые в этом случае конструкции насосных станций. Водоприемник на всех этих схемах показан условно в виде прямо-



Фиг. 153. Насосная шахта с вертикальными насосами без мокрого колодца.

угольника. Простейшую схему с одной и наиболее мелкой шахтой, но не с самотечной, а всасывающей трубой (по возможности с малой высотой всасывания 2—3 *м*) можно рекомендовать лишь тогда, когда всасывающая линия проходит ниже горизонта грунтовых вод. Желательно часть всасывающей трубы близ шахты, где она заложена глубоко, проложить в проходимом тоннеле, как и всасывающие трубы между сухой и мокрой шахтами.

Некоторые данные об электротехническом оборудовании насосных станций.

Электрификация насосных станций производится, как и электрификация всей нашей страны, на трехфазном токе со стандартом напряжения для мелких и средних электромоторов 380 *в* (иногда 220) и крупных, начиная от мощности в 250 *квт л. с.*—6.000 *в*.

Асинхронные трехфазные моторы, которыми чаще всего оборудуются насосные станции, обладают почти постоянным числом оборотов как при холостом ходе, так и при полной нагрузке (падение числа оборотов приблизительно только на 3%).

Простой регулировки числа оборотов трехфазных асинхронных моторов не существует. Синхронное число оборотов таких трехфазных моторов определяется по формуле:

$$U = \frac{60f}{P}.$$

Здесь U — число оборотов мотора в минуту $f = 50$, числу периодов в секунду; P — число пар полюсов.

Прилагаемая таблица дает синхронное число оборотов трехфазных моторов и число оборотов их при полной нагрузке.

Таблица 42

Синхронное число оборотов		Число оборотов при полной нагрузке
$U = 50 \times 60 = 3000$	—	2900
$U = 50 \times 30 = 1500$	—	1450
$U = 50 \times 20 = 1000$	—	960
$U = 50 \times 15 = 750$	—	730
$U = 50 \times 12 = 600$	—	580
$U = 50 \times 10 = 500$	—	480

На насосных станциях рекомендуется устанавливать агрегаты, насосы которых находятся в непосредственном соединении с электромоторами на одном валу.

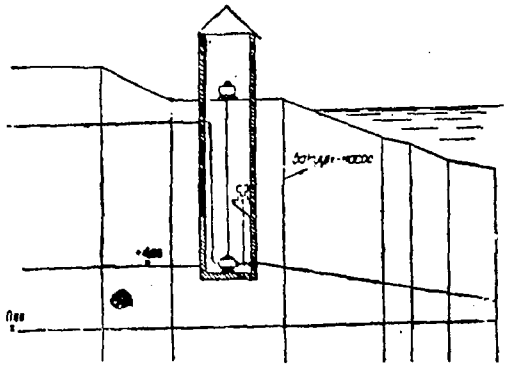
При выборе насосов по каталогам заводов, необходимо учитывать указанные числа оборотов моторов, иначе непосредственное соединение насоса и электромотора невозможно. К. п. д. трехфазного электромотора колеблется в пределах 0,85—0,95, в зависимости от мощности мотора.

Электромоторы до 2 *квт* можно ставить с короткозамкнутым якорем. Моторы большей мощности ставятся с фазовым якорем; они снабжаются пусковым реостатом, который устанавливается около мотора. При пуске в ход агрегата пусковой реостат включается; при достижении якорем насоса нормального числа оборотов он выключается или автоматически или от руки.

Распределение электроэнергии для низковольтных моторов (220—380 *в*) производится в настоящее время очень часто с применением закрытых железных распределительных ящиков.

Каждый ящик как минимум содержит амперметр, рубильник для включения и выключения тока к мотору и плавкие предохранители. Все части, находящиеся под напряжением, закрыты. Ящик снабжается блокировочным приспособлением, благодаря которому:

1. Дверца, дающая доступ внутрь ящика, не может открываться при замкнутом рубильнике.



Фиг. 154. Насосные шахты с вертикальными насосами и вакуумнасосами.

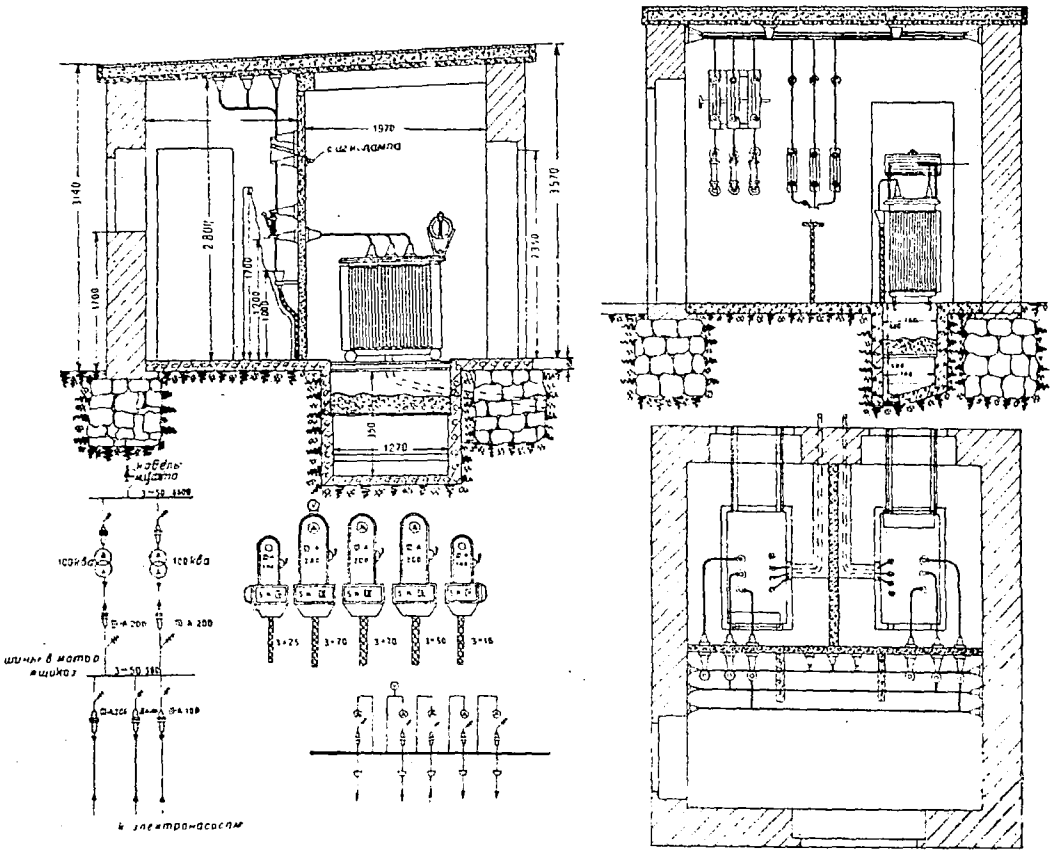
2. Рубильник может быть включен лишь при закрытой дверце ящика. На фиг. 155 показано распределение электроэнергии от отдельно стоящей трансформаторной подстанции (киоска) к электромоторам насосной станции.

Если станция оборудована большими электромоторами больше 250 *кв*, то рекомендуется употреблять высоковольтные моторы (6000 *в*,

Тогда для каждого из них необходимо установить особые распределительные ящики (тип ЯЖ 14—ВЭО), содержащие масляный выключатель треншальтер, трансформатор тока и напряжения. Размеры ящика: высота 2,45, в плане 1,3 × 1,0 м (фиг. 156).

При большом количестве насосов и большой их мощности, устраивается отдельное высоковольтное устройство, управление приборами которого возможно из машинного зала.

Что касается статических трансформаторов, то в большинстве случаев возможно бывает ограничиться двумя трансформаторами.



Фиг. 155—157. Электрическое оборудование трансформаторных подстанций.

одним — рабочим на полную мощность установки и другим—резервным той же мощности.

Регулирование напора и производительности электронасосов при помощи изменения числа оборотов электромоторов

При обыкновенных асинхронных моторах трехфазного тока такая регулировка невозможна.

В случае особой необходимости изменения напора у насосов станции, применяются главным образом следующие способы:

1. Каскадное соединение трехфазного асинхронного мотора с трехфазным коллекторным мотором или другой вспомогательной машиной, утилизирующей энергию ротора (каскады Шербиуса и Кремера). Это решение вследствие своей сложности и дороговизны применимо лишь для больших моторов.

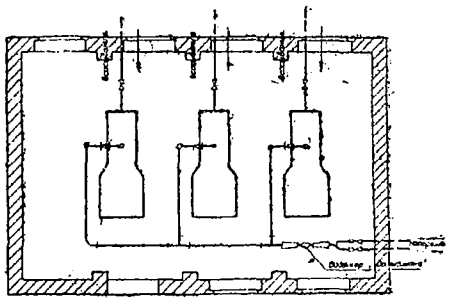
2. Коллекторные моторы трехфазного тока, позволяющие изменять число оборотов в широких пределах простым вращением щеток по коллектору. Однако эти электромоторы дороже простых асинхронных в 2—2,5 раза и к. п. д. их на 5—8% ниже асинхронных.

3. В некоторых случаях может оказаться целесообразным преобразование на насосной станции трехфазного тока в постоянный при помощи например ртутных преобразователей и применение моторов постоянного тока, допускающих экономическую регулировку числа оборотов шунтовым реостатом в 20—30%.

2) Общие указания к устройству водопроводных насосных станций и их оборудованию

Расположение агрегатов и трассировка трубопроводов осуществляются весьма разнообразными способами, как показывают например схемы (фиг. 158, 159 и 160). При

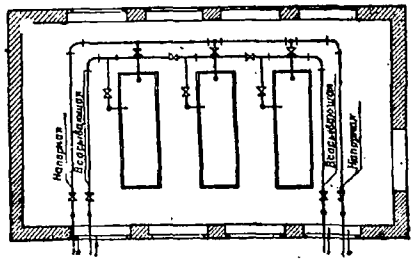
выборе той или другой схемы расположения агрегатов и трубопроводов надо руководствоваться правилом, чтобы путь воды от места ее забора до насосов по всасывающему трубопроводу и от насосов к общим водоводам был кратчайший и не содержал излишних поворотов; при этом желательно по возможности каждый насос поставить в равные условия в отношении всасывания с другими насосами.



Фиг. 158. Схема насосной станции с отдельными всасывающими трубами к каждому насосу.

Чтобы устранить влияние одного насоса на работу всасывания другого, желательно для каждого насоса иметь свою всасывающую линию. Однако, ввиду дороговизны такого устройства, нередко ограничиваются только двумя всасывающими трубопроводами, к которым могут быть приключены все насосы. При этом надо расположить задвижки таким образом, чтобы, в случае повреждения одного водовода, его можно было бы выключить, и насосы переключить на другой водовод.

Во избежание обрыва всасывания, стыки всасывающего трубопровода должны быть герметичны, сам всасывающий трубопровод



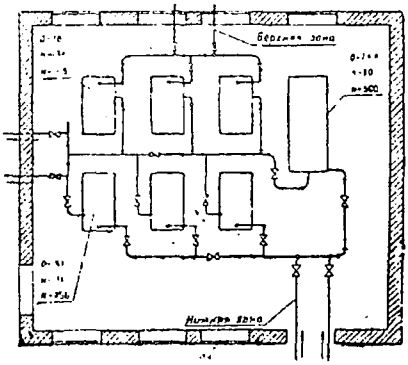
Фиг. 159. Схема насосной станции с кольцевыми всасывающими трубами.

должен быть проложен с подъемом к насосам не менее 0,001, во избежание образования воздушных мешков. Скорость во всасывающем трубопроводе принимается в 0,8—1,2 *м/сек*, причем последний предел можно брать для центробежных насосов.

Задвижки на всасывающем трубопроводе иногда ставят с водяными горшками, чтобы устранить присасывание воздуха через сальник.

Каждый насос должен иметь задвижку в начале всасывающей линии для возможности его ремонта без нарушения вакуума во всасывающем трубопроводе. На больших станциях, для обеспечения всасывания и ускорения пуска насосов в ход, нерелко ставят специальные вакуумнасосы для отсасывания воздуха из всасывающих линий. Рекомендуются ротационные вакуумнасосы, как занимающие мало места. Как всасывающий, так и нагнетательный трубопроводы располагаются обыкновенно под полом машинного зала или в особых каналах, или в подвальном помещении станции. Размеры канала определяются диаметром трубопровода, причем от фланца до стенок канала расстояние должно быть не менее 150 *мм*. Трубопроводы в каналах прокладываются на бетонных подставках, каналы перекрываются на уровне пола машинного зала рифленым железом или железобетонными подъемными плитами. При диаметре трубопроводов более 400 — 500 *мм* целесообразно трубопроводы располагать в особом подвальном помещении.

Расположение напорного трубопровода в машинном помещении выше машин не целесообразно: при перекачивании холодной воды на стенках труб конденсируются пары воды, находящиеся в воздухе, вода, стекающая каплями с труб, может попадать или на машины



Фиг. 160. Схема насосной станции для двух вон.

или на пол, который трудно содержать тогда чистым. Такое расположение трубопроводов допустимо лишь при изоляции их, что дорого.

В целях уменьшения веса и стоимости напорного трубопровода, внутри насосной станции скорость воды в них допускают до 2,5 *м/сек*. Вызываемая этим увеличенная потеря напора обыкновенно не имеет значения, в особенности при длинных напорных водоводах.

Подъемные приспособления. Для удобства монтажа и ремонта машинного оборудования, машинное зало станции снабжается подъемником. Подъемная сила подъемника должна быть не менее 0,5 *т*. Для больших насосных станций с полезными агрегатами устана ливаются мостовые краны с ручным обслуживанием. В случав установки подъемного крана, высота помещения станции определяется габаритными размерами крана и габаритной высотой агрегатов. Высота машинного помещения станции без подъемного крана делается равной 3,8—4 *м*.

Автоматические насосные станции

Насосные агрегаты этих станций пускаются в ход самопускателями, автоматически включающими и выключающими электронасосы при известном изменении давления в сети или изменении уровня воды в резервуаре.

Автоматические насосные станции одновременно допускают обыкновенное ручное включение и выключение агрегатов.

Всего чаще автоматическими станциями являются электрофицированные насосные станции, хотя следует иметь в виду, что электрические реле и другие приборы боятся сырости и поэтому должны быть от нее защищены.

3) Некоторые показатели по насосным станциям

Для ориентировочного сравнения экономичности насосных станций разной мощности и производительности пользуются определением мощности насосных станций в так называемых насосных лошадиных силах.

Эта мощность определяется по формуле:

$$N = \frac{Q\,H}{75},$$

где: Q — действительная секундная подача в $л$, H — статический подъем в $м$. Как видно при вычислении мощности к. п. д. насоса или установки не учитывается. Эта мощность называется мощностью в поднятой воде.

В качестве показателя, характеризующего рациональное использование площади, занимаемой зданием станции, является площадь пола всех помещений здания насосной станции или только производственных (машинного зала), приходящаяся на 1 $л.\,с.$ установленной на станции мощности первичных двигателей.

Обозначая эти показатели $F_{пр}$ для всех помещений станции, $F'_{пр}$ для производственных, имеем по электрифицированным станциям:

а) станции первого подъема

$F'_{пр}$ от 0,25 $м^2$ до 1,48 $м^2$. В среднем из данных о 10 станциях, $F'_{пр} = 0{,}85$ $м^2$.

Станции первого подъема с вертикальными насосами понижают $F'_{пр}$ до 0,20 — 0,25 $м^2$.

$F_{пр}$ в среднем 1,3 $м^2$.

б) станции второго подъема

$F'_{пр} = 0{,}6$ $м^2$, $F_{пр} = 1$ $м^2$.

Показатели эти являются средними; для станций значительной мощности (больше 500 Н.) показатели эти снижаются.

Показатели стоимости сооружений электрифицированных насосных станций (Э) на 1 ... с., установленную, включая оборудование:

а) станции первого подъема (по данным о 10 станциях) $Э_{max} = 1050$ руб., $Э_{min} = 376$ руб., $Э_{ср} = 640$ руб.,

б) станции второго подъема (по данным о 15 станциях) $Э_{max} = 573$, $Э_{min} = 193$ руб., $Э_{ср} = 280$ руб.

Показателем, характеризующим степень использования потребленной насосной станцией энергии в той или другой форме, является количество работы в тонно-метрах, приходящееся на единицу затраченной на станции энергии.

При современном состоянии техники построения насосов и двигателей для них эти показатели для насосных станций имеют следующие значения:

Таблица 43

Количество работы на 1 топлива

а) на 1 *кг* угля при паровых машинах *малой* и средней мощности . . . . . получают от	100 — 200 *т.м*
б) То же для больших мощностей „	200 — 400 „
в) 1 *кг* бензина при бензиновых моторах	800 — 850 „
г) 1 *кг* антрацита при газогенераторных двигателях	450 *т.м*
д) 1 *кг* бурого угля „ „	300 „

Проф. *Н. И. ФАЛЬКОВСКИЙ*

VIII. УЧЕТ ВОДЫ

I. Учет воды и его значение

Технически или санитарно-технически обработанная вода, нередко получаемая в ограниченном количестве, порою с большими трудностями, представляет огромную материальную ценность, которая весьма часто на производстве и в быту растрачивается самым непроизводительным образом.

Известны случаи, когда утечка воды не только в отдельных зданиях, но даже в районах и в целых городах составляла до 50 — 77% от всего расхода (Ливерпуль, Франкфурт-на-Майне, Лондон, Гласго). Утечка в 50—60% была у нас нередкой в 1919—1922 гг. Утечка в 20—40% имеет в ряде случаев место еще и теперь.

Анализ места и причин утечки указывает, что до 92% от нее происходит в зданиях, причем 34% составляется от расточительного и небрежного отношения к воде, а 58%—от неплотности в клозетных бачках, кранах, а также и дворовой разводке (Франкфурт-на-Майне в 1918 г.).

Подобное же явление имеет место в промышленных зданиях. В тех случаях, когда на предприятии находится наружная водопроводная (хозяйственная или противопожарная) сеть, в ней также можно ожидать большой утечки. Она бывает в пожарных кранах, фланцевых соединениях, неплотно запертых или пропускающих воду задвижках (на промывных

и спускных линиях, у резервуаров) от свищей в трубах, в трещинах на них, в раструбах при неплотной заделке стыков и т. п.

Проверка целесообразности расхода воды у агрегатов на некоторых предприятиях дала возможность снизить расход воды в несколько раз. Это же не только уменьшает накладные расходы на себестоимость продукции, но может значительно отсрочить необходимость капитальных затрат на расширение водоснабжения предприятия даже при увеличении последнего. Часто же вопрос вообще упирается в недостаток дебита источников водоснабжения в данной местности.

Поэтому при рациональном ведении промышленного предприятия особенно потребляющего значительное количество воды, необходимо учитывать расходуемую воду как всем предприятием, так и отдельными его зданиями, цехами и агрегатами.

В этом отношении к промышленным предприятиям и зданиям вполне возможно по аналогии отнести постановление МОК и МГК ВКП(б): „Максимально сократить утечку в домах, предложив фракции горисполкома принять меры к организации срочного производства ремонта домовых водопроводных и канализационных установок".

Кроме утечки в предприятиях имеет еще место неучтенный расход воды (тушение пожаров, испытание пожарных кранов, промывка канализации, поливка проездов и т. п.). Необходимо стремиться к максимальному снижению неучтенного расхода. По постановлению IV водопроводного и санитарно-технического съезда общий размер неучтенного расхода воды с утечкой должен быть не более 5% от подачи.

Наиболее часто применимыми и рациональными современными приборами для учета воды служат водомеры. Установка их является косвенно лучшим средством для борьбы с утечкой. Значение водомеров подтверждено и постановлением МОК и МГК ВКП(б): „Расширить практику постановки водомеров, в особенности в крупнейших домах".

2. Основные условия выбора водомеров

При выборе водомера для закрытого трубопровода приходится руководствоваться следующими основными условиями: эксплоатационное давление, область учета, пропускная способность, потеря давления, тип водомера, условия установки.

Эксплоатационное давление всегда относится к месту установки водомера и дается в метрах водяного столба. При изменяющейся величине эксплоатационного давления необходимо иметь в виду высший и низший его пределы.

Под областью учета понимают отношение наименьшего и наибольшего расхода, при которых водомер еще сохраняет требуемую точность учета. Меньший расход обозначается через 1, больший — числом кратности от первого, т. е. область учета обозначается 1 : 10, 1 : 40, 1 : 100 и т. д.

Пропускной способностью водомера или его характерным расходом называется такой расход воды, который проходит сквозь водомер в один час при потере давления в 10 *м* водяного столба (для поршневых водомеров — 30 *м* вод. ст.). Характерный расход водомера является верхней границей точности водомера. Это не исключает возможности, что и выше характерного расхода водомер имеет допустимую точность. Однако таких требований к водомерам не предъявляется.

Точность учета дается в процентах в пределах ± от действительного пропущенного расхода. Вообще она должна быть ± 2%, но в некоторых случаях допускается ± 3% и в исключительных повышается до ± 0,5—1% (например для учета бензина).

Под чувствительностью водомера понимают тот минимальный расход, измеряемый в литрах в час, при котором водомер вообще начинает учитывать независимо от точности, т. е. хотя бы с большой погрешностью. Так как начало учета является вместе с тем и началом движения механизма, то чувствительность иначе называют началом движения.

Сопротивление (потери) напора при протекании через водомер изменяется пропорционально квадрату расхода жидкости, т. е. между этими обеими величинами существует постоянное соотношение:

$$\frac{Q}{\sqrt{h}} = C = \text{const},$$

где Q — расход в $м^3$/час; h — потеря давления в *м* водяного столба; C — постоянная величина, которую можно назвать характеристикой водомера.

Характерный расход является лишь условной величиной, удобной для сравнения между собой различных типов водомеров. Практически же потеря давления в 10 *м* в большинстве является невозможною как по условиям эксплоатации водоснабжения, так и вследствие быстрого износа водомеров. Обычно поэтому при выборе последних исходят из допустимой нагрузки — максимального расхода за определенный срок работы.

При этом необходимо иметь в виду различный характер изменения расхода:

1) нерегулярный расход, как например в домовых водопроводах, в отдельных корпусах;

2) сравнительно постоянный расход, например на насосных станциях.

Калибр водомера определяется по диаметру его входного отверстия или по пропускной способности в $м^3$/час при 10 *м* потери давления. Последнее правильнее, так как

часто изготовляют водомеры одной и той же пропускной способности, но с разными входными отверстиями.

В отношении условий установки водомера необходимо иметь в виду: диаметр трубопровода в месте установки, его материал, тип соединения (фланцы, резьба и т. д.), положение трубопровода (горизонтальное, вертикальное, причем в последнем случае важно направление движения жидкости), строительную длину водомера, требуемую некоторыми типами водомеров, известную длину прямого участка трубопровода перед водомером и за ним и т. д.

3. Водомеры Вольтмана

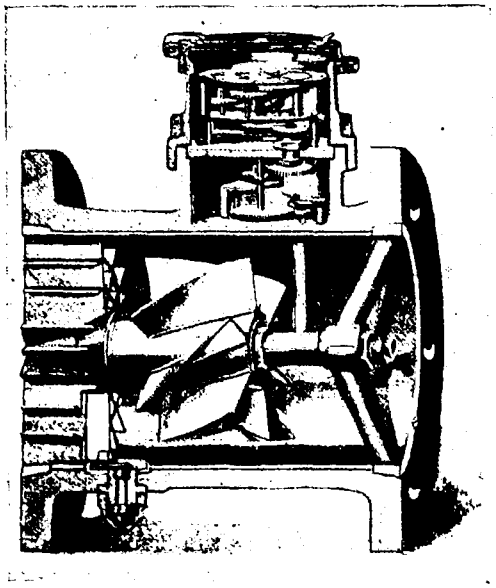
Для учета расходуемой воды — в буровых скважинах, на насосных станциях, из резервуаров, на водопроводной сети, из пожарных кранов, в цехах с большим потреблением воды — употребляются водомеры Вольтмана (фиг. 161).

Водомер Вольтмана относится к скоростным водомерам, т. е. расход воды в нем определяется по скорости ее протекания. В отличие от прочих скоростных водомеров в нем ось спиральной вертушки совпадает с направлением движения воды и с осью цилиндрического корпуса водомера.

Достоинства водомера Вольтмана: свободное сечение водомера почти равно сечению трубы, движение воды прямолинейно, вследствие чего потеря напора невелика даже для больших расходов воды.

Благодаря нестесненному протеканию воды и большим прозорам между корпусом водомера и лопастями вертушки водомер не боится засорения и повреждения даже при наличии в воде сравнительно крупных взвешенных тел. Конструкция водомера делает излишней предохранительную сетку. Выбор водомера Вольтмана соответственно местным условиям чрезвычайно прост и никаких затруднений не представляет. Водомеры Вольтмана отсчитывают показания как при прямом, так и при обратном протекании воды, благодаря чему эксплоатация их представляет большие удобства. Их можно устанавливать как горизонтально, так и вертикально.

Недостатком водомеров Вольтмана является их сравнительно неблагоприятный предел точности. Последний зависит как от материала вертушки, так и от положения водомера. При протекании воды снизу вверх давление на опору уменьшается, и потому предел точности водомера улучшается.



Фиг. 161. Водомер Вольтмана.

Таблица 44

Предел точности водомеров Вольтмана в *м³/час*

Калибр *мм*	Сименс и Гальске	Мейнеке	Бопп и Рейтер	Сименс и Гальске с бронзовой вертушкой	
				снизу вверх	горизонт
50	1,2	1,2	2,0	2,4	4
70	2,2	—	2,5	5	9
80	2,5	2,5	4,0	6	10
100	4,5	3,5	4,5	9	12
125	5,5	—	5,0	11	15
150	6,5	5	6,0	13	20
200	10,5	10	9,0	21	30
250	20	18	15,0	40	40
300	30	30	20,0	60	60
400	45	58	50,0	90	90
500	60	72	60,0	120	120
750	125	126	—	250	250
1000	—	360	—	—	—

Показанный предел точности обусловливает применение водомеров Вольтмана лишь в тех случаях, когда колебание расхода невелико и минимальный расход больше низшего предела точности.

Практически область учета водомеров Вольтмана, отнесенная к максимально допустимой временной нагрузке, для обычных средних расходов составляет около 1:20 — 1:30.

Следующая таблица дает ориентировочный материал о нагрузке водомеров:

Таблица 45

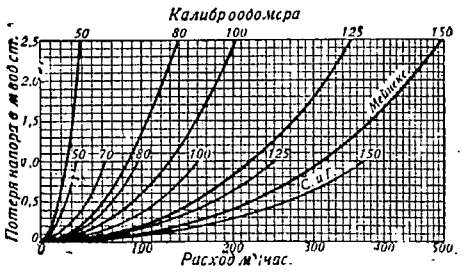
Производительность водомеров Вольтмана

Диаметр *мм*	Характерн. расход (при потере напора) в 10 *м* в *м³/час*	Допустимая нагрузка				Диаметр трубопровода *мм*
		постоянная *м³/час*	при 10-час. работе в сутки *м³/час*	временная *м³/час*	временная *л/сек*	
50	100	15	20	35	10	60— 100
70	200	30	35	70	20	75— 125
80	300	45	55	105	30	100— 150
100	500	75	90	180	50	125— 200
125	800	115	135	270	—	150— 250
150	1200	160	200	380	105	200— 300
200	2000	265	330	640	180	250— 350
250	3000	410	545	1000	280	300— 400
300	4500	600	750	1400	420	350— 500
400	8500	1125	1400	2700	780	450— 600
500	12500	1650	2050	4000	1170	600— 800
750	28000	3650	4650	8900	—	800—1000

Цена водомеров Вольтмана возрастает почти прямо пропорционально диаметру. При этом быстро ухудшается чувствительность и предел точности. Поэтому водомер нужно выбирать точно по расходу. Обыкновенно его диаметр бывает меньше диаметра трубопровода. Поэтому присоединение делается помощью переходов.

Нормально потеря напора в водомере Вольтмана допускается не более 0,25 *м* вод. ст., что примерно соответствует постоянной нагрузке (см. таблицу). Временная нагрузка отнесена к продолжительности работы водомера в течение 1 часа. При этом потеря напора доходит до 1 — 1,2 *м*. Поэтому такую нагрузку вообще допускать не следует — скорость движения воды становится чрезмерной, износ водомера — слишком быстрым.

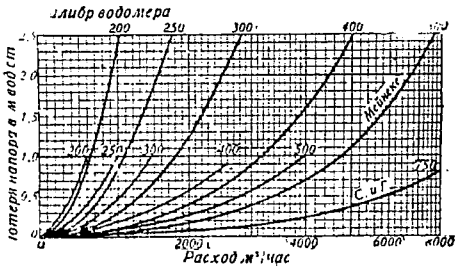
Потеря напора у водомеров различных заводов неодинакова (фиг. 162 и 163). При наличии



Фиг. 162. График потери напора водомеров калибра до 150 *мм*.

переходов потеря напора увеличивается на 30 — 40% и более.

Для правильности показаний водомеров Вольтмана большое значение имеет направление течения воды в нем. Вода должна приводиться к вертушке без каких-либо вихревых движений по прямой линии, параллельной оси вертушки. Поэтому водомеры, не имеющие в себе струевыпрямителя, требуют при установке наличия перед ними прямого участка трубопровода, по длине не менее удесятеренного диаметра, или в крайнем случае 1 *м*. За водомером также необходимо иметь прямой участок длиной 1,5 — 0,5 *м*. Ближе этих пределов нельзя ставить ни колен, ни тройников, ни задвижек.



Фиг. 16 График потери напора водомеров калибра более 150 *мм*.

В тех случаях, когда этого не имеется, устанавливаются водомеры со струевыпрямителями перед ними. При этом водомер можно присоединить даже непосредственно к фасонным частям.

Водомеры Вольтмана завода Мейнеке 50 — 300 *мм* всегда изготовляются со струевыпрямителями, помещенными непосредственно в корпусе, что облегчает применение этих водомеров в ряде случаев. При загрязненной жидкости целесообразно применение водомера с выемным барабаном (фиг. 164—165).

Для постоянного учета воды из буровых скважин применяются угловые водомеры Вольтмана. Они устанавливаются на вертикальной всасывающей трубе вместо колена и по своим размерам соответствуют колену по германскому сортаменту.

Весь внутренний механизм водомера вынимается вместе с верхним фланцем. Поэтому одним механизмом можно обслуживать несколько скважин с соответствующими заглушенными водомерными корпусами.

Данные об этих водомерах Сименс и Гальске приведены в следующей таблице:

Таблица 46

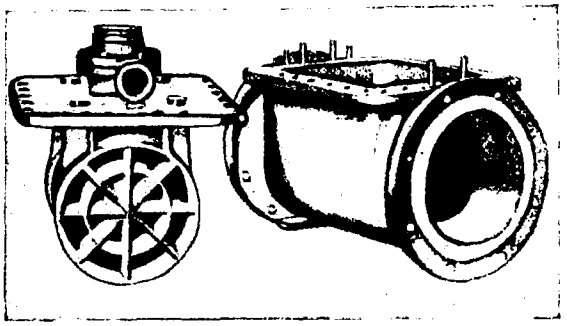
Диаметр *мм*	Вылет колена	Допустимый расход $м^3/час$			Предел точности $\pm 2\%$ $м^3/час$	Вес *кг*
		постоянный	при 10-часовой работе в сутки	временный		
100	250	67	83	160	3	40
150	250	160	200	380	5	78

Эти водомеры также выполняются с регистрирующим прибором.

4. Комбинированные водомеры

Неблагоприятный предел точности водомеров Вольтмава делает допустимым их применение только при значительных расходах воды. В производстве же нередко имеет место резкое колебание этих расходов. Особенно сильно оно бывает в сетях хозяйственно-противопожарных и производственно-противопожарных, если первые расходы невелики.

Постановка водомеров Вольтмана, рассчитанных на пропуск пожарных расходов, в этих случаях влечет большой недоучет воды при нормальном расходе. Применение же скоростных водомеров мелкого калибра, не обеспечивающих пропуска пожарного расхода, требует устройства обводной линии для водомера и установки запломбированной

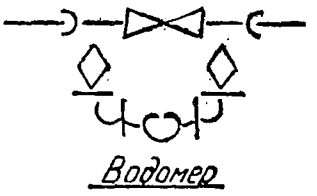


Фиг. 164—165. Водомер с выемным барабаном.

заливки на основной магистрали (фиг. 166). В случае пожара вода пускается без учета.

Это устраняется применением комбинированных водомеров, состоящих из комбинации двух водомеров различной чувствительности. Чаще всего употребляется комбинация водомера Вольтмана и обычного вертушечного водомера. Из них первый служит для учета больших расходов, второй — для мелких. В зависимости от сочетания водомеров комбинации бывают параллельные и последовательные. Для правильного включения в работу каждого водомера служит переключающий клапан.

Последовательно-комбинированные водомеры учитывают воду с необходимой точностью Параллельно-комбинированные — при некоторых типах переключающих клапаны, во время



Фиг. 166. Схема установки водомера.

переключения учитывают с существенной ошибкой. Последовательно-комбинированные водомеры имеют относительно меньшую длину (приблизительно в $1^1/_2$ раза), чем параллельно-комбинированные, при этом все же около $8d$ главного водомера.

Новейший тип такого водомера Мейнекс см. фиг. 167 [1].

5. Водомеры Вентури

Водомеры Вентури (фиг. 168) применяются в тех же случаях, что и водомеры Вольтмана. Они имеют перед последними преимущество в виде отсутствия движущихся частей, что делает их применимыми даже при сильно загрязненной жидкости, несущей различные волокнистые вещества, которые в водомере Вольтмана запутываются о вертушку и затрудняют работу водомера. Водомеры Вентури кроме того имеют бо́льшую пропускную способность, открытое сечение, надежны в работе, учитывают мгновенные расходы, могут быть выполнены любого размера, требуют небольшой потери давления. При

[1] Проф. Н. Н. Фальковский, Водомеры, ГНТИ, 1931.

крупных диаметрах (800 *мм* и более) они имеют преимущественное распространение, но и при средних (400 — 700 *мм*) они соперничают с водомерами Вольтмана. При диаметре до 300 *мм*, чаще применяются водомеры Вольтмана. Последние у нас вообще пока более желательны, так как водомеры Вентури в СССР еще не изготовляются. Эксплоатация их в части регистрирующих приборов требует высокой квалификации персонала.

Учет расхода воды в водомере Вентури определяется по разнице давлений у входа и в горле водомера на основе общеизвестной формулы: $Q = \mu \cdot \varepsilon \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \cdot F_1 \cdot \sqrt{2gH}$

или $$Q = k \cdot F_1 \sqrt{2gH},$$

где: k — почти постоянный для данного водомера коэфициент; H — разница гидростатических давлений.

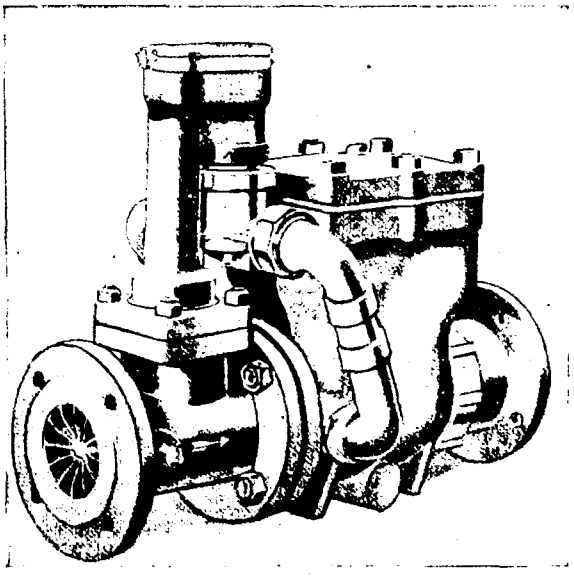
Здесь даны средние значения, причем для бо́льших диаметров они несколько выше, а для меньших ниже. У лучших заводов эти цифры выше.

Наибольшая достижимая область учета в хороших конструкциях при разнице давления в 6 *м* составляет 1 : 15.

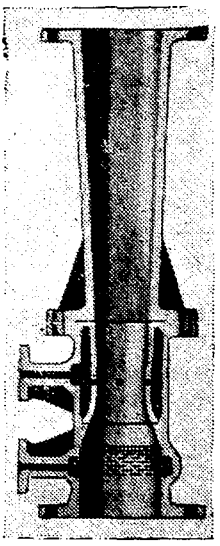
Как указано выше, образующаяся в водомере Вентури разница давлений опять восстанавливается в выходном конически расходящемся насадке, причем потеря напора составляет, по Бопп и Рейтер, следующую величину:

для труб 40 — 80 *мм* . . около 18% разн. давлений
„ „ 100 — 400 „ . . „ 11 — 12% „ „
„ „ выше 400 „ . . „ 12 — 10% „ „

Данные о наиболее ходовых калибрах чугунных водомеров массового производства разных заводов представлены в нижеследующей таблице:



Фиг. 167. Комбинированный водомер Мейнеке.



Фиг. 168. Водомер Вентури.

Разница давлений воспринимается дифференциальным манометром, соединенным с самопишущим прибором или указателем расхода.

Выбор разницы давлений при желательной максимальной нагрузке производится, исходя из:

а) типа пропсоединненного к водомеру Вентури регистрирующего или суммирующего аппарата;

б) требуемой области учета;

в) допустимой потери напора.

Обычно наиболее подходящими являются аппараты, рассчитанные на разницу давлений в 6 *м* вод. ст. Область учета находится в зависимости от разницы давлений, причем величины, которых можно достигнуть, характеризуются следующим:

при разнице давления от 1,0 2,0 3,0 6,0 *м* вод. ст.
область учета около 1:5 1:7 1:9 1:12,5

Таблица 47

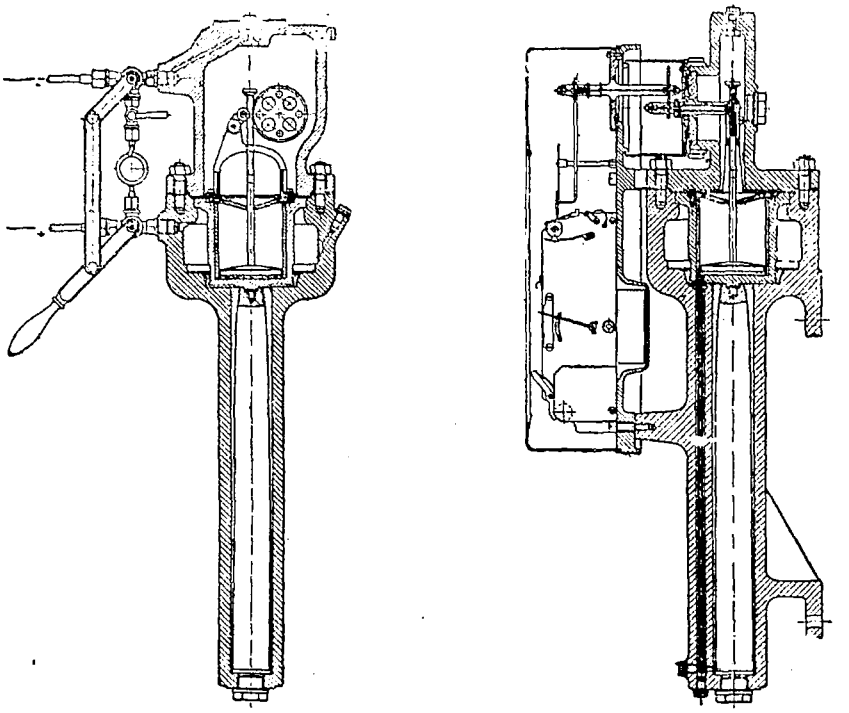
Сведения о водомерах Вентури

Диаметр	Максимальный расход $м^3$/час			Диаметр трубопровода при водомере Мейнеке) *мм*	Вес водомеров (Сименс и Гальске) *кг*
	Сименс и Гальске	Бопп и Рейтер	Мейнеке		
50	40	10—20	20—40	50—100	25
70	80	16 - 40	20—80	70—150	35
100	150	40—150	80—150	100—200	65
125	250	60—180	150—200	125—300	90
150	350	80—200	200—350	150—300	110
200	600	150—350	350—500	200—400	180
250	1000	200—500	600—900	250—500	245
300	1500	300—700	1000—1500	300—600	370
400	2500	500—1200	1500—2000	400—800	550
500	4000	700—1800	2500—3000	500—1000	850
600	6000	1000—2500	4000—6000	600—1000	1100
700	8000	1500—4000	—	—	1650
800	10000	2000—5000	5000—6000	800—1500	2200
900	12000	2500—6000	—	—	2800
1000	15000	3000—7000	10 000	1000—2000	3600

Эта таблица показывает, насколько различны максимальные расходы у водомеров одного и того же калибра, но разных заводов. Поэтому подходить к выбору водомера Вентури приходится крайне осмотрительно, согласовывая вопрос с заводом, поставляющем водомер.

6. Регистрирующие приборы

Один из типов регистрирующего расход прибора с с мопишущим приспособлением представлен па фиг. 169. Он представляет



Фиг. 169. Самопишущий аппарат.

Обычно завод присылает опросный лист об условиях работы водомера, и на основе его указывает наиболее подходящий тип. Выбор регистрирующих приборов еще более сложен. Они всегда доставляются заводом в связи с необходимым водомером.

диференциальный манометр, состоящий из двух соединенных трубкой сосудов со ртутью *A* и *B*. Первый имеет цилиндрическую форму, второй — параболоидальную благодаря вставке тела соответствующей формы *B*. В первом находится поплавок, соединенный зубчатой

Таблица 48

Сравнительная таблица водомеров средних калибров

Свойства водомеров	Вольтмана	Вентури	Примечание
Производятся ли в СССР	да	нет	
Область учета	1 : 20 — 1 : 30	1 : 5 — 1 : 15	
Строительная длина	(2,5 — 1)d	(7 — 5)d	
Вес (соотношение)	1	2 — 3	
Вес в *кг* по диаметру в *м.м.*	(0,25 — 0,5)d	(0,5 — 3)d	При наличии у водомеров Вольтмана переходов веса сближаются.
Годен ли для загрязненной жидкости	не для всех загрязнений	годен	
Наличие движущихся частей	есть	нет	
Нужен ли квалифицированный уход	желателен	необходим	
Сложность измерительного прибора	простой очетчик	сложный указательный прибор	
Можно ли поставить самопишущий прибор	да	да	

штангой с зубчатым колесом. Последнее приводит в движение перо или стрелку.

Цилиндрический сосуд соединяется трубкой с камерой давления в суженном сечении (горле) насадка водомера Вентури; параболоидальный — со входной камерой давления. Благодаря форме сосуда движение (подъем) поплавка прямо пропорционально расходу воды в водомере.

Эти приборы начинают правильно показывать при разнице давления 2,5—5 *мм*, т. е 2—3% от максимального расхода. Если их периодически проверять, то они работают достаточно точно с ошибкой даже 0,5%. Область учета их до 1 : 15.

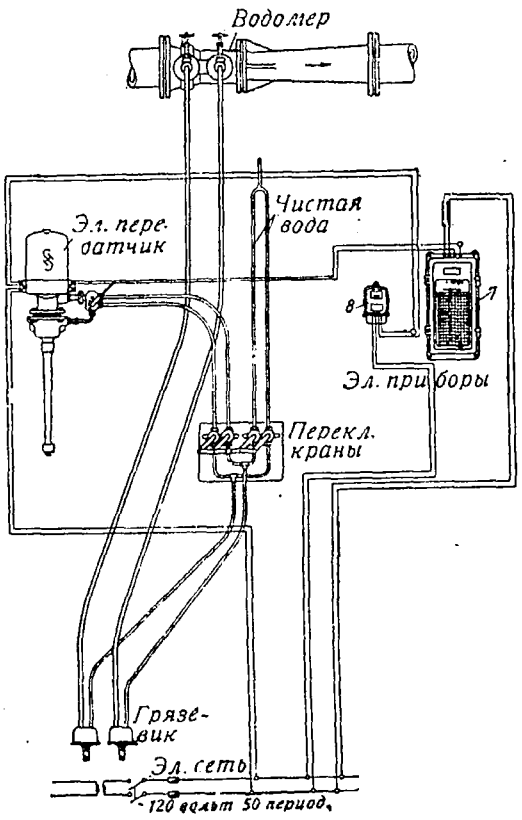
Недостатки прибора: этот прибор в СССР не изготовляется, требует в зависимости от давления, на которое рассчитан, от 2.2 до 5,5 *кг* и даже 7 *кг* ртути; нежен по конструкции и легко портится при грубом или неумелом обращении; для исправления требует весьма квалифицированного и знающего это дело персонала.

Схема установки водомера Вентури для учета загрязненной жидкости с регистрирующими приборами, диференциальным манометром, передающим показания на расстояние, и подводом чистой воды для промывки устройства представлена на фиг. 170.

7. Выбор типа водомера

Водомеры крупного калибра — Вольтмана и Вентури — в производственных условиях чаще всего применяются на насосных станциях. Вопрос о выборе наиболее подходящей системы решается рядом условий. Сравнительные достоинства обоих типов представлены в следующей таблице.

Из таблицы видно, что на данном этапе водомеры Вольтмана у нас более применимы, чем такие же Вентури.



Фиг. 170. Схема установки водомера для грязной жидкости.

Водомер следует устанавливать на насосной станции на каждом нагнетательном водоводе. При этом должна быть учтена возможность измерения подачи воды каждым отдельным насосом.

IX. ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Инж. *М. М. АНДРИАШЕВ*

I. Схемы водопроводных сетей

1) Начертание сети

Сеть трассируется по проездам с тем, чтобы создать наибольшее удобство для ее обслуживания, что особенно важно при противопожарной сети. Трассировка производится таким образом, чтобы вода доставлялась потребителю по возможности кратчайшим путем.

Для случая населенного пункта, в котором вода должна быть введена в каждое здание, сеть при полном ее развитии проходит по всем проездам, на которые выходят фасады или торцы домов, причем в условиях новой планировки с укрупненными кварталами она может проходить внутри них.

Сети городских водопроводов разделяются на две системы труб: сеть магистральных труб, работающих главным образом на пропуск транзитных расходов, и сеть второстепенных труб, служащих для подачи воды от магистральной сети к потребителям.

Магистральные сети городского или поселкового водопровода намечаются из ряда замкнутых колец, охватывающих более или менее равномерно его территорию. Каждая ячейка внутри магистрального кольца обслуживается сетью второстепенных труб.

Кольцевая система сети имеет следующие преимущества:

а) Надежность и бесперебойность водоснабжения, вследствие возможности в случае аварии выключения отдельных участков сети, без остановки подачи воды по остальной сети.

б) Возможность постепенного развития общей пропускной способности сети путем добавления отдельных колец.

в) Невозможность застоя воды в сети.

Сеть магистралей назначается в соответствии со следующими положениями:

I. Длина участков магистральной сети между двумя смежными узлами разветвлений колеблется обычно в пределах от 300 до 700 *м*, достигая максимум 1500—2000 *м*.

II. Кольца магистральной сети должны быть вытянутыми в направлении наиболее часто наблюдающегося движения воды.

III. Магистрали прокладываются обычно ранее второстепенных труб, поэтому их следует трассировать по главным улицам города или поселка и по проездам, имеющим более плотную застройку, что дает наибольший эффект использования сети и соответственно повышает рентабельность водопровода.

IV. Магистральные линии при прочих равных условиях следует трассировать по более высоким отметкам с тем, чтобы падение воды при движении от магистрали по второстепенным линиям происходило бы в соответствии с падением местности.

V. Магистральная сеть должна состоять из наименьшего числа колец, с тем однако чтобы была обеспечена возможность постепенного ее развития, а также надежность водоснабжения всех районов питания их не менее чем по двум линиям.

2) Различные схемы разводящих сетей в зависимости от условий рельефа

Рельеф местности влияет на схему сети в отношении расположения регулирующих резервуаров или водонапорных башен. Резервуары располагаются наиболее близко к самым высоким точкам обслуживаемой ими территории, и для водонапорных башен избираются наиболее высокие места, с целью возможного уменьшения их высоты.

а) Сеть с односторонним питанием

Сеть с односторонним питанием имеет место в том случае, если оно происходит со стороны наиболее высокой части территории и в направлении движения воды местность понижается; к этому типу относятся также водопроводы, в которых башня или другие устройства для поддержания напора (постоянно работающие насосы, пневматическая установка) находятся рядом с источником питания.

Питание сети в этом случае происходит однообразно для любого момента, вследствие чего она рассчитывается на наибольший водоразбор и тушение пожаров.

Основным критерием для оценки диаметров сети рассматриваемого типа являются величины свободных напоров в точках водоснабжаемой территории, отличающихся отдаленностью от источников питания или высокой отметкой. Свободные напоры в этих точках не должны быть менее заданных, но они не должны также заметно превышать их.

б) Сеть с одним контр-резервуаром

Сеть с контр-резервуаром имеет место в тех случаях, когда высокие отметки, используемые для расположения резервуара, находятся в противоположном от источника питания конце водоснабжаемой территории или в значительном отдалении от него.

Контр-резервуар принимает в себя при малом водоразборе излишки подаваемой в сеть воды, аккумулирует их и при водоразборе, превышающем производительность насосов, дополнительно питает сеть, обеспечивая этим снабжение водой наиболее высокого района, вблизи которого он расположен.

При расчете сети в этом случае рассматриваются следующие моменты ее работы:

а) момент наибольшего водоразбора,

б) момент наименьшего водоразбора,

в) тушение пожаров.

Иногда для упрощения техники расчета сети наименьший водоразбор условно заменяют полным его отсутствием, что увеличивает транзиты и соответственно потери напора на пути к контр-резервуару.

Критерием, оценивающим правильность диаметров труб в части сети между насосной станцией и контр-резервуаром, может служить экономический анализ стоимости эксплоатации с учетом подъема воды и затрат на сооружение сети, произведенный для нескольких вариантов.

В случае, если часть сети расположена за контр-резервуаром в направлении от источника питания, то для нее критерий оценки диаметров остается тот же, что и для сети с односторонним питанием.

в) Сеть с несколькими контр-резервуарами

Обслуживание сети несколькими контр-резервуарами предусматривается в местностях с холмистым рельефом с несколькими высокими местами, расположенными не со стороны питания сети и настолько удаленными друг от друга, что обслуживание их одним контр-резервуаром представляется невозможным или нецелесообразным.

Контр-резервуары располагают по возможности на одинаковых или близких отметках с тем, чтобы в моменты неинтенсивной работы сети не происходило бы переливание воды из одного резервуара в другой. Расположение резервуаров на разных отметках может иметь место лишь при значительной разнице расстояния от них до источника питания. Переливание из ближнего более высокого резервуара в дальний в этом случае не происходит, так как напор поглощается постоянным прохождением транзитных расходов к району, обслуживаемому дальним контр-резервуаром.

Условия работы каждого контр-резервуара определяются аналогично типу сети с одним

контр-резервуаром с тем однако, что каждый из контр-резервуаров выполняет лишь некоторую и-ую долю функции одного общего резервуара.

Регулирующие емкости отдельных контр-резервуаров должны равняться соответственно и-ым частям общей их емкости.

В расчете сети с несколькими контр-резервуарами рассматриваются те же расчетные моменты, что и в сети с одним контр-резервуаром.

Усложнение расчета по сравнению с сетью, имеющей контр-резервуар, заключается в нахождении роли каждого из контр-резервуаров в их общей работе, производящемся путем постепенного подхода к такой работе сети, чтобы:

1) доли участия каждого из контр-резервуаров в общей их работе при наибольшем и наименьшем расходах воды были бы одинаковы и 2) сумма потерь напора по какой-либо линии между двумя контр-резервуарами (с учетом при помощи знаков + и — направлений движения воды) в каждом расчетном случае соответствовала бы разности их отметок.

Критерии диаметров труб сети в рассматриваемом случае те же, что и для сети с одним контр-резервуаром.

г) Сеть, питающаяся через резервуар и имеющая контр-резервуары

Питание через резервуар сети, обслуживаемой еще одним или несколькими контр-резервуарами, может иметь место при холмистом рельефе се, причем источник питания находится со стороны одной из возвышенностей, вследствие чего вся вода подводится к расположенному на этой возвышенности резервуару. В расчетном отношении такая сеть идентична сети, снабженной несколькими контр-резервуарами, так как питающий резервуар принимает некоторое участие в регулировании подачи воды в сеть, являясь как бы одним из контр-резервуаров, перенесенным к месту ее питания.

Потери напора между питающим резервуаром и остальными в различные моменты работы сети должны быть равны соответствующим разностям отметок этих резервуаров. Достигается это следующим образом.

При наименьшем водоразборе из питающего резервуара в сеть поступает расход меньший среднего, частично проходящий транзитом до контр-резервуара с накоплением некоторого запаса воды в питающем резервуаре. При наибольшем же водоразборе из питающего резервуара поступает расход, превышающий средний, но по пути к контр-резервуару он сводится к нулю. Близ последнего меняется направление движения воды, а с ним и знак потери напора. Превышение расхода воды над средним создается за счет запаса воды, скопленного при наименьшем водоразборе, аналогично тому, как это происходит в контр-резервуаре.

Доля участия питающего резервуара в регулировании водоразбора определяется рядом пробных подсчетов работы сети в моменты наибольшего и наименьшего расхода воды в сети до получения в обоих случаях соответствия разности отметок между резервуарами суммарным потерям напора между ними.

Подача воды в резервуары ночью и разбор из него днем не должны равняться друг другу, а должны равняться для всех резервуаров в сумме разностям между средним расходом и наименьшим или наибольшим; для отдельных же резервуаров они должны быть пропорциональны этим разностям. Разности отметок между питающим резервуаром и контр-резервуарами, а также степень участия питающего резервуара в общей работе резервуаров зависит от пропускной способности сети между этими резервуарами. При увеличении ее указанные разности отметок становятся меньше, и роль питающего резервуара среди других резервуаров падает. Соответственно при уменьшении пропускной способности сети имеем обратное явление.

Разность отметок резервуаров можно считать по средним уровням воды в них. С некоторым запасом считают, что при питании резервуара он наполнен, при расходе же воды из резервуара он опорожнен.

3) Условия питания сети насосной станцией

Питание сети насосной станцией может быть различно в зависимости от времени работы и числа работающих насосов.

При работе насосной станции непрерывно в течение круглых суток имеем равномерную подачу в сеть среднего расхода воды.

При работе некоторых насосов с перерывами питание сети будет происходить по ступенчатому графику. Цель прерывной работы насосов — приблизить график подачи воды в сеть к графику водоразбора, уменьшить расходы, поступающие в регулирующий резервуар и из него, и тем самым уменьшить емкость этого резервуара.

Многоступенчатая работа насосов при обычно имеющей место равномерной подаче воды к насосной станции заставляет иметь при ней регулирующий резервуар. Емкость этого резервуара тем больше, чем более неравномерность работы насосной станции. При сравнении ступенчатой станции с равномерной имеем, что часть регулирующей емкости, обслуживающей сеть, перемещается в резервуар при насосной станции.

Применение ступенчатой работы насосов имеет особое значение для сети с большим расходом воды, которая по условиям рельефа должна обслуживаться башней, а не резервуаром, так как устройство башен больших емкостей является нецелесообразным.

Ступенчатая работа насоса является невыгодной для питания водоводов, так как она заставляет увеличивать их диаметры по сравнению с системой равномерной работы; при значительной же длине водовода увеличение диаметра имеет большое экономическое значение.

Выбор между равномерной и ступенчатой работами станций и определение количества ступеней производятся в зависимости от длины водовода и от емкости башни, причем в случаях когда решение сразу не является несомненным, сравниваются несколько вариантов.

4) Разделение сети на зоны

Существует два типа зонных водопроводов—горизонтальный и вертикальный.

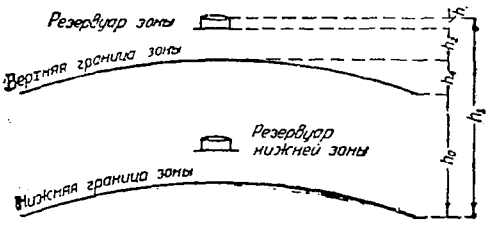
а) Горизонтальное зонирование

Горизонтальный тип зонного водопровода имеет место в весьма больших по протяженности территории городах со сравнительно ровным рельефом (пример Канавинский и Сормовский районы г. Горького с прилегающим к последнему сателитом). В таком городе причиной зонирования являются, при нормальных напорах в питающем районе, недостаточность (или трудность получения) достаточных напоров в удаленных от него районах, которые обслуживаются вследствие этого, особыми сетями, получающими воду путем подкачки из основной сети. При насосных подстанциях зон предусматриваются обычно резервуары, в которые подводится вода из питающей сети и из которых уже забирают воду насосы подстанции. Во избежание утяжеления питающей сети подача воды в эти резервуары предусматривается равномерной.

Необходимость выделения сетей отдельных районов в особые зоны при плохом рельефе появляется при их удалении от основного регулятора напора (резервуар, башня) в питающем районе на расстояние около 5 *км* и более.

б) Вертикальное зонирование

Вертикальный тип зонирования имеет место при расположении города в местности с большими разностями отметок. В этом случае причиной зонирования являются излишне большие напоры в нижних окраинах сети.



Фиг. 171. Расположение резервуаров зонной системы.

Зонированием водопровод делится по высоте на ряд поясных систем (зон) таким образом, чтобы на нижней границе каждого пояса давления были бы не свыше допускаемых. Расстояние по вертикали между двумя смежными границами зон h_0 зависит от принятых наибольшего h_1 и наименьшего h_2 допускаемых давлений в сети, от высоты h_3 резервуаров, обслуживающих заключенную между этими границами зону, и от понижения h_4—отметок границы зон вследствие потери напора.

Из фиг. 171, представляющей собой вертикальную схему зонирования, видим, что высота зоны равна:

$$h_0 = h_1 - h_2 - h_3 - h_4.$$

При наибольших допускаемых давлениях — 80 — 85, наименьших—20 — 25 *м*, высоте резервуара — 5 *м* и колебании отметок границы зоны в 5 — 10 *м* имеем высоту зоны от 40 до 60 *м*.

Проектирование зонных сетей при вертикальном зонировании, за исключением самой верхней зоны, существенно отличается от такового для всех других видов сетей.

В зонной сети (кроме самой верхней) наименьшие напоры, проверка которых делается посредством расчета сети на различные случаи ее работы, будут на верхней границе зоны, причем отметки этой верхней границы зависят от проэктировщика. Здесь приходится не определять свободные напоры по имеющимся отметкам наиболее неблагоприятных точек, а наоборот, по заданным свободным напорам определять отметки наиболее неблагоприятных точек (точек с наименьшими напорами).

Критерием целесообразности запроектированной мощности зонной сети является общее понижение (h_4) границ между зонами от наиболее высокой близ резервуара до наиболее низкой вдали от резервуара и от источника питания.

В вышеприведенной формуле, определяющей высоту потока, величины h_1, h_2 и h_3 постоянны для каждого отдельного случая.

Изменения высоты зоны h_0 зависят лишь таким образом от изменений величины h_4. Чем меньше будут диаметры сети, тем величина h_4 будет больше. Высота зон уменьшится, причем может увеличиться их количество, что поведет к нежелательному усложнению водопроводной системы. Увеличение диаметров сети, не влияющее на уменьшение количества зон, естественно, является нецелесообразным.

Сделанное указание об оценке диаметров зонной сети, относится к той же части, которая питается из резервуара, в части же сети, питающей резервуар, будут иметь место также другие критерии, экономические, описанные выше в разделе схемы сети с контр-резервуаром.

Инж. *А. А. КИРПИЧНИКОВ*

2. Соединение производственных и хозяйственно-питьевых водопроводов

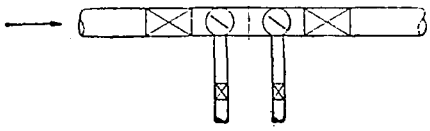
Соединения между водопроводами с пригодной и непригодной для питья водой, как правило, не должно иметь места. Однако иногда бывает необходимым допустить, в виде исключения или временно, отступление от этого положения и устроить соединения на случай питания при пожаре хозяйственно-питьевого водопровода, являющегося противопожарным, или если возможные аварии производственного водопровода могут повлечь за собой производственные катастрофы. Решая вопрос о допущении такого соединения, надо относиться к нему особо осторожно, так как если соединение будет сделано, то им могут пользоваться не только в тех случаях, для которых оно предназначено.

Соединения водопроводов с доброкачественной и недоброкачественной водой часто служат причиной эпидемических вспышек брюшного тифа и других водных инфекций, что отмечено санитарной статистикой Москвы и других населенных пунктов СССР, а также и за границей. В трудах водопроводных съездов Новой Англии [1] есть доклады специальной комиссии по соединениям водопроводов („cross-connections"), в которых собран большой материал по водным эпидемиям в связи с различными способами соединений.

Единственным вполне безопасным соединением является перелив воды из хозяйственно-питьевого водопровода предприятия (или общегородского водопровода) в другие водопроводы через верх бака, причем вода из хозяйственно-питьевого водопровода должна подводиться „через борт" бака открытой струей, чтобы обратное движение воды из бака в хозяйственно-питьевой водопровод было невозможно.

При всех других способах соединений, осуществляемых при помощи задвижек, вентилей и обратных клапанов, надо считать, что проникновение загрязнений из одного водопровода в другой все-таки возможно, так как указанные устройства не дают абсолютной гарантии в том, что не будет движения небольших количеств воды и прорастания бактерий через неплотности задвижек, вентилей и пр. При этом следует обращать внимание на соотношение напоров в соединяемых водопроводах. Более благоприятным является случай, когда напор в хозяйственно-питьевом водопроводе выше, чем напор в водопроводе с недоброкачественной водой; однако этому обстоятельству нельзя придавать решающего значения, так как напор в хозяйственно-питьевом водопроводе может временами падать и кроме того прорастание бактерий возможно и в сторону, противоположную движению воды через неплотности соединения.

В случае применения обратных клапанов, необходимо ставить последовательно два обратных клапана, тщательно проверенных, бронзовых с резиновой прокладкой и со спускными кранами для проверки их действия; с той и другой сторон от клапанов

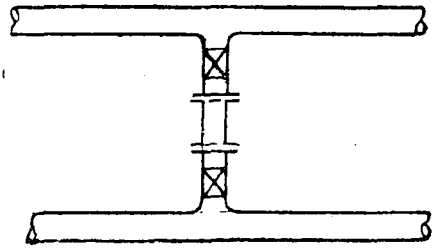


Фиг. 172. Схема соединения двух сетей с постановкой обратных клапанов.

следует ставить по задвижке (фиг. 172) и по манометру.

Когда речь идет о соединении на случай аварии, то можно производить вставку заранее подготовленного и приложенного патрубка (фиг. 173).

Однако при соединении на случай пожара применение такого патрубка недопустимо, так как его вставка (при пожаре) займет



Фиг. 173. Схема соединения двух сетей посредством вотавного патрубка.

слишком много времени, и патрубок может оказаться не на своем месте или поврежденным.

Лучше всего осуществлять соединение через две последовательно стоящие задвижки (или 2 вентиля), причем между ними должна быть вделана снизу трубы спускная трубка малого диаметра с краником для выпуска воды, которая может просачиваться через задвижки в случае их неплотности. Обе задвижки *А* и *Б* должны быть постоянно закрыты и запломбированы, краник *В* постоянно открыт и также запломбирован. Если это соединение делается в смотровом колодце, то дно его должно быть настолько ниже трубы, чтобы указанная трубка малого диаметра была доступна для открывания крана и спуска воды (фиг. 174).

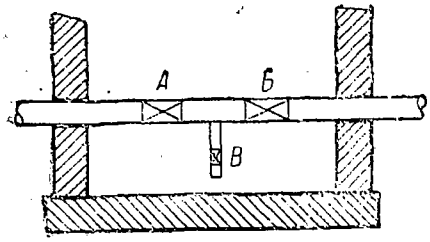
Когда происходит смешение воды обоих водопроводов и может произойти попадание

[1] Final Report of Committee on cross-connections (Jour. of the New Engl. Wat. Works Association. V. XLIII № 1).

недоброкачественной воды в хозяйственно-питьевую сеть, необходимо принять меры к защите работающих и живущих на предприятии от заражения через эту воду. Для этого в случае пожара или аварии следует:

1. Выключить все водоразборные точки хозяйственно-питьевого водопровода посредством соответствующих вентилей и задвижек с запломбированием тех и других.

2. Сорвав пломбы с соединения, открыть задвижки и закрыть спускной краник.



Фиг. 174. Схема соединения двух сетей с двумя запломбированными задвижками.

3. Организовать снабжение годной для питья водой всех работающих и живущих на территории предприятия, которые при этом лишились водопроводной воды.

4. Известить работающих и живущих (посредством объявлений и пр.) о том, что в водопровод пущена недоброкачественная вода, которую нельзя употреблять в сыром виде.

После ликвидации пожара или аварии необходимо опять закрыть задвижки и открыт спускной краник соединения (с наложением пломб), тщательно промыть и прохлорировать сеть и только после этого пустить ее в эксплоатацию.

При описанном соединении водопроводов необходимо, чтобы было заранее подготовлено все, что требуется для пользования им при внезапной надобности, а именно: должны быть поставлены задвижки или вентиля в соответствующих местах хозяйственно-питьевой сети, заготовлены заглушки и пломбы, а также бачки, ведра, кипятильники, плакаты и пр.

Эти моменты, отчасти эксплоатационного характера, должны быть тщательно продуманы проектирующим, так как каждое допускаемое проектом соединение несет с собой значительный санитарный риск.

В проекте должна быть дана конкретная инструкция для пользования этим соединением.

Инж. *В. Г. ЛОВАЧЕВ*

3. Сравнение формул для расчета круглых трубопроводов

В настоящее время насчитывается более 150 формул для расчета движения воды по трубам. Поэтому сравнение и выбор расчетной формулы становятся для инженера весьма трудной задачей. Для облегчения этой задачи ниже приводится классификация формул и сравнительная оценка тех из них, которые получили наибольшее распространение.

Для классификации наиболее удобной является транскрипция формул потери напора в виде:

$$i = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g},$$

где i — гидравлический уклон,
d — диаметр трубы,
v — скорость,
g — ускорение силы тяжести,
λ — коэфициент, зависящий от свойств трубы и жидкости; $\lambda = 8\frac{t_0}{\rho v^2}$, где t_0 — интенсивность силы сопротивления, отнесенная к стенкам трубы, ρ — плотность жидкости, v — скорость;

$$\rho = \frac{\gamma}{g},$$

где

γ — удельный вес.

В последнее время весь опытный материал по определению сопротивления движения по трубам воды, воздуха, пара, нефти или ее производных оценивается и анализируется при помощи так называемого критерия Рейнольда (числа Рейнольда) R, функцией коего является коэфициент λ.

Число Рейнольда выражается следующей формулой (для круглых труб, работающих полным сечением):

$$R = \frac{v \cdot d}{r},$$

где r — кинематический коэфициент вязкости.

В свою очередь $r = \frac{\eta}{\rho}$,

где η — вязкость жидкости,
ρ — плотность.

Если v выражается в *м/сек*, d — в *м*, то величина кинематического коэфициента вязкости r выражается в *м²/сек*.

Для воды имеем следующую зависимость кинематического коэфициента вязкости от температуры:

Ниже приводится график (фиг. 175) экспериментальных исследований Стантона, Паннеля и Ландера с гладкими трубами, показывающий зависимость коэфициента λ от величины числа Рейнольда.

Необходимо помнить, что если число Рейнольда менее 2000, то движение будет ламинарным (параллелеструйным) и коэфициент λ будет выражаться формулой

$$\lambda = \frac{64}{R}.$$

Таблица 49

Температура / Кинематический коэфициент вязкости	0°	10°	20°	40°	50°	100°
$г\,м^2/сек$	1.79×10^{-6}	$1,33\times10^{-6}$	$1,0\times10^{-6}$	$0,662\times10^{-6}$	$0,56\times10^{-6}$	$0,30\times10^{-6}$
$г\,см^2/сек$	0,0179	0,0133	0,010	0,00662	0,0056	0,0030

Эта формула выводится теоретически и вполне подтверждается опытными исследованиями.

В обычных условиях работы вод проводных труб ламинарного движения не бывает, так как число Рейнольда при условиях работы водопроводных труб всегда более 2000.

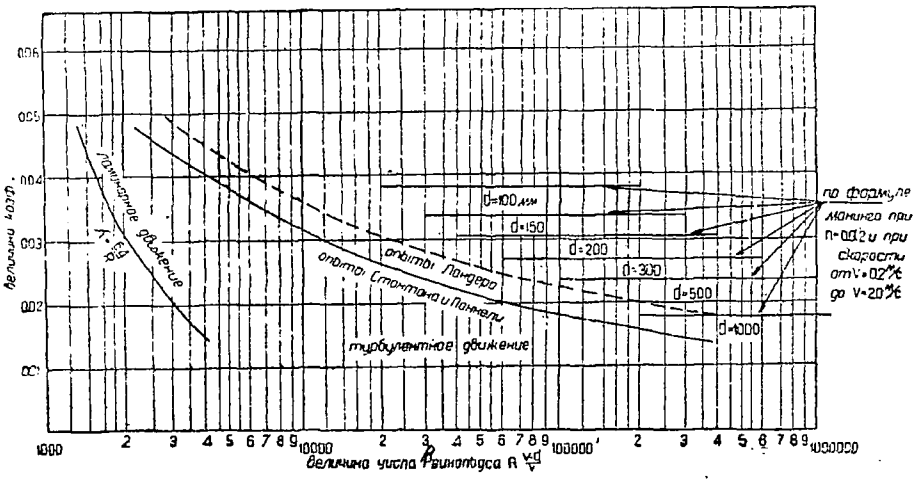
Для турбулентного движения, когда число Рейнольда более 2000, теоретически обоснованной формулы пока не выведено. Для гладких труб возможно усмотреть зависимость на

и b — коэфициент расхода

$$b=\frac{4^2\lambda}{2g\pi^2}=\frac{16}{2g\pi^2}\lambda;$$

a и b, так же как коэфициент λ, являются функциями v и d.

Указанное обстоятельство позволяет классифицировать все формулы, разделяя их на 4 класса:



Фиг. 175. График изменения коэфициента λ от числа Рейнольда.

приведенном графике; как показывает график, величина λ стремится к пределу при увеличении числа Рейнольда.

Кроме коэфициента λ возможно пользоваться и другими коэфициентами, позволяющими легко классифицировать формулы.

Напишем основную формулу в следующих видах:

$$1)\ i=\lambda\cdot\frac{1}{d}\cdot\frac{v^2}{2g}=\frac{\lambda}{2g}\cdot\frac{v^2}{d}=a\frac{v^2}{d}$$

и

$$2)\ i=\frac{\lambda}{2g}\cdot\frac{1}{d}\cdot\frac{4^2Q^2}{\pi^2d^4}=b\cdot\frac{Q^2}{d^5}.$$

Здесь a — коэфициент скорости

$$a=\frac{\lambda}{2g}$$

I *класс.* Коэфициенты λ, a и b величины постоянные

$$\lambda=\text{const},\ a=\text{const},\ b=\text{const},$$

II *класс.* Коэфициенты λ, a и b — функции только скорости v,

III *класс.* Коэфициенты λ, a и b — функции только диаметра d,

IV *класс.* Коэфициенты λ, a и b — функции v и d.

Разделяя формулы по числу входящих в них членов, получаем следующую таблицу классификации формул.

Формулы I класса

Формулы I класса почти не употребляются (их применяют лишь для весьма грубых ориентировочных подсчетов).

Сравнительная таблица наиболее употребительных формул и область их применения

Таблица 50

Автор формулы	Вид формулы $i = \lambda \frac{v^2}{2gd}$	Вид формулы $i = a \frac{v^2}{d}$	Вид формулы $= b \frac{Q^2}{d^5}$	Примечания
	формулы I класса $\lambda = \text{const}$; $a = \text{const}$; $b = const$			
Дюпюп	$i = 0{,}0302 \frac{v^2}{2gd}$	$i = 0{,}00154 \frac{v^2}{d}$	$i = 0{,}002496 \frac{Q^2}{d^5}$	применяется для грубых подсчетов
	формулы II класса $\lambda = f'(v)$; $a = f(v)$; $b = \varphi(v)$			
Вейсбах	$i = \left(0{,}01439 + \frac{0{,}009473}{\sqrt{v}}\right) \frac{v^2}{2gd}$	$i = \left(0{,}0007336 + \frac{0{,}0001828}{\sqrt{v}}\right) \frac{v^2}{d}$	$i = \left(0{,}001189 + \frac{0{,}0007826}{\sqrt{v}}\right) \frac{Q^2}{d^5}$	устаревшая формула для гладких труб
	формулы III класса $\lambda = f'(d)$; $a = f(d)$; $b = \varphi(d)$			
Дарси	$i = \left(0{,}01989 + \frac{0{,}005078}{d}\right) \frac{v^2}{2gd}$	$i = \left(0{,}001014 + \frac{0{,}00002588}{d}\right) \sigma \cdot \frac{v^2}{d}$ $\sigma = 1$ — новые трубы $\sigma = 1{,}5$ — бывшие в употреблении $\sigma = 2$ — старые трубы	$i = \left(0{,}001044 + \frac{0{,}000042}{d}\right) \sigma \cdot \frac{Q^2}{d^5}$	устаревшая формула; возможно пользоваться до диам. $d = 500$ *мм*; старая сеть Москвы была рассчитана по этой формуле
Куттер	$i = 19{,}02 \left(\frac{2m + (\sqrt{d})}{50\sqrt{d}}\right)^2 \cdot \frac{v^2}{2gd}$	$i = \left(\frac{2m + \sqrt{d}}{50\sqrt{d}}\right)^2 \frac{v^2}{d}$ $m = 0{,}15$ — новые трубы $m = 0{,}25$ — бывшие в употреблении $m = 0{,}35$ — старые трубы	$i = 1{,}621 \left(\frac{2m + \sqrt{d}}{50\sqrt{d}}\right)^2 \frac{Q^2}{d^5}$	по этой формуле с $m = 0{,}25$ рассчитывалась сеть Ладожского водопровода в Ленинграде для малых диаметров $< d = 150$ мм эта формула дает преувеличенные значения потерь напора
Базен (новая формула)	$i = 19{,}62 \left(\frac{0{,}64 + \frac{2\sqrt{d}}{87}}{\sqrt{d}}\right)^2 \frac{v^2}{2gd}$	$i = \left(\frac{0{,}64 + \frac{2\sqrt{d}}{87}}{\sqrt{d}}\right)^2 \frac{v^2}{d}$	$i = 1{,}621 \left(\frac{0{,}64 + 2\sqrt{d}}{87\sqrt{d}}\right)^2 \frac{Q^2}{d^5}$	
Горбачев	$i = 19{,}62 \left(\frac{0{,}32 + 2\sqrt{d}}{70\sqrt{d}}\right)^2 \frac{v^2}{2gd}$	$i = \left(\frac{0{,}32 + 2\sqrt{d}}{70\sqrt{d}}\right)^2 \frac{v^2}{d}$	$i = 1{,}621 \left(\frac{0{,}32 + 2\sqrt{d}}{70\sqrt{d}}\right) \frac{Q^2}{d^5}$	по этой формуле пересчитывалась сеть Ростова-на-Дону
Маннинг	$i = 124{,}6 \frac{n^2}{\sqrt[3]{d}} \cdot \frac{v^2}{2g \cdot d}$ $i = \frac{0{,}01793}{\sqrt[3]{d}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$	$i = 6{,}35 \frac{n^2}{\sqrt[3]{d}} \cdot \frac{v^2}{d} = 6{,}35 \frac{n^2}{d^{0{,}333}} \cdot \frac{v^2}{d}$ при $n = 0{,}012$ для труб, бывших в употреблении $i = \frac{0{,}000914}{\sqrt[3]{d}} \cdot \frac{v^2}{d}$	$i = 10{,}293 \frac{n^2}{\sqrt[3]{d}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$ $i = \frac{0{,}001482}{\sqrt[3]{d}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$	эта формула за последние годы нашла наибольшее распространение в СССР применяется для пересчета сети Москвы
Павловский	$i = 19{,}62 \frac{n^2 4^2 y + 1}{d^2 y} \cdot \frac{v^2}{2gd}$ при $d < 4$ $y = \infty\ 1{,}5\sqrt{n}$ при $n = 0{,}012$ $y = 0{,}165$ $i = 0{,}01789 \frac{1}{d^{0{,}33}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$	$i = \frac{n^2 4^2 y + 1 + 1}{d^2 y} \cdot \frac{v^2}{d}$ $i = 0{,}000910 \frac{1}{d^{0{,}33}} \cdot \frac{v^2}{d}$	$i = 1{,}621 \frac{n^2 4^2 y + 1}{d^2 y} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$ $i = 0{,}001476 \frac{1}{d^{0{,}33}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$	близка к формуле Маннинга
Фром и Хопф	$i = 0{,}01 \cdot \left(\frac{k}{d}\right)^{0{,}314} \cdot \frac{v^2}{2gd}$ для труб, бывших в употреблении $k = 7$ $i = 0{,}01892 \cdot \frac{1}{d^{0{,}314}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$	$i = 0{,}0005097 \left(\frac{k}{d}\right)^{0{,}314} \cdot \frac{v^2}{d}$ $i = 0{,}000936 \frac{1}{d^{0{,}314}} \cdot \frac{v^2}{d}$	$i = 0{,}0008262 \left(\frac{k}{d}\right)^{0{,}314} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$ $i = 0{,}001522 \cdot \frac{1}{d^{0{,}314}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$	одна из последних формул, учитывающих шероховатость, построенная по последним опытам (результаты близки к формуле Маннинга)

Автор формулы	Вид формулы $i = \lambda \frac{v^2}{2gd}$	Вид формулы $i = a \frac{v^2}{d}$	Вид формулы $= b \frac{Q^2}{d^5}$	Примечания
Формулы IV класса $\lambda = f(v,d)$; $a = f(v, d)$; $b = \varphi(v \cdot d)$				
Лампе	$i = 0{,}01482 \cdot \frac{1}{d^{0,25} v^{0,198}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$	$i = 0{,}000755 \cdot \frac{1}{d^{0,25} \cdot v^{0,198}} \cdot \frac{v^2}{d^2}$	$i = 0{,}001225 \cdot \frac{1}{d^{0,25} v^{0,198}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$	
Линдлей	$i = 0{,}01007 \cdot \frac{1}{d^{0,25} v^{0,198}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$	$i = 0{,}001018 \cdot \frac{1}{d^{0,25} v^{0,198}} \cdot \frac{v^2}{d^2}$	$i = 0{,}00165 \cdot \frac{1}{d^{0,25} \cdot v^{0,198}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$	эта формула применялась Линдлеем для раечета Ладожокого водопровода
Фламан	$i = 0{,}00824 \cdot \frac{1}{d^{0,25} v^{0,25}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$ $i = 0{,}01805 \cdot \frac{1}{d^{0,25} \cdot v^{0,25}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$	$i = 0{,}00042 \cdot \frac{1}{d^{0,25} v^{0,25}} \cdot \frac{v^2}{d}$ для повых труб $i = 0{,}00092 \frac{1}{d^{0,25} \cdot v^{0,25}} \cdot \frac{v^2}{d}$	$i = 0{,}0006848 \cdot \frac{1}{d^{0,25} \cdot v^{0,25}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$ $i = 0{,}001491 \cdot \frac{1}{d^{0,25} \cdot v^{0,25}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$	эта формула имеет широкое распространение во Франции имеются графики для расчета по этой формуле проф. Кошкарова Аббака Бертрапа, 1907 г.
Вильямо и Хазеп	$i = 19{,}62\ k \frac{1}{v^{0,13} \cdot d^{0,25}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$ 19,16 k от 0,01589 до 0,01962 19,62 $k = 0{,}01874$	$i = k \cdot \frac{1}{v^{0,13} \cdot d^{0,25}} \cdot \frac{v^2}{d}$ k от 0,00081 до 0,0010 для труб, работающих в обычных условиях $k = 0{,}000955$	$i = k' \cdot \frac{1}{v^{0,13} \cdot d^{0,25}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$ k' от 0,001313 до 0,001783 для труб, работающих в обычных условиях $k = 0{,}01548$	имеет опльное распространение в САСШ
Брабее	$i = 0{,}008766 \frac{1}{v^{0,219} \cdot d^{0,268}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$ $i = 0{,}01617 \frac{1}{v^{0,2} d^{0,41}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$	$i = 0{,}0001468 \frac{1}{v^{0,219} \cdot d^{0,268}} \cdot \frac{v^2}{d}$ для новых железных труб о муфтами $i = 0{,}0008243 \frac{1}{v^{0,2} \cdot d^{0,41}} \cdot \frac{v^2}{d}$ для новых железных труб о фланцами	$i = 0{,}0007243 \frac{1}{v^{0,219} \cdot d^{0,268}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$ $i = 0{,}001336 \cdot \frac{1}{v^{0,2} \cdot d^{0,41}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$	формула, употребляемая при расчете отопительных систем
Скобей	$i = 0{,}01736 \frac{1}{v^{0,2} \cdot d^{0,17}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$	$i = 0{,}00085 \frac{1}{v^{0,2} \cdot d^{0,17}} \cdot \frac{v^2}{d}$	$i = 0{,}0001435 \frac{1}{v^{0,2} \cdot d^{0,17}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$	формула для деревянных труб из клепок
для загрязненных труб Скобей рекомендует увеличивать расход на 5—10 и 15% в зависимости от загрязнения				
Якоб и Эрк	$i = 0{,}00714 + 0{,}005167 \cdot \frac{1}{v^{0,35} \cdot d^{0,35}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$	$i = 0{,}0008639 + \frac{0{,}0002632}{v^{0,35} \cdot d^{0,35}} \cdot \frac{v^2}{d}$	$i = 0{,}0005895 + \frac{0{,}0001263}{v^{0,35} \cdot d^{0,35}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$	для малых труб с очень гладкими стенками
Биль	$i = 0{,}0103 + \frac{0{,}002519}{v^{0,5} \cdot d^{0,5}} \cdot \frac{v^2}{2gd}$	$i = 0{,}0005249 + \frac{0{,}0001284}{v^{0,5} \cdot d^{0,5}} \cdot \frac{v^2}{d}$ для гладки труб	$i = 0{,}0008504 + \frac{0{,}0002079}{v^{0,5} \cdot d^{0,5}} \cdot \frac{Q^2}{d^5}$	новая формула
Мивео	$i = \left(0{,}0096 + \sqrt{\frac{k}{d}} + \frac{0{,}001862}{\sqrt{vd}}\right) \cdot \frac{v^2}{2gd}$	В этой формуле k — абсолютная шероховатость по Мпзеоу		одна из новейших формул, учитывающих шероховатоотъ стонок

Материал	$10^3\ k$ в $м$	$10^4 \sqrt{k}$ в $м^{1/2}$
Стекло	от 6,4 до 25,6	от 2,5 до 5,1
Цемент шлифованный	„ 240 „ 480	„ 15,5 „ 22
„ необработанный	„ 640 „ 1 280	„ 25 „ 36
Рукава резиновые обыкновенные	„ 200 „ 400	„ 14 „ 20
„ „ шероховатые	„ 480 „ 960	„ 22 „ 30
Железо	„ 640 „ 1 600	„ 25 „ 40
Жесть или чугун асфальтированные	„ 950 „ 1 900	„ 30 „ 44
Чугунные трубы новые	„ 3 200 „ 6 400	„ 60 „ 80
„ „ старые	„ 8 000 „ 16 000	„ 90 „ 126
Дерево	„ 1 000 „ 3 200	„ 40 „ 57
Каменные стенки из тесаного камня	„ 6 400 „ 12 000	„ 80 „ 110
Бутовая кладка скала	„ 64 000 „ 120 000	„ 250 „ 360

Гидравлические уклоны в трубах (i), вычисленные по различным формулам *Таблица 51*

$i = a\frac{v^2}{d}$	Диаметр $d = 0{,}050$ м			Диаметр $d = 0{,}300$ м				Диаметр $d = 1\,000$ м	
	Скорость v в м/сек			Скорость v в м/сек				Скорость v в м/сек	
	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
Величина $\frac{v^2}{d}$	5	20	45	0,8333	3,333	7,5	0,25	1,0	2,25
I тип формул с коэфициентом $a = \text{const}$									
Дюпюи	0,0077	0,0308	0,0693	0,001283	0,005133	0,01155	0,000385	0,00154	0,003465
II тип формул с коэфициентом $a = f(v)$									
Вейсбах	0,00708	0,02432	0,05076	0,00118	0,004053	0,00846	0,000354	0,001216	0,002548
III тип формул с коэфициентом $a = f(d)$									
Дарси с коэф. $\sigma = 1{,}5$	0,01149	0,01594	0,10336	0,001375	0,005501	0,01238	0,000390	0,00156	0,00351
Куттер „ „ $m = 0{,}25$	0,02096	0,08381	0,1886	0,001219	0,004877	0,01097	0,000225	0,000900	0,002025
Горбачев „ „ $\beta = 0{,}08$	0,01201	0,04805	0,1081	0,001135	0,001540	0,01022	0,0002746	0,001098	0,002471
Маннинг „ „ $n = 0{,}012$	0,01247	0,04962	0,1116	0,001138	0,004557	0,01025	0,0002285	0,000914	0,002067
IV тип формул с коэфициентом $a = f(v, d)$									
Лампе	0,009163	0,03196	0,06635	0,0009758	0,003400	0,007066	0,0002167	0,0007555	0,001569
Фламмаи	0,01157	0,03891	0,07911	0,001232	0,004143	0,008425	0,0002735	0,000920	0,001871
Вильяме и Хазен	0,01105	0,01030	0,08621	0,001177	0,004301	0,009168	0,0002613	0,000955	0,002038
Биль (трубы, бывшие в употреблении)	0,01642	0,06312	0,1410	0,001354	0,005920	0,01172	0,0002768	0,001082	0,002414

Формулы II класса

Формулы II класса, как дающие зависимость величин λ, a и b только от скорости, в настоящее время почти не употребляются. Малая применимость объясняется тем, что влияние скорости обычно не велико. Пределы

Таблица 52

Классификация формул потери напора

Класс	Одночленные формулы	Двухчленные формулы	Многочленные формулы
I	Дюпюи, Фаннинг	—	—
II	—	Вейобах, Цейпер	—
III	Маннинг, Форхеймер, Крпотен, Фром и Хонф, Бр нгауз (новые трубы), Павловский	Дарси, Куттер Базен, Горбачев, Зоне (старые трубы)	—
IV	Ламие, Линдлей, Фламан, Блаузиус, Вильямс и Хазен, Брабе, Скобой	Лапг, Якоб и Эрк	Мизео, Биль (старая)

изменения скоростей не велики и кроме того формулы II класса совершенно не учитывают шероховатость стенок трубопровода.

Формулы III класса

Формулы III класса являются наиболее распространенными. Эти формулы хорошо учитывают шероховатость стенок трубопроводов. Они дают возможность широкого применения упрощенных таблиц, логарифмических линеек для расчета и упрощенных приемов расчета. То обстоятельство, что эти формулы не учитывают влияние скорости, не сказывается сильно на расчетах, так как влияние ее незначительно в пределах тех скоростей, при которых работают трубопроводы.

Формулы IV класса

Формулы IV класса учитывают влияние шероховатости (обычно шероховатость второго рода) и кроме того учитывают влияние скорости. Для гладких труб и труб, бывших мало в употреблении, эти формулы дают хорошие результаты. Применение их сложно. Возможно пользоваться или точными таблицами или специально составленными графиками.

Выше приведены таблицы:

1. Сводная сравнительная таблица наиболее известных формул (табл. 50).

2. Сравнительная таблица вычисленных по различным формулам гидравлических уклонов в трубах (табл. 51).

$$i = \frac{h}{l}.$$

Приведенные выше соображения о возможности применения формул III класса и большое удобство применения их к расчетам заставляет остановиться при выборе расчетной формулы на формулах III класса.

Наиболее удобной и дающей удовлетворительные результаты является формула Маннинга (эта формула нашла широкое применение в нашей практике). Формула Павловского (с переменным показателем), подсчитанная для труб, дает весьма близкие результаты. Формула Фрома и Хонфа, составленная по новейшим экспериментальным данным, дает также близкие к ней результаты (табл. 53).

Таблица 53

Сравнение величин коэфициента λ по формулам Маннинга при $n = 0{,}012$ и Фрома и Хонфа при $k = 7$

Диаметр в $м$	Величина коэфициента λ по формуле Маннинга $n = 0{,}012$	Величина коэфициента по формуле Фрома и Хонфа при $k = 7$
0,100	0,0386	0,0380
0,150	0,0337	0,0335
0,200	0,0306	0,0305
0,300	0,0267	0,0268
0,500	0,0238	0,0230
1,000	0,0179	0,0170

Указанное позволяет рекомендовать формулу Маннинга для выбора ее как расчетной формулы для подсчета потерь напора в трубопроводах.

Инж. *М. М. АНДРИАШЕВ*

4. Техника расчета водопроводной сети

1) Распределение водопотребления

Для расчета сети, задание по водопотреблению должно быть разработано таким образом, чтобы для каждого расхода воды было установлено место его фактического забора из сети, или условное место водозабора, близкое к фактическому.

При расчете водопроводных сетей городов и больших поселков в расчет сети не вводят уличную сеть с наименьшими диаметрами, выделяя для расчета магистральную сеть с диаметрами не менее 125 *мм* (редко 100). При этом для упрощения расчета весь расход распределяют по участкам магистральной сети.

Определение попутных расходов расчетных участков магистральной сети может быть сделано двумя следующими способами.

1-й способ. Расчетный расход района учитывается как равномерно распределенный по селитебной территории района. Задаваясь

некоторой, в большинстве случаев условной, схемой питания отдельных частей района из магистральной сети, определяют площади, обслуживаемые отдельными расчетными участками, и по ним попутные расходы этих участков. Для нахождения площадей, относящихся к участкам, применяют следующие условные приемы:

а) через узлы, в коих сходятся расчетные участки, проводят биссектрисы углов между смежными участками, разделяющие площади на зоны, тяготеющие к одному и другому из смежных участков;

б) внутри района, ограниченного контуром магистральной сети, намечают точку, находящуюся примерно в середине этого района, и соединяют ее с узлами сети. При этом получается ряд треугольников, питающихся из соответствующих расчетных участков.

Этот способ рекомендуется для таких сетей, которые неравномерно распределяются по водоснабжаемой территории.

2-й способ. Расчетный расход распределяется равномерно по длине труб.

Для определения попутных расходов предварительно находят общую длину расчетных магистралей района и удельный расход воды, т. е. расход воды, отнесенный к единице длины труб.

Помножая длину участка на удельный расход, получают его попутный расход.

В случае, если расчетный участок совпадает с границей между районами, то половина его длины относится к одному и другая половина к другому району. По определении, попутные расходы для половин участков суммируются.

Данные для определения удельных расходов удобно записывать по следующей форме (табл. 54).

или
$$R = Q + 0{,}55\ I \qquad (1)$$
$$R = Q + 0{,}5\ P. \qquad (2)$$

Для участков, в коих попутный расход P менее транзитного, обе формулы примерно равноточны. Для остальных же участков первая формула точнее второй. Однако при некотором ограничении длины участков с транзитными расходами, меньшими попутных, вторая формула также является приемлемой.

При допущении для таких участков отклонения от точной величины в 0,15 $м$ имеем следующие предельные наименьшие длины, в зависимости от диаметра трубы и величины удельного расхода.

Таблица 55

Наименьшие длины участков

Диаметр в *мм* \ Удельный расход	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,012	0,015
100	1130	715	545	449	387	345	296
125	1680	1060	810	666	574	510	440
150	2329	1470	1120	921	795	708	608
200	3880	2450	1870	1537	1322	1180	1010

При определении расчетного расхода по формуле (1) определяется транзитный, затем 0,55 попутного и их сумма—расчетный расход.

При использовании же формулы (2) применяется особый прием, позволяющий значительно упростить подсчеты и контроль расчетных расходов.

Таблица 54

Форма таблицы для определения удельных расходов

№ районов	Расчетный расход в *л/сек*	Наименование участков сети, обслуживающих район	Длина труб в *м*			Удельный расход *л/сек* на 1000 *м*
			внутренние L_1	пограничные L_2	расчетные $L_0 = L_1 + 0{,}5\,L_2$	

Способ распределения водоразбора по удельному расходу является наиболее простым и потому применяется в большинстве случаев.

2) Определение расчетного расхода

Для определения расчетных расходов задаются определенными направлениями движения воды и распределением между линиями транзитов, которые в последующем расчете подлежат уточнению.

Расчетный расход R определяется по транзитному Q, т. е. такому, который проходит без изменения до конца участка, и попутному P, расходующемуся на протяжении участка, по формулам.

Прием этот состоит в следующем: каждый попутный расход делят пополам и относят половину расхода к одному узлу, ограничивающему участок, а другую половину к другому. Вместо попутных расходов имеем при этом в каждом расчетном узле сосредоточенный.

3) Предварительное намечение диаметров

Намечение диаметров труб производится на основании предварительно намеченных расчетных расходов для случая наиболее интенсивной работы сети.

Если часть сети работает интенсивно в одном случае, а другая в другом, то при

намечении диаметров учитывают расчетные расходы о опх моментов.

Для перехода от расхода к диаметру задаются скоростями движения воды в трубах. Имеются формулы (см. книги Гениева, Кашкарова), по которым можно теоретически определить скорости, наиболее экономически выгодные, для различных диаметров.

Наиболее простой из экономических формул является формула, выведенная инж. Грасгофом для случая, когда полная потеря H на линии, состоящей из участков с различными расходами, длинами и диаметрами,— задана.

Для этого случая экономичный диаметр d_i для любого участка, например i, длиной l определяется по расходу q_i формулой

$$d_i = A \cdot q_i^{\frac{m}{n+1}},$$

где A — постоянный для данной линии коэфициент, выражаемый формулой

$$A = \left(\frac{k}{H} \sum Q_i^{\frac{m}{n+1}} l_i\right)^{\frac{1}{n}}$$

где k, m и n — коэфициент и показатели степени в формуле для определения гидравлического уклона

$$i = \frac{k Q^m}{d^n}.$$

Для формулы Маннинга

$$k = 0{,}001482,$$
$$m = 2,$$
$$n = 5{,}33;$$

для упрощения расчетов можно принять $n = 5$ (по Дюпоп), тогда

$$d = A\sqrt[3]{q_2} \quad \text{и} \quad A = \sqrt[5]{\frac{k}{H} \sum \sqrt{b_l l_l}}.$$

В указанных формулах все действия можно производить при помощи логарифмической линейки.

Прочие экономические формулы весьма сложны и потому на практике применяются сравнительно редко.

Обычно назначают практически установленные экономические скорости, колеблющиеся в пределах: 0,5 — 1,00 м/с для диаметров до 300 *мм* и 0,7 — 1,20 м/с для диаметров свыше 300 *мм*.

При этом большие экономические скорости соответствуют большим диаметрам.

В настоящее время ввиду острой дефицитности труб можно допустить скорости в трубах сети до 1,5 *м/сек*.

Для ориентировочного нахождения диаметра трубопровода по заданному расходу, учитывая самый характер расхода, можно пользоваться также следующим графиком, составленным инж. Лобачевым (фиг. 176); график определяет следующие характерные величины:

1) зависимость диаметра от расхода при экономической величине диаметра (нижняя линия);

2) зависимость при наибольшей скорости, допускаемой при обычной работе трубопровода;

3) зависимость при пожарном расходе увеличенной скорости. Кроме того на графике нанесены скорости, соотьетствующие данному расходу при данном диаметре.

Пользование графиком.

Дан расход $Q = 100$ *л/сек*. Наиболее подходящий диаметр при нормальной работе будет диаметр $d = 350$ *мм*, как лежащий между нижней и средней линиями зависимости. Скорость при этом будет $V = 0{,}75$ *м/сек*.

Если расход $Q = 100$ *л/сек* будет подаваться по сети только при пожаре, то возможно взять диаметр $d = 300$ *мм*, при этом скорость будет $V = 1{,}25$ *м/сек*.

4) Расчет сети с большим числом колец

При расчете сетей с большим количеством колец, требующем большого количества вычислений, наиболее целесообразно определять потери напора с помощью логарифмической линейки с предварительным определением модулей потерь напора (потерь напора на участке при расходе, равном единице). Этот способ дает наибольшую быстроту работы.

При производстве расчета сети рекомендуется все записи расчетных величин производить на схеме. Для определения потерь напора на рабочей схеме должны быть предварительно выписаны модули потерь напора.

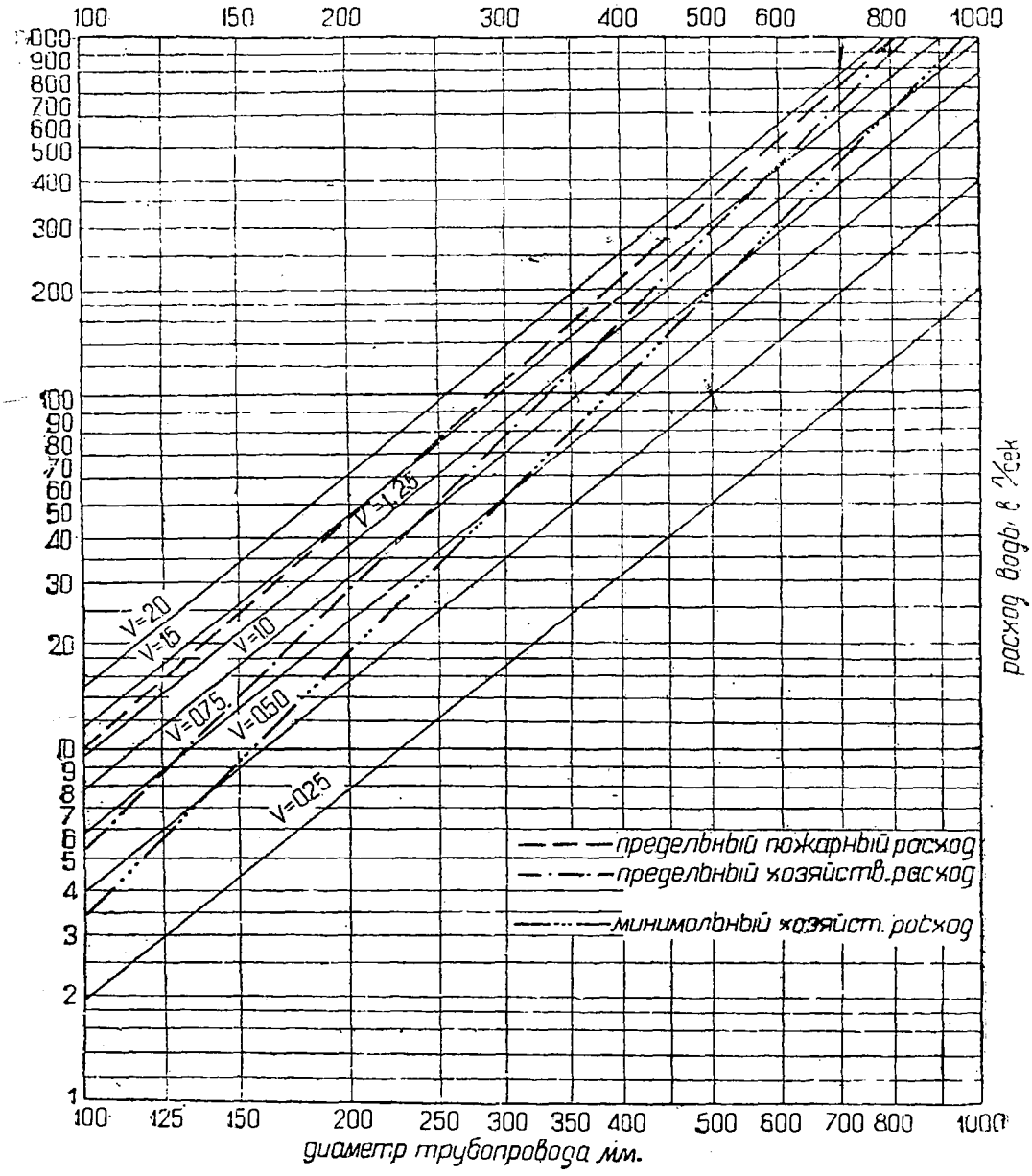
После первоначального определения потерь напора в сети, в каждом кольце определяется алгебраическая сумма потерь напора во всех участках кольца. Знаки потерь напора определяется согласно направлению движения воды по часовой стрелке или против нее. Сумма эта должна равняться нулю, однако при первоначальной наметке распределения расходов в сети они обычно не равны нулю. Величина ее называется невязкой.

Для уменьшения невязки в кольце следует по контуру кольца провести дополнительный расход, именуемый увязочным с тем, чтобы увеличить потери напора в том направлении, в котором они недостаточны, и уменьшить их там, где они излишни. При проведении по кольцу увязочного расхода в соседних кольцах с невязками того же знака, таковые увеличиваются и с невязкими иного знака — уменьшаются. Поэтому следует объединять кольца с невязками одного знака и проводить увязочный расход по их объемлющему контуру. При уменьшении невязок следует также следить все время за их величиной и уменьшать при проведении каждого увязочного расхода самые большие невязки. Для ускорения работы можно намечать и проводить сразу несколько увязочных расходов по нескольким контурам. Величина увязочного расхода при первом его проведении намечается пробными определениями для одного из участков. При этом следует иметь в виду, что один и тот же

увязочный расход с различными диаметрами даст различный эффект, в трубах с большими диаметрами — меньший. При повторном проведении увязочного расхода по тому же участку величину его следует назначать, соображаясь с эффектом проведения первого увязочного расхода.

5) Определение скоростей движения воды в трубах

Скорость движения воды в трубе дает характеристику степени ее использования. Поэтому эта данность всегда приводится в расче-



Фиг. 176. Номограмма для ориентировочного определения диаметра трубопровода.

Величину невязок практически достаточно довести в отдельных кольцах до 0,15—0,25 *м* с тем однако, чтобы алгебраическая сумма всех невязок в сети не превышала бы 0,5 — 1,0 *м*.

тах сети наряду с прочими расчетными данными.

Определение скоростей может быть сделано при помощи табл. 57 по коэфициенту скорости *m*.

6) Определение потери напора

Определение потери напора логарифмической линейкой производится так: на нижней шкале линейки находим Q, совмещаем с ним единицу кулисы. Единицы кулисы на верхней шкале находятся при этом против квадрата Q. Но отсчитывая и не записывая квадрата Q, множим его на модуль потери напора S и получаем потерю напора.

Модуль потери напора определяется помножением модуля гидравлического уклона A (уклона для данного диаметра при расходе, равной единице) на длину участка.

Модули гидравлического уклона практически удобно относить к расходу, измеряемому в 10 *л/сек* и к длине (в уклоне), измеренной в 100 *м*. При этом будем иметь величины модулей уклона в 100 раз меньше, чем для расхода 1 $м^3/сек$ и длине, измеренной в *м*.

Модули гидравлических уклонов A (иначе удельные сопротивления) определены по формуле Маннинга даны ниже в табл. 57.

7) Основные вопросы, прорабатываемые при расчете сети

В работе по расчету сети все вычисления потерь напора и скоростей для отдельных расчетных моментов не следует доводить до окончательной степени точности с уменьшением невязок до допустимых, до проработки всех вопросов работы сети в грубом предварительном виде, с доведением невязок в отдельных кольцах до величин 0,5—0,8 *м*. При проработке различных вопросов расчета сети могут изменяться диаметры труб отдельных участков сети, и тогда работа по уточнению расчета окажется напрасной.

К вопросам, могущим повлиять на диаметры сети, относятся:

1) напоры в различных точках сети,
2) скорости в различных участках сети,
3) результаты проработки вариантов изменения диаметров труб.

Даем краткую характеристику всех этих вопросов.

Напоры в сети должны находиться в пределах, определенных заданием, из которых нижний зависит от этажности зданий и верхний от допускаемых давлений в трубах дворовой и домой сетей.

Наивысший предел не диктует диаметры сети и может лишь иметь значение в определении границ зон в зонных водопроводах. Наинизший же допускаемый напор является основным критерием для проектируемой сети. В наиболее неблагоприятных точках, т. е. наиболее высоких и удаленных от источника питания, напор должен близко подойти к этому пределу, будучи несколько выше его. Если напор в такой точке менее требуемого, то диаметры труб по пути к ней должны быть увеличены, иначе не будет выполнено задание. Если же напор в такой точке будет значительно превышать требуемый, то все же, будучи допустимым, он будет неэкономичным, так как диаметры сети будут необоснованно велики. Их по пути к этой точке следует уменьшить до получения требуемого напора. Точки, на основе напоров в которых могут быть изменены диаметры сети, называются диктующими или опасными.

Скорости движения воды в трубах сети своей величиной редко могут дать указание на изменение диаметров сети, так как в сетях они не выходят за пределы технически допускаемых для чугунных труб скоростей — 2,5 — 3,0 *м/сек*. Скорости служат для характеристики нагрузки сети и потому следует обращать внимание не столько на их величину, сколько на их равномерность. Если какой-нибудь участок выделяется из прочих, в ту или другую сторону по своей скорости, то это служит указанием на несоответствие его диаметра в общей системе сети. Преувеличенные скорости указывают на недостаточность диаметра, преуменьшенные — на его избыточность.

Проработки вариантов производятся в тех частях водопроводной сети, в коих потеря напора не является строго фиксированной, например между насосной станцией и башней. Варианты обычно отличаются от основной схемы диаметрами одной из ниток труб рассматриваемой части сети, которые либо увеличиваются, либо уменьшаются на один номер по сортаменту. Варианты с изменением диаметров труб оцениваются обычно по изменению стоимости сети и изменению стоимости подъема воды.

Для общей экономической оценки, изменение в варианте стоимости сети переводят на зависящие от него изменения эксплоатационных расходов по сети, которые уже сравнивают с изменением стоимости подъема воды, с получением вывода об экономичности или неэкономичности варианта.

8) Предоставление в проекте данных по расчету сети

Весь цифровой материал по расчету сети собирают в таблицах или на схемах. В таблицах все расчетные данные для каждого расчетного участка выписываются в соответствующей строчке, на схемах — рядом с линией, изображающей участок. Представление данных на схемах более наглядно и удобнее для пользования, вследствие чего и является теперь общепринятым.

Данные группируются следующим образом. Все основные расчетные данные, не меняющиеся в зависимости от случая работы сети, как-то: длина участка, наибольший попутный расход, узловые расходы, диаметры и модули потерь напора, выписываются на общей схеме.

Остальные схемы соответствуют отдельным расчетным моментам, например наибольший водоразбор, наименьший водоразбор, пожар и т. д. и содержат: расчетный расход, потерю напора и скорость. В тех случаях, когда для различных расчетных моментов водоразбор различен, на этих же схемах следует выписывать в узлах условные узловые расходы.

В целях наибольшей компактности, записи обозначения величин следует производить не буквами, а определенным порядком их следования с разделением данных через тире, например:

I число—расчетный расход в *л/сек*,
II число—потеря напора в *м*,
III число—скорость в *м/сек*.

На расчетных схемах для большей наглядности следует изображать условными знаками все водопроводные сооружения, играющие роль в работе сети.

В материалах по расчету сети представляют также таблицу свободных напоров во всех расчетных узлах сети для различных расчетных случаев, дающую общую картину давлений в сети.

Иногда эту формулу представляют в ином виде

$$i \cdot K = Q^2,$$

где

$$K = \frac{1}{A}.$$

Проф. Бахметьев обозначает K величиной $\sqrt{K_1}$.

Потеря напора выразится при этом формулами

$$h = AlQ^2 = SQ^2 = \\ = \frac{l}{K} Q^2 = \frac{l}{K_1^2} Q^2.$$

Таблица 56

Форма таблицы свободных напоров

№ узлов	Отметки земли	Отметки напора			Свободные напоры		
		I расчетный случай	II расчетный случай	III расчетный случай	I расчетный случай	II расчетный случай	III расчетный случай

Таблица свободных напоров для возможности контроля представляется совместно с таблицей отметок напора, служащей промежуточной стадией при составлении первой, а также с данными по отметкам земли.

В результате расчета сети выявляются данные для определения высоты башни или отметки резервуара, т. е. суммарные потери напора от башни или резервуара до диктующих точек, а также данные для определения мощности насосов, т. е. потери напора от насосной станции до питаемых ею башен и резервуаров.

Инж. *В. Г. ЛОБАЧЕВ*

5. Методы, упрощающие расчет водопроводных сетей

1) Сопротивление, проводимость, коэфициент скорости

Основным факторам, позволяющим ввести некоторые упрощающие методы [1] для расчета водопроводных сетей, является применение для определения потерь напора формул III класса типа

$$= b \frac{Q^2}{d^5}.$$

Обозначая $\frac{b}{d^5} = A$, получаем наиболее простую транскрипцию формулы

$$i = AQ^2.$$

[1] В строительном деле применение упрощающих методов имеет широкую базу по той причине, что сложность обычных вычислительных методов не соответствует грубо приближенному характеру получаемых при помощи этих методов конечных результатов. *Ред.*

Обозначая величину

$$\frac{K}{l} = B,$$

получим уравнение

$$h \cdot B = Q^2,$$

которое является исходным уравнением для введения упрощающих приемов расчета.

Решая приведенные уравнения относительно Q, получаем

$$Q = \sqrt{B} \cdot \sqrt{h} = \\ = \sqrt{\frac{K}{l}} \cdot \sqrt{h} = \sqrt{\frac{1}{Al}} \cdot \sqrt{h} = \frac{K_1}{\sqrt{l}} \cdot \sqrt{h}.$$

Аналогично терминологии, установленной в электротехнике, обозначения коэфициентов имеют следующие наименования:

$$S = \frac{1}{B} = \frac{l}{K} = Al = \frac{l}{K_1^2} - \text{„сопротивление“},$$

$$p = \sqrt{B} = \sqrt{\frac{K}{l}} = \sqrt{\frac{1}{Al}} = \frac{K_1}{\sqrt{l}} - \text{„проводимость“},$$

коэфициент K_1 проф. Бахметьев называет „пропускной способностью“,

коэфициент K — „квадрат пропускной способности“,

B — „характеристика“ трубопровода (так как этим коэфициентом полностью характеризуются гидравлические свойства данного

трубопровода, его диаметр, длина и шероховатость),

A — „удельное сопротивление".

Величина „удельного сопротивления" обратно пропорциональна „квадрату пропускной способности трубопровода".

По самому смыслу формул III класса величина удельного сопротивления является функцией только диаметра, поэтому можно составить таблицу этих величин для различных диаметров труб.

Обобщая этот метод, возможно составить добавочные таблицы и для расчета труб, работающих неполным сечением.

Для определения скоростей движения воды по трубам удобно пользоваться „коэфициентами скорости" — m:

$$V = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} = mQ,$$

где

$$m = \frac{1}{\frac{\pi d^2}{4}}.$$

Значения коэфициентов A и K, определенные по формуле Маннинга, с коэфициентом шероховатости $n = 0{,}012$, а также коэфициент m сведены в следующую таблицу:

Таблица 57

Значения коэфициентов A K и m

Диаметр	Величина K $(м^3/сек)^2$ для расхода, выраженного в $м^3/сек$	Величина удельного сопротивления $A\left(\frac{сек}{м^3}\right)^2$ для расхода, выражен. в $м^3/сек$	Коэфициент скорости m
0,050	77,6·10—6	12 900	509
0,075	67,5·10—6	1480	222
0,100	3130·10—6	319	127
0,125	10 300·10—6	97,2	81,5
0,150	27 200·10—6	36,7	56,6
0,200	126 000·10—6	7,92	31,8
0,250	415 000·10—6	2,41	20,4
0,300	1,10	0,911	14,1
0,350	2,50	0,401	10,4
0,400	5,09	0,196	7,96
0,450	9,52	0,105	6,29
0,500	16,7	0,0598	5,09
0,600	44,2	0,0226	3,54
0,700	101	0,00993	2,60
0,800	205	0,00487	1,99
0,900	385	0,00260	1,57
1,000	675	0,00148	1,27
1,100	1122	0,000892	1,05
1,200	1781	0,000561	0,884
1,300	2732	0,000366	0,754
1,400	4065	0,000246	0,650
1,500	5848	0,000171	0,566
1,600	8264	0,000121	0,497
1,700	12 050	0,0000830	0,441
1,800	15 500	0,0000645	0,393
1,900	21 460	0,0000466	0,353
2,000	27 100	0,0000368	0,318

Пример пользования таблицей. Дан расход $Q = 50$ $л/с. = 0{,}050$ $м^3/с$, $D = 250$ $мм = 0{,}25$ $м$. Длина трубопровода $l = 500$ $м$. Тогда получаем потерю напора по формулам:

$$h = AlQ^2 = 2{,}41 \cdot 500 \cdot 0{,}05^2 = 3{,}01 \text{ м}$$

или

$$h = \frac{500 \cdot 50^2 \cdot 10^{-6}}{415\,000 \cdot 10^{-6}} = 3{,}01 \text{ м}.$$

Скорость

$$V = mQ = 20{,}4 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 1{,}02 \text{ м/сек}.$$

Промежуточные величины легко получаются путем интерполяции, например пользуясь логарифмическими сетками или коэфициентом перехода:

$$\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^{5{,}33} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \cdot \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{d_1}{d_2}}.$$

Так, для диаметра $d_2 = 1250$ $мм$ получаем

$$A_{1250} = A_{1200} \cdot \left(\frac{1200}{1250}\right)^{5{,}33} =$$

$$= 0{,}000561 \cdot \frac{12^2 \cdot 12^3 \cdot \sqrt[3]{12}}{12{,}5^2 \cdot 12{,}5^3 \cdot \sqrt[3]{12{,}5}} =$$

$$= 0{,}000561 \cdot 0{,}781 = 0{,}000437.$$

Приведенная выше аналогия с электротехническими понятиями о сопротивлении и проводимости распространяется на понятия о последовательном и параллельном соединениях.

2) Формулы для соединения трубопроводов

Последовательным соединением называется такое соединение, при котором расход по системе остается постоянным, а меняются сопротивления отдельных участков.

При последовательном соединении складываются сопротивления соединенных участков, при этом характеристика B выразится формулой

$$B = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{B_1}} + \frac{1}{\sqrt{B_2}} + \cdots + \frac{1}{\sqrt{B_n}}},$$

где B_1, $B_2 \ldots B_n$—характеристики отдельных участков.

Параллельное — соединение трубопроводов характеризуется тем, что они все питаются в одной общей точке A и подводят воду также к одной общей точке B. Потери напора по каждой ветви между точками A и B будут равны.

При параллельном соединении складываются проводимости отдельных ветвей, причем характеристика B выразится формулой

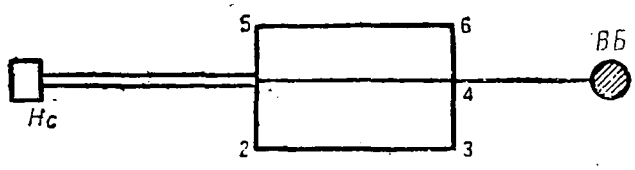
$$B = \left(\sqrt{B_1} + \sqrt{B_2} + \ldots + \sqrt{B_n}\right)^2,$$

где B_1, $B_2 \ldots B_n$ — характеристики отдельных параллельных линий.

Пример расчета с последовательным и параллельным соединением трубопровода (фиг. 177).

Из насосной станции транзитом в водонапорную башню подается расход $Q = 70$ *л/сек*.

Размеры сети следующие: от насосной станции идут два водовода один диаметром $D =$



Фиг. 177. Схема водопроводной сети.

$= 200$ *мм*, длиной $= 500$ *м*, и другой диаметром $D = 250$ *мм*, длиной $= 500$ *м*.

Линия $1-4$ диаметром $D = 200$ *мм*, длиной $= 500$ *м*.

Линия 1—2—3—4 диаметром $D = 150$ *мм*, длиной $= 800$ *м*.

Линия 1—5—6—4 диаметром $D = 150$ *мм*, длиной $= 600$ *м*.

Линия $4 - ВВ$ диаметром $D = 300$ *мм*, длиной $= 200$ *м*.

Решение.

Два водовода работают параллельно, поэтому общая проводимость их будет

$$\sqrt{B_{Hc-1}} = \sqrt{B_{200}} + \sqrt{B_{250}}$$

Характеристики водоводов будут

$$B_{200} = \frac{K_{200}}{l} = \frac{126\,000}{500} = 252;$$

проводимость

$$\sqrt{B_{200}} = \sqrt{252} = 15{,}87;$$

$$B_{250} = \frac{K_{250}}{l} = \frac{415\,000}{500} = 830;$$

проводимость

$$\sqrt{B_{250}} = \sqrt{830} = 28{,}81.$$

Общая проводимость

$$B_{Hc-1} = 15{,}87 + 28{,}81 = 44{,}68.$$

Характеристика двух водоводов будет

$$B_{Hc-1} = 44{,}98^2 = 1996.$$

Три основных линии сети также работают параллельно; их общая проводимость будет:

$$\sqrt{B_c} = \sqrt{B_{1-4}} + \sqrt{B_{1-5-6-4}} + \sqrt{B_{1-2-3-4}}$$

проводимость

$$\sqrt{B_{1-4}} = \sqrt{\frac{K_{1-4}}{l_{1-4}}} = \sqrt{\frac{126\,000}{500}} = \sqrt{252} = 15{,}87,$$

проводимость

$$\sqrt{B_{1-5-6-4}} = \sqrt{\frac{27\,200}{600}} = \sqrt{48} = 6{,}93,$$

проводимость

$$\sqrt{B_{1-2-3-4}} = \sqrt{\frac{27\,200}{800}} = \sqrt{34} = 5{,}83,$$

$$\sqrt{B_c} = 28{,}63; \quad B_c = 819{,}7.$$

Далее водоводы, сеть п линия от сети до водонапорной башни работают последовательно.

Характеристики их следующие:

$$B_{вод} = 1996 \quad B_c = 819{,}7,$$

$$B_{4-ВБ} = \frac{K_{4-ВБ}}{l_{4-ВВ}} = \frac{1\,100\,000}{200} = 5500.$$

Тогда сопротивления этих частей будут:

$$\frac{1}{B_{вод}} = \frac{1}{1996} = 0{,}0005; \quad \frac{1}{B_c} = \frac{1}{819{,}7} = 0{,}00122;$$

$$\frac{1}{B_{4-ВБ}} = \frac{1}{5500} = 0{,}00018.$$

Полное сопротивление будет:

$$\frac{1}{B_п} = 0{,}0005 + 0{,}00122 + 0{,}00018 = 0{,}0019.$$

Полная характеристика $B_п = \frac{1}{0{,}0019} = 526.$

Отсюда основное уравнение будет $Q^2 = 526 \cdot h$.

Из этого уравнения находим потерю давления при расходе $Q = 70$ *л/сек*:

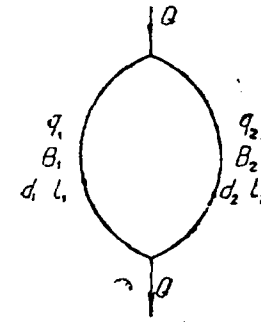
$$h = \frac{Q^2}{B} = \frac{70^2}{526} = \frac{4900}{526} = 9{,}3 \text{ м}.$$

Это же уравнение дает возможность сразу ответить на вопросы, связанные с изменением режима работы данной системы. Так, например, что произойдет, если расход надо будет увеличить до $Q = 90$ *л/сек*?

Тогда потеря напора всей системы будет:

$$h = \frac{90^2}{526} = \frac{8100}{526} = 15{,}4 \text{ м}.$$

Примечание. Характеристики отдельных элементов системы подсчитывались при расходе, выраженном в *л/сек*, а так как приведенные нами таблицы составлены для расходов, выраженных в *м³/сек*, то все величины квадратов пропускной способности надо увеличить в 10^5 или в 1 000 000 раз.



Фиг. 178. Схема распределения расхода воды по различным ветвям кольца.

Распределение расходов по отдельным ветвям кольца (фиг. 178).

Положим, что по одной половине идет расход $q_1 = MQ$, а по другой $(1 - M)\,Q$.

Тогда получаем:
по одной ветви

$$h = \frac{M^2}{B_1} Q^2;$$

по другой ветви

$$h = \frac{(1-M)^2}{B_2} Q^2;$$

отсюда

$$\frac{M^2}{B_1} = \frac{(1-M)^2}{B_2}$$

или

$$\frac{M^2}{(1-M)^2} = \frac{B_1}{B_2};$$

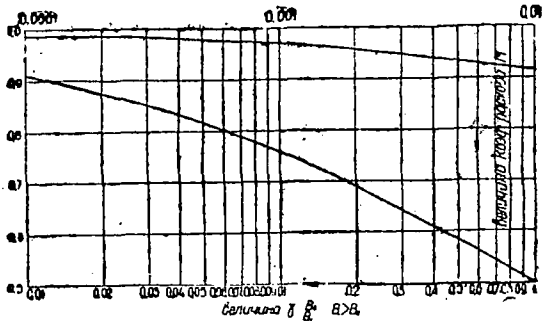
отсюда

$$M = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{B_2}{B_1}}}$$

или,

обозначая отношение характеристик $\frac{B_2}{B_1} = \gamma$, причем, выбирая величину B_1 всегда большей B_2, возможно записать

$$M = \frac{1}{1+\sqrt{\gamma}}.$$



Фиг. 179. График для определения коэфициента расхода M (по линии I для величины от 0,0001 до 0,01 по линии II—от 0,01 до 1).

Для облегчения пользования этой формулой даны график (фиг. 179) и таблица 58.

Требуется найти распределение расходов по ветвям.

$$B_{150} = \frac{K_1}{l} = \frac{27\,200}{400} = 68; \quad B_{125} = \frac{10\,300}{300} = 34{,}33;$$

$$\gamma = \frac{34{,}33}{68} = 0{,}505; \quad M = 0{,}583 \text{ по графику.}$$

Таким образом на ветви $d = 150$ *мм* идет расход $0{,}583\,Q$,
на ветви $d = 125$ *мм* идет расход $0{,}417\,Q$.

Поверка: потеря напора по линии $d=150$ *мм*,

$$h = \frac{Q^2}{B_{150}} = \frac{0{,}583^2}{68} Q^2 = \sim 0{,}005\ Q^2;$$

потеря напора по линии $d = 125$ *мм*,

$$h = \frac{0{,}417^2}{34{,}33} \cdot Q^2 = 0{,}00506\ Q^2.$$

3) Метод эквивалентных трубопроводов

Метод эквивалентных трубопроводов состоит в следующих приемах расчета:

1) приведение различных диаметров сети к какому-либо одному диаметру.

2) замена кольцевого провода одним проводом.

а) Приведение различных диаметров трубопроводов к одному трубопроводу

Взяв два трубопровода различных диаметров и длин, мы можем написать

$$h_x = A_x\ l_x\ q_x^2 \text{ и } h = Alq^2.$$

Так как нам желателен трубопровод одного диаметра, положим d_x, заменить на диаметр при условии, что гидравлические свойства останутся теми же, т. е. h и q будут одинаковыми для обоих трубопроводов, то мы получаем равенство

$$A_x\ l_x\ q^2 = Al_э\ q^2 \text{ или } A_x\ l_x = Al_э,$$

отсюда длина $l_э$, которую возможно назвать эквивалентной длиной, будет

Таблица 58

Значения коэфициента M

Величина $\gamma = \frac{B_2}{B_1}$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Коэфициент расхода M	1	0,760	0,691	0,646	0,613	0,586	0,563	0,544	0,528	0,513	0,600

Пример пользования графиком.
Дано кольцо: диаметр одной ветви $d=150$ *мм*,
длина $= 400$ *м*,
диаметр другой ветви $d=125$ *мм*,
длина 300 *м*.

$$l_э = \frac{A_x\ l_x}{A} = \beta l_x.$$

Для возможности пользования этой формулой приводим ниже табл. 59.

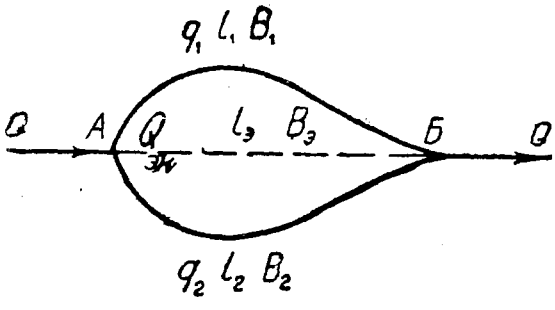
Таблица 59

Эквивалентные диаметры

Диаметр трубопровода, который заменяется (d_x) \ Диаметр трубопровода, на который заменяется (d)	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
100	1	3,29	8,68	40,2	132,4	351	766	1624	—	—	—
125	0,304	1	2,64	12,25	40,3	107	243	495	925	1623	—
150	0,115	0,379	1	4,62	15,23	40,4	91,8	189	349	613	1622
200	0,0249	0,0816	0,235	1	3,29	8,71	19,8	40,3	75,4	132	350
250	0,00755	0,0248	0,0656	0,304	1	2,65	6,03	12,3	22,9	40,3	106,5
300	0,00285	0,00935	0,0248	0,115	0,377	1	2,28	4,64	8,67	15,21	40,3
350	0,00129	0,00412	0,0109	0,0505	0,166	0,439	1	2,04	3,82	6,70	17,7
400	0,000616	0,00202	0,00529	0,0248	0,0813	0,216	0,490	1	1,87	3,27	8,66
450	—	0,00108	0,00287	0,0133	0,0437	0,115	0,262	0,535	1	1,75	4,64
500	—	0,000616	0,00163	0,00758	0,0248	0,0657	0,149	0,306	0,379	1	2,64
600	—	—	0,000616	0,00286	0,00939	0,0248	0,0565	0,115	0,216	0,379	1

Пример пользования таблицей

Требуется заменить трубопровод $d_x = 100$ *мм*, длиной 200 *м* на трубопровод $d = 150$ *мм*.



Фиг. 180. Кольцевой и эквивалентный трубопроводы.

По таблице имеем $\beta = 8{,}68$, откуда эквивалентная длина замененного провода будет:

$$l_э = \beta l = 8.68 \cdot 200 = 1736 \text{ м}.$$

б) Замена кольцевого трубопровода эквивалентным трубопроводом (фиг. 180).

Решение этой задачи лучше вести при кольце, имеющем ветви одинакового диаметра. К такого рода кольцу мы можем привести любое кольцо, пользуясь приведенным выше методом замены трубопроводов одного диаметра на другой.

Вести решение лучше всего методом характеристик. Так как требуется две ветви кольца заменить одним эквивалентным проводом того же диаметра, что и ветви, то мы сразу можем написать следующее соотношение.

$$\frac{q_1^2}{B_1} = \frac{q_2^2}{B_2} = \frac{Q^2}{B_{эк}} \quad \text{и} \quad q_1 + q_2 = Q,$$

принимая во внимание, что $B = \frac{K}{l}$ и зная, что K для всех ветвей будет одинаково, получаем

$$q_1^2\, l_1 = q_2^2\, l_2 = Q^2\, l_{эк}$$

откуда получаем

$$q_1 = Q\sqrt{\frac{l_{эк}}{l_1}}$$

$$q_2 = Q\sqrt{\frac{l_{эк}}{l_2}}$$

$$Q = q_1 + q_2 = Q\left(\sqrt{\frac{l_{эк}}{l_1}} + \sqrt{\frac{l_{эк}}{l_2}}\right);$$

$$1 = \sqrt{\frac{l_{эк}}{l_1}} + \sqrt{\frac{l_{эк}}{l_2}} \text{ или}$$

$$\frac{1}{\sqrt{l_{эк}}} = \frac{1}{\sqrt{l_1}} + \frac{1}{\sqrt{l_2}},$$

откуда $l_{эк} = \dfrac{l_1 l_2}{(\sqrt{l_1} + \sqrt{l_2})^2}$ (правило Дюпюи).

Вводя обозначения $l_1 + l_2 = L_0$ (полная суммарная длина кольца), имеем:

$$l_1 = \psi L_0;\ l_2 = (1 - \psi) L_0.$$

Подставляя эти величины в формулу, выражающую эквивалентную длину, получаем:

$$l_{эк} = \frac{\psi(1-\psi)}{[\sqrt{\psi} + \sqrt{(1-\psi)}]^2} L_0 = \varphi L_0.$$

Для возможности ведения расчетов по этой формуле приводим ниже таблицу величин φ (табл. 60) и график величин φ (фиг. 181).

Таблица 60

Величина коэфициента φ

Коэфициент ψ	Коэфициент φ	Коэфициент ψ	Коэфициент φ
0	0,0	0,50	0,1250
0,05	0,0331	0,55	0,1240
0,10	0,0562	0,60	0,1212
0,15	0,0744	0,65	0,1165
0,20	0,0889	0,70	0,1096
0,25	0,1005	0,75	0,1005
0,30	0,1096	0,80	0,0889
0,35	0,1165	0,85	0,0744
0,40	0,1212	0,90	0,0562
0,45	0,1240	0,95	0,0331
0,50	0,1250	1,00	0

Примеры пользования

Дано кольцо одинакового диаметра l_1=200 *м*, l_2 = 600 *м*; требуется определить величину длины эквивалентного трубопровода:

$$L_0 = l_1 + l_2 = 200 + 600 = 800\ м.$$

Коэфициент

$$\psi = \frac{l_1}{L_0} = \frac{200}{800} = 0{,}25,$$

по табл. 60 имеем $\varphi = 0{,}1005$.

Тогда эквивалентная длина трубопровода будет $l_{эк} = \varphi L_0 = 0{,}1005 \cdot 800 = 80{,}4\ м$.

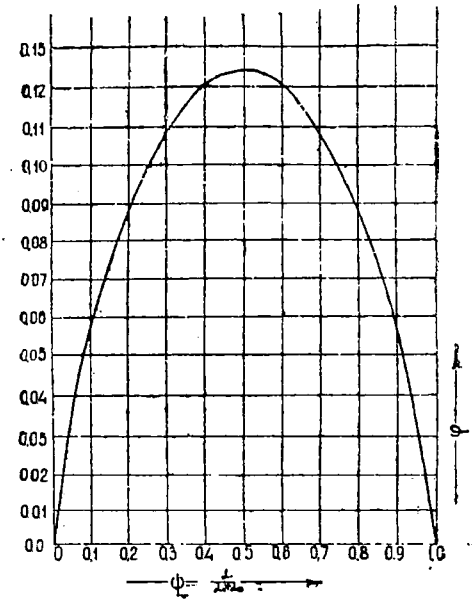
Покажем, как этим методом сразу находить расходы, идущие по отдельным ветвям.

Как мы видели ранее

$$q^2_1 l_1 = q_2{}^2 l_2 = Q^2 l_{эк};$$

вводя обозначения $q_1 = \mu Q$ и $q_2 = (1-\mu)Q$, получаем:

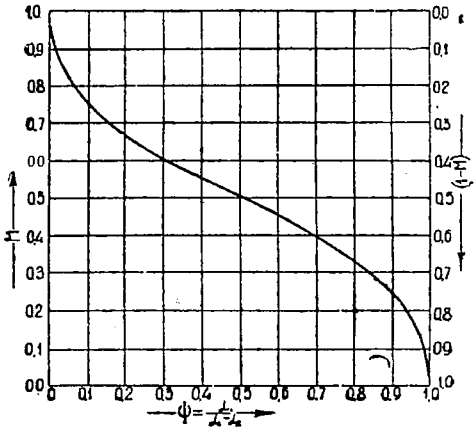
$$\mu^2 l_1 = (1-\mu)^2 l_2 = l_{эк};$$



Фиг. 181. График для определения коэфициента φ.

откуда, принимая приведенные выше соотношения,

$$\mu^2_1 = \frac{l_{эк}}{l_1} = \frac{\varphi L_0}{\psi L_0} = \frac{\varphi}{\psi}$$



Фиг. 182. График для определения коэфициента ψ.

или

$$\mu = \sqrt{\frac{\varphi}{\psi}}.$$

Для удобства определения коэфициента μ даем таблицу (табл. 61) и график (фиг. 182).

Таблица 61

Значение коэфициента μ

Коэфициент ψ	Коэфициент μ	Коэфициент ψ	Коэфициент μ	Коэфициент ψ	Коэфициент μ	Коэфициент ψ	Коэфициент μ
0,00	1,0						
0,05	0,814	0,30	0,604	0,55	0,475	0,80	0,333
0,10	0,750	0,35	0,577	0,60	0,450	0,85	0,296
0,15	0,704	0,40	0,550	0,65	0,423	0,90	0,250
0,20	0,667	0,45	0,525	0,70	0,394	0,95	0,186
0,25	0,634	0,50	0,50	0,75	0,366	1,00	0,00

Пример пользования

Пример, что и выше, $l_1 = 200$ *м*, $l_2 = 600$ *м*. Тогда $\psi = \frac{200}{200 + 600} = 0{,}25$; по таблице или графику имеем $\mu = 0{,}634$ и $1 - \mu = 0{,}366$.

Необходимо заметить, что хотя вывод делался только для транзитного расхода, но он остается верным и при попутном расходе, однако при непременном условии его равномерного распределения по линиям.

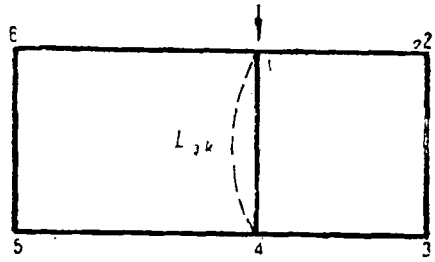
Не приводя здесь доказательства, укажем, что при этом расчет должен вестись на расчетный расход, который принимается равным или

$$Q_{\text{рас}} = Q_{\text{тр}} + 0{,}5\, Q_{\text{пут}}$$

или

$$Q_{\text{рас}} = Q_{\text{тр}} + 0{,}55\, Q_{\text{пут}}$$

Даем схему расчета сети из нескольких колец с применением описанного способа (фиг. 183).



Фиг. 183. Схема водопроводной сети из двух колец.

1) Пожар в точке *3*.

Кольцо *1—6—5—4* заменяем эквивалентным проводом $L'_{эк}$, предварительно заменив все линии сети на один диаметр.

Далее полученное кольцо *1—2—3—4*, причем длина линии *1—4* будет $L'_{эк}$, заменяем снова эквивалентным проводом $L''_{эк}$ и далее подсчитываем потерю напора по формуле:

$$H = AL''_{эк} Q^2.$$

Точно такой же расчет надо провести и для точки *5*.

2) Пожар в точке *4*.

а) Подсчитывается характеристика ветви *1—2—3—4*, складывая последовательно характеристики ветвей *1—2*, *2—3* и *3—4*, если они разных диаметров;

б) подсчитывается характеристика ветви *1—4* и

в) подсчитываются характеристики ветви *1—6—5—4*, складывая последовательно характеристики линий *1—6*, *6—5* и *5—4*, если они разных диаметров.

Затем характеристики трех ветвей *1*, *2* и *3* складываются последовательно.

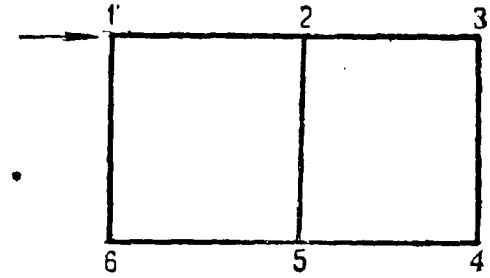
По полученной полной характеристике сети B_n возможно определить потерю напора из общего уравнения

$$H = \frac{Q^2}{B}.$$

Сети с поперечным соединением не позволяют непосредственно применять указанные методы, но они могут быть решены приближенно, применяя следующие приемы:

1) прием выкидывания (отбрасывания) поперечных линий.

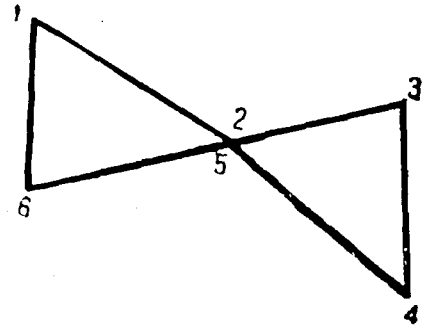
Пример (фиг. 184).



Фиг. 184. Схема водопроводной сети (при отбрасывании поперечных линий).

При расчете выбрасывается линия *2—5*, если она небольшого (точнее меньшего, чем остальные трубы) диаметра. Решение приближенное;

2) прием совмещения узлов (считая, что при больших диаметрах соединительных веток пьезометры в соединительных узлах будут мало различаться). Прием приближенный. В этом случае приведенная сеть принимает условный вид (фиг. 185).



Фиг. 185. Схема водопроводной сети (при совмещении узлов).

Иногда этот прием дает довольно точные решения.

Наибольшее применение эти расчеты находят в практике расчета сетей на производственных предприятиях, где обычно пожарные расходы превалируют над хозяйственными расходами, и кроме того сеть приходится проверять на пожар во многих местах, что при обычных способах требует значительной затраты труда. Кроме того ошибка, допускаемая при упрощенных приемах при тушении пожара непосредственно из сети (без привозных машин), не играет какой-либо существенной роли, так как при применении стационарных центробежных насосов ошибка до 2 *м* весьма мало скажется на работе насосов, подающих воду с напором 50 — 60 *м* и более.

Инж. *В. Г. ЛОБАЧЕВ*

6. Расчет пожарных струй

Расчет пожарных струй приводится к решению двух задач:

1) 1-я задача определения потерь напора в рукавах,

2) 2-я задача определения того напора у мундштука ствола (спрыска, наконечника), при котором возможно получить вертикальную струю желаемой высоты и потребного расхода.

Определение потери напора в рукаве

Для определения потери напора в рукавах в настоящее время имеются две формулы:

а) Формула Ясюковича

$$i = m \cdot \frac{Q^{1,9}}{D^{5,25}},$$

где i — потеря напора на единицу длины, Q — расход в *л/мин*, D — диаметр в *мм* и m — коэфицнент.

Для пеньковых рукавов $m = 5\,000$
„ прорезиненных $m = 3\,000$
„ резиновых $m = 2\,000$

б) Формула Фримана, выведенная на основании опытов

$$i = A \frac{V^2}{D},$$

где V — скорость в *м/сек*, A — коэфициент:

для очень гладких резиновых рукавов $A = 0{,}00086$,

для обыкновенных резиновых рукавов $A = 0{,}000889$,

для очень гладких внутри прорезиненных рукавов $A = 0{,}000884$,

для очень шероховатых прорезиненных рукавов $A = 0{,}00163$,

для обыкновенных пеньковых рукавов $A = 0{,}00213$,

для кожаных рукавов $A = 0{,}00137$.

Приводим указанные формулы к общему виду.

Формула Ясюковича

$$h = \frac{m}{D^{5,25}} \cdot l \cdot Q^{1,9} = \frac{l}{K_T} Q^{1,9} = \frac{1}{B} Q^{1,9},$$

где $K_T = \frac{D^{5,25}}{m}$.

Формула Фримана

$$n = A \frac{V^2}{D} l = A \frac{16}{\pi^2} \cdot \frac{Q^2}{D^5} l = \frac{1}{K_T} Q^2 = \frac{1}{B} Q^2$$

где $K_T = \frac{\pi^2 D^5}{16A}$.

Зная для различного сорта рукавов и различного диаметра их величины K_T и применяя метод характеристик, получим

$$H = \frac{Q^2}{B}, \text{ где } B = \frac{K_l}{l}.$$

Приводим таблицу величин K_T, вычисленных для рукавов метрического и дюймового сортаментов по средним значениям, полученным по формулам Ясюковича и Фримана [1].

Таблица 62

Величина K_T для рунавов

Диаметр в *мм*	Величина K_T в $(л/сек)^2$ для расхода, выраж. в *л/сек*: Пеньковые рукава	Прорезиненные рукава	Резиновые рукава
По предлагаемому метрическому сортаменту			
38	20	33	50
50	80	133	200
65	340	567	850
76	800	1 333	2 000
По существующему дюймовому сортаменту			
1½″	20	33	50
1¾″	45	75	112.5
2″	90	150	225
2½″	300	500	750
3″	800	1 333	2 000

Примеры пользования:

1) определить потерю напора в рукаве диаметром в 65 *мм* пеньковом, непрорезиненном при расходе $Q = 5$ *л/сек* и длине рукава $l = 100$ *м*. По табл. 62 мы имеем величину $K_T = 340$ $(л/сек)^2$.

Величина характеристики $B = \frac{K_T}{l} = \frac{340}{100} = 3{,}4$.

Тогда потеря напора в рукаве длиной $l = 100$ *м* будет

$$H = \frac{Q^2}{B} = \frac{5^2}{3{,}4} = \frac{25}{3{,}4} = \sim 7{,}6 \text{ м}.$$

[1] Лобачев В. Г. Расчет противопожарных водопроводов и пожарных струй.

При диаметре: $D = 2\frac{1}{2}''$; $K_T = 300$; $B = \frac{300}{100} = 3$; $H = \frac{5^2}{3} = 8{,}3$ *м*.

Определение напора у мундштука, необходимого для создания определенной высоты струи при заданном расходе.

Наиболее удовлетворительной формулой, служащей для подсчета высот струй, является формула Люгера, экспериментально проверенная Ясюковичем.

$$S = \frac{h}{1 + \varphi h} = \frac{1}{\frac{1}{h} + \varphi}$$

где S — высота струи в *м*,

h — высота напора у мундштука в *м*,

φ — коэфициент, зависящий от диаметра мундштука,

$\varphi = \frac{0{,}00025}{d + (10d)^3}$, где d диаметр мундштука в *м*.

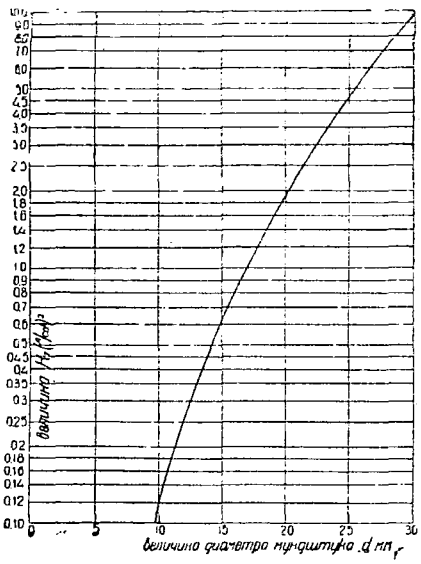
Необходимо заметить, что высота струи считается вертикальной. Высоту наклонной струи под углом 75° обычно принимают равной 80% от высоты вертикальной струи.

Величина напора у мундштука h зависит от расхода Q и диаметра мундштука d.

Истечение из какого-либо отверстия в гидравлике выражается формулой:

$$Q = \mu F \sqrt{2gh},$$

откуда $h = \frac{Q^2}{\mu^2 F^2 2g} = \frac{Q^2}{B_n}$;

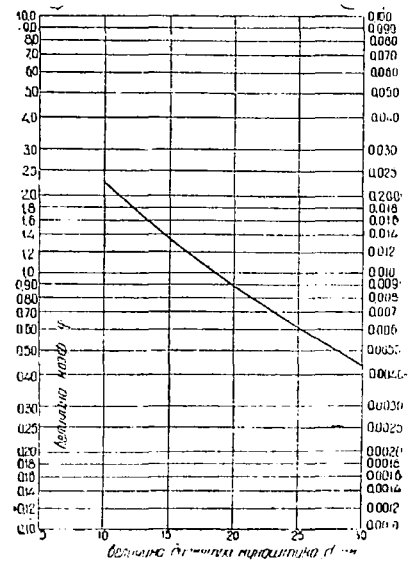


Фиг. 186. График величины K_T для мундштуков диаметром от 10 до 30 *м.м.*

соответственно

$$S = \frac{1}{\frac{B_n}{Q^2} + \varphi}.$$

Эта формула дает зависимость высоты струи от диаметра наконечника и расхода. Для расчетов необходимо знать величины φ и B_n для различных диаметров мундштуков, каковые сведены в табл. 63. Кроме того даны графики величин K_T (фиг. 186 и φ (фиг. 187).



Фиг. 187. График величины K_φ для мундштуков диаметром от 10 до 30 *м.м.*

Таблица 63

Диаметр мундштука в *м.м*	Величина коэфициента φ	Величина K_u ($л/сек$)^2 (для расхода, выраженного в $л/сек$)	Величина B_u (для расхода, выраженного в $л/сек$) при $\mu = 1$
10	0,0228	0.1211	0,1211
13	0.0165	0.3456	0,3456
16	0,0124	0.7934	0.7934
19	0,0097	1.577	1.577
25	0,0061	4.728	4,728

Получение сразу потребного у начала рукава давления возможно производить и не подсчитывая отдельно потерю в рукаве и напор, потребный для создания струи.

Напор у начала рукава $H = H_{\text{пот.}} + H_{\text{у мунд,}}$ или

$$H = \frac{Q^2}{B_{p.}} + \frac{Q^2}{B_u};$$

преобразуя это выражение, получаем

$$H = \frac{Q^2}{B_u}\left(\frac{B_u}{B_{p.}} + 1\right) = \frac{Q^2}{B_u}\left(\frac{B_n l}{K_T} + 1\right) = \frac{Q^2}{B_u}\left(\beta l + 1\right) = \frac{Q^2}{B_n},$$

где $B_n = B_u \frac{1}{z}$ и $z = \beta l + 1$.

На основании выведенных формул подсчитаны и ниже приводятся следующие наиболее употребительные таблицы потребных у начала рукава давлений.

1. Таблицы для наружного пожаротушения при тушении с крыши, учитывающие требование иметь высоту струи высотой 10 *м*, при условии помещения ствола на уровне наивысшей точки здания (табл. 65 и 66).

2. Таблицы для внутреннего пожаротушения при тушении из внутренних пожарных кранов (табл. 67 и 68).

Таблицы составлены как для метрического, так и ныне существующего дюймового сортаментов для длины $l = 100$ м.

Таблица 64

Величина коэфициента β. Основная формула для подсчета суммарной характеристики „рукав-мундштук"

	$B_п$	0,0496	0,121	0.346	0,793	1,577	4,73
K_T	Диаметр мундштука d / Диаметр рукава $Д$	8	10	13	16	19	25
20	38	0,00248	0.00605	0.0173	0,0396	0,0788	—
80	50	—	0.00151	0,00432	0,0099	0.0197	0,0591
340	65	—	0,000356	0.00102	0,00233	0,00463	0,0139
800	76	—	0,000151	0,000432	0,00099	0,00197	0,00591

Пример пользования таблицей. Даны: рукав $Д = 65$ *мм*, мундштук $d = 19$ *мм*, длина рукава $l = 100$ *м*; требуется найти полную характеристику соединения указанного рукава и наконечника.
По таблице имеем коэфициент $\beta = 0{,}00463$; коэфициент $Z = 1 + \beta l = 1{,}463$;

$$B_п = \frac{B_п}{Z} = \frac{1{,}577}{1{,}463} = 1{,}08.$$

Таблица 65

Наружное пожаротушение

Расход *л/сек*	Диаметр мундштука *мм*	Высота струи S в *м*	Диаметр рукава $Д = 65$ *мм*: Характ. рукава мундштука B	Диаметр рукава $Д = 65$ *мм*: Формула, определяющая напор у стендера при высоте до конька крыши T	Диаметр рукава $Д = 76$ *мм*: Характ. рукава мундштука B	Диаметр рукава $Д = 76$ *мм*: Формула, определяющая напор у стендера при высоте до конька крыши T
10	29	11	2,43	$H = 41 + T$	4,13	$H = 24 + T$
	30	10	2,52	$H = 39{,}5 + T$	4,41	$H = 23 + T$
	31	8,5	2,62	$H = 38 + T$	4,70	$H = 21 + T$
7,5	25	11	1,98	$H = 28{,}5 + T$	2,97	$H = 19 + T$
	29	6,5	2,43	$H = 22 + T$	4,13	$H = 13{,}5 + T$
5	16	22,5	0,644	$H = 39 + T$	0,722	$H = 35 + T$
	19	13,5	1,08	$H = 23 + T$	1,320	$H = 19 + T$
	25	5,5	1,98	$H = 12{,}5 + T$	2,97	$H = 8{,}5 + T$
3	13	18	0,314	$H = 29 + T$	0,331	$H = 27 + T$
	16	10	0,644	$H = 1 + T$	0,722	$H = 12{,}5 + T$

Таблица 66

Наружное пожаротушение

Расход *л/сек*	Диаметр мундштука	Высота струи S	Напор у начала рукава (T высота до конька)
10	$1^1/_8''$	12	$T + 45$
	$1^1/_4''$	8	$T + 40$
7,5	$1''$	10	$T + 30$
	$1^1/_8''$	7,5	$T + 22$
5,0	$^3/_4''$	13,5	$T + 24$
	$^7/_8''$	8	$T + 17$
3.5	$^5/_8''$	13	$T + 20$
	$^3/_4''$	7	$T + 11$
3,0	$^5/_8''$	10	$T + 14{,}5$
	$^3/_4''$	6	$T + 9$

Диаметр рукава $Д = 2^1/_2''$

Таблица 67

Внутреннее пожаротушение

Расход *л/сек*	Диаметр мундштука в *мм*	Диаметр рукава $Д = 65$ *мм*: Высота струи S *мм*	Величина характ. рукава мундш. ука B	Формула, определяющая напор у стендера при высоте T здания до конька крыши T	Диаметр рукава $Д = 50$ *мм*: Вел. характ. мундштука B	Формула, определяющая напор у стендера при высоте T здания до конька крыши
5	16	22,5	0,776	$H = 32{,}5 + T$	0,622	$H = 40 + T$
	19	13,5	1,51	$H = 16{,}5 + T$	1,13	$H = 22 + T$
3	13	18	0,342	$H = 26 + T$	0,331	$H = 27 + T$
	16	10	0,776	$H = 11{,}5 + T$	0,662	$H = 14{,}5 + T$
2,5	13	14	0,342	$H = 18 + T$	0,331	$H = 19 + T$
	16	7	0,776	$H = 8 + T$	0,662	$H = 10 + T$

Таблица 68

Внутреннее пожаротушение

Расход в *л/сек*	Диаметр мундштука	Высота струи S	Напор в наружной сети (T высота крана + потери во внутренней сети)
5	3/4″	13,5	$T + 18{,}2$
	7/8″	8	$T + 11{,}3$
3,75	5/8″	15	$T + 19{,}3$
	3/4″	9	$T + 10{,}3$
	5/8″	10	$T + 12{,}2$
	3/4″	6	$T + 6{,}5$
2,5	1/2″	14	$T + 20{,}5$
	5/8″	7	$T + 8{,}6$

Диаметр рукава $Д = 2″$.

X. ВОДОПРОВОДНЫЕ ТРУБЫ

Инж. *Б. С. ТИКУНОВ*

I. Чугунные трубы

Применяемый еще до сего времени старый сортамент чугунных водопроводных труб (табл. 69) был установлен V Водопроводным съездом (1901 г.).

Раструбные трубы снабжены буртом (предполагавшееся назначение последнего — способствовать более плотной заделке трубы). раструб имеет фасонную канавку (для той же цели).

Длительная практика применения этого сортамента выявила следующие его недостатки, имеющие особенное значение для труб большого диаметра:

Таблица 69

Основные размеры труб по старому сортаменту [1]

Внутр. диаметр *мм*	Толщина стенки *мм*	Раструбные трубы: стр. длина *м*	глубина раструба *мм*	вес 1 *пог. м* с раструбом и буртом *кг*	Фланцевые трубы: стр. длина *м*	диаметр круга, проходящего через центр болтов	число болтов	диаметр болтов	вес 1 *пог. м* с двумя фланцами *кг*
40	7,5	2	62	9,8	2	110	4	12,5	10,4
50	7,5	2	62	11,7	2	125	4	16	12,6
75	8	3	63	16,8	2	150	4	16	19,2
100	8,5	3	64	23,2	3	185	4	19	24,7
125	9	3	65	30,2	3	205	8	16	31,6
150	9,5	3	66	37,8	3	230	8	16	39,4
200	10,5	3	68	55	3	290	8	19	57,5
250	11,5	3	70	74,9	3	345	12	19	77,9
300	12,5	3	72	96,6	3	405	12	22	102,5
350	13	3,75	74	115,5	3	460	12	22	124,5
400	14	3,75	76	141,8	3	510	16	22	151,8
450	15	3,75	78	170,8	3	570	16	25.5	185
500	16	3,75	80	202,2	3	625	16	25,5	218,7
600	18	3,75	84	273,2	3	730	21	25,5	294
700	20	3,75	88	353,9	3	850	24	28,5	387,3
800	22	3,75	92	445,7	3	960	24	32	491,3
900	24	3,75	96	515,7	3	1070	32	32	602,9
1000	20	3,75	100	000,9	3	1180	32	32	727,7
1200	30	3,75	108	918,4	3	1400	32	38	1027

[1] Нормальный метрический сортамент чугунных водопроводных труб (изд. П. Б. Всес. Вод. и С. Т. съездов, 1930 г.).

а) Недостаточность глубины раструба, вследствие чего при самом незначительном повороте (допускается: для малых труб до 2°, для больших до 1°) получалось ненадежное стыковое соединение.

б) Излишняя длина фасонных частей, особенно тройников, длина которых принималась $L = 2\ (d + 100)$, и переходов длиною $L = 10\ (D - d)$.

е) Недостаточная толщина стенок труб больших диаметров (700 — 1200 *мм*).

ж) Сравнительно сложная форма внутренней поверхности раструба.

Новый сортамент[1], проект которого закончен разработкой, устраняет все перечисленные выше недостатки, дает кроме того некоторую экономию в количестве металла (3 — 4 тыс. *т* в год) и удешевляет стоимость прокладки трубопроводов (примерно на 5 млн. руб. в год).

Основные размеры труб по новому сортаменту (размер $d = 40$ *мм* в нем отсутствует

Таблица 70

Основные розмеры труб по новому сортаменту

Ваутр. диаметр *мм*	Толщ. стенки *мм*	Раструбные (черт. 188)		Фланцевые (черт. 189)			
		стр. длина *м*	глубина раструба *мм*	отр. длина *м*	диаметр круга, проходящего через центр болтов	число болтов	диаметр болтов в дюймах
50	7,5	2	75	2	125	4	5/8
75	8	3	75	3	160	4	5/8
100	8,5	3	80	3	180	8	5/8
125	9	3	80	3	210	8	5/8
150	9,5	3	85	3	240	8	3/4
200	10,5	4	85	3	295	8	3/4
250	11,5	4	90	3	350	12	3/4
300	12,5	4	95	3	400	12	3/4
350	13	4	100	—	450	16	3/4
400	14	4	100	—	515	16	7/8
450	15	4	105	—	565	20	7/8
500	16	5	105	—	620	20	7/8
600	18	5	115	—	725	20	1
700	21	5	120	—	840	24	1
800	24	5	130	—	950	24	1 1/8
900	27	5	135	—	1050	28	1 1/8
1000	30	5	145	—	1160	28	1 1/4
1200	35	5	155	—	1380	32	1 1/2

Таблица 70а

Размеры фасонных частой

Диаметр *мм*	Патрубки фл. растр. (черт. 190) L_1	Патрубки фл. бурт (черт. 191) L_2	Тройники и кресты фланцевые (черт. 192) l	Тройники и кресты фланцевые (черт. 192) l_1	Тройники и кресты раструбные (черт. 193) l_2	Тройники и кресты раструбные (черт. 193) l_3	Переходы фланцевые (черт. 194) L_1	Переходы раструбные (черт. 195) L_2
50	100	300	125	125	100	100	—	—
75	100	300	150	150	125	100—125	200	250
100	100	350	200	150—200	125—150	125—150	250—200	300—250
125	100	350	225	175—225	125—200	125—200	300—200	350—250
150	100	350	250	200—250	125—200	150—200	300—200	350—250
200	100	350	300	225—300	125—250	200—250	400—250	450—300
250	150	350	300	250—300	150—250	200—250	450—250	500—300
300	150	400	300	275—300	160—300	250—300	500—250	550—300
350	150	400	300—350	300—350	200—300	250—300	550—250	600—300
400	150	400	300—400	325—400	200—350	300—350	550—250	600—300
450	150	450	300—450	350—450	200—400	300—400	650 - 250	750—350
500	150	450	300—500	375—500	200—400	350—400	650—250	750—350
600	250	500	300—560	450—550	250—450	400—450	750—350	850—450
700	250	500	400—600	500—600	250—550	450—550	950—350	950—450
800	250	600	400—700	550—700	300—600	500—600	950—350	1050—450
900	300	600	400—750	600—700	300—650	550—650	950—350	1050—450
1000	300	600	500—800	675—800	400—700	600—700	950—350	1050—450
1200	300	600	500—1000	800—1000	400—850	750—850	950—550	1050—650

в) Недостаточная длина труб.

г) Нецелесообразность наличия бурта, который лишь препятствует некоторой необходимой подвижности трубопровода в случае осадки грунта.

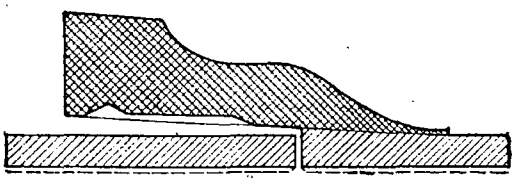
д) Несоответствие присоединительных размеров фланца ОСТ'у 746.

Основные размеры труб по новому сортаменту (размер $d = 40$ *мм* в нем отсутствует

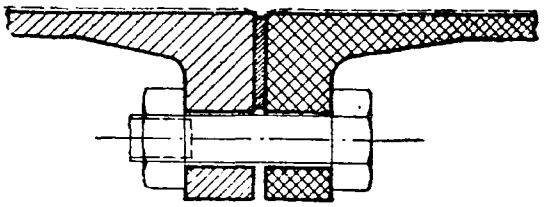
[1] ОСТ 4941 — 4955 обязательный для новых заводов 1 авг. 1932 г., для действующих заводов с 1 июля 1933 г.

как неприемлемый ввиду ломкости труб) указаны в табл. 70.

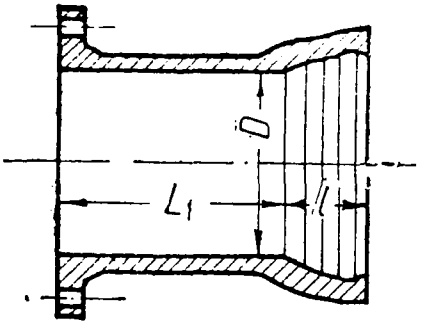
Фасонные части имеют по новому сортаменту (табл. 70а), длины, определяемые для тройников возможностью заведения болтов между фланцем ствола и стенками отростка, а для переходов возможностью заведения



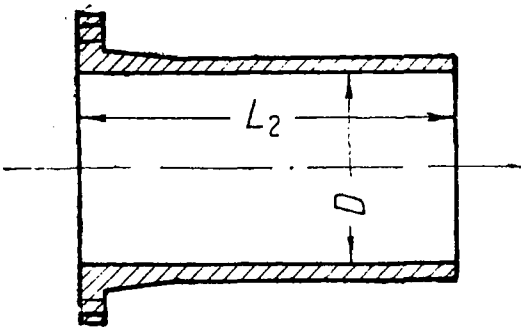
Фиг. 188. Раструбные трубы.



Фиг. 189. Фланцевые трубы.



Фиг. 190. Патрубок фланец-раструб.



Фиг. 191. Патрубок фланец-бурт.

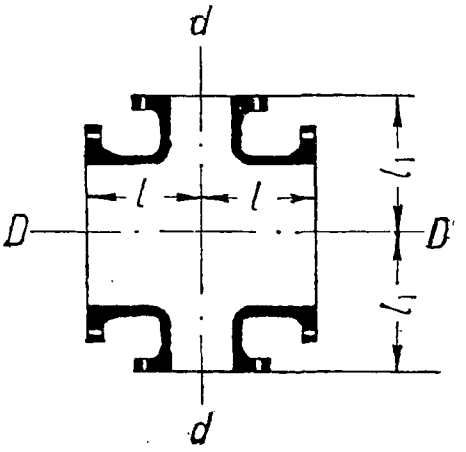
болтов для скрепления фланцев. Последние длины определяются по формуле:

$$L = 2\ (D - d) + 150\ мм).$$

Технические условия на чугунные трубы и фасонные части по новому сортаменту значительно облегчены.

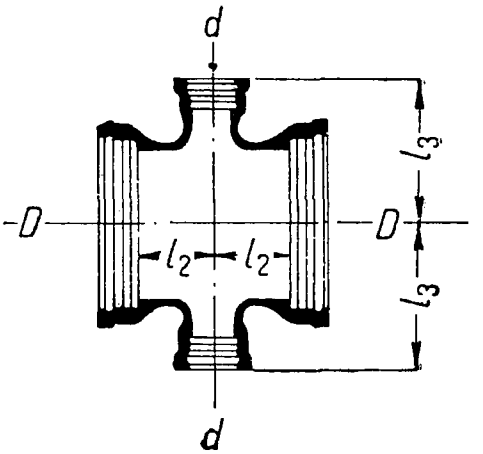
Раковины на обточенных фланцах, раструбах и стенках труб допускаются размером:

Для труб диам.	50— 150	мм	глуб. 3	мм	наиб. измер. 10	мм
„ „ „	200— 450	„	„ 4	„	„ „ 15	„
„ „ „	500— 800	„	„ 5	„	„ „ 20	
„ „ „	900—1200	„	„ 6	„	„ „ 25	„



Фиг. 192. Крестовина фланцевая.

Для труб диаметром 400 — 1200 *мм* в случае обнаружения более глубоких и скрытых раковин допускается сквозное просверливание и ввинчивание пробок из красной меди на газовой резьбе с расклепкой их концов.



Фиг. 193. Крестовина раструбная.

Искривление труб допускается в пределах:

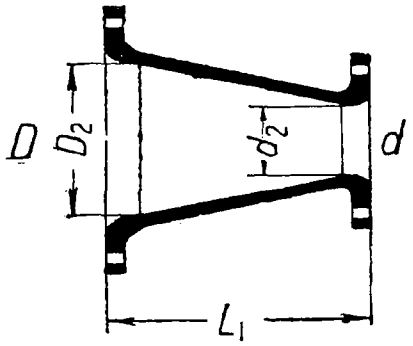
При длине до	2	м до	10	мм
„ „ „	3—4	„ „	12	„
„ „ „	5	„ „	15	„

Отклонения по толщине стенки допускаются не более, чем на 20% от установленного стандартом размера, причем число таких ослабленных мест не должно

быть более трех на трубе и более двух на фасонной части. Размеры ослабленных мест и расстояние между ними должны быть в следующих пределах:

Диаметр труб *мм*	Наибольшее измерение ослабленного места	Наименьшее расстояние между ослабленными местами
50— 150	2 диаметр. трубы	2 диаметр. трубы
200— 450	1 „ „	1,5 „ „
500—1200	радиус „	1 „ „

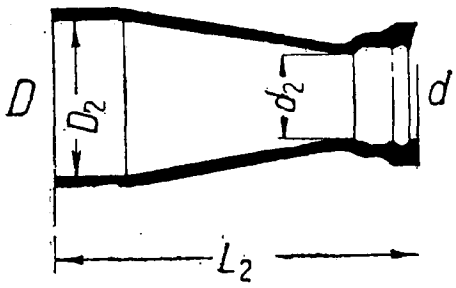
Для фасонных частей наибольшее измерение ослабленного места не должно превышать



Фиг. 194. Переход фланцевый.

диаметра ствола или отростка и во всяком случае не должно быть больше 200 *мм*.

Отклонения по диаметру (внутрь) должны быть не более $0{,}1\sqrt{D}+2$ *мм*, где D — диаметр трубы.



Фиг. 195. Переход раструбный.

Отклонения по весу допускаются:

Для труб	5%
„ фасонных частей	10%.

Гидравлическое испытание должно выдерживаться согласно следующей таблице:

Диаметр *мм*	Пробное давление *кг/см²*	Продолжительность испытания мин.
Трубы диаметром 50—150	30	2
„ „ 200—300	25	2
„ „ 325—500	20	2
„ „ более 500	20	3
Фас. части всех диаметров	15	

При гидравлическом испытании изделия должны подвергаться легким ударам стального молотка весом около 0,75 *кг*.

Слабое потение и выступание отдельных капель на свежеотлитых и неасфальтированных изделиях допускаются.

При приемке труб взвешиванию и гидравлическому испытанию подвергается не более 1% предъявленных к приемке труб по выбору приемщика. При неудовлетворительности результатов трубы пересортировываются и вновь подвергаются испытанию (в этом случае число испытуемых труб может быть повышено до 2% от общего числа).

Проф. *Н. Н. ГЕНИЕВ*

2. Заделка раструбов чугунных труб портландским цементом

Перед заделкой раструба внутренняя поверхность его очищается тряпкой от приставшей земли и грязи. Удаление имеющегося на внутренней поверхности раструба слоя асфальтировки (путем соскабливания, обжигания или другим способом) не только не нужно, но даже вредно. Затем производится конопатка раструба прядью. Примерно $^2/_3$ всего идущего для конопатки количества пряди (см. ниже) берется смоленой, а остальная $^1/_3$ белой, не смоленой[1]. Смоленая прядь закладывается в самую глубь раструба, белая же прядь — после смоленой, так что с дальнейшей цементной заделкой соприкасается белая прядь. Конопатка раструба как смоленой, так и белой прядью должна быть очень тщательная. Оставшаяся после конопатки часть раструба заполняется цементом. Для этого приготовляется сначала смесь цемента и воды. Отмерив необходимую порцию цемента (см. ниже), высыпают ее в ящик или котелок, очень тщательно, с помощью лопаточки, растирают все имеющиеся комочки цемента, удаляют при помощи лопаточки все случайно попавшие посторонние примеси (например бумагу или частицы дерева от той тары, в которой перевозился цемент) и только тогда прибавляют воду и производят замешивание. Вода к цементу добавляется в небольшом количестве. Нашими опытами установлено, что количество воды по весу лучше всего брать равным $^1/_{10}$ от веса взятого цемента. Для того чтобы точно отмеривать нужные количества цемента и воды, следует иметь на работах заранее приготовленные мерки для разных диаметров труб.

[1] Два „оборота“ пряди — смоленые, один „оборот“ — белый. В Америке применяют только белую прядь. Наши опыты, произведенные во Всесоюзном научно-исследовательском институте водоснабжения и санитарной техники, показали однако преимущество применения и смоленого и белого каната.

Вода из мерки выливается в ямку, которая делается предварительно в лежащем в ящике цементе. Еще лучше воду разбрызгивать по всей площади насыпанного в ящик цемента. Воду и цемент необходимо очень тщательно перемешивать лопаточкой, чтобы не было мест, где цемент остался совсем сухим. Но вообще при указанной добавке воды смесь цемента и воды получается довольно сухой, так что рассыпается в руке. Когда смесь готова, ее руками закладывают в раструб и затем чеканят (т. е. сильно уплотняют ударами чеканки). Смесь подается в раструб постепенно, несколькими слоями. Число слоев должно быть не менее трех-четырех, но можно доводить его до шести. Каждый следующий слой цемента может подаваться в раструб только после тщательной зачеканки предыдущего слоя. Общее (для всего раструба) число ударов молотком по чеканке получается большим — от 700 до 1500, в зависимости от диаметра труб. Ввиду того что применяемая смесь цемента и воды довольно сухая, она обычно не разъедает рук слесаря, однако при очень продолжительных работах может оказаться полезным надевать рукавицы (резиновые, брезентовые), хотя вести с ними самую работу по закладке в раструб цемента труднее. При закладке цемента в раструбы часть его просыпается на дно траншеи. Просыпающийся цемент можно собрать, если под заделываемый раструб положить лист железа, фанеры или даже картона. Так как всегда есть опасность, что просыпавшийся и затем собранный цемент будет загрязнен частицами земли или другими примесями, то лучше не пускать его для заделки того же раструба (во всяком случае для заделки следующих раструбов применять его нельзя). Это обстоятельство заставляет по возможности аккуратно вести закладку в раструбы цемента, чтобы избежать большой потери его. В следующей таблице приведены данные о расходе каната и цемента для раструбов разных диаметров.

Таблица 71

Нормы расхода пряди и цемента

Диаметр труб	Пряди смоленой *г*	Пряди белой *г*	Сухого цемента *кг*	Воды *г/см*³	Глубина заделки цементом *в мм*
100	75	40	0,50	50	36
125	90	45	0,60	60	37
150	115	60	0,75	75	37
175	135	70	0,85	85	38
200	160	80	1,00	100	38
250	205	100	1,35	135	39
300	250	125	1,70	170	40
350	300	150	2,00	200	41
400	355	180	2,50	250	42
450	410	205	2,80	280	44
500	520	260	3,20	320	45
600	600	300	4,00	400	47
700	750	375	5,60	560	49
800	910	460	7,30	730	51
900	1100	550	9,00	900	54
1000	1300	650	11,00	1300	56
1050	1400	700	12,00	1400	57
1200	1840	920	16,00	2000	60

Количества цемента приведены с учетом потери его при заделке раструбов.

Надо кроме того иметь в виду, что показанные количества цемента до некоторой степени приблизительны вследствие того, что размеры раструбов даже для одних и тех же диаметров труб бывают различными в зависимости от точности отливки труб.

Водопроводную линию с цементными стыками можно подвергать давлению воды только по прошествии некоторого времени после заделки стыков. В Америке обычно придерживаются правила, согласно которому линия с цементными стыками включается в работу только через 48 час. после заделки раструбов.

Опыты, произведенные нами во Всесоюзном научно-исследовательском институте водоснабжения и санитарной техники, показали, что при тщательной работе опытных слесарей линию с цементными стыками можно включить в работу и раньше 48 час., например: через 24 час. и даже скорее. Вообще опытность имеет очень большое значение для получения хороших цементных стыков.

Принимая во внимание сказанное, а также и то, что самый процесс ручного введения цемента в раструб несовершенен, всегда приходится опасаться случайных неудач; поэтому гидравлическое испытание уложенного с цементными стыками водопровода следует производить при незасыпанных землей траншеях. Надо при этом иметь в виду, что появившаяся (при испытании) в цементной заделке течь воды каплями сравнительно быстро исчезает, так что цементный стык сам как бы восстанавливает свою герметичность; это явление мы в праве относить пока только к тем цементным стыкам, возраст которых (считая с момента заделки) невелик и определяется днями, а не месяцами. При надлежащей заделке цементом раструбов прямолинейных водопроводов нетрудно получить стыки, выдерживающие значительные напоры, примерно до 30 — 40 *ат* при малых диаметрах труб, до 20 — 25 *ат* при средних и до 15 *ат* при больших диаметрах.

3. Железные и стальные трубы

Железные и стальные трубы бывают следующих видов:

I) Трубы цельнотянутые (цельнонатанные)

Эти трубы не имеют продольного шва. Принцип их изготовления следующий: стальная болванка пропускается между парой косо поставленных вальцев, непараллельных между собой и неперпендикулярных к направлению прокатки, а образующих с ним некоторый угол. Вследствие этого вальцы, действуя трением на прокатываемое тело, сообщают ей не только продольное поступательное, но и вращательное движение. При достаточной скорости вращения сплошная болванка разрывается у своей оси, материал раздается в стороны от оси к периферии, а из вальцов выходит пустотелый ци-

линдр, представляющий собой цельнокатанную трубу.

Такие трубы нередко называются маннесмановскими, по фамилии германских инженеров, которые впервые начали изготовлять трубы отмеченным способом,

2) Трубы клепаные

Клепаная труба представляет несколько склепанных между собой „барабанов", т. е. цилиндров, каждый из которых в свою очередь склепывается из одного или нескольких (считая по окружности трубы) листов железа или стали. По концам к трубе приклепываются уголки, образующие фланцы. Продольные швы барабанов делаются одиночными при небольших напорах и двойными (внапуск) при больших внутренних давлениях. Поперечные швы обычно одиночные и только при больших давлениях двойные.

3) Трубы сварные

Обрезанные соответственно требуемым размерам листы железа или стали подаются на специальные строгальные станки, где скашиваются кромки листов; затем листы идут на загибочные станки и здесь обращаются в полуцилиндры к автоматическим аппаратам для сварки продольных швов.

Сварные трубы получающие все большее и большее распространение, обладают следующими достоинствами:

а) Сварные трубы, имеют толщину стенок несколько меньше нежели клепаные, примерно на 15—20%, так как сечение листов труб со сварными швами не ослабляется заклепочными отверстиями; ввиду этого вес сварных труб получается меньше по сравнению с весом клепаных; отсюда экономия в стоимости транспорта труб.

б) Продольные швы сварных труб могут быть сделаны более прочными, нежели швы клепаных труб; клепаные швы имеют обычно прочность только в 65--70% от прочности металла самых труб, в то время как прочность сварных швов может не уступать прочности основного металла.

в) Внутренняя поверхность сварных труб при тщательной сварке может быть получена более гладкой по сравнению с клепаными, в которых сказывается влияние выступающих заклепочных головок; благодаря этому сопротивление движению воды в водопроводах из сварных труб может быть меньше, чем в клепаных трубопроводах.

г) Водонепроницаемость сварных водопроводов больше, чем клепаных,

д) Стоимость изготовления клепаных труб больше, чем стоимость сварных труб, особенно при электросварке с применением автоматов.

е) Наконец по мнению некоторых сварные трубопроводы могут быть долговечнее клепаных в смысле ржавления и разъедания; это положение требует однако еще обстоятельной проверки на практике.

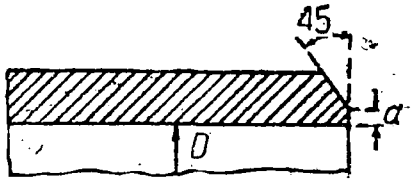
Соединения железных (стальных) труб устраиваются: а) при помощи фланцев; б) при помощи раструбов, сделанных из одного с трубой куска металла, но отнюдь не приваренных и заделываемых пенькой и свинцом; в) шаровыми и вообще шарнирными; г) муфтами (на резьбе) и д) сварными.

Раструбы железных и стальных труб, так же как и раструбы чугунных, заделываются канатом и свинцом или цементом. Применение здесь цемента вместо свинца внушает гораздо меньше опасений, нежели применение его для чугунных раструбных труб.

4) Сварные стыки

Различают сварку электрическую и автогенную. Последняя бывает нескольких видов, но среди всех их первенствующее положение остается пока за ацетилено-кислородной.

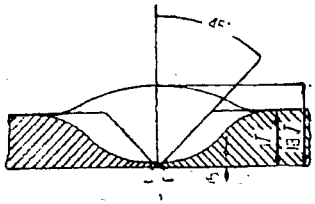
Концы соединяемых труб (фиг. 196) получают фаски под углом в 45°; фаски, торцы и поверхность труб возле фасок очищаются



Фиг. 196. Скос конца труб при сварке.

от ржавчины и грязи при помощи напильников и стальных щеток. Далее трубы приставляются друг к другу с небольшим прозором a, величиной примерно 2—2,5 *мм*.

На черт. 197 показан распространенный в Америке сварной стык железных (стальных) труб. Утолщение шва (в 33% от толщины стенок труб) не должно иметь резких переходов к нормальной толщине стенок; угол

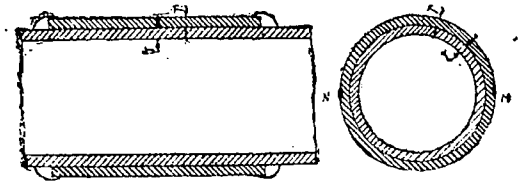


Фиг. 197. Сварной стык.

скоса в 45° обеспечивает доступ электрода или газовой горелки к крайним кромкам шва. В трубопроводах с большими внутренними давлениями стык делается (фиг. 198) с усилительной муфтой, которая состоит из двух частей, соединяемых продольными швами M и N.

Вопрос о наиболее рациональном сварном шве еще не решен окончательно, но вообще выбор конструкции шва зависит от рода сварки, диаметра труб, толщины их стенок. Сварку ведут, держа место сварки под углом в 45° к вертикали. Для этого приходится повора-

чивать трубы. Такая сварка называется *поворотной* в отличие от *потолочной* сварки,



Фиг. 198. Сварной стык с усилительной муфтой.

когда не представляется возможным поворачивать трубы и часть сварки приходится делать над головой („на потолке"); вполне понятно, что при потолочной сварке надо вырыть под стыком приямок, чтобы поместить туда сварщика, который мог бы произвести сварку нижней части стыка.

5) Изоляция труб

Для предохранения от ржавления применяют покрытие труб различными лаками, красками на масле, цементом, известью и асфальтом; последний остается новидимому пока лучшим средством защиты труб. Иногда кроме того трубы после асфальтировки обертываются по всей их длине (включая и раструбы), но исключая гладкие концы на части, входящей в раструб, просмоленной *джутовой* лентой и вторично асфальтируются.

Надо заметить, что на практике нередко приходится встречаться с порчей ленты при перевозке и укладке труб и с обнажением металлической поверхности последних. Поэтому-то не следует придавать очень большого значения джутовой обмотке, а обращать чрезвычайное внимание на качество асфальтировки самых труб.

6) Сортамент раструбных труб

Сортамент железных (стальных) труб в СССР окончательно еще не установлен. Для ориентировочных соображений можно пользоваться следующей таблицей, в которой приведены главные размеры железных водопроводных труб намеченного у нас сортамента.

Таблица 72

Главные размеры раструбных железных водопроводных труб намеченного сортамента в миллиметрах

Размеры трубы						Размеры раструба					Размеры кольца	
Номинальный диаметр труб	Толщина стенки	Внешний диаметр	Длина раструба	Внутрен. диаметр раструба	Диаметр обода раструба	Длина конической части раструба	Глубина свинцовой заливки	Глубина заделки	Толщина заделки	Зазор	Толщина	Ширина
D	δ	D_1	l	D_2	D_3	l_1	l_2	l_3	k	m	a	d
100	4	116	120	132	156	23	30	70	8	3	8	20
125	5	142	125	158	184	23	30	75	8	3	8	20
150	5	168	130	184	210	28	35	80	8	3	8	25
200	7	220	140	236	270	28	35	85	8	3	10	25
250	8	272	140	288	328	28	35	85	8	3	12	25
300	8	324	150	340	380	33	40	90	8	3	12	30
350	8	376	160	386	436	33	40	90	10	4	12	30
400	8	428	170	448	486	38	46	100	10	4	12	35
450	8	480	170	500	542	38	46	100	10	4	14	35
500	9	534	180	554	600	38	46	105	10	4	14	35
600	9	640	190	660	710	43	52	115	10	4	16	40
700	9	746	190	766	818	43	52	115	10	4	18	40
800	10	854	200	876	938	43	52	120	12	4	20	40
900	10	960	210	984	1044	43	52	125	12	4	20	40
1000	10	1068	220	1092	1152	48	58	130	12	4	20	45
1100	11	—	220	—	—	48	58	130	12	4	20	45
1200	12	1280	240	1304	—	48	58	140	12	4	22	45
1300	13	—	240	—	—	48	58	140	12	4	22	45
1400	14	—	260	—	—	48	58	145	12	4	25	45
1500	15	—	260	—	—	48	58	145	12	4	25	45

4. Асбоцементные трубы

Асбоцементные трубы [1] формируются в виде гладких цилиндров (без раструбов) из массы, которая составляется из пяти частей (по весу), быстросхватывающегося цемента и одной части чистого, хорошо отсортированного и тщательно разделенного на волокна асбеста с добавлением обильного количества воды. Формовка идет на специальной машине помощью бесконечного полотна (из плотного сукна, фетра); масса асбоцемента подается на формовочный вал машины и навертывается на него постепенно очень тонкими в $^1/_5$ *мм* слоями до тех пор, пока не получится необ-

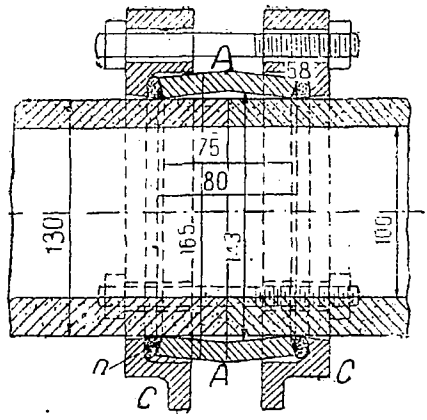
[1] Необходимо учитывать все более расширяющиеся возможности замены металлических труб силикатными, деревянными и другими материалами „Пайреко-стекло", изготовляемое на мерефинском стекольном заводе, по механической прочности превосходит все известные виды отекла, плавится при температуре свыше 700°, выдерживает резкие изменения температуры (до 250°). *Ред.*

ходимая толщина стенки, варьирующая в пределах от 10 до 40 *мм* и более в зависимости от диаметра трубы и давления в ней. В течение всего процесса навертываемые слои асбоцемента подвергаются гидравлическим давлениям, одинаковым по всей длине изготовляемых труб, но постепенно уменьшающимся по мере нарастания толщины стенок труб. Такой прием обеспечивает отсутствие в трубах раковин и свищей и такую плотную структуру их стенок, напоминающую твердые породы дерева, что трубы поддаются распиловке и сверлению дрелью. По окончании формовки вал выводится из машины и взамен его вставляется новый.

Произведенные до сего времени за границей наблюдения и испытания показали непроницаемость стенок труб, их гладкость, что увеличивает их пропускную способность, по сравнению с чугунными асфальтированными трубами; далее, они выгодно отличаются от металлических малой теплопроводностью, полной неэлектропроводностью, малостью своего веса; сопротивляемость их кислотам и солям новидимому обещает также преимущества перед металлическими трубами.

В таблице 73 приводятся данные о толщине стенок и весах итальянских асбоцементных труб для разных давлений.

прямой линии; диаметр малых оснований конусов больше наружного диаметра труб на 1 — 2 *мм*; оба конца муфты скошены;



Фиг. 199. Стык с муфтой ЖИБО.

б) из двух резиновых колец *n* квадратного профиля;

в) из двух чугунных, вогнутых фланцевых колец *C*, во впадины которых входят и за-

Таблица 73

Толщина стенок в *мм* и вес *пог. м* в килограммах труб, предназначенных для рабочих давлений

Внутренний диаметр труб в *мм*	Длина труб в *м*	2,5 *ат*		5 *ат*		10 *ат*		15 *ат*	
		толщина стенок	вес	толщина стенок	вес	толщина стенок	вес	толщина стенок	вес
50	3	8	3,15	9	3,60	10	4,00	11	4,45
60	3	8	3,65	9	4,10	10	4,65	11	5.15
75	3	8	4,40	9	4,75	10	5,80	11	6,30
80	3	8	4,75	9	5,35	10	6,30	11	6,65
90	3	8	5,25	9	5,90	11	7,35	12	8,10
100	4	9	6,50	10	7,35	12	8.94	13	9,70
125	4	10	8,90	12	11,00	14	12,90	16	14,90
150	4	10	10,50	14	15,25	16	17,60	18	20,00
175	4	10	12,10	15	18,90	18	23,00	20	25,75
200	4	10	13.65	16	22,86	20	29.00	23	33,85
225	4	10	15,75	17	27,30	23	37,65	26	43,00
250	4	10	17,35	18	32,00	25	45,50	29	53,40
300	4	12	24,70	20	42,50	30	65,35	34	74,85
325	4	13	28,90	22	50,40	33	78,00	37	88,45
350	4	14	33,60	24	50,50	35	89.00	40	103,00
375	4	15	38,85	26	68,80	38	103,60	43	118,70
400	4	16	44,10	28	79,50	40	116,20	46	135,40
450	4	18	55,65	30	95,00	45	147,00	52	172,20
500	4	20	68,80	34	120,00	50	181,50	58	213,50
550	4	22	83,00	37	143,50	53	219,50	63	254,80
600	4	24	98,70	40	169,00	60	261,40	69	304,50

Стыковые соединения асбоцементных труб устраиваются с помощью муфт Жибо и Симплекс. Стык с муфтой Жибо состоит из следующих частей (фиг. 199).

а) Из чугунного центрального кольца *A*, устанавливаемого симметрично над стыком труб и представляющего собой два усеченных конуса, соединенных своими широкими основаниями, что дает возможность несколько отклонять отдельные трубы водопровода от

жимаются (при стягивании соединительных болтов) средняя чугунная муфта и резиновые кольца.

Сборку стыка ведут следующим порядком:

а) на дно траншеи опускают трубу, не доводя ее конец на 15 — 20 *см* до конца уложенной ранее трубы;

б) на каждый конец соединенных труб надевают по одному чугунному кольцу;

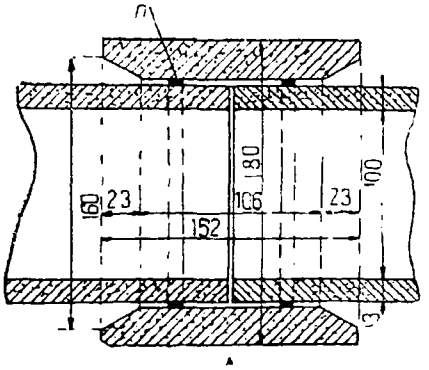
в) на каждый конец труб надевается одно резиновое кольцо и устанавливается на требуемом расстоянии от конца трубы, равном половине длины муфты плюс 5 *мм*;

г) на один из концов соединяемых труб надевается чугунная муфта, и вновь укладываемая труба осторожно надвигается в сторону ранее уложенной трубы так, чтобы надетая муфта не сдвинула с места уже поставленные резиновые кольца, а только коснулась их;

д) надетые на трубы фланцевые кольца надвигают вплотную к резиновым кольцам так, чтобы имеющиеся у них болтовые отверстия пришлись один против другого;

е) просовывают в отверстия болты и осторожно, стараясь не вызвать перекоса, стягивают гайки.

Муфты „Симплекс" (фиг. 200) выделываются из асбоцементной массы; между трубами и муфтами — кольца из резины луч-



Фиг. 200. Стык с муфтой Симплекс.

шего качества; последние насаживаются на трубы с помощью домкратика и сплющиваются до половины их первоначальной толщины.

Работа по устройству стыка с муфтой Симплекс идет следующим порядком:

а) на конец вновь укладываемой трубы, обращенной к ранее уложенной трубе, надевается муфта и слегка отодвигается назад;

б) на этот же конец трубы натягивается резиновое кольцо и устанавливается (без какого бы то ни было закручивания) от конца трубы на расстоянии, равном длине муфты;

в) на самый конец ранее уложенной трубы надевается другое резиновое кольцо;

г) вновь укладывается труба с надетой муфтой придвигается вплотную к ранее уложенной трубе таким образом, чтобы концы труб точно приходились один к другому;

д) на ранее уложенную трубу устанавливается упомянутый домкратик и неподвижно закрепляется на ней особым двусторонним винтом; домкратик захватывает своими лапками муфту с двух сторон по диаметральной горизонтальной плоскости; домкратик прикрепляется к трубе на таком расстоянии, которое допускает длина боковых подтягивающих винтов домкратика;

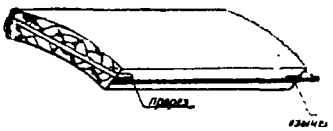
е) на трубу садится (за домкратиком) рабочий и равномерным подвинчиванием обоих боковых винтов начинает надвигать муфту в сторону стыка; по мере натягивания муфты в промежуток между ней и трубами защемляется сначала одно резиновое кольцо, а потом и другое; при этом кольца сплющиваются примерно до половины их первоначальной толщины; во избежание перетяжки или недотяжки муфты делают отметки на трубах в тех точках, где должны приходиться концы муфты;

ж) после установки муфты домкратик снимается и переносится к следующему стыку.

При опытных рабочих необходимое для устройства одного стыка время составляет 20 — 15 мин. и даже меньше.

5. Деревянные клепочные трубы

Различают непрерывные клепочные трубы и трубы звеновые. Непрерывные трубы собираются на месте работ по постройке водопровода из клепок шириной 40 — 180 *мм*, толщиной 40 — 120 *мм* (в зависимости от диаметра труб), длиной 4,0 — 6,0 *м*; клепки получаются из досок хорошего леса (сосна, лиственница), предварительно высушенных и обработанных на станках со всех четырех сторон; с двух сторон клепки обработаны по окружностям, соответствующим наружному и внутреннему диаметрам труб, боковые же грани их снабжены гребнем и пазом для соединения в шпунт. При сборке водопровода поперечные стыки смежных клепок смещаются друг относительно друга, так что укладываемые клепки входят в промежутки между положенными уже клепками; таким образом в водопроводе нет такого поперечного сечения, где приходились бы все стыки всех клепок, и водопровод действительно получается непрерывным. Во всех торцах клепок имеются сделанные на особых торцевально-пазовальных станках прорезы, в которых при сборке водопровода вставляются прямоугольные пластинки, называемые язычками (фиг. 201).



Фиг. 201. Язычок для скрепления деревянных труб.

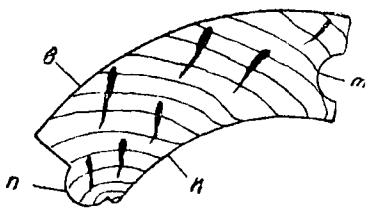
Благодаря этому каждый поперечный стык примыкающих друг к другу клепок перекрывается, а это значительно уменьшает утечку воды из водопровода.

Собранный из клепок трубопровод стягивается бандажами (обручами) из круглого железа толщиной 9 — 25 *мм*; последние и воспринимают все внутреннее разрывающее давление воды, клепки же образуют собственно цилиндрический футляр, заключающий и ограничивающий поток воды.

Непрерывные трубы бывают средних и больших диаметров — примерно от 350 до 2000 *мм* и больше. Трубы малых диаметров полностью изготовляются на заводах в виде отдельных труб-звеньев, почему и называются звеновыми, а иногда — фабричными.

1) Устройство непрерывного клепочного водопровода

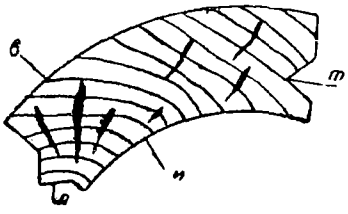
Гребни и пазы. Гребни на боковых кромках клепок делаются (фиг. 202, 203) треугольной, трапецоидальной или полукруглой



Фиг. 202. Полукруглый гребень и паз.

форм. Для получения возможно плотного соединения клепок по всей их длине хороши треугольные гребни, однако они неудобны в отношении складывания их при перевозке клепок и сборке труб и требуют более частой заточки ножей при изготовлении клепок. С этой точки зрения хорош полукруглый гребень.

В подавляющем большинстве случаев размеры паза и гребня в точности соответствуют друг другу; только в редких случаях (за границей) в целях получения более плотного соединения клепок форму паза делают несколько отличной от формы гребня.



Фиг. 203. Треугольный гребень и паз.

Надо заметить, что придание клепкам непрерывных водопроводов гребней и пазов признается иногда необязательным, и тогда боковые грани клепок обделываются гладко. Понятно, что при выделке клепок с гребнями требуется применение досок большей ширины, нежели при гладких боковых гранях, а потому расход пиломатериалов увеличивается.

Однако мы признаем гребни и пазы необходимыми, так как при них получается возможность легче придавать собираемым водопроводам вполне правильную цилиндрическую форму (что очень важно!) и получать более плотные продольные стыки клепок.

Язычки в торцах клепок. Как отмечено выше, язычки в торцах клепок непрерывных труб делаются железными или деревянными. Железные язычки имеют толщину 2,5 — 3 *мм*, длина их равна 50 — 60 *мм*; благодаря этому они входят в прорезы соединяемых клепок на глубину 25 — 30 *мм*. Ширина язычков делается на 4 — 5 *мм* больше ширины клепок для того, чтобы боковые грани язычков несколько врезались в боковые грани клепок; понятно, что боковые грани язычков необходимо достаточно хорошо заострить. Во избежание быстрого ржавления железные язычки применяются оцинкованными или освинцованными. Деревянные язычки изготовляются из леса твердой породы (дуб, самшит [1]), гладко выстроганными; длина язычка около 80 *мм*, а глубина вставки в каждую клепку равна 40 *мм*; ширина деревянных язычков несколько больше ширины клепок; при сборке труб боковые грани их несколько вдавливаются в боковые грани клепок, благодаря твердости материала язычков. Большим недостатком деревянных язычков является трудность очень тщательного и точного их изготовления что однако является безусловно необходимым. Насколько трудно надлежащее изготовление деревянных язычков видно из того, что в процессе постройки некоторых деревянных трубопроводов отказывались от деревянных язычков и переходили к железным.

Независимо от материала язычков форма их должна быть точно прямоугольная, толщина одинаковая. Прорези для вставки язычков должны делаться очень тщательно в нижней (по отношению к центру трубы) части клепок, однако не очень близко к нижней кромке их, например не ближе 7 *мм*; нельзя допускать прорези разной глубины в клепках, идущих для устройства одного и того же участка водопровода; точно так же нельзя допускать косого расположения прорезов или прорезов на разной высоте клепок.

Бандажи и башмаки. Бандажи непрерывных водопроводов должны делаться из круглого мягкого железа возможно высокого качества При равной толщине прута и бандажа, последний при навертывании на прут не должен обнаруживать признаков трещин. Головка бандажа (прямоугольная, иногда полукруглая) отковывается или отштамповывается в горячем состоянии (а не холодным способом); она должна быть сделана чисто, не иметь посадин, трещин, пленок и других дефектов. Бандажи должны быть правильно изогнуты по кругу радиуса, соответствующего наружному радиусу трубы; ни какие другие изгибы, выпучины и углы не должны допускаться. Нарезка на концах бандажей должна быть исполнена тщательно и аккуратно; гайка должна вполне соответствовать резьбе. Нарезка уменьшает и ослабляет рабочую толщину бандажа (примерно на 3 — 4 *мм*); это приходится принимать во внимание при выборе толщины бандажа и назначать

[1] Самшит — кавказская пальма; древесина самшита — мелкого, равномерного строения, плотная, твердая как кость, поэтому самшит представляет собою очень ценное дерево.

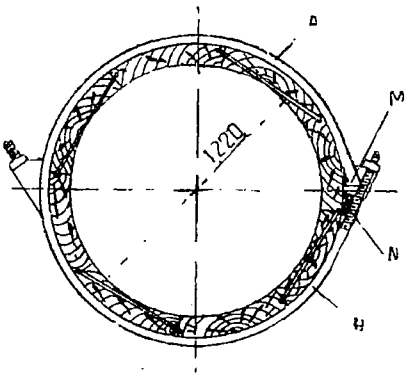
ее по всей длине больше против расчетной на величину указанного ослабления. Так как при этом происходит излишний расход металла, то во избежание этого нарезанный конец бандажа высаживается на специальной машине или к бандажу расчетной толщины приваривается конец с нарезкой, сделанной из круглого железа большей толщины, чем бандаж.

Необходимо предвидеть хотя бы небольшой запас[1] в толщине бандажа на ржавление железа, несмотря на то, что при сборке труб принимаются меры защиты бандажа от быстрого ржавления.

Башмак для закрепления концов бандажа делается из чугуна или железа. Следует избегать башмаков из серого чугуна, так как они получаются тогда тяжелыми и непрочными. Чугунные башмаки следует делать из ковкого чугуна. Во всяком случае литье должно быть чистым, без всяких трещин, раковин, плен и других дефектов; отливка должна быть выполнена точно, при ударе — издавать чистый звук. К сожалению ковкий чугун не всегда удается получить. Тогда лучше применять железные штампованные башмаки.

Толщина железа, из которого изготовляется башмак, должна быть принята с запасом на ржавление; толщина эта должна быть не менее 6 *мм*.

При больших диаметрах труб (в Америке, начиная с диаметров в 1200 — 1400 *мм* бандажи делают составными, состоящими из двух полуколец; благодаря этому достигается более плотное облегание клепок и обеспечивается более равномерное распределение по ним давлений; на каждом составном бандаже устанавливаются два башмака, которые размещаются в диаметрально-противоположных



Фиг. 204. Бандаж с двумя башмаками.

точках сечения трубы. При составном бандаже верхняя его половина *A* имеет, как показано на фиг. 204, на обоих концах головки *M*, получаемые путем высадки, но не имеет нарезок, которые ослабляли бы сечение бандажа; нарезки получает нижний полубандаж *N*. Ввиду этого верхний полубандаж можно делать из железа меньшей толщины по сравнению с нижним полубандажом. Такой способ устройства бандажа, кроме того удобен тем, что при обработке круглого железа часть его поступает только в кузницу для высадки головок, другая же часть—в болторезную мастерскую; при сборке труб отпадает необходимость неудобного завинчивания гаек снизу.

В сравнительно редких случаях бандаж делают с нарезкой на обоих концах. Применение такого бандажа оправдывается следующими соображениями. При затягивании бандажа с одной головкой и одной гайкой вследствие трения бандажа о клепки по всей окружности трубы, до головки доходит по бандажу сила значительно меньше той, которая имеется в резьбе бандажа, а потому те места трубы, которые прилегают к головке, стягиваются сравнительно слабо. Если же бандаж имеет нарезку на обоих концах и затягивается с двух сторон, то преодолевать трение приходится лишь на одной половине окружности трубы; таким образом в данном случае наиболее слабо стянутое место трубы будет теоретически посредине между двумя гайками, но зато оно будет затянуто сильнее, чем при бандаже с нарезкой на одном его конце.

Для получения лучшей обтяжки труб целесообразно размещать башмаки по возможности по всей поверхности труб, за исключением лишь самых нижних точек; такая постановка башмаков лишь незначительно усложняет и удорожает работу сборки труб.

Укладка непрерывного водопровода. Деревянные клепочные трубы обычных конструкций, особенно при больших диаметрах, плохо сопротивляются внешним давлениям от засыпки землей,[1] от проезжающих автомобилей, трамвайных и железнодорожных вагонов и т. п. Было несколько случаев и у нас и за границей (Америка), когда клепочные трубы, особенно при плохой сборке их и укладке, рассыпались, причем клепки проваливались внутрь водопроводов. Поэтому деревянные клепочные трубы больших диаметров (например более 0,60 — 0,75 *м*) не следует укладывать под городскими улицами с движением разного рода экипажей, под поверхностью земли площадок промышленных предприятий, под трамвайными или железнодорожными путями и т. д. Исключение составляют случаи, когда трубы прокладываются в каменных галереях—тоннелях.

Толщину слоя земляной засыпки трубами больших диаметров следует брать по возможности малой, не более 0,5 — 1,00 *м*, и только при клепочных трубах очень сильных кон-

[1] Самое главное и самое сложное найти величину этого запаса. В большинстве случаев коэфициент безопасности устанавливается на основании не столько точных опытных данных, сколько очень грубо приближенных предположений. Поэтому английский инж. Строкейор назвал его коэфициентом незнания. Перед нами стоит задача снижения этих коэфициентов незнания путем опытных исследований и на базе полученных данных снижения излишних запасов прочности. *Ред.*

[1] Опыты т. Баркаш над прессовкой под высоким давлением распаренного дерева, проведенные Тифлисским институтом строительных материалов, намечают возможность применения труб из прессованной древесной массы, которые невидимому будут свободны от многих недостатков клепочных труб. *Ред.*

струкций (а потому стоящих дорого) можно допускать и бо́льшую высоту засыпки.

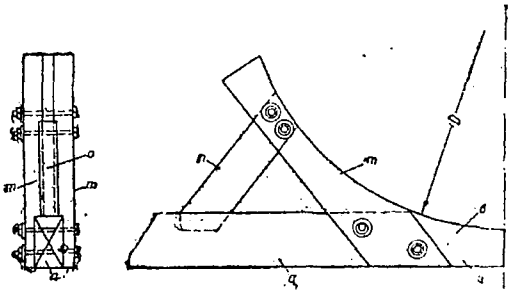
Если трубы бо́льших диаметров проходят в качестве водоводов вне городских и фабрично-заводских территорий, то такая малая глубина засыпки как 0,5 — 1,0 *м* вполне допустима, если принять во внимание, что теплопроводность стенок деревянных труб гораздо меньше теплопроводности металлических труб и что покрывающий земляную засыпку снег дает дополнительное утепление.

Для предупреждения проездов над деревянными водопроводами автомобилей и других экипажей над ними приходится устраивать переезды в виде мостиков.

Трубы средних диаметров (приблизительно от 0,40 до 0,60 *м*) уже не так боятся внешних нагрузок; однако опасность раздавливания таких труб не устраняется полностью и ее надо предупреждать весьма тщательной засыпкой труб тонкими слоями с тщательной утрамбовкой; так засыпают примерно до $^2/_3$ высоты трубы (считая снизу), засыпку же остальной верхней части труб делают уже без утрамбовки.

Клепочные водопроводы бо́льших диаметров укладываются на стульях, называемых седлами. Седла могут устраиваться деревянными, бетонными, железобетонными; за границей в сравнительно редких случаях применяют и металлические седла.

Об устройстве деревянного седла можно судить по фиг. 205; оно состоит из основания в виде нижнего бруса *а*; в средней части его сделано углубление по радиусу, величина которого равна половине наружного диаметра деревянного водопровода; к брусу *а* приболчены слегка врубленные в него подкосы толщиной по 50 — 75 *мм*; обращенные к водопроводу поверхности подкосов также обработаны соответственно наружному диаметру труб; подкосы подперты кроме того приболченным к ним дополнительным подкосом, который врублен в нижний брус *а*.



Фиг. 205. Деревянное седло.

Для обеспечивания продолжительности срока службы деревянных седел они должны хорошо осмаливаться.

Расстояния между седлами делают равными двойному, полуторному, а то и одиночному диаметру укладываемого водопровода; чем диаметр последнего больше, тем расстояния между седлами меньше и наоборот. Более точно расстояния между седлами определяются в каждом отдельном случае по расчету.

На основании расчета должны определяться также и самые размеры (толщина) каждого седла. Если эти размеры недостаточны, то при наполнении уложенного водопровода водой может произойти разрушение седел; на практике такие случаи имели место.

Укладка клепочного водопровода на седлах улучшает сопротивляемость его раздавливанию внешними силами, так как седла, играющие роль отдельных корыт, до некоторой степени препятствуют сплющиванию труб.

При прокладке же деревянных водопроводов по поверхности земли седла уже безусловно необходимы.

Самая сборка клепок в непрерывный водопровод идет при помощи деревянных кружал, изготовленных точно по форме укладываемых труб. Толщина досок кружал должна быть достаточна, в противном случае (особенно при значительном диаметре водопровода) они могут быть раздавлены.

Работу по сборке всякого длинного непрерывного клепочного водопровода целесообразно вести сразу на нескольких участках. В таких случаях понятно приходится соединять клепки концов двух примыкающих друг к другу участков водопровода. При известном навыке сборщиков такое соединение удается делать вполне удовлетворительно. Все же следует стремиться к тому, чтобы за пункты раздела одновременно собираемых участков непрерывного водопровода выбирались точки фактического разрыва собственно деревянного водопровода, т. е. места расположения тех металлических фасонных частей (тройников, отводов и т. д.), которые ставятся у задвижек при устройстве выпусков, закруглений и пр.

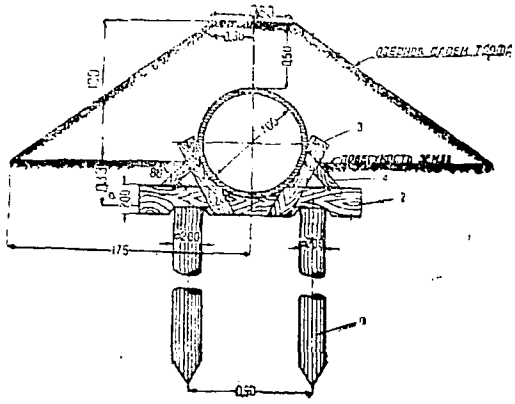
Сборку труб целесообразно вести в так называемый разбег; при этом нижняя часть собираемого водопровода опережает верхнюю; такой прием облегчает работу сборки, так как при нем приходится закладывать одну только клепку в каждом звене, остальные же клепки приходится лишь прикладывать; при этом приходится прибегать к легким ударам молотка по клепкам; следует иметь в виду необходимость избегать сильных ударов по клепкам, дабы не испортить их, так как избитое дерево легче загнивает.

Иногда доставляемые на место сборки водопровода клепки оказываются разной ширины; тогда необходимо бывает рассортировать клепки на несколько типов по ширине их и укладку вести так, чтобы на каком-нибудь участке водопровода приходились уже клепки одной только ширины; переход же от одного участка с клепками одной ширины к другому участку с клепками другой ширины необходимо устраивать помощью металлических фасонных частей (патрубков).

Закругление непрерывного клепочного водопровода может устраиваться без каких-либо фасонных металлических частей, если радиус закругления достаточно большой, тогда клепки собираемого водопровода изгибаются при помощи канатов и лебедок; после стяжки изогнутых клепок бандажами они почти

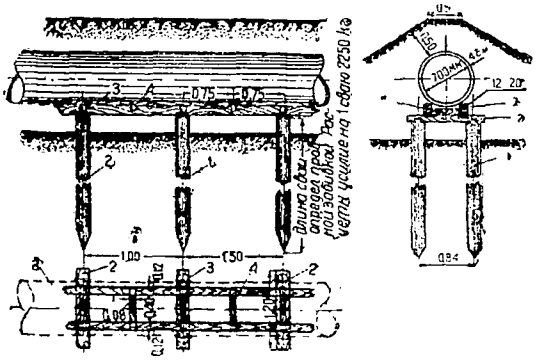
не распрямляются. Радиус закругления при этом принимается равным 100 — 200 диаметрам водопровода. Иногда (особенно в Америке) величина радиуса закругления берется и меньше, например 60 диаметров водопровода, но такую величину следует считать преуменьшенной.

При прокладке непрерывного водопровода по водянистым (и даже болотистым) грунтам можно обходиться без специальных оснований под трубы; только лишь в случаях с и л ь н о водянистых грунтов приходится прибегать к укладке труб на сваях.



Фиг. 206. Укладка труб на сваях

На фиг. 206 показан пример такой прокладки, удачный с точки зрения хорошего закрепления труб; недостатком этого устройства является его сложность, так как требуется постановка большого количества болтов и скоб.



Фиг. 207. Свайное основание для деревянных труб.

Приведенное на фиг. 207 устройство основания (для непрерывного водопровода диаметром 700 *мм*) проще. Здесь *1* — сваи толщиной 200 *мм*, *2* — схватки из пластин, *3* — продольные лежни прямоугольных сечений 200 × 120 *мм* и *4* — поперечины квадратного сечения 80 × 80 *мм*.

П р о м а ч и в а н и е у л о ж е н н о г о д е р е в я н н о г о в о д о п р о в о д а. После укладки непрерывного клепочного водопровода должно производиться его промачивание, называемое нами строительным.

Промачивание это имеет своей задачей вызвать разбухание дерева клепок, которые от этого увеличиваются в своем объеме, и тогда все неплотности их в продольных и поперечных стыках почти исчезнут.

Отсюда понятно, что для получения приемлемой на практике водонепроницаемости труб нужно разбухание клепок, а для этого необходимо изготовление их из сухого леса. Свежесрубленный лес не способен разбухать, а потому совершенно не пригоден для изготовления клепок. Для этого нужен так называемый воздушно-сухой лес, имеющий влажность только 15%. Такой лес не отдает уже на воздухе оставшейся в нем влаги; влага эта находится лишь в стенках клеток дерева, в порах же дерева ее почти нет. Вот поэтому-то клепки для труб выделываются на заводах из высушенных досок, имеющих влажность не более 15%, а еще лучше — но более 12%.

Сушка может быть естественная (на воздухе) но она продолжается очень долго (1½ — 2 года) поэтому обычно прибегают к искусственной сушке в специально устраиваемых сушилках. Промачивание производится водой, кото ая подается в водопровод под небольшим давлением. Промачивание продолжается 10—15 дней, в зависимости от тщательности сборки водопроводов, и требует большого количества воды; чем хуже сделана сборка, тем время и количество воды больше, и обратно.

В некоторых случаях промачивание длится менее 10 — 15 дней, но иногда оно затягивается на больший срок, например до 20 — 25 дней. В первые дни из промачиваемого водопровода вытекает значительное количество воды, но постепенно оно уменьшается и наконец становится сравнительно небольшим, так что можно приступать к испытанию водопровода.

И с п ы т а н и е д е р е в я н н о г о в о д о п р о в о д а. Самое испытание промоченного водопровода производится в открытых еще траншеях. Пробное давление принимается равным рабочему или только немного больше его (например на 0,5 *ат*); в этом отношении испытание деревянного водопровода существенно отличается от испытания металлического. Оценку качества уложенного водопровода можно сделать путем замера количества воды, утекающей из него при испытании. По нашему мнению, допускаемая утечка воды может приниматься из расчета от 1500 до 6000 *л* в сутки (или от 1 до 4 *л* в минуту) на каждый дециметр внутреннего диаметра водопровода, на каждый километр протяжения и на каждую атмосферу внутреннего давления. Понятно, что для возможности учитывать утечку воды из испытуемого водопровода должен иметься водомер или другое специальное устройство. Продолжительность пробного испытания должна быть достаточна для выявления действительной утечки и составлять не менее 10 — 12 час.

Согласно некоторым техническим условиям, применяемым в Америке, испытуемый водопровод должен оставаться под полным пробным давлением двое суток, если неплотности водопровода незначительны и не грозят подмывом основанию (постели) водопровода.

Если сравнить допускаемую нами при испытании водопровода утечку воды с той утечкой, которая происходит в начале промачивания того же водопровода, то последняя может быть раза в 2 — 3 больше первой и то лишь при условии хорошей сборки водопровода; при плохой же сборке количество вытекающей в начале промачивания воды может быть раз в 5 — 6 больше, нежели в конце промачивания.

Главными причинами большой утечки воды, т. е. неплотности непрерывного водопровода, большею честью оказывается недостаточное натяжение бандажей и не совсем точное соединение торцев клеток. Если при испытании водопровода обнаружатся неплотности, которые остаются и после этого, то они исправляются помощью деревянных клинышков и прокладок. Течь воды через сучки (выпадающие) устраняется путем заделки сучков пробками; каждая пробка должна иметь коническую форму, причем широкий конец конуса должен быть обращен внутрь труб; направление волокон дерева пробки должно совпадать с направлением волокон в клепках труб.

2) Звеновые клепочные трубы и их укладка

Звеновые клепочные трубы изготовляются на специальных заводах. Высушенные доски поступают в строгальный цех завода, где чисто обрабатываются в клепки на станках с четырех сторон: боковые кромки клепок обязательно снабжаются гребнями и пазами, как это было сказано при описании непрерывных труб.

Клепки, идущие для изготовления труб одинакового диаметра, должны иметь одинаковую толщину для того, чтобы была обеспечена гладкость внутренней поверхности. Затем клепки идут в торцевочный цех для оторцевки (обрезки) их на необходимую длину.

Нормальная длина звеновых труб около 6 *м*, но на практике допускают отклонения от этой длины в сторону уменьшения; для участков водопровода на закруглениях применяют обычно более короткие трубы. Из торцевочного цеха клепки направляются в сборочное отделение; здесь на сборочных станках из клепок собираются трубы. Каждая собранная труба стягивается временно несколькими бандажами и идет в обмоточный цех; на специальных станках последнего трубы обматываются спирально оцинкованной проволокой; при этом проволоке дают такое натяжение, чтобы она слегка вдавливалась в дерево; для получения равномерного натяжения проволоки по всей длине труб они хорошо центрируются на станках. Шаг спирали проволочной обмотки определяется по расчету труб на прочность, в зависимости от диаметра их, от качества применяемых материалов и от величины внутреннего давления в водопроводе.

В настоящее время предъявляют следующие требования к проволоке, идущей для обмотки звеновых труб:

а) проволока должна иметь одинаковую толщину по всей своей длине;

б) поверхность проволоки должна быть совершенно гладкой, без раковин, трещин и пленок, в изломе проволока должна иметь вид плотной массы светлосерого цвета, без точек и блестков;

в) временное сопротивление проволоки на разрыв должно быть не менее 4000 *кг/см*^{2} при удлинении в 20%;

г) оцинковка должна быть плотной, ровной, прочной, не иметь трещин, пленок, не должна трескаться или отслаиваться;

Проволочная обмотка должна доходить возможно близко к концам трубы. Первые и последние 3—4 витка наматываются вплотную один к другому, между ними же обмотка идет уже по спирали. На клепках обмотка закрепляется путем забивки скобочек из оцинкованной проволоки, причем острия скобочек входят в клепку не более как на $^2/_3$ толщины клепки; точно так же закрепляется конец проволоки, если он приходится где-либо по средине трубы.

За границей для закрепления проволоки применяют специальные штампованные заклепы.

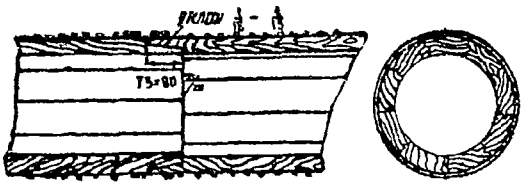
Допускают сварку концов проволочной обмотки при условии непременной последующей оцинковки сваренного места.

Из обмоточного цеха трубы поступают во фрезеровочный цех, где на фрезеровочно-обрезных станках обрезаются и фрезеруются по концам в соответствии с будущими стыковыми соединениями. Из фрезеровочного цеха трубы идут в асфальтировочный цех, где покрываются снаружи слоем изоляционной массы того или иного состава; асфальтировка производится обычно в два слоя: сначала наносится первый слой, дается время на подсушку его и потом уже наносится второй слой. После асфальтировки трубы обкатываются в деревянных опилках или других волокнистых веществах.

Перед укладкой трубы тщательно осматриваются; трубы поврежденные например со смятыми или обломанными концами не могут укладываться впредь до полного исправления дефектов. Подстрогивание и обрезка концов труб не допускаются; разрешается лишь легкая подпилка концов труб рашпилем и притирка концов, входящих друг в друга. Что касается вопроса собственно укладки звеновых труб, то он сводится главным образом к вопросу устройства их стыковых соединений; при этом надо заметить, что до сего времени еще не выработаны вполне удовлетворительные конструкции стыков звеновых труб.

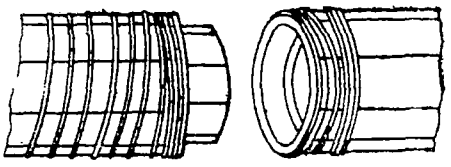
На фиг. 208 показан нередко применяемый стык, устраиваемый путем вставки одного конца трубы в конец другой; для этого один

конец трубы обделывается втулкой, другой — шипом. Стык этот не хорош при эксплоатации, так как при нем неудобно вынимать отдельные трубы из линии водопровода. Кроме того такой стык годится, повидимому, для водопроводов, работающих с небольшими внутренними давлениями, например не более 2,0—2,50 *ат*.



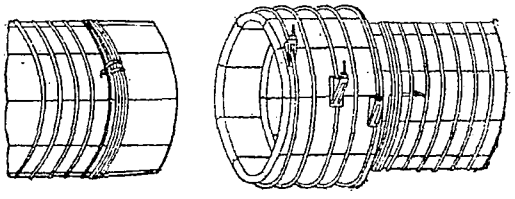
Фиг. 208. Стык деревянных труб.

При необходимости применить этот стык для линий с большими давлениями, необходимо надевать на концы труб такие же бандажи из круглого железа, какие ставятся на непрерывных водопроводах (фиг. 209).



Фиг. 209. Укрепление стыка бандажем.

На фиг. 210 показан стык с помощью разъемной деревянной муфты, которая допускает ее подтяжку; муфты делаются из тех же клепок, что и самые трубы, но с той разницей, что клепки предварительно креозотируются.



Фиг. 210. Стык с разъемной деревянной муфтой.

Креозотирование производится потому, что клепки муфт при работе водопровода промачиваются хуже, чем клепки самих труб, а потому могут подвергаться быстрому загниванию. Заграницей для изготовления муфт применяют дерево особо большой прочности, например дерево горных лиственниц.

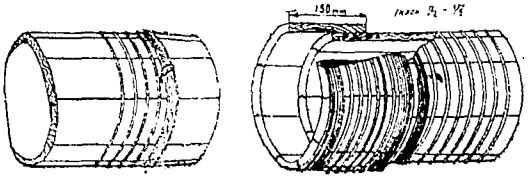
Для водопроводов с большими внутренними давлениями лучше применять постоянные муфты, обвитые проволокой (фиг. 211), или металлические муфты.

При укладке звеновых труб на кривых достаточно больших радиусов можно обходиться без фасонных частей; за границей наименьший допустимый радиус закруглений водопроводов из звеновых труб определяется иногда по формуле:

$$R = d \cdot l \cdot \alpha$$

где R — радиус закругления в *м*;
d — диаметр звеновой трубы в *м*;
l — длина „ „ „ „
α — коэфициент, численное значение которого принимается в пределах от 200 до 400.

Ввиду того, что определяемая по этой формуле величина радиуса закругления получается большой, некоторые иностранные фирмы применяют иногда патентованные способы обделки концов звеновых труб, позволяющие давать водопроводу весьма малые



Фиг. 211. Стык с постоянной муфтой.

радиусы закруглений (вплоть до пятикратного диаметра труб). При этом способе конусные концы звеновых труб фрезеруются под небольшим углом один к другому, вследствие чего каждый стык можно делать с углом отклонения до 12°.

Иногда допускают некоторое раскрытие стыков труб, тогда при небольшой длине последних получается возможность устраивать закругления малых радиусов.

После укладки звенового клепочного водопровода производится его промачивание, а затем испытание так же, как и непрерывного водопровода.

Если во время испытания водопровода появится капель или течь воды, то неисправные трубы заменяются новыми. Не допускаются замазывание, конопатка и тому подобные исправления дефектов. Допускается лишь заделка выпавших из клепок сучков пробками аналогично непрерывным трубам.

Пробки должны быть закреплены надвижкой на них витков проволочной обмотки. Стыки, давшие капель или течь воды, должны быть разобраны и собраны вновь, после чего следует испытание повторить.

3) Статический расчет клепочных водопроводов

Толщина клепки определяется обычно по формуле:

$$\delta = \alpha \sqrt{\frac{p}{2 \cdot \varkappa}}$$

Здесь:
α — расстояние между бандажами
δ — толщина клепки в *см*;
p — внутреннее давление в трубе в *ат*;
$\varkappa$ — допускаемое напряжение для насыщенного водой дерева.

Эта формула выведена из рассмотрения клепки как неразрезной балки, лежащей на опорах в виде бандажей.

Если принять k равным 50 *кг/см*², как обычно делается, то формула получит вид:

$$\delta = 0{,}707 \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{p}{50}} = 0{,}1 \cdot a \cdot \sqrt{p}.$$

Получаемая из такого расчета толщина клепки выходит недостаточной, и в действительности толщину клепок назначают по практическим данным. Кроме того в приведенном расчете совершенно не учитывается внешняя нагрузка на трубы, что при большом диаметре последних имеет немалое значение.

Полная сила P, разрывающая бандаж по одному поперечному сечению, определяется по формуле американского инж. Адамса.

$$P = P_в + P_р + P_з,$$

где: $P_в$ — сила внутреннего давления воды;
$P_з$ — сила предварительной затяжки бандажа.
$P_р$ — сила разбухания дерева.

Сила внутреннего давления воды $P_в$ в *кг* можно определить по формуле.

$$P_в = \frac{D \cdot \alpha \cdot p}{2}$$

Здесь: D — внутренний диаметр трубы в *см*;
α — расстояние между осями бандажей в *см*;
p — внутреннее давление воды в *кг/см*².

Сила предварительной затяжки $P_з$ в *кг* определяется по формуле Адамса:

$$P_з = 1{,}5 \cdot a \cdot \delta \cdot p.$$

Здесь: δ — толщина клепки в *см*;
α и p имеют прежние значения.

Сила разбухания дерева $P_р$ в *кг* определяется по формуле:

$$P_р = \delta \cdot \alpha \cdot q.$$

Здесь: q — сила разбухания на 1 *см*² диаметрального сечения клепки в *кг*;
δ и α имеют ранее указанные значения.

На практике нередко делают упрощенный расчет бандажей только лишь по силе внутреннего давления воды:

Пусть: ω — площадь сечения бандажа в *см*²;
n — допускаемое напряжение для железа бандажа на растяжение в *кг/см*².

Тогда: $\omega = \frac{D \cdot a \cdot p}{2 \cdot n}$.

Заметим, что второй формулой учитывается сила разбухания дерева, принимаемая равной 8 *кг/см*².

При выборе толщины бандажа необходимо учитывать расчетом напряжение дерева клепок на смятие. При этом расчете предполагается, что соприкасание бандажа с деревом происходит по ширине равной половине толщины бандажа.

Формула для расчета имеет следующий вид:

$$d = \frac{\tau}{3 \cdot n}(D + 2\delta).$$

Здесь: d — толщина бандажа в *см*;
n — допускаемое напряжение для бандажа на растяжение в *кг/см*²;
τ — допускаемое напряжение дерева клепок на смятие в *кг/см*²;
δ — толщина в *см*;
D — внутренний диаметр трубы в *см*.

В зависимости от породы дерева допускаемое напряжение на смятие принимается в пределах от 40 до 55 *кг/см*².

В следующей таблице приводятся данные о размерах непрерывных клепочных труб, применяемых в Америке.

Таблица 74

Размеры американских деревянных труб

Диаметр труб в *мм*	Толщина клепок в *мм*		Число клепок по окружности		Толщина обручей в *мм*	Расстояние между обручами
	стандарт	максимум	стандарт	максимум		
305	35	41,3	13	13	9,5	162
356	35	43	15	15	9,5	138
406	36,5	43	17	17	9,5	121
457	36,5	43	18	19	11	146
508	36,5	43	20	20	11	132
559	36,5	43	22	22	11	120
610	36,5	43	23	24	11	110
660	38	40	17	17	11	102
712	38	40	18	18	11	94
762	38	40	19	19	13	115
812	38	40	20	20	13	108
864	38	40	21	21	13	101
914	40	41,3	22	22	13	96
965	40	41,3	23	23	13	91
1016	40	41,3	24	25	13	86
1067	41,3	43	26	26	13	82
1118	41,3	43	27	27	13	78
1168	41,3	43	28	28	13	75
1220	41,3	43	29	29	13—16	72—112
1270	41,3	43	30	30	16	108
1320	41,3	43	31	31	16	103
1370	63,5	68	33	34	16	100
1422	63,5	68	34	35	16	97
1473	63,5	68	36	36	16	93
1524	63,5	68	37	37	16	90
1575	63,5	68	38	38	16	87
1627	63,5	68	39	39	16	84
1678	63,5	68	40	40	16	82
1778	63,5	68	42	42	16	77

4) Пределы допускаемых давлений для клепочных труб

По нашему мнению, если принять во внимание только недавно начатое у нас применение деревянных труб и сравнительно малый опыт их изготовления и укладки, наибольшими допускаемыми внутренними давлениями для деревянных клепочных водопроводов обычных конструкций в настоящее время следовало бы считать:

при малых диаметрах (примерно до 500—600 *мм*) 4—6 *ат*, при больших 2—3 *ат*.

Постепенно с налаживанием производства и улучшением качества применяемых материалов эти пределы давлений должны увеличи-

ваться. Однако даже и теперь в отдельных случаях при благоприятных условиях возможно применение деревянных клепочных труб для водопроводов с бо́льшими давлениями, чем указано нами; в таких случаях необходимо обращать особое внимание на надлежащие качества материалов и на достаточно сильную конструкцию труб и их стыковых соединений.

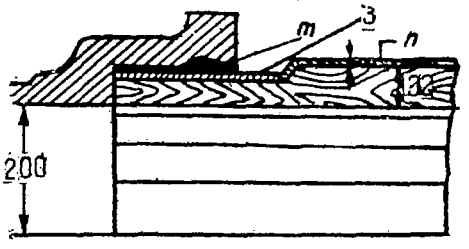
При рекомендуемых нами пределах внутренних давлений деревянные клепочные водопроводы требуют металла примерно в 2 — $2^1/_2$ раза меньше, нежели стальные (железные); деревянные же водопроводы больших диаметров в $1^1/_2$—2 раза меньше, чем стальные. По сравнению с водопроводами из чугунных труб (сортамента V Водопроводного съезда) экономия в металле сказывается еще значительнее: при средних диаметрах расход металла меньше в 3 — 4 раза, а при больших в 2—3 раза; если же принять во внимание, что толщину стенок чугунных труб больших диаметров намечено увеличить, то экономия в металле с применением деревянных труб еще возрастает.

5) Утечка воды из деревянных клепочных труб

Ранее были приведены допустимые с нашей точки зрения величины утечки воды из деревянных клепочных водопроводов при их пробном испытании после строительного промачивания. Последнее обычно никогда не бывает достаточно полным, а потому разбухание дерева клепок и в связи с этим уменьшение утечки воды должно происходить и дальше, при эксплоатации водопровода. Эксплоатационную утечку воды можно принимать раза в $1^1/_2$ — 2 меньше пробной, а то и еще меньше.

6) Соединения деревянных труб с металлическими

Соединения деревянных клепочных труб с металлическими устраиваются путем вставки деревянных труб в раструбы металлических

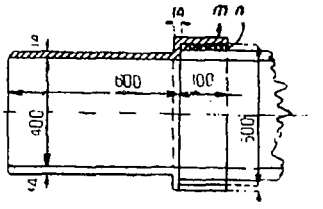


Фиг. 212. Соединение деревянных труб с металлическими посредством свинцовой заливки.

и заделки раструбов теми или иными заполнителями. На фиг. 212 показано соединение клепочной звеновой трубы диаметром 200 *мм* с чугунной: здесь *n* — проволочная обмотка трубы; *3* — футляр (манжета) из оцинкованного железа; *m* — свинцовая заделка; в глубине раструба — пеньковый канат.

Применение железного футляра по нашему мнению совершенно излишне; свинцовую же заделку можно с успехом заменить цементной (как это делается при укладке чугунных труб).

Вместо цемента возможно применение различного рода мастик, например железноля — массы, которая состоит из смеси битума



Фиг. 213. Соединение деревянных труб с металлическими посредством деревянных клиньев.

(около 90%) и извести (около 10%). На фиг. 213 показаны соединения деревянных труб диаметром 400 *мм* с металлическими трубами, которые имеют раструбы (последние заделаны канатом и деревянными клиньями *n*).

7) Срок службы клепочных труб

Срок службы деревянных труб, всегда работающих с давлением не менее 5 — 7 *м* водяного столба, определяется, строго говоря, сроком службы их металлического крепления — проволочной обмотки звеновых труб и бандажей непрерывных труб.

Звеновые трубы в смысле ржавления их тонкой проволоки очень опасны, особенно в случаях неблагоприятных свойств почвы и проводимой воды; за границей в таких случаях применяют иногда освинцованную и даже медную проволоку.

Другое дело — бандажи непрерывных труб. Толщина их составляет 13 — 25 *мм*. После укладки и строительного промачивания труб представляется возможным довольно хорошо покрыть бандажи защитными лаками (например кузбасслаком, асфальтовым лаком), суриком на масле и пр. Путем некоторого, экономически приемлемого утолщения бандажей можно обеспечить даже при неблагоприятных местных условиях продолжительный срок службы труб например: в 25—30 лет; при хороших же условиях срок службы может приниматься еще большим — в 40 и даже 50 лет. Практика Америки это подтверждает, но та же Америка дает примеры очень короткой (5 — 10 лет) службы деревянных водопроводов, устроенных не вполне удовлетворительно.

Важным условием продолжительной службы деревянных водопроводов является хорошая защита их от гидравлических ударов; последние для деревянных труб, особенно больших диаметров, настолько вредны, что могут быть названы ядом.

6. Железобетонные центробежные трубы

Из существующих способов приготовления труб наиболее совершенным является так называемый центробежный способ, который своим появлением несколько лет назад быстро начал развиваться в западных странах и почти совершенно вытеснил существовавшие до него другие способы.

Центробежный способ как раз наиболее удачно отвечает тем требованиям, которые предъявляются к бетону при изготовлении труб и разрешает противоречие о добавках воды при затворении бетона, где уменьшение ее количества повышает прочность бетона, а повышение увеличивает удобообрабатываемость. При центробежном способе бетон затворяется количеством воды, необходимым для работ с ним, и во время процесса формования труб вода удаляется из бетона, оставаясь в бетоне в сравнительно небольшом количестве, а это определяет значительную прочность получаемого бетона. Условиями прочности и плотности изделия способствует также большая центробежная сила, возникающая при формовке труб и уплотняющая бетон.

Таким образом получаемый центробежным способом бетон обладает водонепроницаемостью, прочностью и кислотоупорностью в большей степени по сравнению с бетоном, изготовленным обычным способом.

1) Сущность производства центробежных труб

Состав бетона подбирается в лаборатории обычным способом. Материалы перемешиваются в бетономешалке и подаются к станку. Станок приводится во вращение двигателем, причем форме сообщается некоторое минимальное число оборотов. Во вращающуюся форму рабочими при помощи совков или специальным питающим механизм инжектором вводится бетонная масса определенной консистенции. Попавший в вращающуюся форму бетон начинает скользить по ее стенкам, но благодаря трению, возникающему при этом между поверхностью стенки и массой, последняя начинает приобретать возрастающую до известного предела окружную скорость. С возрастанием скорости увеличивается центробежная сила, которая прижимает массу к стенкам формы и заставляет ее вращаться со скоростью самой формы. Центробежная сила, действуя на массу, распластывает ее во всех направлениях по стенке формы. По мере поступления бетонной массы в форму последняя, равномерно распределяясь, заполняет ее, образуя стенку трубы, одинаковой толщины по всей ее длине. По окончании завалки потребного количества бетона, форме сообщается некоторое максимальное число оборотов. Увеличенной центробежной силой вызывается уплотнение бетона самой же массой его. При уплотнении часть воды из массы вытесняется на внутреннюю поверхность трубы.

По окончании уплотнения бетона станок останавливается, из формы удаляется вытесненная вода, форма с изготовленной трубой снимается со станка и переносится в камеру пропаривания для ускорения процесса схватывания и твердения бетона.

Труба отправляется на склад, где в продолжение нескольких дней увлажняется водой. Форма же собирается и вновь устанавливается на станок.

Паровая баня, или камера пропаривания, представляет собой помещение, в которое вводятся формы с только что сделанными трубами. Камера герметически закрывается и в нее пускается пар. Температура в камере держется от 50 до 90°. Продолжительность пропаривания можно считать достаточной в пределах от 8 до 12 час.

Изготовление труб железобетонных от бетонных отличается только тем, что при сборке формы в нее укладывается заранее заготовленная арматура. Арматура готовится на вращающихся цилиндрических барабанах, по поверхности которых она навивается по винтовой линии, с определенным шагом. На витую арматуру накладывается продольная вспомогательная арматура, обыкновенно изготовляемая из круглого железа, диаметром 5 — 6 *мм*. В местах пересечения арматура связывается тонкой проволокой (вязальной). Для удержания арматуры в форме во время формовки трубы в нужном положении, к арматуре подвязываются „лягушки“, которые, упираясь в стенки формы, удерживают арматуру от смещения. За границей приготовление арматуры ведется также на специальных машинах, приводимых в движение двигателем, причем железо получает предварительные вытяжки для лучшей работы его совместно с бетоном.

Перед каждой сборкой форма должна смазываться плохо смываемым смазочным материалом. Жидкая смазка легко стирается и смывается с поверхности скользящим по поверхности формы бетоном. В последнем случае, во время схватывания цемента, происходит сцепление кожуха формы с бетоном, что может привести к браку не только трубы но и формы.

2) Материалы

А. Цемент

Цемент должен быть портландский, высокосортный (марок 00 и 000), с активностью не ниже 375 *кг/см*² (на 26 день). При желании получать по возможности кислотоупорные трубы, необходимо применять цемент вуццолановый, трассовый, глиноземистый.

Б. Инертные материалы

а) Гравий следует брать круглой формы; б) не следует допускать инертных материалов, загрязненных органическими веществами; в) по удельному весу инертные материалы должны быть однородны; г) гранулометрический подбор инертных материалов целесообразно делать по кривой Боломэ.

В. Бетон

Для получения хороших центробежных труб бетон должен обладать надлежащей консистенцией и удовлетворять следующим производственным требованиям:

а) бетон должен распределяться равномерно как по длине вращающейся формы, так и по толщине получаемой стенки трубы; б) бетон должен заполнять все углы формы; в) бетон должен быть плотным, отчего зависит степень его водонепроницаемости.

Для выработки труб следует применять бетон такой консистенции, которая определяется осадкой конуса в 20 — 25 *см*.

Попытки получить хорошие трубы из бетона меньшей консистенции (например с осадкой конуса в 10 — 13 *см*) приводили к неудачам. Такой бетон не распределялся равномерно не только по длине трубы, но и по окружности ее. Вследствие неравномерного распределения материала вращение формы переходило из плавного во вращение с ударами; при увеличении же числа оборотов формы бетон вовсе терял способность распределяться.

3) Водоцементный фактор

Если в обыкновенных случаях можно принять, что отношение количеств воды и цемента остается одним и тем же как в бетоне, только что затворенном и перемешанном, так и в бетоне, уложенном в дело, то при центробежном бетоне дело обстоит иначе. Значительная часть воды, вводимой в бетон при затворении, вытесняется из него в процессе центрофугирования.

Остающийся водоцементный фактор определялся нами как отношение (по весу) количества воды, оставшейся в бетоне трубы, к количеству цемента в бетоне трубы.

Из установленного при опытах сплава конуса первоначальный водоцементный фактор получался:

при составе	1 : 4	0,70—0,75
„ „	1 : 3,5	0,70
„ „	1 : 3	0,60—0,65
„ „	1 : 2,5	0,5

Остающийся водоцементный фактор на основании опытов оказался равным (в среднем):

при составе	1 : 4	0,52
„ „	1 : 3,5	0,50
„ „	1 : 3	0,44

Таким образом центробежный бетон имеет довольно низкий водоцементный фактор, а это обусловливает его более высокую прочность при всех прочих равных условиях.

Указанные цифры могут быть рекомендованы для проектировки бетона как ориентировочные. Конечно при большем числе оборотов следует ожидать еще некоторого уменьшения водоцементного фактора.

4) Данные опытного лабораторного исследования

Опыты Инст. вод. и сан. техн. позволили притти к следующим выводам [1]:

а) Не только первоначальный при одной и той же консистенции бетона, но и остающийся водоцементный фактор тем больше, чем меньше жирность бетона.

б) Количество вытесненной во время центрофугирования труб воды относительно меньше при жирных бетонах, нежели при тощих.

Это видно хотя бы из следующей таблицы, где приведены количества вытесненной воды в процентах по отношению к количеству воды, введенному в бетон при его затворении:

Номинальный состав бетона	% вытесненной воды
1 : 3	23,5
1 : 3,5	31,5
1 : 4	33,5

в) Число оборотов. Оптимальное число оборотов формы при загрузке получается при отношении величины центробежной силы (на 1 $см^2$ поверхности стенки формы) к весу стенки (на 1 $см^2$), равном 5,8. Окружная скорость вращения формы получается при этом в пределах 3,0 и 4,0 *м/сек*.

Число оборотов уплотнения на качество изготовляемых труб не влияет. Поэтому и при уплотнении мы полагаем целесообразным исходить из величины центробежного давления. Величина центробежной силы при уплотнении получалась у нас около 0,5—0,7 $кг/см^2$. Если принять во внимание предположение, что величина центробежной силы может быть увеличена до 1,0 $кг/см^2$, то можно отметить, что при проектировании числа оборотов возможно исходить из величины центробежного давления в указанных пределах.

Для ориентировочного определения числа оборотов формы при загрузке ее материалами возможно пользоваться формулой:

$$n = 882 \sqrt{\frac{1}{R + \frac{r^2}{R + r}}}$$

где: n — число оборотов формы в минуту;
R — наружный радиус трубы в *см*;
r — внутренний „ „ „ „

г) Распределение материалов. Жирный бетон позволяет получать более гладкую внутреннюю поверхность труб, при этом за счет некоторого избытка цемента на внутренней поверхности образуется слой в несколько миллиметров, сглаживающий шероховатость и оказывающийся как бы плотной водонепроницаемой штукатуркой.

Отношение объема бетона, введенного в форму, к объему центробежного бетона, которое можно назвать коэфициентом уплотнения, оказывалось в пределах 1,19 — 1,23.

[1] Геннев Н. Н., Бетонные и железобетонные трубы (Доклад IV Всес. вод. и с. т. съезду, 1931.)

Вообще величина коэфициента уплотнения зависит от числа оборотов формы, от времени ее вращения, от соотношения количества инертных материалов и цемента, от водоцементного фактора и т. д. и может быть установлена для данных материалов лишь опытным путем. Факт уплотнения бетона при центрофугировании говорит о том, что:

а) расход цемента на 1 $м^3$ бетона готовых труб больше, чем расход цемента, отнесенный к объему затворенного бетона.

Это необходимо учитывать при подсчете потребного количества материалов;

б) высота бортов бандажей форм должна быть больше толщины стенки труб. Это увеличение должно быть предвидено ориентировочно с некоторым запасом (например 10 *мм*).

Проектирование состава бетона может производиться обычным порядком (согласно теории Абрамса), при этом следует учесть отмеченное выше уменьшение водоцементного фактора.

Расчетные временные сопротивления бетона определяются уже по истинному водоцементному фактору.

Таким образом порядок проектирования бетона представляется в следующем виде:

1. Задаются консистенцией бетона с осадкой конуса в пределах 20—25 *см*.

2. Задаются временным сопротивлением бетона.

3. По графику зависимости временного сопротивления и водоцементного фактора определяют величину последнего.

4. Производят ряд пробных замесов для отыскания номинального состава бетона; при этом количество воды в замес берется по определенному водоцементному фактору, увеличенному на отношение первоначального водоцементного фактора к истинному, который соответствует данному номинальному составу.

При отмеченных экспериментальных работах по изготовлению труб расчеты количества арматуры производились в предположениях:

1) допускаемого напряжения железа на растяжение в 1000 *кг/см*^{2};
2) допускаемого напряжения бетона на растяжение в 25 *кг/см*^{2};
3) отношения модулей упругости железа и бетона, равного 10.

При этом коэфициент армирования получался около трех.

5) Меры защиты труб от разрушения

Не во всех однако случаях центробежные трубы годны для укладки без специальных мер защиты их от разрушения.

Это видно хотя бы из того, что Германия, родоначальница центробежных труб, изготовляет центробежные трубы с асфальто-бетонной оболочкой (наружной или внутренней, или же наружной плюс внутренняя), причем оболочки эти наносятся путем центрофугирования.

Что касается труб с внутренней оболочкой, то в свежеобработанную на центрофуге железобетонную трубу закидывают остроугранный щебень, который под действием центробежной силы почти до половины величины своих зерен вдавливается в бетон и прочно держится в нем.

Помещаемая затем асфальтобетонная оболочка цепляется за выступающие острые ребра гравия.

Между изготовлением самой трубы и нанесением центрофугированной асфальтобетонной оболочки проходит не менее 15—20 дней для просушки трубы.

При трубах с наружной защитной оболочкой сначала в центрофуговочную машину вносится и обрабатывается слой асфальтового бетона (12—20 *мм*), на внутреннюю сторону этого слоя накидывают (еще до охлаждения асфальтового бетона) слой остроугранного каменного щебня, предварительно нагретого. Действием центрофуги щебень вдавливается приблизительно до половины в асфальт, щебень плотно охватывается асфальтовым бетоном, и представляет собою хорошую основу для дальнейшего центробежного бетона. Остроугранный щебень дает таким образом зубчатое сцепление между асфальтобетонным кожухом и железобетонной трубой.

6) Типы труб и соединение их между собой

Железобетонные трубы могут быть раструбными и безраструбными. Концы безраструбных труб могут быть разной формы: без четвертей и с четвеотями.

Трубы с четвертями предпочтительнее, так как четверти позволяют легко центрировать трубы относительно поодольной оси, во-первых, и сделать шов более водонепронецаемым, во-вторых. Для увеличения водонепронецаемости шва между четвертями может быть заложена водонепроницаемая мастика.

Длина железобетонных труб обычно от 3 до 5 *м*. Толщина стенок труб зависит от внутреннего давления и качества бетона.

Ориентировочная толщина стенок:

Диаметр труб *мм*	Толщина стенок *мм*
200—500	40—70
500—000	50—100

Стенки труб толщиной в 5—6 *см* могут иметь одиночную арматуру. При толщине стенок 6—7 *см* и более арматура может быть двойная.



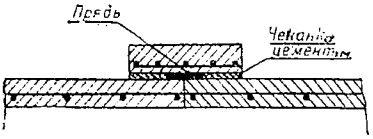
Фиг. 214. Муфта, набиваемая на месте.

Соединение безраструбных труб между собой может быть осуществлено помощью муфт металлических и железобетонных.

а) Муфта набивается на месте укладки (фиг. 214). Это соединение применимо лишь

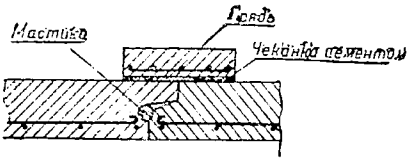
при коротких участках труб (во избежание появления трещин от усадки) в трубопроводах с малым гидростатическим давлением и при условии расположения уровня грунтовых вод ниже подошвы трубы.

б) Железобетонная муфта, изготовленная на заводе (фиг. 215).



Фиг. 215. Муфта заводского изготовления.

в) То же при заделке стыка с применением водонепроницаемой мастики, с конопаткой прядью и зачеканкой цементом — как и в чугунных трубах (фиг. 216). Четверти труб имеют желобки, образующие замкнутое пространство, заполняемое при укладке труб мастикой.

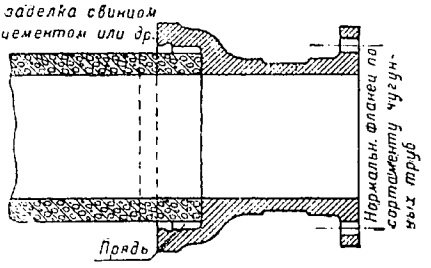


Фиг. 216. Соединение железобетонных труб с чугунными.

Заделка стыков раструбных железобетонных труб производится или полностью — так, как и при чугунных трубах или с заменой пряди битуминозной мастикой.

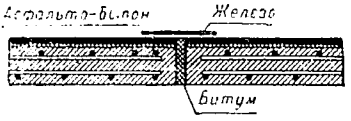
Соединение водопроводной арматуры и фасонных частей с железобетонными трубами производится посредством чугунных (фиг. 217) или железных сварных патрубков.

При опасности повреждения труб кислотами могут быть уложены железобетонные

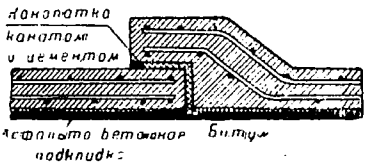


Фиг. 217. Соединение посредством патрубка

трубы с наружным слоем из асфальто-бетона (фиг. 218), а для пропуска вод, содержащих



Фиг. 218. Наружная изоляция железобетонных труб



Фиг. 219. Внутренняя изоляция железобетонных труб

значительное количество кислот — трубы с покрытием слоем асфальто-бетона изнутри трубы (фиг. 219).

Проф. *Н. А. КАШКАРОВ*

XI. РЕЗЕРВУАРЫ И ВОДОНАПОРНЫЕ БАШНИ

1. Определение требуемой емкости запасных и водонапорных резервуаров

Требуемая емкость каждого резервуара определяется в зависимости от часовых колебаний притока воды в резервуар и расхода воды из него.

Для запасных резервуаров чистой воды у фильтровальных станций приток обычно бывает равномерным (в виду равномерности работы фильтров), потребление же зависит от работы насосов; сверх того в этих резервуарах содержится также вода для промывки фильтров и иногда пожарный запас (на тушение пожара в течение 3 час.).

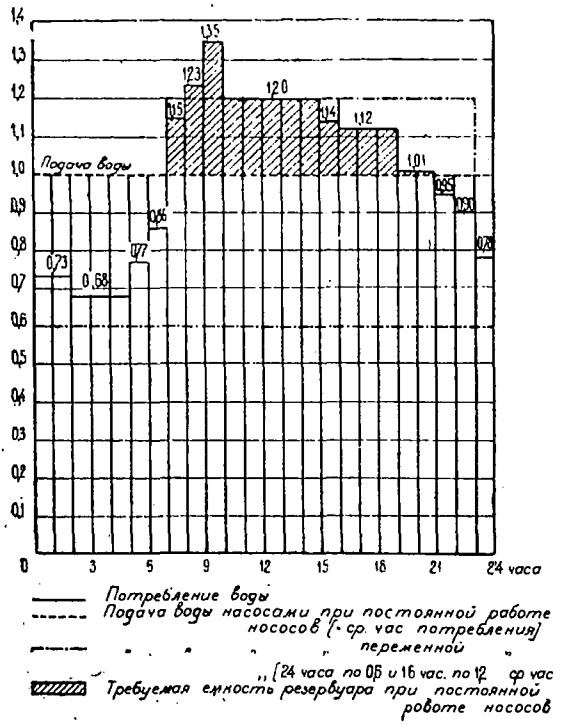
Вода поступает в водонапорные резервуары самотеком или подается насосами, а расходуется непосредственно для питания сети, согласно графика колебания часового потребления воды.

На промышленных предприятиях получасовой запас воды на тушение пожара из внутренних пожарных кранов также должен, согласно требованиям пожарной охраны, содержаться в водонапорном резервуаре. Запас воды на наружное пожаротушение помещается в водонапорных резервуарах лишь в редких случаях, когда отметка этого резервуара, определенная по величине требуемого хозяйственного напора, достаточна для тушения пожара.

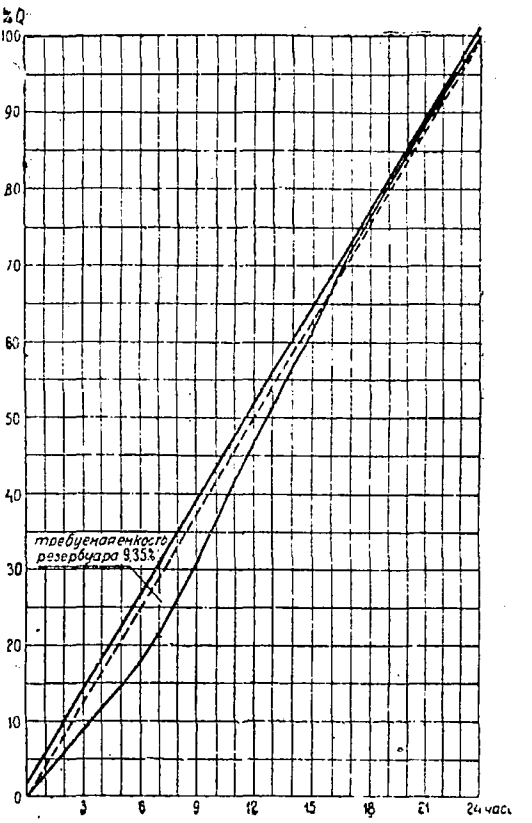
Техническое водоснабжение промпредприятий обычно имеет незначительные часовые

колебания потребления, и насосы устанавливаются для обеспечения наибольшего часового потребления; водонапорные резервуары устраиваются только для тех цехов, в которых перерыв подачи воды вызвал бы аварию, например на металлургических заводах—для доменного и мартеновского цехов, для которых необходимо иметь запас воды не менее, чем на 20—30 мин. работы. Однако даже при таком незначительном запасе воды, емкость и стоимость водонапорных резервуаров получаются высокими, и эти резервуары устраиваются только в случае, если нет полной гарантии беспрерывности работы насосов Такой гарантией является или подводка к насосной станции электроэнергии от 2 электростанций или установка, сверх основных электродвигателей, запасных насосных агрегатов, приводимых в движение паротурбинами или двигателями внутреннего сгорания, причем запасные двигатели всегда должны быть готовы к работе; эти агрегаты могут устанавливаться не на полную потребность в воде предприятия, а только на потребность тех цехов, которые не допускают перерыва подачи воды.

Для определения наименьшей необходимой регулирующей емкости резервуара надо составить таблицу, указывающую для каждого часа подачу воды в резервуар, расход из резервуара и разность между ними; по этой таблице определится количество воды, которое должно находиться в резервуаре в различные часы суток, и наибольшее из этих количеств укажет емкость резервуара. Таблицу удобно составлять не в единицах объема, а в процентах от среднего часового расхода воды. Определив емкость резервуара по дню наибольшего потребления воды, следует проверить ее также по дню среднего потребления,



Фиг. 220. Ступенчатая диаграмма для определения емкости резервуара.



Фиг. 221. Построение кривой Мюллера.

в течение которого число часов работы насосов будет меньшее.

Для наглядности весьма удобно представлять данные этой таблицы в виде диаграммы, которая может быть построена двумя методами:

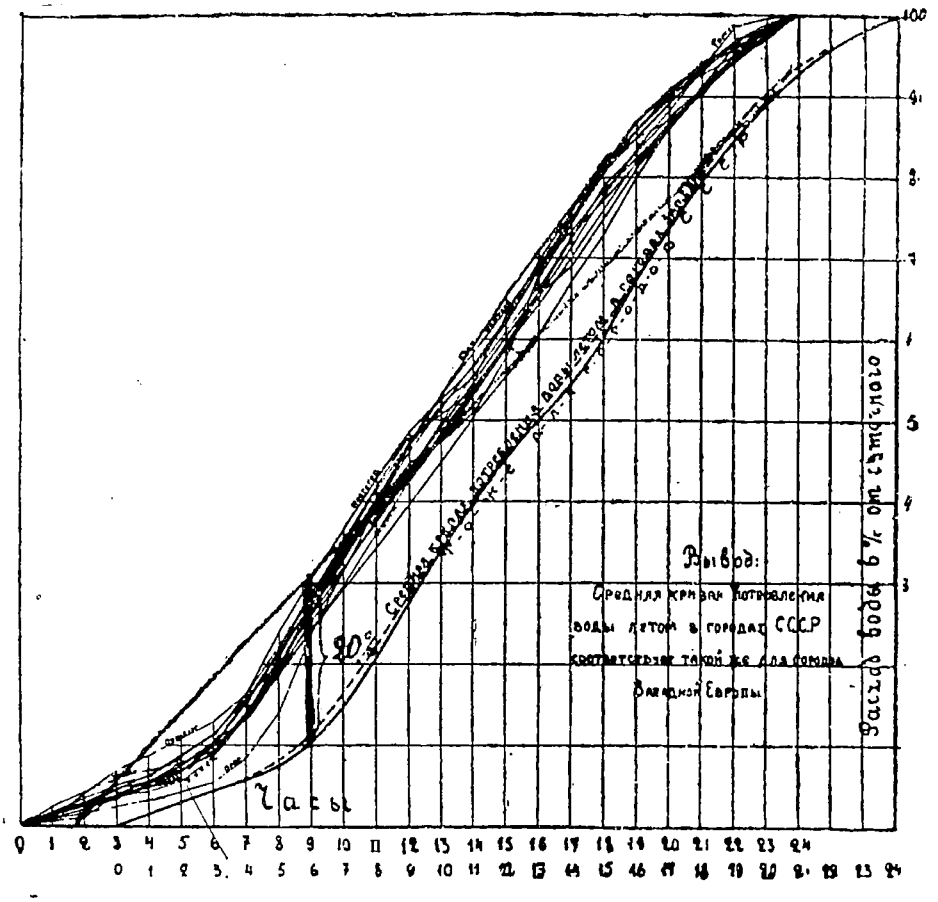
а) ступенчатая диаграмма (черт. 220), по оси абсцисс откладываются часы, причем каждому часу соответствует потребление воды в те же часы, и количество воды изображается для одного часа в виде площади прямоугольника, а для суток — площадью, ограниченной на чертеже ломанной линией (сплошная линия на фиг. 220); подобным образом откладывается и приток воды (пунктирная линия); площади потребления воды и подач воды в течение суток — равновелики. Площадь, заштрихованная — выражает требуемую емкость резервуара. Диаграмма составлена для коэфициента часовой неравномерности потребления 1,35 (по данным Москвы); при равномерной подаче воды в резервуар в течение 24 час. получается требуемая емкость резервуара 2,24 от среднего часового или 9,35 % от наибольшего суточного потребления.

б) Интегральная кривая (кривая Мюллера): по абсциссам откладывается время, причем каждому часу соответствует точка, а по ординатам — потребление (или подача) воды с начала суток до данного часа. Ход потребления или подачи за сутки изображается в виде кривой более пологой в часы с малым потреблением и более крутой в часы большего потребления. Кривая подачи воды должна касаться кривой потребления, и тогда наибольшая разность их ординат будет выражать требуемую емкость резервуара.

уменьшается до 1,23 от среднего часового или 5,13% от суточного потребления.

Фиг. 222 дает кривые фактических колебаний расхода в ряде городов Союза и среднюю из этих кривых (взято из статьи Н. И. Фальковского в журнале „Санитарная техника", 1928 г. № 2); при этой кривой требуемая емкость резервуара для равномерной работы насосов в течение 24 час. равна 20%.

На практике коммунальные водопроводы имеют водонапорные резервуары емкостью



Фиг. 222. Кривая Мюллера по данным городов Союза.

На фиг. 221 построена кривая для того же случая, как ступенчатая диаграмма на черт. 220; при равномерной работе насосов круглые сутки сначала соединяем наклонной линией конечные точки кривой потребления, а затем проводим прямую, параллельную к этой наклонной и касательную к кривой потребления.

На фиг. 220 двойным пунктиром (тире и точки) нанесена подача воды при неравномерной работе насосов, когда одна группа насосов работает 24 часа, а вторая группа (такой же производительности) добавляется к первой в течение 16 часов (от 7 до 23 час.); при этом требуемая емкость резервуара

15 — 20% от наибольшего суточного потребления при равномерной работе насосов и 5 — 10% при неравномерной.

2. Подземные резервуары

В зависимости от отношения отметки дна резервуара к отметке уровня земли в месте его расположения, резервуары устраиваются или подземными или расположенными на водонапорной башне.

Подземные резервуары, для удешевления земляных работ, следует погружать в землю не слишком глубоко, до надежного основания,

чтобы избежать водоотлива и обсыпать снаружи слоем земли для утепления; экономично заглублять резервуар настолько, чтобы объем вынутого грунта равнялся объему обсыпки.

Подземные резервуары рационально устраивать из железобетона, круглые или прямоугольные в плане; резервуары круглые в плане перекрываются куполом, а прямоугольные — безбалочным покрытием. Круглые резервуары полезной емкостью до 1000 — 1250 $м^3$ требуют меньшей затраты бетона и арматуры, чем прямоугольные, но при большем диаметре стрела подъема свободного покрытия (которую принимают равною около $^1/_5 — ^1/_7$ диаметра резервуара) будет слишком велика, и потому плоское (безбалочное) покрытие для больших резервуаров (свыше 1250 $м^3$) является более распространенным, а вместе с тем и форма резервуара в плане принимается прямоугольная.

Для круглых подземных резервуаров емкостью 50 — 1250 $м^3$ составлены (автором настоящего очерка) стандартные проекты, которые подвергались предварительному просмотру Иннорса и теперь переработаны по „Техн. усл. для проектирования ж. б. сооружений", изданным осенью 1931 г.

В стандартных резервуарах купол армирован однообразной конструктивной арматурой, и весь распор передается на сильное кольцо; такое армирование упрощает укладку арматуры и вполне допустимо при равномерной нагрузке купола подземных резервуаров.

Вся нагрузка от веса купола, засыпки над ним и веса стен передается на ленточный железобетонный фундамент, устраиваемый под стенкой в виде кольца, ширина которого определяется по величине допускаемого давления на грунт; все остальное днище резервуара не рассчитывается на передачу нагрузки от стен на грунт и служит лишь для водонепроницаемости, а потому устраивается по конструктивным соображениям в виде плиты, толщиной 10 — 12 *см*, из железобетона с легкой арматурой. Под железобетонным днищем укладывается слой тощего бетона (состава 1 : 4 : 8), толщиной около 10 — 20 *см*, в зависимости от грунта.

Предлагаемый тип днища пригоден лишь для тех случаев, когда грунтовые воды не поднимаются выше уровня подошвы резервуара; в противном случае днище будет испытывать наружное давление от грунтовых вод (при порожнем резервуаре) и потому все днище должно быть рассчитано на это давление.

Резервуары для такого случая не являются стандартными и должны быть рассчитываемы в зависимости от заглубления днища ниже уровня грунтовых вод.

В днище резервуаров устраивается приямок (углубление) для помещения в нем сетки водоприемной трубы, а также для спускной (грязевой) трубы для опорожнения резервуара; благодаря устройству приямка мертвое пространство в самом резервуаре уменьшается до нуля. При постройке размер приямка должен быть выбран в соответствии с диаметром водоприемной трубы и размерами водоприемной сетки.

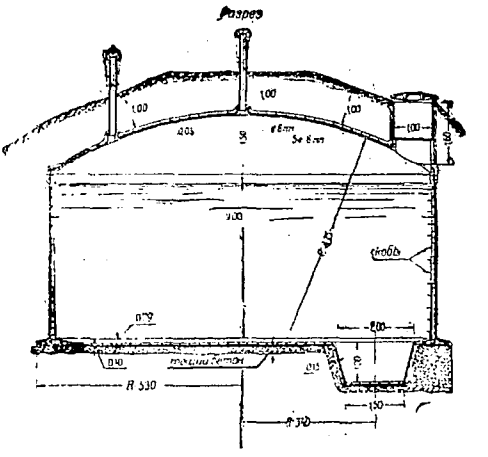
Нагрузка на перекрытие резервуара принята слоем земли толщиной 1 *м*; если по климатическим условиям такая толщина слоя земли недостаточна для утепления, то выгоднее делать засыпку не землей, а каким-либо иным материалом с меньшей теплопроводностью (торфом, шлаком).

Нагрузка над поверхностью засыпки принята снегом, весом в 100 *кг* на 1 $м^2$; насыпь над резервуаром не предназначена для хождения по ней (во избежание загрязнения воды).

Внутренняя поверхность стен и днища для обеспечения водонепроницаемости должна быть оштукатурена чистым цементным раствором с добавлением черезпта.

Стандарты разработаны для полезной емкости резервуаров: 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 800, 1000 и 1250 $м^3$ (всего 15 резервуаров). Для каждого резервуара фундаменты рассчитаны для грунтов с допускаемым давлением 2,0; 1,75, 1,50, 1,25 и 1,0 *кг* на 1 $см^2$.

Для выяснения наивыгоднейшего диаметра резервуара каждой емкости был предварительно произведен ориентировочный расчет для 3 различных диаметров и определена кубатура железобетона (однако без учета земляных работ) и окончательно приняты те диаметры, которые дали наименьшую кубатуру.

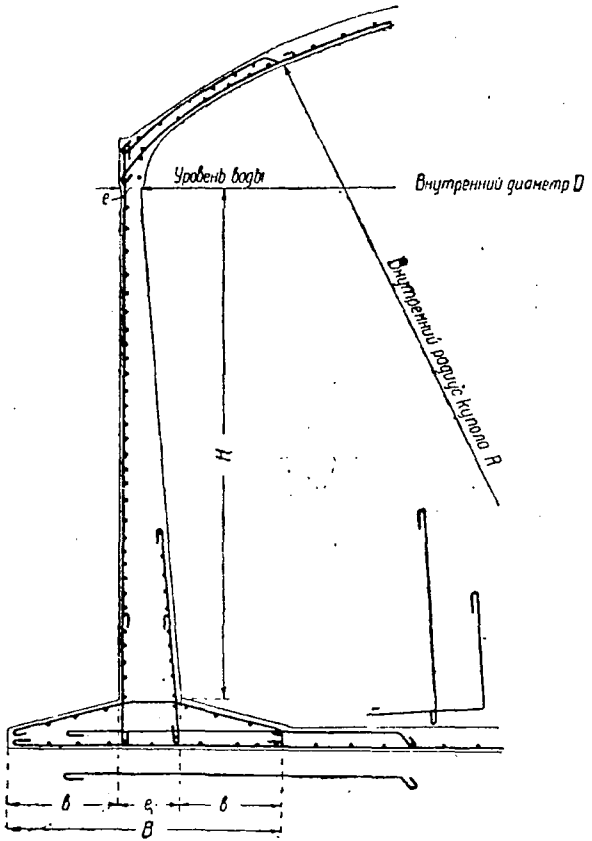


Фиг. 223. Круглый подземный резервуар с купольным перекрытием.

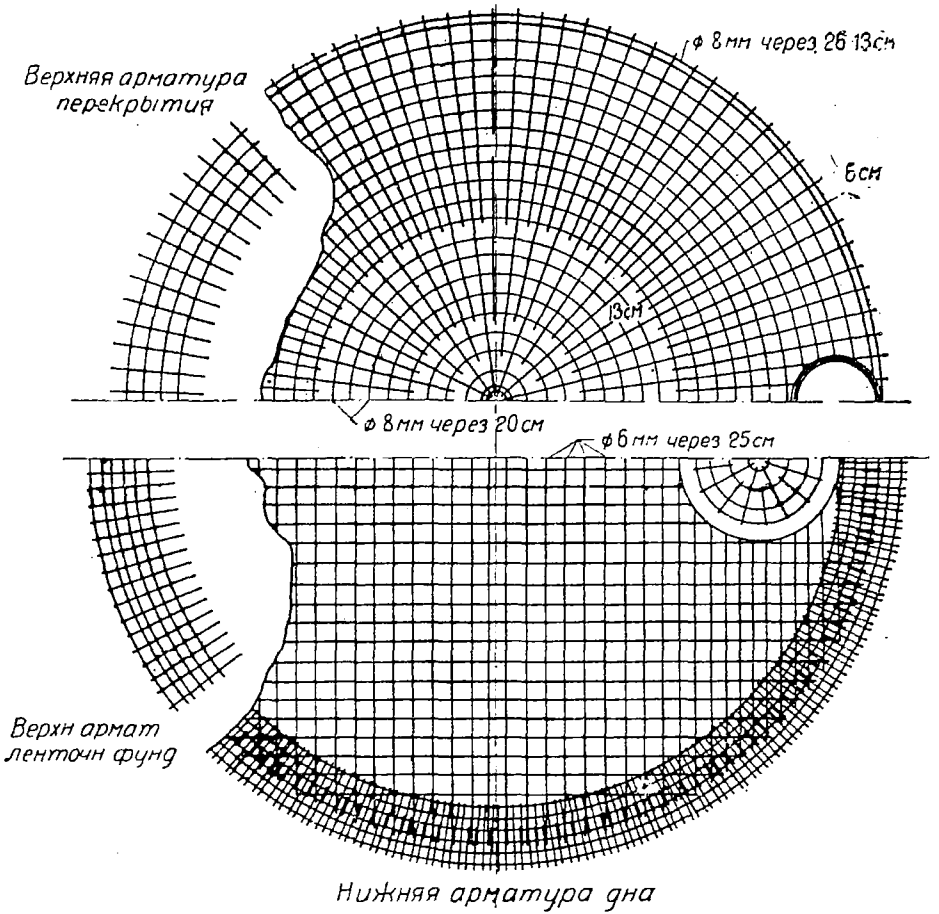
Фиг. 223 представляет разрез резервуара емкостью 300 $м^3$, а фиг. 224 план арматуры купола и днища; фиг. 225 дает разрез резервуара с буквенным обозначением всех размеров, необходимых для конструирования; числовые значения величин приведены в сводной табл. 75 конструктивных размеров.

Железобетонные резервуары прямоугольные в плане, обычно имеют глубину воды 3,5 — 5,0 *м* и расстояние между осями колонн, поддерживающих безбалочное перекрытие также 3,5 — 5 *м* (чаще 4 — 4,5 *м*).

Железобетонные стены прямоугольного резервуара (фиг. 226) обычно выгодно рас-



Фиг. 225. Круглый резервуар (основные размеры).



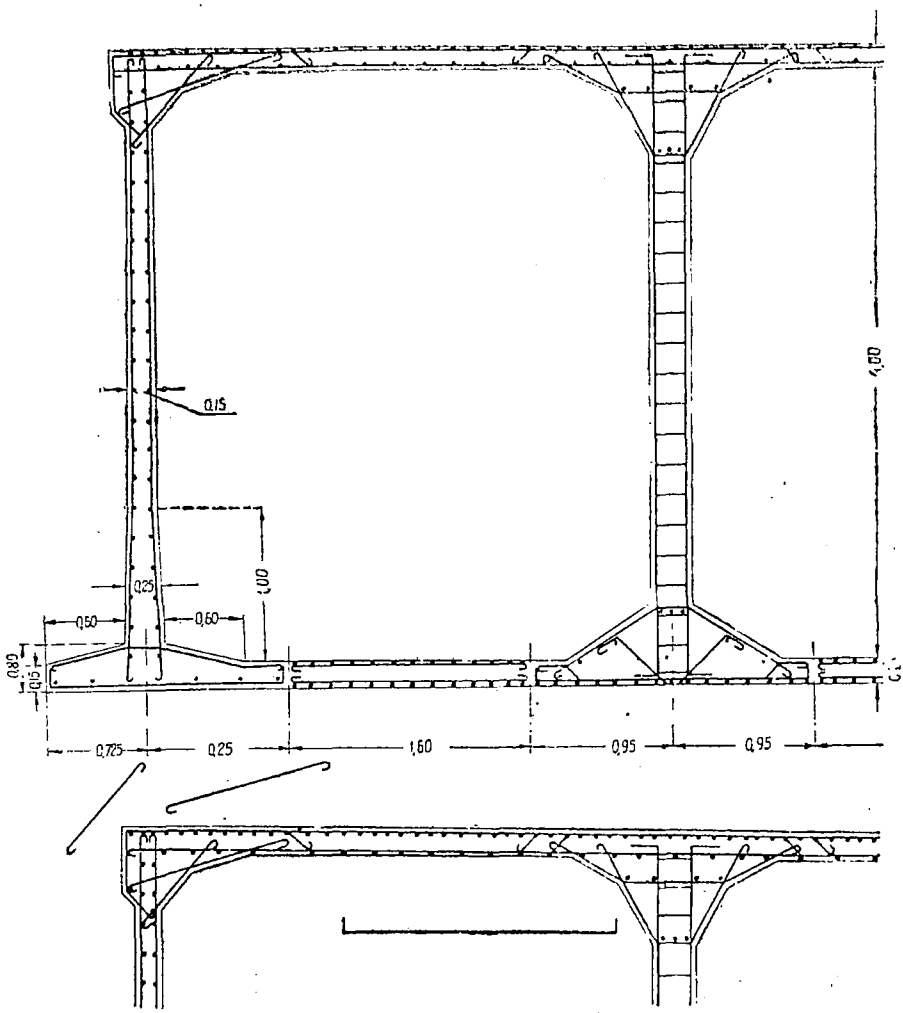
Фиг. 224. Арматура круглого резервуара.

Таблица конструктивных размеров подземных железобетонных резервуаров *Таблица 75*

1. Полезная емкость	*м*³	50	75	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	800	1 000	1 250
2. Внутр. диаметр	*м*	5,0	5,5	6,0	6,6	7,0	8.0	9.0	9,7	10,3	10.9	12.0	13,0	14,5	15,5	17,0
3. Глубина воды	*м*	2,6	3,2	3,6	3,7	3,9	4,0	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,85	5,3	6,6
Купольное покрытие																
4. Внутр. радиус	*м*	3,65	4,0	4,6	5,0	5.4	6,6	7,95	8,6	9,35	10,0	11,4	12,35	13,55	14,6	15,7
6. Стрела подъема	*м*	1,00	1,10	1,15	1,25	1,30	1,35	1,40	1,50	1,55	1,60	1,70	1,85	2,10	2,25	2,50
6. Толщина купола	*см*	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10
7-а. Кольцевая арматура: число стержней на 1 *пог. м*		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7-б. Диаметр стержней	*мм*	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
8-а. Радиальная арматура: сред. чис. стержн. на 1 *пог. м*		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8-б. Диам. стержней	*мм*	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
8-в. Длина добавочных верхних радиальн. стержней у пят купола	*см*	70	75	80	85	90	100	110	120	125	130	140	150	165	175	190
9-а. Требуемая площадь сечения арматуры опорн. кольца	*см*²	6,35	7,60	9,50	11,60	13,70	19,0	26,2	30,7	35,4	40,4	51,0	59,5	72,8	83,2	98,5
9-б. Число стержн. в опорном кольцо		4	4	5	6	7	5	7	8	7	8	8	9	9	10	11
9-в. Диаметр стержней	*мм*	16	16	16	16	16	22	22	22	25	25	29	29	32	32	32
10-а. Высота сечения опорного кольца	*см*	20	20	25	30	30	30	35	35	35	35	35	35	35	40	45
10-б. Ширина сечения	*см*	15	15	15	15	15	20	20	20	25	25	30	30	30	30	30
Стенки																
11. Толщина по уровне воды	*см*	8	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
12. Толщина у дна	*см*	8	9	10	10	10	11	12	13	1	16	18	19	23	27	31
13. Горизонт арматуры:																
а) диам. стержней	*мм*	8	8	8	10	10	10	10	13	13	13	13	13	16	16	16
б) число стержней на глубине 0—1 *м*		6	6	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
в) „ „ „ 1—2 *м*		8	9	10	8	8	9	10	6	7	7	8	8	6	6	7
г) „ „ „ 2—3 *м*		5+3	9+5	10+5	8+4	8+4	9+4	11+4	7+2	8+3	9	12	12	9	10	10
д) „ „ „ 3—4 *м*						7+7	9+9	11+10	6+6	7+7	7+7	8+8	8+8	8+4	10+3	12+2
е) „ „ „ 4—6 *м*									1+1	2+2	3+3	4+4	5+5	6+6	8+8	9+9
ж) „ „ „ 5—6 *м*															3+3	6+6
14. Вертикальная арматура:																
а) диаметр	*мм*	6	6	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	13	13
б) наружн. арм.: число стержней, идущих по всей высоте (на 1 *м* шир.)		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
в) число добавочных стержней у дна		4	6	4	4	4	6	6	8	8	6	6	6	8	4	4
г) длина их (от верха опорной плиты)	*м*	0,50	0,60	0,60	0,65	0,65	0,70	0,70	0,70	0,70	0,75	0,75	0,75	0,90	0,90	1,0
д) внутренняя арматура: число стержней		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
д) длина их (от верха опорной плиты)	*м*	0,90	1,10	1,20	1,25	1,30	1,35	1,35	1,40	1,40	1,45	1,45	1,50	1,65	1,80	1,90
ж) число добав. стерж.		4	6	4	4	4	6	6	8	8	6	6	6	8	4	4
з) длина их (от верха опорной плиты)	*м*	0,50	0,60	0,60	0,65	0,65	0,70	0,70	0,70	0,70	0,75	0,75	0,75	0,90	0,90	1,0
Опорная плита (кольцевая)																
15. Ширина подошвы:																
а) давлен. на грунт 1 *кг/см*²	*см*	50	59	66	70	74	81	92	103	114	116	138	149	173	195	221
б) „ „ „ 1,25	*см*		49	56	60	64	75	82	87	94	106	118	129	153	177	193
в) „ „ „ 1,50	*см*							72	77	84	96	103	113	133	157	173
г) „ „ „ 1,75	*см*								73	—	86	96	103	123	141	161
д) „ „ „ 2,0	*см*											88	93	—	131	145
16. а) Толщина опорной плиты у стенки	*см*	12	13	15	15	15	18	18	20	22	24	27	32	36	40	45
б) то же у края	*см*	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	12	12	12	12	12
17. а) Арматура радиальная диам.	*мм*	6	6	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	13	13
б) число стержней (на 1 *пог. м*) нижней арм.		8	8	8	8	8	8	10	12	12	10	10	10	12	8	8
в) то же верхней		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
18. а) Арматура кольцевая (распред.) диам.	*мм*	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
б) расстоли. между стержн.	*см*	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Днище																
19. Толщина	*см*	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	12	12	12	12	12
20. Диаметр арматуры	*мм*	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
21. Число стержней каждого из двух взаимоперпендикулярных направл. (на 1 *м*)		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

считывать и армировать как плиту, опирающуюся на дно и на перекрытие резервуара и жестко с ним связанную (т. е. расчетную арматуру расположить в вертикальном направлении, а распределительную в горизонтальном); близ углов горизонтальная арматура усиливается (фиг. 227 и 228).

В более мягком климате иногда устраивают железобетонные резервуары, обсыпанные с боков землей, но с деревянным покрытием в виде многогранной пирамиды из досчатых стропильных ног, с досчатой же обшивкой и с кровлей. покрытой толем или железом.



Фиг. 226. Резервуар с безбалочным перекрытием.

Подземные резервуары из кирпичной и бутовой кладки должны иметь стенки, рассчитанные как подпорные стенки, и потому объем кладки стен будет в несколько раз больше, чем объем железобетона при железобетонном резервуаре; необходимы тщательные мероприятия для достижения водонепроницаемости кладки. Примером большего резервуара из кирпичной кладки может служить резервуар Москворецкого водопровода на Ленинских (б. Воробьевых) горах.

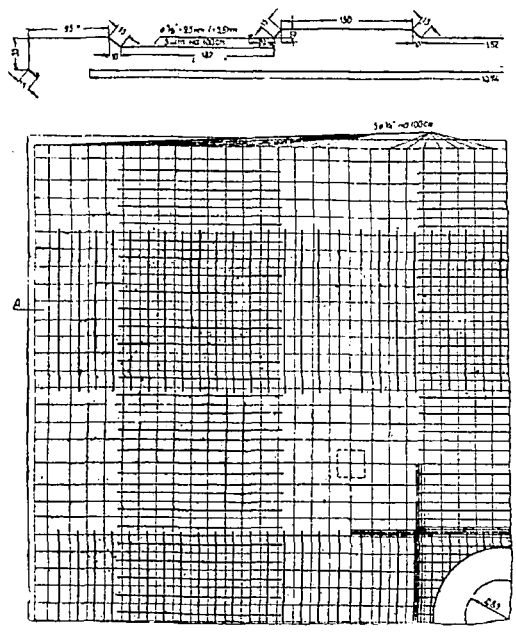
Управлением московского водопровода запроектирован тип резервуара с кирпичными стенками и сборной конструкцией железобетонного перекрытия (фиг. 229). На фиг. 229 показана деталь соединения балки с кирпичной стеной.

При высоте в свету 3,5 *м* резервуар имеет кирпичные стенки с контрфорсами, расположенными через 1,0 *м* ось от оси. Толщина стенок между контрфорсами 0,25 *м* (1 кирпич), с обеих сторон цементная штукатурка (1 : 2) слоем по 2,5 *см*; со стороны земли штукатурка покрывается гудроном, а в случае возможности появления в грунте загрязненных вод, снаружи укладывают еще слой утрамбованной мятой глины. Перекрытие сборной конструкции, все части которой изготовляются на стороне, что позволяет заготовлять их зимой, особо тщательно и с большой экономией опалубки. Перекрытие опирается на колонны,

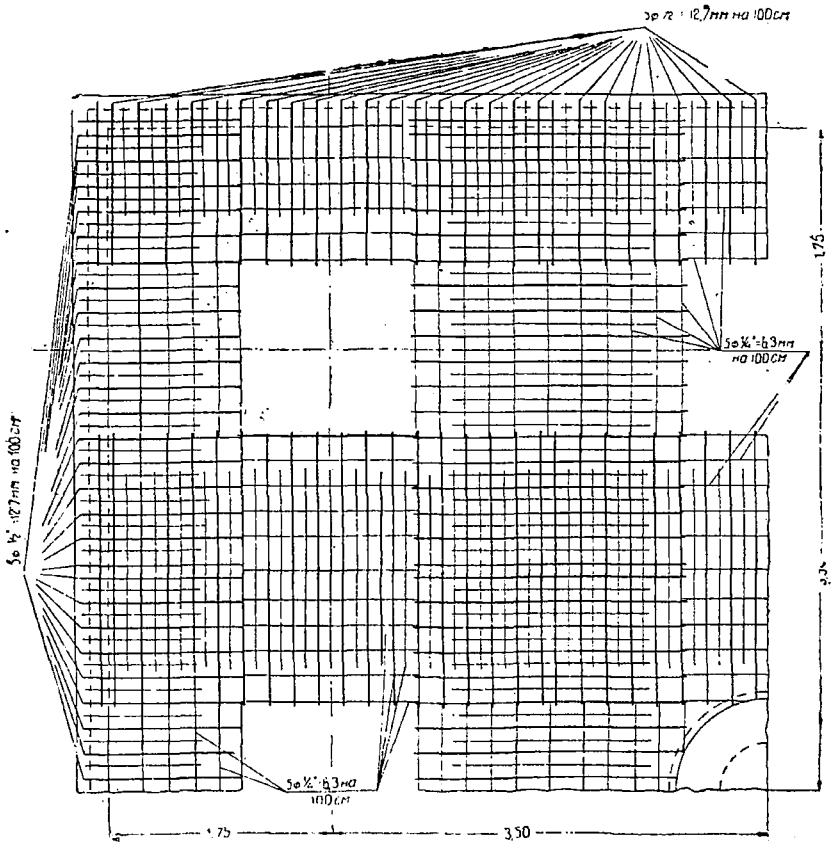
стоящие через 3 *м* сечением 0,2 × 0,2 *м*, низ колонны заделывается в башмак. На колонны настилаются в одном направлении двутавровые железобетонные балки высотой 0,5 *м* и шириной полок 0,35 *м*; на нижнюю полку балок устанавливаются коробчатые балочки размером в плане 1,0 × 3,0 *м* при толщине как плиты, так и стенок 7 *см*; боковые стенки коробки (поддерживающие плиту с 4 сторон) слегка наклонны, и по их укладке в треугольные промежутки между ними вводится арматура и заливается цементным раствором. Сверху перекрытие покрывается гольцементом или рубероидом, которые должны быть уложены особо тщательно над стыками между отдельными коробчатыми элементами перекрытия.

Применение железных баков в качестве резервуара для воды имеет место лишь в исключительных случаях — при наличии неиспользованных готовых нефтяных баков; примером могут служить старый водопровод Сормовского завода и водопровод промыслов Грознефти (фиг. 230).

Бак устанавливается на основании из слоя песка, сверху закрывается железной кровлей по деревянным стропилам и может быть оставлен без утепления, хотя в этом случае зимой возможно образование ледяного слоя внутри бака по его стенкам, которое уменьшит полезную емкость резервуара. Трубы, подхо-



Фиг. 227. Верхняя арматура перекрытия.

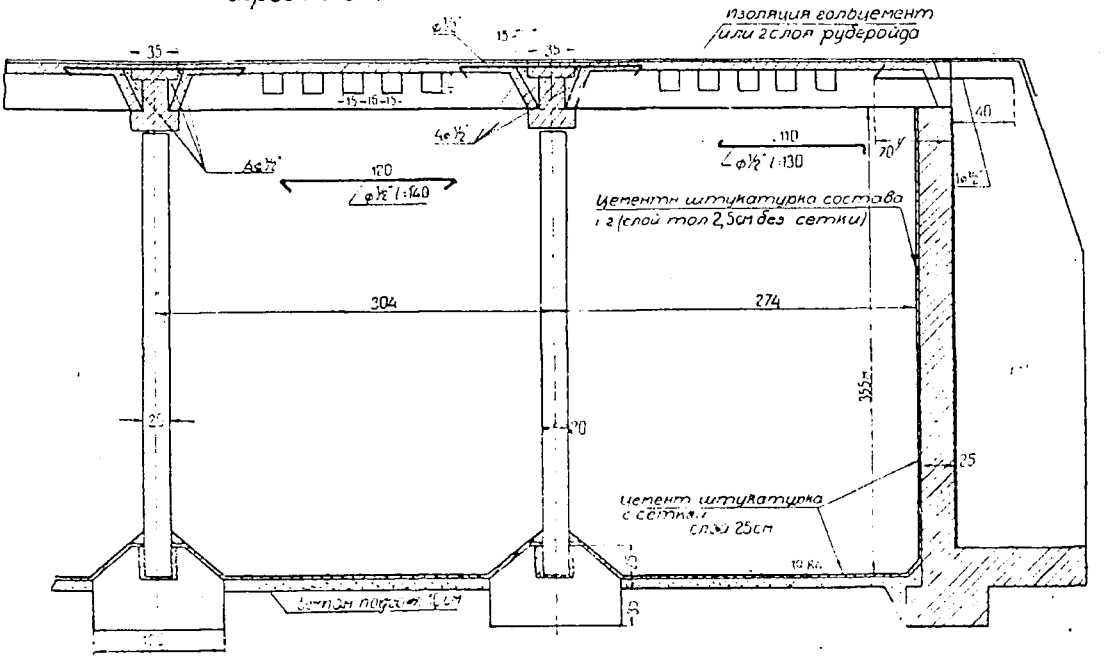


Фиг. 228. Нижняя арматура перекрытия.

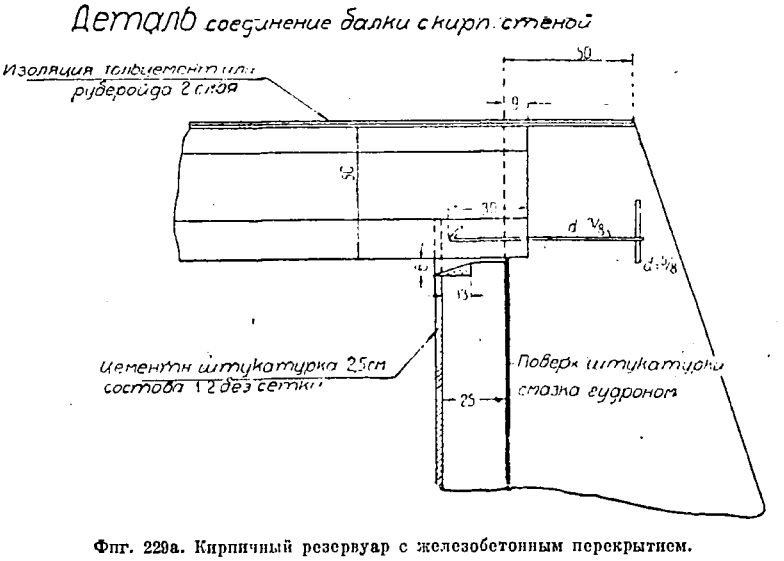
дящие к резервуару, в холодном климате должны быть тщательно утеплены во избежание замерзания.

3. Водонапорные башни

Резервуары, устанавливаемые на башнях, выполняются из железа или железобетона при железных резервуарах и вверх — при железобетонных), причем опорное кольцо резервуара имеет тот же диаметр, как и его стенки, — или же в виде 2 пересекающихся частей: конической близ стенок резервуара и сферической (обращенной выпуклостью вверх) у центра; опорное кольцо помещается под пересечением этих 2 частей днища и имеет



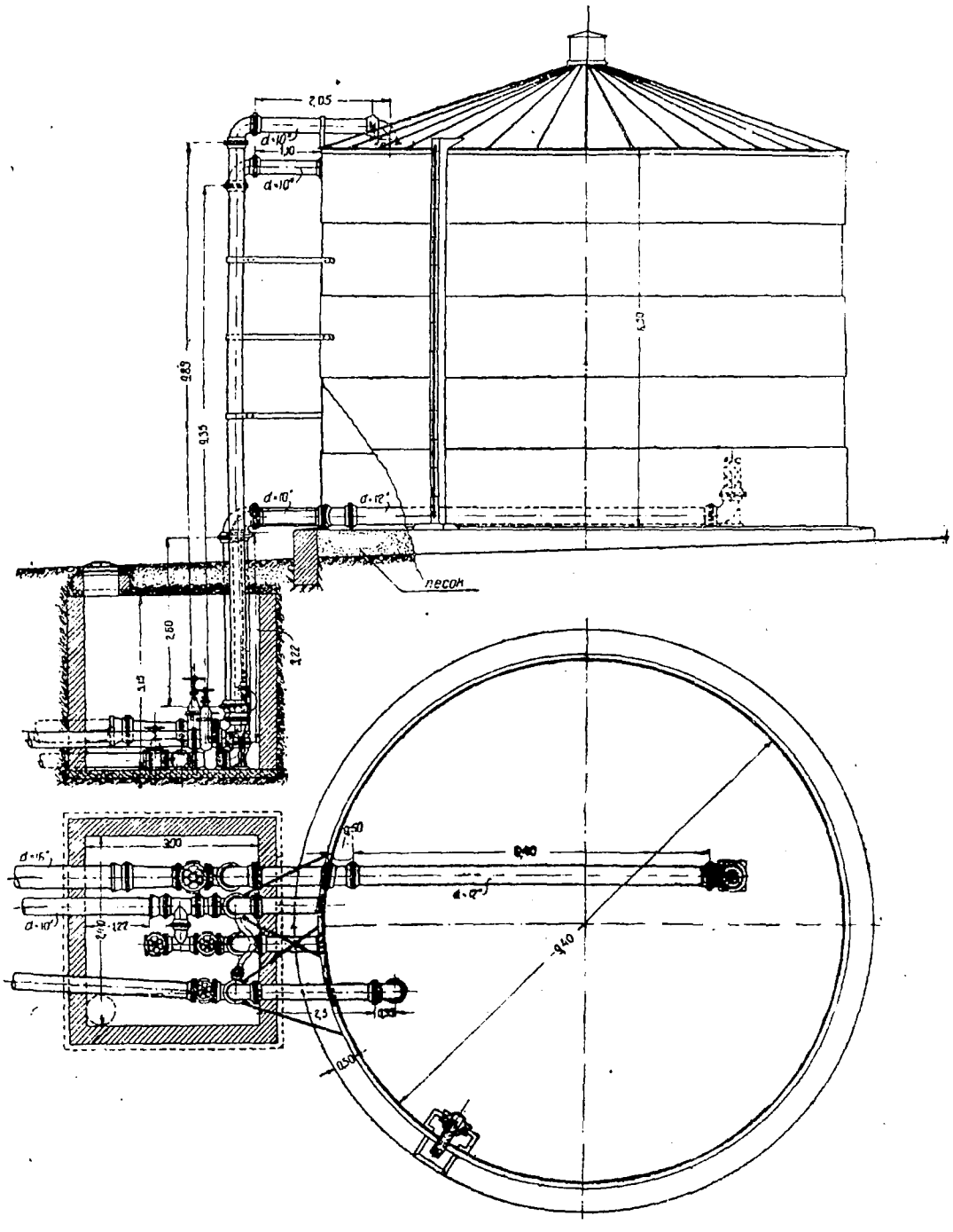
Фиг. 229.



Фиг. 229а. Кирпичный резервуар с железобетонным перекрытием.

(в настоящий период строительства в Союзе — чаще из железобетона).

Резервуары на башнях имеют цилиндрические стенки, днище же бывает или в виде части сферы (обращенной выпуклостью вниз — обычно диаметр $d = \frac{D}{\sqrt{2}}$, где D — диаметр цилиндрических стенок; последний тип резервуара предложен проф. Интце (Германия)



Фиг. 230. Установка железного нефтяного бака в качестве резервуара для воды.

и имеет то преимущество, что диаметр стен водонапорной башни, поддерживающих резервуар будет меньше, а потому и объем кладки (при сплошных стенках) будет меньше, чем при сферическом днище; кроме того опорное кольцо почти не испытывает распора, так как распоры внутренней и наружной частей днища (при указанном отношении их диаметров $D = d\sqrt{2}$) будут почти уравновешиваться.

Цилиндрические стенки резервуара рассчитываются сходно со стенками подземных резервуаров при расчете последних на внутреннее давление воды; учет заделки стенок в днище не всегда производится, так как отношение высоты стенок к диаметру резер

вуара берется большее, чем для подземных резервуаров (ради экономии объема стенок башни).

Вокруг резервуара на башне устраивается шатер, служащий для защиты от охлаждения и, главное, для осмотра резервуара и своевременного его ремонта; последнее особенно важно для железобетонных резервуаров, в которых волосные трещины, незамеченные своевременно, могут заполняться водой и при замерзании ее будут увеличиваться. Для железных резервуаров последняя опасность отсутствует и потому их иногда делают без утепления, ограничиваясь устройством железной кровли по деревянным стропилам, опирающимся непосредственно на стенки резервуара; во избежание образования льда на внутренней стороне стенок эти резервуары можно, вместо устройства шатра, обшивать непосредственно двойным рядом досок с воздушным промежутком и с прокладкой войлока или толя (фиг. 231).



Фиг. 231. Деревянная обшивка по стенкам железного резервуара.

Шатер имеет внутренний радиус, на 0,70 *м* превышающий наружный радиус резервуара; ширина прохода 0,7 *м* в свету является достаточной. Шатер опирается или на железные консольные балки (в случае кирпичных стен башни), или на железобетонные консоли, или же на железобетонную консольную плиту, служащую полом шатра.

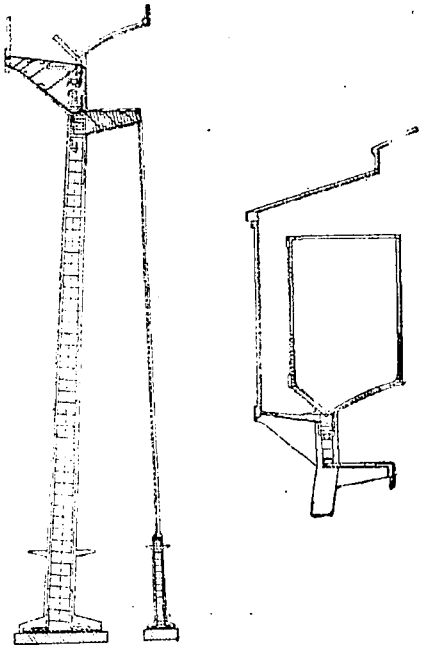
Шатер может быть выполнен из железобетона или из дерева; железобетонный шатер делается толщиной стенок 10 *см* с конструктивной арматурой и снабжается железобетонным купольным покрытием (в виде конуса или части сферы, в зависимости от архитектурной обработки). Деревянный шатер не встречает никаких возражений, так как даже в случае пожара его легко восстановить, если он поддерживается несгораемым железобетонным полом. Для сохранения цилиндрической формы, стенки шатра составляются из стоек, связанных кольцевыми горизонтальными брусьями (или изогнутыми досками) в жесткий каркас, и обшиваются с наружной и внутренней сторон вертикальными досками с засыпкой между ними теплоизолирующего материала; кровля выполняется по деревянным стропилам, опирающимся на стойки.

Стенки утепляются соломитом или камышитом, оштукатуренным изнутри башни, а покрытие — или таким же способом, или теплоизолирующим слоем сверху (алебастр с известью и опилками, в составе 1:3:12 частей, слоем толщиной около 10 *см*, покрытый сверху рубероидом, настилаемым по смазке гудроном; кровля по досчатой обрешетке с воздушным промежутком и др).

Отопления помещения шатра не требуется, так как температура в нем будет зависеть от температуры воды, проходящей через резервуар, и не может быть изменена отоплением.

Для входа в шатер иногда устраивают шахту в центре резервуара диаметром 1,25 — 2,0 *м*, однако устройство таких шахт неконструктивно; лучше устраивать вход в шатер снаружи, с балкона, помещаемого метра на 2 ниже уровня опорного кольца; лестница, ведущая с этого балкона в шатер, окружается снаружи стенками.

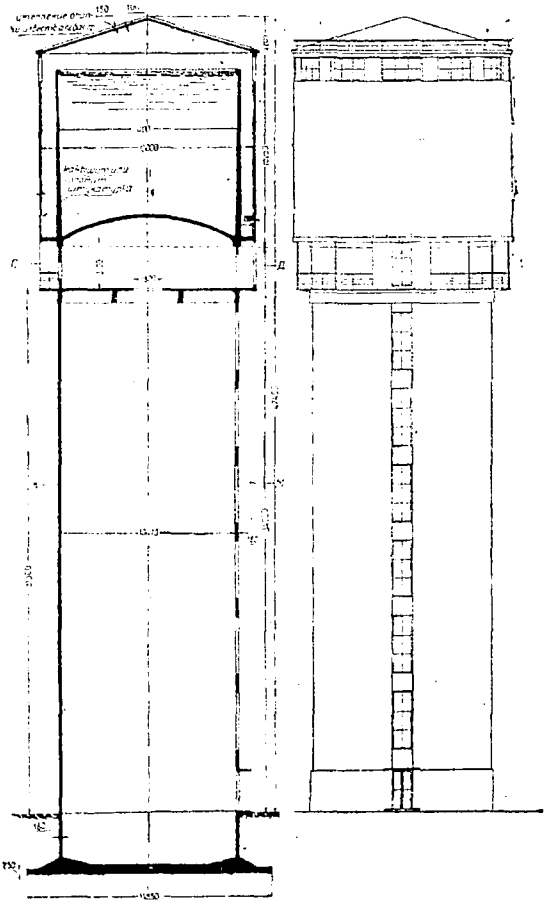
Стены водонапорной башни выполняются или из кирпича, или из бетонитовых камней с прокладкой между ними (для связи) железных стержней (система „Якоби"), или из железобетона; наконец устраиваются еще железные башни (с железным резервуаром) и деревянные (главным образом для



Фиг. 232. Железобетонная водонапорная башня на стойках.

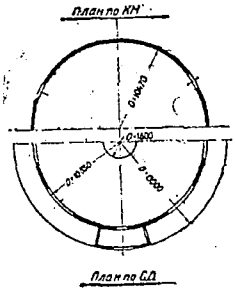
временных водопроводов). Выбор материала зависит от экономических соображений и в частности от имеющихся в наличии материалов.

Железобетонные башни устраиваются двух типов: из стоек, связанных горизонтальными



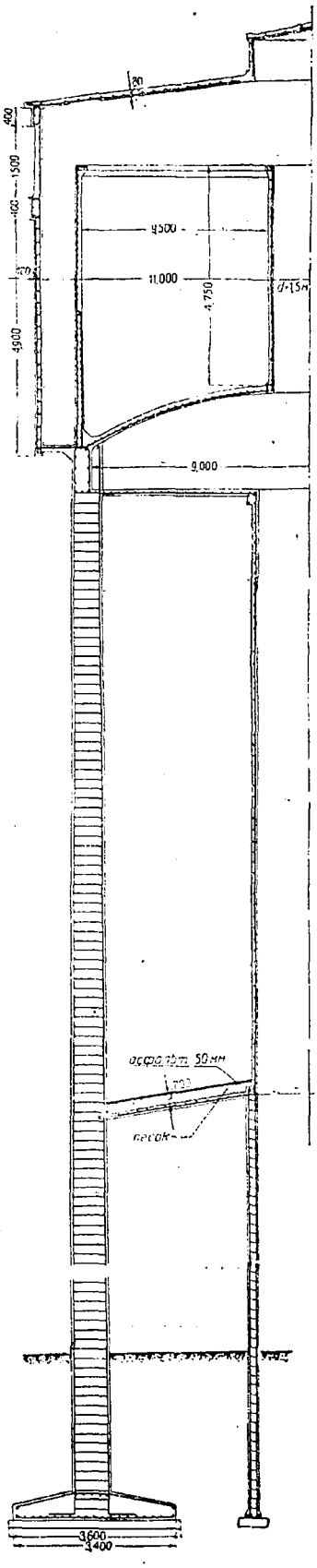
Фиг. 233. Железобетонная водонапорная башня цилиндрическая.

обвязками через 3 — 5 *м* по высоте (фиг. 232), или в виде сплошного цилиндра со стенками постоянной толщины, устраиваемого с помощью подвижной опалубки (так называемых „джеков") (фиг. 233 и 233а); последний тип приводит к существенной экономии лесного материала и упрощает и ускоряет производство работ, а потому при стремлении экономить лесоматериалы заслуживает безусловного предпочтения.



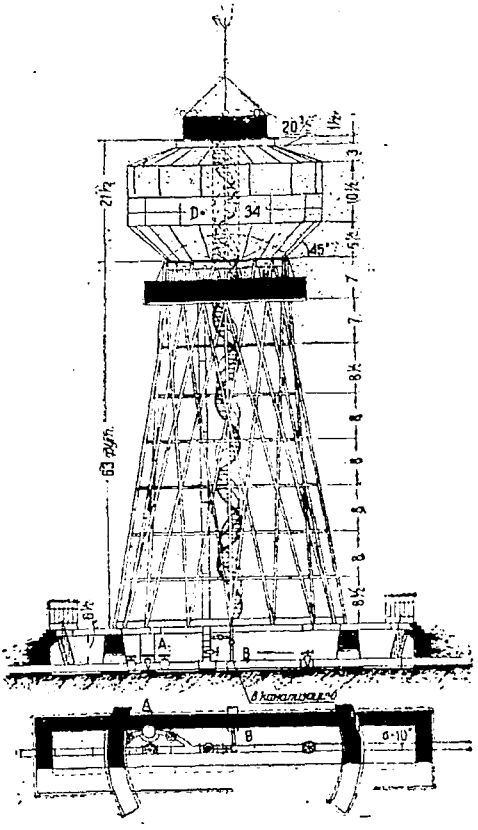
Фиг. 233а. Цилиндрическая башня (план).

Железобетонные стенки башни утепляются соломитом или камышитом с оштукатуркой, или же ограничиваются устройством утепленной шахты для труб, или наконец утепляют непосредственно каждую трубу слоем пробки (около 5 *см*), или 2 — 3 слоями войлока с прокладкой между ними толя; утепление должно быть рассчитано на теплоотдачу, исходя из температуры воздуха и поступающей из источника воды и количества воды в трубе, задаваясь временем застоя воды (при отсутствии водоразбора).



Фиг. 234. Водонапорная башня с показанием шахты для труб

В случае устройства башни из отдельных стоек, нет надобности заполнять промежуток между ними для образования сплошных стенок башни; достаточно устроить отепленную шахту для пропуска труб, помещение для сторожа в нижнем этаже и помещение для осмотра днища резервуара метра на 2 ниже последнего (фиг. 234); если в той же шахте помещается лестница, то диаметр шахты принимается около 2 — 2,20 *м*.

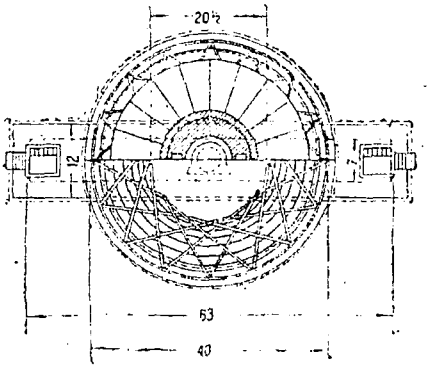


поперечными силами и на изгиб моментами в местах примыкания к стойкам (аналогично с расчетом поперечных связей в безраскосных фермах Виренделя); на практике нередко ограничиваются расчетом обвязок на срезывание (подобно шпонкам в деревянных составных брусьях), усиливая их конструктивно в местах примыкания к стойкам.

Фундамент под башни делается или в виде кольца (бутового или железобетонного), или при более слабом грунте в виде сплошного круга железобетонного во избежание увеличения нагрузки на грунт от собственного веса тяжелого бутового фундамента. Давление на грунт определяется по той же формуле неравномерного сжатия, как и напряжение в теле башни.

Железные башни строятся или в виде системы клепаных стоек с раскосами и поясами, или в виде пространственной системы, например по типу инж. В. Г. Шухова (фиг. 235).

Башня В. Г. Шухова составляется из ряда прямолинейных стержней (уголков), располагаемых по поверхности гиперболоида вращения и связанных между собою горизонтальными кольцами (из изогнутых уголков), располагаемыми через 2 — 2,5 *м* по высоте.



Фиг. 235. Железная водонапорная башня системы Шухова.

В башнях со сплошными стенками устройства междуэтажных перекрытий также не требуется.

Для башен с цилиндрическими железобетонными стенками наиболее экономические размеры получаются при следующей величине радиуса. [1]

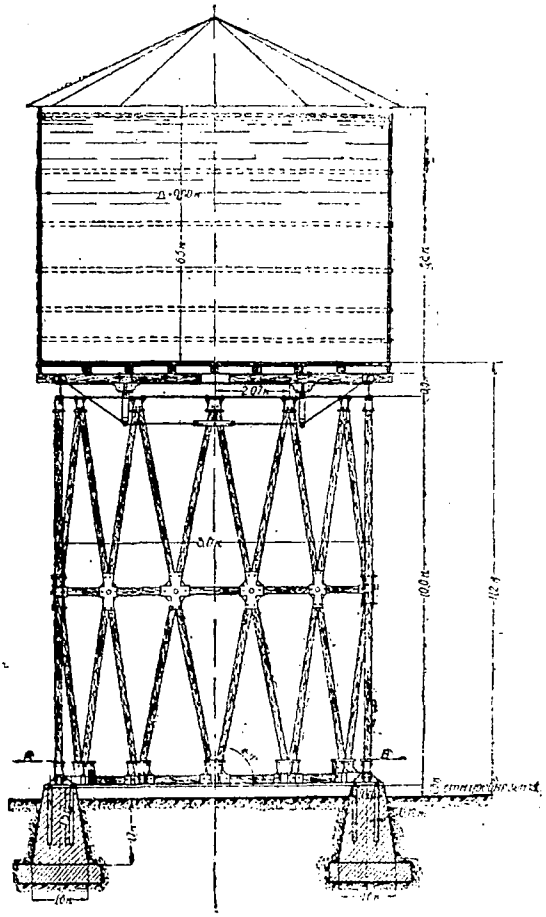
Емкость $м^3$	100	150	200	250	300	350	400	500	600	750
Радиус:										
при $H = 15$ *м*	2,4	2,8	3,1	3,4	3,7	3,95	4,2	4,6	5,0	5,5
при $H = 45$ *м*	—	2,25	2,55	2,8	3,1	3,3	3,5	3,9	4,3	4,7

В случае башни из стоек ее размеры должны быть определены для горизонтального сечения башни, состоящего из сечений стоек, причем связывающие их горизонтальные обвязки, рассчитываются на срезывание

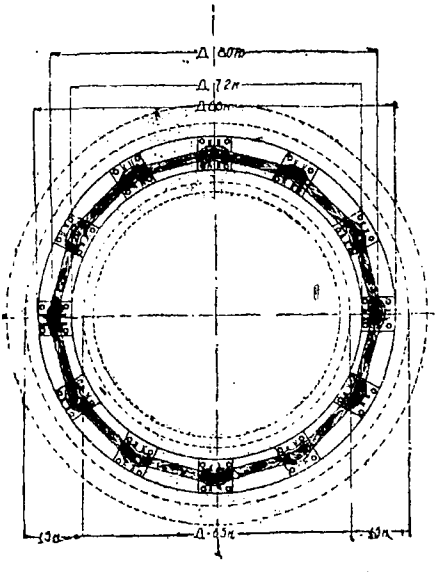
Башня Шухова экономична по весу металла; требуется весьма точная разметка заклепочных отверстий для соединения отдельных частей, но сборка частей проста. Нижние концы стержней устанавливаются на фундамент посредством чугунных башмаков, укрепляемых анкерными болтами. При расчете рассматривается несколько горизонтальных сечений (состоящих из сечения уголков), на которые действуют вертикальные силы и момент от давления ветра; стержни с подветренной стороны бывают растянуты.

Деревянные водонапорные башни употребляются преимущественно для временных водопроводов. Кроме башен из стоек,

1 Кожинов, Ф. Ф. — Определение наивыгоднейших соотношений между конструктивными элементами железобетонных водонапорных башен („Сан. тех." № 3, 1932).

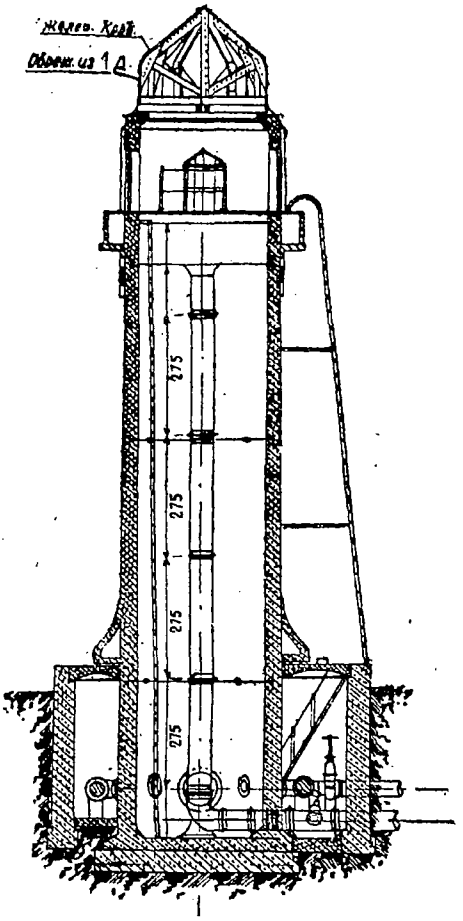


Фиг. 236. Деревянная водонапорная башня спет. Бромлея (разрез).



Фиг. 236а. Деревянная водонапорная башня системы Бромлея (план).

связанных горизонтальными схватками и наклонными раскосами, можно указать тип башни, предложенный инж. Г. Э. Бромлеем (фиг. 236 и 236а), в котором требуемое количество лесного материала значительно уменьшается благодаря введению небольшого количества металлических частей. Конструкция башни, вполне понятная по чертежу, состоит из сочетания отдельных треугольников из деревянных брусьев, соединяемых посредством чугунных (или железных) башмаков, накладок и болтов; вес металлических частей составляет около 15% от веса металлической башни. Все части башни могут быть заготовлены на стороне (по одному шаблону), и сборка башни на месте возможна без плотничных работ.

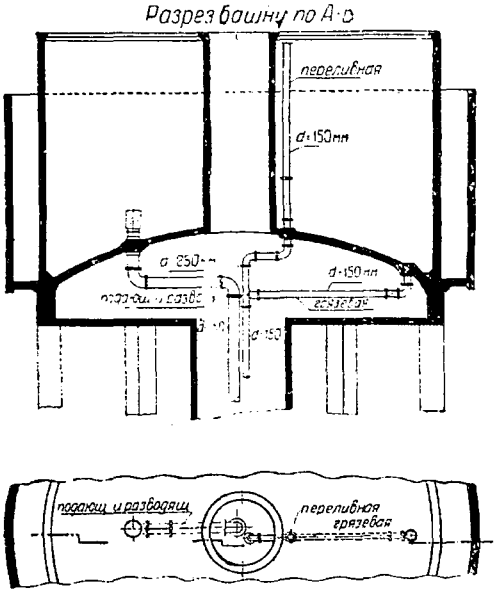


Фиг. 237. Водонапорная колонна.

Водонапорная колонна (фиг. 237) представляет собой две вертикальных трубы, соединенных одна с другой на определенной высоте, равной требуемой высоте водонапорной башни; по одной трубе (восходящей) поднимается вся подаваемая насосами вода, которая таким образом может попасть в сеть (по второй, нисходящей, трубе) только по достижении этой высоты. Таким образом колонна может быть названа водонапорным резервуаром нулевого объема.

Колонны устраиваются на водопроводах, подающих настолько большое количество воды, что объем напорного резервуара был бы очень большим, и потому подача воды насосами изменяется пропорционально колебаниям потребления, колонна же обеспечивает постоянную величину напора в определенных точках сети (соответствующих обычному месту расположения напорной башни).

Оборудование резервуаров. Каждый резервуар должен быть оборудован (фиг. 238) трубами для подачи воды в резервуар (напорною) и из резервуара (разводящею), сливной трубой для удаления излишка воды во избежание переполнения, и водоспускной трубой для опорожнения. Диаметры



Фиг. 238. Расположение трубопроводов у водонапорного крана.

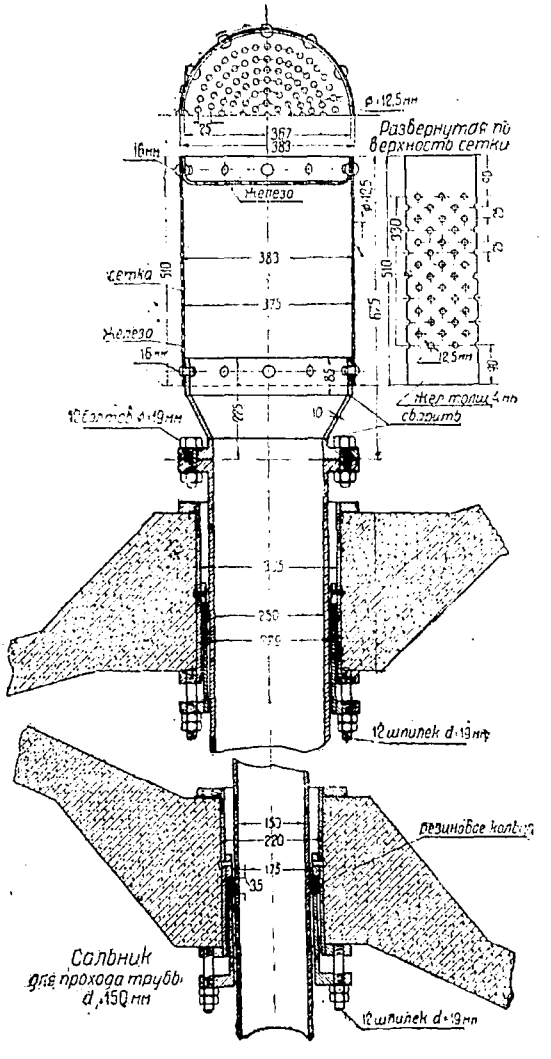
напорной и разводящей труб определяются расчетом, диаметр сливной трубы обычно равен диаметру напорной.

Напорная труба обычно оканчивается близ наивысшего уровня воды в резервуаре. Для возможности выключения резервуара (при пожаре или ремонте), между напорной и разводящей трубами устраивается непосредственное соединение, которое в обычное время закрыто задвижкой.

Для обеспечения циркуляции воды в резервуаре надо располагать концы подающей и водоприемной труб на достаточном взаимном расстоянии. В подземных резервуарах иногда устанавливают направляющие переборки; переборки особенно необходимы также в случае, если перед впуском в резервуар производится хлорирование воды.

В случае необходимости иметь в резервуаре неприкосновенный пожарный запас ставятся две водоприемные трубы — ножарная близ дна и хозяйственная на уровне верха пожарного запаса воды (на 0,25 — 0,30 *м* ниже его, так как при поступлении воды в приемный конец трубы образуется воронка глубиной 0,25 — 0,30 *м*). При пожарном запасе необходимо, во избежание застаивания воды, оканчивать трубу, подающую воду в резервуар, близ дна резервуара.

При баках Интце удобно для хранения пожарного запаса устраивать внутри бака кольцевую переборку над опорным кольцом, помещая в одном отделении бака (например во



Фиг. 239. Сальник для пропуска вертикальных труб.

внутреннем) хозяйственный запас воды, а в другом—пожарный.

В контр-резервуарах, т. е. в резервуарах, расположенных по другую сторону снабжаемого водой места, чем насосная станция, обязательно устройство одного общего напорно-разводящего стояка, так как при них напорная уличная труба должна вместе с тем служить и разводящей (в часы, когда вода расходуется из бака).

Иногда, для упрощения оборудования водонапорной башни, напорная и разводящая

трубы объединяются в виде одного стояка; при таком устройстве вода, подаваемая насосами, имеет возможность поступать в разводящую сеть, не поднимаясь до уровня водонапорного резервуара, однако практически при соответствии производительности насосов суточному водопотреблению, вода будет поступать в резервуар и башня будет выполнять свое назначение.

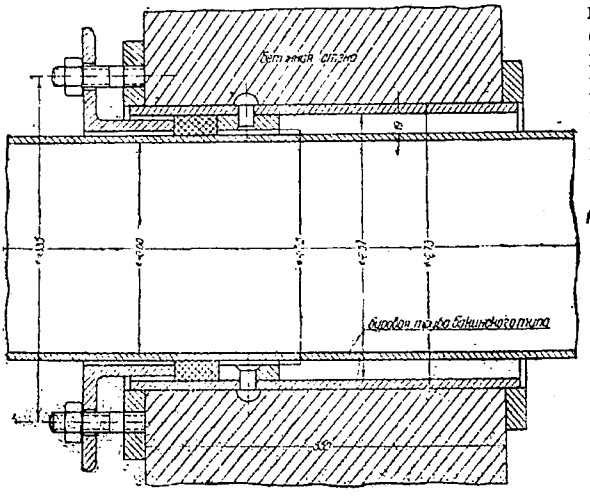
Для обеспечения циркуляции воды в резервуаре можно довести стояк до уровня воды, а близ дна резервуара поставить на стояке отросток с водоприемной сеткой и с обратным клапаном, препятствующим поступлению воды из стояка в резервуар по этому отростку.

При жестком соединении стояка с днищем резервуара на водонапорной башне обязательно устройство компенсаторов удлинения во избежание расстройства стыков на стояках при колебаниях температуры.

При проходе труб через стенки и днище железобетонных резервуаров, целесообразно устраивать пропуски с сальником (фиг. 239 и 240) с асбестовой набивкой. В башнях такой пропуск заменяет компенсатор; в стенках подземных резервуаров он гарантирует трубы от повреждений в случае осадки резервуара.

Уровень воды в резервуаре должен автоматически ука ываться на водоподъемной станции; сигнализационные приборы обычно ставятся электрические.

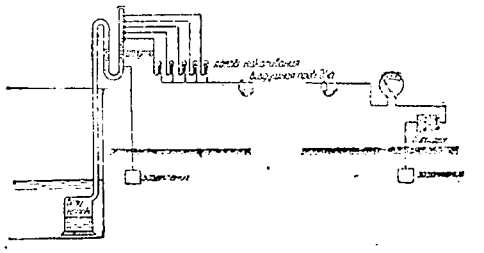
Для этой цели чаще всего в резервуаре помещается поплавок, который при изменении



Фиг. 240. Сальник для пропуска горизонтальных труб.

уровня воды на определенную величину приводит в движение механическую систему контактов, посылающих ток по проводам.

Взамен поплавка можно установить на дне резервуара закрытую коробку (камеру) с упругой крышкой, наполненную воздухом; воздушная камера соединяется с трубкой с ртутью, и изменения давления воды на коробку вызывают изменения уровня ртути. При достижении ртутным столбом определенного уровня (например через каждый метр глубины воды), включается ртутный включатель, посылающий ток от осветительной сети или местной батареи в серию обычных электрических лампочек накаливания. В зависимости от числа ламп будет находиться количество тока, протекающего по проводу к указателю.



Фиг. 241. Указатель уровня воды в резервуаре.

На фиг. 241 представлен указатель системы Г. Э. Бромлея. Указатель расходуемого количества электроэнергии построен на принципе обычных ваттметров или амперметров, но со шкалой, на которой обозначены непосредственно метры глубины воды в резервуаре, причем каждое деление шкалы будет соответствовать горению одной или одновременно 2, 3, 4 и т. д. ламп накаливания.

Для передачи показаний прибора требуется проведение только одного воздушного провода; обратный провод заменяется землей.

Лестницы для подъема на башню иногда устраиваются деревянные из нескольких маршей, но чаще—винтовые металлические, с металлическими или деревянными ступеньками. Устройство лестницы целиком из дерева нежелательно в пожарном отношении, между тем как винтовые металлические лестницы с деревянными ступенями в случае пожара можно легко воестановить. Железобетонные лестницы тяжелы и редко применяются для башен.

Отопление, устраиваемое в башне, должно быть рассчитано только на подогрев воздуха внутри помещения для еторожа, помещения, в котором проходят трубы (т. е. или всего объема башни или шахты для труб) и помещения под дном бака; подогрев воздуха требуется до 5—8 градусов. Воздух внутри шатра подогревают только в случае очень малой емкости резервуара (до 50—75 $м^3$).

Ориентировочная стоимость подземных железобетонных резервуаров за 1 $м^3$ полезной емкости (без распределительной камеры и оборудования) при полезной емкости 25 $м^3$—по 125 руб., при 50—75 $м^3$—по 75 руб., при 250—по 50 руб., при 500—по 40 руб.).

Ориентировочная стоимость железобетонных водонапорных башен с цилиндрическим стволом и с железобетонным шатром за 1 $м^3$ емкости и 1 $м$ расчетной высоты: при емкости 100 $м^3$ и высоте около 15 $м$—по 30 руб., при емкости 250—400 $м^3$ и высоте 20—25 $м$ — по 10—12 р., при емкости 500—750 $м^3$—по 8 руб.; башни на стойках на 15—20% дороже (в зависимости от цен на лесоматериалы).

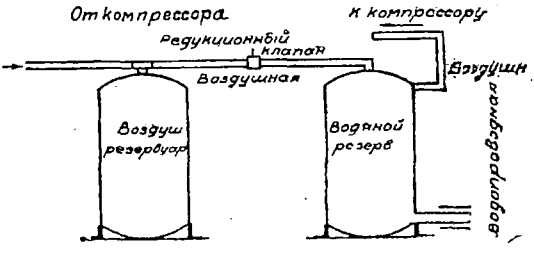
Инж. Б. С. ТИКУНОВ

XII. ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Создание необходимого напора в водопроводной сети может быть достигнуто давлением сжатого воздуха на воду, что применяется в пневматическом водоснабжении. Для этого необходимо иметь герметически закрытый резервуар (один или несколько), способный выдержать давление, создаваемое сжатым воздухом. В нижней части резервуара находится вода, уровень которой меняется в зависимости от подачи и расхода ее (резервуар является в то же время уравнительным), верхняя часть заполняется сжатым воздухом.

В системе постоянного давления, независимо от уровня воды в резервуаре, давление сжатого воздуха не меняется.

Это достигается или постоянной работой компрессора, поддерживающего в резервуаре постоянное давление, или постановкой дополнительного отдельного воздушного резервуара, заполняемого сжатым воздухом более высокого давления (фиг. 242), подаваемого в первый резервуар при понижении уровня воды в нем, т. е. при увеличении объема, занимаемого сжатым воздухом, через редукционный клапан. При обратном заполнении резервуара водой излишний воздух может быть выпущен через предохранительный клапан или подан по особому трубопроводу обратно в компрессор, который одновременно приводится в действие для зарядки воздушного резервуара. Необходимость частой работы компрессора делает систему постоянного давления неэкономичной.



Фиг. 242. Схема пневматического водоснабжения постоянного давления.

В системе переменного давления (фиг. 243) резервуар заряжается сжатым воздухом (компрессором или непосредственно насосом) и в дальнейшем регулярной подачи сжатого воздуха не производится, а лишь пополняется утечка его через неплотности в соединениях с люками и трубопроводами.

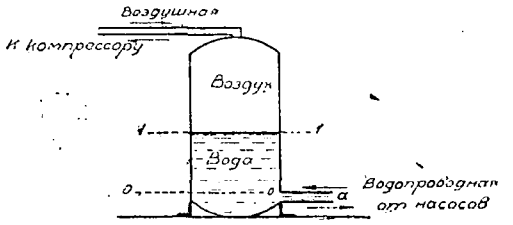
Уровень воды в резервуаре постоянно колеблется, следовательно постоянно меняется и объем, заполняемый сжатым воздухом, а вместе с тем и давление последнего. Для практических целей вполне применима формула изотермического изменения состояния воздуха $pv = \text{const}$.

Отсюда $P_{\min}(v_1 + v_2) = P_{\max} v_2$,

где: $P_{\min}$ минимальное давление сжатого воздуха в абс. *ат.*;

$P_{\max}$ — максимальное давление воздуха в абс. *ат.*;

v_1 — объем резервуаров, заполняемый поочередно воздухом или водой;



Фиг. 243. Схема пневматического водоснабжения переменного давления.

v_2—объем, постоянно заполненный сжатым воздухом.

Обозначая через P с каким-либо индексом давление в абс. *ат.*, через p с тем же индексом манометрическое давление, выраженное в метрах, получим

$$P = \frac{p + 10}{10}.$$

Вводя обозначения:

$$\alpha = \frac{P_{\min}}{P_{\max}} = \frac{p_{\min} + 10}{p_{\max} + 10}$$ — соотношение минимального и максимального давлений сжатого воздуха.

k — объем резервуара, постоянно заполненный водой, выраженный в процентах от общей емкости резервуара (одного или нескольких) J, получим

$$J = \frac{100\, v_1}{(1-\alpha)\,(100-k)} = \frac{100\, v_1\ (p_{\max} + 10)}{(100-k)\ (p_{\max} - p_{\min})}$$

Величины v_1 и $p_{\min}$ определяются аналогично определению емкости и высоты водонапорной башни, в зависимости от подачи и расхода воды, требуемого свободного напора и потери напора в водопроводной сети, со следующими изменениями:

а) Следует стремиться к возможному уменьшению v_1 (объем металлических резервуаров), применяя автоматически работающие насосы или задаваясь более сложным режимом неавтоматических насосов (более частое включение и остановка их).

б) Возможно допускать несколько пониженное значение минимальных свободных напоров (по сравнению с башенной системой),

учитывая их кратковременность (только в момент израсходования всего запаса воды из резервуаров, перед пуском насосов).

a — с целью обеспечивания более плавной работы насосов и получения более высокого коэфициента полезного действия их следует принимать 0,65—0,75.

k — принимается от 5 (несколько резервуаров) до 10 (один резервуар).

Зная необходимую общую емкость резервуара J определяют число их n, стремясь к тому, чтобы все резервуары были равной емкости i, т. е. $n = \frac{J}{i}$

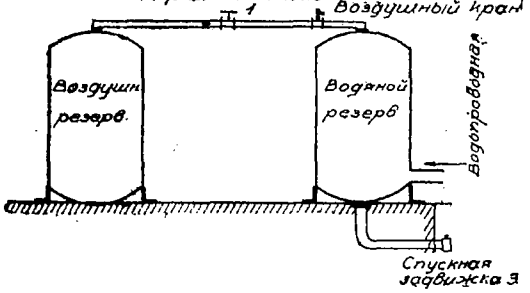
Для небольших станций допустимо $n =$ (общий воздушно-водяной резервуар).

При наличии нескольких резервуаров они могут быть подразделены на воздушные и водяные (как это имело место до сего времени в нашей практике) или устраивают воздушно-водяные (заграничная практика).

При постановке резервуаров в здании пневматической станции применяются вертикальные резервуары, занимающие значительно меньшую площадь и дающие возможность уменьшения длины подводящих трубопроводов. Увеличение высоты здания (котельное отделение) может быть сделано за счет углубления его. При расположении воздушных резервуаров вне здания или устройстве подземной пневматической станции может оказаться более целесообразным применение горизонтальных резервуаров.

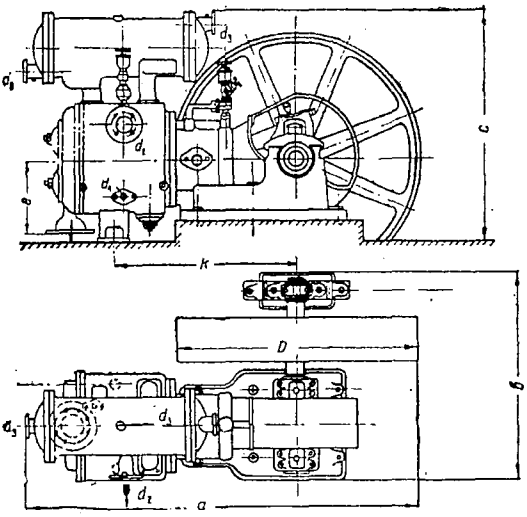
При вполне герметичном соединении стыков с трубопроводами и плотно закрытых люках утечка сжатого воздуха, по опыту работающих станций, невелика: при наличии компрессора он работает на пополнение резервуаров в среднем один раз в 10 дней продолжительностью 10 минут.

Помимо компрессора как первоначальная зарядка резервуара сжатым воздухом, так и пополнение последнего могут быть осуществлены непосредственно центробежным насо-



Фиг. 244. Схема бесокомпрессорного пневматического водоснабжения.

сом (так называемая система Малиновского [1], предложившего специальной конструкции клапан, неполучивший практического применения). Для этого необходимо иметь запорный вентиль *1* на воздушной трубе, соединяющий воздушный и водяной резервуары (фиг. 244), воздушный кран *2* на водяном резервуаре и обычную спускную задвижку *3*. Закрывая краны *2* и *3*, открывая вентиль *1* и заполняя водяной резервуар водою, создаем повышенное давление в воздушном резервуаре (при равных объемах резервуаров каждое наполнение водяного резервуара повышает давление в воз-



Фиг. 245 и 246. Поршневой двухступенчатый компрессор.

душном на *1 ат*). Затем закрывается вентиль *1*, открывается кран *2*, задвижка *3* и из водяного резервуара спускается вся вода. Последовательным заполнением и опорожнением можно создать в воздушном резервуаре требуемое давление. Этот способ хорош первоначальным удешевлением всего устройства особенно в случае необходимости применения изготовляемых нашими заводами громоздких приводных поршневых компрессоров типа „КВ 64" (фиг. 245—246), занимающих большую площадь.

В эксплоатационном отношении способ сжатия воздуха насосами менее рационален (длительность) и экономичен (расход воды). Наиболее подходящими для пневматических станций являются вращающиеся компрессоры или поршневые компрессоры специальной конструкции, небольшой производительности, но высокого давления, изготовляемые за границей для подачи воздуха до 0,7 *м³/мин* с давлением до 12 *ат*.

Несмотря на значительные преимущества в некоторых случаях пневматического водоснабжения по сравнению с башенным в особенности для промышленных предприятий и благоприятную оценку его за границей [1] оно не имело в СССР до последнего времени большого развития, будучи применено на нескольких железных дорогах для

[1] Платонов, И. П. Проект пневматического водоснабжения железнодорожной станции (1913).

[1] Doots, Electrisch-automatische Pumpstation ohne Wasserturm (Gas-u. Wasserfach, № 12, 1925).

Sogolkon, Technisqh-wirtschafliche Untersuchungen über die Verwendung automatischer Pumpwerke ohne Hochbehältern (Gas-und Wasserfach, № 32—38, 1929).

Таблица 76

Размеры компрессора КВ 64

Величина	Размеры			Число обор.		Произв. $м^3/мин.$		Наиб. давл.	Диаметры труб *мм*			
	диам.		ход	норм.	макс.	норм.	макс.	*ат*	охл. руб.	всас.	напор.	охл. хол.
Б	375	370	200	150	200	3	4	7	25	110	70	40
В	450	360	300	145	180	6,5	8	7	30	175	100	50

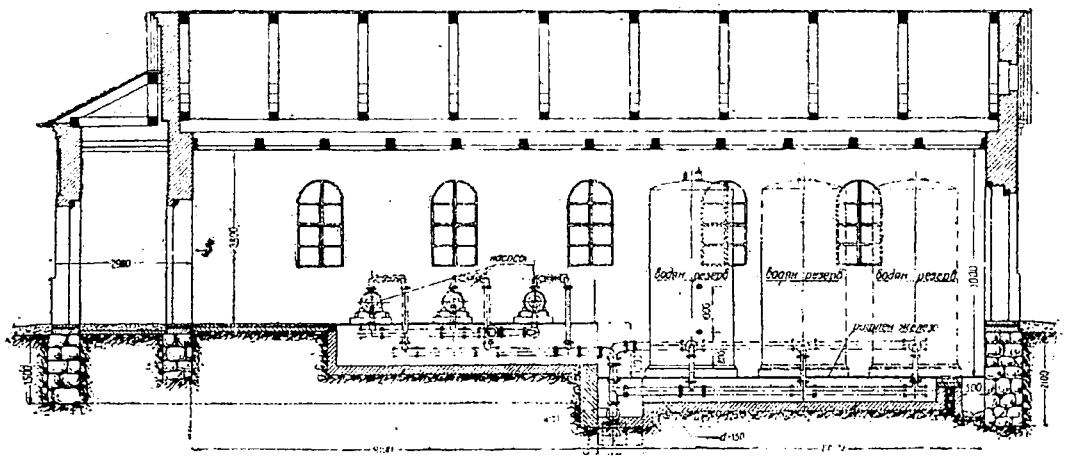
водоснабжения железнодорожных станций [1] и в нескольких небольших городах Московской области (Истра, Собцовск, Лихоборы, Бобров, Перово, Вербилки, Люблино). В настоящее время над этим вопросом работают два научно-исследовательских института Всесоюзный инст. вод. и сан. техн. НКТП [2] и ЦИС НКПС, с целью теоретического исследования условий работы пневматических станций и разработки наиболее рациональных их типов (работы еще не закончены).

Тип построенной и работающей у нас пневматической станции в г. Собцовска, являющейся

назначенным для запаса воды с целью доведения α до 0,65 — 0,75 (при равных объемах воздушного и водяного резервуаров, учитывая мертвый слой воды $\alpha = 0{,}525$).

б) Укрупнение резервуаров с целью уменьшения числа их

В отношении экономической оценки пневматического водоснабжения следует указать на относительную дешевизну его строительной стоимости по сравнению с водонапорной башней капитального типа особенно для малых станций [3]. Эксплоатационные расходы при пневматическом водоснабжении выше,



Фиг. 247. Пневматическая станция г. Собцовска (разрез).

в то же время насосной, показан на фиг. 247 и 248. Воздушные резервуары отделены от водяных, емкость тех и других одинакова (по 10 $м^3$). Сжатый воздух подается компрессором, который установлен для подачи воды из артезианской скважины в запасный подземный резервуар (эрлифт).

При проектировании новых пневматических станций следует учесть целесообразность следующих изменений их конструкции:

а) Увеличение объема, заполняемого сжатым воздухом, по сравнению с объемом, пред-

так как насосы при переменном давлении работают с меняющимся коэфициентом полезного действия, среднее значение которого ниже, чем при работе на постоянное давление. Кроме того средняя величина рабочего напора при пневматическом водоснабжении выше, чем при башенном. В результате необходимо вводить поправочный коэфициент к к. п. д. насоса для малых значений α (0,50 — 0,58) до 0,65, для больших α (0,65—0,75) от 0,75 до 0,90.

При надлежащем выборе величины α и принятии минимального запаса воды в пневматических резервуарах (что обусловливается графиком работы насосов и более всего допу-

[1] Бонапарт Н. С., О работе пневматической водонапорной станции (Труды I Всес. Вод. и С. Т. съезда в Баку, 1925).

[2] Тикунов Б. С., Пневматическое водоснабжение в применении для небольших городов и поселков промышленных предприятий (Труды Всес. И. И. Института водоснабжения и сан. техники, печат.).

[3] Инж. Тикунов В. С., Экономическая оценка пневматического водоснабжения (Сан. Техн. № 3, 1932).

стимо при наличии автоматических насосов) пневматическое водоснабжение экономичнее водонапорной башни в эксплоатационном отношении (с учетом более дешевой строительной стоимости) при суточном расходе ориентировочно до 2000 $м^3$.

Помимо большей экономичности (при небольшом расходе воды) пневматическое водоснабжение имеет следующие преимущества перед башенным:

а) возможность маневрировать величиной давления в пневматических резервуарах, а следовательно и величиной свободного напора в водопроводной сети, причем в случае надобности постоянный напор может быть повышен без переустройства или с небольшим переустройством насосной станции;

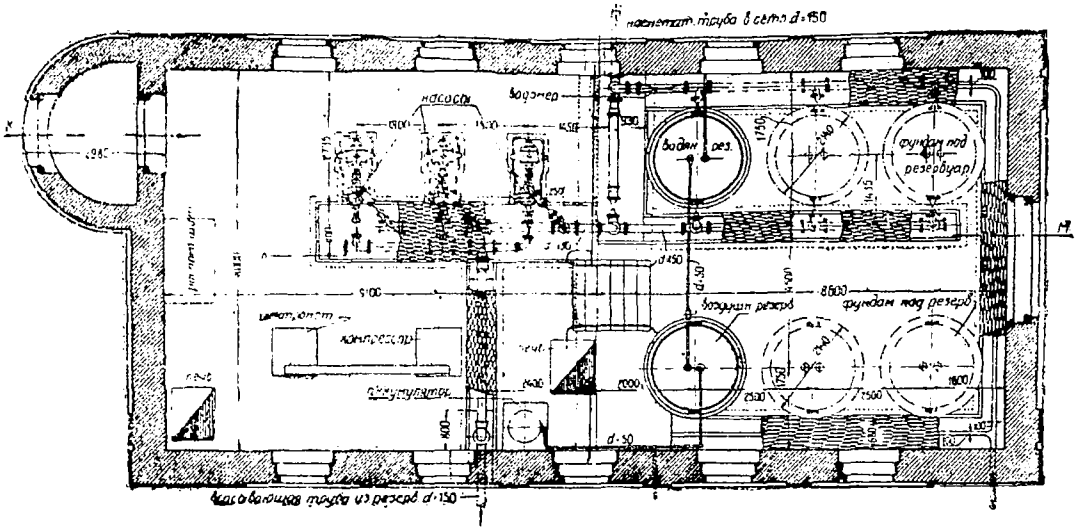
б) замена такого приметного и нежелательного по стратегическим соображениям сооружения, как водонапорная башня, зданием обычных размеров. Возможно полностью замаскировать здание насосной станции, расположив его под землей.

Недостатки пневматического водоснабжения:

а) необходимость постоянной и бесперебойной подачи электроэнергии к зданию пневматической станции;

б) необходимость иметь добавочные резервные комплекты электронасосов с тем, чтобы была обеспечена возможность пуска насоса в любое время.

Некоторые факторы могут иметь положительную или отрицательную оценку для пневматического водоснабжения, в зависимости от его размера, условий работы и местных особенностей. Сюда относятся:



Фиг. 248. Пневматическая станция г. Собцонска (план).

а) водозаборные сооружения (диаметр подводящих труб должен быть в некоторых случаях повышен);

б) запасные резервуары (объем их может быть увеличен или уменьшен);

в) необходимость израсходования некоторого количества котельного железа и в то же время возможная экономия в некоторых случаях металла на постройку водонапорной башни (арматурное железо для железобетонных частей, котельное железо для водонапорного бака).

XIII. ОЧИСТКА И ОБРАБОТКА ВОДЫ

1. Охлаждение циркуляционной воды

Водяное охлаждение применяется в различных силовых установках (конденсаторы паротурбин, рубашки цилиндров дизель-моторов, компрессоры), в охлаждении разного рода печей (например металлургических), ряде химических производств, холодильном деле и т. п.

Для восстановления низкой температуры охлаждающей воды служат: 1) башенные охладители (градирни), 2) простые охлаждающие пруды и 3) бассейны с брызгалками.

Оборот воды с обратным охлаждением ее применяется в тех случаях, когда охладить воду выгодней, чем подать новую, „свежую" воду из источника.

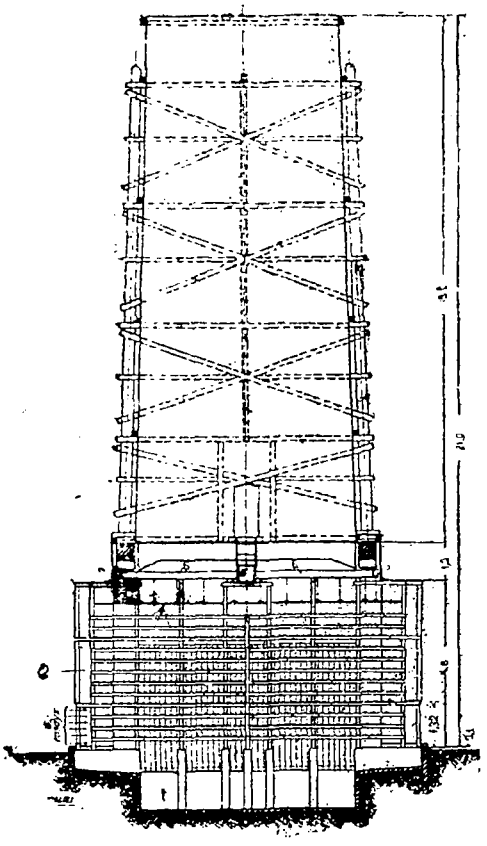
При определении выгодности пользования целиком свежей водой или применении повторного охлаждения в тех случаях, когда имеется естественный источник воды — река или большое проточное озеро — необходимо учесть эксплоатационные расходы в том и другом случаях. При пользовании свежей водой средняя годовая температура ее может быть принята около 8° Ц, в охлаждающем же уст-

ройстве эта температура будет около 15° Ц (для ЦПО). В случаях применения оборота воды для паротурбинных установок будет некоторое понижение вакуума в конденсаторе, что влечет за собой перерасход топлива. Однако, если естественный источник расположен на большом расстоянии или разница отметок источника и конденсационной установки слишком велика, оказывается выгодным применение охлаждающего устройства. В американской практике принято считать, что при высоте подачи воды свыше 10 *м* или на расстояние свыше 1 *км* уже становится целесообразным применение охлаждающих устройств.

Инж. *К. И. КОРБУШ*

1) Башенные охладители (градирни)

Действие башенного охладителя заключается в том, что вода, поступающая из охлаждаемого агрегата, раздробляется в мелкие брызги в „оросительном устройстве" градирни и приводится в соприкосновение с воздухом, причем одна часть теплоты, заключающаяся



Фиг. 249. Градирня рабочей пл. 80 *м*².

в воде, отнимается от нее вследствие испарения, другая же часть отдается воздуху благодаря теплопроводности при соприкосновении.

По роду действия градирни делятся на два типа: а) градирни с естественной циркуляцией воздуха и б) градирни с принудительной циркуляцией воздуха (при помощи вентиляторов).

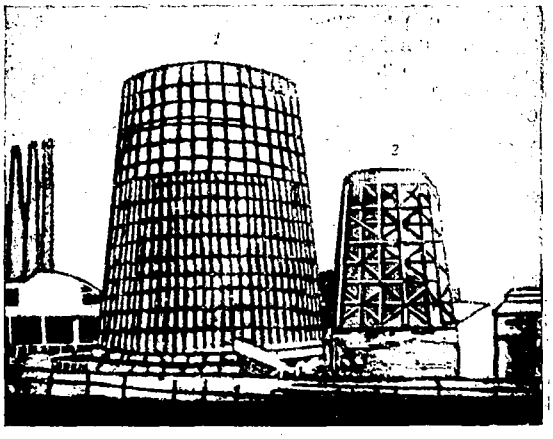
а) Градирни с естественной циркуляцией воздуха

Градирня с естественной циркуляцией воздуха обычно состоит из трех основных частей: 1) железобетонного (можно и кирпичного) резервуара-фундамента, служащего для собирания охлажденной воды и одновременно являющегося основанием для установки каркаса оросительного устройства и башни, 2) деревянного „оросительного" и распределительного устройства, служащего для распределения и разбрызгивания воды, и 3) деревянной башни, назначением которой является создание естественной тяги воздуха в оросительном устройстве.

Градирни с небольшой площадью оросителя (примерно до 100 *м*²) выполняются обычно в виде квадрата (фиг. 249), градирни же большей площади делаются многоугольными (с 6, 10 и более углами). Количество граней многоугольника определяется главным образом соображением конструктивного порядка— облегчить конструкцию каркаса вытяжной башни путем уменьшения пролетов между железобетонными колоннами. Кроме того многогранник, приближающийся по своей форме к окружности, обеспечивает более равномерную подачу воздуха к центру оросителя, чем до некоторой степени достигается одинаковое охлаждение воды по всей площади оросителя.

ЦПО Котлотурбины разработана и построена новая конструкция вытяжной башни (фиг. 250).

Она выполнена без прежнего громоздкого каркаса в виде почти цилиндрической (со слабым



Фиг. 250. Башенные охладители старой (1) и новой (2) конструкции.

сужением кверху) досчатой оболочки, состоящей по высоте из нескольких отдельных секций. При сравнительной простоте выполнения эта конструкция обеспечивает устойчивость соору-

жения и дает около 40% экономии в стоимости против прежней конструкции [1].

Высота вытяжной башни колеблется от 10 до 40 *м* и более в зависимости от размеров оросителя, тепловой нагрузки его и атмосферных условий, имеющих большое влияние на тягу в градирне.

Резервуар-фундамент, выполняемый обычно из железобетона, состоит из двух основных частей: из собственно резервуара, расположенного почти целиком ниже уровня земли, и главных колонн, связанных между собой железобетонными балками и представляющих пространственную рамную конструкцию, несущую башню охладителя.

Эта конструкция обычно не связывается с резервуаром, так как ввиду различной нагрузки они могут иметь различную осадку.

По днищу резервуара устраивается ряд железобетонных столбиков, на которые опирается каркас оросительного устройства. Отвод охлажденной воды делают сбоку резервуара из особого колодца, служащего грязевиком.

Розетка резервуара малых градирен расположена ниже уровня земли, у больших градирен (300 — 350 *м*² и более) приподнимается над землей и устанавливается на колоннах, резервуар же, выполняемый в таких случаях в виде круглого бассейна, располагается внутри розетки и борта его лишь незначительно выступают над уровнем земли.

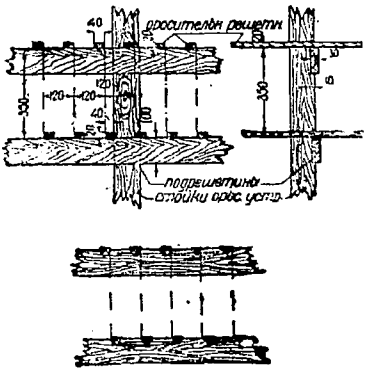
Таким образом между внутренними краями розетки и стенками бассейна по всему периметру образуется отверстие, через которое обеспечивается подача нужного для охлаждения воды количества свежего воздуха к центральной части оросителя.

Для того чтобы можно было производить чистку и ремонт резервуара, не останавливая работу всей градирни, бассейн снабжен железобетонной перегородкой, делящей его на две равные части. Из каждой половины бассейна имеется самостоятельный, отводящий канал с подъемными шиберами, позволяющими выключать любую половину резервуара.

Перед каналом, отводящим воду к месту потребления, рекомендуется устанавливать съемную металлическую сетку для улавливания крупных загрязнений, попадающих в резервуар градирни. Во избежание возможного переполнения резервуара в верхней части его устанавливаются сливные трубы. У самого днища приемного колодца имеются трубы для спуска воды из резервуара во время ремонта или чистки. Глубина резервуара обычно делается 2 *м*.

Оросительное устройство градирни состоит из нескольких ярусов „оросительного решетника", уложенного горизонтально через промежутки 110—130 *мм* от периметра градирни до ее центра. Решетник крепится гвоздями к планкам (подрешетинам), укрепленным на деревянных стойках, устанавливаемых на железобетонных столбиках резервуара и розетки. Оросительный решетник делается различной формы (в поперечном сечении): прямоугольником, треугольником и даже полуовалом (фиг. 251); полуовальная форма является лучшей, так как она представляет наименьшее сопротивление для прохода воздуха, но вследствие дороговизны изготовления применяется крайне редко.

В немецкой практике применяют ороситель без гвоздей, подверженных ржавлению. Для этого в стойках каркаса делаются сквозные прорезы, в которые вкладываются подрешетины. Оросительный решетник сделан из треугольных планок и укладывается в соответствующей формы выемки, сделанные на



Фиг. 251. Типы решетника.

подрешетинах; сверху решетник скрепляется поперечными рейками.

Выполнение этой конструкции значительно сложнее обычной (на гвоздях) вследствие громадного количества выемок в подрешетинах и прорезов в стойках с точной подгонкой их. Кроме того здесь требуются более толстые стойки, так как в поперечном сечении они сильно ослабляются прорезами.

Расстояние между ярусами решетника обычно делается от 300 до 400 *мм*; после ряда опытов это расстояние признано наиболее целесообразным как с точки зрения качества разбрызгивания воды, так и в отношении сопротивления всего оросителя для прохода воздуха.

Ороситель снаружи по всему периметру плотно обшивается досками и только в нижней своей части имеет сплошное отверстие высотой 1—1,5 *м* для прохода воздуха. Для предохранения от выдувания при сильном ветре воды из оросителя делают перегородки в нижней части оросителя.

Высота оросителя имеет большое влияние на охладительный эффект градирни, так как с увеличением высоты оросителя увеличивается высота падения воды, и следовательно продолжительность соприкосновения ее с воздухом, а отсюда и качество охлаждения. С другой стороны, с увеличением высоты оросителя увеличивается и высота подачи воды, причем во растают эксплоатационные расходы на градирню.

Практикой установлено, что наиболее целесообразной является высота оросителя в 6—7 *м*.

[1] См. том IV справочника, отдел деревянных конструкций.

Распределительное устройство состоит из системы деревянных желобов, расположенных непосредственно над оросителем. В середине устраиваются один или два центральных желоба, соединенных с напорной трубой, подающей воду в градирню. От центрального желоба по обе стороны отходят маленькие желоба, снабженные в днищах отверстиями со вставленными в них газовыми трубками. Под желобами (на 0,5 — 0,6 *м* ниже) строго по осям трубок расположены разбрызгивающие розетки фарфоровые, стеклянные, либо металлические штампованные. Горячая вода, поступая из напорной трубы в центральный желоб, распределяется по маленьким желобкам, из которых, выливаясь через трубки, падает на розетки, разбивается о них и далее, падая сквозь несколько ярусов решетника, обращается в сплошной дождь и приводится в соприкосновение с холодным воздухом, поступающим в нижнюю часть оросителя.

В больших градирнях система распределительных желобов делится на несколько частей помощью шиберов, позволяющих выключить ту или иную часть градирни. Чтобы вода равномерно распределялась по всему оросителю, необходимо создать одинаковый слой воды во всех желобах; поэтому скорость движения ее по желобам не должна превышать 0,3—0,4 *м/сек* в центральном желобе и 0,25—0,30 *м/сек* в боковых. Трубки (насадки) в желобах должны быть рассчитаны на определенную производительность при соблюдении нормального слоя воды. Наиболее удобные диаметры трубок 20—25 *мм* при слое воды 12—15 *см*. При расчете насадок и высоты напора в желобах следует задаваться одной из этих величин.

Если производительность одной насадки $q = \frac{W}{n}$, где W — производительность всей градирни и n — общее количество насадок, то напор определится из уравнения:

$$q = \mu f \sqrt{2\,q\,H},$$

откуда $$H = \frac{q^2 \cdot 10^4}{2g \cdot \mu^2 \cdot f},$$

где H — напор в желобах, q — производительность одной трубки в $м^3/сек$,
μ коэфициент истечения, зависящий от типа насадки (от 0,6 до 0,95),
f — площадь живого сечения насадки в $см^2$.

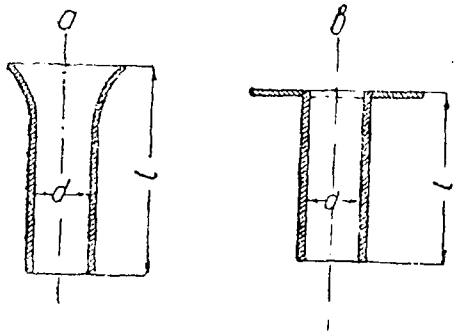
Если при заданной насадке высота напора получается преувеличенной, следует изменить либо диаметр насадки, либо ее тип (а с ними коэфициент истечения). При заданной высоте напора H по формуле определяют диаметр и тип насадки.

На фиг. 252 изображены наиболее употребительные насадки. Насадка *а* выполняется из газовой трубы, развальцованной с одного конца. Коэфициент истечения для такой насадки можно принять $\mu = 0{,}9$ при длине трубки $l = 3 + 4\,d$.

Насадка *b* тоже из газовой трубки, к одному концу которой приваривается круглая, либо квадратная пластинка из листового железа (чтобы насадка держалась в отверстии днища желоба). Для этой насадки $\mu = 0{,}82$ при $l = 3 + 4\,d$ и $\mu = 0{,}62$ при $l = 2\,d$.

Наиболее удобны по конструктивным и эксплоатационным соображениям диаметры насадок от 20 до 30 *мм*, так как насадки с $d < 20$ *мм* легко засоряются и требуют частой чистки, насадки же с $d > 30$ *мм* требуют значительной ширины желобов, что нежелательно.

Во избежание быстрого гниения и разрушения все деревянные части охладителя необ-



Фиг. 252. Типы насадок.

ходимо до сборки тщательно пропитывать карболинеумом, либо каким-нибудь другим противогнилостным составом.

Тепловой расчет градирни

Обозначим необходимые для расчета данные
Q *кал/час* — тепловая нагрузка градирни (или количество охлаждаемой воды).
$\vartheta°$ Ц — одна из температур воды (при входе в градирню или при выходе).
$\Delta\vartheta°$ — зона охлаждения; t_1 — температура наружного воздуха (обычно берется средняя за два-три самых жарких месяца в году) и φ_1 относительная влажность воздуха (соответствующая данной температуре воздуха).

Для определения рабочей площади оросительного устройства необходимо найти „плотность дождя“ q в оросителе, т. е. количество воды в $м^3/час$, приходящееся на 1 $м^2$ площади оросителя.

С достаточной для практических целей точностью можно пользоваться приближенным „уравнением охлаждения“ Гебеля, имеющим при решении его относительно q с применением коэфициентов для описанной конструкции охладителя по Феферу [1] следующий вид

$$q = \left[0{,}0431\,\frac{(\vartheta_2 + 70)^2 - (\tau + 70)^2 - 520}{\Delta\vartheta + 10} - 33\right] + 1.$$

В приведенном уравнении:
ϑ_2 — температура воды по выходе из градирни в °Ц,
τ — „предел охлаждения“ (температура наружного воздуха по мокрому термометру) при t_1 °Ц и φ,%.

[1] K. Hoefer, Die Kondensation bei Dampfkraftmaschinen.

Определив q, сразу находим площадь оросителя градирни:

$$F_{гр} = \frac{W}{q}\ м^2, \text{ где } W = \frac{Q}{\Delta\vartheta \cdot 10^3}$$ —производительность градирни в $м^3/час$.

Вышеприведенный способ расчета оросителя пригоден для градирен с небольшой зоной охлаждения (5 — 15° Ц), так как „уравнение охлаждения" выведено лишь для этих зон.

Градирню с большими перепадами температур приходится рассчитывать по кривым охлаждения, составленным на основании опыта [1].

Для определения площади сечения башни-охладителя нужно найти количество воздуха, потребного для охлаждения воды.

Вводим обозначения: g_1 $кал/кг$ — количество тепла, отнятого от воды конвекцией на 1 $кг$ проходящего воздуха, g_2 $кал/кг$ — тепло, утраченное водой от испарения на 1 $кг$ воздуха и

L — общее количество проходящего через градирню воздуха.

Тепловой баланс градирни выразится уравнением:

$$Q = (g_1 + g_2) L$$

откуда

$$L = \frac{Q}{g_1 + g_2}\ кг/час.$$

При высоте башни H (этой высотой приходится задаваться) тяга, создаваемая ею: $\Delta h = H(\gamma_A - \gamma_0)$ $мм$ водяного столба,

где

γ_A — удельный вес воздуха при входе в градирню,

γ_0 — то же при выходе из градирни.

Скорость воздуха в башне:

$$C = \psi \sqrt{2g \cdot \Delta h \cdot v_1}\ м/сек,$$

где:

v_1 $м^3/кг$ — удельный объем сухого воздуха при t_1 и φ_1; ψ — коэфициент сопротивления, определяемый опытным путем (для градирни описанного выше типа можно принять $\psi = 0{,}47$).

Площадь сечения башни определяется из уравнения:

$$F_к = \frac{L \cdot v_2}{3600 \cdot C}\ м^2,$$

где v_2 $м^3/кг$ — удельный объем сухого воздуха при t_2 и φ_2, t_2° Ц — температура воздуха, уходящего из градирни; приходится также определять во кривым на основании опытов, φ_2% — относительная влажность воздуха при выходе из градирни определяется так же, причем ориентировочно можно принимать $\varphi_2 = 100\%$ при $\varphi_1 > 40 - 50\%$.

Количество воды, теряемой в градирне от испарения, определяется из уравнения:

$$W_u = L(\varphi_2 v_2 \gamma_2 - \varphi_1 v_1 \gamma_1).$$

L $кг/час$ — количество воздуха, проходящего через градирню, φ_1 и φ_2 — относительная влажность воздуха до входа в градирню и по выходе из нее,

v_1 и v_2 — удельный объем воздуха до и после градирни,

γ_1 и γ_2 — удельный вес водяного пара при t_1 и t_2.

Кроме испарения в градирне теряется еще некоторое количество воды от уноса и разбрызгивания. По опытным данным эти потери можно принимать равными 1,5 — 2% от всего количества охлаждаемой в градирне воды.

Для ориентировочных подсчетов стоимости сооружения градирен с естественной тягой описанного типа можно пользоваться следующей таблицей, в которой указана стоимость в рублях 1 $м^2$ рабочей площади оросителя для градирен различных размеров.

Рабочая площадь градирни F $м^2$	Стоимость 1 $м^2$ площади в руб.	Полная стоимость градирни в руб.
50	400	20 000
100	320	32 000
200	255	51 000
350	240	84 000
500	230	115 000
700	215	150 500
1000	200	200 000
1500	170	255 000
2000	150	300 000

Новые типы градирни

Железобетонная градирня проф. Van Herson. Башня градирни имеет форму гиперболоида вращения. Эта форма делает конструкцию весьма экономичной и устойчивой, а также обеспечивает хорошую тягу воздуха в оросителе. Распределение воды по оросителю осуществляется при помощи радиальных каналов, питающих ряд концентрических желобков с насадками в днищах. По насадкам установлены разбрызгивающие розетки. Оросительный решетник состоит из небольших планок, наклон которых постепенно изменяется, начиная от 60° в верхний части и до почти горизонтального положения внизу, благодаря чему разбрызганная розетками вода направляется решетником к периферии, воздух же более свободно проникает к центру оросителя. Благодаря этим преимуществам удельная нагрузка (по воде) в такой градирне может быть в 1,5—1,7 раз больше, чем в градирнях обычного типа, но стоимость такой градирни также значительно больше.

Железобетонная градирня с пленочным оросителем [1]. Оросительвыполнен из полых гончарных кирпичей, которые поставлены вертикально друг на друга, и образуют вместе полые пространства, имеющие 4×22 $см$ в свету. Таким образом получается ряд вертикальных стенок, по которым вода стекает тонкой пленкой. Верхний ряд состоит из особых кирпичей, поставленных под углом примерно в 60°. Распределительное устройство выполнено из железобе-

[1] См. „Известия теплотехнического института" № 2 (62) за 1931 г. и № 1 (71) за 1932 г., Статьи инж. А. Н. Арефьева.

[1] Выстроена в 1930 г. в Траттендорфе (Германия).

тона по обычному способу: желоба с трубками и розетки.

В нижней своей части ороситель заканчивается системой маленьких желобков, в которые собирается стекающая сверху вода, и направляется в общий водосборник. Ороситель здесь работает чистым противотоком. В противоположность градирням с оросительным решетником вода здесь течет по стенкам оросителя сплошными пленками, и поднимающийся навстречу воздух поэтому все время встречается с новой поверхностью воды, благодаря чему теплопередача к воздуху значительно усиливается. Кроме того промежутки между кирпичами создают совершенно прямой путь для охлаждающего воздуха, благодаря чему сопротивление в оросителе для прохода воздуха весьма незначительно, в то время как в оросителях с решетником движение воздуха сильно затрудняется решетками и падающим дождем, вследствие чего потери всей силы тяги в некоторых конструкциях достигают 95%. Благодаря этим преимуществам градирня пленочного типа на единицу площади оросителя может пропустить значительно большее количество воды, чем градирня с решетником.

Сравнение показывает, что пленочный охладитель, при худших атмосферных условиях ($T = 10°$ Ц) и при нагрузке в 2,34 раза большей, чем в решетчатом охладителе, охлаждает воду на 0,5° ниже решетчатого.

Применение такой конструкции вполне целесообразно при условии выполнения ее целиком из дерева; при этом она дает экономию в стоимости градирни против решетчатых (при одинаковой производительности) примерно 30 — 40% [1].

б) Градирни с искусственной циркуляцией воздуха

В тех случаях, когда климатические условия делают невозможным создание естественной тяги воздуха в градирне, или когда от градирни требуется глубокое охлаждение, а местные условия не позволяют делать ее достаточно больших для этого размеров, прибегают к устройству градирен с принудительной тягой воздуха при помощи вентиляторов.

К устройству таких градирен прибегают крайне редко из-за большой стоимости эксплоатации (в случае применения градирни для силовой установки, на приведение вентиляторов в действие, вместе с расходом на подъем воды в градирню, требуется около 4 — 5% от всей мощности всей установки).

Из существующих градирен с искусственным дутьем наиболее известны металлические градирни Вортингтон-Симпсон, в которых ороситель выполнен из множества тонких стальных цилиндров, заходящих один на другой. Ороситель со всех сторон закрыт и только в нижней части оставляется одно или несколько отверстий для вентиляторов (в зависимости от количества их).

Устройство вытяжной башни здесь не обязательно, но башня дает преимущество в отношении отвода испарений на достаточную высоту.

Более распространены градирни комбинированного типа — с искусственной и естественной тягой воздуха. В таких градирнях нижняя часть оросителя имеет съемные щиты, которые снимаются при работе на естественной тяге и устанавливаются при работе вентиляторов.

Градирни с искусственной тягой и комбинированные требуют значительно меньшей площади оросителя, чем градирни с естественной тягой вследствие того, что через них проходит большее количество воздуха на единицу площади, и значит охлаждение воды идет более интенсивно.

Если в градирнях с естественной тягой принять среднюю плотность дождя 3 $м^3/м^2/час$, то при искусственном дутье за среднюю можно считать плотность 6 — 7 $м^3/м^2/час$.

Для определения количества охлаждающего воздуха, или, что то же самое, для определения производительности вентиляторов можно пользоваться уравнением немецкого экспериментатора Ф. Вольфа, которое составлено им для определения температуры охлажденной воды:

$$\vartheta_2 = \tau + \sqrt[1,3]{\frac{\Delta\vartheta}{C\,\frac{l^{2,4}}{w^{1,5}}}},$$

где ϑ_2 — температура охлажденной воды в ° Ц,
τ — показатель мокрого термометра в ° Ц,
ϑ — зона охлаждения в ° Ц,
C — коэфициент, зависящий от конструкции охладителя (для охладителя с деревянным оросителем типа „Вальке" Ф. Вольф дает $C = 1{,}5$),
l — количество воздуха, протекающее на 1 $м^3/час$ воды,
w — количество охлаждаемой воды на 1 $м^2$ площади оросителя.

Откуда количество воздуха:

$$l = \left(\frac{\Delta\vartheta\ \sqrt[1,5]{w}}{(\vartheta_2 - \tau)^{1,3} C}\right)^{2,4}.$$

Этим уравнением следует пользоваться с осторожностью, так как оно дает несколько преувеличенное количество воздуха вследствие того, что Вольф производил опыты при большой относительной влажности воздуха (порядка 80 — 90%) и кроме того не имеется совершенно точных данных о конструкции охладителя, с которым производились опыты.

2) Охлаждающие пруды

Наиболее старым и простым способом охлаждения воды является открытый пруд, в который спускается нагретая вода и где она охлаждается путем соприкосновения поверхности пруда с воздухом и главным образом вследствие испарения. Неудобство такого способа охлаждения заключается в том, что степень охлаждения здесь сильно зависит от

[1] Такая конструкция разработана автором настоящей статьи.

наличия ветра (при котором конечно охлаждение более интенсивно), а также в том, что такой способ требует большой площади пруда.

Определение потребной площади пруда не поддается теоретическим подсчетам, так как главный охлаждающий фактор — величина испарения — не может быть, хотя бы с относительной точностью, учтен. Поэтому в случаях применения прудов приходится руководствоваться данными, полученными на опытах.

Принято считать, что для паротурбинной установки в условиях средней полосы СССР достаточно иметь пруд с площадью $\infty 10$ $м^2$ на 1 $м^3/час$ охлаждаемой циркуляционной воды.

Инж. *В. А. РАДЦИГ*

3) Бассейны с брызгалками

а) Общее описание

В бассейне выше уровня воды прокладывается сеть труб, в которую подается под напором теплая вода. На сети размещаются разбрызгивающие сопла — б р ы з г а л к и. Брызгалки разбрызгивают теплую воду, которая, соприкасаясь с воздухом, охлаждается и частью испаряется.

Таким образом, как и в градирнях, охлаждение происходит от двух причин: а) передачи тепла за счет разности температур воды и воздуха и б) за счет выделения скрытой теплоты парообразования.

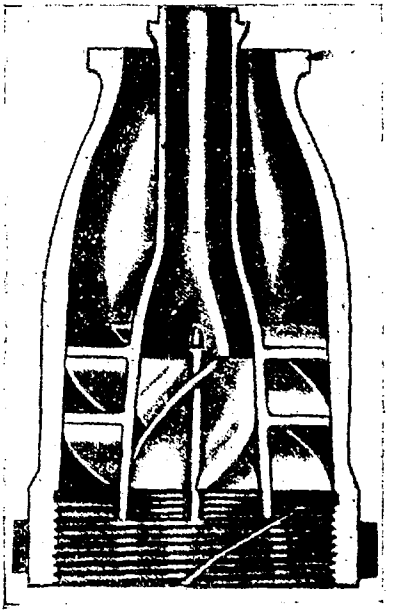
Охлажденная вода собирается в бассейн и через специальные колодцы поступает на насосы. Поскольку часть воды испаряется и теряется безвозвратно, в систему о б о р о т н о г о водоснабжения необходимо подавать некоторое количество с в е ж е й (добавочной) воды из источника водоснабжения.

Основными составными частями бассейнов с брызгалками являются:

1) оборудование: брызгалки, сеть труб и т. п.,

2) бассейн,

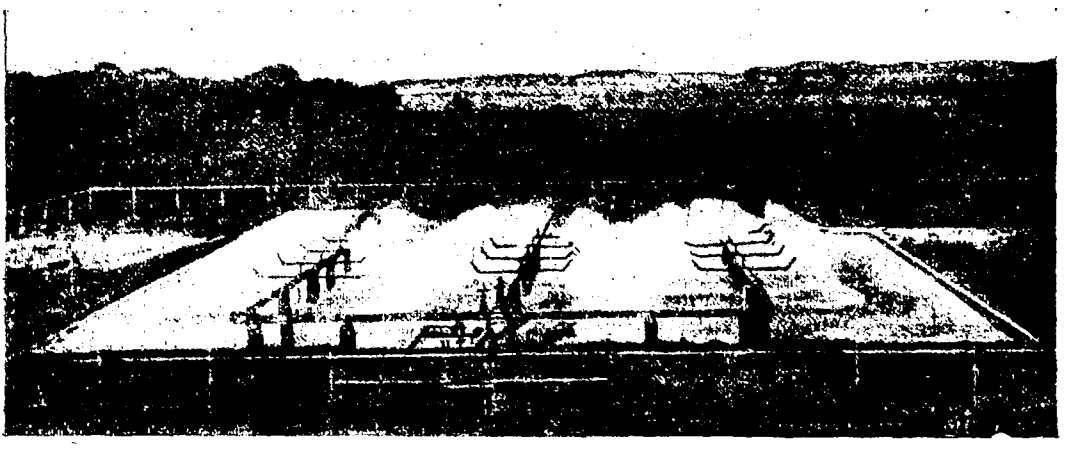
3) система колодцев для подачи в бассейн свежей воды, подачи охлажденной воды к насосам и т. п.



Фиг. 254. Брызгалка типа Мультп-спрей.

Общий вид бассейна с брызгалками показан на фиг. 253.

Брызгалки могут быть поставлены как в искусственном бассейне, так и в обычном пруде:

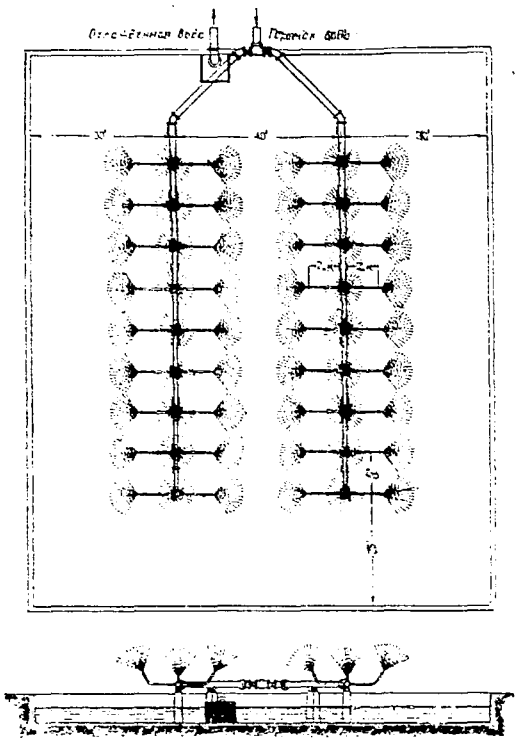


Фиг. 253. Бассейны с брызгалками (общий вид).

б) Брызгалки

Б р ы з г а л к и — специальные насадки, разбрызгивающие воду.

По своему устройству брызгалки могут быть разделены на две основных группы:



Фиг. 255. Схема расположения брызгалок.



Фиг. 256. Брызгалка типа Юни-спрей.

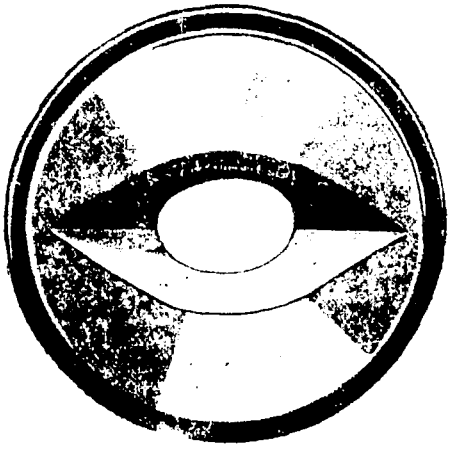
а) брызгалки с центральными лопастями (центробежного типа) и б) полые брызгалки („ударного" типа).

На фиг. 254 показана брызгалка центробежного типа американской фирмы „Шюттe-Кертинг-компани" типа „Мульти-спрей".

Брызгалки типа „Мульти-спрей" требуют весьма чистой воды; эти брызгалки дают очень хороший охлаждающий эффект. Порядок установки брызгалок типа „Мульти-спрей" в бассейне в плане и в разрезе показан на фиг. 255.

На фиг. 256 показана центробежная брызгалка типа „Юни-спрей" той же фирмы „Шюттe-Кертинг". Этот тип брызгалок несколько менее чуствителен к загрязнению воды, чем брызгалки „Мульти-спрей".

Для загрязненной воды рекомендуется брызгалка ударного типа — тип „Флет-спрей", показанная на фиг. 257. На фиг. показан порядок установки в бассейне брызгалок типа „Флет-спрей".



Фиг. 257. Брызгалка типа Флет-спрей.

В американской практике свободный напор на брызгалках берут обычно 5 *м* водяного столба.

В табл. 77 дана производительность брызгалок описанных трех типов при различных напорах.

Таблица 77

Производительность брызгалок

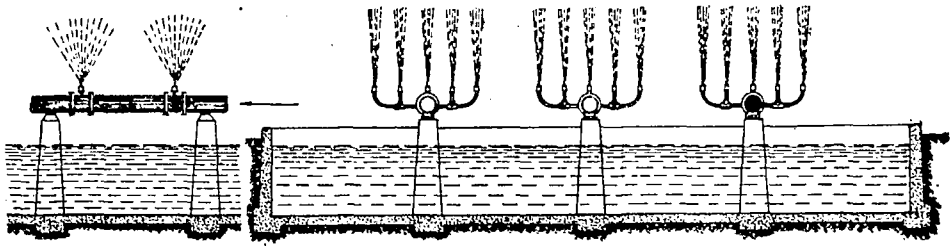
в *л/сек*

Диаметр прикрепления к трубке в дюйм.	Свободный напор *м* водяного столба		
	3,5	4,9	7,0
Тип „Мульти-спрей"			
2	3,40	4,10	4,91
2½	4,85	5,80	6,69
3	7,24	8,37	9,50
Тип „Юни-спрей"			
1	0,69	0,88	1,01
1½	1,26	1,52	1,77
2	3,98	4,73	5,28
Тип „Флет-спрей"			
1½	1,64	1,89	2,32
2	2,54	3,03	3,66

Тщательность изготовления брызгалок имеет самое существенное значение для охлаждения воды. При неправильно или небрежно изготовленных брызгалках условия охлаждения могут весьма значительно ухудшиться.

Трубы применяются обычно железные.

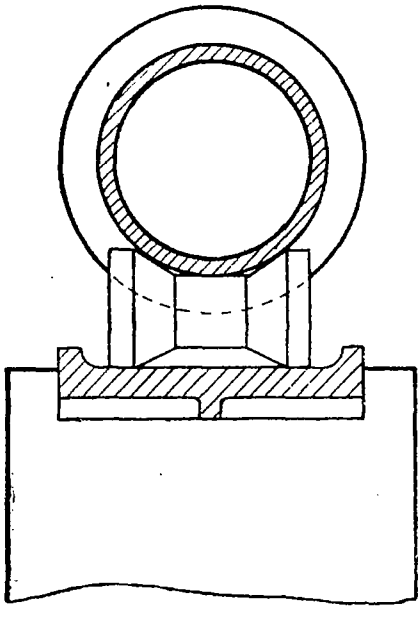
Для возможности принятия температурных расширений трубы свободно устанавливаются на р о л и к а х. Ролики могут иметь подвижку в особой подушке, которая устанавливается



Фиг. 258. Схема расположения брызгалок.

в) Распределительная сеть

С е т ь т р у б в бассейне обычно состоит из р а с п р е д е л и т е л ь н о й трубы, проложенной на берегу, от которой идут поперек бассейна р а з в о д я щ и е трубы. Брызгалки установлены на разводящих трубах. Диаметр труб разводящей линии постепенно уменьшается к концу, так как количество питаемых брызгалок уменьшается.



Фиг. 259. Опорная подушка для труб с роликами.

Разводящей линии дают уклон к концу и снабжают у конца небольшим отверстием, чтобы в случае прекращения работы из трубы вылилась вода.

У начала разводящая линия снабжается задвижкой, помощью которой можно выключить данную линию.

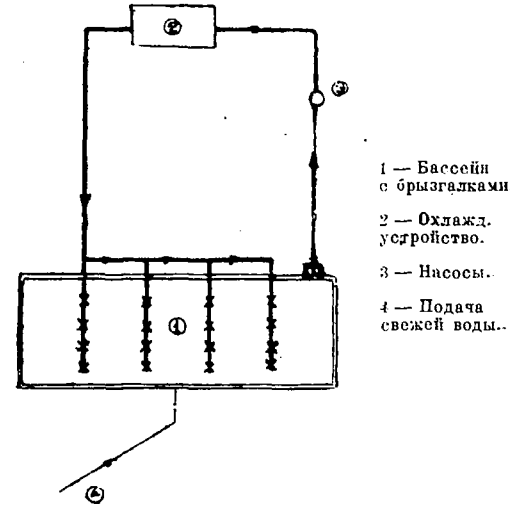
на столбике-опоре (фиг. 259). Столбики, поддерживающие трубы, ставятся через 2,5 — 4 *м* и более.

г) Схема циркуляции воды

У бассейна с брызгалками ставятся насосы второго подъема для оборотной воды.

Сеть труб самого бассейна может включаться двумя способами.

Н е п о с р е д с т в е н н о е включение сети бассейна изображено на фиг. 260. Эта схема возможна там, где вода, пройдя охлаждающее устройство, имеет остаточный напор, например в конденсаторах паротурбин.



Фиг. 260. Схема циркуляционной установки без подкачки.

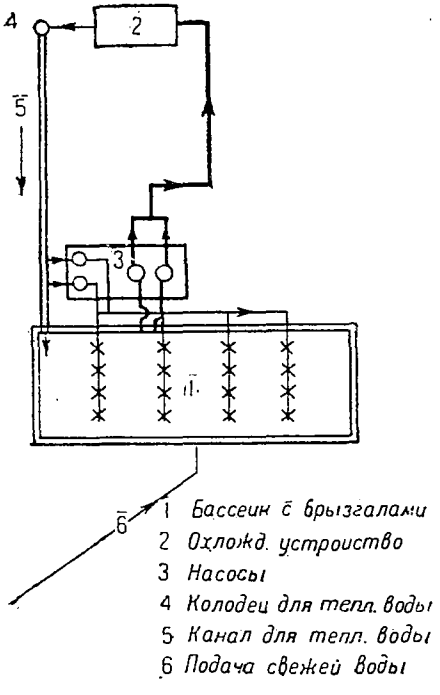
Включение с п о д к а ч к о й изображено на фиг. 261. В этой схеме требуются особые насосы для подачи теплой воды на брызгалки. Подобная схема применяется в тех случаях, когда в охлаждающем устройстве напор теряется или недостаточен (например в нагревательных печах).

Схема с подкачкой дороже схемы непосредственного включения.

При включении с подкачкой для надежности работы всей системы важно, чтобы теплая вода могла попадать в бассейн помимо насосов (подающих теплую воду на брызгалки) по самотечному каналу. Без подобного соединения работа системы ненадежна и крайне осложняет эксплоатацию, так как добиться абсолютной точности в работе двух групп насосов очень трудно.

В зимнее время возможно останавливать полностью или частично насосы для теплой воды, ограничиваясь поверхностным охлаждением.

В бассейн должна подаваться из внешней сети свежая вода. Свежая вода может подаваться под напором, обеспечивающим истечение ее.



Фиг. 261. Схема циркуляционной установки с подкачкой.

В тех случаях, когда требуется особо сильное охлаждение воды, иногда прибегают к двойному разбрызгиванию, т. е. воду, охлажденную в одном отделении бассейна, разбрызгивают в другом отделении и лишь после этого вода подается потребителю.

д) Устройство бассейна

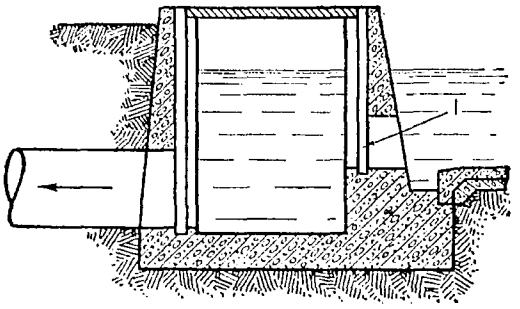
При благоприятных условиях грунта, обеспечивающих от фильтрации, возможно устройство бассейна с помощью плотины или выкопанного в земле без обделки днища.

Иногда следует естественное днище отмостить во избежание размыва. Может оказаться целесообразным покрыть днище слоем мятой, пластичной глины. Часто применяемый способ обделки днища — железобетонная плита, для увеличения водонепроницаемости покрываемая слоем торкрета, церезита и т. п.

Глубина слоя воды в бассейнах с брызгалками делается в американской практике от 1,50 *м* (5 фут.) до 0,30 *м* (1 фут).

Глубина больших бассейнов делается больше, чем малых.

Дно бассейна в поперечном направлении устраивается с уклоном (около 1%). Вдоль



Фиг. 262. Водоприемный колодец.

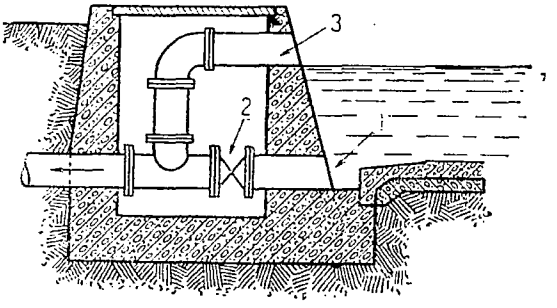
самой высокой стенки устраивается желоб с уклоном в продольном направлении для того, чтобы при опорожнении бассейна из него удалялись осадки.

Бассейн имеет спускную и переливную трубы.

е) Система колодцев

Бассейн с брызгалками снабжается рядом колодцев или камер (фиг. 262 и 263).

Водоприемный колодец для подачи охлажденной воды насосам. Он снабжается



1 Желоб
2 Задвижка
3 Переливная труба

Фиг. 263. Водоотводный колодец.

сеткой, во избежание попадания твердых частиц.

Трубы служат для случаев выпуска воды из бассейна и на случай переполнения последнего располагаются в особом колодце.

Водоприемный колодец для подачи свежей воды располагается у стенки, противоположной водоприемному колодцу для горячей воды, чтобы обеспечить отстаивание свежей воды в бассейне.

Водоотводный колодец (фиг. 263) для выпуска воды из бассейна.

Большие бассейны делятся на несколько отделений на случай необходимости ремонта или очистки одного из отделений. В этом случае в каждом отделении могут потребоваться свои колодцы или общие камеры, имеющие ряд отделений.

ж) Режим работы

В зимнее время брызги и испарения бассейна могут вызвать вокруг него туман и обледенение. Во избежание подобных явлений в зимнее время понижают давление на брызгалках, прикрывая задвижки у начала разводящих труб, а также открывают особые задвижки в конце труб. Так как при таком способе работы расход воды через брызгалки значительно уменьшится, то следует открыть особые задвижки на распределительной трубе, через которые вода может итти, минуя брызгалки.

з) эффективность охлаждения

Охлаждающая вода получает в охлаждаемом ею устройстве некоторое количество тепла W.

Если количество проходящей воды обозначить через Q, а температуру, на которую нагрелась вода — перепад температур — через ΔT, то имеет место зависимость

$$W = Q \cdot \Delta T,$$

откуда $\Delta T = \frac{W}{Q}$.

С увеличением количества подаваемой на охлаждение воды перепад температур уменьшается, и обратно. Температурный перепад представляет собой разность температур охлажденной воды — T_2 и нагревшейся — T_1:

$$\Delta T = T_1 - T_2.$$

После пуска в ход устройства через некоторое время должно установиться равновесие между количествами тепла, получаемыми на охлаждаемом устройстве, W_1 и количеством тепла, отнимаемым на брызгалках — W_2, получаем:

$$W_1 = Q(T_1 - T_w);$$
$$W_2 = Q(T_1 - T_2).$$

Таким образом величина температурного перепада не зависит от бассейна с брызгалками.

Иное дело конечная температура охлажденной на брызгалках воды — T_2; эта температура зависит от температуры воздуха и от качества работы бассейна с брызгалками.

Пределом охлаждения воды брызгалками (как и градирнями) является при данных атмосферных условиях температура точки росы, т. е. отсчет по мокрому термометру T_w.

Полный перепад температуры, на которую возможно охладить воду, будет:

$$T_1 - T_w.$$

Действительный перепад температур

$$T_1 - T_2.$$

Отношение $\frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_w} = K$.

K — можно назвать коэфициентом эффективности работы брызгалок (или градирни).

В табл. 78 даны опытные данные об охлаждении воды брызгалками американской фирмы „Спреко“ для различных перепадов температур при различных атмосферных условиях.

Нахождение конечных температур воды путем теоретических расчетов требует составления теплового баланса охлаждаемой воды и охлаждающего воздуха.

и) Количество потребной свежей воды

Количество испаряющейся в бассейне воды может быть довольно точно определено тепловыми расчетами.

Процент испарения воды увеличивается от увеличения перепада температур $(T_1 - T_2)$ и с повышением температуры окружающего воздуха

При перепаде $T_1 - T_2 = 10°$ испаряется 1,0 — 1,2% воды и менее.

При больших перепадах может испаряться до 2% воды и редко более.

Кроме потери воды на испарение может иметь место увос части воды ветром. Эта величина зависит от силы ветра, расстояния брызгалок от края бассейна, напора на них и т. п. В американской практике считают эту потерю около ½ — 1%.

В больших бассейнах эта потеря невелика, в малых же бассейнах может достигнуть более значительных величин.

Временами бассейны надо чистить и выпускать воду для целей освежения ее (чтобы не возрастала жесткость).

В американской практике считают, что практически полное количество потребной свежей воды составляет 3% для больших бассейнов при перепаде температур около 8 — 10° Ц и 5% — при меньших бассейнах и более высоком перепаде. При весьма жесткой воде свежую воду перед поступлением в бассейн приходится умягчать.

к) Потребная площадь бассейнов

Потребная площадь бассейна с брызгалками должна обеспечивать достаточный приток воздуха к брызгалкам и должна обеспечивать достаточные расстояния от крайних брызгалок до краев бассейна, чтобы избежать больших потерь воды на унос.

Таким образом можно различать основную и защитную площади.

Благодаря тому, что в малых бассейнах относительная величина защитной площади сильно возрастает, общая их площадь на единицу охлаждаемой в час воды сильно возрастает.

Если назвать

Q — расход воды 1 *м³/час*,

F — площадь бассейна в кв. *м*, то получим

$$h_2 = \frac{Q}{F} \text{ м/час}.$$

Таблица 78

Данные о работе брызгалок фирмы „Спреко"

Брызгалки № II-A при давлении воды 7 $\frac{\text{фунт.}}{\text{дм}^2}$ = 4,9 $м^3$ вод. от. и свободной циркуляции воздуха

Температура сухого термометра		Относительная влажность воздуха в %	Температура мокрого термометра (°Ц)	Температура охлаждаемой воды (°Ц)		Разность температур в °Ц	Вакуум в конденсаторе при разности температур		Примечание
Ф°	Ц°			начальная	конечная		2,8 °Ц	5,7 °Ц	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кратность 70 : 1 перепада 13,5° Ф = 7,5° Ц									
50	10,0	70	7,2	24,2	17,8	10,6	96,3	95,6	Таблица дает данные по охлаждению конденсаторов о водяным паром, „кратность" — отношение весов охлаждающей воды к пару
60	15,5	70	12,4	28,7	21,1	8,7	95,5	94,6	
70	21,1	70	17,6	31,7	24,2	6,6	94,6	93,6	
80	26,7	60	21,1	34,5	27,0	5,9	93,6	92,6	
90	32,2	50	24,4	37,2	29,8	5,4	92,6	91,5	
Кратность 60 : 1 перепада 16° Ф = 9,0° Ц									
50	10,0	70	7,2	28,8	19,8	12,6	95,5	94,6	
60	15,5	70	12,4	31,8	22,8	10,4	94,6	93,6	
70	21,1	70	17,6	34,2	25,2	7,6	93,8	92,8	
80	26,7	60	21,1	36,7	27,8	6,7	93,0	91,8	
90	32,2	50	24,4	39,5	30,5	6,1	91,8	90,5	
Кратность 50 : 1 перепада 19,0° Ф = 10,5° Ц									
50	10,0	70	7,2	32,2	21,7	14,5	94,5	93,5	
60	15,5	70	12,4	35,0	24,5	12,1	93,5	92,5	
70	21,1	70	17,6	37,2	26,7	9,1	92,6	91,5	
80	26,7	60	21,1	39,5	29,0	7,9	91,8	90,6	
90	32,2	50	24,4	42,1	31,5	6,9	90,6	89,3	
Кратность 40 : 1 перепада 21° Ф = 13,3° Ц									
50	10,0	70	7,2	37,8	24,5	17,3	92,5	91,3	
60	15,5	70	12,4	40,1	26,7	14,3	91,5	90,1	
70	21,1	70	17,6	42,3	29,0	11,4	90,5	89,1	
80	26,7	60	21,1	44,2	31,0	9,9	89,5	88,0	
90	32,2	50	24,4	46,1	32,8	8,4	88,5	86,8	
Кратность 30 : 1 перепада 32° Ф = 17,8° Ц									
50	10,0	70	7,2	46,1	28,4	21,2	88,5	86,8	
60	15,5	70	12,4	47,8	30,1	17,7	87,5	85,7	
70	21,1	70	17,6	49,5	31,7	14,1	86,5	84,5	
80	26,7	60	21,1	51,1	33,3	12,2	85,3	83,3	
90	32,2	50	24,4	52,8	35,0	10,6	84,1	81,8	

Величина h_2 называется **высотой дождя**.

Высота дождя зависит от размещения бассейна в направлении господствующих ветров, климата, напора, величины и типа брызгалок, размеров бассейна и колеблется от 0,8 до 1,2 *м*.

Определение расстояний между трубами и брызгалками можно брать по практическим данным.

л) Сравнение с градирнями

Техническими преимуществами бассейнов с брызгалками перед градирнями обычных типов являются:

а) более высокий охлаждающий эффект (в гарантийных кривых германских градирен коэфициент охлаждения меньше, чем для брызгалок);

б) наличие большего запаса воды в бассейне, что обеспечивает работу предприятия на некоторый срок в случае повреждения устройств, подающих свежую воду;

в) большая долговечность и надежность по сравнению с деревянными градирнями.

Недостатком является потребность в 4—5 раз большей площади по сравнению с градирнями.

Кроме того во избежание обледенения в зимнее время желательно ставить здания и сооружения в некотором удалении от бассейнов.

Правда, при тщательном надзоре за зимним режимом возможно избежать подобных явлений.

В отношении стоимости устройства большие бассейны с брызгалками дешевле градирен.

В малых установках эта дешевизна брызгалок перед градирнями значительно меньше вследствие уменьшения высоты дождя в бассейнах, поэтому следует производить экономические сравнения бассейнов с градирнями.

При устройстве бассейнов в естественных прудах стоимость бассейнов определяется в 15 — 20 руб. с 1 $м^3$ часовой производительности.

Проф. С. А. ОЗЕРОВ

2. Очистка воды (часть химическая)

1) Схема анализа воды и значение его компонентов

В настоящее время почти всеобщим является выражение результатов анализа воды в метрических весовых и отчасти объемных единицах.

Наиболее универсальным надо признать выражение результатов в частях на миллион частей, что равнозначно выражению в граммах на тонну или в миллиграммах на килограмм. Часто, выражая вес компонентов в миллиграммах, относят их не к килограмму (миллион миллиграммов), а к практически близкому ему весу 1 *л* воды. Для пересчета на миллион частей веса миллиграммов на литр следует разделить на удельный пес воды, какой она имеет при температуре отмеривания.

Довольно долго было общепринятым выражать результаты анализа в частях на 100 тыс. весовых частей или в тысячных долях процента ($^0/_{0000}$). Как наследие или пережиток этого способа осталось общепринятым выражение жесткости воды в немецких градусах жесткости в частях окиси кальция CaO и во французских градусах в частях карбоната кальция $CaCO_3$ на 100 тыс. частей, или в *мг* на 100 *г* воды. Только американцы освободились от рутины и выражают жесткость воды в американских градусах, которые представляют собою весовые части карбоната кальция на миллион частей согласно общему масштабу для всех составных частей солевой массы воды.

Содержание растворенных в воде газов выражают или в весовых единицах, наравне с прочими составными частями или в кубических сантиметрах ($^0/_{00}$) при 0° Ц и нормальном атмосферном давлении. Нормальное количество растворенного в воде кислорода указано в табл. 80.

Щелочность (щелочной резерв) выражают в единицах концентрации, т. е. в долях грамм-эквивалента щелочи [NaOH] или кислоты [HCl] или карбонат-иона [HCO_3] и в долях милиграмм-эквивалента [NaOH] $\times 10^{-3}$, [HCl] $\times 10^{-3}$, [HCO_3] $\times 10^{-3}$, причем следует помнить, что миллиграмм-эквивалент соответствует кубическому сантиметру нормального раствора кислоты [HCl], пошедших на нейтрализацию щелочного резерва воды. Для пресных вод часто щелочность выражают в градусах жесткости, так как практически в пресных водах щелочность совпадает с величиной „бикарбонатной" или „карбонатной" жесткости воды, составляющей часть общей жесткости, причиняемую наличием в воде бикарбонатов щелочных земель (Ca, Mg) и закиси железа (Fe^{++}).

Величины концентрации водородного иона [H^+] также выражаются в единицах концентрации, т. е. в долях его грамм-эквивалента в 1 *кг* воды, причем условно (но предложению Соренсена) приводят только логарифмический показатель pH, знаменателя этой дроби, числителем которой является единица, т. е. 1 грамм-эквивалент водородного иона.

Окисляемость обусловливается наличием в водах органических веществ (растворенных или коллоидальных), способных к окислению за счет кислорода марганцевокислого калия, выражается чаще в *мг* кислорода (эквив. вес равен 8) и иногда в *мг* $KMnO_4$ (эквив. вес равен 31,606).

Цветность — желтовато-бурый оттенок выражается согласно стандартной методике по Pt — Co шкале в градусах, отвечающих р. р. *m* Pt (частям Pt на миллион частей воды). Выражение цветности в *мг* карамели или по железокобальтовой шкале также еще встречается.

Жесткость воды обусловливается наличием в составе воды солей щелочно-земельных металлов (Ca и Mg), а также земельных (Fe, Al).

Прямое определение жесткости делается по мыльной пробе, титрованием пальмитиновокислым калием по методу Влахера или по методу Варта-Шеффера титрованием 0,1 норм. H_2SO_4, осаждением щелочной смесью (0,1 норм. $Na_2CO_3 + NaOH$) и обратным титрованием 0,1 норм. H_2SO_4.

Из результатов весового анализа жесткость находится перечислением MgO, FeO и Al_2O_3 в эквивалентные количества извести CaO, которые складываются с содержанием самой извести, после чего сумма эквивалентов CaO, отнесенная к 100 000 частям воды, выражает жесткость в немецких градусах.

Ca $\times$ 1,393 = CaO; Mg $\times$ 1,633 = CaO;
MgO $\times$ 1,391 = CaO Fe^{++} 1,004 = CaO;
FeO $\times$ 0,7848 = CaO и т. д.

Для выражения жесткости во французских и американских градусах компоненты жесткости перечисляются по соотношению эквивалентных весов в эквивалентные количества карбоната кальция $CaCO_3$, эквивалентный вес которого равен 50,035,

$$\frac{Ca \times 50{,}035}{20{,}035} = CaCO_3; \quad \frac{CaO \times 50{,}035}{28{,}035} = CaCO_3 \text{ и т. д.}$$

Немецкие градусы	Французские градусы	Американские градусы
1	1,7847	17,847
0,56031	1	10
0,056	0,1	1

Таблица 79

Схема анализа воды

Газы	Символы	Молекул. вес	Объем 1 *мг*	Вес 1 $см^3$
	N_2	28,016	0,7996 $см^3$	1,2506 *мг*
	O_2	32,000	0.69986 „	1,42892 „
	Ar	39,880	0,56154 „	1,7809 „
	CO_2	44,000	0,51923 „	1.9708 „
	H_2S	34.090	0,6497 „	1,5392 „

Реакция воды — концентрация водородного иона — pH . . . . . } аггреоонвность, равновеопе или неустойчивость состава

Солевой состав

Окиолы		Соотношения	Ионы		Элементы		
формулы	эквивалентного веса		формулы	эквивалентные веса	символы	атомные веса	
CaO	28,035	1.000 : 0,7178 1.393 : 1	Ca^{++}	20,035	Ca	40.07	Жесткость общая
MgO	20,160	1.000 : 0,6034 1.658 : 1	Mg^{++}	12,160	Mg	24.32	Жесткость общая
Na_2O	31,000	1.000 : 0,7418 1.348 : 1	Na^{+}	23,000	Na	23,00	
K_2O	47,100	1.000 : 0.8303 1.204 : 1	K^{+}	39.100	K	39.10	
FeO	35.920	1.000 : 0,7775 1.286 : 1	Fe^{++}	27,920	Fe	55.84	Железистость
Fe_2O_3	26,610	1.000 : 0,6992 1.430 : 1	Fe^{+++}	18,613	Fe	55.84	Железистость
Al_2O_3	17.033	1.000 : 0,5304 1.886 : 1	Al^{+++}	9,033	Al	27,10	
MnO	35,465	1.000 : 0 7745 1.262 : 1	Mn^{++}	27,465	Mn	54,93	
CO_2	22,000	1.000 : 1,4130 0.7078 : 1 1.000 : 1,3630 0.7330 : 1	HCO_3^{-} CO_3^{--}	31,008 30,000	C	12.00	Щелочность и карбонатн. жесткоть
SO_3	40,035	1.000 : 1,1990 0.8355: 1	SO_4^{--}	48,035	S	32,07	Солоноватость или постоянная жесткость
			Cl^{-}	35,460	Cl	35,46	Солоноватость или постоянная жесткость
					факультативно		
N_2O_5	54.010	1.000 : 1,1480 0.8712 : 1	NO_3^{-}	62,010	N	14,01	Показатели органического загрязнения
N_2O_3	38.010	1.000 : 1,2110 0.8260 : 1	NO_2^{-}	46,010	N	14,01	Показатели органического загрязнения
NH_3	17.032	1.000 : 1,0590 0.9441 : 1	NH_4^{+}	18.040	N	14,01	Показатели органического загрязнения
SiO_2	30,150	—	—	—	Si	28.30	

Органические вещеотва растворенные и коллоидальные { Окисляемоотъ в *мг* O экв. вес = 8; в *мг* $KMnO_4$: кв. пес = 31,606 ; Альбуминоидный NH_3 экв. вес = 17,032; N 14,01 ; Цветность по Pt—Co шкало (гуминовые вещества) }

Взвешенные вещества (обуоловл. мутность) { Почвенный детрит ; Планктон_____ ; Органический детрит ; Бактерии, кишечная палочка_____ }

Таблица 80

Нормальные количества растворенного в воде кислорода в *мг* на 1 *л* при различных температурах и при 760 *мм* атмосферного давления (по Фоксу)[1]

Температура °Ц	0,0°	0,1°	0,2°	0,3°	0,4°	0,5°	0,6°	0,7°	0,8°	0,9°
0	14,70	14,66	14,62	14,58	14,54	14,50	14,46	14,42	14,38	14,34
1	14,30	14,26	14,23	14,19	14,15	14,11	14,07	14,03	14,00	13,96
2	13,92	13,88	13,85	13,81	13,78	13,74	13,70	13,67	13,63	13,60
3	13,56	13,52	13,49	13,46	13,42	13,39	13,36	13,32	13,29	13,25
4	13,22	13,19	13,15	13,12	13,09	13,05	13,02	12,99	12,96	12,92
5	12,89	12,86	12,83	12,80	12,77	12,73	12,70	12,67	12,64	12,61
6	12,58	12,55	12,52	12,49	12,46	12,43	12,41	12,38	12,35	12,32
7	12,29	12,26	12,23	12,20	12,17	12,14	12,12	12,09	12,06	12,03
8	12,00	11,97	11,95	11,92	11,89	11,86	11,84	11,81	11,78	11,76
9	11,73	11,70	11,68	11,65	11,63	11,60	11,57	11,55	11,52	11,50
10	11,47	11,45	11,42	11,40	11,37	11,35	11,38	11,30	11,28	11,25
11	11,23	11,21	11,18	11,16	11,13	11,11	11,09	11,06	11,04	11,01
12	10,99	10,97	10,94	10,92	10,90	10,87	10,85	10,83	10,81	10,78
13	10,76	10,74	10,72	10,69	10,67	10,65	10,63	10,61	10,68	10,56
14	10,54	10,52	10,60	10,48	10,46	10,43	10,41	10,39	10,37	10,35
15	10,33	10,31	10,29	10,27	10,25	10,23	10,21	10,19	10,17	10,15
16	10,13	10,11	10,09	10,07	10,05	10,03	10,01	9,99	9,97	9,95
17	9,93	9,91	9,89	9,87	9,85	9,83	9,82	9,80	9,78	9,76
18	9,74	9,72	9,70	9,69	9,67	9,65	9,63	9,61	9,60	9,58
19	9,56	9,54	9,53	9,51	9,49	9,47	9,46	9,44	9,42	9,41
20	9,39	9,37	9,36	9,34	9,33	9,31	9,29	9,28	9,26	9,25
21	9,23	9,21	9,19	9,18	9,16	9,14	9,13	9,11	9,09	9,08
22	9,06	9,04	9,03	9,02	9,00	8,98	8,97	8,95	8,94	8,92
23	8,91	8,89	8,88	8,87	8,85	8,83	8,82	8,80	8,79	8,77
24	8,76	8,75	8,73	8,72	8,70	8,69	8,68	8,66	8,65	8,63
25	8,62	8,61	8,59	8,68	8,56	8,55	8,54	8,52	8,51	8,49
26	8,48	8,47	8,45	8,44	8,43	8,41	8,40	8,39	8,38	8,36
27	8,35	8,34	8,32	8,31	8,30	8,28	8,27	8,26	8,25	8,23
28	8,22	8,21	8,20	8,18	8,17	8,16	8,15	8,14	8,12	8,11
29	8,10	8,09	8,08	8,06	8,05	8,04	8,03	8,02	8,00	7,99
30	7,98	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Для пересчета *мг* кислорода на кубические сантиметры (%) числа этой таблицы следует разделить на 1,429.

Общую жесткость составляют устранимая жесткость, являющаяся в свою очередь частью так называемой карбонатной жесткости, и постоянная жесткость, состоящая из щелочно-земельных солей минеральных кислот и растворимых карбонатов магния и частью кальция.

2) Коагулирование воды

а) Химический состав и физические свойства коагулянта

Самым употребительным коагулянтом, применяемым для целей очистки воды, является серно-кислый алюминий или глинозем, теоретический состав которого выражается химической формулой $Al_2(SO_4)_3 + 18H_2O$ (удельный вес 1,02, молекулярный вес — 666,7) — вещество беловатого цвета с перламутровым блеском, образует кристаллы моноклинической системы, содержит 51,36% безводного серно-кислого алюминия $A_2(SO_4)_3$ (удельный вес 2,71, молекулярный вес 342,4) и 48,64% воды. Содержание окиси алюминия Al_2O_3 (молекулярный вес 102,2) составляет 15,33% и серного ангидрида SO_3 (молекулярный вес 80,07) составляет 36,03%. При коагулировании сернокислым глиноземом содержание в воде серного ангидрида увеличивается, а щелочной резерв воды или бикарбонатная жесткость воды уменьшается согласно равенству

$$Al_2(SO_4)_3 + 3\ Ca(HCO_3)_2 = 2\ Al(OH)_3 + 3\ CaSO_4 + 6\ CO_2.$$

Увеличение содержания серного ангидрида можно вычислить по формуле:

$$(p\%\ SO_3 \times \text{доза } мг/л) : 100.$$

Понижение щелочного резерва, выраженного в миллиграмм-эквивалентах (или, что то же самое, в кубических сантиметрах нормального раствора) находится по формуле $(p\%\ SO_3 \times \text{доза } мг/л) : (100 \times 40{,}035)$.

Понижение щелочного резерва, выраженного в немецких градусах жесткости, можно вычислить по формуле:

$$(p\%\ SO_3 \times \text{доза } мг/л \times 2{,}8035) : (100 \times 40{,}035).$$

Доза коагулянта 10 *мг* на литр вызывает для сернокислого глинозема

	Прирост серного ангидрида	Понижение щелочности: м. гр. эквивалеп.	нем. град. жесткости
$Al_2(SO_4)_3 + 18H_2O$	3,6 *мг*	0,09	0,25
$Al_2(SO_4)_3$	7,015	0,175	0,49

1 *кг* сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3 + 18H_2O$ образует при коагулировании 234,3 *г* гидроокиси алюминия $Al(OH)_3$, содержащие 153,3 *г* безводной окиси алюминия и занимающие вместе с коллоидально удерживаемой водой объем 5,11 *л*.

Удельный вес этого влажного осадка гидроокиси алюминия, откинутого на воронку, составляет 1,016.

[1] „Methoden d. hydrochemischen Analyse in d. limnologischen Praxis" von G. I. Weresoagin, N. I. Anikowa. T. B. Forsch. Stutthart, 1931, стр. 18.

1 *л* влажного осадка гидроокиси алюминия содержит 30 *г* безводной окиси алюминия.

Согласно общесоюзному стандарту на сернокислый глинозем, принятому в августе 1928 г. Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны, глинозем сернокислый есть сернокислый алюминий, кристаллизующийся с 18 частицами воды.

Состав сорта *B*, предназначаемого для очистки воды, должен удовлетворять следующим правилам:

1) содержание окиси алюминия Al_2O_3	не менее . . .	15,5%
или $Al_2(SO_4)_3\,18H_2O$	.. ..	88,2%
2) окиси железа Fe_2O_3	.. более . . .	0,8%
3) закиси железа FeO	.. ..	0,1%
4) кислотность (свободная H_2SO_4)	.. ..	0,1%
5) нерастворимых примесей	.. ..	1,0%

Сернокислый глинозем упаковывается в деревянные бочки, но по соглашению с покупателем допускается погрузка глинозема в навалку плитами (около 30 *кг* весом) без тары.

Удельный вес этого сорта сернокислого глинозема колеблется около 1,6.

Цвет этого сорта серовато-перламутровый с тускло-зеленоватым просвечиванием и с желтовато-ржавыми пятнами.

Стандартный сорт *B* сернокислого глинозема является довольно дефицитным материалом и его частью приходится заменять полуфабрикатом, так называемым „неочищенным сернокислым глиноземом", представляющим собою продукт взаимодействия каолина

Таблица 81

Таблица для вычисления агрессивной углекислоты

s = сумма свободной и связанной ($^1/_2$ бикарбонатной) углекислоты, *g* = вычисленной сумме связанной и агрессивной углекислоты, умноженной на коэфициент диссоциации карбоната кальция (по Леману и Реуссу)

s	*g*	*s*	*g*	*s*	*g*	*s*	*g*	*s*	*g*
1	1	45	43,0	89	77,3	133	104,3	177	126,2
2	2	46	43,9	90	78,0	134	104,8	178	126,6
3	3	47	44,7	91	78,7	135	105,4	179	127,0
4	4	48	45,6	92	79,3	136	105,9	180	127,5
5	5	49	46,5	93	80,0	137	106,5	181	127,9
6	6	50	47,6	94	80,8	138	106,9	182	128,4
7	7	51	48,2	95	81,4	139	107,5	183	128,8
8	8	52	49,0	96	82,1	140	108,1	184	129,2
9	9	53	49,9	97	82,7	141	108,6	185	129,7
10	10	54	50,7	98	83,3	142	109,1	186	130,2
11	11	55	51,5	99	84,0	143	109,6	187	130,6
12	12	56	52,4	100	84,6	144	110,2	188	131,0
13	13	57	53,2	101	85,3	145	110,7	189	131,9
14	13,9	58	54,0	102	85,9	146	111,2	190	131,9
15	14,9	59	54,8	103	86,5	147	111,7	191	132,3
16	15,9	60	55,7	104	87,2	148	112,2	192	132,7
17	16,9	61	56,5	105	87,6	149	112,5	193	133,2
18	17,8	62	57,2	106	88,4	150	113,2	194	133,7
19	18,8	63	58,1	107	89,1	151	113,7	195	134,0
20	19,8	64	58,8	108	89,7	152	114,2	196	134,4
21	20,8	65	59,6	109	90,4	153	114,7	197	134,8
22	21,7	66	60,4	110	90,9	154	115,3	198	135,2
23	22,7	67	61,2	111	91,6	155	115,8	199	135,7
24	23,7	68	62,0	112	92,2	156	116,3	200	136,0
25	24,6	69	62,8	113	92,8	157	116,6	210	141,6
26	25,6	70	63,5	114	93,4	158	117,3	220	145,6
27	26,5	71	64,3	115	94,0	159	117,6	230	149,8
28	27,5	72	65,0	116	94,6	160	118,1	240	153,8
29	28,4	73	65,8	117	95,1	161	118,6	250	157,5
30	29,4	74	66,5	118	95,8	162	119,1	260	161,2
31	30,3	75	67,3	119	96,3	163	119,6	270	164,9
32	31,2	76	68,0	120	97,0	164	120,1	280	168,5
33	32,2	77	68,8	121	97,6	165	120,6	290	171,9
34	33,1	78	69,5	122	98,1	166	121,0	300	175,3
35	34,0	79	70,3	123	98,6	167	121,5	310	178,8
36	34,9	80	71,0	124	99,2	168	122,0	320	182,1
37	35,9	81	71,7	125	99,9	169	122,5	330	185,0
38	36,8	82	72,4	126	100,4	170	123,0	340	188,3
39	37,7	83	73,1	127	100,9	171	123,4	350	191,3
40	38,6	84	73,8	128	101,5	172	123,9	360	194,2
41	39,5	85	74,5	129	102,1	173	124,3	370	197,3
42	40,3	86	75,2	130	102,6	174	124,7	380	199,9
43	41,2	87	75,9	131	103,2	175	125,2	390	202,8
44	42,1	88	76,5	132	103,7	176	125,7	400	205,7

1. В столбце находят число, отвечающее сумме свободной и связанной углекислоты. Например при свободной углекислоте 20 *мг* и связанной 80 *мг* находим в столбце число 100.
2. Найденному числу противостоит в столбце число, выражающее сумму связанной и агресоивной углекислоты. В нашем примере — 84,6 *мг*.
3. Вычитая из найденного в столбце числа связанную углекислоту, известную из анализа, находим агреооивную углекислоту. В нашем примере — 84,6 — 80 = 4,6 *мг*.

[1] Weresczagin, Methoden d. hidrochem. Analyse, 1931, стр. 39.

Таблица 82

Связанная углекислота[1] (половина бикарбонатной) и неактивная свободная углекислота равновесия

(графический способ определения по диагр. фиг. 267 на стр. 245)

Связанная CO_2	Свободная CO_2		Связанная CO_2	Свободная CO_2		Связанная CO_2	Свободная CO_2	
	найдено (Тильмане и Хейблейн)	вычислено (Ауербах)		найдено (Тильмане и Хейблейн)	вычислено (Ауербах)		найдено (Тильмане и Хейблейн)	вычислено (Ауербах)
5	0	0,003	75	9,25	10,7	140	76,4	70
—	—	—	77,5	10,4	—	142,5	80,5	—
15	6,25	0,08	80	11,5	13,0	145	85	77
17,5	0,4	—	82,5	12,8	—	147,5	89,1	—
20	0,5	0,2	85	14,1	15,6	150	93,5	86
22,5	0,6	—	87,5	15,6	—	152,5	98	—
25	0,75	0,4	90	17,2	18,5	155	103	95
27,5	0,9	—	92,5	19	—	157,5	107,5	—
30	1,0	0,7	95	20,75	21,7	160	112,5	104
32,5	1,2	—	97,5	22,75	—	162,5	117,5	—
35	1,4	1,1	100	25	25,4	165	122,5	114
37,5	1,6	—	102,5	27,3	—	167,5	127,6	—
40	1,75	1,6	105	29,5	29,5	170	132,9	125
42,5	2,1	—	107,5	32,3	—	172,5	138	—
45	2,1	2,3	110	35	34	175	143,8	136
47,5	2,7	—	112,5	37,8	—	177,5	149,1	—
50	3,0	3,2	115	40,75	39	180	154,5	148
52,5	3,5	—	117,5	43,8	—	182,5	160	—
55	3,9	4,2	120	47	44	185	165,5	161
57,5	4,25	—	122,5	50,2	—	187,5	171	—
60	4,8	5,5	125	54	50	190	176,6	175
62,5	5,25	—	127,5	57,4	—	192,5	182,3	—
65	6,0	7,0	130	61	56	195	188	189
67,5	6,75	—	132,5	64,7	—	197,5	194	—
70	7,5	8,7	135	68,5	63	200	199	203
72,5	8,3	—	137,5	72,3	—	—	—	—

и серной кислоты, неосвобожденный от нерастворимых примесей песка, коллоидального кремнезема и глины.

Неочищенный сернокислый глинозем выпускается обычно в кусках неправильной формы около 20—25 *кг* пористого строения, что играет положительную роль при приготовлении раствора, сероватого цвета, впрочем оттенки и интенсивность цвета варьируют довольно значительно и иногда доходят до темносерого или даже до почти черного цвета.

Примерный состав этого сорта следующий:

1) содержание окиси алюминия Al_2O_3	12 %
2) закиси и окиси железа	0,5 %
3) серного ангидрида	26 %
4) нерастворимых в воде примесей	29 %
5) воды	32,5%
	100,0%

Объем 29% нерастворимых примесей после выщелачивания растворимой соли $Al_2(SO_4)_3$ составляет около 80% в объемных единицах от веса сернокислого глинозема. Например:

Таблица 83

Удельные веса растворов сернокислого алюминия при 15° Ц (Реус), считая на безводную соль

%	Удельный вес	%	Удельный вес	%	Удельный вес	%	Удельный вес	%	Удельный вес
1	1,0170	6	1,0670	11	1,1171	16	1,1668	21	1,2168
2	1,0270	7	1,0768	12	1,1270	17	1,1770	22	1,2274
3	1,0370	8	1,0870	13	1,1369	18	1,1876	23	1,2375
4	1,0470	9	1,0968	14	1,1467	19	1,1971	24	1,2473
5	1,0569	10	1,1071	15	1,1574	20	1,2074	25	1,2572
					То же, при 18° Ц (Вишоф)				
2	1,019	8	1,083	14	1,152	20	1,226	28,5	1,340
4	1,040	10	1,105	16	1,176	24	1,278	—	—
6	1,061	12	1,129	18	1,201	28	1,333	—	—

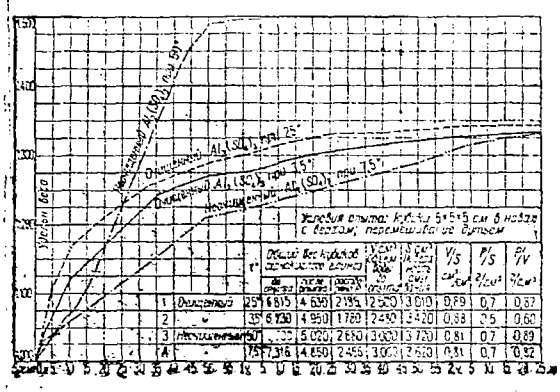
[1] Dr. I. Tillmans, Über die Bestimmungsmethoden der Kohlensäure im Wasser. (Journal f. Gasbeleichtung u. Wasserversorgung, 1913, № 16, стр. 372.

1 *кг* неочищенного сернокислого глинозема образует около 0,8 *л* осадка, около $^1/_{10}$ части которого составляет песок.

б) Приготовление раствора коагулянта

Приготовление раствора сернокислого алюминия (фиг. 264) производится в деревянных или железобетонных баках при перемешивании деревянными мешалками, дутьем воздуха или паром.

Помещая сернокислый глинозем в деревянных клетках в верхней части баков, можно обходиться без применения механического перемешивания, так как в этом слу-



Фиг. 264. Диаграмма растворения коагулянта.

Примечание. По ординатам отложены удельные веса раствора, по абсциссе—время от начала опыта.

чае образующийся в клетках раствор с более значительным удельным весом сам вызывает перемешивание слоев, хотя и менее интенсивное.

Приведем некоторые данные приготовления раствора сернокислого глинозема на Рублевской насосной станции московского водопровода. Очищенный сернокислый глинозем растворяется в железобетонных баках емкостью 19 $м^3$, плотно оштукатуренных жирным бетоном с железнением, в холодной воде (во время ледохода и паводка) при непрерывном перемешивании дутьем (по свинцовым трубкам), причем из 8 *т* сернокислого глинозема, загружаемого в бак целыми плитами до отказа, в течение $3^1/_2$ час. получается в 3 спуска до 32—33 $м^3$ раствора удельного веса 1,100, содержащего около 20% водной или около 10% безводной соли, так что в раствор переходит около 6,4—6,6 *т*. Таким образом на растворение 1 *т* очищенного сернокислого глинозема в 4,5 $м^3$ холодной воды требуется, при условии перемешивания дутьем, около 0,5 часа времени, причем получается 5 $м^3$ раствора.

Условия растворения „неочищенного" сернокислого глинозема гораздо менее выгодны. Растворение 4 *т* неочищенного глинозема в деревянном баке емкостью $15^1/_2$ $м^3$, при условии перемешивания дутьем, требует свыше 8 час., причем получается около $12^1/_2$ $м^3$ раствора (осветленного отстаиванием) удельного веса 1,100 и около 3 $м^3$ осадков коллоидального кремнезема, глины и песку, которые приходится удалять, на что тратится бригадой в 4 человека около 2 час. Таким образом на растворение 1 *т* неочищенного сернокислого глинозема в холодной воде при перемешивании дутьем требуется около 2,5 часа, причем полезного раствора удельного веса 1,100 получается лишь около 3,125 $м^3$, которые равноценны 0,625 *т* очищенного глинозема. Остающийся от растворения 1 *т* неочищенного глинозема нерастворимый осадок в количестве около 0,75 $м^3$ содержит от $^2/_3$ до $^4/_5$ объема полезного раствора, извлечение которого вымыванием из осадка требует добавочно не менее $1^1/_2$ часа.

Воздуходувка для перемешивания баков при растворении коагулянта при двигателе в 2,7—4,0 *л. с.* дает 330 об/мин, производя сжатие на 3 *м* водяного столба и забирая по 4 $м^3$/*мин* воздуха.

Рабсила по разводке коагулянта на Рублевской станции состоит из 4 рабочих при 1 бригадире (слесарь) в смену и оплачивается сдельно по 1 р. 15 к. с растворения 1 *т* очищенного и по 1 р. 75 к. с 1 *т* неочищенного сернокислого глинозема.

Цена сернокислого глинозема за 1 *т* франко-завод—112 руб. для очищенного и 68 руб. для неочищенного сорта.

Железнодорожная перевозка навалом в крытых вагонах Ленинград — Рублево обходится около 300 руб. с вагона, т. е. около 20 руб. на 1 *т*.

К особенностям свойств очищенного и неочищенного сортов сернокислого глинозема следует отнести способность лучшего хлопьеобразования очищенного сорта при мутной паводочной воде и совершенно неудовлетворительного хлопьеобразования этого сорта при зимней прозрачной речной воде с незначительной мутностью, что ведет зимой к прохождению хлопьев через загрузку фильтра и к получению опалесцирующего неудовлетворительного фильтрата, тогда как неочищенный сернокислый глинозем благодаря наличию в его растворах нерастворимой взвеси кремнезема и при прозрачной зимней воде дает удовлетворительное хлопьеобразование и удовлетворительный фильтрат. В случае применения в зимних условиях очищенного сернокислого глинозема улучшить хлопьеобразование может искусственное предварительное легкое замутнение коагулируемой воды глиной или введение в воду известкового молока дозой около 10 *мг* на 1 *л* для образования в воде нерастворимой кристаллической взвеси карбоната кальция.

в) Определение дозы коагулянта

Нахождение „оптимальных" доз коагулянта производится экспериментально. В ряде банок емкостью в 1—3 *л* одинаковые объемы воды подвергаются коагулированию несколькими дозами, разнящимися друг от друга на 10—15 *мг*, например 15—25—35—45—55—65—75—85—95—105 и т. д. Раствор коагулянта рекомендуется прибавлять в однообразно движу-

щуюся воду, например приведенную во вращательное движение лопаточной мешалкой, чтобы распределение раствора коагулянта успевало произойти раньше наступления химической реакции гидролитического и обменного разложения сернокислого глинозема, что имеет немаловажное значение для полноты выделения нерастворимой гидроокиси алюминия и на последующий процесс хлопьеобразования. Для той же цели после внесения желаемой дозы раствора следует продолжать перемешивание еще около 10 мин., после чего банки с коагулированной водой оставляются в покое. Мешалки рекомендуется по окончании перемешивания вынуть из воды. Наблюдая последующее хлопьеобразование, останавливают выбор на той дозе коагулянта, которая дала наиболее совершенное крупное ровное и полное хлопьеобразование и наибольшее осветление воды между хлопьями. Чем ровнее и крупнее хлопьеобразование и чем меньше хлопьев переплывет через отстойники и попадет на фильтры, тем большая продолжительность удовлетворительной работы скорого фильтра по качеству фильтрата, которое начинает ухудшаться при некотором накоплении загрязнения фильтра от задержанных хлопьев коагулянта, причем эта критическая степень загрязнения, измеряемая потерей напора, расходуемого на прохождение воды через загрузку фильтра, варьирует в зависимости от крупности песка и характера хлопьев коагулянта, приносимых водой на фильтр. Для сохранения цельности хлопьев коагулянта весьма важным условием является спокойное и плавное, без каскадов, поступление воды из отстойника на фильтр, так как при бурном поступлении хлопья коагулянта раздробляются и легко протаскиваются через песок, что обусловливает неудовлетворительный опаловидный характер фильтрата.

г) Осадки, образующиеся в воде при коагулировании сернокислым глиноземом

Приводим некоторые данные из наблюдений Рублевской опытной станции за период весеннего паводка с 10/IV по 7/V 1932 г.

Доза коагулянта $Al_2(SO_4)_3\ 18H_2O$ колебалась от 40 до 100 *мг* на 1 *л* воды и составляла в среднем 71,5 *мг*, причем всех осадков, удержанных отстойниками и скорыми фильтрами, образовалось по 2,18 *см*^{3} на 1 *л* воды. 1 *г* коагулянта образовывал 30,5 *см*^{3} осадков или на 1 *см*^{3} осадков расходовалось 32,7 *мг* глинозема.

Обоими опытными отстойниками (горизонтальными) задержано в среднем 77,25% всех осадков, а обоими скорыми фильтрами 22,75% остальные.

В среднем после отстойников в воде, поступавшей на скорые фильтры, содержалось около 0,5 *см*^{3} осадков в виде хлопьев коагулянта.

Количество промывных вод составило 2,41% от всего фильтрата, причем кроме обычных 3-минутных промывок со скоростью 15 *мм/сек* (15 *л* на 1 *м*^{2}) было сделано несколько более продолжительных промывок. Измеренное количество осадков в промывных водах оценивается в 20,5 *см*^{3} на 1 *л*.

Сравнение работы двух опытных отстойников, из которых № 1 работал с круглым мешалочным смесителем и имел расчетное время отстаивания от 3,4 до 7,0 час. и в среднем 5,78 часа, а отстойник № 2 работал с перегородчатым смесителем, имея время отстаивания 3,4 часа, обнаруживает явное преимущество последнего. Отстойник № 1 задержал при среднем периоде отстаивания в 5,78 часа 66,2% осадков, причем по расчету на время отстаивания в 3.4 часа в нем приходится 57,1% задержанных осадков, тогда как отстойник № 2 при периоде отстаивания 3,4 часа задержал 84,7% осадков, из чего можно заключить, что отстойник № 2 осветлял коагулированную воду в $1^1/_2$ раза успешнее, чем отстойник № 1; при этом в отстойнике № 1 осадки занимали к концу опыта меньше $^1/_6$ полезной емкости, тогда как в отстойнике № 2 осадки заняли свыше $^1/_3$ его полезной емкости.

Распределение осадков по длине обоих отстойников, разделенных дырчатыми поперечными перегородками примерно на 3 равные части, было следующее:

	Отстойник № 1 в %	Отстойник № 2 в %
От начала до I дырчатых перегородок	73,3	65.0
Между I и II дырчатыми перегородками	17,8	23,8
После II дырчатых перегородок	8,9	11,2

3) Фильтрация воды

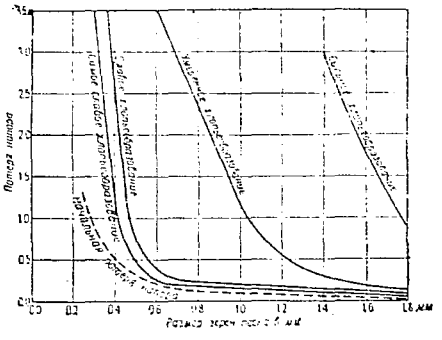
а) Крупность песка для фильтров

Чем мельче песок, через который фильтруется вода, тем лучшего качества получается фильтрат. С другой стороны, при мелком песке возрастает величина бесполезной начальной потери напора на преодоление сопротивления от трения и увеличивается скорость, с которой нарастает потеря напора вследствие накопления загрязнения песка от задержанных хлопьев коагулянта.

Джон Бейлис (Чикаго) на основании обработки данных, собранных комитетами по изучению фильтрующих материалов, образованными при Американском о-ве гражданских инженеров и при Американской ассоциации водопроводов, построил диаграмму кривых, показывающую при каких величинах потери напора хлопья коагулянта начинают проходить через фильтр в зависимости от размеров зерен песка при различных степенях хлопьеобразования (фиг. 265).

Из этой диаграммы видно что: 1) чем мельче песок, тем более значительную потерю напора допускает фильтр при одинаковом характере хлопьеобразования, раньше чем начнет пропускать хлопья в фильтрат и 2) чем сильнее степень хлопьеобразования, тем большую крупность зерен песка можно допустить в фильтре при одинаковых потерях напора раньше чем начнут проходить через фильтр хлопья коагулянта.

Размер зерен песка в этой диаграмме (как и в нижеследующей) дан в величинах так называемого „эффективного размера" Аллен-Хезена. Эффективным размером по Аллен-Хезену служит наибольший диаметр зерен 10% песка, прошедших через мелкие номера сит. Следует иметь в виду, что калибровку сит Аллен-Хезен производил не прямым измерением диаметра отверстий, а посредством определения среднего диаметра самых крупных зерен, прошедших через сито, причем

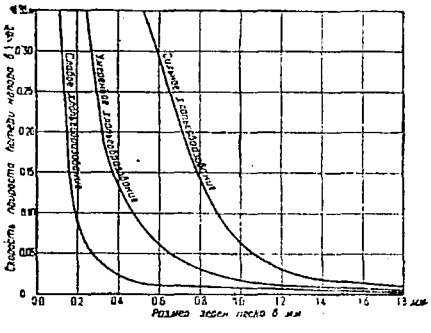


Фиг. 265. Диаграмма „критических" потерь напора, при которых хлопья коагулянта начинают проходить сквозь фильтр.

этот диаметр вычислялся для шара, равновеликого среднему объему крупных зерен, найденному весовым путем (по среднему и удельному весам). Такой способ калибровки дает несколько преувеличенные диаметры отверстий сита, составляющие в действительности лишь около 90% их величины. Эффективный размер отыскивается или графически после нанесения кривой состава песка или определяется путем вычисления:

$$X = \frac{D\,(10-p) + d\,(P-10)}{P-p}.$$

D обозначает диаметр отверстий сита, через которое проходит P %, т. е. больше 10% мелкого песка, d — диаметр отверстий сита, через которое проходит p %, т. е. меньше 10% мелкого песка.



Фиг. 266. Диаграмма прироста потери напора.

Другая приводимая диаграмма (фиг. 266) показывает зависимость скоростей нарастания потери напора при фильтрации от размера зерен песка и от характера хлопьеобразования коагулированной воды.

Из этой диаграммы видно, что: 1) чем мельче песок, тем значительнее скорость нарастания потери напора при одинаковом характере хлопьеобразования и 2) чем сильнее хлопьеобразование, тем значительнее скорость нарастания потери напора при одинаковых размерах зерен песка.

Руководствуясь этими двумя диаграммами, можно определить наиболее оптимальные и выгодные условия для выбора крупности загрузки скорых фильтров, причем при сильном и умеренном хлопьеобразовании (паводки, значительные дозы) подходящей является более крупная загрузка с эффективными размерами зерен песка между 0,4 — 0,5 *мм*. Наоборот, зимой при слабом хлопьеобразовании требуется более мелкий песок 0,2 – 0,3 *мм*, чтобы обеспечить удовлетворительность фильтрата при нормальной продолжительности работы фильтра.

Таблица 84

Расслоение песка после работы

Размеры зерен песка в *мм*	% состава песка перед загрузкой фильтра	После работы фильтра: верхние слои на глубине 5 *см*	После работы фильтра: средний слой на глубине 30 *см*	После работы фильтра: на границе с гравием на глубине 67 *см*
8—4	0	0	0	0,7
4—2,5	0	0	0	0,7
2,5—1,5	0	0	0	18,0
1,5—1,0	11,3	0	0,7	72,0
1,0—0,5	23,6	0,7	68,3	1,4
0,5—0,3	51,4	2,0	26,0	2,6
0,3—0,1	13,2	97,3	5,0	4,6
< 0,1	0,5	0	0	0
Эффективный размер $d_{10\%}$	0,25	0,12	0,35	1,01
$d_{60\%}$	0,48	0,22	0,94	1,41
Коэфициент однородности $d_{60\%}$: $d_{10\%}$ . .	1,9	1,8	2,7	1,4

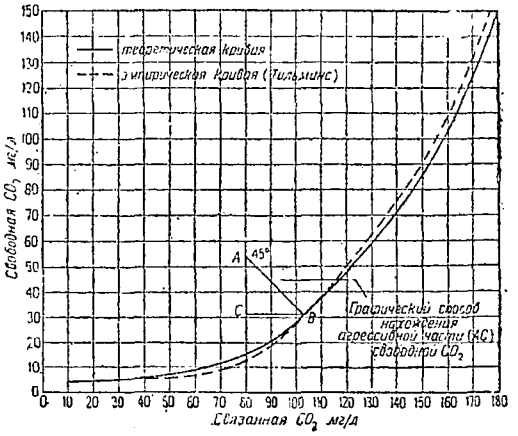
б) Фильтрующий слой песка

Наиболее ходовым сортом песка для загрузки скорых безмешалочных фильтров является речной песок с эффективным размером зерен от 0,35 до 0,45 *мм*.

По вышеприведенным диаграммам Бейлиса такой песок начинает пропускать хлопья коагулянта (при самом слабом хлопьеобразовании) при достижении потери напора 2,5 — 0,75 *м*, причем часовое нарастание потери напора соответственно составляет 0,03 — 0,02 *м*. Полезная продолжительность работы скорого фильтра при этих условиях от 83⅓ до 37½ час. По наблюдениям, сделанным на опытных станциях московского водопровода

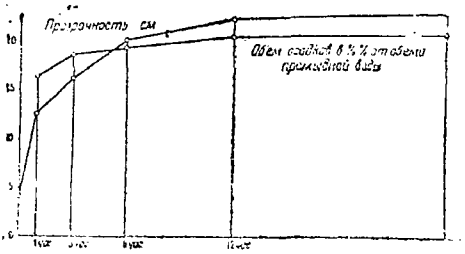
на Оке в 1929 — 1930 гг. и на Москве в 1930 — 1932 г., лучшие результаты фильтрования получаются при эффективных размерах песка около 0,25 *мм*, причем при промывках песок расслаивается и рассортировывается по эффективности размеров зерен с умельчением их в поверхностных слоях загрузки фильтра и с укрупнением в средних и глубоких слоях.

Пример расслоения песка скорого фильтра после нескольких месяцев работы дает табл. 84.



Фиг. 267. Графический способ определения агрессивной углекислоты.

Диаграммы Бейлиса дают указания, до какой степени хлопьеобразование является более подходящим тот или другой эффективный размер зерен песка. Расслаивание песка скорых безмешалочных фильтров под действием промывок со скоростью от 10 до 15 *мм/сек* делает осуществимым изменение по желанию эффективных размеров фильтрующего песка, не прибегая к коренной перегрузке фильтра. Если при обильном хлопьеобразовании фильтр слишком быстро зарабатывается и требует слишком частых промывок (например свыше 2 — 3 раз в сутки), то для удлинения периода работы фильтра можно прибегнуть к выгрузке из фильтра лишь



Фиг. 268. Диаграмма повышения прозрачности и объема осадков при отстаивании промывных вод.

самых верхних слоев песка с малым эффективным размером зерен, без риска вызвать заметное ухудшение в работе фильтра. Наоборот, когда хлопьеобразование становится слабым и вялым, целесообразней явилась бы своевременная догрузка фильтра самым мелким песком с малым эффективным размером зерен. Однако, никогда не следует забывать, что уверенное получение удовлетворительного фильтрата на скорых фильтрах зависит не только от эффективных размеров зерен песка, но главным образом от качества предварительной химической обработки воды коагулянтами и от качества работы отстойников по осветлению коагулированной воды и по задержке хлопьев коагулянта.

Хлопья коагулянта должны быть раздельными, ясно выраженными, а просвечивающая между хлопьями вода должна быть светлой и не иметь одаловидности. Только при этих условиях скорый фильтр может давать удовлетворительный фильтрат (с величиной мутности не свыше 0,5 *мг/л*), не дающий при стоянии в течение суток осадка водной окиси алюминия.

Одним из условий ровной работы фильтра является продолжительность ее цикла от промывки до промывки, из чего вытекает требование, чтобы количество хлопьев коагулянта, приносимых водою на фильтр, было незначительным (примерно не свыше 0,5 $см^3$ на 1 *л*) и чтобы прозрачность воды после отстойников колебалась около 100 *см* водяного столба.

4) Умягчение воды

а) Накипь в котлах

Явление устранимой (при кипении) жесткости зависит от разложения при нагревании бикарбоната кальция $Ca(HCO_3)_2$ на почти нерастворимый карбонат $CaCO_3$ и улетучивающуюся углекислоту $CO_2 + H_2O$.

Растворимость $CaCO_3$ равняется 16 *мг/л*, что отвечает 0,9 немецких градусов жесткости.

Растворимость карбоната магния $MgCO_3$ равняется около 100 *мг/л*, что отвечает $\frac{100 \cdot 100 \cdot 28{,}035}{1000 \cdot 42{,}16} = 6{,}649$ немецких градусов жесткости.

Наличием магнезиальных солей объясняется несовпадение величин карбонатной и устранимой жесткостей.

В кипяченой воде возрастает относительное содержание магнезиальных солей.

В накипи при кипении выпадает главным образом карбонат кальция.

Что касается причин отложения накипи в паровых котлах, то кроме выпадения нерастворимого карбоната кальция образованию накипи содействуют:

а) Повышение концентрации по мере парообразования растворимых при T котла кальциевых и магнезиальных солей, как-то: $CaSO_4$ $MgCO_3$ и др., которые, достигнув насыщенного состояния, также выделяются в нерастворимом состоянии.

б) Распадение растворимого карбоната магния $MgCO_3$ в температурных условиях парового котла с выделением углекислого газа и с образованием ряда малорастворимых основных солей:

$$5MgCO_3 + H_2O = Mg(OH)_2 \cdot 4MgCO_3 + CO_2$$
$$4MgCO_3 + H_2O = Mg(OH)_2 \cdot 3MgCO_3 + CO_2$$

Подобное разложение является гидролитическим, весьма характерным для солей слабых оснований (следует также помнить, что при 170° Ц $MgCO_3$ сполна диссоциирует на MgO и CO_2, причем растворимость MgO равняется для холодной воды 200 *мг/л* и для горячей лишь около 28 *мг/л*.

в) Коагуляция коллоидально-растворенной кремнекислоты вследствие повышения концентрации ее и электролитов и способствующего коагуляции коллоидов образования нерастворимых взвесей $CaCO_3$, $X Mg(OH)_2 \cdot Y MgCO_3$ и др.

г) Пригорание в пристенном слое поверхности нагрева органических веществ воды или эмульсии масла при питании котла конденсатом.

Исходя из формулы Статлера, вес имеющей образоваться накипи на 1 $м^3$ воды можно выразить следующим образом:

Накипь $г/м^3 = 0{,}9982\ Sm + 0{,}9982\ Cm + 1{,}282\ Fe + 1{,}881\ Al + 1{,}654\ Mg + 2{,}947 Ca$.

Sm—взвешенные и Cm – коллоидальные вещества, Fe, Al, Mg и Ca — из результатов анализа воды, выраженных в частях на миллион или *мг/л*.

и др. также имеют связь с образованием котельных накипей и с выделением порошковатых нерастворимых соединений из воды.

б) Бесполезная трата мыла

Жесткие воды трудно образуют мыльную пену. Это зависит от образования нерастворимых солей Ca, Mg, Fe и пр. с жирными кислотами, содержащимися в мыле в форме натриевых солей. Представляя для простоты мыло состоящим на 100% из олеиновокислого натрия (олеата натрия), реакцию образования нерастворимого известкового мыла можно выразить равенством $Ca(HCO_3)_2 + 2C_{17}H_{33}COONa = (C_{17}H_{33}COO)_2 Ca + 2NaHCO_3$, т. е. на нейтрализацию мылом каждого 1 немецкого градуса жесткости требуется 108,5 *г* олеата натрия на каждый $м^3$ воды.

В текстильной промышленности вред образования нерастворимых известковых мыл не ограничивается излишним расходом мыла, но сопровождается понижением качества ткани, так как нерастворимые мыла остаются на

Таблица 85

Анализы и классификация накипей

(По Hall'ю 1925 Ind. Ing. Chem, 17, 224) заимствовано из The Chemistry of Water by Arthur M. Buswell. 1928, p. 85

Типы накипей	SiO_2	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	CaO	MgO	Na_2O	SO_3	CO_2	Потеря при 105° Ц	Потеря при прокаливании
	Проценты								
1. Сульфатный	1,5	2,2	38,6	1,6	—	54,5	0,0	0,5	1,5
2. „	3,1	1,2	36,9	5,9	—	45,6	3,3	0,2	4,0
3. „	0,7	0,4	39,0	2,5	—	55,4	0,0	0,2	1,7
4. Сульфатно-карбонатный	4,2	1,2	37,5	11,2	—	24,1	15,7	0,4	5,5
5. Карбонатный	0,7	1,2	51,1	3,7	—	0,4	42,1	0,1	1,0
6. „	1,5	1,0	52,9	1,8	—	0,8	40,1	0,1	2,0
7. Карбонатно-силикатный	17,1	1,8	26,1	22,8	—	0,9	20,2	1,6	9,4
8. „ „	9,7	1,7	29,1	24,2	—	0,8	22,7	1,5	10,1
9. „ „	10,4	1,2	22.1	35,0	—	0,2	17,1	0,5	13,9
10. Карбонатно-силикатно-сульфатный	12,0	1,4	34.1	14,1	—	10,4	22,2	0,5	8,8
11. „ „ „	6.9	0,6	45,7	5,8	—	4,5	31,6	0,4	5,6
12. Сульфатно-силикатный	6,4	0,4	34,3	8,0	—	44,0	1,7	—	4,3
13. „ „	6,0	4,2	31,8	9,2	—	43,4	0,2	—	6,6
14. Силикатный	45,4	6,9	32.9	1,8	6,7	0,7	2,1	1,4	4,6
15. „	48,3	2,5	29,9	3,2	5,7	2,8	2,2	1,6	5,2

Накипи уменьшают теплопроводность стенок котла и понижают полезный коэфициент топлива. Плотные накипи в этом отношении вреднее рыхлых.

Из приведенных Busswell'ем данных Иллинойской инженерной опытной станции видны следующие потери полезного коэфициента.

Состав	Характер	Толщина накипи	Потеря полезного коэфициента топлива в %
Карбонатный	Плотный	0,5 *мм*	9.4
„	„	1,5 „	12,6
„	Рыхлый	1 „	8,0
„	„	1,5 „	11,0—12,4
Сульфатный	Плотный	1 „	9,3
„	„	1,25 „	11,1
„	„	3 „	15,9
„	Рыхлый	1,5 „	10,8

Явления вспенивания воды в котлах, внезапное неравномерное парообразование с поверхности нагрева или во всем слое воды

волокне, обусловливают грубость ткани и затрудняют окраску.

При процессах дубления жесткость воды вызывает также излишнюю трату дубильных веществ, вступающих в реакцию с известковыми и магнезиальными солями.

В бумажной, клеевароной, сахаро-рафинадной, крахмально-паточной, в различных отраслях химической промышленности качество употребляемой воды имеет также первостепенное значение.

в) Исправление состава воды посредством ее умягчения

Надежные результаты по умягчению воды дает обработка воды известью и содой — так называемый известково-содовый процесс Клэрка.

При этой обработке наряду с жесткостью из воды устраняется попутно целый ряд возможных недостатков, как-то: удаляются соли

железа и марганца, взвешенные вещества, многие коллоидально-растворенные органические вещества (гуминовые, пльбуминоидные и др.), коллоидально-растворенный кремнезем, наконец бактерии и планктонные организмы.

Обработка известью. 1-я реакция: $CO_2 + CaO = CaCO_3$ или $CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$ должна сопровождаться дальнейшим выпадением некоторого добавочного количества $CaCO_3$, так как нейтрализация известью всей свободной углекислоты неминуемо влечет за собой распад некоторого количества бикарбоната кальция с выделением осадка $CaCO_3$ и свободной углекислоты, необходимой для остановки дальнейшего распада бикарбоната кальция и для восстановления нарушенного равновесия системы — углекислота — кальций — бикарбонат:

$$Ca(HCO_3) \rightleftarrows CaCO_3 + CO_2 + H_2O.$$

2-я реакция: $Ca(HCO_3)_2 + CaO = 2CaCO_3 + H_2O$

или

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O.$$

Это равенство показывает, каким образом достигается полное выделение в осадок всего бикарбоната кальция и устранение причиняемой им жесткости.

В растворе остается лишь около 16 *мг/л* среднего карбоната кальция согласно его растворимости.

1-я и 2-я реакции требуют тщательного и продолжительного перемешивания в смесительной камере, во-первых, для введения в реакцию всего количества извести, находящейся в состоянии суспензии (известковое молоко), для частичек которой требуется обеспечить растворение для полного использования в реакции согласно приведенному равенству, так как без достаточного размешивания частички суспензии известкового молока могут осесть на дно раньше, чем успеют вступить в реакцию с бикарбонатом кальция, и, во-вторых, для того, чтобы образующийся осадок среднего карбоната кальция приобрел равномерную ясно выраженную кристалличность для последующего более дружного оседания.

3-я реакция имеет назначением разложить могущие остаться после 1-й и 2-й реакций бикарбонаты магния и иногда натрия:

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = MgCO_3 + CaCO_3 + 2H_2O$$

и $$2NaHCO_3 + Ca(OH)_2 = Na_2CO_3 + CaCO_3 + 2H_2O.$$

При этой реакции не происходит еще устранения магнезиальной жесткости, но удаление с поля реакции остатков бикарбонат-иона HCO_3 подготовляет условия для устранения магнезиально-карбонатной жесткости и для замены магния кальцием в солях минеральных кислот.

4-я реакция: $MgCO_3 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCO_3$

и $MgSO_4 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaSO_4$.

3-я и 4-я реакции требуют тщательного перемешивания по тем же соображениям, что для 1-й и 2-й реакций, но кроме того выделяющийся в 4-й реакции гидрат окиси магния имеет свойства трудно коагулирующей коллоидальной взвеси, укрупнение хлопьев которой идет слишком медленно, если не обеспечить шансы контакта их друг с другом и с кристаллической взвесью карбоната кальция. Практика умягчения воды р. Сципото для водоснабжения г. Колумбуса показала, что для полноты выпадения в осадок коллоидальной взвеси водной окиси магния, почти необходимым является прибавка 8 — 17 *мг/л* сернокислого глинозема (с 17% Al_2O_3) реакция коагулирования которого собирает в свои хлопья водной окиси алюминия коллоидальную взвесь водной окиси магния.

В подтверждение такого объяснения Гувер, главный химик водоснабжения г. Колумбуса, указывает, что понижение щелочности от прибавки сернокислого глинозема превышает теоретическое на 20 — 30 *мг/л* карбоната кальция, т. е. на 0,4 — 0,6 миллиэквивалента (равного 1,12—1,68 немецких градусов карбонатной жесткости).

Кроме того изучение реакции выделения водной окиси магния показало, что процесс идет хорошо при значительно щелочной реакции, при pH выше 10. Для получения на практике надлежащих условий практикуются два приема: или обработка всей подлежащей умягчению воды достаточным избытком извести (чтобы pH было выше 10) с последующим удалением избытка извести при помощи вдувания углекислого газа, так называемой рекарбонизацией: $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$, или обработка избытком извести лишь части, подлежащей умягчению воды („split treatment" — частичная обработка) и лишь после завершения всех реакций выделения нерастворимых карбоната кальция, водных окисей магния и алюминия и законченного хлопьеобразования в первом смесителе к обработанной избытком извести части воды, содержащей кроме взвешенных осадков также избыток извести, прибавляется остальная часть сырой воды, после чего вся масса воды подвергается тщательному длительному (1 час) перемешиванию во втором смесителе. Готовые хлопья обработанной части воды оказывают контактное ускоряющее действие на вновь образующиеся осадки остальной порции воды.

Обработка содой имеет назначением выделение в виде нерастворимого карбоната кальция кальциевые соли минеральных кислот (см. также 4-ю реакцию).

5-я реакция:

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4.$$

Эта реакция производится тотчас после окончания обработки известью, а в случае применения коагулирования сернокислым глиноземом для ускорения коагуляции гидроокиси магния, после сернокислого глинозема.

На умягчительной установке г. Колумбуса применяется „частичная обработка" (около $^1/_2$ всей воды), отмеренные дозы реактивов—

2% известкового молока, 2% раствора сернокислого глинозема и соды—прибавляются хотя и последовательно в указанном порядке, но практически на столь близких расстояниях один от другого, что создается впечатление почти одновременного введения их в воду.

Наблюдения Гувера подтверждают, что и в лабораторных условиях практически получаются те же результаты при буквально одновременном введении всех реактивов.

Обычно достигаемые пределы умягчения в результате известково-содового процесса колеблются между 2,8—3,9 немецких градусов жесткости.

Умягчение до 1—2 немецких градусов, т. е. близкое к теоретически возможному, удается лишь с трудом.

Время, требующееся для отстаивания после известково-содовой обработки, считается не менее 4 час., но достаточным является лишь 12 час.

Фильтрование через песочные фильтры в значительной степени увеличивает полноту удаления хлопьев и потому повышает эффективность умягчительного процесса.

Проф. *В. Т. ТУРЧИНОВИЧ*

3. Очистка воды (часть техническая)

Недостатками, препятствующими использованию воды для питьевых и хозяйственных целей, могут быть чаще всего:

а) мутность воды вследствие наличия в воде взвешенных веществ (песка, глины, ила); наиболее измельченная часть этих веществ может быть в коллоидальном состоянии, т. е. не выпадать из воды неограниченно долгое время;

б) цветность воды, вызываемая главным образом присутствием в воде коллоидальной болотной (гуминовой) окраски;

в) возможность наличия в воде болезнетворных микроорганизмов: возбудителей холеры, дезинтерии, тифа и паратифа вследствие попадания в них сточных вод, содержащих выделения человека;

г) избыток растворенных в воде солей (железа, марганца, кальция, магния и др.) или газов (сероводорода, углекислоты).

Для устранения или уменьшения этих недостатков могут применяться следующие процессы:

для устранения	мутности и цветности	— осветление воды;
„ „	болезнетворных микроорганизмов	— обезвреживание воды;
„ „	избытка растворенных солей	— обезжелезивание и умягчение;
„	избытка растворенных газов	— дегазация

I) Осветление воды

При проектировании установок для осветления воды путем отстаивания и скорой фильтрации размеры сооружений следует рассчитывать на покрытие: полезного расхода Q *м³/сутки*, подаваемого потребителям, и расхода на промывку фильтров (см. ниже). Это количество воды установка должна подавать за рабочее время (за вычетом простоев на промывку фильтров). В результате полная часовая производительность q элементов установки (осадочных бассейнов и пр.), на которую следует вести их расчет, должна быть больше полезной часовой производительности их $q_1' = \frac{Q}{24}$, а именно:

При числе отделений фильтров в установке	Скорость фильтрации *м/час*	
2	3,25	$q = 1{,}115q'$
3	4,33	$q = 1{,}095q'$
4	4,88	$q = 1{,}085q'$
5 и более	5,00	$q = 1{,}085q'$

Указанные коэфициенты вычислены в предположении обычных норм продолжительности работы фильтра между промывками, интенсивности промывки и пр. (см. ниже). При иных нормах величина их требует изменения.

Пример. Требуется спроектировать установку на полезную производительность Q=3250 *м³* в сутки или 135,5 *м³* в час. По таблице (см. ниже „фильтры") задаемся числом фильтров 4. Необходимая полная часовая производительность установки составит $q = 1{,}085q' = 1{,}085 \cdot 135{,}5 = 147{,}0$ *м³*, на которую и ведем расчет.

В малых установках допускается как исключение работа не круглые сутки, а меньшее число часов—n. В этом случае очевидно $q' = \frac{Q}{n}$.

Основными приемами для осветления воды являются отстаивание (осаждение) и фильтрация. Вода может подвергаться им или в естественном виде, или же после предварительной химической обработки — коагуляции, имеющей целью свертывание (собирание) взвешенных и коллоидальных веществ в более или менее крупные хлопья. Прием коагуляции, ускоряющий отстаивание и фильтрацию и единственный радикально устраняющий коллоидальные вещества, получил в настоящее время всеобщее распространение.

а) Коагуляция

Наиболее часто употребляется в качестве коагулянта сернокислый алюминий, как уже указано (Отд. очистка воды, часть химическая):

$$Al_2(SO_4)_3 + 18\,H_2O$$

При введении в воду сернокислый алюминий, вступая в соединение с находящимися обычно в воде двууглекислыми солями кальция и магния (естественными щелочами), превра-

щается в коллоидальную гидроокись алюминия и выделяет углекислоту.

Коллоидальная гидроокись алюминия довольно быстро переходит в водную окись его.

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 3H_2O,$$

образующую хлопья и увлекающую с собой взвешенные и коллоидальные вещества, бывшие в воде.

Вода ($18H_2O$) составляет примерно 50% по весу продажного очищенного сернокислого алюминия. При проектных расчетах ведут обычно счет на сухой, т. е. безводный сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3$, при эксплоатации же на продажный, т. е. включая воду и примеси, могущие быть в неочищенном продукте.

Доза сернокислого алюминия зависит от количества взвешенных веществ в воде и колеблется от 20 до 100 *г* сухого на 1 *м*³ обрабатываемой воды. В случае недостаточной естественной щелочности вода подщелачивается искусственно известью или содой.

Устройство для заготовки и дозирования реагентов в простейшем виде состоит из верхнего бачка для затворения, двух рабочих баков для раствора, попеременно соединяемых с дозировочным бачком (снабженным поплавковым краном, регулирующим уровень), из которого раствор через дозирующий кран поступает в воронку.

Емкость одного рабочего бака для раствора сернокислого алюминия $W_1 = \frac{q \cdot a}{417\, n \cdot b}$ *м*³,

где q—часовое количество обрабатываемой воды в *м*³,

a—максимальная доза, грамм на *м*³,

n—число заготовок в сутки и

b—крепость рабочего раствора в процентах.

Подставляя обычно принимаемые нормы: $b = 5\%$ и $n = 3$ (на малых станциях (до 2500 *м*³ сутки) — удобнее всего $n = 1$), получим $W_1 = 0{,}00016 \cdot a \cdot q$ *м*³.

При недостатке щелочности для завершения реакции с сернокислым алюминием воду приходится подщелачивать добавлением соды, известкового раствора или молока. Для разложения дозы 1 *г* сухого сернокислого алюминия на 1 *м*³ воды необходима щелочность ее 0,05 немецкого градуса. Кроме того желательна избыточная щелочность в 2 немецких градуса. Для поднятия щелочности воды на 1 немецкий градус необходимо 18,9 *г* соды или 10 *г* негашеной извести на 1 *м*³ подщелачиваемой воды.

Емкость растворного бака (5%-ного раствора соды) должна быть:

$$W_2 = \frac{(0{,}05\, a - x + 2) q}{110 \cdot n}\ м^3$$

и для насыщеного $^1/_8\%$ раствора извести:

$$W_3 = \frac{(0{,}05\, a - x + 2) q}{5{,}2 \cdot n}\ м^3,$$

где a — максимальная доза вводимого сухого сернокислого алюминия *г*/*м*³,

x — щелочность воды в этот момент немецких градусов.

Ввиду очень большого размера получающихся баков известковый раствор выгоднее приготовлять в сатураторах (см. ниже умягчение воды) или же прибегать к молоку. Баков W_1. W_2, W_3 должно быть не менее двух (один в работе, другой в подготовке).

При введении известкового молока известь предварительно гасится и загружается в виде жидкого теста в бак, где размешивается с водой до состояния молока. Молоко необходимо поддерживать все время во взвеси с помощью механических мешалок.

Крепость молока $b = 2 - 5\%$. Емкость бака для известкового молока

$$W_4 = \frac{(0{,}05\, a - x + 2)\, q}{41{,}7 \cdot b \cdot n}\ м^3.$$

Можно различать три схемы устройств для заготовки реагентов (кроме известкового молока): простейшую (при емкости растворных баков до 1,5 *м*³) — баки круглые деревянные, затворный бачок один над ними, перемешивание вручную веслом; среднюю (при емкости 2 — 9 *м*³) — баки круглые деревянные или железобетонные, перемешивание вручную помощью мешалок на оси, затворные баки отдельно внутри растворных и большую (емкость 4 *м*³ и выше) — баки железобетонные, прямоугольные, затворные баки внутри или просто в виде решетки вверху бака, перемешивание воздухом из дырчатой сети или по принципу эрлифта.

Расход воздуха для перемешивания растворов 0,0033 — 0,01 *м*³/*сек* на 1 *м*³ емкости. Скорость в отверстиях воздушной распределительной сети на дне баков — 140 *м*/*сек*.

Емкость верхних затворных бачков примерно 0,1—0,2 емкости рабочих. Размер (внутри) дозировочного бачка—эллиптический 0,4 × 0,3 *м*, высота — 0,24 *м*. Арматура для коагулянта желательна эбонитовая, трубы — свинцовые.

Устье дозировочных кранов должно быть не менее 0,2 *м* над краем воронок. Воронки не ниже 0,70 *м* от пола, в легко доступном освещенном месте. Все баки должны быть расположены возможно более доступно и компактно. Трубопроводы, подводящие реагенты, должны быть возможно прямее и короче. Дозировка производится обязательно воткрытую, т. е. свободной струей, доступной всегда поверке помощью мензурки и секундомера.

Подача растворов реагентов должна итти по возможности самотеком. Для станций производительностью от 10 000 *м*³ в сутки и выше допускается заготовка растворов внизу с периодической их подкачкой.

Число точек (мест) дозирования должно быть возможно меньше (сказанное не относится к так называемому раздельному дозированию, т. е. введению например части раствора до осадочных бассейнов, части после и т. п.).

Процент крепости раствора реагентов должен подбираться так, чтобы количество раствора, дозируемого из одного крана, при всех обстоятельствах было не менее 150 *см*³ в минуту.

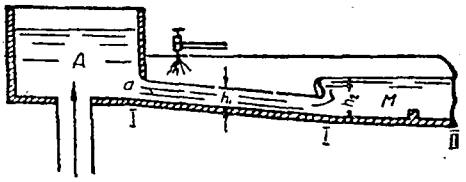
На станциях производительностью от 10 000 $м^3$ в сутки и выше реагентное хозяйство должно быть выделено в особое помещение.

Смешение. Для полноты и быстроты действия каждый реагент при поступлении его в обрабатываемую воду должен быть тщательно смешан с последней. Тип смесителя зависит от места ввода реагента. Можно различать три возможных места введения реагента: перед насосом, по пути от насоса к очистным сооружениям — в подающую трубу — и наконец при выходе воды из этой трубы на сооружениях.

Наилучшее смешение получается в насосе при подаче во всасывающую трубу. Срыв вакуума предупреждается шунтированием части воды из напорной трубы в обход насоса, обратно во всасывающую через регулирующий бачок с поплавковым краном, соединенный с воронкой[1].

При подаче в напорную подающую трубу воронка должна быть помещена, во избежание фонтанирования, выше уровня того бассейна, куда подается вода на высоту гидравлических сопротивлений, по пути от места ввода до конца трубы. На этом участке не должно быть действующих запорных задвижек. Возможно понижение воронки при применении подсасывания установкой инжектора (трубы Вентури) на основной трубе или на специальном вспомогательном напорном трубопроводе (пример — Москва). Смешение происходит в трубе; для этого длина трубы от места ввода реагента до излива должна быть не менее 50 диаметров; желательны повороты.

При введении реагента в воду при выходе ее из трубы на очистные сооружения одним из лучших типов смесителя является гидравлический прыжок (фиг. 269).



Фиг. 269. Смеситель по способу гидравлического прыжка

Расчет его: задаемся шириной канала b, определяем удельный расход на 1 *пог. м* ширины

$$q = \frac{Q}{b}\ м^3/сек.$$

Определяем критическую глубину, соответствующую по уравнению

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{1{,}1q^2}{g}},$$

где g — ускорение силы тяжести; задаемся глубиной h_1 потока на участке $I-I$ $h_1 < h_{кр}$ с таким расчетом, чтобы скорость его была порядка 2,5 — 3,0 *м/сек*.

Уклон на этом участке определится по формуле Шези:

$$i = \frac{q^2}{C^2 \cdot h_1^2 \cdot R},$$

где коэфициент C и гидравлический радиус R определяются обычным для каналов способом по формуле Куттера или Базена. Высота отверстия $a = 1{,}33\ h_1$, напор в баке

$$H = \frac{q^2}{\mu^2 \cdot a^2 \cdot 2g} + \frac{a}{2}.$$

Глубина на участке $I-II$ определится:

$$h_2 = \frac{h_1}{2}\sqrt{1 + \frac{8{,}8\ q^2}{g \cdot h_1^3}} - \frac{h_1}{2}.$$

Уклон участка $I-II$ вычисляем из условия равномерного движения при глубине h_2, в случае необходимости подпирая воду подзапрудой „M". Реагент можно вводить или в бак или в начале участка $I-I$, разбивая, если это надо, струю его после измерительной воронки на несколько равных струй, равномерно распределяемых по ширине потока.

В качестве смесителей возможно также применение каналов, перегороженных 2 — 3-дырчатыми перегородками, при скорости в отверстиях порядка 1,0 *м/сек* желобов с боковыми перегородками, отклоняющими струю то в одну, то в другую стороны (ерши) при числе перегородок не менее пяти и т. п. Как правило, смешение должно заканчиваться не позже как через минуту после введения реагента.

Камеры реакции[1]. Для ускорения образования хлопьев и уменьшения потери неразложенного коагулянта с оседающей крупной взвесью желательно пропускать воду после смешения с реагентами не прямо в осадочный бассейн, а предварительно в камеру реакции, где образуются хлопья, выпускаемые в готовом виде в бассейн.

Продолжительность пребывания воды в камере реакции $t = 15 - 30$ мин. Скорость движения воды в камере реакции[2] должна, с одной стороны, препятствовать отложению осадков, с другой, — не вызывать разбивания хлопьев (примерно 0,2 — 0,4 *м/сек*). Типы камер реакции: для производительности до 400 $м^3$ в час удобнее всего водоворотные камеры цилиндрической формы. Вращение достигается силой воды, входящей во касательной через одно или несколько сопел. Сопла могут быть внизу; вода, вращаясь, постепенно поднимается кверху, где переливается через борт в кольцевой желоб или в трубу, расположенную в центре.

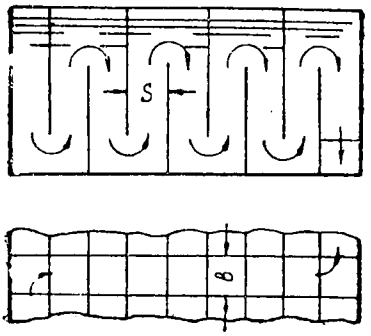
В конструкции Водоканалпроекта камера совмещается с центральной трубой вертикального отстойника (см. ниже), сопла располагаются вверху в виде неподвижного сегнерова колеса. Скорость воды при выходе из сопел

[1] Н. Н. Гениев, Краткий курс водоснабжения, стр. 146.

[1] Не следует смешивать смеситель и камеру реакции, имеющие совершенно различные функции, как это к сожалению часто делается.

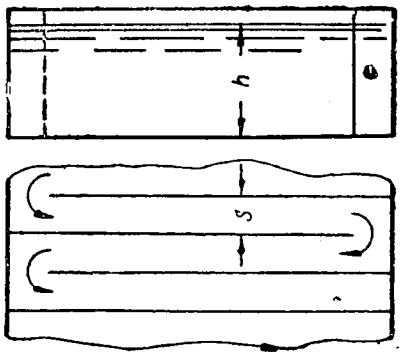
[2] При проведении реакции в прямых каналах и трубах без резких поворотов скорость движения воды принимается вдвое большей.

принимается 2,5 — 3,3 *м/сек*. Продолжительность пребывания воды — 15 мин. Желательно иметь приспособления для изменения отверстия сопел при меняющемся расходе (иглу).



Фиг. 270. Перегородчатая камера реакции с вертикальной циркуляцией воды.

При производительности 400 — 1600 *м³/час* рекомендуются перегородочные камеры с вертикальной циркуляцией (фиг. 270), свыше 1600 *м³/час* — такие же с горизонтальной



Фиг. 271. Перегородчатая камера реакции с горизонтальной циркуляцией воды.

(фиг. 271). Расстояние между перегородками *s* при горизонтальном движении воды—

$$s = \frac{q}{v \cdot h},$$

при вертикальном

$$s = \frac{q}{v \cdot b},$$

где *h* — глубина камеры, *b* — ширина ячейки.

Наименьшее *s* для горизонтального типа — 0,45 *м*, для вертикального *s* — 0,50 *м*; *b* — 0,60 *м*. Материал перегородок — дерево. Желательно иметь возможность перестановки перегородок. Чистка горизонтальных камер через боковые выпуски, вертикальных — через донные выпуски отсасыванием или при приподнимании всей деревянной конструкции над бетонным дном.

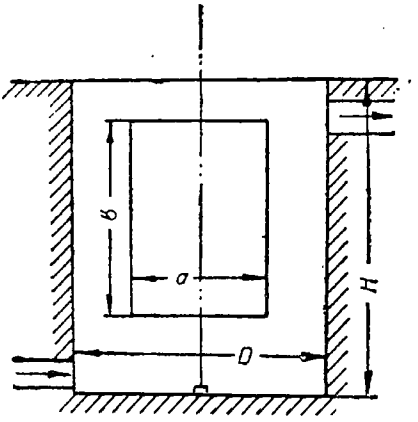
Потеря напора в перегородчатых камерах реакции

$$H = a \cdot n \cdot \frac{v^2}{2g} + h,$$

где *n* — число поворотов, *h* — потеря на трение, подсчитанная для всего пути; *a* — коэфициент = 2,6; *v* — скорость в *м/сек*.

Механические (лопастные) камеры реакции (фиг. 272)

Вращение воды достигается помощью механического привода, действующего на лопасти, сидящие на вертикальной оси. Могут быть круглой и прямоугольной формы. Преимущество—отсутствие потери напора, недостаток—необходимость постороннего двигателя.



Фиг. 272. Камера реакции с механическим перемешиванием воды (лопастная).

Площадь лопасти $a \cdot b$ от 0,25 до 0,33 *DH*. $n = \frac{28{,}7 \cdot v}{a}$ об/мин., где *v* — желаемая средняя скорость движения воды в камере.

Ввиду важности наблюдения над ходом реакции камеры реакции должны быть в доступном помещении.

При употреблении в качестве реагента известкового молока скорость в первой части камер реакции (первые 7 — 10 мин.) должна быть повышенная, примерно до 0,6 *м/сек*.

Как общее правило, во избежание разбивания хлопьев скорость во всех трубопроводах, проводящих коагулированную воду (до фильтров), не должна превышать 0,6 *м/сек*.

б) Отстаивание

Осаждение (отстаивание) разделяется на: а) простое осаждение, применяемое в настоящее время только как предварительное, б) осаждение с коагуляцией и в) длительное отстаивание.

Осаждение частиц от 0—0,1 *мм* в диаметре подчиняется закону Стокса $u = c \cdot d^2$, где *a* — скорость выпадения, *d* — диаметр частиц, *c* — коэфициент, зависящий от вязкости воды, пропорциональный величине $\frac{t + 23}{3}$, где *t* — температура воды в градусах Ц (зимой осаждение идет медленнее, чем летом). Более крупные частицы (0,1—1,0 *мм*) подчиняются закону вида $u = c \cdot d$. Гидравлическая величина частиц (в водопроводной практике) — скорость выпадения их при температуре 10°.

Простое осаждение применимо в тех случаях, когда не менее 50 % взвеси осаждается со скоростью $u \geq 0{,}05$ *мм/сек* как предварительный способ очистки или для грубой очистки воды для промышленного водоснабжения.

Осаждение с коагуляцией применяется: а) периодически — для ускорения осаждения в моменты трудно осаждающейся мути (например в паводки), б) как постоянный прием — при скорой фильтрации. Коагуляция повышает скорость осаждения частиц примерно в 10 и более раз.

Осадочные бассейны (иначе называемые отстойниками) для выделения взвеси разделяются на: песколовки, предварительные бассейны для осаждения взвеси без коагуляции или с периодической коагуляцией и коагуляционные бассейны для осаждения с постоянной коагуляцией.

Песколовки могут применяться для выделения песка из воды быстро текущих горных рек, несущих постоянно значительное количество крупных взвешенных веществ.

Предварительными осадочными бассейнами могут считаться как естественные водоемы — озера, пруды, так и искусственные сооружения — водохранилища, ковши водоприемников и наконец специальные сооружения, главным образом открытого типа. Применение таких бассейнов может быть экономически выгодно лишь там, где с их помощью можно выделить значительную часть содержащейся в воде взвеси, в частности во время паводков, и тем облегчить и выравнять работу окончательных коагуляционных бассейнов и уменьшить дозу применяемых для коагуляции реагентов.

Осадочные бассейны (отстойники) могут быть вертикальные и горизонтальные. Выбор их типа рекомендуется в каждом отдельном случае делать на основании топографических условий, и сравнения стоимости и затраты материалов.

Горизонтальные бассейны. Основная расчетная формула для горизонтальных бассейнов:

$$u = \alpha \cdot \frac{v}{l/h},$$

где u — секундная вертикальная скорость осаждения наименьших частиц, еще задерживаемых бассейном (охватываемая бассейном скорость осаждения) в миллиметрах, v — средняя секундная горизонтальная скорость движения воды в бассейне в миллиметрах, l — длина пути воды в бассейне в метрах, h — средняя глубина бассейна в метрах, α — коэфициент, равный от 1,0 (для рационально устроенного бассейна) до 3,0 (при несовершенном устройстве).

u принимается не более 0,05 *мм/сек* при простом осаждении, 0,1 *мм/сек* — при периодической коагуляции в наиболее тяжелые моменты — паводки, 0,5—0,75 *мм/сек* при постоянной коагуляции и 2—3 *мм/сек* — для песколовок.

Отношение $\frac{l}{h}$ желательно от 10 до 50.

Средняя скорость движения воды в бассейне

$$v = \frac{q}{3{,}6\, b \cdot h} \text{ мм/сек},$$

где q — часовое количество воды, протекающее через бассейн в куб. метрах,
b — ширина и
h — глубина бассейна в метрах.

Наибольшая допускаемая средняя скорость v в зависимости от характера осаждения дана в следующей таблице.

При отношении $\frac{l}{h}$	Простое осаждение	Периодическая коагуляция	Постоянная коагуляция
10	0,5	1,0	5,0
20	1,0	2,0	10,0
30	1,5	3,0	не более 12,0
40	2,0	4,0	
50	2,5	5,0	

Скорости меньше 0,5 *мм/сек* — переальпы, больше 12,5 *мм/сек* — нежелательны из опасения вихрей (хотя и встречаются иногда), для песколовок допускаются скорости до 30 *мм/сек*.

Средняя глубина бассейна принимается 3—5 *м*.

Теоретическое время пребывания воды в бассейне определяется уравнениями:

$$Z = \frac{l}{3{,}6 \cdot v} \text{ или } \frac{W}{q} \text{ час.},$$

где W — объем бассейна, а q — часовое количество, протекающее через него, и имеет значение лишь при коагуляции воды в самом бассейне (если в бассейн не поступают готовые хлопья).

Действительное время пребывания воды в бассейне составляет в среднем не более половины теоретического (вследствие неравномерного движения воды в бассейне) в зависимости от совершенства его конструкции.

Так как возможно, что хлопья не успеют образоваться в камере реакции и образование их будет продолжаться в бассейне, теоретическое время пребывания воды в нем берут не менее 2 час. Вообще же Z принимается от 2 до 6 час. Чем больше Z, тем дороже сооружение, но тем меньше расход реагентов.

Равномерное распределение скорости движения воды в плане (по ширине бассейна) имеет важное значение, по глубине — менее важное (за исключением случая, когда коагуляция продолжается в самом бассейне) для успешности осаждения.

Меры борьбы с неравномерностью распределения в плане: 1) разделение бассейна на параллельные коридоры с отдельными выпусками из них, 2) впуск и выпуск воды через водосливы по всей ширине бассейна и 3) впуск и выпуск воды через дырчатые перегородки; по глубине: поперечные перегородки, не доходящие попеременно до дна и доверха (для устранения влияний разницы в температуре воды), дырчатые перегородки на впуске и выпуске. Излишнее количество

перегородок, вызывая вихри и быстротоки, вредит работе бассейна. Лучше просто оставлять штрабы в стенах для возможности установки, если это окажется нужным, добавочных перегородок.

Дырчатые перегородки рассчитываются по максимальной скорости в отверстиях 0,2—0,3 *м/сек*. Диаметр отверстий 25—100 *мм*. Применяются и дырчатые желоба.

При получающейся по расчету чрезмерной длине (и для удобства управления) бассейны устраиваются иногда с поворотом течения (одним и более). Поворот исполняется или вокруг направляющей стенки, или помощью дырчатых передаточных желобов, рассчитываемых так же, как дырчатые перегородки. В этом случае необходимо предусмотреть у низа промежуточных стенок люк, закрытый щитом, висящим на подвесках и открывающимся в любую сторону для разгрузки стенок от одностороннего давления при опорожнении. Постоянно действующие бассейны отепляются земляной или другой отепляющей засыпкой или кровлей. Бассейны, рассчитанные на работу в теплое время (весна—осень, при чистой воде зимой), могут быть открытые, прямо в земле. Удаление осадка совершается при опорожненном бассейне — вручную, бранспойтом. Для удобства его удаления дну придается продольный уклон не менее 0,02, обычно против течения воды, и поперечный не менее 0,05 с лотком посередине. Для полного использования бассейна и равномерности отложения осадка желательна возможность пускать воду при работе бассейна в обоих направлениях попеременно.

Бассейн может быть снабжен переливом для сброса излишней воды, однако при коагуляции сброс желательно иметь до введения реагентов.

Вертикальные бассейны. Вертикальными (фиг. 273) называются бассейны, в которых отношение диаметра к высоте не более 3:1. При больших значениях их можно рассматривать как горизонтальные с радиальным течением воды.

Основное уравнение вертикального бассейна: $v = u$, где v — средняя секундная скорость восходящего движения воды в кольцевом пространстве между центральной трубой и наружной стеной бассейна в миллиметрах, u — секундная скорость выпадения частиц, охватываемая бассейном.

Вертикальные бассейны применяются исключительно для осаждения тяжелых взвесей, как-то: хлопьев коагулированной воды при $v = u = 0{,}5 - 0{,}75$ *мм/сек*. Для естественной мути (простого осаждения) вертикальные бассейны неприменимы, так как необходимые для этого малые скорости движения воды не могут быть реально достигнуты.

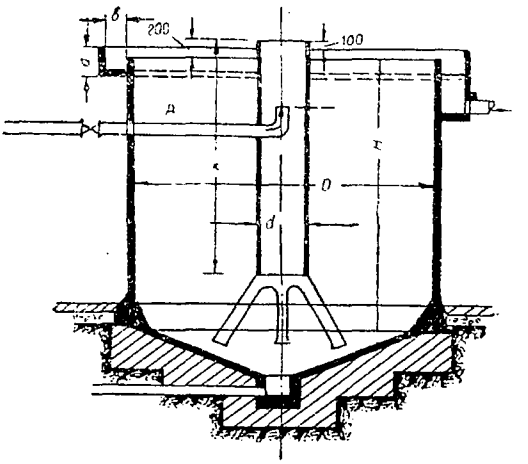
Скорость движения во внутренней центральной трубе бассейна v_1 должна быть 20—28 *мм/сек*.

Диаметр ее определяется по уравнению:

$$d = \sqrt{\frac{4q}{3{,}6 \cdot v \cdot \pi}} = (0{,}113 - 0{,}13)\sqrt{q}$$

где q — часовая производительность бассейна в 1 $м^3$.

Поступление воды в центральную трубу должно быть таково, чтобы возможно меньше



Фиг. 273. Вертикальный отстойник нормального типа.

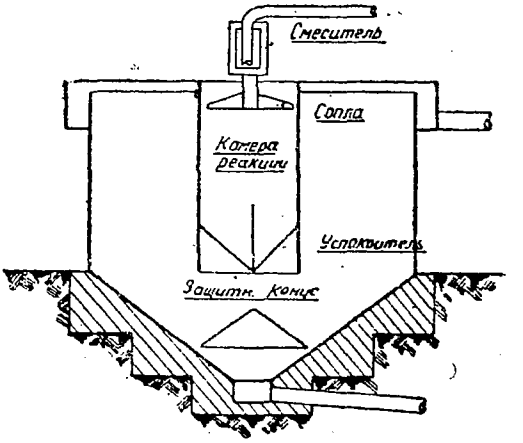
нарушать равномерность движения ее в этой трубе. Вода должна подводиться под уровень воды в центральной трубе на глубине 0,75—1,0 *м*.

Диаметр наружного цилиндра D определяется по формуле:

$$D = \sqrt{0{,}353\frac{q}{v} + d_1^2},$$

где d_1 — наружный диаметр центральной трубы в метрах.

Вариант вертикального бассейна типа Водоканалпроекта с водоворотной камерой реакции в центральной трубе (фиг. 274). Вода, вращаясь, опускается книзу, где встречает успо-



Фиг. 274. Вертикальный отстойник с водоворотной камерой реакции.

коптели — четыре крестообразно поставленных треугольника, — превращающие ее движение в чисто восходящее. Обратный конус на дне предотвращает взмучивание осадков.

Время пребывания воды в центральной трубе принимается 15 мин. Диаметр ее $d = 0{,}564\sqrt{\frac{q}{H}}$ где H — высота наполненной водой части трубы в *м*. Угол конуса дна α для возможности удаления осадка самотеком не менее 30°, желательно 35 — 45°. В последнее время проектируются иногда бассейны со слабым — 0,02 уклоном дна для вод с малым содержанием взвеси.

Конструкция сбора воды из осадочных бассейнов и труб, отводящих из них воду на фильтры, должна быть так спроектирована, чтобы при их работе не происходило засасывания в них воздуха.

Длительное отстаивание в резервуарах и водохранилищах в течение нескольких недель применяется (Лондон) как средство для выравнивания колебаний качества воды, поступающей на очистные сооружения (буфер) и предварительной ее очистки. Длительное отстаивание сопровождается значительным самоочищением воды, уменьшением мутности, цветности, содержания органических веществ и бактерий, в особенности болезнетворных. Отрицательным фактором может быть развитие водорослей (планктона) в теплое время года.

в) Фильтрация

Фильтрацией называется прием освобождения воды от взвешенных веществ (мути) путем пропуска воды через пористое вещество (фильтрующую среду). В отличие от процеживания (через сита и сетки) поры при фильтрации могут быть произвольной, неправильной формы. В качестве фильтрующего вещества в громадном большинстве случаев употребляются песок, изредка — древесные стружки, опилки и т. п. Скоростью фильтрации называется толщина слоя воды в метрах, проходящего через песок в час.

а) Фильтрация воды в естественном виде применяется обычно после осаждения без предварительной коагуляции. Для получения полного осветления воду необходимо фильтровать с небольшой скоростью: 0,1—0,3 *м/час* — так наз. медленная фильтрация. Медленные (английские) фильтры засоряются примерно 1 — 2 раза в месяц, чистятся вручную — слой загрязненного песка снимается лопатами и вывозится на нескомойку. При утоньшении слоя песка его догружают примерно раз в год перемытым песком до прежней высоты.

Медленные фильтры проще, дешевле в эксплоатации, надежнее задерживают бактерии, поэтому ценились прежде до введения хлорирования. Не обесцвечивают воду, пропускают коллоидальную муть. Требуют большой площади и кубатуры; дороги в постройке, поэтому вышли из употребления и сохраняют значения лишь в очень малых (примерно до 100 $м^3$ в сутки) установках, где невозможен надзор за коагуляцией, и в устройствах для получения искусственных грунтовых вод—открытые бассейны с фильтрацией 0,05 — 0,1 *м/час* в песчаный грунт.

б) Фильтрация воды после коагуляции ее с последующим обычно осаждением. Скорость при условии полного осветления может быть до 5 *м/час*—скорая фильтрация. Скорые (американские) фильтры засоряются примерно 1 — 2 раза в сутки, очищаются промывкой песка в фильтре обратным током воды. Сложнее в эксплоатации. Благодаря предварительной коагуляции дают обесцвеченную воду, задерживают коллоидальную муть. Требуют в 18 — 50 раз меньше площади, чем медленные фильтры; дешевле в постройке.

При пропуске некоагулированной воды через скорые фильтры имеем лишь частичную задержку наиболее крупной взвеси. Такие предварительные фильтры или префильтры употребляются иногда для первичного, грубого осветления воды.

Интенсивностью промывки называется количество литров промывной воды, подаваемое на 1 $м^2$ фильтра в секунду. В зависимости от интенсивности промывки различают скорые фильтры:

а) Промываемые с малой интенсивностью (5—6,25 $л/м^2/сек$). Недостаток

Таблица 86

Размеры фильтров „Джуэлль"

Диаметр фильтров в *м*	1,22	1,83	2,44	3,05	3,66	4,27	4,57	5,18
Производительность за сутки в $м^3$	148	307	553	861	1230	1660	1845	2100
Количество воды на промывку в $м^3/мин$	0,44	0,97	1,72	2,72	3,89	5,30	6,15	7,82
Диаметр центробежного насоса для промывки в *мм*	75	100	125	150	175	200	250	250
Мощность электромотора к центробежному насосу в *л. с.* при давлении в $1^1/_2$ *ат*	4	6	10,5	15,5	23	29	44	44,5
Мощность электромотора для вращения грабель в *л. с.*	—	4	6	8	10	122	14	15

промывки водою покрывается дополнительным ворошением песка граблями (мешалочные фильтры) или продуванием воздуха (продувочные фильтры).

б) Промываемые с большой интенсивностью 10—12,5 *л/м²/сек* одной водой (безмешалочные фильтры).

В зависимости от способа преодоления возникающего по мере засорения фильтра сопротивления проходу воды тот и другой тип скорых фильтров может быть:

1) напорным (закрытым), работающим под непосредственным напором насосов. Преимущество—всего один подъем воды. Недостатки—металлическая конструкция, малые размеры, трудность контроля работы. Употребляются в промышленности и на транспорте. Потеря напора в фильтре до 5 *м*;

2) самотечным (открытым); работа за счет разности уровня воды на фильтре и после него—нормально 3,0—3,6 *м*; наиболее распространенный тип;

3) всасывающим (вакуум-фильтр); работа за счет подсасывания насосом (система В. В. Хованского); преимущество—фильтр может быть в любом положении относительно резервуара чистой воды.

Фильтры могут работать по двум принципам.

Первый: коагуляция совершается в камере реакции; большая часть хлопьев осаждается в отстойнике; на фильтр попадает только остаток, образующий определенную фильтрующую пленку. Конец работы фильтра определяется возрастанием потери напора в этой пленке до предела (промывка по потере напора). Принцип работы открытых фильтров.

Второй: вода после смешения с коагулянтом непосредственно направляется в фильтр. Коагуляция совершается в толще песка (почти мгновенно). Конец работы определяется моментом, когда хлопья начинают проходить сквозь фильтр (промывка — по появлению опалесценции в фильтрованной воде). Употребляется в связи с напорными фильтрами; упрощает устройство: отпадает камера реакции, отстойник, но делает работу менее надежной. По этому же принципу работают иногда открытые установки при плохой коагуляции и плохом отстаивании.

Открытые мешалочные фильтры (Джуэлла, Говатсона) делаются круглые, железные, железобетонные, деревянные.

Преимущества мешалочных фильтров для небольших и средних до 10 000 *м³* в сутки установок — стандартность, простота ухода, надежность очистки песка, удобство монтажа, возможность переноса и использования в другом месте, промывка насосом, меньший размер трубопроводов.

Продувочные фильтры. Одновременно с промывкой или до нее под песок подается воздух в количестве 10—20 *л* на 1 *м²/сек*. У нас не применяются.

Безмешалочные фильтры удобнее для крупных установок: отсутствие механических частей, меньшие размеры здания; выполняются прямоугольными.

Расчетная скорость фильтрации определяется, исходя из положения, что при выключении одного отделения на ремонт, скорость в остальных не должна превышать 6,5 *м/час*, т. е принимается при двух отделениях—3,25, при трех—4,33, при четырех — 4,88, при пяти и выше—5,0 *м/час*; при этом условии особые запасные отделения не предусматриваются.

Число фильтров в фильтровальной станции должно быть не менее двух. С другой стороны, следует избегать дробления установки на чрезмерное число слишком малых единиц. Максимальным размером фильтрующей единицы можно считать около 100 *м²*.

Примерно можно принимать

При суточной полезной производительности			фильтров
до	1 250	*м³*	2
от	1 250 до	2 500 „	2—4
„	2 500 „	3 750 „	3—5
„	3 750 „	5 000 „	4—6
„	5 000 „	40 000 „	4—8
„	40 000 „	100 000 „	до 10

В установках свыше 20 000 *м³* в сутки важно иметь четное число фильтров для возможности расположения их по обеим сторонам общей галлереи.

Зная полную часовую производительность установки q и скорость фильтрации v (см. таблицу в начале главы), получим величину необходимой фильтрующей площади установки $P = \frac{q}{v}$ *м²*. Точно величину фильтрующей площади установки можно подсчитать, исходя из баланса подачи и расхода воды фильтрами. Фильтры за время своей работы между промывками должны подать достаточно воды, чтобы покрыть потребность в фильтрованной воде и расход на их промывку. Отсюда получим:

$$P = \frac{Q \cdot T}{24\,(T - t)\,v - 86{,}4 \cdot W \cdot x}\ м^2,$$

где P — необходимая фильтрующая площадь установки в квадратных метрах,

T—минимальная продолжительность одного цикла работы фильтров (время от начала одной промывки данного фильтра до начала другой) в часах,

t — максимальная продолжительность простоя фильтра за один цикл в связи со всеми операциями, связанными с промывкой, в долях часа,

v — скорость фильтрации *м/час*,

Q — полезное количество фильтрованной воды, подаваемое установкой для потребления (в сеть) *м³* в сутки,

W — интенсивность промывки,

x — продолжительность промывки в долях часа.

При выводе формулы предполагалось, что установка работает 24 часа. Если в виде исключения число часов ее работы будет меньше, например z, то в расчет нужно вводить не Q, а $\frac{24\,Q}{z}$.

Указанные выше величины лучше всего определять на основании опытных данных или данных эксплоатации существующей

станции. При отсутствии таких данных рекомендуется принимать:

а) минимальную продолжительность цикла T — 12 час.,

б) максимальную величину простоя t — 0,333 час.,

в) интенсивность промывки для мешалочных фильтров 5,0—6,25 *л*, для безмешалочных от 10—12,5 *л* на 1 *м²·сек*; более высокая интенсивность применяется для борьбы с постепенным загрязнением песка; выгоднее заменять ее периодической очисткой песка другим способом;

г) продолжительность промывки для мешалочных фильтров 0,133—0,167 час., для безмешалочных—0,067—0,083 часа;

д) расчетную скорость фильтрации по числу фильтров в установке см. выше.

Мешалочные фильтры делаются исключительно круглые, диаметром до 5,0 *м* с переливным бортом для промывной воды по окружности.

Форма малых безмешалочных фильтров — круглая или прямоугольная — определяется из соображений наибольшей экономичности и наименьшей затраты дефицитных материалов. Большие безмешалочные фильтры делаются исключительно прямоугольными.

Площадь одного фильтра $p = \frac{P}{n}$,

где n — число фильтров в установке.

Площадь поперечного сечения желобов, отводящих промывную воду (у их выходного конца), определяется приближенно по формуле:

$$F = \frac{u}{0{,}6}\ м^2,$$

где u — количество воды, отводимое одним желобом, равное $\frac{p \cdot W}{1000 \cdot Z}$ *м³/сек* (Z — число желобов в фильтре) и более точно (по формуле Миллера):

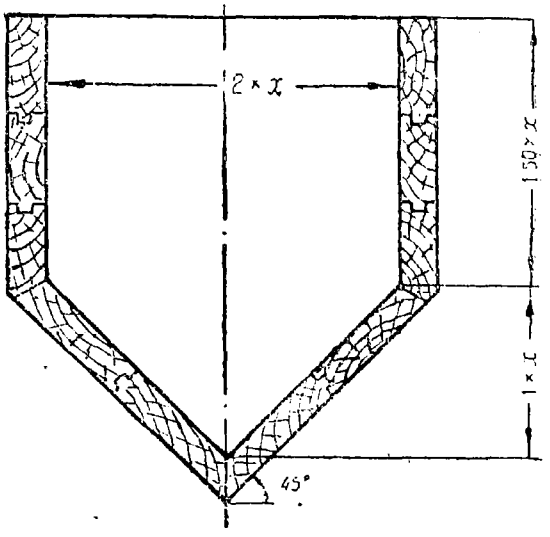
$$u = 0{,}24 \cdot F \sqrt{2g \frac{F}{b}}\ м^3/сек,$$

где b — ширина желоба. При профиле поперечного сечения желоба (фиг. 275) $F = 4x^2$, $x = \sqrt{\frac{F}{4}}$, x_{max} — желательно — 0,20 *м*, т. е. $F_{max} = 0{,}16\ м^2$.

Расстояние между осями смежных желобов 1,8 — 2,6 *м*. Наибольшая длина желобов (во избежание перегрузки желобов) желательна не более 5,0 *м*.

По устройству в плане возможны три типа прямоугольных безмешалочных фильтров (фиг. 276): тип А с одним желобом, тип Б с боковым карманом и 2—3 желобами и тип В со средним сборным каналом и желобами с обеих сторон. Тип А подходит при площади фильтра до 13,0 *м²*, тип Б до 39,0 *м²* и тип В до 100 *м²*.

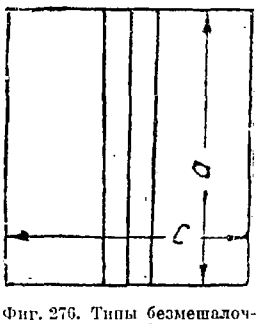
Сборный желоб-карман, принимающий воды из отдельных желобов (тип Б), не должен располагаться над поверхностью песка в фильтре. Система укрепления желобов над песком не должна загромождать фильтр и способствовать скоплению пыли и грязи.



Фиг. 275. Деревянный желоб.

Дренаж скорых фильтров разделяется на дренаж большого сопротивления и дренаж малого сопротивления.

Дренаж большого сопротивления имеет целью выравнивать неравномерности в распределении давления в дренаже и промывной воды по площади фильтра, возникающие вследствие 1) больших скоростей в дренажной сети и связанных с ними явлений восстановленного скоростного напора и трения, 2) неравномерного загрязнения и уплотнения песка на поверхности и в толще.



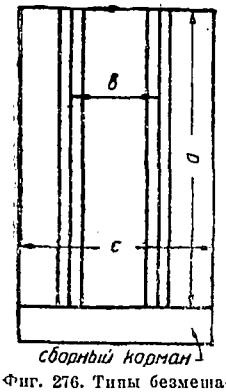
Фиг. 276. Типы безмешалочных фильтров. А — с одним желобом

Если обозначить удельные сопротивления по двум возможным путям воды при промывке h_1 и h'_1—в песке, h_2 и h'_2— в гравии, h_3—в отверстиях дренажа и h_4 — в горизонтальной части дренажа, то количества проходящей по этим путям воды q и q' будут относиться, как

$$\frac{q}{q'} = \sqrt{\frac{h'_1 + h'_2 + h_3 + h'_4}{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}}.$$

Принцип дренажа большого сопротивления заключается в том, что, делая сопротивление в отверстиях дренажа h_3 достаточно большим, мы можем сделать отношение $\frac{q}{q'_1}$ сколь угодно близким к единице при любых значениях h_1, h'_1, h_2, h'_2, h_4 и h'_4.

Расчет дренажа большого сопротивления ведется главным образом с целью уравнивания сопротивлений h_4 и h'_4 в предположении, что разница h_1 и h'_1, h_2 и h'_2 невелика.



Фиг. 276. Типы безмешалочных фильтров. Б—о боковым карманом.

Согласно опытам Delegu и Н. Малишевского основанием для расчета дренажа должно служить не трение в трубах дренажной сети, а восстанавливающийся в них скоростный напор.

Если (фиг. 277) v_1 — скорость воды при входе в магистраль дренажа при промывке в сечении $I—I$, v_2—то же при входе в ответвление в сечении $II—II$, h—давление в дренаже в точке a сравнительно с давлением непосредственно над ним (равное потере в отверстиях дренажа), то давление в наиболее удаленной точке дренажной сети b будет б о л ь ш е, чем a и равно (считая с запасом):

$$h + \frac{v_1^2 + v_2^2}{2g}$$

Если принять отношение количеств воды Q_a и Q_b, вытекающих из отверстий дренажа в точках a и b, как $\frac{a}{Q_b} = 0{,}95$, то величина потери напора в отверстиях дренажа должна быть:

$$h = 9\ \frac{v_1^2 + v_2^2}{2g}.$$

С другой стороны величина потери напора в отверстиях дренажа определяется по формуле:

$$h = \frac{W^2}{100\,\mu^2\,k^2\,2g}\ м \text{ водяного столба,}$$

где W — интенсивность промывки, μ — коэфициент расхода в отверстиях (обычно $= 0{,}62$) и k — отношение площади отверстий к площади фильтра в процентах.

Зная h, можно определить k:

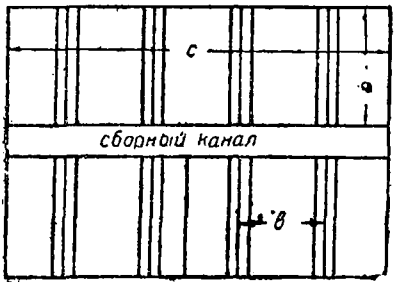
$$\sqrt{\frac{W^2}{100\,\mu^2 \cdot 2g \cdot h}}\ \%.$$

Имея k, получим, задаваясь величиной отверстий, их число, и наоборот. При $W = 10$ *л* на 1 *м²/сек* и

$h = 1{,}47;\ 2{,}12;\ 3{,}82;\ 5{,}90$ *м* водяного столба,

$k = 0{,}3;\ 0{,}25;\ 0{,}2;\ 0.15\%$.

Обычно принимают $k = 0{,}2 — 0{,}3\%$.



Фиг. 276. Типы безмешалочных фильтров. В—со средним сборным каналом.

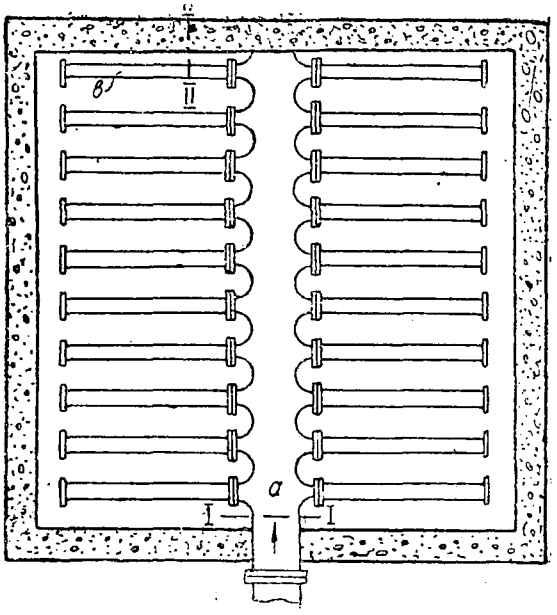
Таблица 87

Примерные размеры безмешалочных фильтров

№	1	2	3	4	5	6	7
Тип	А	Б	Б	Б	В	В	В
Полезная [1] производительность ($м^3$) сут. при скорости 5 *м/час*	625	1250	2500	3750	5000	7500	10000
Поверхность в $м^2$	5,75	11,50	23,0	34.6	46,0	69,2	92,2
То же, одной половины в $м^2$	—	—	—	—	23,0	34.6	46,1
Ширина фильтров (отсека) в *м*	2,4	3,6	5,4	7,2	7,2	9,6	12,8
Длина в *м*	2,4	3,2	4,25	4,8	3.2	3,6	3,6
Число желобов	1	2	3	4	8	10	12
Расстояние между осями желобов	—	1,8	1,8	1,8	1,8	1,92	2,13
Расход на промывку *м³/сек* (при 10 *л* на *м²/сек*)	0,0575	0,115	0,230	0,346	0,460	0,692	0,922
Площадь поперечного сечения желоба в $м^2$	0,096	0,096	0,128	0,144	0,090	0,115	0,123
x в *м*	0,16	0,16	0,18	0,19	0,16	0,17	0,18

[1] Т. е. отдаваемая в сеть, исключая промывку.

Системы дренажа большого сопротивления:
а) Сосунковые: коробочки на системе труб (Джуэлль), гайки на втором дно (Говатсон). Преимущества — простота монтажа, небольшой слой гравия. Недостатки — высокая стоимость, засоряемость (при мелких отверстиях), выскакивание из гнезд. Число сосунков Джуэлль — 43, Говатсон — 40 на 1 $м^2$.



Фиг. 277. Схема трубчатого дренажа

б) Трубчатый из системы продырявленных снизу труб. Преимущество — большая простота, недостатки — большое количество металла, трубы открыты, разъедающее действие коагулированной воды; магистраль не имеет отверстий.

Площадь отверстий дренажа на 1 $м^2$ площади фильтра $f = \frac{k}{100}$ $м^2$. Число отверстий $i = \frac{4k}{100\,\pi \cdot d^2}$, где d—диаметр отверстий. Число ответвлений на *пог. м* коллектора равно $\frac{1}{m}$, где m — шаг ответвлений в *м*. Число отверстий на *пог. м* ответвления im. Расстояние между отверстиями $\frac{1}{i \cdot m} = 78{,}5\,\frac{d^2}{k \cdot m}$.

Согласно опытам Дженкса наивыгоднейшие величины: $k = 0{,}2$; $m = 0{,}15$ до 0,30 *м* и $d =$ от 0,03 до 0,04 *м*. Диаметр ответвления $D \geq 0{,}04\sqrt{l}$ *м*, где l — длина ответвления. Предельная длина ответвления — 60 D. Скорость движения воды в коллекторе должна быть вдвое меньше чем в ответвлениях. Отверстия снизу обычно на 45° от вертикали попеременно в ту и другую стороны.

в) Гребенчатый (тип Цинциннати) — мало употребителен вследствие сложности.

г) Шаровой (Уиллера). Дно фильтра разбивается на квадраты стороной 0,3 *м*. В центре каждого квадрата углубление в форме опрокинутой пирамиды 0,238 *м* стороною и 0.150 *м* глубины с вложенными в нее пятью шарами $d = 75$ *мм* и девятью $d = 32$ *мм*. На дне пирамид бронзовые втулочки с отверстиями $d = 19$ *мм*. Основная идея — меньшее число более крупных отверстий за счет специального приспособления (шары), распределяющего воду по площади квадрата.

Преимущества — простота конструкции, отсутствие металлических частей, значительный размер отверстий. Недостаток — истирание шаров которые необходимо делать более прочными (цементные, керамиковые). Применен в Сталинграде.

Дренаж малого сопротивления (дощатый). Основан на предположении, что сопротивления в песке и гравии (см. выше) не могут быть различными, при условии, что фильтр загружен чистым песком и в дальнейшем чисто промывается.

Если при этом скорости в дренаже сделать весьма малыми, то $h_4 = h'_4$ и $q = q'$ при любом сколь угодно малом значении h_3. То же по расчетной формуле, если $v_1 = v_2 = 0$, то $h = 0$. Предположение остается правильным при условии, если под дренажем делается достаточно большое междудонное пространство, скорости входящей воды полностью погашаются, фильтр промывается тщательно и в воде не имеется факторов, способствующих обволакиванию или цементации песка.

Конструкция Коммунстроя: междудонное пространство высотою 0,8 *м* перекрывается колосниками из 25-*мм* досок на ребро. Ширина досок — 225 *мм*. Зазор между ними — 25 *мм*, удерживается деревянными прокладками через 650 *мм*. Колосники лежат на балках 225 × 225 *мм*, пролетом в 2,0 *м* и удерживаются по краям заклиненным брусом 100×50 *мм*. Вода подводится в пространство под карманом (тип Б) и, разбиваясь, входит через щели у дна междудонного пространства.

Преимущества — простота, дешевизна исполнения. Недостатки — удорожание фильтра за счет увеличения его глубины, сомнительные результаты при цементации песка, увеличение слоев гравия.

Дренаж проф. С. В. Моисеева занимает промежуточное положение. Сущность— при наличии над сосунками междудонного пространства (с дощатыми колосниками над ним) число сосунков может быть значительно уменьшено (один сосунок на 9 $м^2$) с соответствующим укрупнением последних. Сосунок в виде вертикального цилиндра с 50-*мм* горизонтальными отверстиями, направленными во все стороны. О тношение площади отверстий к площади фильтра k принимается 0,6%.

Загрузка фильтра. Толщина h и крупность d поддерживающих слоев гравия и гальки зависят от конструкции дренажа (табл. 88).

Песок. Способы характеристики свойств песка:

Таблица 88

Загрузка из гравия и гальки для различных конструкций дренажа (примерная)

Сосунковый (Джуэлль)		Трубчатый		Шаровой		Досчатый	
h в *см*	*d* в *мм*	*h* в *см*	*d* в *мм*	*h* в *см*	*d* в *мм*	*h* в *см*	*d* в *мм*
От 15 до 20	5—10	7,5	2,1 — 6,4	5	1,5 — 3,0	7,5	1,5 — 3,0
		7,5	6,4 — 12,7	10	3,0 — 6,0	7,5	3,0 — 6,0
		10	12,7 — 25,5	10	6,0 — 12,0	10	6,0 — 12,0
		10	25,5 — 38,0	10	12,0 — 24,0	10	12 — 25
		10	38,0 — 63,6	—	—	10	25 — 50
						15	50 — 75

а) По а н а л и з у[1]. Песок просеивается через ряд (8, 10) заранее калиброванных сит постепенно уменьшающейся крупности. Результаты просеивания строятся в виде графика, откладывая по абсциссе калибр сита [диаметр шара, равновеликого по объему наибольшим песчинкам, проходящим еще через сито (в *мм*)], а по ординате процент количества (по весу) песка, прошедшего через данное сито. Строя через получающиеся точки кривую, можем по этой кривой определить калибр теоретического сита, пропускающего точно 10, 30, 60% и т. д. песка. Калибр сита, пропускающего 10% данного песка, называется эффективной величиной песка. Отношение 60-процентного калибра к 10-процентному называется коэфициентом однородности данного песка.

Песок должен быть кварцевый (может быть молотый кварц), речной или карьерный (но без примеси железа), отмытый и отсортированный. Желательная эффективная величина 0,35—0,45 с коэфициентом однородности не выше 1,6.

б) По с и т а м. Песок для фильтров „Джуэлль" должен проходить через сито с 20 клетками и оставаться на сите с 40 клетками на 25 *мм* (1″).

Толщина слоя песка принимается 0,60—0,90 *м* нормально — 0,75 *м*, но не менее 0,60 *м*.

Р а с ш и р е н и е п е с к а п р и п р о м ы в к е. При промывке снизу песок увеличивается в объеме (расширяется). Величина расширения выражается в процентах от начальной толщины (до промывки).

Согласно имеющимся наблюдениям процент расширения песка: а) зависит от толщины промываемого слоя, б) прямо пропорционален интенсивности промывки, в) при одной и той же интенсивности обратно пропорционален крупности зерен песка, их удельному весу (при обрастании песка органическими веществами расширение увеличивается) и температуре воды.

Расстояние от поверхности песка до верхней кромки желобов (или переливного борта) принимается при обычных интенсивностях промывки: для мешалочных фильтров — 0,3 *м*, для безмешалочных — 0,5—0,6 *м*.

П о т е р я н а п о р а в п е с к е п р и п р о м ы в к е. На основании имеющихся опытных данных потери напора в песке (эффективная величина 0,41 *мм*, коэфициент однородности — 1,41) при интенсивности промывки выше 2,5 *л* может быть выражена приближенно формулой:

$h=[0{,}83+0{,}008(W-2{,}5)].H$ метров водяного столба, где W — интенсивность промывки литров на 1 $м^2$ в секунду, H — толщина слоя песка в метрах.

Такую же потерю в поддерживающих слоях гравия можно принимать $h=0{,}022.H$ метров водяного столба.

При вычислении общей потери напора при промывке фильтра необходимо кроме потерь в песке, гравии, отверстиях дренажа еще тщательно учитывать все динамические и статические потери, включая сюда потерю при входе, поворотах и пр., добавляя еще 1—2 *м* на первоначальное загрязнение песка.

С п о с о б ы п о д а ч и п р о м ы в н о й в о д ы. На промывку одного фильтра необходимо всего

$$q = 3{,}6 \cdot p \cdot W \cdot x \ м^3.$$

1) О т н а с о с а. Производительность промывочного насоса

$$S_1=\frac{pW}{1000} м^3/сек.$$

Преимущества—возможность промывки фильтров в любом порядке с любой продолжительностью, возможность изменения напора, меньшая величина здания. Недостатки — необходимость особого крупного насоса, значительная кратковременная нагрузка на электросеть. При определении необходимой мощности двигателя геометрический подъем определяется от наинизшего уровня в резервуаре чистой воды до отметки кромки переливных желобов.

2) О т с е т и. Преимущество — простота устройства. Недостатки — необходимость гасить бесполезно часть напора, опасность гидравлических ударов в сети при быстром закрывании задвижек у фильтров.

3) О т с п е ц и а л ь н о г о в о з в ы ш е н н о г о р е з е р в у а р а. Преимущество — возможность постепенного накопления необходимого количества воды от сети или от небольшого насоса. Недостатки—невозможность увеличить напор (интенсивность) сверх расчетной, необходимость вести промывку отделений с перерывами для пополнения резервуара.

Необходимый напор должен быть равен высоте дна возвышенного резервуара над кромкой переливных желобов.

[1] Желательно к введению у нас.

Емкость резервуара определяется по количеству воды для промывки двух отделений:

$$S=7{,}2\ p\cdot W\cdot x\ м^3.$$

Производительность трубопровода (насоса) для пополнения резервуара:

$$q=(1.5—2{,}0)\frac{P.W.x}{1000.T}\ м^3/сек.$$

Значения P, p, W, x T — см. выше.

4) Сжатым воздухом. Под каждым отделением фильтров устраивается специальный резервуар, откуда вода при промывке выжимается сжатым воздухом (система Рейзерта); у нас не употребляется.

При большом расстоянии очистной станции от места выпуска промывных вод может иметь смысл устройство промежуточного регулирующего резервуара для периодического приема промывных вод и постепенного (равномерного) их спуска. При большой высоте очистной станции над источником водоснабжения может иметь место отстаивание промывных вод с перекачкой воды, вместе с сырой, вновь на очистные сооружения.

Нормальный средний расход промывной воды не более 4%; желательно 2% от количества очищаемой воды.

Высота стояния воды над песком при работе фильтра должна быть не менее 1,2 *м*. Низкое стояние опасно в смысле нарушения работы фильтра струями входящей воды; ускоряет появление разряжения (вакуума) в песке. При более высоком — увеличивается объем воды, теряемой при спуске ее перед промывкой.

В некоторых установках по конструктивным соображениям принята большая высота (Ростов-на-Д.—1,5 *м*). При простом регулировании скорости фильтрации поступлением (см. ниже) высота воды над песком возрастает по мере засорения фильтра.

Скорость воды в трубопроводах, соединяющих отстойник с фильтром, не должна во избежание разбивания хлопьев превышать 0,6 *м/сек*. Между отстойником и фильтром не должно быть излишней разности отметок горизонтов воды. Должны быть предусмотрены приспособления, обеспечивающие равномерное поступление воды на фильтры. Входящая вода не должна вызывать волнений и течений на фильтре.

Потеря напора в фильтре увеличивается по мере его загрязнения. Максимальная потеря напора в фильтре, т. е. вертикальное расстояние от уровня воды на фильтре до наинизшего уровня ее после него (уровня отводящей трубы), принимается от 3,0 до 3,6 *м*. С момента, когда величина потери превысит величину слоя воды над песком, давление под пленкой становится ниже атмосферного (вакуум). Вследствие этого вода под пленкой выделяет воздух и углекислоту, которые, скопляясь в песке, ускоряют рост потери напора.

Общее количество воды, которое способен пропустить определенный фильтр от спуска до засорения (максимальной потери напора), не зависит от величины скорости фильтрации, т. е.

$$(T—t)\cdot v=(T_1—t)\cdot v_1=\text{const}.$$

Каждый фильтр должен быть снабжен следующими пятью трубопроводами: 1) подвод нефильтрованной воды, 2) отвод промывной, 3) подвод промывной, 4) отвод фильтрованной, 5) спускным для опорожнения фильтра. Последние три иногда присоединяются к общей крестовине.

При диаметре трубопроводов для промывки выше 400 *мм* необходима установка на них электрических или гидравлических задвижек.

Регулирование скорости фильтрации

Выход воды из фильтра должен регулироваться соответственно устроенным автоматическим регулятором скорости фильтрации. Кроме того необходимо иметь отдельный указатель потери напора.

Регуляторы скорости фильтрации имеют целью регулировать работу фильтра, не допуская резких колебаний скорости фильтрации, вредных для качества фильтрата и уменьшающих его производительность. Если обозначить максимальную разницу уровней воды до и после фильтра (после регулирующих приспособлений)—H, то при постоянной скорости фильтрации всегда:

$$h_{\text{чист.}}+h_{\text{загр.}}+h_{\text{регул.}}=H,$$

где:

$h_{\text{чист.}}$ — потеря напора в чистом фильтре,

$h_{\text{загр.}}$ — дополнительная потеря напора в фильтре вследствие его загрязнения,

$h_{\text{регул.}}$ — дополнительная потеря напора в регуляторе.

Регулятор принимает на себя поглощение всего избытка напора при малом $h_{\text{загр.}}$ и освобождает его по мере роста загрязнения. Гашение избытка напора в регуляторе может происходить или путем свободного перепада, или путем дроссельного клапана.

Если: а) перепад расположен до фильтра, имеем регулирование поступления (притока), по мере засорения фильтра увеличивается слой воды над песком (мало употребительно); б) перепад до фильтра, но уровень на фильтре повышаясь, действует, через поплавок, на дроссельный клапан на выходной трубе из фильтра, увеличивая его открытие, и наоборот, благодаря чему колебания уровня незначительны,—имеем смешанную систему. Простой способ, мало известный у нас; в) перепад или дроссель находятся после фильтра, имеем регулирование истечения —по мере засорения понижается уровень (давление) после фильтра,—обычная система.

Открытые регуляторы с перепадом (Линдлея, Вестона и др.) имеют открытую поверхность воды и требуют особой камеры для истечения в атмосферу выше уровня в резервуаре чистой воды; выходят из употребления.

Закрытые регуляторы исключительно с дросселем (Симплекс, Сименса и др.) основаны на принципе водомера Вентури, компактны, включаются в общий трубопровод, истечение может идти под уровень резервуара чистой воды, при понижении уровня в нем продолжительность работы удлиняется.

2) Обезвреживание воды

Цель процесса обезвреживания воды — разгрузить фильтры от задачи освобождения воды от болезнетворных бактерий (дезинтерии, брюшного тифа, холеры), создав вместе с тем добавочную гарантию безопасности воды.

Из различных приемов обезвреживания воды (хлорирование, озонирование, ультрафиолетовые лучи, серебро и др.) практическое значение в данный момент имеет лишь хлорирование.

Хлорирование воды основано на окисляющем действии кислородного атома, выделяющегося при воздействии хлора на воду по реакции:

$$Cl_2 + H_2O = 2HCl + O;$$

последний расходуется на окисление находящихся в воде органических веществ, в том числе и бактерий. Поэтому, чем грязнее вода, чем больше в ней органических веществ, тем больше расход хлора на обезвреживание. Возможно и непосредственное действие хлора на вещество бактерий.

Необходимая доза хлора определяется каждый раз отдельным испытанием. Нормальная доза для чистой (фильтрованной) воды до 0,5, для нефильтрованной воды — до 1,5—2 *мг* активного хлора на 1 *л*.

Для хлорирования употребляются:

а) Хлорная известь ($CaOCl_2$). Нормальное содержание активного хлора в продажной хлорной извести 20—25%.

Хлорная известь затворяется в тесто в затворном бачке и разводится водою до раствора (крепость до 2%, считая на известь) в двух (и попеременно) рабочих баках, дозируется через бачок и кран (так же, как коагулянт). Емкость одного рабочего бака для раствора хлорной извести:

$$W_1 = \frac{a \cdot q}{4{,}17b \cdot c \cdot n}\ м^3,$$

где a — максимальная доза активного хлора *мг* на 1 *л*,

q — часовое количество обрабатываемой воды в $м^3$,

b — процент содержания активного хлора в хлорной извести,

c — крепость раствора в процентах,

n — число заготовок в сутки (не более трех).

Во избежание слишком малой струи из дозировочного крана количество дозируемого раствора должно быть не менее 0,216 $м^3$ в сутки.

Преимущество хлорной извести — простота обращения: недостатки — громоздкость устройства, лишний перевозимый груз (известь является балластом).

Для больших установок можно рекомендовать тип устройства для заготовки бывшей Ленинградской фильтро-озонной станции: бочка с хлорной известью вкатывается на колосник и в герметически закрываемый с боков павильон (с вытяжкой) над растворным баком; через особое оконце вышибают дно у бочки и вымывают брандспойтом известь в бак.

б) Жидкий хлор имеет преимущества — установка занимает меньше места, обращение чище, нет утраты хлора при хранении, меньший вес при перевозке, более сильное действие при холодной (ниже 20°) воде. Хлор в СССР перевозится в баллонах емкостью 25—30 *кг* гражданского и военного образца; последние снабжены внутри трубкой и потому должны употребляться в перевернутом виде.

Существует много систем хлораторов (Орнштейна, Парадон, у нас — Бромлея, Кульского, Ремесницкого и др.), в принципе сходных между собою. Каждый хлоратор должен иметь: 1) регулятор истечения, состоящий из редукционного клапана, для доведения давления газа до некоторого постоянного и установочного вентиля, для установки определенного количества вытекающего газа, 2) измеритель в виде жидкостного манометра для измерения этого количества, 3) смеситель для смешения хлора с водой, вместе с которой он подводится в обрабатываемую воду, 4) дополнительные части — манометры для определения давления газа и воды, фильтр и обратный клапан для газа.

Нормальный тип хлоратора должен допускать установку его на подачу от 25 до 2500 *г* хлора в час на один аппарат. Установка производится путем смены отверстия измерительного прибора (капилляра). При одном и том же капилляре производительность аппарата меняется в отношении 1 : 5. Для очень малых производительностей (меньше 10 *г* в час) выгоднее приготовлять помощью хлоратора порционного типа хлорную воду и дозировать ее. Кроме рабочих аппаратов должен быть предусмотрен запасный комплект хлораторов не менее одного на каждые два рабочих.

При истечении слишком большого количества из одного баллона температура газа понижается, и могут быть перебои. Поэтому при подаче до 200 *г* в час достаточно одного баллона, 200—1200 — двух, свыше 1200 *г* — необходимо четыре.

Баллоны устанавливаются на весах, контролирующих общее количество истекающего газа. Жидкий хлор и грязь не должны попадать в хлоратор. Поэтому рекомендуется иметь между баллонами и хлоратором промежуточный баллон с подводящей трубкой до дна и отводящей у верха для улавливания грязи и добавочного расширения газа.

Для установки 1—2 аппаратов требуется помещение площадью около 10 $м^2$, для 4 аппаратов — 15 $м^2$. Помещение должно иметь отдельный отопительный прибор для поддержания постоянной температуры 15—20° и механический вентилятор с вытяжкой у пола. Помещение должно быть соединено с помещением станции, герметически закрывающейся дверью, и снабжено отдельным наружным ходом. Для обогрева баллонов в зимнее время рядом с хлораторной должно быть предусмотрено помещение, где баллоны отогреваются перед их включением.

При проектировании установок следует предусматривать возможность хлорирования воды

как жидким хлором, так и хлорной известью и при том как до, так и после фильтрации. Двойное хлорирование сырой и фильтрованной воды (при разделении дозы 2 : 1) дает в известных случаях лучшие результаты, чем при введении всей дозы в фильтрованную воду.

На установках производительностью выше 10 000 *м³/сутки* помещение для заготовки и растворения хлорной извести должно быть изолировано от помещения для дозирования и снабжено отдельным входом.

Для обеспечения обезвреживающего действия хлора должно быть обеспечено возможно полное и энергичное смешение вводимого хлорного раствора с обезвреживаемой водой. Вода должна поступать к потребителю не ранее, чем через $^1/_2$ часа—лучше 1—2 часа—после введения в нее хлора (контакт в резервуарах и трубопроводах).

Хлор может давать привкус в соединении с некоторыми органическими веществами, продуктами разложения, выделениями некоторых водорослей, продуктами перегонки смол (карболовая кислота, фенол, крезол и т. д.). Меры борьбы с этим — марганцевокислый калий (0,25—1,0 *мг* на 1 *л*), прибавление перед хлорированием аммиака или солей аммония, в количестве 25—50% от дозы хлора (хлорамины), хлорирование повышенными дозами хлора (перехлорирование) с последующей дехлорацией. Перехлорирование требует доз в 3—4 раза выше нормальных. Дехлорация достигается: а) прибавлением серноватисто- или сернистокислого натрия ($Na_2S_2O_3$ или Na_2SO_3). На одну весовую часть хлора требуется 0,87 части $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ и 3,55 части $Na_2SO_3 7H_2O$ ←→, б) раствором сернистого газа SO_2, впускаемого из баллонов, в) фильтрацией через активированный уголь. Последний метод употребляется и для удаления из воды привкусов, несвязанных с хлорированием.

3) Обезжелезивание воды

Нормально допустимое количество железа в воде—0,3—0,5 *мг* на 1 *л* (для некоторых производственных целей до 0,1 *мг*). Железо может находиться в подземной воде при избытке углекислоты в форме растворимого двууглекислого железа — $Fe(HCO_3)_2$. Теряя углекислоту, углекислое железо переходит в растворимую же закись железа (по уравнению $Fe(HCO_3)_2 = Fe(OH)_2 + 2CO_2$). Под действием кислорода закись железа переходит в коллоидальную гидроокись железа — $2Fe(OH)_2 + H_2O + O = Fe_2(OH)_6$, и наконец гидроокись коагулируется в хлопьевидную водную окись железа $Fe_2(OH)_6 = Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$.

Процесс задерживается присутствием углекислоты, органических веществ, гуминовых (защитных) коллоидов, марганца и кислой реакцией воды.

Различные приемы обезжелезивания и стадии процесса, ими обслуживаемые, указаны в табл. 89.

Таблица 89

Стадии очистки воды различными способами обезжелезивания

Стадии процесса	Разбрызгивание	Градирни	Продувка	Коагуляция глиноземом	Извеоть	Отстаивание	Фильтрация
Удаление углекислоты	+	отчасти	отчасти		+		
Обогащение кислородом	+	+	+				
Коагуляция		+		+	+	+	отчасти
Выделение хлопьев		отчасти				+	+
Окончательное осветление							+

Выбор наивыгоднейшей комбинации и ее деталей зависит во многом от особенностей состава воды и определяется лучше всего на основании предварительного опыта.

Ориентировочные данные. Разбрызгиватели: отверстия в трубах или специальные головки (спринклеры) по типу применяемых в биофильтрах, необходимый напор до 4 *м*.

Градирни—коксовые (или шлаковые) из кусков до 100 *мм* величины, чаще всего трехслойные при толщине слоев от 0,25 до 0,5 *м* с прослойками воздуха 0,2—0,3 *м* Скорость прохождения при распределении воды непосредственно на градирни 3,0—4,0 *м/час* при предварительном разбрызгивании 15—20 *м/час*.

Градирни—деревянные из перекрестных слоев досок высотою 100 *мм*, толщиною 10 *мм* при зазорах 20 *мм*. Скорость

прохождения воды 3 *м/час*. Высота 2—3 *м*.

Отстойники — продолжительность отстаивания до 3 час. В остальном те же условия, что и для обычной воды.

Фильтры типа скорых. При работе всей толщей песок 1—3 *мм* толщиною слоя 0,3 *м*. Толщина слоя гравия до 0,5 *м*. Скорость фильтрации — 4—6 *м/час*.

В последнее время в качестве энергичного средства для выделения железа (и марганца) применяется перехлорирование с дехлорированием с помощью активированного угля (см. стр. 268—272).

4) Умягчение воды

а) Общие данные

Процесс умягчения воды заключается в устранении некоторых солей, могущих находиться в растворенном состоянии в воде, сообщающих ей свойства, называемые жесткостью.

К таким солям относится в первую очередь:
двууглекислый кальций — $Ca(HCO_3)_2$
углекислый кальций (мел) — $CaCO_3$
сернокислый кальций (гипс) — $CaSO_4$
хлористый кальций — $CaCl_2$
азотнокислый кальций — $Ca(NO_3)_2$
двууглекислый магний — $Mg(HCO_3)_2$
углекислый магний — $MgCO_3$
хлористый магний — $MgCl_2$
азотнокислый магний — $Mg(NO_3)_2$.

Кроме того в некоторых случаях жесткость воды может обусловливаться:
двууглекислым железом $Fe(HCO_3)_2$ — артезианские воды,
кремнекислым и двукремнекислым кальцием и магнием (силикаты кальция и магния, типа $CaSiO_3$ и $CaSiO_5$),
гидратом кальция $Ca(OH)_2$ (в процессе умягчения).

В кислых водах (рудничных) в жесткости могут участвовать сернокислые соединения железа и алюминия.

Различают карбонатную жесткость, обусловливаемую солями, связанными с углекислотой (CO_2), называемую (не вполне точно) временною, так как большинство этих солей выпадает при нагревании и кипячении воды, и некарбонатную, или постоянную, происходящую от других солей, выпадающих только в котлах при высокой температуре давлении, при повышении концентрации солей вследствие отбора пара.

В зависимости от назначения умягчаемой воды можно различать:

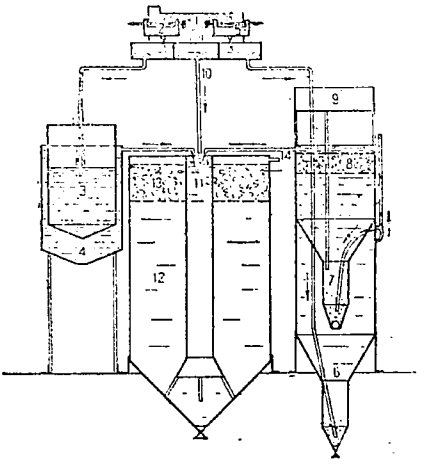
а) умягчение для хозяйственно-производственных целей (бань, прачечных, текстильных, вискозных и других предприятий), основной целью которого является уменьшение расхода мыла и предотвращение осаждения на ткани нерастворимых кальцийных мыл, образующихся при взаимодействии мыла и солей кальция;

б) умягчение для термических целей (охлаждения машин и т. п.), основной целью которого является — предотвратить выпадение углекислых солей при нагреве воды в пределах до 100°, и наконец

в) умягчение для котельных установок, являющееся частью так называемого исправления воды; целью этого умягчения является устранение всех осложнений в работе котлов, которые могут быть вызваны жесткостью и неудовлетворительным химическим составом питающей их воды (образование накипи, вспенивание, разъедание, каустическая хрупкость). В зависимости от цели умягчения производится и выбор того или иного приема способа умягчения. Все известные в настоящее время приемы умягчения сводятся или к выделению солей из воды путем превращения их в нерастворимый осадок или к переводу этих солей в другие инертные, т. е. не мешающие намеченному употреблению воды.

б) Содово-известковый способ умягчения

При этом способе (фиг. 278) карбонатная жесткость воды устраняется путем прибавления к воде гашеной извести $Ca(OH)_2$ (в виде раствора или молока). Для двууглекислого кальция имеем (подробнее см. стр. 247):



Фиг. 278.
Схема содово-известкового водоумягчителя (снет. „Струи“)
1. Водослив. 2. Передвижной ковшик для отделения пропорциональной части воды в содовый вытеснитель. 3. Вытеснитель, погружающийся в бак с содовым раствором (4) и вытесняющий его в смеситель (11). 5. Передвижной ковшик для отделения части воды в сатуратор. 6. Первичный сатуратор. 7. Вторичный сатуратор. 8. Фильтр из древ. шерсти для осветления раствора. 9. Бак для замешивания извести в молоко. 10. Подача воды на смеситель 11. Смеситель. 12. Отстойник. 13. Фильтр из древесной шерсти. 14. Отвод умягченной воды.

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O.$$

Образующийся мел ($CaCO_3$) вследствие его слабой растворимости (не более 20 *мг* на 1 *л*) выпадает в осадок (так называемый шлам). Для двууглекислого магния $Mg(HCO_3)_2$ имеем аналогично:

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = MgCO_3 + CaCO_3 + 2H_2O.$$

Однако углекислый магний значительно сильнее растворим в воде (до 100 *мг* на 1 *л*)

и потому для своего удаления нуждается в прибавлении еще одного пая извести.

$MgCO_3 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + Mg(OH)_2$ гидрат окиси магния слабо растворим (не более 7 *мг* на 1 *л*) и осаждается.

Постоянная жесткость переводится путем прибавления соды (Na_2CO_3) в глауберову (Na_2SO) поваренную (NaOl) соль и азотнокислый натр ($NaNO_3$)

$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$

$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$

$Ca(NO_3)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaNO_3$

Освободившийся кальций выпадает в виде мела ($CaCO_3$).

Аналогичные реакции имеем с магнезиальными солями, но в данном случае требуется еще каждый раз (как и выше) добавка одного пая извести для перевода растворимого углекислого магния $MgCO_3$ в слабо растворимый гидрат $Mg(OH)_2$.

Количество чистой негашеной извести (CaO), требующейся для умягчения воды определенного состава, выражается по Варта-Пфейферу:

$CaO = 10Ж_в + 1{,}4MgO$ *мг* на 1 *л* умягчаемой воды, где $Ж_в$ — временная жесткость этой воды в немецких градусах и MgO — содержание в ней окиси магния (магнезии).

При наличии в воде свободной и агрессивной углекислоты количество CaO, для предварительной нейтрализации ее, должно быть увеличено на величину 1,27 CO_2, где CO_2—количество миллиграммов свободной агрессивной углекислоты в литре воды.

Количество необходимой соды определяется: $Na_2CO_3 = 18{,}9Ж_п$ *мг* на 1 *л* умягчаемой воды, где $Ж_п$ —постоянная жесткость умягчаемой воды в немецких градусах.

Ввиду того что в умягченной воде остается в растворе доля углекислого кальция и гидрата окиси магния и кроме того ход реакции не вполне соответствуют теории, содово-известковый способ не способен умягчить воду до нуля. Практически остаточная жесткость воды при умягчении без подогрева ее может составлять 3 — 4°. Полнота и быстрота реакций, связанных с содово-известковым способом, зависит от:

1) температуры воды;

2) условий и времени, предоставленных для реакции;

3) избытка реактивов.

Повышение температуры умягчаемой воды (подогрев) там, где это возможно, повышает эффект умягчения путем: а) выпадения части бикарбонатов кальция за счет удаления углекислоты в процессе подогрева; б) удаления агрессивной углекислоты, где она есть; в) ускорения реакции; г) устранения склонности к образованию коллоидов, т. е. увеличения полноты выпадения солей в осадок.

Наилучшей можно считать температуру подогрева воды 70—80°, при которой достаточно пребывания воды в умягчителе с отстоем 1½ часа и возможно умягчение до 1½—2°. Подогрев совершается за счет пара, освобождающегося при продувке котлов.

Полнота работы умягчителей зависит также от степени совершенства смесителя и камеры реакции, как и фильтровальных станций, и все сказанное об этих деталях выше относится и сюда. Скорость в камерах реакции должна приниматься примерно 0,45—0,6 *м/сек*— время реакции, не считая отстоя от 30 мин. и больше.

При введении в умягчаемую воду извести и соды в избытке, возможно (за счет повышения щелочности воды) умягчение воды и ниже указанных пределов. Так, в одном случае при избытке извести в 78% и соды 295% удалось при подогреве на 70° снизить жесткость воды до 0,1°.

Применяется также так называемый раздельный метод, когда большая часть воды обрабатывается с избытком реактивов, который затем погашается добавлением части неумягченной воды. Для устранения жесткости, могущей при реакции частично перейти, вместо осадка, в коллоидальную форму, применяется иногда (в частности при большом относительном содержании магнезии) после известкования коагуляция воды сернокислым алюминием. В новейших американских коммунальных станциях, работающих с умягчением речной воды, имеем: предварительный отстой, удаление избытка CO_2 помощью аэрации, добавку извести (с избытком ее) и соды, смешение и реакцию (30 мин.), отстой (около 2 час.), карбонизацию (продувку CO_2 с целью перевести остаток избытка извести в углекислый кальций), добавление части осадка из вторичного отстойника (для укрупнения кристаллов $CaCO_3$), смешение, вторичный отстой (2 час.), вторичную карбонизацию (для превращения остатка неосевшего $CaCO_3$ в растворимый $Ca(HCO_3)_2$ и фильтрацию через песочный фильтр).

Одним из основных условий работы известково-содовых умягчителей является строгая пропорциональность подачи реактивов обрабатываемому количеству воды (пропорциональное дозирование). Последнее может достигаться:

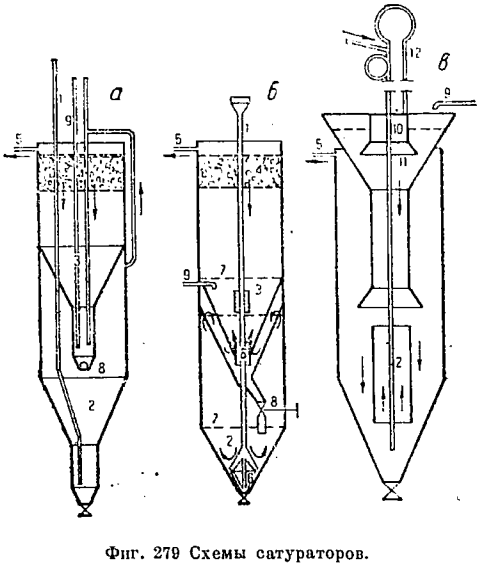
а) пропорциональным отмериванием. Например качающийся водомер, приводимый в движение определенной частью воды, соединенный с черпачком или ложечкой, отмеривающей при каждом качании водомера определенное количество реактива;

б) пропорциональным вытеснением; некоторая часть воды, равная по количеству требующейся дозе реактива, поступает в цилиндр, плавающий в баке с реактивом, и, нагружая его, вытесняет из бака пропорциональное ей количество реактива;

в) пропорциональным насыщением (пригодно только для известкового раствора). Некоторая часть воды, равная необходимому количеству известкового раствора, поступает в насытитель (сатуратор) и выходит из него в виде насыщенного известкового раствора. Отделение необходимых частей воды, соответствующих нужному в данный момент (по жесткости воды) количеству растворов соды и извести, производится на делительном водосливе (системы Красина, Гордона и др.).

Крепость содового раствора принимается от 1 до 5%. Число вытеснителей (при непрерывной работе) не менее двух. Емкость их на 4 — 8-часовой расход. Полезное наполнение поплавка 90% его объема. Объем резервуаров для заготовки раствора — двум объемам вытеснителей. Раствор удобно заготовлять внизу, перекачивая в запасный бак (равный по объему вытеснительному) на верху насосом. Для улучшения растворения применяются мешалки и подогрев воды. Известь может подаваться или в виде известкового раствора, или в виде известкового молока. Первый способ более громоздкий, но более точен в особенности при наблюдающейся у нас некондиционности (неопределенности состава) извести. Второй способ более компактен, но требует постоянного перемешивания, менее точен в дозировке, употребляется для больших станций.

Известковый раствор приготовляется в сатураторах. Основной принцип — вода, протекая через суженную (нижнюю) часть сосуда, где находится известь в виде взвеси, растворяет ее. В верхней расширенной части сосуда вода освобождается от захваченной части извести, иногда фильтруется и вытекает в виде насыщенного раствора. Можно различать сатураторы (фиг. 279) а) многократные



Фиг. 279 Схемы сатураторов.

1. Подача воды. 2. Первичный сатуратор. 3. Вторичный сатуратор. 4. Фильтр из древесной шерсти. 5 Отвод насыщ. раствора (известковой воды) 6. Мешалки. 7. Успокаивающие решетки. 8. Перепуск взвести из вторичного в первичный сатуратор. 9. Подача известкового молока. 10. Сборник воздуха. 11. Смесь воздуха и воды. 12 Воздух. а—Система „Струя". б—Система П. Л. Гордона. в—Система Штейнмюллера.

(два-три последовательно), с взмучиванием извести самим током воды (система Красина), скорость восходящего движения в суженной части 2 — 3 *мм/сек*, в расширенной 0,2 — 0,3 *мм/сек*, уклон конусов 60°, фильтр из древесной шерсти, б) многократные, с механической мешалкой (системы Гордона); мощность мотора от 0,25 до 1 *л. с.*, в) однократные с замкнутой циркуляцией воздуха (система Штейнмюллера), и другие. В многократных сатураторах вода проходит последовательно через камеры, что служит гарантией на случай истощения извести в одной из них. Вода соприкасается сперва с более отработанной, затем со свежей известью. Объем всего сатуратора принимается равным 4—6-часовому объему потребного раствора. Коэфициент использования извести в сатураторе до 75%, содержание CaO в продажной извести 60—80%.

Одна тонна сухой извести занимает объем	0,60 $м^3$
„ „ той же извести в виде пушонки имеет объем	0,95 „
„ „ той же извести в виде теста имеет объем	1,10 „
„ „ той же извести в виде жидкого молока имеет объем	4,00 „

Если для умягчения 1 $м^3$ воды требуется a *г* CaO, то для растворения последней потребуется $m = 0{,}0008\ a$ $м^3$ воды.

Количество воды, которое должно быть отделено от очищаемой воды и направлено в сатуратор $x = 100\,\frac{m}{1+m}$ %. Смеситель у распространенных у нас систем (Красина, Гордона) выполняется в виде ряда дисков, перегородок в центральной трубе отстойника. Вообще же смесители, камеры, реакции и отстойники должны выполняться вполне аналогично с коагуляционными. Отстойники — обычно вертикальные; время отстаивания при подогреве 2 час., без подогрева — 4—6 час. Величина восходящей скорости в отстойнике $v \leq 0{,}5$ *мм/сек*. Умягчительные устройства снабжаются последующими фильтрами, у нас чаще всего из древесной шерсти в верхней части вертикального отстойника толщиной 1 —1,5 *м*, за границей обычно песочными или с дробленым кварцем в самостоятельных бассейнах. При выпуске осадков из сатуратора или отстойника желательно подвергать спускные воды вторичному отстаиванию для уплотнения осадка (шлама) и использования отстоявшейся над ним насыщенной и умягченной воды по прямому назначению. Шлам может употребляться для удобрения и иных целей.

в) Другие способы умягчения с удалением части солей в осадок

а) Известково-барнтовый способ. Вместо соды употребляется углекислый барий (витерит $BaCO_3$). Сернокислые соли переходят при этом не в растворимые натровые, а в нерастворимые барневые, например: $CaSO_4 + BaCO_3 = BaSO_4 + CaCO_3$ и таким образом полностью осаждаются. По производственным и экономическим причинам способ этот мало распространен. Барневы соли ядовиты и не пригодны для умягчения питьевой воды.

б) Каустико-содовый способ. К воде прибавляется лишь каустическая сода (NaOH). Вступая в соединение с двууглекислыми солями, она переводит их в осадок, выделяя одновременно соду (Na_2CO_3), которая реагирует, как и выше, с солями постоянной жесткости. Магний требует двойного количества NaOH.

$Ca(HCO_3)_2 + 2NaOH = CaCO_3 + Na2CO_3 + 2H_2O$
$Mg(HCO_3)_2 + 2NaOH = MgCO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O$
и $MgCO_3 - 2NaOH = Mg(OH)_2 + Na_2CO_3$.

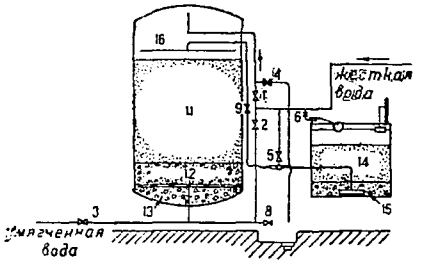
Преимущества: уменьшается вдвое количество выпадающих осадков. При равенстве карбонатной и некарбонатной жесткости требуется всего один реактив. Недостаток: более высокая стоимость реактива. При малой постоянной жесткости вода обогащается содой, при большой приходится кроме каустической добавлять простую соду.

в) Содово-регенеративный способ. Пригоден только для паровых котлов при незначительной карбонатной жесткости и незначительном содержании магниевых солей. Сода при избытке ее переводит двууглекислые соли в углекислые, превращаясь сама в двууглекислую соду. Последняя, попадая в котел, разлагается на каустическую соду, углекислоту и воду, часть воды из котла возвращается назад в умягчитель. Каустическая сода переводит здесь углекислый магний в нерастворимый гидрат и кроме того разлагает двууглекислые соли (см. выше) с новым образованием соды и т. д.

При больших количествах магниевых солей необходимо добавлять известь или каустическую соду.

г) Умягчение путем обменной фильтрации

Сущность умягчения путем обменной фильтрации заключается в пропуске воды через фильтр, наполненный цеолитовым песком (фиг. 280). Цеолитами называются сложные



Фиг. 280 Схема цеолитового умягчителя.

1. Подвод жесткой воды. 2. Подвод промывочной воды. 3. Отвод умягченной воды. 4. Выход промывочной воды. 5. Подвод воды к эжектору. 6. Поплавковый клапан. 7. Регулятор уровня в баке. 8. Задвижка спуска. 9. Задвижка на подводящей линии солевого раствора. 10. Эжектор солевого раствора. 11. Цеолитовая масса. 12. Слой гравия. 13. Бетон. 14. Поваренная соль. 15. Слой гравия. 16. Распределитель солевого раствора.

алюмино-натросиликаты с химической формулой типа:

$$Al_2O_3(SiO_2)_x \times (Na_2O)_y + n(H_2O),$$

обладающие, способностью обменивать свое основание (в данном случае натрий) на другой металл (кальций или магний), если таковой содержится в виде соли в соприкасающейся с цеолитом воде. Если обозначить остальные (кроме натрия) составные части цеолита буквой Z, т. е. представить формулу по безводной части как ZNa_2, то реакции цеолита с солями, обусловливающими жесткость воды, могут быть представлены в виде:

$$ZNa_2 + Ca(HCO_3)_2 = ZCa + 2NaHCO_3, \quad (I)$$
$$ZNa_2 + Mg(HCO_3)_2 = ZMg + 2NaHCO_3, \quad (II)$$

т. е. натровый цеолит превращается в кальциевый (или магниевый) цеолит, а двууглекислые же соли кальция и магния превращаются в двууглекислый натрий (двууглекислую соду). При соприкосновении с сернокислыми и хлористыми солями реакция протекает аналогично:

$$ZNa_2 + CaSO_4 = ZCa + Na_2SO_4, \quad (III)$$
$$ZNa_2 + CaCl_2 = ZCa + 2NaCl, \quad (IV)$$

с образованием глауберовой и поваренной солей. Сравнивая данный способ умягчения с содово-известковым, замечаем, что в данном случае ни одна соль не удаляется в осадок, а все сводится лишь к переводу солей жесткости в другие легкорастворимые соединения.

Реакция между натровым цеолитом и солями жесткости обратимая, т. е. может протекать в ту или другую сторону в зависимости от действующих количеств. Поэтому, если мы хотим достигнуть полного умягчения воды, т. е. удаления жесткости до нуля градусов, необходимо, чтобы вода не только соприкасалась с цеолитом, но и двигалась постепенно от более использованных слоев его (бедных натрием) к менее истощенным, т. е. фильтровалась бы через фильтр, наполненный цеолитовым песком.

После того как натрий в цеолите будет целиком замещен кальцием и магнием, последний перестает умягчать воду и должен быть регенерирован, т. е. восстановлен. Восстановление цеолита совершается путем наполнения фильтра раствором поваренной (реже глауберовой) соли и идет по формулам (III, IV) в обратном порядке, т. е.

$$ZCa + 2NaCl = ZNa_2 + CaCl_2$$
$$ZMg + 2NaCl = ZNa_2 + MgCl_2$$

Цеолиты распадаются на основные группы: по происхождению: естественные и искусственные, и по типу: пористые и непористые (имеющие цельное зерно). К естественным относятся в первую очередь глауконитовые пески, обрабатываемые дополнительно, для придания им большой прочности термически (оплавленные).

Искусственные цеолиты, которые желательно было бы называть для удобства — пермутитами по имени их первого коммерческого названия (за границей существует еще много других рекламных названий), получаются или сухим путем, сплавлением в печи смеси, в определенной пропорции, соды, кварцевого песка и каолина. Получающуюся стекловидную массу раздробляют на мелкие зерна, выщелачивают водой.

При другом способе — мокром, цеолит получается из геля, образующегося в результате взаимодействия жидкого стекла (силиката натрия) и алюмината натрия с последующей под

сушкой, выщелачиванием и повторным раздроблением.

Как правило, все естественные цеолиты непористые, искусственные — пористые, хотя в последнем случае возможны и исключения.

Основной характеристикой цеолитов является их обменная способность. Можно различать обменную способность по весу и по объему. Первой называется — отношение веса окиси кальция (CaO), поглощаемого цеолитом до момента его насыщения к весу самого цеолита выраженное в процентах. Второй (употребляется в САСШ) — отношение того же веса к объему цеолита. Моментом насыщения называется момент, когда вода, проходящая через фильтр из данного веса (объема) пермутита, перестает умягчаться до нуля. Число, выражающее обменную способность по весу, есть одновременно число немецких градусов жесткости, которые 1 *кг* цеолита способен удалить из 1 $м^3$ воды или количество $м^3$, которые он способен умягчить на 1 немецкий градус.

Таким образом, если X—обменная способность цеолита, K—вес его в *кг*, n — жесткость воды в немецких градусах и Q—количество данной воды в *куб. м*, которое данное количество цеолита способно умягчить до нуля, то

$$Q = \frac{n}{X} K \ м^3 \quad \text{или} \quad K = \frac{Q \cdot X}{n} \ кг.$$

Обменную способность выражают иногда в литроградусах, т. е. количестве литров, которые 1 *кг* цеолита способен умягчить на 1 нем. градус. Очевидно, что одна единица обменной способности, указанная выше, равна 1000 литроградусов.

Таблица сравнительных свойств цеолитов

Пористые цеолиты

Искусственные (пермутиты).
Вес около 700 *кг* в 1 $м^3$.
Содержание воды (во влажном состоянии)—до 50%.
Обменная способность (на объем) примерно 3—4 раза больше, чем цельных.
Крупность зерен 1—2,5 *мм*.
Быстрота реакции меньше, поэтому малая скорость фильтрации—от 1 до 6 *м/час* в зависимости от жесткости воды.
Фильтры открытые и напорные.
Регенерация медленная - 6—12 час.
Требуется запасный фильтр, рассчитанный на работу при регенерации основного.
Фильтр рассчитывается на работу до 16 час.
Менее стойки механически.
Годовой износ до 5%.
Разрушаются в присутствии в воде CO_2.
Максимальная температура воды не должна превышать 25—30°.
Обменная способность по весу по отношению к магниевым солям до 2,8 раза меньше, чем к кальциевым.
Чувствительны к солям железа, марганца и другим загрязнениям, могущим забивать поры.

Цельные непористые цеолиты

Как правило, естественные.
Вес (глаукониты) 1400 *кг* в 1 $м^3$.
Содержание воды (во влажном состоянии)—10%.
Обменная способность (на объем примерно, 3—4 раза меньше, чем пористых).
Крупность зерен 0,5—1,0 *мм*.
Быстрота реакции высокая, поэтому большая скорость фильтрации—от 5 до 15 *м/час* в зависимости от жесткости воды.
Фильтры исключительно напорные.
Регенерация скорее требует 20—30 мин.
Требуется запасный резервуар на 1 час (время регенерации с вспомогательными операциями).
Фильтр рассчитывается на работу 5—7 час.
Более стойки механически.
Годовой износ не более 2—3%.
Более стойки к CO_2.
Можно работать с водой температурой до 35°.
Обменная способность к магниевым и кальциевым солям почти одинакова.
Менее чувствительны к загрязнениям вследствие отсутствия пор.

Как видно из реакций, сопровождающих умягчение воды цеолитом, соли временной жесткости воды не выпадают, а переходят в двууглекислую соду. Это обстоятельство представляет преимущество, если вода предназначается для мойки, бань, прачечных и недостаток в случае употребления ее для котлов (сода распадается в котле на едкую щелочь NaOH и углекислоту CO_2, вызывая каустическую хрупкость и разъедание).

Другим недостатком цеолитового способа является то, что цеолит требует обязательной подготовки воды — ее осветления, удаления органических веществ, железа, марганца и углекислоты, в то время как при садово-известковом способе такая очистка происходит в самом процессе. Схема цеолитового фильтра дана на фиг. 280.

Данные для расчета цеолитового фильтра.

Если часовая потребность в умягченной воде в куб. метрах $= a$, то фильтр рассчитывают на общую подачу между регенерациями Q=12—16a (для пористого цеолита) и 6—8a для непористого. По формуле (см. выше) количество потребного цеолита $K = \frac{Q \cdot X}{n}$ *кг*. Обменную способность X можно принимать для пористого цеолита 1,8%, для непористого 0,3%. При определении максимальной жесткости воды n — необходимо, учитывая меньшую обменную способность пористых цеолитов по отношению к магнию, умножать при переводе MgO в CaO количество MgO не на 1,4, а на 1,4 α, где α для пористых цеолитов равен 2,0, т. е. множитель равен 2,8. Определив потребное весовое количество цеолита, переводим его в объем $W = \frac{K}{\beta}$, где β — вес 1 $м^3$ его в сухом состоянии. Зная объем определим, задаваясь скоростью фильтрации потребную площадь фильтрации F и толщину слоя h из уравнения $\frac{a'}{v} \cdot h = W$ (где a' для пористых цеолитов $= a$, а для непористых при работе с запасным резервуаром $= \frac{6}{5} - \frac{8}{7} a$). и $F \cdot h = W$. Предельная толщина слоя h около 2,5 *м*. Скорость фильтрации выбирается в зависимости от жесткости воды, например для непористого цеолита при 30°—6 *м/час* ($h = 2{,}5$ *м*) и при 8°—13,5 *м/час* ($h = 1{,}2$ *м*). Количество соли, необходимой для регенерации, составляет для пористых цеолитов = 80—100 *г* на 1° удаленной жесткости с учетом поправки на магний и 1 $м^3$ воды, для непористых 60 *г*.

Процесс регенерации непористых цеолитов состоит из следующих операций (в скобках данные для пористых цеолитов): 1) Промывка

сырой водой снизу вверх 15—20 мин. (1—2 мин.); 2) Пропуск 10%-ного раствора поваренной соли сверху вниз 15—20 мин. (2 и 4 час., после чего стояние под раствором 4—6 час.); 3) Промывка сырой водой снизу-вверх для выноса оставшейся соли 15—20 мин. (1 час). Промывную воду можно сохранить и употреблять вновь для растворения соли. Последнее производится в солевом растворителе путем пропуска воды через заранее отмеренную порцию соли.

Для устранения углекислоты, могущей действовать на цеолит, воду богатую агрессивной углекислотой пропускают предварительно через фильтр, наполненный толченым мрамором.

д) Комбинированное умягчение

При умягчении цеолитом вод с высокой карбонатной щелочностью в воде появляется много двууглекислой соды, что может быть неудобным для питания паровых котлов, так как двууглекислая сода, распадаясь в котле, выделяет углекислоту и простую соду, или даже едкий натр. Между тем современная котельная техника требует: 1) чтобы показатель щелочности воды, питающей паровые котлы, так называемое натронное число $\left(\frac{Na_2CO_3}{4,5} + NaOH\right)$ не падало бы ниже 200, но и не превышало бы 600 *мг/л* (нормы Комитета по водоочистке Энергоцентра, здесь Na_2CO_3 и $NaOH$ — количество этих веществ в питательной воде в *мг/л*, 4,5 коефициент для пересчета соды в едкий натр); 2) Отношение общей щелочности котельной воды, выраженной в соде Na_2CO_3, к содержанию в ней сульфатов, приведенных к глауберовой соли Na_2SO_4 должно быть: $\frac{Na_2CO_3}{Na_2SO_4} = \frac{1}{0,14\,p}$, где p — давление внутри котла в атмосферах. (Содо-сульфатное отношение по тем же нормам) во избежание так называемой каустической хрупкости.

Для устранения обогащения умягчаемой воды содой, при питании паровых котлов возможно удалять из воды временную жесткость путем предварительного известкования, а затем уже постоянную — цеолитом. Однако при этом необходимо предохранить цеолитовый фильтр от опасности забивания его кристаллами углекислой извести $CaCo_3$ запоздало выпадающими из воды. Во избежание этого следует воду после умягчения фильтровать через песочные фильтры.

Достаточно снижать таким образом предварительно карбонатную жесткость до 5—6°.

е) Перевод жесткости

В некоторых случаях может представляться выгодным перевод карбонатной жесткости в некарбонатную, например при употреблении воды для охлаждения, где превращение карбонатных солей, выпадающих при нагреве воды до 60—100° в некарбонатные сможет предохранить трубы от зарастания. Такой перевод совершается путем присадки (добавления) соляной (способ Бальке) или серной кислоты по реакции:
$Ca(HCO_3)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2CO_2 + 2H_2O$,
$Ca(HCO_3)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2CO_2 + 2H_2O$;
последний прием употребляется в связи с цеолитовым умягчением для устранения избытка соды. На перевод 1° карбонатной жесткости нужно затратить 13,0 *мг/л* соляной и 17,4 *мг/л* серной 100%-ных кислот. Способ присадки требует большой осторожности в дозировке во избежание перекисления воды.

ж) Фосфатирование

Прибавка к воде, питающей паровые котлы, фосфатов: фосфорной кислоты P_2O_5, фосфорно-натриевой соли Na_3PO_4 употребляется как средство для доумягчения воды, размягчения накипи, защиты от разъедания. Фосфаты заменяют сульфаты в содово-сульфатном отношении.

з) Дегазация

Дегазация воды преследует главным образом выделение кислорода и углекислоты, что особенно важно для паровых котлов. Кроме того иногда может итти речь о сероводороде (подземные воды). Для выделения газов могут употребляться.

I. Для удаления кислорода:

Фильтр из железных опилок. Кислород расходуется на окисление железа

$$4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3.$$

Недостаток — опилки быстро покрываются окисью и их приходится часто сменять;

II. Для устранения углекислоты:

а) Фильтрация через мраморные фильтры

$$CO_2 + CaCO_3 + H_2O = Ca(HCO_3)_2;$$

б) Известкованием (одновременно с умягчением)

$$CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O;$$

в) Аэрация.

III. Для устранения сероводорода:

а) Аэрация;
б) Пропуск через железные опилки.

IV. Общие меры для всех газов:

а) Высокий нагрев и кипячение воды;
б) Вакуум-аппараты. Выделение газов под вакуумом.

Проф. *Н. Г. МАЛИШЕВСКИЙ*

4. Угольные фильтры

Способность древесного угля поглощать—адсорбировать газы и красящие вещества из растворов, известна давно. В древесном угле и в других углях углерод содержится в виде тонко измельченного графита и аморфного

углерода. Чем больше аморфного углерода, тем более активен уголь, т. е. тем больше его способность адсорбции. Способность адсорбции обыкновенного угля невелика, искусственными мерами ее можно увеличить.

В настоящее время существует много патентованных способов приготовления активного угля, т. е. перевода графита в аморфный уголь с большим количеством микроскопических пор и капилляров, образующих громадную внутреннюю поверхность. Один из способов приготовления активного угля состоит в пропитывании концентрированным раствором хлористого цинка дерева или торфа. После просушки и прокаливания продукт выщелачивается водою, которая и удаляет весь хлористый цинк, идущий снова в производство. По другому способу дерево или торф сначала обугливаются при низких температурах, затем посредством возуха или водяного пара происходит окисление оставшихся в первом продукте углеводородов. В результате этих процессов получается активный уголь с бесконечно большим количеством пор и капилляров. Кубик такого угля в 1 *см*³ содержит несколько сот квадратных метров внутренней поверхности капилляров. Активный уголь приготовляется также и из каменного угля и лигнита.

Английская компания К а н д и (Candy) уже с 1909 г. начала строить угольные фильтры. Во время мировой войны порошок обыкновенного или костяного угля применялся в смеси с коагулянтом, преимущественно сернокислым глиноземом, для очистки воды. Сначала вода хлорировалась белильной известью, а затем к ней прибавлялась смесь угля с коагулянтом для осаждения взвесей и для удаления избыточного хлора. Угольный порошок пробовали применять и на постоянных установках, посыпая им поверхность фильтра или просто смешивая с водою и отфильтровывая уголь, но этот способ оказался неудобным.

Угольные фильтры из зерен угля в 1,5—3 *мм* оказались наиболее удобными для очистки воды. Большая крупность зерен невыгодна потому, что уменьшает свободную поверхность угля, а меньшая сильно увеличивает сопротивление фильтра. Угольные фильтры употребляются для непосредственного поглощения запахов и привкусов, в особенности фенольных, происходящих от стоков коксовых установок и химических заводов, часто портящих воду рек как в Европе, так и в Америке. Но в Германии чаще на угольные фильтры направляют сильно хлорированную воду, а задача фильтров—задержать избыток хлора и его соединений: хлора, фенола и пр. Хлорирование фенольной воды, как известно, сопровождается образованием хлорофенолов, обладающих очень противным запахом. Борьба с этим запахом успешнее всего производится угольными фильтрами.

Хлорирование воды большими дозами дает почти полную стерилизацию воды, совершенно уничтожает патогенные бактерии.

Усиленное хлорирование совершенно необходимо, когда в воде находится много гуминовых веществ; хлор их разрушает, а без этого они осаждаются на угле и закупоривают его поры. Вообще перед напуском на угольные фильтры вода должна б ы т ь о ч е н ь х о р о ш о о ч и щ е н а о т в з в е ш е н н ы х ч а с т и ц п у т е м ф и л ь т р а ц и и, в противном случае уголь будет быстро засоряться и терять свою активность.

Р е а к ц и я х л о р а с у г л е м. Адлер и Пик установили, что обезхлорирование воды активным углем представляет собою не только адсорбцию, но и химическую реакцию, идущую по следующему уравнению:

$$2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2.$$

Выделившийся кислород идет на окисление органических веществ, а также самого угля, причем образуется CO_2. Соляная кислота нейтрализуется двууглекислыми солями кальция и магния.

Р е г е н е р и р о в а н и е. Действие активного угля однако с течением времени ослабевает. Пик объясняет это осаждением на угле хлопьевидных веществ из хлорированной воды. Для восстановления активности угля необходима промывка его горячей щелочью, например содовым раствором.

Адлер объясняет ослабление активности угля образованием меллогенов, низших продуктов окисления, отлагающихся на активной поверхности угля. Для восстановления активности Адлер предлагает промывку содовым раствором с хлором с последующей промывкой раствором хлористого кальция. Адлер называет этот процесс ремутонированием, а самое обесхлоривание углем—мутонированием.

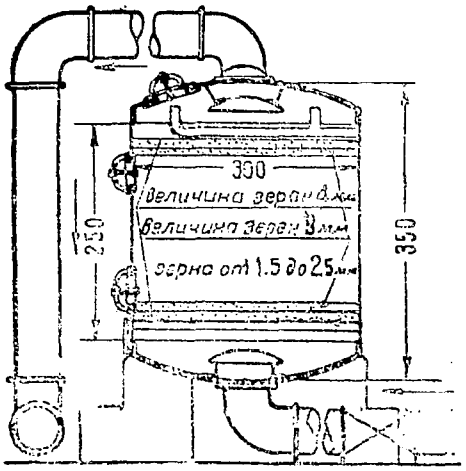
Восстановление активности угля лучше всего производится прокаливанием, но для этого уголь необходимо вынуть из фильтра и перенести в печь.

Опыты с угольными фильтрами в г. Гамме в Рурской области привели Сирпа к заключению, что регенерация угля производится гораздо легче, если фильтры работают без перехлорирования и процесс ограничивается простой адсорбцией, поэтому Сирп рекомендует прибегать к перехлорированию только там, где требуется полная стерилизация, или для вод с гуминовым, или им подобными коллоидными веществами. Перехлорирование очень полезно при освобождении воды от железа и марганца, связанных с органическими веществами. Избыточный хлор в этом случае разрушает органические вещества, удерживающие железо и марганец от окисления и выпадения в осадок. Перехлорированная железистая вода должна быть конечно совершенно освобождена от железа (марганца) осаждением и фильтрацией до поступления на угольные фильтры.

Фильтры в Гамме хорошо справлялись без перехлорирования с фенольными примесями, поднимавшимися до 20 *мг* на 1 *л*. Перехлорирование по мнению Сирпа затруднило бы регенерацию и сильно увеличило бы расход на хлор.

Регенерирование требуется тем реже, чем лучше очищена вода от коллоидных веществ перед пуском на угольный фильтр и наоборот. В г. Гамме регенерирование производилось обратной промывкой водой в три приема по 10 мин. каждый, причем давление при промывке

доводилось до 3 *ат*. Большие скорости оказались необходимыми, чтобы смыть с угля осевшие на него загрязнения. Кроме промывок время от времени требуется пропарпванпе угля паром. Частота промывок зависит от загрязненности воды. В 1929 засушливом году, когда вода была сильно загрязнена, фильтр Гамма промывался 10 раз и пропаривался 3 раза, а в 1930 дождливом году было только 5 обратных промывок и одно пропарпвание.



Фиг. 281. Угольный фильтр г. Гамма.

После 15-месячной работы весь уголь был отправлен для регенерации фирме-поставщику Carbo-Norit Union во Франкфурте-на-Майне и заменен новым.

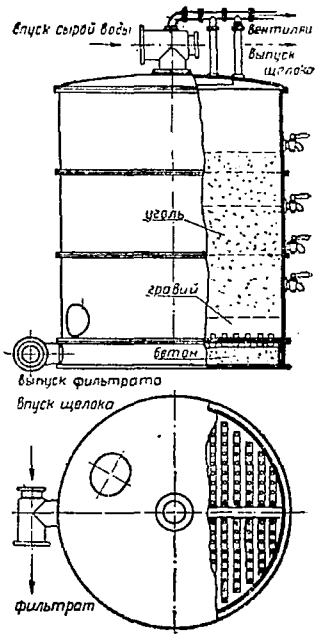
Устройство фильтров. На фиг. 281 показан в разрезе фильтр г. Гамма. Цилиндрический котел имеет 3 *м* в диаметре и 3,5 *м* высоты. Угольный слой толщиною 2,5 *м* помещается между двумя сетками *aa* и *bb*. Непосредственно на сетке внизу и под сеткой вверху располагается 50-*мм* слой из зерен в 4 *мм*, следующий за ним также 50-*мм* слой из зерен в 3 *мм*, вся же остальная масса угля состоит из зерен от 1,5 до 2,5 *мм*.

Чтобы удержать уголь на месте во время работы и промывки и тем свести до минимума потери от истирания зерен угля друг о друга, верхняя сетка винтами плотно прижимается к углю и при ослаблении снова подтягивается винтами. При хорошей установке сетки ежегодные потери на истирание принимаются до 5% по весу. При сильном истирании угля угольная пыль портит внешний вид фильтрата. Медные сетки через 3 месяца были разъедены потому, что в фильтре образуется гальванический элемент между медью, железом или углем, и потому были заменены сетками из монельметалла.

Производительность фильтра 1000 $м^3$ в час, летом расход доходил до 30 000 $м^3$ в сутки. Вода проходит фильтр снизу вверх со скоростью 3,9 до 4,9 *см* в секунду или от 144 до 170 *м* в час. Эта громадная скорость фильтрации является отличительной особенностью немецких угольных фильтров по сравнению с американскими. Время пребывания воды в фильтре около 1 мин.

Чтобы поступающая на фильтр вода не била струею на уголь, против входа, поставлена тарелка. По особым трубкам подводят пар для пропарпвания фильтра; входные отверстия направлены на стенки, чтобы струя пара не повреждала фильтр. Промывка производится обратным током воды. Фильтр включен в напорный трубопровод, работающий под давлением 12 *ат*. Для выпуска воздуха, который может скопляться под сеткой фильтра, устроены особые краны.

При пуске фильтра потеря напора в нем равняется от 6 до 7 *м*, что видно по манометрам на впускной и выпускной трубах. Во время работы поры фильтра постепенно забиваются коллоидными веществами и потеря напора повышается до 15 *м*. Когда потеря напора достигает этой величины, фильтр промывается обратным током воды в 3 приема по 10 *м* каждый, и потеря напора при промывке доводится до 3 *ат*. Пропаривать фильтр в Гамме приходилось один раз на 3—5 промывок. Промывная вода в конденсат при пропаривании выносит из фильтра все загрязнения—фенол и пр. Во время промывок пласт угля уплотняется и приходится по временам досыпать уголь. Стоимость фильтра в Гамме —40 000 марок—высока вследствие



Фиг. 2. Угольный фильтр г. Штутгарта.

большого давления 12 *ат*. Из этой суммы 10 000 марок приходится на уголь. Все расходы с амортизацией оцениваются в 0,3 пфен. на 1 $м^3$ очищенной воды.

Угольные фильтры в Штутгарте. Очистная установка в Галленклинге работает в противоположность к установке в Гамме с перехлорированием по методу Адлера. Сырая вода получает от 15 до 30 *мг* на 1 *л*

глинозема и хлора от 0,8 до 1,2 *мг* и поступает в открытый отстойник полуторачасовой емкости (по максимальному расходу). Затем к воде прибавляется вторая доза хлора от 1,7 до 2,3 *мг* при вступлении ее во второй крытый (из-за запаха хлора) отстойник на $^1/_2$ часовой объем. Перехлорированная вода поступает на американские безмешалочные фильтры в числе 8, поверхность каждого 31,2 $м^2$. Скорость фильтрации 6,7 — 10 *м/час*. Обратная промывка производится со скоростью 800 *мм* в минуту. Крупность песка 0,5—0,7 *мм*. Профильтрованная вода содержит от 0,3 до 0,5 *мг/л* хлора; таким образом фильтрация происходит при избытке хлора.

После фильтров вода поступает для дехлорирования на угольные фильтры. Три фильтра имеют те же самые размеры, что и фильтр г. Гамма. Толщина угольного слоя—2,5 *м*; лежит он на подстилке из гравия, которая прикрывает трубчатый дренаж, обычный для круглых скорых фильтров Джуэлля с фарфоровыми Т-образными насадками. Вся арматура из монельметалла. Железо и чугун покрываются инертолем (асфальтовая краска). Верхняя поверхность угля ничем не прижата. В других установках она прижимается сеткой. Сырая вода подводится сверху, и фильтрация идет в противоположность фильтру г. Гамма сверху вниз (фиг. 282). Скорость фильтрации от 78 до 117 *м/час*. Скорость обратной промывки щелоком 66 *м час* или 1,1 *м/мин*.

Восстановление активности угля (ремутонирование) производится примерно 1 раз в месяц посредством обратной промывки фильтра раствором (5%) соды при одновременном хлорировании в течение 25—50 мин. Затем для удаления щелочности уголь промывается еще хлористым кальцием. При эксплоатации это оказалось ненужным. Потеря угля на окисление хлором и на истирание оценивается в 15% в год. При обработке в год 4 000 000 $м^3$ расход на уголь и реактивы определяется в 0,07 пфен. на 1 $м^3$ воды. Таким образом здесь предполагают совершенно обойтись без регенерации паром.

Другая установка Штутгартского водопровода из р. Некара, рассчитанная на очистку 60 000 $м^3$ в сутки, состоит из четырех фильтров 3 *м* в диаметре и 4,20 *м* высотою; двух резервуаров: один для 5% раствора соды, другой для раствора хлористого кальция. Промывной насос 130 *л/сек* попеременно подает для промывки чистую воду, соду и хлористый цинк; от последнего отказались. Выпуск после промывки точно так же переключается на канализацию и содовый резервуар. Проектированная промывка содой повидимому не применялась и заменена промывкой 1,5%-ным раствором едкого натра с прибавкой хлора (Hypochloritlösung). Ежемесячная промывка поддерживала активность угля. Однако три раза в год Линк считает необходимым заменять часть угля новым. Способы регенерации угля находятся еще в процессе выработки.

На этой установке вода предварительно очищается в отстойнике с коагуляцией и перехлорированием 0,6 — 0,8 *мг/л*, затем на скорых и после них на медленных фильтрах; вторая доза хлора (1,5 — 2,0 *мг/л*) дается после медленных фильтров в резервуаре с получасовым временем воздействия хлора на воду; из резервуара вода подается насосом на угольные фильтры.

Очень важно отметить, что из четырех фильтров один загружен простым древесным углем и работал не хуже фильтра с высокоактивным углем.

Во время 7-месячной работы установлено, что при значительном загрязнении воды фенолом фильтры пропускали фенол, поэтому необходимо предварительное разрушение фенола хлором; работа фильтров должна ограничиваться только дехлорированием. При паводках дозы хлора увеличиваются и доходили в сумме до 8 *мг* на 1 *л*.

Угольные фильтры в Ауссиге (Чехо-Словакия)

Первая установка по методу Адлера устроена в Ауссиге и начала работать с 1929 г. Она оборудована венской фирмой Дабег. Сырая вода получается из колодцев вдоль Эльбы, питающихся главным образом профильтрованной через береговой песок речной водой. После прибавления к сырой воде 1,5 *г* хлора она попадает в отстойники с отстоем 4—6 час, Предполагавшееся прибавление глинозема оказалось ненужным: вода из колодцев поступает совершенно прозрачная, после прибавления хлора в отстойнике выделяются железистые и известковые осадки. После вторичного хлорирования 0,3—0,5 *мг/л* вода насосом подается на песчаные фильтры конструкции Дабег с промывкой песка инжектором, а после них поступает на угольные фильтры такой же конструкции. Перед угольными фильтрами содержание хлора около 1 *мг/л*. Скорость фильтрации 25 *м* в час. Регенерация предполагалась промывкой горячим раствором соды, но за полуторагодичную работу ни разу не делалась. Производилась только обычная промывка угольного фильтра и пропаривание 1—2 раза в две недели. Хлоропоглощательная способность угля сначала понизилась немного, а потом оставалась постоянной.

Хлордиаграмма и испытание активного угля. Хлоропоглощательная способность воды зависит от ее химического состава, от температуры и дозы хлора. Отношение хлора в данной воде выражается хлордиаграммой, составленной на основании лабораторных исследований. На оси абсцисс откладываются дозы хлора, а на оси ординат процент поглощения хлора в течение 30 мин. Для разных температур получаются разные кривые. Испытания активного угля производятся на:

1) адсорбционную способность фенола;
2) на способность обесхлоривания;
3) определение крепости угла на истирание;
4) крупности зерна и сопротивление движению воды в стеклянном угольном фильтре и
5) определение веса.

Для определения обесхлоривающей способности угля Пиком выработан особый способ:

лабораторным путем устанавливается толщина слоя угля, при которой вода, пропущенная со скоростью 1 *см* в секунду, теряет половину своего хлора. При не очень больших концентрациях хлорного раствора эта величина постоянна для разных концентраций.

Активный уголь в Америке. Американцы в 1928—1929 гг. занялись вопросом фильтрации активным углем. Опытами установлена возможность удаления посредством активного угля всякого рода вкусов и запахов воды органического происхождения. Бейлис (Baylis) находит более удобным предварительное разрушение органических веществ перехлорированием и затем поглощение свободного хлора угольными фильтрами, чем простая адсорбция углем органических веществ.

Отличительная особенность американских опытов небольшая скорость фильтрации 5 — 10 *м* в час, т. е. раз в 10 меньше скорости фильтрации в германских установках. Это обстоятельство сильно обесценивает американские опыты по сравнению с немецкими. Благодаря малой скорости фильтрации американцы проектир вали двухэтажные установки: вверху песочные фильтры, а внизу такой же величины угольные фильтры [1].

При больших скоростях фильтрации у немцев получаются очень малые размеры угольных фильтров, и поэтому очень дешевые установки.

Угольные фильтры в СССР. Успешные опыты дехлорирования угольными фильтрами при небольших скоростях фильтрации производились в 1926 г. Виноградовым. В 1932 г. в Харькове в Институте сооружений испытывался древесный активный уголь нашего производства, давший хорошие результаты, но скорости фильтрации были малы. В текущем году предполагается постройка угольных фильтров на Алмазно-Марьевском водопроводе на С. Донце, запроектированных по системе фильтров Дабег. Для Запорожья на Днепре запроектированы фильтры по образцу штутгартских.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. D. M., Verfahren zur Reinigung und Sterilisierung von Wasser. Von Dr. Adler, Karsbad 1930.
2. Vom Wasser Bd. III Pick, Entchlorung von Trinkwasser durch active Kohle.
3. Journal of the American Water Works Association november 1930. Статьи Beylis'a и других.
4. Das ond Wasserfach 1929, Heft 27 Adler, Die Reinigung des Wassers durch Hochchlorirung.
5. GWF 1930 г. Heft 42, 43, 44 Link, Wasserversorgung von Stuttgart.
6. GWF, 1930. Heft 45. Das neue nach dem Hochchlorungsverfahren erbaute Elbegrundwasserwerk in Aussig.
7. GWF 1931, Heft 33 Sierp, Anwendung der activen Kohle.
8. GWF 1931. Heft 39.
9. GWF 1931, Heft 38. Доклад Линка Штуттгарт.

[1] JAWWA november 1930, статья Bebrman and Crane.

Проф. *Д. П. КОЗЫРЕВ*

5. Нейтрализация воды

Процесс нейтрализации в техническом смысле представляет собой доведение данной воды до „средней реакции", т. е. до отсутствия в ней кислоты или щелочи.

Нейтрализация необходима в случае, если вода имеет определенно кислый или щелочный характер и в силу этого производит какое-либо неблагоприятное действие на производственные процессы и арматуру, или вредно действует на материал насосов и трубопроводов, или же не может быть спущена в водоем без вреда для последнего.

Это вредное действие ненейтральной воды может быть устранено добавлением к ней кислот, если устраняется щелочность, или щелочей, если устраняется кислота. Взаимное уничтожение свойств объясняется тем, что кислота и щелочь в результате реакции исчезают, образуя новые вещества—соли и воду.

Количество кислоты и щелочи в нейтрализуемой воде характеризуется анализом. Кислотность и щелочность воды выражают или в процентах содержащейся в воде кислоты (или щелочи) или в куб. сантиметрах $\frac{1}{1}$ норм. кислоты и щелочи, пошедших на нейтрализацию литра исследуемой воды.

Иногда указывают в анализе, что данная вода имеет в литре такое-то количество

$$куб.\ см\ \frac{1}{1}\text{Н (или } \frac{1}{10}\text{ Н)}$$

кислоты или щелочи.

Не входя в объяснение титрирного анализа для надобностей расчета нейтрализующих реагентов приводим таблицу.

1 *куб. см* $\frac{1}{1}$ Норм. содержит *мг* 100% вещества	
Серная кислота (H_2SO_4)	49,04 *мг*
Соляная „ (HCl)	36,5 „
Азотная „ (HNO_3)	63,02 „
Уксусная „ ($CH_3 \cdot COOH$)	60,03 „
угольная „ (C_2O_3) ($H_2 \cdot O_3$)	22,0 „
Сернистая „ (SO_2) (H_2SO_3)	41,0 „
Известь (CaO) (негашеная, кипелка)	28,04 „
Известь углекислая ($CaCO_3$) (мрамор, известняк, мел)	50,04 „
Сода (кальцинированная) ($NaCO_3$)	53,0 „
Едкий натр (NaOH)	40,01 „

Для перевода куб. сантиметров, выраженных в $\frac{1}{10}$ Н в миллиграммы, надо приведенные выше цифры убавить в 10 раз.

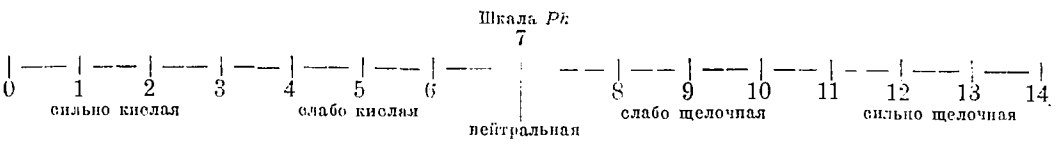
Есть еще способ выражения реакции воды по концентрации водородных ион, так называемых „пэ-аш" — потенциал водорода *Ph*. Нейтральная вода имеет величину $Ph = 7{,}0$; чем это число меньше, тем больше кислотность воды, чем выше *Ph*, тем больше ее щелочность.

Если нужно связать числа *Ph* с нормальными растворами, то считают, что изменение

Ph на одну единицу соответствует изменению 0,1% концентрации *мг/л*.

Так, *Ph* = 1,0 имеет ту же концентрацию водородных ион, как и $^1/_{10}$ пор. кислоты.

Ph = 2 — соответствует $^1/_{100}$ пор. кислоты
Ph = 12 — » $^1/_{100}$ » щелочи
Ph = 13 — » $^1/_{10}$ » щелочи



При нейтрализации вод могут быть случаи необходимости устранять также газы, создающие в воде кислую реакцию.

а) Растворенные газы, как например CO_2, SO_2, H_2S, должны быть устранены, чтобы вернуть воде свойство абсорбировать вновь эти газы в случае применения в производстве оборотной воды.

б) Иногда является необходимым устранить коррозирующие свойства воды — вредное действие на трубопроводы, аппаратуру, чугун, бетон.

В некоторых случаях нейтрализация воды с растворенными в ней газами может сопровождаться утилизацией их.

Удаление из воды газов, придающих воде кислотность, может происходить химическими и физическими приемами.

Химические способы основаны на введении в воду щелочей: едкой извести или натра, углекислой извести или натра. Расчет добавок ведется по формулам (табл. 92) плюс некоторый избыток. После добавки реагентов, следует энергичное смешение с последующим отстаиванием.

К физическим способам нейтрализации относится аэрирование воды посредством градирен, распыления или вдувания воздуха. Эти приемы по простоте превосходят химические, но не всегда идут до полного выделения.

В табл. 90 приводятся данные об удалении углекислоты коксовыми аэраторами и фильтрами.

Таблица 90

Вода источника	Содержание CO_2 в *мг/л*		На 1 м² поверхности аэратора (литров воды)	Время прохождения водой аэратора (секунды)
	после коксового аэратора 1,5 — 2 *м* выс. крупн. 50 — 20 *мм*	после песочного фильтра		
25,0 *мг*	13,0	8,0	2300	30
29,0 »	17,0	11,0	2300	30
42,0 »	18,0	12,0	7000	13
49,0 »	30,0	12,5	6000	15

Применяемые для охлаждения оборотных производственных вод градирни пригодны также и для удаления из воды газов.

В качестве примера химической нейтрализации кислой воды на одной из водопроводных установок в Германии приводим следующие данные:

Анализ воды (средний за месяц):

Сухой остаток солей	30 *мг/л*
Органических веществ	7,6 »
Хлористого натра (NaCl)	11,7 »
Окиси железа (Fe_2O_3)	0,15 »
Жесткость карбонатная	0,41 »
Углекислоты свободной, агрессивной	14,1 »

Такая вода быстро разрушила новый чугунный трубопровод. Для предотвращения порчи трубопровода построено: 1) градирня из деревянных планок типа жалюзи, 2) разбрызгиватели, 3) мраморный фильтр 60 *см* толщины, при крупности зерна 8 *мм*.

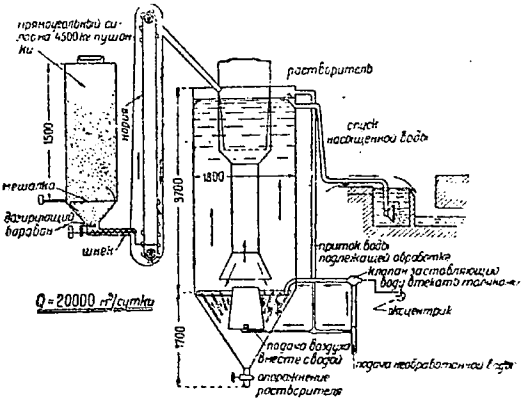
При прохождении воды приведенного состава получены следующие результаты.

Таблица 91

Вода источника	После градирни	После мраморного фильтра
	(*мг* в *л*)	
Сухой остаток 35,0	30,0	40.0
Окисляемость 6,0	5,8	5.9
Хлористый натр 8,8	8,8	11.7
Жесткость карбонатная 0.3°	0,34°	1,1°
Углекислота:		
Связанная 2,2	2.6	8.8
Агрессивная 18.8	6.0	0

Расход мрамора на нейтрализацию был около 15 *г* на 1 *м*³ прошедшей воды.

Схема устройства нейтрализации воды показана на фиг. 283.



Фиг. 283. Установка в г. Келлерсхонфе.

Пушонка, пропущенная через сито, загружается в бункер (силос). Из бункера барабаном с углублениями пушонка отмеривается и подается на шнек. Последний загружает норию, высыпающую пушонку в центральную трубу растворителя.

Снизу в растворитель подается вода периодическими толчками, чтобы взмучивать и смывать осадок. Кроме того из верхней части растворителя засасывается воздух и подводится вниз для перемешивания воды и пушонки в центральной трубе.

Отсюда насыщенная известью вода поднимается к верхнему переливному желобу, из которого и вытекает в нейтрализуемую воду.

В практике очистных устройств наиболее часты случаи нейтрализации кислых вод, содержащих в себе минеральные кислоты: серную, соляную, азотную, реже встречаются органические — уксусная и др.

При нейтрализации таких вод могут быть случаи:

1. Содержание кислоты в воде более или менее равномерно в течение суток или ряда часов.

2. Кислотность воды меняется ритмически в течение суток.

3. Кислотность является случайной в результате нарушения производственного процесса или порчи аппаратуры — это так называемая аварийная кислотность.

4. Далее нейтрализация может быть при данных условиях доведена до вполне законченной реакции или может быть неполной, заканчивающейся в водоеме, куда направляются сточные воды.

Растворенные в природных водоемах двууглекислые соли кальция и магния, так называемые бикарбонаты, придают естественным водоемам щелочность, пригодную во многих случаях для нейтрализации:

$$Ca(HCO_3)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2CO_2 + 2H_2O.$$

Пример. По анализу вода реки имеет щелочность 5 *см*³ $\frac{1}{1}$ Н. на 1 *л*. Это составит (стр. 272) $5 \times 50 = 250$ *мг/л* $CaCO_3$. Если расход реки в секунду равен 100 *м*³/*сек*, то, допустив полное использование всего объема воды, получим 25 000 *г* углекислого кальция. Это количество $CaCO_3$ может нейтрализовать 24 500 *г* серной кислоты или 18 260 *г* соляной кислоты в секунду.

Таким образом в естественных водоемах мы имеем большие запасы нейтрализующих реактивов, но полному использованию их мешает трудность хорошего смешения, разделение воды сточной и воды реки на самостоятельные потоки из-за разности температуры и удельных весов. Это обстоятельство заставляет использовать значительно больший участок реки чем то следовало бы по расчету.

При нейтрализации вод с переменной реакцией устраивают предварительные сборные резервуары; в них происходит уравнивание сточных вод как по количеству, так и по степени кислотности. Кроме того в этих уравнительных резервуарах могут быть использованы сбрасываемые из других отделов производства щелочные воды и тем самым понижен расход на добавочные реагенты (частый случай в текстильном и вискозном производстве).

Объем подобного сборника должен быть рассчитан с учетом производственных моментов, т. е. периодов максимума и минимума кислотности или периодов спуска кислот и щелочей и т. н.

Для аварийных случаев можно иметь запасный резервуар с объемом, достаточным для приема всего количества аварийного стока. В таком резервуаре можно или производить непосредственно разовое добавление нейтрализующего реактива, или постепенно перепускать из него в постоянно работающее устройство нейтрализации определенное количество воды.

Проще иметь электрические указатели-сигнализаторы появления кислоты (или щелочи) у тех аппаратов, где аварийность возможна, чтобы сейчас же по сигналу выключать поврежденный аппарат.

Для нейтрализации кислот применяют щелочные и щелочно-земельные соединения:

1. Едкие щелочи (CaO, NaOH).

2. Углекислые (Na_2CO_3, $CaCO_3$, мрамор, мел, известняк).

3. Двууглекислые [$Ca(HCO_3)_3$, $Mg(HCO_3)_2$].

Таблица 92

Расчет добавки нейтрализующих реактивов на одну весовую часть кислоты

1 весовая часть кислоты	Весовые части, необходимые для нейтрализации веществ:			
	известь едкая CaO	известняки, также старая погашенная известь $CaCO_3$	Сода	
			кальцинированная Na_2CO_3	каустическая NaOH
1. Серная H_2SO_4 . . .	0.57	1,02	1,08	0.816
2. Соляная HCl . . .	0 77	1,37	1,45	1,1
3. Азотная HNO_3 . . .	0.44	0,79	0,84	0,635
4. Уксусная $C_2H_4O_2$ . .	0,466	0,8	0,88	0,606
5. Сернистая SO_2 . .	0.875	—	1,65	1,25
6. Угольная CO_2 . . .	1,27	2,27	—	1,82

Приведенные выше цифры даны для чистых 100% качества реактивов; по условиям работы можно выбрать для нейтрализации кислоты какой-либо из приведенных четырех реактивов. По этой же таблице возможно рассчитать взаимное использование для нейтрализации спускаемых щелоков и кислот из разных отделов производства.

Практически показанные в таблице количества надо повысить за счет пониженного содержания активной части приведенных реактивов. Так например, продажная известь часто содержит только 15—50% активной CaO, а остальная часть состоит уже из погасившейся, т. е. из $CaCO_3$. Поэтому при выявлении нужного расхода реагентов надо вести расчет, исходя из процентного содержания как CaO, так и $CaCO_3$.

При нейтрализации кислых вод волой рек используют растворенные в речных водах соли временной жесткости — двууглекислые соли кальция и магния — так называемые бикарбонаты. Их количество выражается в анализе посредством щелочности в *см*³ $\frac{1}{1}$ Н, причем 1 $\frac{1}{1}$ Н содержит 28 *мг* CaO или 50 *мг* $CaCO_3$. Отсюда 1 *мг* H_2SO_4 требует для своей нейтрализации 0,0204 *см*³ $\frac{1}{1}$ Н щелочной воды.

Для неспецов приводим ниже терминологию реагентов, имеющих место при нейтрализации.

Известь — окись кальция — CaO — при хранении на воздухе поглощает влагу и углекислоту. Теряет свою активность и превращается постепенно в углекислую известь (мел) — $CaCO_3$. Стандарт — ОСТ 2643 — описаны приемка и испытание.

Известняк — углекислый кальций — $CaCO_3$ — в природе в виде камней — раковистый известняк, мел, мрамор.

Кислоты:

Термин — моногидрат — H_2SO_4 — серная кислота — уд. вес 1,58 = 52° Боме. В ней должно содержаться 66,3% H_2SO_4 (моногидрата).

Купоросное масло — 66° Боме — уд. вес 1,84. В нем 95% моногидрата.

Стандарт — ОСТ 43.

Соляная кислота техническая содержит 27,5% чистой соляной кислоты.

Стандарт — ОСТ 99.

Азотная кислота — содержит 61,2% чистой.

Стандарт — ОСТ 47.

Эти соединения могут быть применены как растворы или суспензии (например известковое молоко, суспендированный мел).

Для нейтрализации вод, имеющих кислоты соляную или азотную или их смесь, возможно применение природных известняков, мрамора в условиях, о которых будет сказано ниже. При этом приеме не нужна доливка, так как наблюдается малая зависимость результатов усреднения от концентрации кислот, но следует иметь в виду, что взамен растворенного в кислотах известняка требуется добавка нового и после нейтрализации остается значительный осадок нерастворимых частей (кремнезем, глина и др.); он составляет балласт, требующий уборки и тормозящий дальнейший ход реакции усреднения.

Так например:

Рак. известняк дает .	от 4 до 9% нераств. частей
Мел	около 2%
Мрамор	„ 0,14%
Доломит	„ 55% и более

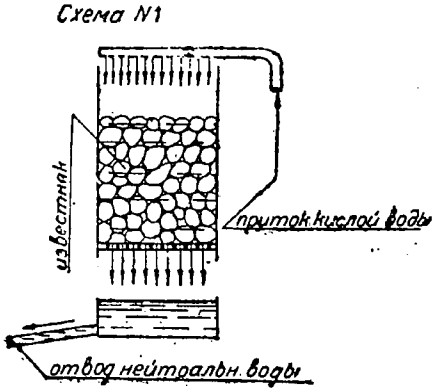
В качестве нейтрализующего материала желательно применять пористые известковые камни с возможно большим содержанием в них $CaCO_3$. Доломиты негодны, так как содержащаяся в них глина замедляет реакцию. Мрамор очень плотен, что также задерживает реакцию.

Для фильтров крупность известковых камней обычно принимают от 3 до 8 *см* в диаметре, весом 50 — 300 *г* штука. При концентрации кислоты выше 1,2% на поверхности известковых камней получается сплошное выделение пузырьков углекислоты. Этот газовый слой препятствует дальнейшему ходу реакции. При концентрации кислоты менее 0.8% пузырьки газа возникают лишь на некоторых отдельных местах.

Нейтрализация соляной и азотной кислоты углекислым кальцием (известняком) идет по уравнениям:

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$
$$100 \text{ ч.} + 72.8 \text{ ч.}$$
$$CaCO_3 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$$
$$100 + 126.$$

При этом углекислота выделяется в виде газа и в некоторых случаях надо предусматри-

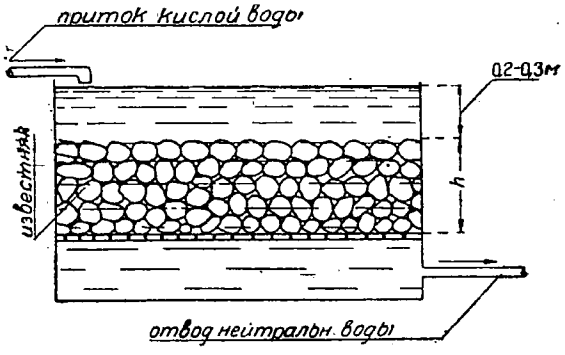


Фиг. 284. Схема нейтрализующей установки по типу непрерывных фильтров.

вать вентиляционные устройства для ее удаления.

Устройства для нейтрализации могут быть двух видов: или типа орошаемых фильтров (фиг. 284) или типа затопленных фильтров (фиг. 285).

В первом случае вода разбрызгивается по поверхности камня, просачивается через



Фиг. 285. Схема нейтрализующей установки по типу контактных фильтров.

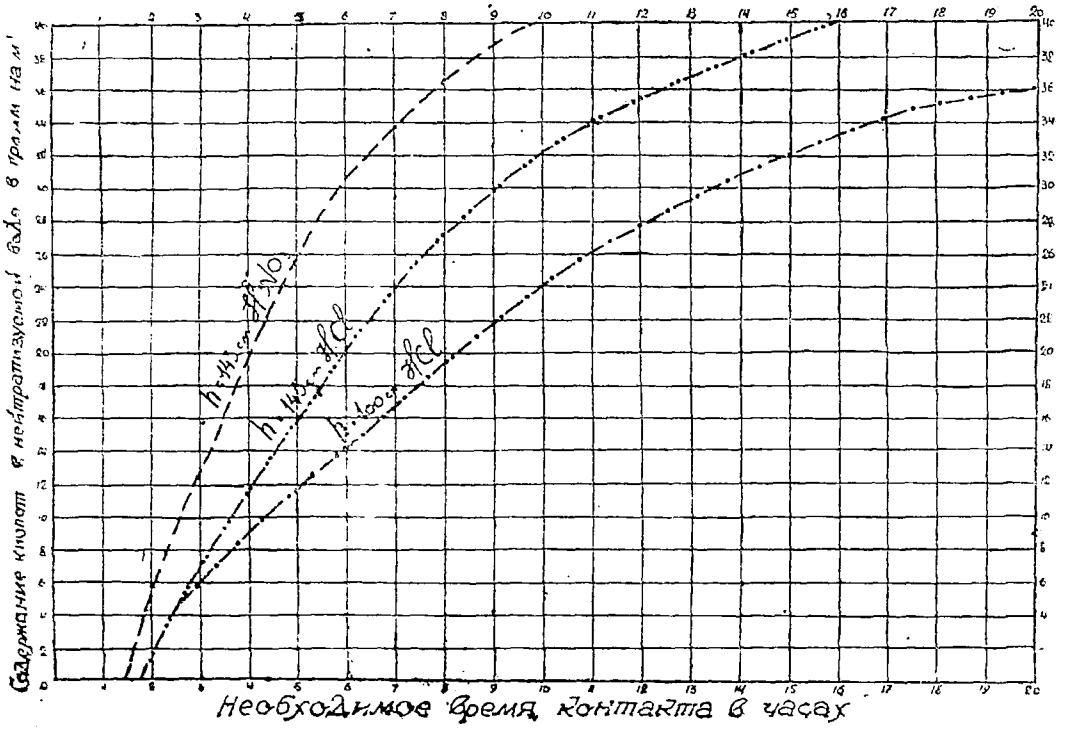
слой известняка, оставляя поверхность его незатопленной и собирается под ним.

Данное устройство рассчитывается на проток со скоростью 1,6 *см* в минуту (0.96 *м/час*) для воды, содержащей соляную кислоту.

Для вод, содержащих азотную кислоту, эта скорость может быть увеличена до 2 *см/мин* (1,2 *м/час*).

Реакция протекает весьма энергично и заканчивается почти нацело в верхнем слое,

Для нейтрализации серной кислоты приходится прибегать к добавлению к воде щелочей в виде известковой воды, известкового молока, иногда соды или каустика (если последний является отходом производства).



Фиг. 286. Зависимость времени контакта от концентрации кислот.

глубиной 20 — 30 *см*. Этот слой приходится часто обновлять.

2) Во втором случае нейтрализуемая вода стоит слоем над известковым щебнем крупностью от 8 до 40 *мм*. Толщина слоя обычно принимается в 1,5 *м*. Направление фильтрации — сверху вниз.

Фильтр рассчитывается в зависимости от концентрации кислот в воде. По диаграмме фиг. 287 определяются необходимая толщина слоя и скорость фильтрации, при которых, в случае применения раковистого известняка, вода будет нейтрализована. Можно воспользоваться также диаграммой фиг. 286, в которой в зависимости от концентрации кислот приводится время контакта, необходимое для нейтрализации кислотной воды.

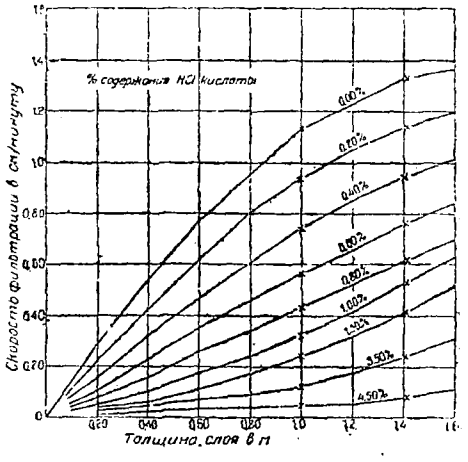
Если необходимо нейтрализовать воду, содержащую смесь кислот (соляной и азотной), то расчет сооружения ведут только для одной кислоты именно той, которая требует большего объема сооружения.

Нейтрализация известковым камнем невозможна в случае присутствия в воде кроме соляной или азотной еще серной кислоты.

Серная кислота должна быть предварительно выделена, иначе под действием серной кислоты поверхность известняка будет быстро покрыта изолирующей коркой гипса ($CaSO_4$), и нейтрализация совершенно прекратится.

При очень больших количествах нейтрализуемой воды прибегают к добавлению взвеси в сухом виде.

Наиболее обыкновенный прием нейтрализации воды, содержащей серную кислоту, — это



Фиг. 287. Зависимость скорости фильтрации и толщины фильтрующего слоя от концентрации соляной кислоты.

добавление известкового молока. В результате реакции получим $H_2SO_4 + Ca(OH)_2 = CaSO_4 +$

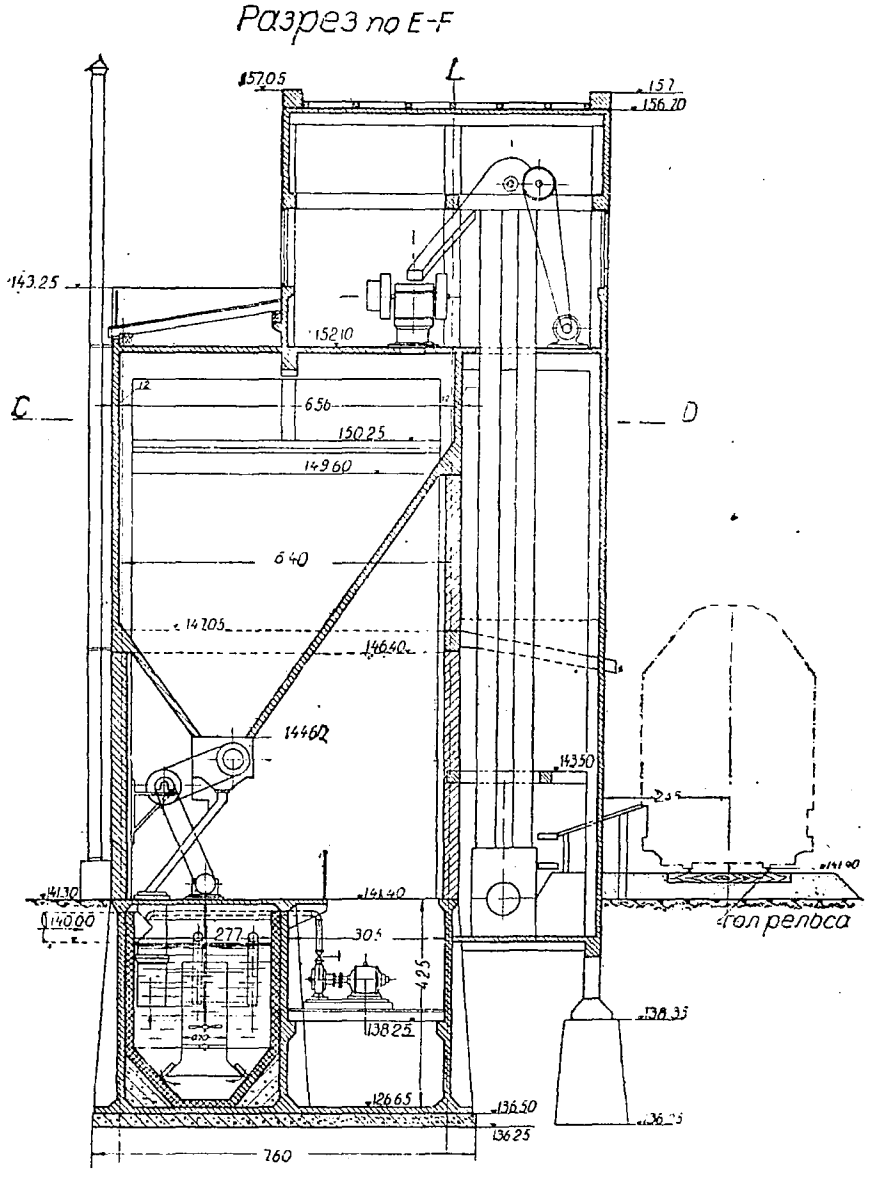
$+ 2H_2O$ — нерастворимый гипс, быстро выпадающий крупными хлопьями. Скорость оседания этих хлопьев около 1 *мм* в секунду. Выпавший осадок после двухчасового стояния имеет влажность не менее 93% воды.

Осадочникам после нейтрализации желательно придавать емкость, рассчитанную на 3—4-часовое пребывание в них жидкости. Добавление извести надо производить с некоторым избытком примерно около 0,15 г $Ca(OH)_2$ на 1 *л* против теоретически нужного количества согласно уравнению реакции.

Если извести добавить свыше этого количества, то гипс плохо оседает и вода долго остается мутной (иногда 10—20 час.). Если известь добавлена в недостаточном количестве, то нейтрализуемая вода вообще остается мутной.

Присутствие в воде солей тяжелых металлов (например железа) желательно, так как вызываемая ими коагуляция способствует осветлению нейтральной воды.

Заготовка известкового молока в небольших количествах совершается посредством растворения известкового теста, сохраняемого в творилах после разового гашения значительной партии извести (например вагон).

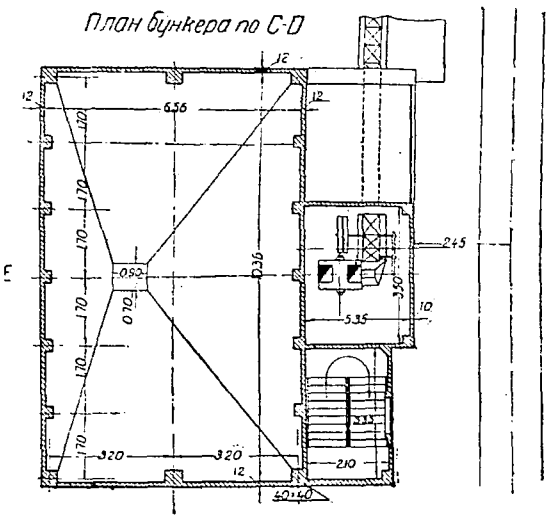


Фиг. 288. Установка для нейтрализации воды известковым молоком. Разрез.

Отвешенная и отмеренная по объему часть теста разбавляется водой и доводится до крепости и объема, достаточных для установленного практикой числа часов работы. Известковое молоко во все время работы поддерживается во взвешенном состоянии мешалкой с числом оборотов около 16 в минуту. Для равномерного истечения молока устанавливают

(где это важно) особые регулирующие бачки с шиберными клапанами.

Струя известкового молока подводится к протекающей кислой воде или в желоб с перегородками „ершом", или в резервуар емкостью на 3—5 мин. пребывания стока с пропеллером в погруженной в воду трубе, с числом



Фиг. 288. Установка для нейтрализации воды известковым молоком. План.

оборотов около 300 в минуту. Этот прием дает очень хорошее смешение в течение уже двух минут.

После такого смешения нейтрализованная вода направляется в отстойник или, если возможно по местным условиям, прямо в водоем (фиг. 288).

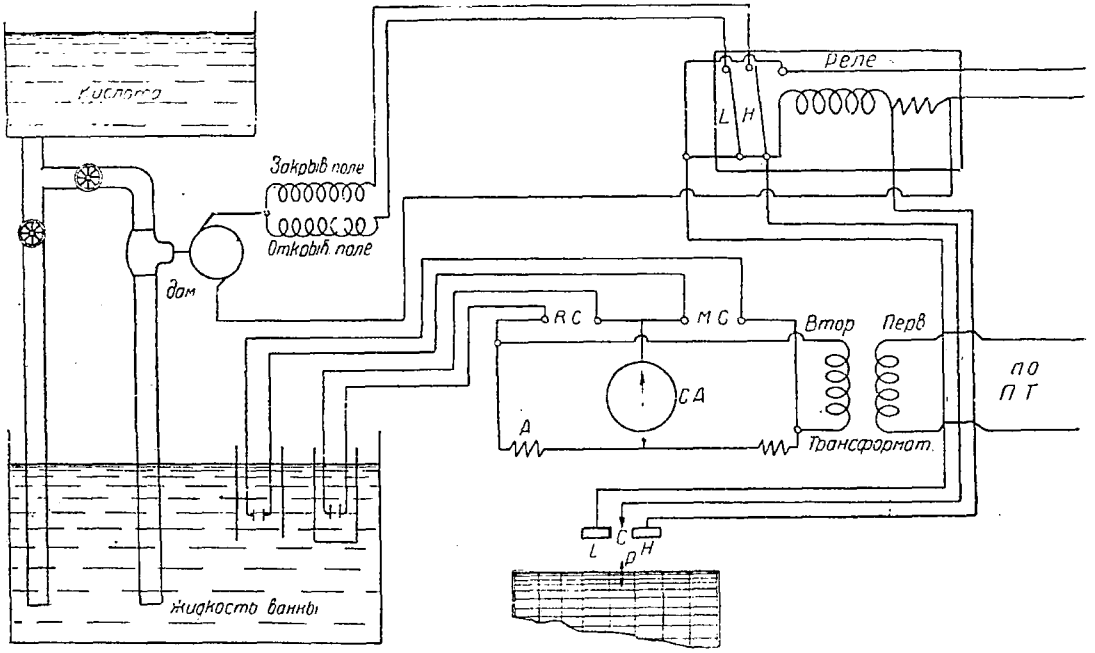
Перекачка известкового молока имеет некоторые особенности. Так, трубопроводы применяются не менее двухдюймового диаметра, они должны быть по возможности прямыми. На каждом повороте надо ставить тройник с заглушкой для чистки. Краны применяются пробковые, проходные (не вентили). Известковое молоко не следует оставлять в трубопроводах без движения, иначе оно осядет. Надо предусмотреть возможность продувки известкового трубопровода чистой водой перед остановкой перекачки.

Перекачку молока можно производить центробежными насосами, желательно не менее 75 *мм* диаметром.

При необходимости применять очень большие количества извести для нейтрализации прибегают к подаче в воду сухих реагентов, хранимых в бункерах (силосах).

При изменчивой кислотности воды прибегают или к устройству сборных уравнительных резервуаров, как изложено выше, или же в таком случае реагируют воду заведомо избыточным количеством реактивов.

Контроль нейтрализации сводится к определению количества нейтрализуемой воды, степени ее кислотности, щелочности и количества добавляемых реактивов, а также реакций окончательно нейтрализованной воды. Контроль качественный производится про-



Фиг. 289. Схема электроприбора для контроля реакции.

бами с индикаторами; простейший из них: известная лакмусовая бумажка—она краснеет в кислотах, синеет в щелочах.

Имеются аппараты системы Нордруп и др. с световой и звуковой сигнализацией,

чертящие диаграмму реакции протекающей беспрерывно жидкости или сигнализирующие о появлении кислотности. Действие этих приборов основано на измерении электропроводности протекающей воды. Есть сложные аппараты, не только констатирующие кислотность или щелочность, но и в зависимости от реакции автоматически добавляющие нейтрализующий реактив.

В Москве на заводе Клейтук имеется аппарат системы Бальке (фиг. 289), работающий на переменном токе — 220 V — констатирует предел добавки соляной кислоты к щелочной артезианской воде с целью понижения ее щелочности (временной жесткости).

Инж. *А. И. НЕКЛЮДОВ*

XIV. СТОИМОСТЬ НАРУЖНЫХ ВОДОПРОВОДОВ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ [1]

1. Стоимость водопроводов в целом

1. Водоснабжения хозяйственно-питьевые с расходом в пределах от 1000 до 10 000 *м³/сутки*
на 1 *м³/сутки* расхода от 350 до 200 руб.

2. Водоснабжения производственного и производственно-хозяйственного типа с расходом от 5 000 до 50 000 *м³/сутки*
на 1 *м³/сутки* расхода от 60 до 50 руб.

Примечания: 1. В означенную стоимость не входит стоимость водоочистных сооружений и водоводов. Последние могут значительно увеличить общую стоимость водопроводов.

2. Меньшие цифры стоимости относятся к более крупным водопроводам, бо́льшие цифры — к менее крупным.

2. Стоимость отдельных самостоятельных групп сооружений водоснабжения

1) Водоприемные сооружения

1. Речные водоприемные сооружения с оборудованием при расходах в пределах от 1000 до 50 000 *м³/сутки*
на 1 *м³/сутки* расхода от 10 до 1 руб.

2. Артезианские скважины с оборудованием при производительности скважин от 2000 до 50 000 *м³/сутки* в зависимости от местных условий (глубина скважины, производительность ее)
на 1 *м³/сутки* произв. от 30 до 8 руб.

2) Водоочистные сооружения

1. Водоочистные сооружения с вертикальными стойниками (декантаторами), быстро действующими безмешалочными фильтрами, с реагентными хозяйствами, проектируемыми в одном здании, производительностью в пределах от 1500 до 100 000 *м³/сутки*
за 1 *м³/сутки* расхода от 90 до 12 руб.

2. То же, но при установке быстродействующих мешалочных фильтров системы „Джуяль".
за 1 *м³/сутки* производ. от 100 до 19 руб.

3. Стоимость отдельных элементов

1) Водозаборные и водоприемные сооружения

1. Артезианские скважины при среднем диаметре трубы 300 *мм* и средней глубине 120 *м* (без оборудования)
за 1 *пог. м* глубины около 200 руб.

2. Оголовки речных сооружений (без оборудования):

а) свайного типа с каменной загрузкой, наружной кубатурой около 60 *м³*
за 1 *м³* наружной кубатуры около 115 руб.

б) ряжевого типа с каменной загрузкой наружной кубатурой около 70 *м³*
за 1 *м³* наружной кубатуры около 60 руб.

в) железобетонные, со строительной наружной кубатурой от 1000 до 2000 *м³* в зависимости от местных условий работ (грунт, глубина воды)
за 1 *м³* наружной кубатуры от 100 до 60 руб.

3. Береговые сборные железобетонные колодцы (без оборудования) внутренней кубатурой от 20 до 300 *м³* в зависимости от местных условий (грунт, водоотлив и т. д.)
за 1 *м³* внутренней кубатуры от 200 до 85 руб.

Примечание. На оборудование следует полагать для каждого сооружения (оголовок, скважину, колодец) в зависимости от диаметра труб, материала их (чугун, железо) и относительной сложности оборудования:

для оголовков	от 1000 до 3000	руб.
„ скважин	„ 3000 „ 7000	„
„ береговых колодцев	„ 1500 „ 5000	„

2) Насосные станции

а) Здания насосных станций

1. Надземные части зданий насосных станций кирпичной конструкции, кубатурой от 100 до 2000 *м³* в зависимости от размеров и толщины стен
за 1 *м³* внешней кубатуры от 60 до 15 руб.

2. Надземные части зданий железобетонной каркасной конструкции с кирпичным заполнением, кубатурой от 2000 до 10 000 *м³* в зависимости от толщины стен и количества внутренних стен, переборок и перекрытий
за 1 *м³* внешней кубатуры от 25 до 15 руб.

3. Подземные части зданий (при расположении сооружения частично или целиком под землей) кубатурой от 150 до 2000 *м³*
за 1 *м³* внешн. подземн. кубатуры от 130 до 23 руб.

Примечание. Бо́льшая стоимость относится к меньшим зданиям с толстыми стенами, меньшая стоимость — к бо́льшим зданиям с более тонкими стенами. При центральном отоплении цена за 1 *м³* увеличивается на 5 руб.

б) Оборудование насосных станций

1. Стоимость оборудования насосных станций агрегатами, трубопроводом, фасонными частями, задвижками и другими приборами на 1 *л. с.* — см. табл. 93.

[1] Нормативные данные по предварительным сметам.

Стоимость оборудования насосных станций *Таблица 93*

Мощность	Руб. за 1 *л. с.*	Мощность	Руб. за 1 *л. с.*	Мощность	Руб. за 1 л. с.
От 1 до 3 *л. с.*	547	От 21 до 25 *л. с.*	195	От 151 до 200 *л. с.*	143
„ 4 „ 5 „	471	„ 26 „ 30 „	182	„ 201 „ 250 „	125
„ 6 „ 8 „	390	„ 31 „ 40 „	169	„ 251 „ 500 „	105
„ 9 „ 12 „	314	„ 41 „ 60 „	162	„ 500 „ 1000 „	63
„ 13 „ 15 „	234	„ 61 „ 100 „	156	свыше 1000 „	40
„ 16 „ 20 „	208	„ 101 „ 150 „	150		

Примечания: 1. В означенную стоимость включено оборудование чугунным трубопроводом. При железном трубопроводе и железных фасонных частях стоимость на 1 *л. с.* увеличивается от 5 до 20 руб.

2. Оборудование трансформаторами и наружной подводкой тока в цену не включено.

3) Водоочистные сооружения

1. Здания фитровальных станций. См. здания насосных станций.

2. Железобетонные резервуары внутри зданий фильтр. станций, сверху открытые, емкостью от 3 до 150 $м^3$, в зависимости от размеров

за 1 $м^3$ емкости от 120 до 40 руб.

3. Декантаторы (вертикальные отстойники) емкостью 300—400 $м^3$ (производительностью от 82 до 188 $м^3$ в час)

за 1 $м^3$ емкости от 25 до 22 руб.
„ 1 „ часов. произв. „ 55 „ 42 „

Примечание. Специальные основания под декантаторы не включены в указанную стоимость. На их устройство следует дополнительно полагать от 40 до 60 руб. за 1 $м^3$ кладки основания.

4. Фильтры безмешалочные, устраиваемые внутри здания, производительностью 89—95 $м^3/час$

на 1 $м^3$ часов. производ. 61—89 руб.

5. Быстродействующие мешалочные фильтры системы „Джуэль":

а) производительность от 300 до 1200 $м^3/сутки$

за 1 $м^3$ суточн. произв. — 21 руб.

б) производительность от 1200 до 2400 $м^3/сутки$

за 1 $м^3$ суточн. произв. — 10 руб.

6. Каналы внутри зданий водоочистных сооружений (открытые лотки):

а) железобетонные сечением 1,00 × 1,00 *м* за 1 *пог. м* — 50 руб.

б) деревянные сечен. 0,60 × 0,60 *м* за 1 *пог. м* — 30 „

7. Оборудование трубопроводом и приборами в зависимости от величины фильтров станции:

а) крупные станции от 60 000 до 150 000 руб.
б) малые станции „ 10 000 „ 50 000 „

8. Оборудование реагентными хозяйствами в зависимости от размеров последних от 900 до 25 000 „

9. Отстойники горизонтальные, подземные, отдельно стоящие, с горизонтальными перегородками, емкостью от 1500 до 5000 $м^3$

за 1 $м^3$ емкости от 45 до 35 „

4) Подземные железобетонные резервуары

1. Круглые железобетонные резервуары емкостью от 100 до 1000 *куб. м* без земляных работ

на 1 $м^3$ емкости от 70 до 30 руб.

На земляные работы в сухом грунте средней плотности добавляется на 1 $м^3$ емкости от 15 до 6 руб.

2. Прямоугольные железобетонные резервуары емкостью от 800 до 5000 $м^3$ вместе с земляными работами в сухом грунте средней плотности

на 1 $м^3$ емкости от 60 до 30 руб.

3. Камеры управления резервуаров железобетонные и кирпичные с надземными небольшими надстройками:

а) подземные части внутр. кубатурой от 10 до 350 $м^3$

за 1 $м^3$ внутр. кубатуры от 150 до 35 руб.

б) надземные части внешней строительной кубатурой от 35 до 200 $м^3$

за 1 $м^3$ внешн. стр. кубатуры от 45 до 25 руб.

4. Оборудование резервуаров в зависимости от величины диаметра труб и сложности оборудования

на 1 резервуар от 300 до 26 000 руб.

5) Водонапорные башни

1. Железобетонные водонапорные башни на стойках с железобетонными резервуарами и шатрами—см. табл. 94.

Таблица 94

Стоимость водонапорных башен

Емкость резервуара башни в $м^3$	30	50	80	100	200	300	400
Стоимость всей башни без оборудования при расчетной высоте $H = 25$ *м* округленно руб.	35 000	43 000	50 000	55 000	75 000	92 000	110 000
Стоимость 1 *пог. м* изменения расчетной высоты башни в пределах ± 5 *м* руб.	900	1 000	1 050	1 100	1 600	2 000	2 500

2. Железобетонные башни на цилиндрическом стакане при применении подвижной опалубки дешевле на 25—30%.

3. Кирпичные башни с железными резервуарами.

Емкость резервуара башни в $м^3$	200	300	400	500
Стоимость всей башни без оборудования при расчетной высоте 25 *м* руб.	55 000	66 000	70 000	75 000
Стоимость 1 *пог. м* изменения расчетной высоты башни в пределах ± 5 *м* руб.	1 500	1 650	1 800	2 500

4. Оборудование башен в зависимости от расчетной высоты их и диаметров труб

на 1 башню от 2 000 до 4 000 руб.

Таблица 95

Стоимость прокладки водопроводных труб разных диаметров и разных материалов на глубине 2,5 м. до низа труб в сухом грунте средней плотности со всеми земляными работами

	Диаметр труб в *мм*	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1 000
Цена с земляными работами	Чугунные растр. трубы на свинцовом стыке	14,70	16,40	18,30	20,90	23,00	28,10	33,62	38,40	45,40	52,80	63,00	81,90	104,80	132,00	166,00	207,60
	Чугунн. растр. трубы на цементн. стыке	18,60	15,40	16,70	—	20,80	25,70	30,10	34,80	40,80	47,40	56,90	—	—	—	—	—
	Железные буровые трубы на сварном стыке	—	21,00	24,50	26,70	31,70	37,00	41,70	51,30	60,40	75,40	93,90	105,40	—	—	—	—
	Сварные трубы из кот. железа для давления до 15 *ат*	—	—	—	—	—	—	72,40 *	83,60 *	106,80*	—	138,00*	175,10*	224,30*	276,00*	344,00*	412,00*
	Деревянные трубы для давления 2 *ат*	—	16,50	17,40	—	20,00	23,10	38,80	43,90	48,00	54,00	58,00	68,00	78,10	88,10	101,00	113,40
	То же для давл. до 4 *ат*	—	16,50	17,40	—	20,00	23,10	47,00	53,90	60,80	—	74,40	87,50	105,00	119,00	135,20	154,00
	Жел.-бет. трубы для давления до 4 *ат*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25,60	38,00	39,50	53,00	67,00	80,00	98,80
	Отдельная стоимость земляных работ	7,80	7,80	7,80	8,20	8,20	8,20	8,20	8,60	8,60	8,60	10,00	10,00	10,00	11,40	11,40	12,40

Добавки к ценам таблицы 95

В случае сухого плотн. грунта	0,95	0,95	0,95	1,25	1,25	1,25	1,25	1,70	1,70	1,70	2,00	2,00	2,00	2,50	2,50	3,10
В случае водянист. грунта с глуб. 1,5 *м*	2,50	2,50	2,50	2,90	2,90	2,90	2,90	3,20	3,20	3,20	4,00	4,00	4,00	4,70	4,70	5,50
В случ. плывуна с глуб. 1,5 *м*	30,30	30,30	30,30	30,80	30,80	30,80	30,80	31,80	31,80	31,80	35,00	35,00	35,00	40,00	40,00	43,00

Примечания: 1. Стоимость земляных работ в табл. 95 включена. 2. Цены со знаком * предусматривают заказы на небольшое количество труб. При массовом производстве труб на специальных заводах цена может быть снижена до 50%.

б) Водопроводные сети

а) Трубопроводы см. табл. 95

б) Колодцы на сети

1. Колодцы круглые для трубопроводов, заглубленных на глубину 2,50 м до низа их.

Внутрен. диаметр 1,00 м	кирпичные	300 руб.
	бетонные кольца	225 „
„ „ 1,25 м	кирпичные	330 „
	бетонные кольца	250 „
„ „ 1,50 м	кирпичные	355 „
	бетонные кольца	280 „

2. Колодцы прямоугольные для трубопроводов, заглубленных на 2,50 м до их низа, внутренней кубатурой от 4 до 30 м³ в зависимости от материала (кирпич, жел.-бет., бетон), грунтов и размера колодцев.

На 1 м³ внутрен. кубатуры от 50 до 190 руб.

Примечание. Б льшие размеры, сухие грунты — меньшая цена, малые размеры, плывуны — бо́льшая цена.

в) Фасонные части и арматура сети

1. Стоимость фасонных частей составляет от стоимости трубопроводов:

в водоводах	до 3%
в городах и поселках городского типа (с крупным делением участков)	от 3 до 5%
в поселках с делением их на мелкие участки	от 6 до 15%
на заводских территориях в зависимости от сложности развлетвлений и пересечения территорий разными препятствиями (трубы, тоннели и т. д.)	от 10 до 25%

2. Стоимость арматуры (гидранты, колонки, задвижки, вантузы и проч.) составляет от стоимости трубопроводов в зависимости от количества точек потребления от 10 до 20%

Примечание. Для определения стоимости фасонных частей и арматуры в зависимости от стоимости трубопроводов — последние следует брать без стоимости земляных работ.

Б. ВНУТРЕННИЕ ВОДОПРОВОДЫ

Инж. *Б. С. ТИКУНОВ*

I. ВЫБОР СИСТЕМЫ И ЧИСЛА ОТДЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

1. Производственные здания

Устройство внутренних водопроводов во многом зависит от условий работы наружных водопроводов промышленного предприятия. Принятая для данного предприятия общая система снабжения водою, число наружных водопроводов, их назначение и конструкция являются основанием для проектирования и устройства внутренних водопроводов в производственных зданиях. С другой стороны, задача выбора наиболее целесообразной общей системы водоснабжения решается с учетом развития ее внутри здания и подачи к пунктам водоразбора, т. е. устройства внутренних водопроводов, представляющих собою для крупных зданий весьма сложное хозяйство. Правильным методом является комплексное разрешение вопросов устройства наружного и внутренних водопроводов в такой последовательности:

а) Определяются для цехов, потребляющих большое количество воды, расходы воды различного качества и подаваемой под различным напором. Определяются, хотя бы ориентировочно, требуемые постоянные пожарные напоры у различных зданий с учетом высоты зданий, длины пожарной струи и потери напора во внутренней сети.

б) На основании данных о расходе и напоре воды выбирается система водоснабжения предприятия с тем или иным числом наружных сетей в зависимости от источников водоснабжения, их месторасположения, рельефа местности и других местных условий. Отдельные вопросы (оборот воды, число сетей) решаются кроме того экономическими подсчетами.

Производственные здания, потребляющие большой расход воды, могут иметь следующие внутренние водопроводы:

а) Спринклерный.

б) Производственный водопровод (один или несколько в зависимости от требуемого качества воды и напора для различных надобностей и применения оборота воды).

в) Хозяйственно-питьевой (холодная вода).

г) Хозяйственный (горячая вода).

д) Специальный питьевой.

Примечание. Вода специально для тушения пожара из внутренних пожарных кранов подается по одной из имеющихся сетей, которая при этом получает название пожарной.

Спринклерный водопровод присоединяется к той наружной сети, которая является противопожарной, но внутри здания образует совершенно независимую замкнутую систему, состоящую при большом числе спринклеров в свою очередь из нескольких отдельных секций. На спринклерной сети допускается только постановка внутренних пожарных кранов, — вводится в нашу практику по образцу САСШ.

Производственные водопроводы. Число внутренних производственных водопроводов большею частью обусловливается числом наружных производственных водопроводов подающих воду различного качества или под различным напором. Подготовка воды для питания паровых котлов (отстаивание, умягчение) производится преимущественно на месте, в котельных или машинных отделениях,

хотя на некоторых предприятиях имеются отдельные водопроводы для подачи умягченной воды. При применении постоянного оборота производственной воды внутри здания проектируется специальный водопровод для подачи оборотной воды после ее охлаждения или очистки на специальных устройствах (если это требуется). В тех случаях, когда производится обор т воды с целью ее охлаждения и не требуется никакой очистки воды, нагретая вода подается также по трубам, образуя замкнутую циркуляционную установку, большею частью с двойной перекачкой. Отработанная производственная вода, подвергаемая последующей очистке, отводится к очистным сооружениям по системе канализационных труб или лотков.

Производственные водопроводы, при наличии о дельной хозяйственно-питьевой сети, лишь в редких случаях целесообразно делать проти опожарными, ввиду требования высоких напоров для целей пожаротушения.

Хозяйственно-питьевой водопровод. Внутренний хозяйственно-питьевой водопровод имеется почти в каждом производственном здании, за исключением складов и небольших зданий с малым числом рабочих, не имеющих никаких бытовых устройств.

Он присоединяется к одноименному наружному водопроводу, имеющемуся на каждом предприятии. Большею частью эти водопроводы являются и противопожарными. Небольшие предприятия из этого же водопровода получают воду для производства.

Горячее водоснабжение. Горячая вода подается к душам, умывальникам и для производственных целей по специальному трубопроводу, присоединяемому большею частью к наружной сети, разводящей горячую воду от центральной станции. В отдельных случаях подогрев воды производится внутри здания; наружная сеть горячей воды отсутствует.

Питьевой водопровод. Отдельные водопроводы, разводящие воду только для питья, имели до сего времени ограниченное применение, но теперь начинают входить в нашу практику в связи с улучшением бытового обслуживания рабочих.

а) Случаи применения питьевых водопроводов

а) При непригодности для питья воды из имеющихся источников водоснабжения и целесообразности очистки лишь небольшого ее количества только для питьевых надобностей.

б) При устройстве искусственного охлаждения воды горячих цехов крупных предприятий с большим числом рабочих. В последнем случае целесообразно подавать слегка солоноватую воду [1].

Увязка внутренних водопроводов с наружными

Принятая система водоснабжения завода, число наружных сетей и их отдаленность от данного здания предопределяют систему и число внутренних водопроводов, но не решают этого вопроса окончательно. Число внутренних сетей может быть меньше числа наружных сетей (например при наличии нескольких производственных сетей разного давления и вводе в здание только одной из них) и больше числа последних. В табл. 96 указаны возможные комбинации внутренних и наружных водопроводных сетей в зависимости от принятой системы водоснабжения для 3 основных типов:

а) Один общий водопровод—производственный хозяйственно-противопожарный.

б) Два водопровода—производственный и хозяйственно-противопожарный.

в) Два водопровода — производственно-противопожарный и хозяйственный.

Циркуляционные установки в эту классификацию не включены. Каждому наружному трубопроводу, подающему оборотную воду, соответствует внутренняя разводящая сеть.

Питьевой водопровод может быть присоединен как к хозяйственно-питьевой сети при наличии местных установок, так и к соответствующим наружным сетям.

Таблица 96

Число наружных водопроводов	Максимальное число внутренних сетей	Минимальное число внутренних сетей
Один водопровод производственно-хозяйственный и противопожарный	а) Спринклерно-противопожарный б) Производственно-хозяйственный в) Горячее водоснабжение	— Одна общая сеть —
Два водопровода: производственный и хозяйственно-противопожарный	а) Спринклерно-противопожарный б) Производственный в) Хозяйственный г) Горячее водоснабжение д) Питьевой водопровод	Одна общая сеть (производственный расход отсутствует или незначителен)
Два водопровода: производственно-противопожарный и хозяйственно-питьевой	а) Спринклерно-противопожарный б) Производственный в) Хозяйственный г) Горячее водоснабжение д) Питьевой водопровод	Две сети — производственно-противопожарная и хозяйственно-питьевая. Одна сеть при целесообразности отступления от общей системы водоснабжения и получения пожарного расхода из хозяйственно-питьевой сети

[1] Дукельская О. Г., Питьевой режим в горячих цехах (Изд. Научн. инст. охр. труда, 1931).

2. Жилые и общественные здания

По территории города или поселка промышленного предприятия проходит одна водопроводная сеть, подающая воду, вполне пригодную для питья. Заграничная практика указывает случаи наличия двух городских водопроводных сетей—одна с фильтрованной, другая с нефильтрованной водой (такова например система водоснабжения французских городов: Парижа, Ниццы, Монтлюкона, Бастиа и др.). Такое устройство двух сетей может быть обосновано наличием в самом городе промышленных предприятий, потребляющих большое количество производственной воды. Ввод же в отдельные жилые и общественные здания воды, непригодной для питья, является недопустимым по санитарным соображениям, ввиду возможных случаев потребления населением недоброкачественной воды ошибочное или случайное, при умывании, пользовании душем и пр.).

При центральном горячем водоснабжении вода из общей сети подается к подогревателям, и горячая вода разводится особой сетью ко всем пунктам ее разбора.

За границей нередки случаи устройства центральной холодильной установки и подачи летом охлажденной воды для парализования губительного действия климата в южных местностях.

В табл. 97 указаны рекомендуемые американской и германской практикой температуры охлажденной воды и нормы ее потребления [1].

Следовательно общее число внутренних водопроводных сетей в здании может быть доведено до трех:

Таблица 97

Температура и нормы потребления охлажденной питьевой воды

Наименование здания	Температура в градусах Ц	Расход воды (включая утечку)
Промышленные предприятия	10—12,5	0,76—0,95 *л/час* на 1 чел.
Общественные здания: живущие	10	0,47 *л/час* на 1 чел.
посетители		3,8 *л/час* на 250 чел. в день
Рестораны и кафе	7—10	0,38 *л/час* на 1 посетителя
Гостиницы	10	0,47 *л/час* на 1 комнату
Театры	10	3,8 *л/час* на 75 мест
Магазины	10	3,8 *л/час* на 100 покупателей
Школы	10—12,5	0,47 *л/час* на 1 ученика
Больницы	7—10	0,31 *л/час* на 1 койку
		0,47 *л/час* на 1 служителя

а) Вода обычной температуры.
б) Горячая вода.
в) Охлажденная вода.

По качеству вода во всех сетях должна удовлетворять питьевым нормам. Все сети обычно питаются из одного и того же наружного водопровода, установка для нагревания или охлаждения находится внутри здания.

Проф. *Н. И. ФАЛЬКОВСКИЙ*

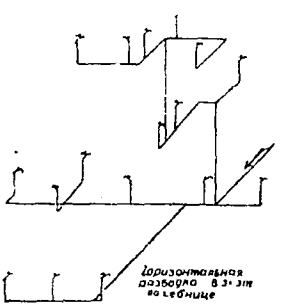
II. СХЕМЫ И КОНСТРУКЦИЯ ВНУТРЕННИХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

1. Схемы сети

Водопроводная сеть внутри зданий при давлении воды, достаточном для обслуживания наивысших и наиболее удаленных санитарных приборов и других мест расхода воды, представляет систему горизонтальных и вертикальных труб проводов, постепенно уменьшающегося диаметра, начиная от наружной магистрали.

Трубопроводы по их назначению можно разделить на магистральные — горизонтальные (общие для всего здания или этажные), на вертикальные (стояки) и отростки, подводящие воду к местам разбора.

В зависимости от преобладающего направления трубопроводов сеть может рассматриваться, как выполненная по горизонтальной (фиг. 290) схеме (магистрали для отдельных этажей) или по вертикальной схеме (магистраль находится в нижней части здания и разведение воды по этажам

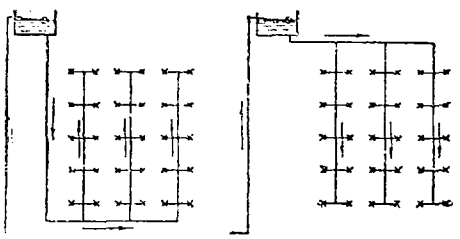


Фиг. 290. Горизонтальная схема.

[1] H. Freund, Trinkwasserkühlung (Gas Jng. № 41, 1931).

происходит в основном по стоякам). Первая схема имеет место при разбросанности пунктов потребления воды в разных этажах по различным местам. Вторая уместна там, где санитарные приборы и другие точки расхода воды в разных этажах находятся приблизительно друг над другом. Рационально спроектированная сеть высоких зданий обычно бывает устроена по вертикальной схеме.

Когда в зданиях с несколькими этажами имеющегося в наружной сети давления недостаточно для подачи воды в верхние этажи, внутренняя сеть обычно устраивается с запасным баком. При этом внутренняя сеть в зависимости от того, где проходит разводящая магистраль, называется с нижней или верхней разводкой (фиг. 291). В пер-



Фиг. 291. Верхняя и нижняя разводящие магистрали.

вом случае разводящая труба прокладывается в нижнем этаже, в подвале, под полом; во втором — по чердаку, под потолком верхнего этажа или же вообще в верхнем этаже.

Устройство с верхней разводкой имеет следующие преимущества:

1) Общая длина (вес) труб получается нередко меньше, чем в первом случае, т. е. сеть обходится дешевле и требует меньше металла.

2) В высоких зданиях даже при наличии запасного бака напор в верхних этажах обычно бывает невелик. При нижней разводке он будет меньше, чем при верхней, так как вода, пока дойдет до верхних этажей, должна пройти длинный путь по общему стояку, разводящей линии и отдельным стоякам.

Недостатки верхней разводки:

1) Часто разводящую магистраль приходится вести по чердаку. В холодном климате имеется опасность замораживания трубопроводов, особенно ночью, когда разбора воды нет. Необходимо тщательно и надежно утеплять трубопроводы или согревать их, используя отопление. Это значительно удорожает все устройство.

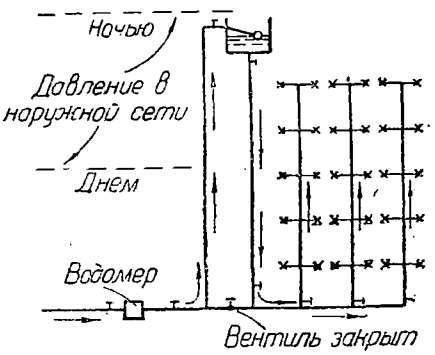
2) Эксплоатация устройства с разводкой, идущей по чердаку, вызывает ряд неудобств (заливание потолков и пр. при повреждении труб, сложность обслуживания и т. д.).

3) При слабом напоре, недостаточном для верхних этажей, порче насоса и т. п. без воды может остаться весь дом.

Поэтому чаще применяется нижняя разводка.

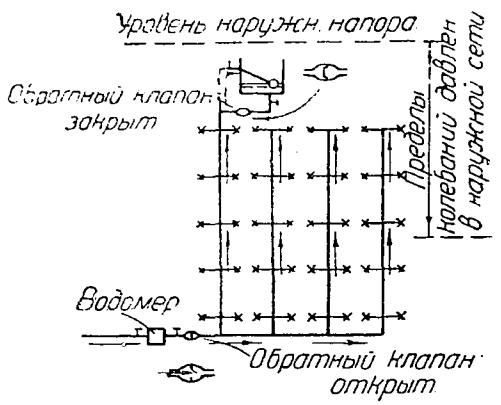
Верхняя разводка применяется при двухзонном водоснабжении или же в тех случаях, когда по местным условиям она оказывается безусловно более целесообразной, когда можно например провести магистраль по отапливаемому помещению.

Схема внутренней сети с нижней разводкой представлены на фиг. 292 и 293. Схема



Фиг. 292. Схема водоснабжения с баком.

фиг. 292 требует больше металла, но может оказаться более обеспечивающей бесперебойную подачу воды в жилых и общественных зданиях. Схема с обратными клапанами (фиг. 293) весьма конструктивна, не имеет стояков с одним транзитом воды и потому более экономична. Однако в ряде случаев пропуск транзитного стояка с одновременным попутным разведением воды по местам расхода может оказаться неудобным по харак-



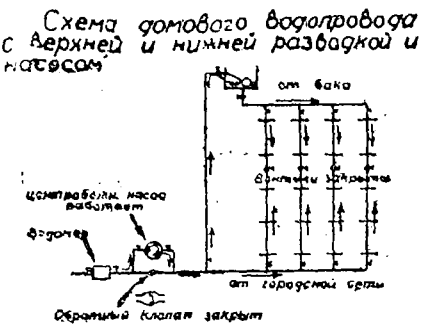
Фиг. 293. Схема водоснабжения с баком и обратным клапаном.

теру пересекаемых помещений. Недостаток схемы—напор во внутренней сети в часы повышенного давления в наружной сети также повышается.

По характеру подведения воды внутренняя сеть в жилых зданиях в большинстве бывает тупиковая. Кольцевою она делается в части магистрального трубопровода при благоприятном плане здания, а также в промышленных зданиях при необходимости особенно надежного действия (подведение воды с двух сторон, особенно в противопожарной сети). Иногда кольцевая сеть может дать экономию металла вследствие уменьшения диаметра трубопроводов.

В целом внутренняя сеть выполняется кольцевой при двухзонной системе (фиг. 294), однако нормально все же работает как тупиковая, и только в случае аварии или ремонта разделительные вентили открываются.

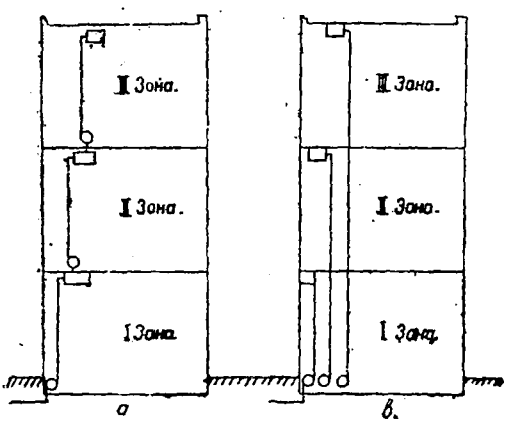
Двухзонная сеть выполняется во многоэтажных зданиях, когда нижние этажи



Фиг. 294. Схема водоснабжения с насосом.

их обеспечевы необходимым давлением от наружной сети, а для верхних нужно иметь запасный бак (наполняющийся от наружного напора в часы максимальной величины или же от специального насоса). Устройство двух зон дает возможность иметь запасный бак меньшей емкости, а также сэкономить на мощности насоса и затрате энергии.

Во многоэтажных зданиях башенного типа внутренняя сеть устраивается из нескольких зон[1]. Каждая зона охватывает по 8—10 этажей, т. е. давление в ней около 3—4 *ат*. В САСШ высоту зоны делают по 12, а в отдельных случаях при очень высоких „небоскребах" по 16 этажей.



Фиг. 295. Схема водоснабжения башенных зданий.

При последовательном способе подачи воды (фиг. 295 схема *а*) она перекачивается насосами через посредство запасных резервуаров из нижней зоны в следующую верхнюю. При этом производительность и мощность насосов, а также емкость баков постепенно уменьшаются для каждой последующей зоны, но рабочее давление насосов почти одинаково. Недостатки системы: ненадежность водоснабжения, так как повреждение какого-либо звена в цепи может вызвать прекращение подачи воды в вышележащие этажи, усложнение эксплоатации и ремонта в связи с расположением в разных этажах и различной величиной и мощностью насосов.

При параллельной системе насосы концентрируются в нижнем этаже и каждый из них обслуживает независимо одну зону (фиг. 295, схема *б*). Насосы имеют близкую производительность, но разный напор. Последнее является недостатком системы, равно как и несколько больший расход труб. Достоинства — надежность действия, удобство обслуживания, практически меньший расход энергии, чем при последовательной системе. У нас высота зданий (даже проектируемых) не превышает 24 этажей. Для этих условий параллельная система более применима.

В отдельных случаях при менее высоких зданиях может оказаться более целесообразной установка одного насоса с резервуарами для отдельных зон и погашение в них излишнего давления. При этом для нижней зоны используется напор наружной сети. Вместо резервуаров для уменьшения давления устраиваются также редукционные вентили.

2. Запасные бани

Запасные баки изготовляются из дерева (особенно в сельских местностях), железа, бетона или железобетона. В настоящее время в связи с необходимостью беречь металл деревянные баки должны найти повсеместное распространение.

Достоинства деревянных баков: небольшая стоимость, лучшая защита воды от замерзания и легкая возможность устройства в большой части Советского союза. Недостатки: возможность гниения, покрывание стенок баков слизью, более сильное развитие микроорганизмов; утечка из деревянных баков более возможна, чем при баках из других материалов. Эти недостатки при хорошем уходе, промывке бака в значительной части устраняются. Прослужить деревянные баки могут 10—20 и более лет в зависимости от ухода и материала. Наиболее целесообразно применение дуба; могут быть использованы также вяз, ольха, кипарис, кедр; хуже — сосна и ель.

Толщина стенок деревянных баков при емкости до 1 $м^3$ берется 3,5—5 *см*, при емкости 1—2 $м^3$ — соответственно 5—6,5 *см*. Для большей емкости устраивают цилиндрические, елетка конусообразные (суживающиеся книзу) баки из клепок, стянутых обручами. Концы обручей соединяются хомутами, которые не должны лежать в одной вертикальной плоскости.

В крупных зданиях чаще употребляются железные баки, прямоугольные и круглые. Их

[1] Инж. Б. С. Тикунов, Водоснабжение высоких зданий (печат.).

Таблица 98

Случаи применения различных типов водоснабжения

№ по пор.	Располагаемый напор	Тип водоснабжения	Особенности и характеристика устройства. Когда применяется
1	Избыточный, на 2 — 3 *ат* и более необходимого	1) Редуцирование избыточного давления (редукционный вентиль) 2) Введение промежуточного резервуара	Возможно применение струеспрямляющих и понижающих давление кранов и наконечников
2	Достаточный, на 0,5 — 1 *ат* более необходимого	Обыкновенная разводящая сеть	Самое простое и целесообразное устройство
3	Недостаточный в часы максимального расхода	Запасный бак общий для всего здания	Рационально при небольшом дневном расходе или краткосрочности пониженного давления
4	Недостаточный круглые сутки на небольшую величину	1) Насос, повышающий напор во всей сети	При небольшом колебании расхода, техническом надзоре и дешевой энергии.
		2) Запасный бак и насос	При небольшом и неравномерном расходе
		3) Пневматическая установка	При большом и неравномерном расходе
5	Неудовлетворительный напор, обеспечивающий только нижние этажи	1) Запасной бак и насос	При небольшом и неравномерном расходе в зданиях средней высоты
		2) Пневматическая установка	При большом и неравномерном расходе
		3) Две зоны. Нижняя от наружной сети, верхняя от запасного бака и насоса	При небольшом расходе в верхней зоне. Напор в нижней повышается во время подачи воды в бак насосом, остальное время от наружной сети
		4) То же	При значительной высоте здания

Примечание. Таблица приводится для облегчения выбора типа водоснабжения.

недостатками являются ржавление и потение, для устранения которых бак окрашивается внутри суриком, а снаружи масляной краской.

Размеры железных баков до сих пор не стандартизованы.

Емкость вертикальных цилиндрических баков на 1 *м* высоты дана в табл. 99:

Таблица 99

Емкость цилиндрических баков на 1 *м* высоты

Диаметр *м*	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Емкость $м^3$	0,385	0,503	0,036	0,785	0,950	1,13	1,327	1,539	1,767	2,011	2,270	2,545	2,835	3,142
Диаметр *м*	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,25	8,5	3,75	4.0
Емкость $м^3$	3,464	3,801	4,155	4,524	4,909	5,30	5,726	6,158	6,605	7,069	8,296	9,621	11,045	12,566

В небольших зданиях употребляются баки ходовых размеров. Размеры и веса их [1] приведены в табл. 100:

Таблица 100

Размер баков

Емкость бака в *л* (около)	123	246	330	500	615
Высота бака в *м*	0,46	0,56	0,66	0,71	0,76
Размеры в плане в *мм*	0,53 × 0,53	0,61 × 0,71	0,71 × 0,71	0,76 × 0,91	0,86 × 1,02
Толщина стенки в *мм*	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2
Вес бака в *кг*	32,8	57,3	73,7	90,0	106

Примечание. Полезная емкость баков меньше указанных цифр.

Установка запасного бака имеет ряд достоинств: надежное обеспечение здания водой; нагревание ее зимой, что кроме удобства употребления уменьшает потение труб. Давление в домовой сети не изменяется и имеет нормальную величину, что понижает возможную утечку воды.

Наличие бака однако ухудшает санитарное качество воды (застаивание, нагревание летом, отложение осадков). Бак и трубы около него требуют утепления. Все это вместе с увеличением потребного количества труб удорожает стоимость домового водопровода.

Баки должны находиться в помещениях, вполне гарантирующих воду в них и в рубах от замерзания и загрязнения. Бак должен закрываться крышкой, однако не герметически. Для доступа воздуха в бак нередко устраивается специальная вентиляционная труба. Когда бак устанавливается на чердаке необходимо устраивать для него теплушку, по своим размерам достаточную для ремонта и окраски бака.

[1] „Урочные нормы на устройство и ремонт домовых канализации и водопровода". Упр. Моск. Губинжа, 1928 г.

Для предохранения потолочных перекрытий от заливания водой вследствие потения бака или течи под ним должен находиться поддон с приподнятыми краями и трапом для спуска накопляющейся воды. При деревянном поддоне он с верхней стороны покрывается листовым свинцом или теперь, ввиду дефицита свинца, оцинкованным железом.

Подающая труба подводится в верхней части бака и заканчивается шаровым клапаном. Иногда в целях предохранения от замерзания, она вводится со дна и проходит сквозь воду. Разводящая труба отходит снизу или сбоку. Она должна быть выведена выше дна бака на 0,10—0,15 *м*, чтобы не происходило взмучивание осадков. Во избежание переполнения бака устраивается холостая (переполнительная) труба на высшем допустимом уровне воды (он должен быть ниже края бака приблизительно на 0,1 *м*).

Переливная труба отводит излишнюю воду наружу или в канализационную систему. Во избежание проникновения в бак по трубе болезнетворных микроорганизмов и холодного воздуха устраивается гидравлический затвор. Холостую трубу в хозяйственно-питьевом водопроводе из санитарных соображений никогда не выводят непосредственно в канализационную сеть. Выпуск из этой трубы оканчивается над канализационным прибором.

Для периодической промывки бака в нижней точке дна его устраивается промывная (грязевая) труба с запорным вентилем, присоединяющаяся к холостой трубе.

Для предупреждения переполнения бака несколько ниже переполнительной трубы делается сигнальная трубка. Она выводится над раковиной в котельной, помещении монтера и т. п. При водоснабжении крупных зданий целесообразно устраивать электрическую сигнализацию, при которой плавающий на поверхности воды поплавок при достижении известного уровня замыкает ток и дает звуковой или световой сигнал.

Диаметры трубопроводов при баках должны быть следующие:

а) Подающая труба диаметром в зависимости от производительности насоса или от времени наполнения бака, если вода в него подается под городским напором.

б) Переливная труба—не менее двойного диаметра подающей трубы; допускается уменьшение до диаметра последней на 3—5 *м* ниже уровня перелива.

Примечание: При диаметре подающей трубы в 100 *мм* и более диаметр холостой трубы должен превышать его не менее чем в полтора раза. Переливная труба в теплом климате может быть введена на крышу здания при условии обеспечения правильного отведения воды с нее. В холодном климате выпуск делается в прибор или в водосток в зависимости от диаметра трубы.

в) Спускная (грязевая) труба в зависимости от характера осадков от половины до диаметра подающей трубы, но не менее 25 *мм*.

г) Сигнальная трубка не менее 13 *мм*, причем выводится над приемником в помещении обслуживающего персонала.

Присоединение сигнальной трубки к баку должно быть доступно для надзора и независимо от переполнительной трубы. На обеих этих трубах не должны устанавливаться никие-либо запорные приспособления.

Вместо сигнальной трубы возможно применение электрической сигнализации.

3. Расход воды в приборах

Расход воды в кранах и других местах разбора зависит от давления в данном месте внутренней сети, степени открытия крана, его диаметра. При расчете внутренней сети применяются следующие ориентировочные нормы расхода воды в приборах (приняты IV Всесоюзным съездом водоснабжения и санитарной техники в 1931 г.):

Водоразборный кран	12	*л/мин*	Эквивалент—1
Стиральное корыто-мойка	12	„	„ 1
Ванна	18	„	„ 1,5
Душ	8	„	„ 0,67
Клозетный бачок	6	„	„ 0,5
Умывальник	4	„	„ 0,33
Писсуа	2	„	„ 0,17
Питьевой фонтанчик	2	„	„ 0,17
Водоразбор дворовый	21	„	„ 2,0

Лабораторное испытание кранов, произведенное бригадой Академии коммунального хозяйства при СНК РСФСР под руководством автора в лаборатории учебного строительного комбината ПКТП, показало, что фактические расходы воды при арматуре употребляющихся у нас типов могут быть значительно больше принятых IV Съездом средних и к тому же ориентировочных расчетных норм.

На расходе воды при истечении из кранов очень существенно отражается не только давление в сети, степень открытия крана, его тип, но и состояние внутренней поверхности. Так как последняя не обрабатывается, то в различных случаях цифры получаются сильно колеблющиеся. Например наблюдения над водоразборным краном $d = 13$ *мм* старой конструкции (у кухонной раковины) показали:

Открытие		Расход в *л/мин* при напоре в *м*						
оборотов	*мм*	2	3	4	5	7	10	15
0,5	1	3,3	8,4	9,4	13,1	14,2	22,4	21,0
1	2	10,9	14,7	15,7	18,1	21,0	26,2	30,5
1,5	3	13,0	15,8	17,8	20,2	23,3	27,9	36,6
2	4,5	13,4	15,8	17,8	20,3	25,3	30,0	36,7
2.5	5,75	14,2	16,1	19,7	21,5	25,7	30,4	38,3
3	7	14,0	16,2	19,5	22,8	27,0	30,8	41,3

Следовательно расчетный расход в 12 *л/мин.* имеет место уже при небольшом открытии (0,5—1 оборот) и незначительном напоре (5—3 *м*). В практических же условиях пользования в нижних этажах расход легко повышается в 2—3 раза.

В другом таком же кране расход 12 *л/мин.* имеет место лишь при подъеме клапана на 4,5 *мм* (2 оборота) и напоре в 12 *м* или при подъеме в 7 *мм* (3 оборота) и напоре в 4 *м*. До-

вольно близкие к этим величины дает аналогичный водоразборный кран новой конструкции.

Однако имеются краны последнего типа, дающие расход 12 *л/мин.* только при открытии в несколько оборотов и давлении в 20 *м*. При давлении же в 5—7 *м* и открытии на 1—2 оборота расход не превышает 5—6 *л/мин.*

Водоразборные краны d=19 *мм* вентильного типа (старой и новой конструкции) дают при открытии в несколько оборотов и давлении в 10—15 *мм* до 60 *л/мин.* Расчетный расход 18 *л/мин* ими достигается при открытии на 1—2 оборота при напоре в 3—4 *м*.

Сравнительно одинаковым в разных условиях является расход воды в туалетных кранах. А именно расчетный расход 4 *л/мин* имеет место при напоре в 5—7 *м* и полуобороте вентиля. Через сеточку такой же расход вытекает при большем напоре—7—9 *м*.

Максимальный расход из туалетного крана при открытии на несколько оборотов и давлении до 20 *м* не превышает 7—9 *л/мин*, причем степень открытия крана (при том же давлении) сказывается на расходе незначительно.

Характерные размеры туалетного крана: диаметр изливного отверстия 0,5—0,6 *см*. Сетка имеет 81—82 отверстия по 0,75 *мм* в диаметре.

Весьма сильно разнится истечение воды в шаровых кранах разной конструкции. Так, в кране старой конструкции (с горизонтально-перемещающимся клапаном) при входном отверстии в 12,5 *мм* и изливном — в 10 *мм* уже при напоре в 2 *м* расход составляет 8 — 9 *л/мин*, а при давлении в 20 *м* — около 30 *л/мин.*

Шаровой кран новой конструкции (с подъемным клапаном) при входном отверстии в 12,5 *мм* изливное имеет — 3,5 *мм*. Расход воды в нем при давлении в 2 *м* составляет только 1,7 *л/мин*, а расчетный — 6 *л/мин.* имеет место лишь при напоре в 15 — 20 *м*. Совершенно естественно, что применение этой последней конструкции в случае недостаточного напора, в особенности в местах общего пользования, совершенно недопустимо. Но в производственных высоко напорных водопроводах он вполне уместен.

Душевая сетка при диаметре 100 *мм* (патрубок 13 и 19 *мм*), имеющая отверстий диаметром в 1 *мм* — около 127 — 110 уже при давлении в 2 *м* имеет расход 23 — 15 *л/мин*, а при напоре в 7 *м* расход 42 — 28 *л/мин*, т. о. значительно больше расчетного количества — 8 *л/мин.*

Еще в большей степени относится это к душевым сеткам диаметром 125 *мм* (патрубок 19 *мм*). Сетка имеет около 115—104 отверстий диаметром в 1,3 *мм*. Соответственно этому расход составляет 35—30 *л/мин* при 2-*м* давлении я 66—56 *л/мин.* при 7-*м*.

Такой значительный расход делает допустимым применение душей в 125 *мм* лишь в особых условиях.

Общие выводы. Колебания в расходе воды из санитарных приборов весьма значительны. В ряде случаев они значительно больше средних расчетных норм. Последние установлены с учетом имеющегося у нас еще пока недостатка в металле и в частности в трубах. Поэтому применение норм должно производиться с учетом важности водоснабжения и типа применяемых приборов. В особо ответственных случаях, например гидропатических учреждениях, следует принимать во внимание фактический расход воды при располагаемом напоре.

4. Диаметры трубопроводов

При расчете домовой сети имеет значение не только расход воды из отдельных приборов, но и одновременно работающее количество их.

По американским данным процент одновременного действия зависит от характера приборов, их общего числа, а также и типа здания, причем подход к этому вопросу различен в разных штатах. В ряде случаев процент одновременности понижается с увеличением числа приборов. В других он устанавливается в зависимости от типа здания.

У нас вопрос одновременности действия приборов изучается только в настоящее время. До установления его можно руководствоваться в качестве предварительных ориентировочных норм следующими процентами одновременности, принятыми специальной бригадой IV Всесоюзного съезда водоснабжения и санитарной техники:

Таблица 101

Процент одновременности действия разборных кранов

Приборы	Произв. помещ.	Жилые здания	Общежития	Школы	Клубы	Больницы	Фабр.-кухни
Бачки	30	10	30	20	30	10	20
Раковины	по потребности	20	20	50	10	20	20
Умывальные краны	60	30	60	30	20	10	20
Души	100	30	80	100	100	50	100
Ванны	—	15	20	—	80	80	30
Краны у моек	—	—	20	20	20	80	30

Примечание. В больницах специального назначения (водолечебницы и т. п.) процент одновременного действия устанавливается по медицинским требованиям.

Диаметр труб, подводящих воду к приборам, достаточен следующий: клозетный бачок, умывальник, писсуар, фонтанчик по 10 *мм*, кухонный кран, мойка, стиральное корыто, душ по 13 *мм*, ванна 19 *мм*.

Пока однако у нас трубы и арматура ϕ 10 *мм* не изготовляются, поэтому временно возможно употреблять попрежнему) ϕ 13 *мм*. В тех случаях, когда требуется особенно быстрое наполнение ванны (бани, гидропатические учреждения), целесообразно применение труб ϕ 25 *мм*.

Диаметр труб должен быть увязан с располагаемым давлением. Для нормального излива воды в бачок давление должно быть не менее 2 *м*, для туалетных и разборных кранов— не менее 3—4 *м*. В душах давление меньше

2 *м* не дает правильного распределения воды по душевой сетке, а свыше 4—7 *м* бывает неприятно для тела. Так как расчетный расход и диаметр трубопровода для душа относятся к сетке в 100 *мм*, то при большем ее диаметре они соответственно изменятся. Вопрос о свободном напоре и расчетном расходе должен увязываться с типом прибора.

Нередко приходится определять диаметр магистральных труб и стояков, хотя бы с грубым приближением, по числу обслуживаемых приборов. Для этой цели в Германии применяются Гамбургские нормы, а именно:

Число мест потребления	Диаметр трубы
До 3	13 *мм*
„ 10	20 „
„ 20	25 „
„ 40	30 „
„ 60	40 „
„ 80	50 „

Примечания: 1) Местом разбора считается каждый кран и санитарный прибор (клозот, умывальник и т. д.); 2) Ванна принимается за 2 места, и подводящая к ней труба должна иметь диаметр не менее 20 *мм*; 3) Умывальник в ванной комнате а также умывальник и писсуар, находящиеся в индивидуальном ватерклозете, не учитываются.

Пользуясь этими нормами, необходимо иметь в виду, что они безусловно применимы лишь в случае высокого напора в городской сети и преимущественного обслуживания мест с небольшим расходом. При них получаются большие скорости и потери напора в трубах, вода может не дойти до верхних этажей во время большого разбора ее в нижних этажах, особенно по утрам. Поэтому, а также учитывая возможность отложения на стенках труб осадков, в случаях неуверенности в достаточности давления правильнее останавливаться на ближайшем большем диаметре. По тем же причинам горизонтальная разводящая линия не делается меньше 25 *мм*.

Недостаток Гамбургских норм — они проводят уравниловку для различных приборов, не учитывают местных условий работы их.

Более правильно определять диаметр трубопроводов в соответствии с действительными условиями работы, т. е. с расходам в отдельных приборах и числом одновременно действующих. Нижеследующая табл. 102, принятая IV Всесоюзным съездом водоснабжения и санитарной техники, дает количество 13-*мм* кранов, которое возможно поставить на трубе каждого диаметра при соответствующем коэфициенте одновременного действия.

Таблица 102

Для подбора диаметра труб

% одновременного действия кранов	Диаметр трубы в *мм*								
	13	19	25	32	38	50	63	75	100
100	1	2	4	7	10	17	25	35	60
80	1	2	5	9	12	21	31	44	75
60	1	3	6	11	16	28	41	58	100
50	2	4	8	14	20	34	50	70	120
40	2	5	10	17	25	42	62	87	150
30	3	7	13	23	33	57	83	116	200
25	4	8	16	28	40	68	100	140	240
20	5	10	20	35	50	85	125	175	300
15	6	13	27	47	70	114	170	230	400
10	10	20	40	70	100	170	250	360	600

При установке кранов в 10 *мм* количество их на трубе каждого диаметра не должно превышать указанных цифр. При тех же диаметрах устанавливать ванны в количестве $1^1/_2$ раза меньше, другие приборы при переводе по соответствующему эквиваленту.

Нередко необходимо бывает заменить трубу другими ей эквивалентными по потере напора. Для этой цели может служить табл. 103.

В соответствии с приведенной таблицей дается таблица эквивалентности нагрузки трубопроводов (табл. 104) при-

Таблица 103

Эквивалентность трубопроводов

Диаметр трубы в *мм*	13	15	19	25	32	38	50	75	100	150	200	250
Число эквивалентности	1	1,7	2,6	6,2	10,9	17,4	37,8	65,5	110,5	189	527	2090

Таблица 104

Эквивалент нагрузки трубопроводов кранами $d = 13$ *мм*

% одновременно действующих кранов	Диаметр трубы в *мм*								
	13	19	25	32	38	50	75	100	150
100	1	3	6	11	17	38	65	110	189
80	1	4	8	14	22	47	82	138	236
60	1	5	10	18	29	63	109	184	315
50	2	6	12	22	35	76	131	221	378
40	2	7	15	27	43	95	164	276	473
30	3	10	20	36	58	126	219	369	630
25	4	12	25	43	70	151	262	443	756
20	5	15	31	55	87	189	327	552	945
15	7	20	40	73	113	253	434	735	1260
10	10	30	60	110	170	380	650	1100	1890

менительно к водоразборным кранам $d=13$ *мм* и проценту одновременного действия их.

Эту таблицу нельзя рассматривать как дающую допустимую нагрузку трубопроводов кранами. В лучшем случае при большом количестве в домовой сети санитарных приборов с незначительным расходом воды (умывальников, писсуаров, фонтанчиков, клозетных бачков и т. д.) указанная таблица может быть использована для грубо-ориентировочных подсчетов возможного общего числа приборов, которое можно обслужить трубой соответствующего диаметра при среднем проценте одновременного действия.

При незначительном свободном напоре или при воде, отлагающей осадки, число приборов должно быть уменьшено против указанных в таблице цифр, и потому такая сеть во всех случаях должна рассчитываться.

В случае большого здания, сложной сети или сомнения в достаточности располагаемого давления, внутренняя сеть должна проверяться расчетом. Он заключается в определении потери напора в трубах от присоединения к наружной линии до наиболее отдаленного и высокого места разбора воды. Из многочисленных формул для выражения потери напора на единицу длины труб наиболее часто употребляется формула Вейсбаха (Германия, САСШ, и у нас рекомендована IV Всесоюзным съездом водоснабжения и санитарной техники).

ф-ла Вейсбаха $i=\left(0{,}001189+\frac{0{,}0007826}{V}\right)\frac{Q^2}{d^5}$,

ф-ла Лампе $i=0{,}001692\,\frac{Q^{1{,}802}}{d^{4{,}85}}$.

У нас нередко употребляют формулу Лампе, которая дает большие значения для потери напора, чем ф-ла Вейсбаха и потому применима в тех случаях, когда нужно предусмотреть больший запас свободного давления. Некоторыми авторами[1] для расчета малых труб применяется также ф-ла Маннинга.

Пользование формулами для расчетов при проектировании отнимает много времени. Гораздо целесообразнее применять составленные по формулам графики или таблицы (табл. 105), дающие заранее высчитанные по-

Таблица 105

Расход воды Q в *л/мин* и потеря напора i в *см* на 1 *пог. м* труб по формуле Вейсбаха

Скорость V *м/сек.*		Внутренний диаметр в *мм*												
		10	12,5	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
0,10	Q	0,47	0,74	1,88	2,95	4,24	5,77	7,54	11,8	16,96	23,09	30,16	38,17	47,12
	i	0,226	0,181	0,113	0,090	0,075	0,065	0,057	0,045	0,038	0,032	0,028	0,025	0,023
0,15	Q	0,71	1,10	2,83	4,42	6,36	8,66	11,31	17,67	25,41	34,63	45,24	57,26	70,69
	i	0,446	0,357	0,223	0,178	0,149	0,125	0,112	0,089	0,074	0,064	0,056	0,050	0,045
0,20	Q	0,94	1,17	3,77	5,89	8,48	11,55	15,08	23,56	33,93	46,18	60,32	76,31	97,25
	i	0,725	0,580	0,363	0,290	0,242	0,207	0,181	0,145	0,121	0,104	0,091	0,081	0,072
0,25	Q	1,18	1,84	4,71	7,36	10,60	14,43	18 85	29,45	42,41	57,73	75,40	95,43	117,81
	i	1,062	0,850	0,531	0,425	0,351	0,306	0,266	0,213	0,177	0,152	0,133	0,118	0,10
0,30	Q	1,41	2,21	5,65	8,84	12,72	17,32	22,62	35,34	50,89	69,27	90,48	114,51	141,37
	i	1,454	1,163	0,727	0,582	0,485	0,416	0,364	0,291	0,242	0,208	0,182	0,162	0,145
0,40	Q	1,89	2,95	7,54	11,78	16,97	23,09	30,16	47,12	67,86	92,26	120,64	142,68	188,50
	i	2,396	1,917	1,198	0,958	0,799	0,685	0,599	0,479	0,399	0,342	0,299	0,266	0,240
0,50	Q	2,36	3,68	9,43	14,73	21,21	28,86	37,69	58,90	84,82	115,46	150,80	190,85	235,62
	i	3,542	2,833	1,771	1,417	1,181	1,012	0,855	0,708	0,590	0,506	0,443	0,394	0,354
0,60	Q	2,83	4,42	11,31	17,67	25,45	34,63	45,24	70,69	101,79	138,55	180,96	229,02	282,74
	i	4,886	3,909	2,443	1,954	1,629	1,396	1,222	0,977	0,814	0,698	0,611	0,543	0,489
0,70	Q	3,29	5,15	13,19	20,62	29,69	40,41	52,78	82,47	118,75	161,64	211,11	267,19	329,87
	i	6,432	5,138	3,212	2,569	2,141	1,834	1,666	1,285	1,071	0,918	0,803	0,714	0,642
0,80	Q	3,77	5,89	15,08	23,56	33,93	46,18	60,32	94,25	135,72	184,73	241,27	305,36	376,99
	i	8,152	6,521	4,075	3,261	2,717	2,330	2,038	1,630	1,359	1,165	1,019	0,957	0,815
0,90	Q	4,24	6,63	16,96	26,51	38,17	51,95	67,85	106,03	152,68	207,82	271,43	348,53	424,11
	i	10,065	8,052	5,033	4,026	3,350	2,865	2,516	2,013	1,678	1,438	1,258	1,118	1,006
0,95	Q	4,48	6,99	17,90	27,98	40,29	54,84	71,62	111,92	161,16	219,36	286,51	362,62	447,67
	i	11,089	8,871	5,544	4,436	3,696	3,168	2,772	2,218	1,848	1,556	1,386	1,232	1,169
1,00	Q	4,71	7,36	18,85	29,45	42,41	57,73	75,40	117,81	169,65	230,91	301,59	381,70	471,24
	i	12,166	9,733	6,083	4,866	4,055	3,481	3,042	2,433	2,028	1,738	1,521	1,352	1,214
1,05	Q	4,95	7,73	19,79	30,93	44,53	60,13	79,17	123,70	178,14	242,45	316,67	400,79	490,79
	i	13,280	10,624	6,640	5,312	4,427	3,790	3,320	2,656	2,213	1,897	1,660	1,476	1,328
1,10	Q	5,18	8,09	20,73	32,39	46,65	63,49	82,94	129,59	186,61	254,00	331,75	419,87	518,36
	i	14,444	11,535	7,222	5,778	4,815	4,124	3,614	2,889	2,407	2,063	1,806	1,605	1,444
1,20	Q	5,65	8,84	22,62	35,34	50,89	69,27	90,48	141,37	203,57	277,09	391,91	458,04	565,48
	i	16,908	13,526	8,454	6,763	5,636	4,821	4,227	3,382	2,818	2,415	2,113	1,878	1,691
1,25	Q	5,89	9,20	23,50	36,82	53,02	72,16	94,25	147,26	212,06	288,64	376,98	477,13	589,05
	i	18,213	14,570	9,107	7,285	6,071	5,211	4,553	3,643	3,036	2,602	2,277	2,024	1,821
1,50	Q	7,07	11,04	28,27	44,18	63,62	86,59	113,10	176,71	254,47	346,36	452,39	572,55	706,86
	i	25,378	20,302	12,689	10,151	8,459	7,242	6,345	5,076	4,230	3,625	3,172	2,820	2,538
1,75	Q	8,25	12,88	32,99	51,57	74,22	101,02	131,95	206,17	296,88	404,10	527,79	667,98	824,67
	i	33,653	26,922	16,825	13,461	11,218	9,634	8,412	6,731	5,609	4,807	4,207	3,739	3,365
2,00	Q	9,43	14,73	37,69	58,91	84,82	115,45	150,80	235,62	339,29	461,82	603,19	763,41	942,48
	i	42,997	34,398	21,499	17,199	14,332	12,292	10,749	8,599	7,166	6,143	5,375	4,777	4,300
2,50	Q	11,8	18,41	47,12	73,63	106,0	144,32	188,50	294,52	424,11	577,28	753,96	954,26	1178,1
	i	64,953	51,162	32,476	25,984	21,653	18,569	16,238	12,991	10,825	9,279	8,119	7,217	6,495
3,00	Q	14,13	22,09	56,55	88,36	127,23	173,18	226,26	353,43	508,94	692,72	904,78	1145,2	1413,7
	i	90,891	72,713	45,416	36,357	30,297	26,084	22,723	18,178	15,149	12,984	1,355	10,144	9,089

[1] Инж. В. Г. Лобачев и Н. Н. Абрамов, Таблицы для расчета трубопроводов малых диаметров (взд. ВНИТО, 1932 г.).

тери напора i и скорость V для различных расходов воды Q и диаметра d или же соответственно i и Q для выбранных V и d.

Так как разные формулы и даже одна и та же формула при разных коэфициентах дают величины заметно отличающиеся друг от друга, то пользуясь формулой Вейсбаха при практических расчетах домовой сети, мало целесообразно усложнять работу интерполяцией для промежуточных цифр и вполне достаточно брать ближайшие большие значения. Например для трубы в 32 *мм* можно брать величины потери напора, данные в таблице для 30 *мм*, при скорости 1,35 *м/сек* можно взять потерю напора для $V = 1{,}5$ *м/сек* и т. д.

Целесообразность такого упрощения работы обосновывается еще тем, что в самом расчете нами допускается ряд существенных неточностей (расчетный расход воды в приборах, коэфициенты неравномерности, потеря напора в фиттингах и т. д.).

Расчетные скорости во внутренних водопроводах при давлении внаружной сети допускаю ся: в дворовых трубах до 1 *м/сек*, в магистральных домовых трубах до 1,5—2 *м/сек*, в стояках до 2—2,5 *м/сек* и в подводке к приборам до 2,5—3 *м/сек*.

Сведения о потере напора в арматуре в метрах водяного столба при различных расходах воды (по максимуму из данных университетов Wiskonsin и Illinois, а также Purdue) приведены в табл. 107.

Примечание. Цифры разных источников дают значительные колебания для одних и тех же диаметров. Взяты имеющиеся наибольшие величины. Ломаной линией отделены цифры при скорости более 3 *м/сек*.

При рационально спроектированной домовой сети потерю давления в фасонных частях и арматуре можно принимать в 10—15% от такой же в трубопроводах. Поэтому при расчете внутренней сети к потере напора в трубопроводах обычно прибавляют 15%, т. е. вводят коэфициент 1,15. Однако в отдельных случаях при большом количестве фиттингов она может составлять до 50—110% и больше.

5. Проектирование внутреннего водопровода

Начертание сети внутреннего водопровода зависит от места водомера, а также от пунктов расположения потребляющих воду агрегатов, разборных кранов ванн, бачков и т. п. (Особенно важное значение имеет место ввода трубы.)

При проектировании прежде всего необходимо установить место положения всех установок и приборов, потребляющих воду. По наиболее отдаленным и высоко расположенным следует выяснить, достаточен ли имеющийся в наружной сети напор для обслужи-

Таблица 106

Длина труб в *м*, эквивалентная фасонным частям по потере напора

Диаметр *мм* и наименование фасонной части	19	25	32	38	51	63	76	100	125	150
Колено по Harding)	1,5	1,5	1,8	2,1	2,1	3	3,6	5,5	7,5	9
„ (Timmis)	0,8	1,0	1,25	1,5	1,5	2,5	3,0	5,5	—	—
„ (Weisbach)	0,8	1,1	1,25	1,5	1,9	2,4	2,8	3,7	4,7	5,5
Дуга 180° (Harding)	3,0	3,0	3,6	4,2	4,5	6,1	7,3	11.0	15,2	18,2
Вентиль „	1,8	1,8	2,1	2,4	2,4	3,6	7,2	9,0	12,2	15,2

Кроме потери напора непосредственно в трубопроводах она имеет место также в фасонных частях (переходах, тройниках, коленах и т. д.) и арматуре.

Данные о потере напора в фасонных частях приведены в табл. 106, в которой также указана длина труб того же диаметра, эквивалентная по потере напора соответствующему фиттингу.

Таблица 107

Расход *л/мин*	Задвижка				Вентиль				Углов. вент.		Обратн. клапан
	13	19	25	38	50	25	38	50	25	50	38
19	0,12	0,01	—	—	—	—	0,06	0.21	—	0,09	0,15
38	0,46	0,05	0,06	—	—	0,45	0,21	0,36	0,18	0,15	0,27
57	1,0	0,12	0,09	0,24	—	0,96	0,42	0,55	0,49	0,24	0,52
76	1,7	0,21	0,18	0,36	0,03	1,84	0,76	1,22	0,88	0,36	0,91
113	3,6	0,46	0,42	0,76	0,12	4,2	1,3	2,0	1,86	0,61	2,0
151	6,4	0,82	0,79	1,25	0,27	7,6	3,3	4,9	3,6	1,46	4,0
189	—	1,3	1,22	1,98	0,54	11,6	4,0	8,5	5,3	2,6	5,8
283	—	—	2,65	3,85	0,78	—	9,7	—	11,0	3,9	11,9
378	—	—	—	—	1,08	—	—	—	—	5,2	—

вания этих пунктов и, в частности, каков в них приблизительно будет свободный напор.

В зависимости от получившихся данных, намечают схему будущего водоснабжения. Если неизбежна установка бака, то выясняют его место, отметку и т. д.

Места расхода воды отмечают (крестиком) на плане каждого этажа. Если расположение приборов одинаково в разных этажах, то в случае однородности последних можно ограничиться одним планом. Место стояков устанавливается с таким расчетом, чтобы общее количество требуемых труб было наименьшим. Отводящие линии должны быть небольшой длины. Нельзя допускать каких-либо изгибов трубопроводов в вертикальной плоскости, в которых может получиться осаждение мути или же застаивание воздуха. Вообще в трубах должно быть минимальное количество изгибов, поворотов для уменьшения потерь напора. Неизбежные повороты должны делаться возможно плавной кривой.

После установления на плане расположения всех стояков, намечают направление разводящих линий. Общая длина их должна быть наименьшей, и вода должна проводиться кратчайшим путем. В некоторых случаях (больницах, общественных зданиях) для отдельных приборов, стояков или групп их, устраивают самостоятельные трубопроводы, соединяющие их с одним распределительным местом, где концентрируются запорные вентили. Это место (гребенка) должно быть вполне доступным, светлым или освещенным. Чаще всего оно выбирается недалеко от водомера.

Такое устройство (батарейная система), давая удобства в эксплоатации, обходится значительно дороже, чем обычное, и требует большего количества труб.

После эскизного наброска домовой сети производится определение диаметров ее в отдельных местах сначала по ориентировочным нормам, а затем подсчитывают величину потери давления в сети и располагаемый напор в наиболее неблагоприятных местах потребления воды.

Запись при расчете домовой сети целесообразно вести по следующей форме:

Расчетные расходы воды

Этаж (или отояк)	Водоразборные краны				Бачки				и т. д. подсчитываются др. приборы	Сумма расчетн. расхода *л/мин.*
	число	% действия	раоход *л/мин*	чиоло действующих	чиоло	% действия	число действующих	расход *л/мин*		

Потеря напора в трубопроводе (наименование)

Обозначение участка трубы	Длина в *м* *L*	Диаметр трубы *мм* *d*	Расчетное количество приборов			Расчетн. расход *л/мин*	Потеря напора в *см* на 1 пог. *м* *i*	Полная потеря напора в *см* $\frac{I=i \cdot L}{1{,}15}$	Скорость *м/сек*
			ванн	кранов	душей и т. д.				

Требуемая высота подъема воды

1. Потеря напора в водомере	1—2,5 *м*
2. Высота верхнего крана над водомером	
3. Потеря напора в магистрали до наиболее удаленного стояка	
4. Потеря напора в стояке	
5. Потеря напора в отростке от стояка до прибора	
6. Свободный напор у наивысшего меота водоразбора	3—5 *м*
Итого	*м*

Вычитая из наименьшего давления в метрах в наружной сети требуемую высоту подъема воды, получим свободный излишек напора.

В соответствии с утвержденными IV Всесоюзным съездом водоснабжения и санитарной техники минимальными нормами напора в уличной сети при хозяйственном водоснабжении, располагаемый свободный напор получается для зданий высотой от 3 до 7 этажей, в среднем около 2—1,5 *м* на один этаж.

Грубо оценивая все сопротивления, потеря напора для всей разводящей сети вместе

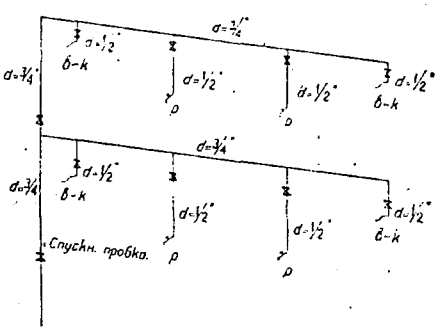
с разводящей магистралью, отнесенная к одному этажу, должна быть не более 1 *м* на этаж, или в среднем около 0,05—0,15 *м* и на 1 *пог. м* трубопроводов, а лучше—менее.

6. Конструкция сети

Конструкция сети должна обеспечивать надежную ее эксплоатацию. При этом ремонт в какой-либо одной части сети не должен нарушать нормального водоснабжения здания в целом.

От водомера должна идти одна общая труба, причем на ней, не далее чем на 1 *м*, должен находиться запорный вентиль. Все разветвления могут быть только за последним. Здесь же должен быть спускной кран (или пробка) для возможности выпуска воды из трубопроводов. Перед водомером также должен иметься вентиль для выключения внутренней сети от наружной при смене или ремонте водомера.

Каждый ввод в здание также должен иметь запорный вентиль для отделения от наружной сети. У основания каждого стояка или в начале каждой этажной магистрали должны находиться вентили вместе со спускными кранами или пробками. Отдельные квартиры или в промышленных и т. п. зданиях группы приборов (не более 10) должны иметь запорный вентиль, дающий возможность выключить только эту часть сети при ремонте отдельных, входящих в нее водоразборных кранов (фиг. 296).



Фиг. 296. Схема части внутренней сети.

Для возможности спуска воды из трубопроводов они не должны иметь сифонов или перегибов в вертикальной плоскости, допускающих образование воздушных мешков. Все горизонтальные трубы должны иметь уклон к стояку или спуску около 0,005—0,01.

Трубопроводы должны быть прочно укреплены на стенах или потолках при помощи крючков скоб или подвесок, расположенных не более чем через 2—3 *м*. В случае длинных трубопроводов и резких колебаний температуры воды и воздуха необходимо предусмотреть устройство расширителей или компенсаторов.

Во избежание гидравлических ударов допускается применение разборных и запорных кранов только вентильного или задвижечного типа. Пробочные краны допускаются только при давлении в сети не более 1 *ат*, например при питании из бака.

Трубы не должны проходить по открытым помещениям с температурой, спускающейся до 0° или ниже. В неизбежных случаях они должны быть изолированы от замерзания материалами с низкой теплопроводностью (сухие опилки, солома, торф, шлак, войлок в несколько слоев и т. д.).

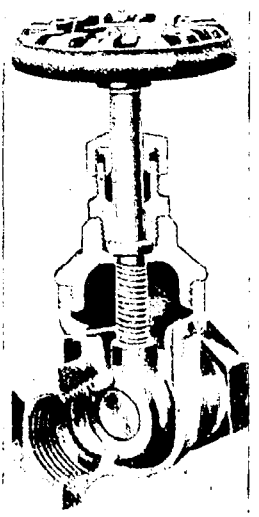
Трубы должны проводиться по возможности по теплым стенам. При прокладке по двору глубина заложения должна быть больше глубины промерзания (для средней полосы укладывать не менее 2 *м*), или прогревания грунта. Применение в земле железных труб допускается лишь при грунтах, не действующих на них разъедающим образом.

При устройстве нескольких сетей с водой различного качества, в том числе и не питьевого, разборные краны для воды не санитарного качества не должны располагаться рядом с кранами хозяйственной питьевой сети и должны по возможности отличаться от них по своему виду, окраске и т. д. У кранов с непитьевой водой необходимо иметь соответствующие предостерегающие надписи.

7. Арматура

Наиболее широкое применение находят во внутренних водопроводах различного рода запорные приспособления. Они применяются трех основных типов: пробочные (проходные) краны, вентили, или краны с винтовым затвором, и задвижки. По своему же назначению краны бывают запорные, разборные, поливочные, спускные, пожарные, шаровые (поплавковые), туалетные, писсуарные, смесительные и др.

Проходные краны требуют тщательной притирки конической пробки, которая к тому же часто снашивается неодинаково с разных сторон. Главное неудобство пробочных кранов—быстрое запирание воды, в результате чего возможны гидравлические удары. Поэтому проходные краны употребляются лишь в исключительных случаях (например в месте присоединения к уличной сети под напором, где кранами пользуются весьма редко). Допускаются они для нормальной работы только при небольшом давлении (до 1 *ат*).



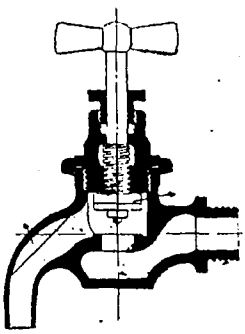
Фиг. 297. Задвижка.

Задвижки у нас употребляются только в случае большого диаметра труб, но за границей применяются и для незначительных диаметров (фиг. 297). Они дают плавное изменение

проходного отверстия, благодаря чему устраняется возможность гидравлических ударов.

Вентили в домовом водоснабжении у нас применяются чаще всего. При самых разнообразных конструктивных видоизменениях они всегда имеют клапан (в большинстве с кожаной или резиновой прокладкой), опускаемый на седло помощью винтовой нарезки. Достоинством приспособления является постепенное изменение пропускного сечения; недостаток заключается в извилистом проходе воды, что вызывает сравнительно большую потерю давления.

Разборные краны делаются обычно вентильного типа (фиг. 298), причем их конструкция должна давать максимально плавное течение воды, без острых и мертвых углов. Должна быть обеспечена легкая возможность выемки клапана и уплотнения сальника у шпинделя.



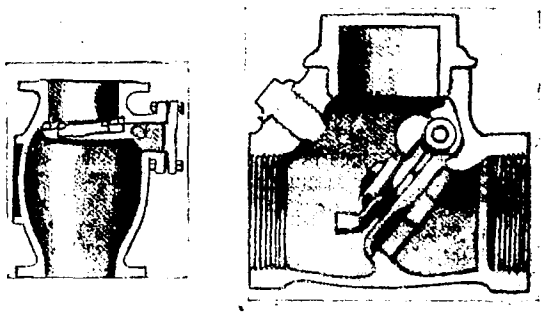
Фиг. 298. Разборный кран.

При значительном напоре применение обычных разборных кранов представляет неудобство, так как вода разбрызгивается, слишком быстро наполняет сосуд, повышается шум в сети.

Для понижения давления и для спокойного вытекания воды на кран надеваются наконечники, уменьшающие скорость движения воды или разделяющие ее струю на отдельные параллельные струи.

Назначение обратных клапанов заключается в проведении воды только в одну сторону. Они устанавливаются как на горизонтальных, так и на вертикальных линиях, соответственно чему изменяется и конструкция их (фиг. 299 и 300). Независимо от типа хорошая конструкция должна давать возможность доступа к самому клапану. Последний делается или в виде наклонного диска, вращающегося на шарнире, или в виде шара.

Когда давление воды в низко расположенных зданиях имеет настолько излишнюю величину, что это доставляет неудобство при пользовании водопроводом, то для понижения давления применяются регуляторы давления (редукционные вентили). Они уместны, если напор в течение продолжительного времени превышает 5—6 *ат*. Регуляторы давления могут изготовляться для любой разницы давления. В американских условиях обычно делают их при давлении в 3 *ат* с минимумом в 1 *ат*, и при давлении до 13 *ат* с минимумом в 3 *ат*, причем между



Фиг 299 и 300. Обратные клапаны.

этими пределами возможно иметь всякое желательное давление.

Редукционные вентили изготовляются различных типов. Обычно они имеют уравновешенный клапан, на который с одной стороны давит пружина, а с другой—давление воды во внутренней сети. Сжатие пружины можно регулировать. Если давление в домовой сети поднимается выше нормального, то возрастет усилие от воды на клапан снизу. Он сожмет пружину более чем обычно и уменьшит площадь прохода для воды, т. е. понизится давление в домовой сети. В случае излишнего понижения напора в ней уменьшается давление на клапан снизу. Тем самым пружина опускает его и клапан. Площадь прохода для воды увеличивается, т. е. давление в домовом водопроводе повышается.

Редукционный вентиль устанавливается сейчас же за водомером или смотря по местным условиям. При его установке необходимо устраивать обходную линию на случай его порчи.

Редукционный вентиль может применяться и в качестве прибора, не допускающего повышения давления в домовой сети сверх заданной величины.

ЛИТЕРАТУРА

И. И. Фальковский, Водоснабжение зданий. Стройиздат 1933.

Его же, Домовые водопроводы, ОЗТОВМБИТ 1931.

О. Каллеиберг, Домовые водопроводы, канализация и газ. ГНТИ 1927.

H. Babbitt „Plumbing", New Iork, 1928.

G. Thomson „Modern sanitary engineering" London 1921.

„Recommended minimum requirements for plumbing" Washington 1929.

Инж. Б. М. ОЛОВЯНИШНИКОВ

III. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СЕТЬ

1. Вводы, учет воды, назначение сети

Сети внутренних производственных водопроводов в цехах, являясь дальнейшим развитием наружных производственных сетей, соединяются с последними специальными магистралями-вводами, за исключением тех случаев, когда магистраль наружной сети пересекает цех.

В последнем случае необходимость в устройстве специальных вводов отпадает. Количество вводов в цех определяется производственной значимостью цеха в общей работе всего предприятия и рядом экономических соображений, вытекающих из производственной и конструктивной характеристики цеха: прерывность или непрерывность подачи воды в цех, мощность потребления цехом воды, расположение пунктов потребления воды в цехе при большей площади его по отношению к наружной сети и пр.

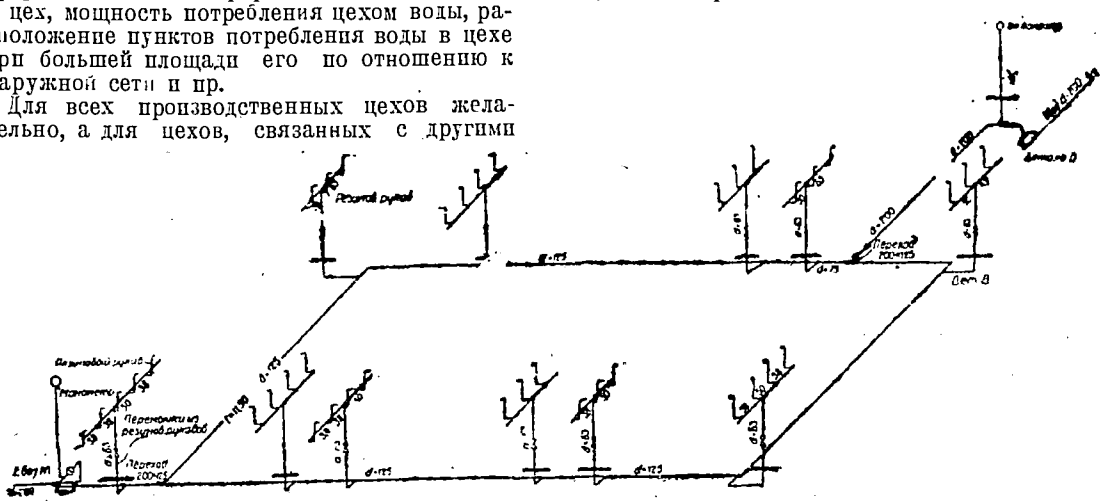
Для всех производственных цехов желательно, а для цехов, связанных с другими цехами конвейерным процессом работы,—обязательно наличие не менее 2 вводов.

Учет производственной воды в каждом цехе необходим и обычно производится путем установки на вводах водомеров калибров, соответствующих расходам воды. В некоторых производствах при большом расходе воды (химических, бумажных и др.) целесообразнее и правильнее ставить водомеры не на вводах, а на ответвлениях к отдельным пунктам потребления воды, чем достигаются уменьшение размеров водомеров и точный контроль за отдельными элементами цехового технологического процесса. На вводах в цеха, где большое значение имеет определенный напор во внутренней сети, для контроля устанавливаются манометры.

Сети внутренних водопроводов производственной воды бывают по своему начертанию: кольцевые и тупиковые; по составу воды: свежей воды и оборотной (использованной уже каким-либо процессом); по условиям подачи: напорные и самоточные. Ниже приводится как пример схема внутреннего водопровода производственной воды электролитного цеха Комбината „Севкавцинк". Сеть кольцевая, свежей воды и напорная (фиг. 301 и 302).

Как видно из схемы для устранения влияния тока на водопроводную сеть как на магистрали, так и на ответвлениях сделаны вставки из резиновых рукавов (фиг. 302).

Диаметры трубопроводов, определяемые, как обычно, в зависимости от расходов воды, достигают в некоторых производствах (целлюлозно-бумажных) больших размеров 500—700 *мм*. Материал трубопроводов: чугун, железо, сталь, дерево, железобетон и бетон. Выбор материала для трубопроводов решают главным образом величина напора и состав подаваемой воды, имеющей большое значение при оборотных водах, часто меняющих свой первоначальный состав по прохождении через тот или иной процесс.



Фиг. 301. Схема производственной водопроводной сети

2. Монтаж сети

Монтаж внутренних водопроводов производственной воды часто бывает сложнее, нежели монтаж наружной сети, имеющей территориально больший простор для своего осуществления, а потому требует большой тщательности и опыта.

Прокладка трубопроводов в цеху может быть скрытой: под полом или в специальных каналах, и открытой: подвесная или непосредственно по перекрытиям.

Достоинства первого способа скрытой прокладки:

1. Незагромождение трубопроводами полезной кубатуры здания.

2. Употребление при всех прочих равных условиях более дешевых трубопроводов: чугунных раструбных труб вместо фланцевых, железобетонных вместо чугунных и т. п.

Недостатки первого способа: недоступность для осмотра и в случае аварии серьезная опасность для прочности здания, а потому при больших диаметрах (250 *мм* и более) практика указывает на необходимость прокладки трубопроводов в специальных каналах.

Достоинства второго способа открытой прокладки: доступность и постоянство („на ходу") наблюдения за состоянием водопровода, что очень важно для предприятий, где правильно и аккуратно действующее водопроводное хозяйство имеет в производстве первостепенное значение.

Недостатки второго способа:

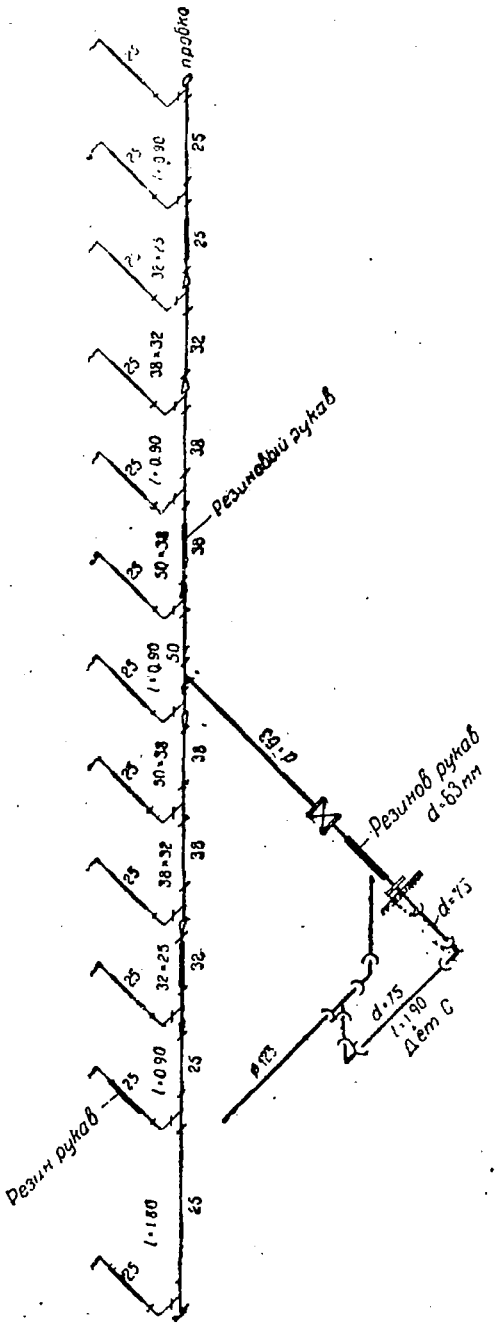
1. Загромождение кубатуры здания трубопроводами, иногда столь значительное, что вызывает дополнительное увеличение основных размеров здания.

2. Утяжеление перекрытий, к которым подвешены или по которым проложены трубопроводы.

3. Необходимость употребления более дорогих трубопроводов: редко употребляются деревянные (низконапорные на прямых участках), совсем не применяются железобетонные и бетонные. Применение того или иного способа прокладки трубопроводов зависит от расположения по технологическому процессу пунктов потребления воды внутри цеха. Обычно при монтаже водопровода одного и того же цеха встречаются и подземные и надземные линии.

Под полами в земле, во избежание разрывов от возможных сотрясений полов и деформаций грунта, трубы прокладываются на глубине не менее 0,70 *м* до верха трубы. В каналах трубы укладываются для удобства производства монтажа на специальных кирпичных или бетонных столбиках различных в зависимости от диаметров труб размеров. В целях предохранения стыка от „провисания" столбики устанавливаются вблизи стыка по обе стороны. Типы соединений трубопроводов подземных и в каналах—те же, что и для трубопроводов наружных сетей в условиях прокладки в земле, но учитывая опасность аварии для здания из нескольких типов соединений трубопроводов одного материала применяются тип и материал соединений, гарантирующие наибольшую прочность. Все подземные тупики или ответвления от кольца в конечных точках и все повороты магистралей должны быть, во избежание разрывов при неизбежных гидравлических ударах, тщательно закреплены кирпичными или бетонными упорами. Монтаж трубопроводов, укладываемых по полам или перекрытиям, производится так же, как и монтаж трубопроводов в каналах.

Более специфичен и многообразен монтаж сети открытым способом — подвесным. При этом способе трубы подвешиваются к перекрытиям на специальных подвесках. Типы подвесок весьма разнообразны. Наиболее удобный и вполне оправдавший себя на практике следующий тип подвески (фиг. 303).

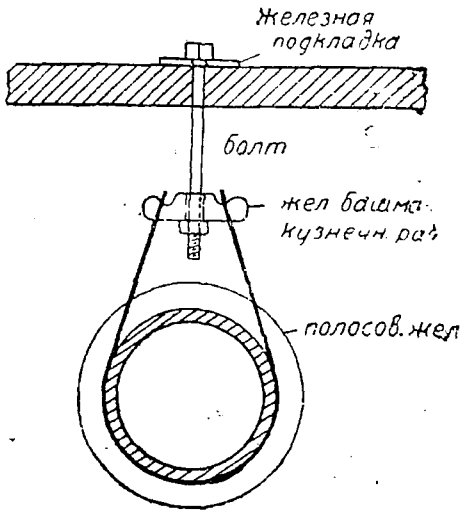


Фиг. 302. Деталь проводки.

Удобство такого типа подвески заключается в возможности передвижением нижней гайки болта дать точно сцентрированное положение всей подвесной магистрали. Во избежание расстройства стыков подвески располагаются возле стыков, а при трубах больших диаметров

ставится дополнительная подвеска по средине трубы.

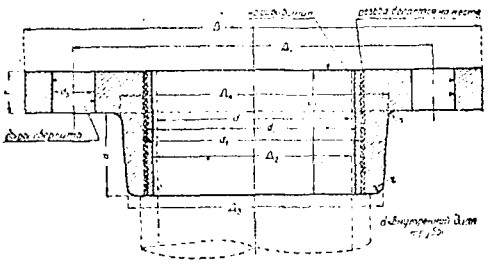
Соединения трубопроводов подвесных: железных на резьбе, фланцах и сварке, чугунных — фланцы на болтах с прокладкой. Раструбный стык не употребляется. Соединение



Фиг. 303. Подвеска для труб.

деревянных труб обычное. Сварочные работы (преимущественно электросварка) при прокладке железных трубопроводов больших диаметров (более 100 *мм*) упрощают и облегчают монтаж.

патрубках. Обычно такие короткие фланцевые патрубки изготовляются на труболитейных заводах по специальному заказу, что удорожает стоимость сооружения при возможности кроме того ошибки при проектном определении размеров патрубков. При монтаже водопроводов крупных комбинатов с механическими заводами возможно местное изготовление к о-



Фиг. 301. Фланец с внутренней нарезкой.

ротких фланцевых патрубков следующим способом: от фланцевой трубы отрубается требуемой длины отрезок и на свободном от фланца конце отрезка на токарном радиальном станке делается наружная нарезка по типу нарезки для железных труб. На нарезанный конец патрубка навертывается на пряди, сурике и масле специальный фланец с внутренней нарезкой (фиг. 304).

Фланцы легко могут быть изготовлены в любом литейном заводе или цехе. Важно чтобы чугун труб был однороден и не слишком тверд.

Размеры фланца [1] *Таблица 108*

Внутр. диаметр чугун. трубы	Диаметр фланца	Диам. круга, проход. через центры болтов	Толщина фланца	Длина перехода	Диам. перехода в конце	Диам. перехода у фланца	Длина перехода плюс толщина фланца	Диам. отверст. во фланце для болта	Диам. дыры фланца при отливке	Наружн. диаметр нарезки	Внутренний диам. нарезки	Число ниток на 1 д.	Число дыр во фланце	Радиус закругления
d мм	*D мм*	D_1 *мм*	*t мм*	*a мм*	D_3 *мм*	D_4 *мм*	*C мм*	d_3 *мм*	D_2 *мм*	d_1 *мм*	d_2 *мм*	*n*	*m*	*r мм*
100	235	185	21	42	131	137	63	22	104	112	115	11	4	5
125	255	205	22	44	157	163	66	19	130	138	141	11	8	5
150	280	230	23	46	182	188	69	19	156	164	167	11	8	5
200	340	290	25	50	236	242	75	22	208	215,8	219	10	8	5
250	395	345	27	54	291	297	81	22	259	267	271	8	12	5
300	465	405	29	58	345	351	87	25	310	319	323	8	12	5
350	520	460	31	62	400	406	93	25	362	370	374	8	12	5
400	570	510	33	66	450	456	99	25	413	420,6	426	6	16	5
450	640	570	35	70	504	510	105	28,5	464	470	476	6	16	5
500	695	625	37	74	558	564	111	28,5	517	524,6	530	6	16	5

При прокладке чугунных фланцевых труб часто встречается необходимость в коротких меньших нормальной длины трубы фланцевых

Данный способ чрезвычайно удобный, еще мало распространен в СССР, но уже применялся и оправдал себя при монтаже внутренних производственных водопроводов целлюлозно-бумажных фабрик с давлением до 5,0 *ат*.

Все подвесные магистрали должны быть очень тщательно закреплены.

[1]) Для возможности соединения с трубами нового сортамента размеры фланца (диаметры, расположение отверстий, число дыр) должны быть одинаковыми со стандартными, ОСТ 4944).

Инж. *Б. С. ПОСПЕЛОВ*

IV. ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВАЯ СЕТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

1. Назначение хозяйственно-питьевой сети, ее конструкция

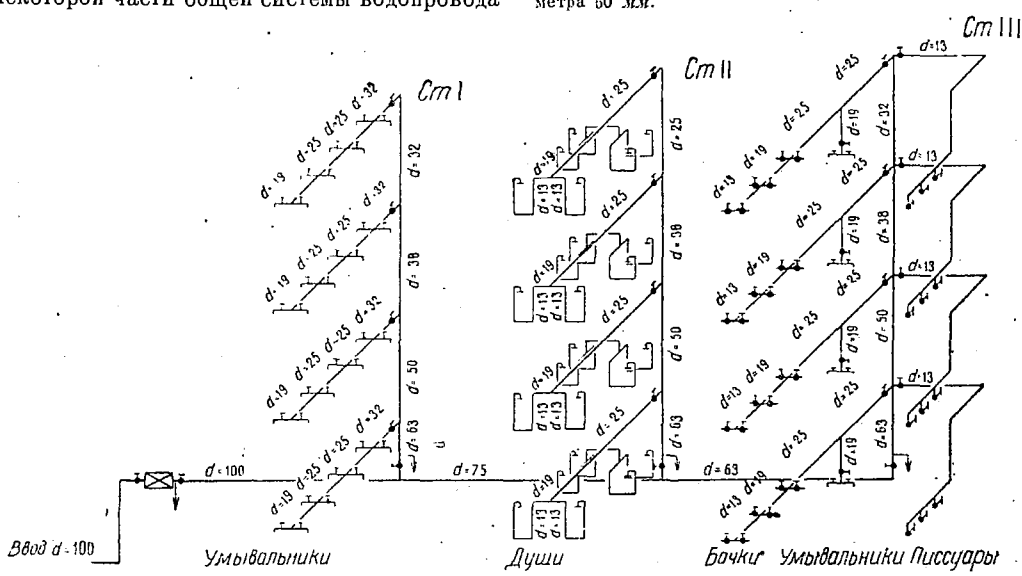
Хозяйственно-питьевая сеть в промышленных предприятиях (цехах) имеет своим назначением полачу воды ко всем пунктам разбора ее в отдельных бытовых помещениях при производственных зданиях пли непосредственно в самих цехах (отдельные уборные в цехах большой площади, питьевые фонтанчики и пр.). Характерной особенностью хозяйственно-питьевого водопровода промышленных зданий (большие цеха) является снабжение водой специальных душевых, число душей в которых бывает весьма значительно (100 и более). В последнем случае диаметры в некоторой части общей системы водопровода

Однако имеются и некоторые отличия:

1) В местах прохождения труб через перекрытия и стены можно рекомендовать заделку их в гильзах (обрезки труб бо́льшего диаметра), позволяющих производить ремонт и разборку труб без порчи перекрытия. В жилых домах по акустическим условиям этот способ не применим.

2) В жилых зданиях всю систему водопровода (в большинстве случаев) имеется возможность смонтировать из железных трубопроводов диаметра не более 75 *мм*; при устройстве же хозяйственно-питьевого водопровода больших цехов (большой расход на души) употребляются (при диаметре 100 *мм* и более) и трубы чугунные.

Примечание. При прокладке трубопроводов под полами чугунные трубы применяются начиная с диаметра 50 *мм*.



Фиг. 305. Схема хозяйственно-питьевого водопровода.

достигают значительных результатов (100 и 200 *мм*).

Конструкция и начертание хозяйственно-питьевой сети в промышленных зданиях аналогичны тому же в жилых и общественных зданиях: от ввода идут горизонтальные разводящие магистрали, от них система стояков, сосредоточенных в пунктах расположения санитарных приборов бытовых помещений и разводящих воду по этажам, и система горизонтальных трубопроводов небольшого диаметра, разводящих воду по приборам от стояков (фиг. 305). При проектировании и производстве монтажа хозяйственно-питьевого водопровода цехов в основном обязательны те же правила, что и для водопроводов жилых и общественных зданий.

3. Проводку к душам удобнее производить поверху (фиг. 306).

4. При производстве монтажа водопровода промышленных предприятий (в особенности крупных) имеется возможность его механизировать. Предварительная заготовка на станках гнутья труб (отводов), резьбы сгонов и т. п. упрощает и удешевляет строительную стоимость всей системы.

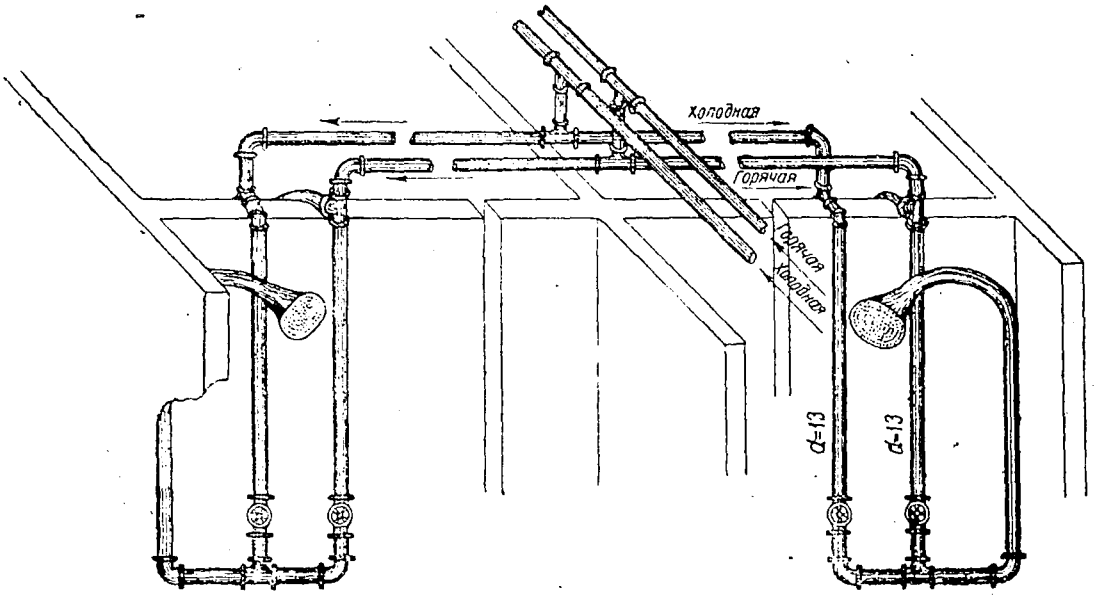
2. Расчет сети

Подбор диаметров труб внутренней сети, определяющий потерю напора в последней, зависит от свободного напора в наружной сети у данного здания. Последний же при проектировании наружной сети ориентиро-

вочно определяется в зависимости от потери напора во внутренней сети, наиневыгодного по конструкции местоположения здания, высоты расположения верхнего водоразборного крана и свободного напора у крана (2—5 *м*).

пользоваться табл. 110 (применяется Металлостройпроектом и Сантехпроектом).

Ориентировочное определение диаметров магистральной кольцевой сети хозяйственных водопроводов (не противопожарных) может



Фиг. 306. Детали подвода воды к душам.

Когда же (что имеет место в большинстве случаев) внутренняя хозяйственно-питьевая сеть является в то же время противопожарной, диктующим является напор на тушение пожара из внутренних пожарных кранов — весьма значительный при высоких цехах, и подбор диаметров отдельных трубопроводов (стояков, разводки к приборам) идет в сторону возможного уменьшения их.

Московские практические нормы дают диаметры в зависимости от типа и количества приборов, а также и давления в сети (табл. 109), которые можно назначать при давлении в сети до 1—3 *ат*.

Таблица 109

Подбор диаметров ответвлений при давлении до 3 *ат*

Диаметр труб	Наименование приборов	Количество приборов при давлении 3 *ат*	Количество приборов при давлении 1 *ат*
13	Клоз.-бачки	1—3	1—2
19	„	4—7	3—5
25	„	8 и более	6 и более
13	Раковины	1—2	1
19	„	3—5	2—3
25	„	6 и более	4 и более
19	Мойки	1—2	1
25	„	3—4	2—3
32	„	5 и более	4 и более

Для определения диаметров ответвлений от магистрали к отдельным санитарным приборам при давлении в сети более 3 *ат* можно

Таблица 110

Подбор диаметров ответвлений при давлении в сети более 3 *ат*

Число приборов	Диаметры труб в миллиметрах: клозбачки	умывальн. на 1 кр.	раковины	писсуары	души	мойки
1	13	13	13	13	13	19
2	13	19	13	13	19	19
3	19	19	19	13	19	25
4	19	25	19	13	25	25
5	19	25	25	13	25	25
6	25	25	25	19	25	32
7	25	25	25	19	32	32
8	25	32	25	19	32	38
9	25	32	32	19	32	38
10	25	32	32	19	32	38
11	32	38	—	25	32	—
12	32	38	—	25	38	—
13—15	32	38	—	25	38	—
15—20	38	50	—	25	50	—

Дырчатая омывная труба писсуарного корыта должна быть $d = 19$ *мм*.

быть сделано по табл. 102, аналогично подбору диаметров труб в жилых зданиях.

Для хозяйственно-противопожарных водопроводов промышленных предприятий (учитывая высокий постоянный напор в сети нередко в 3 *ат* и более) может быть применена табл. 111, допускающая значительно большее число кранов на трубы одинакового диаметра или уменьшение диаметра (по сравнению с табл. 102) при одинаковом числе приборов.

Таблица 111

Подбор диаметров труб хозяйственно-противопожарных водопроводов [1]

% одновременного действия кранов	13	19	25	32	38	50	63	75	100
100	1	2	4	8	15	31	53	97	205
85	1	2	6	10	18	37	62	114	241
75	1	3	6	11	21	42	70	129	273
60	2	3	8	14	26	52	88	161	341
50	2	4	9	17	31	63	105	193	410
40	2	5	12	21	40	79	132	242	512
30	3	7	16	28	52	105	176	323	684
25	4	9	19	34	63	126	212	388	820
20	5	11	24	42	79	158	265	485	1 025
15	7	15	32	56	105	211	352	646	1 370
10	10	22	48	85	158	317	529	969	2 050

Примечание. Таблица предусматривает подводку по всем приборам кранов 13 *мм*. Числа в табл. обозначают количество кранов $d = 13$ *мм*.

Более точный расчет сети и определение потери напора производятся по формулам и расчетным таблицам (стр. 291).

Порядок применения вышеуказанных норм для определения диаметров труб внутренних водопроводов промышленных предприятий рекомендуется следующий. Диаметры ответвлений к отдельным приборам определяются по табл. 109 или 110. Для ориентировочных расчетов, целью которых является только подбор диаметров, применимы таблицы 102 или 111, в зависимости от давления в сети.

Для окончательного определения диаметров и потерь напора в магистральных кольцах расчет производится по формуле Вейсбаха (табл. 105), принимая наиневыгоднейший случай: 100% действия душей и умывальников (окончание работы смены). Остальные хозяйственные расходы не учитываются, но учитываются производственные и противопожарные расходы, если таковые имеются.

Нормы расхода воды для душей и умывальников следующие: 1) Для душей; 0,11 *л/сек* (6-минутное действие душа при 40 *л* расхода).

2) Для умывальников (1 кран): 0,07 *л/сек* [1].

В исключительных случаях (одном-двух из общего числа промышленных зданий высоких цехов с бытовыми помещениями в верхних этажах) бывает невыгодно устраивать внешнюю сеть под высоким напором, обеспечивающим подачу воды и в высокорасположенные бытовые помещения; для подачи воды в такие бытовые помещения целесообразнее прибегать к устройству запасного бака, наполняемого в часы минимального водоразбора или специальным насосом или пневматической установкой.

Инж. *А. И. ШНЕЕРОВ*

V. СПЕЦИАЛЬНАЯ ПИТЬЕВАЯ ВОДОПРОВОДНАЯ СЕТЬ

I. Назначение и схемы питьевой сети и расчетные расходы воды

Существующие положения требуют снабжения промышленных предприятий питьевой водой надлежащего качества. На промышленных предприятиях питьевая вода получается или из хозяйственно-питьевого водопровода, если она по качеству пригодна для питья без очистки, или из специальной питьевой сети.

Имеется 2 основных типа питьевых водопроводных сетей:

1) Отдельная питьевая сеть, питаемая от общей хозяйственно-питьевой сети без специального приготовления воды [2].

2) Специальная питьевая сеть (внутренняя и наружная) с централизованным приготовлением воды.

По первой схеме (в большинстве случаев) питание питьевой сети водой производится так, чтобы вода не проходила через подземные резервуары (пожарный запас), так как в результате застоя воды в резервуаре при недостаточном обмене может произойти резкое ухудшение ее физических свойств (запах, вкус). По этой причине была устроена отдельная питьевая сеть на заводе шариковых подшипников им. Кагановича в Москве, проложенная по главному корпусу завода (фиг. 307) и питаемая непосредственно от городского водопровода.

Вместе с тем все возрастающие требования нашей промышленности заставляют, в целях снабжения занятых на предприятии рабочих водой надлежащего качества, уже в ближайшие годы перейти на устройство отдельных питьевых сетей с предварительным централизованным приготовлением воды. Приготовление воды заключается в кипячении (в случае, если вода в сыром виде непригодна для питья), остужении и охлаждении (летнее время, горячие цеха), в некоторых случаях с добавлением соли.

Кипячение в специальных кипятильниках обычно продолжается от 15 до 30 мин., не считая времени, затраченного на подогрев. Согласно требованиям Наркомздрава, в целях полной стерилизации воды требуется давать ей перегрев в течение 15 мин. Остужение в холодильниках происходит до температуры в 15°, после чего обычно вода насосами по-

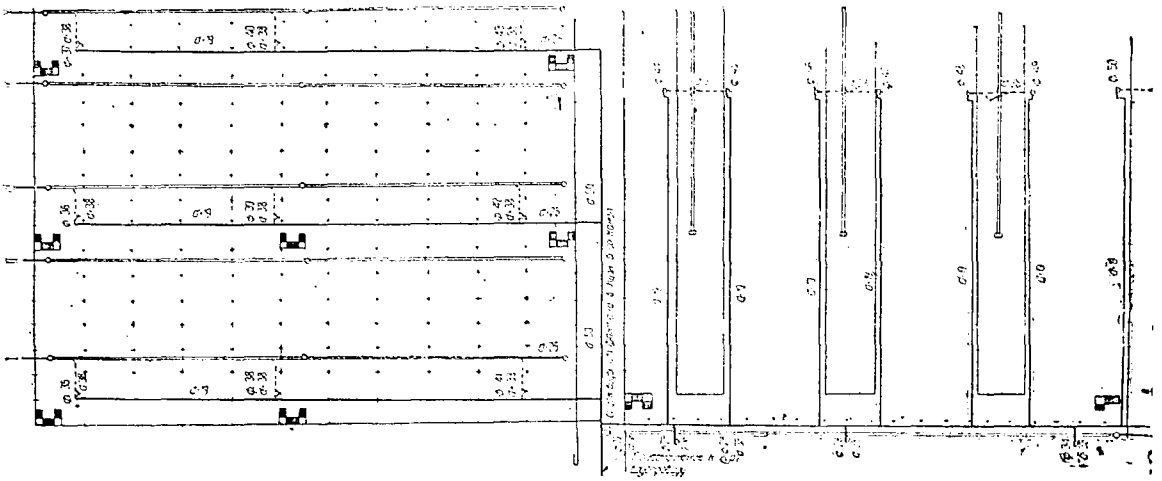
[1] Составлена Металлстройпроектом по данным американской практики.

[2] Вода — надлежащего качества, вполне пригодна для питья.

[1] Рекомендовано IV Всесоюзным водопроводным и санитарно-техническим съездом.

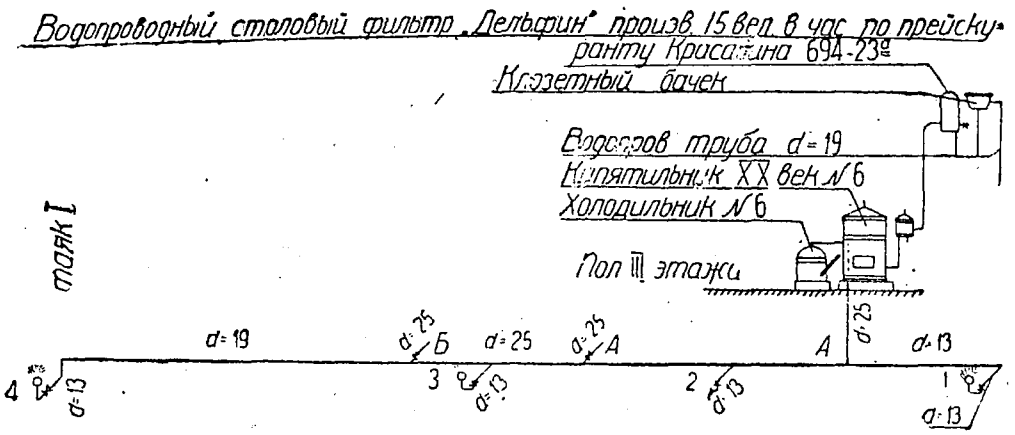
лается к местам потребления. Кипятильники и холодильники монтируются вместе (фиг. 308).

В летнее время температура воды в сети водопровода зачастую превышает 20°. Употребление воды такой температуры не только неприятно, но и не утоляет жажду. Вместе с тем, в жаркие дни, при физической работе количество воды, поглощаемое человеком, увеличивается с тяжестью работы. Введение в организм человека излишнего количества влаги вредно отражается на здоровье, и поэтому следует принять меры, обеспечивающие минимальное потребление воды и вместе с тем утоление жажды. Этому способствует охлаждение воды и введение в воду специальных добавок, из которых лучшее действие показывает поваренная соль. Надо отметить, что пресная вода, даже остуженная, не всегда достаточно утоляет жажду. Опыты, произведенные Государственным институтом охраны труда показывают, что в горячих цехах, в целях уменьшения потребления воды, должно быть рекомендовано употребление воды с добавкой 0,75% поваренной соли, т. е. 7,5 г соли на литр воды [1]. При установке баков с пресной водой или с примесью соли должно быть применено охлаждение находящейся в них воды, помощью змеевика с проточной водой, проложенного по дну.



Фиг. 307. Схема питьевой сети.

Для расчета установок и сети питьевой воды требуется определить количество расходуемой воды на питьевые нужды. Новизна этого вопроса в наших условиях не позволяет предложить точных норм расхода воды, и до их уточнения в практику могут быть введены следующие данные:



Фиг. 308. Водопроводная сеть для подачи кипяченой воды.

Расход питьевой воды на 1 рабочего в смену . . . . . 5 *л*

Максимальн. часовой расход воды на 1 чел. . . . . 2 *л* (для расчета сети)

Расход воды на 1 питьев. фонтанчик . . . . . 4—6 *л/мин* или 0,7 *л/сек.*

[1] Дукельская, Питьевой режим в горячих цехах.

2. Описание установки для централизованного приготовления воды

В практике нашего строительства до сих нор не было случая устройства крупных централизованных установок для приготовления воды. Примером служит установка, запроектированная для одного из наших тракторных заводов, пожелавшего иметь у себя централизованную установку для охлаждения воды в летнее время до 6—8° и подачу ее в горячие цеха. Не касаясь вопроса в части температурных требований завода, являющихся несколько рискованными с точки зрения влияния температур такого порядка на организм, ниже приводится описание схемы в том виде, как это намечалось эскизным проектом [1].

По заданию обслуживаются в смену 7062 рабочих и служащих, распределенных в 4 цехах—литейном, механосборочном, кузнечном и инструментальном. Расход воды на питьевые нужды составляет в смену 35 310 *л* или средний часовой—5044 *л*.

Максимальный часовой расход, исходя из расхода одним рабочим 2 *л*, выражается в 14 124 *л*. Вода из городского водопровода, по требованию местных санитарных органов, подвергается кипячению, после чего поступает на охладительную установку. Кипячение производится в специальных баках, по дну которых проложены змеевики, снабжаемые паром от специально для этой цели установленных паровых котлов. Для экономии топлива в схему введен так называемый теплообменивать, в котором кипяченая вода по трубам протекает встречным потоком по отношению к вводимой холодной и теряет значительную часть своего тепла, отдавая его холодной воде, в свою очередь идущей на кипячение. В результате этого температура холодной воды повышается до 50°, а горячей снижается до 35°. После теплообменивателя вода проходит окончательное охлаждение до требуемой температуры в рассольном противоточном охладителе. В рассматриваемом случае принята система рассольного охладителя (хлористый натрий), так как применение аммиачного охлаждения создает опасность проникновения аммиака через неплотности трубопровода в воду.

3. Питьевые фонтанчики

На сети, разводящей питьевую воду, устанавливаются специальные приборы для разбора воды, так называемые „питьевые фонтанчики".

Количество питьевых фонтанчиков должно быть в соответствии с количеством обслуживаемых ими людей. Опытные наблюдения, произведенные в Америке, показывают, что один питьевой фонтанчик легко обслуживает 50 человек. Обслуживание одним питьевым фонтанчиком более 70 человек не рекомендуется. На наших промышленных предприятиях, где расстановка питьевых фонтанчиков производится сантехником совместно с технологами, определяющими их число и местоположение в зависимости от производственных процессов, можно временно, до уточнения этого вопроса, принять для машиностроительных и холодных цехов установку одного фонтанчика на 75 рабочих и в горячих цехах на 20—25 человек. Следует практиковать установку питьевых фонтанчиков в помещениях для приема пищи, в умывальных и раздевальных при душевых.

По своей конструкции фонтанчики бывают половые, устанавливаемые в коридорах, пролетах между колонн и других соответствующих местах, и стенные, устанавливаемые на стенах и на колоннах. Высота фонтанчика обеспечивает правильное его использование. Американцами рекомендуется следующая высота питьевых фонтанчиков: для детских садов—700 *мм*, школ подростков 750 *мм*, школ взрослых от 750 до 900 *мм*, фабричных зданий от 900—975 до 1050 *мм*.

Питьевые фонтанчики должны отвечать всем требованиям санитарии и гигиены. Струя фонтана должна быть не слишком высокой и не слишком низкой и сохранять постоянную высоту, в случае увеличения давления в сети. Достигается это помощью специального автоматического приспособления.

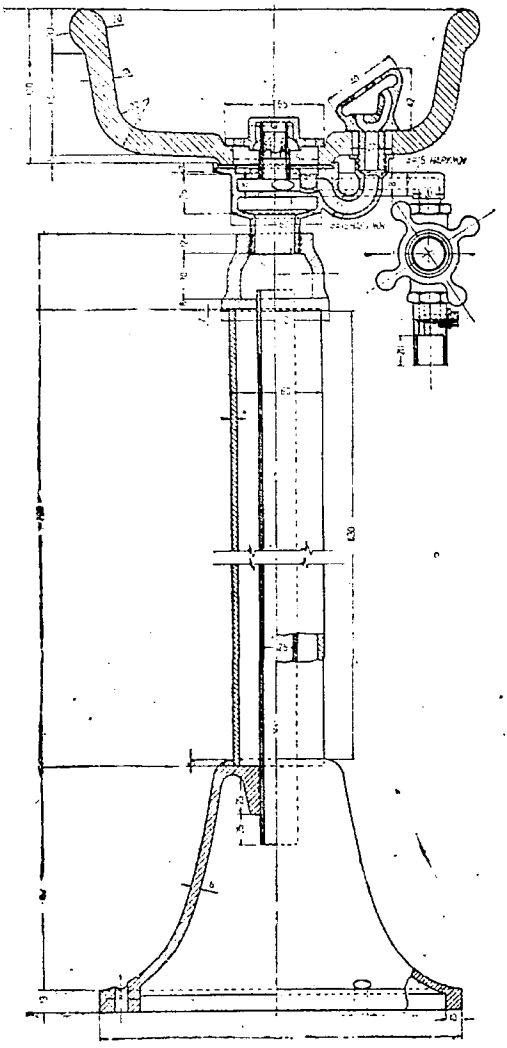


Фиг. 309. Двухструйный американский питьевой фонтанчик.

В Америке лучшими питьевыми фонтанчиками считаются приборы, основанные на так называемой двухструйности (фиг. 309), так как в этом случае пьющий не касается на-

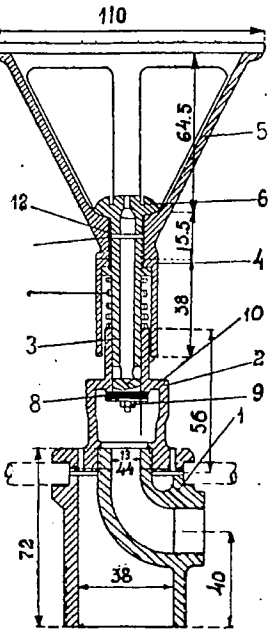
[1] Проект разрабатывался группой инженеров Хладотроя.

садки фантанчика, что делает эту конструкцию наиболее приемлемой с санитарной точки зрения. На фиг. 310 представлен питьевой фонтанчик, получивший широкое распространение в Америке и установленный в автосборочной мастерской имени КИМ в Москве. В практике нашего строительства применяется установка питьевых фонтанчиков, изготовляемых трестом „Арматрест". фиг. 311 представляет питьевой фонтанчик, изготовляемый „Арматреетом", рекомендуемый к установке соответствующими санитарными организациями. Следует указать, что другой тип питьевого фонтана, приведенный в каталоге „Арматреста" (фиг. 312), должен быть изъят из применения в силу явной его негигиеничности, получаемой в результате стекания воды с поверхности губ и рта в нажимный конус.



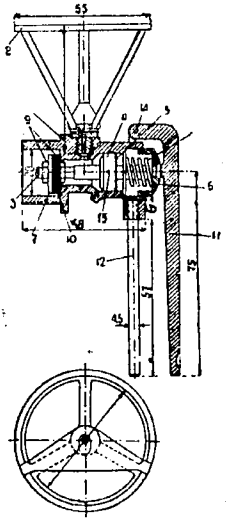
Фиг. 310. Питьевой фонтанчик американского типа.

Вне зависимости от конструкции фонтанчики снабжаются чашей, в которую стекает вода во время пользования фонтанчиком; выпуск этой воды происходит в ближайшую подземную сеть (уложенную под полом) канализации или водостоков, причем в случае



Фиг. 311. Питьевой фонтанчик (удовлетворительная конструкция).

спуска в первую на отводной линии должен быть установлен водяной затвор. Отвод производится помощью чугунных канализационных



Фиг. 312. Питьевой фонтанчик (неудовлетворительная конструкция).

труб, присоединяемых к подземной сети посредством специальных фасонных частей, уста-

новленных на линии. Фонтанчики бывают непрерывного и периодического действий. В производственных корпусах в целях экономичности рекомендуется установка фонтанчиков периодического действия. Непрерывное действие может быть допущено лишь в местах общественного скопления народа (бульвары, парки и т. д.).

4. Данные для расчета и монтажа сети

Расчет сети ведется по числу обслуживаемых ею приборов обычным способом, применяемым при расчете водопроводных сетей. Для расчета сети количество одновременно действующих фонтанчиков, при большом их числе, принимается в 50% от общего числа, установленного на сети.

Сеть монтируется из чугунных или железных оцинкованных труб, прокладываемых в полу помещения или подвешенных под потолком. Рекомендуется укладка сети питьевого водопровода непосредственно в земле под полами, так как в этом случае создаются наилучшие температурные условия. Не следует допускать укладки труб питьевой сети в каналах, служащих для прокладки теплофикационного трубопровода.

Доц. *Ф. И. ЭКМАН*

VI. СНАБЖЕНИЕ ГОРЯЧЕЙ ВОДОЙ

1. Нормы расхода, температуры и разбора горячей воды

Расход горячей воды на 1 душ в промышленных предприятиях принимается в 40 *л* на человека. Температура воды 35° Ц. Продолжительность принятия душа—5 мин. Общая продолжительность работы душевой по окончании смены—1/2 часа.

Расход горячей воды на одно умывание из умывального крана считается обыкновенно 4 *л* в минуту. Температура воды 20—35°. Продолжительность одного умывания—1 мин.

Количество горячей воды, потребное для целей производства, а также и температура определяются в каждом отдельном случае в зависимости от условий технологического процесса производства, при этом расход горячей воды из разборных кранов различных диаметров может быть принят:

Проход крана *мм*	Раоход горячей воды *л/мин*	*л/сек*
13	12	0,2
19	18	0,3
25	36	0,6

2. Расписание часовых расходов тепла

Расход тепла измеряется в *кг*-калориях, обозначенных в дальнейшем „единицами тепла" (ТЕ), при этом все расходы отнесены по возможности к 1 час. для удобства расчета.

Потребная теплоотдача и режим работы котлов, бойлеров и других приспособлений для приготовления горячей воды определяется на основании расписания расходов горячей воды и тепла (с учетом потерь) по часам дня. Поэтому при проектировании установок горячего водоснабжения необходимо составить расписание расходов тепла.

В нижеприведенной сводке (относящейся к фабрике-кухне) дан пример составления такого расписания.

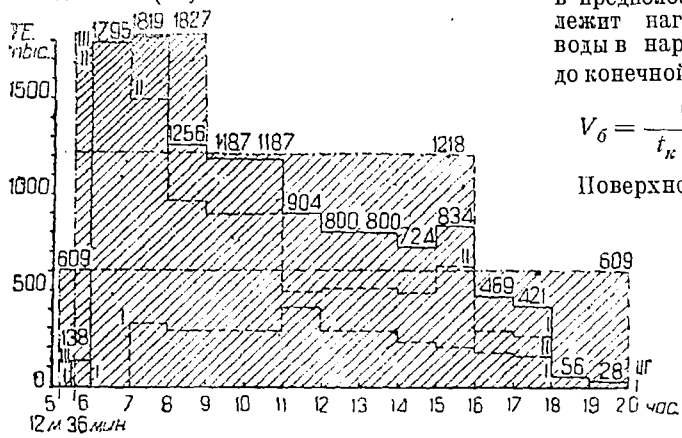
Весьма наглядным является графическое изображение колебания часовых расходов тепла в виде диаграммы (фиг. 313), на которой нанесены время в часах и расходы тепла, соответствующие графам 9, 10, 11 предыдущей сводки. Получаются 3 диаграммы: часовых

Таблица 112

Сводка часовых расходов тепла

Часы	Варочн. котлы		Мойки		Мармиты	Кипятильник	Души	Всего		Общ. раох. тепла
	варка (пар)	мытье (гор. вода)	(гор. вода)	(доб. пар)	(пар)	(пар)	(гор. вода)	гор. воды	пара	
	ТЕ	ТЕ	ТЕ	ТЕ	ТЕ	ТЕ	ТЕ	ТЕ	ТЕ	ТЕ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5 1/2—6	—	—	—	—	—	—	8 000	138 000	—	138 000
6—7	1 795 000	—	—	—	—	—	—	—	1 795 000	1 705 000
7—8	1 350 000	331 400	—	—	—	138 000	—	331 400	1 488 000	1 819 400
8—9	897 500	289 900	—	—	—	69 000	—	289 900	996 500	1 266 400
9—10	897 500	289 900	—	—	—	—	—	289 900	897 500	1 187 400
10—11	897 500	289 900	—	—	—	—	—	289 900	897 500	1 187 400
11—12	448 240	414 400	41 400	—	—	—	—	455 800	448 240	004 040
и т. д.										

расходов горячей воды (I), пара (II) и общий расход тепла (III).



Фиг. 313. Диаграмма часового расхода тепла.

3. Определение поверхности нагрева паровых котлов

По сводке или же по диаграмме часовых расходов тепла определяется максимальный часовой расход пара (с учетом потерь) в 1 819 400 ТЕ (утром от 7—8 час.). Это количество тепла должно производиться паровыми котлами, поверхность нагрева F_k которых определяется $F_k = \frac{Q_k}{K}$, где Q_k — требуемая часовая теплоотдача котлов—1 819 400 ТЕ; K— теплоотдача 1 $м^2$ поверхности нагрева котлов.

При топке антрацитом и при естественной тяге для чугунных котлов $K = 7000$ ТЕ,

для железных котлов $K = 8000$ ТЕ,

при дутьевой топке для железных котлов $K = 15\,000$ ТЕ.

Останавливаемся в данном случае на железных котлах корнваллийской системы с дутьевой топкой, принимая во внимание большую требуемую поверхность нагрева

$$F_k = \frac{1\,819\,400 \text{ ТЕ}}{15\,000 \text{ ТЕ}} = 121{,}3 \text{ } м^2$$

и назначаем к установке 3 паровые котла низкого давления по $F_k' = \frac{121{,}6}{3} = 40{,}4 \text{ } м^2$, выбираем по каталогу какого-либо завода котлы поверхности, скажем, по 40,6 $м^2$ каждый полезной емкости $V_k' = 9$ $м^3$.

4. Определение размеров бойлера и змеевика

По графику максимальный часовой расход горячей воды от 11 до 12 час. $Q_ч$ — 414 400 ТЕ (с учетом всех потерь). Если назначить предельный нагрев воды в бойлере до 70° [1], то емкость бойлера $V_б$ определяется в литрах в предположении, что каждый литр воды подлежит нагреву от начальной температуры воды в наружном водопроводе зимой [1]. $t_н = 0°$ до конечной температуры нагрева, $t_к$—70° Ц.

$$V_б = \frac{Q_м}{t_к - t_н} = \frac{414\,400 \text{ ТЕ}}{70° - 0°} = 5920 \text{ } л.$$

Поверхность нагрева парового змеевика

$$F_з = \frac{Q_ч}{k\,(t_п - t_с)},$$

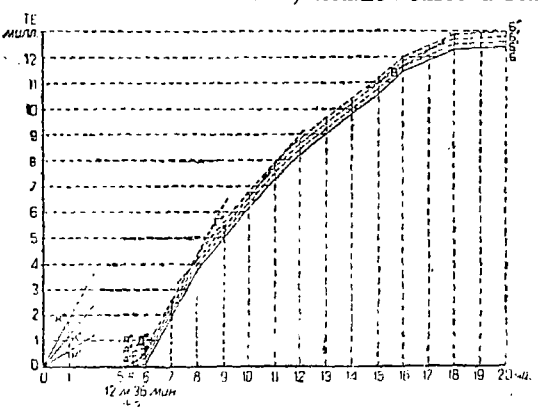
где $Q_ч$ — часовая теплоотдача змеевика, которую принимаем по максимальному расходу $Q_м$ — 414 400 ТЕ; k — коэфициент теплопередачи из пара в воду через железную стенку — 900, через медную стенку—1000; учитывая образование накипи, принимаем для железного змеевика k=800; $t_п$ — температура пара низкого давления положим 0,5 *ати* $t_п = 110°$, $t_с$ — средняя температура воды в бойлере

$$t_с = \frac{t_н + t_к}{2} = 35°, F_з = \frac{414\,400 \text{ ТЕ}}{800\,(110 - 35°)} = 6{,}91 \text{ } м^2.$$

Эта поверхность является несколько преувеличенной и может быть сокращена, как ниже будет выведено, по кривой суммарных часовых расходов тепла (горячей воды).

5. Построение кривой суммарных расходов тепла

Для проверки поверхности нагрева (теплоотдачи) котлов и змеевиков и для выявления целесообразного режима их расходов (продолжительности натопки) можно пользоваться



Фиг. 314. Диаграмма суммарного раохода пара.

кривыми суммарных расходов тепла (пара) и горячей воды. Построение этих кривых производится на основании сводки или диа-

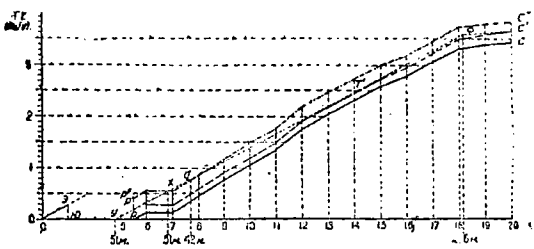
[1] В данном случае при расположении бойлера в котельной и обслуживании его квалифицированным персоналом (истопником) нагрев может быть назначен до 70° Ц. При отсутствии надлежащего ухода, следует понизить предельный нагрев воды до 60° Ц в предупреждение случайного перегрева воды по недосмотру.

[1] Зимою температура воды в речных водопроводах понижается до 2°, так что можно принять начальную температуру воды с некоторым округлением 0°. Вообще же температура воды зависит от климатических условий местности и в разных районах неодинакова.

граммы часовых расходов и показана на фиг. 314 и 315. На первой фигуре по оси абсцисс отложено время в часах и по оси ординат суммарные расходы тепла из графы 11 сводки (1 *см*=1 000 000 ТЕ), например в точке оси абсцисс, отвечающей „8 часам", на ординате отложена сумма расходов тепла с 5 1/2 до 8 час., а именно, — 3 752 400 ТЕ и т. д. Таким образом получается кривая *А—Б*. По аналогии производится построение кривой *Р—С* суммарных расходов горячей воды (фиг. 315).

6. Режим работы паровых котлов

По предыдущему назначены к установке 3 железных паровых котла низкого давления корнваллийской системы, поверхности нагрева каждый по 40,6 *м*² с теплоотдачей при дутьевой топке по 15 000 ТЕ. Изображаем теплоотдачу одного котла: $Q'_к$=40,6×15 000=609 000 ТЕ лучом *О—К* (рис. 314), проведенным из начала



Фиг. 315. Диаграмма суммарн. расходов горячей воды.

координатной системы (*О*) к ординате 609 000 ТЕ, установленной на абсциссе 1 *см* = 1 час. По аналогии луч *О — К''* изображает часовую теплоотдачу двух котлов $Q''_к$ = 2.609 000 = = 1 218 000 ТЕ и луч *О—К'''* — соответствует часовой теплоотдаче всех трех котлов $Q_к'''$=3.609 000=1 827 000 ТЕ. Так как при действии одного котла тепло расходуется не только на покрытие расходов тепла в сети (с потерями), но и на покрытие потерь тепла вследствие остывания воды в котле во время ночного перерыва в работе установки, каковое остывание примем для расчета примерно в 20°, то требуется, очевидно, получать с котла не только количества тепла, изображенные кривой *А—Б*, но и некоторое добавочное количество тепла. При полезной емкости одного котла $V_к$ = 9 *м*³ или 9000 *л* эта потеря тепла составляет с запасом в 10% на прогрев обмуровки $\Delta Q_ж$ = = 9000·20°·1,10 ~ 200 000 ТЕ. На такое количество тепла следует кривую исправить, которая вследствие этого переместится на

$$\frac{10\ мм \cdot 200\,000\ ТЕ}{1\,000\,000\ ТЕ} = 2\ мм \text{ вверх.}$$

Для двух паровых котлов нужно по изложенному считаться с перемещением кривой суммарных расходов тепла на 2·2 *мм* = 4 *мм* вверх в положение *А''—Б''*, а при одновременной работе трех котлов с перемещением кривой в положение *А'''-Б'''*.

Рассмотрим работу одного парового котла. Его теплоотдача изображается лучом *О—К* (фиг. 314). Расход тепла (пара), который должен покрывать котел, характеризуется кривой *А' — Б'*. Проводим касательные к кривой *А' — Б'*, параллельные лучу *О — К'*, и находим точки *А'* и *Б'*; касательная к точке *А'* пересекает ось абсцисс в точке *Ж*. Из построения делаем следующие выводы.

Один паровой котел в состоянии обслуживать нужды производства утром от 5 1/2 (точка *А'*) до 6 час. и с 16 час (точка *Б*) до конца работы установки. Натопка котла должна начаться с 5 час. 12 мин. (точка *Ж*).

Теплоотдача при работе двух паровых котлов изображается лучом *О—К''*. Покрываемый этими котлами расход тепла определяется кривой *А''—Б''*. Проводим к этой кривой касательную, параллельную лучу *О—К''*, и находим точку *Г''*, которая означает, что с 9 час. утра достаточно работы двух паровых котлов.

Теплоотдача всех трех паровых котлов изображается лучом *О—К'''*; проведя к кривой *А'''—Б'''* (однако без учета участка *А'''—Д'''*, так как по предыдущему с 5 1/2 до 6 час. хватит работы 1 котла) касательную, параллельную лучу *О—К'''*, находим точку *Д'''* и делаем вывод, что с 6 час. утра требуется совместное действие всех трех паровых котлов. Продолжая касательную до пересечения с осью абсцисс, находим точку *З*, определяющую начало натопки двух дополнительных паровых котлов с 5 час. 36 мин. утра. Таким образом установлен следующий режим работы котлов.

С 5 час. 12 мин. производится натопка 1 парового котла, с 5 час. 36 мин. натопка прочих двух котлов. С начала производства в 5 ч. 30 мин. работает 1 паровой котел; с 6 час. действуют все три котла, с 9 час. два котла и с 16 час. до конца работы фабрики-кухни опять один котел.

7. Режим работы паровых змеевиков бойлера

По предыдущему емкость бойлера составляет 5,92 *м*³ или 5920 *л*. Расход горячей воды изображен на фиг. 315. Так как горячая вода должна поступать к точкам разбора температуры не ниже 60°, то в верхних слоях бойлера температура воды к концу разбора должна быть во всяком случае не ниже 60°. Если предположим равномерное возрастание температуры в бойлере от нижних слоев 0° до верхних 60°, то можно сделать заключение, что бойлер должен содержать сверх тепла по кривой *Р—С* еще некоторый добавочный запас тепла, соответствующий средней температуре воды, оставшейся в бойлере $t_c = \frac{0°+60°}{2} = 30°$, откуда определяется минимальный добавочный запас тепла $\Delta Q'_б$=5920 *л*·(30°—0°)~180 000 ТЕ. Если это количество тепла по масштабу прибавить к ординатам кривой *Р - С*, то последняя перемещается на $10\ мм \cdot \frac{180\,000\ ТЕ}{500\,000\ ТЕ} =$ = 3,6 *мм* вверх в положение *Р'—С'*. По преды-

дущему был назначен предельный нагрев воды в бойлере до 70°. Количество тепла, потребное для этого нагрева, $\Delta Q''_{б} = 5920\,л\,(70°—0°) = 414\,400$ ТЕ. Таким образом кривая расходов тепла, перемещенная соответственно этому расходу на 10 *мм* · $\frac{414\,400\ ТЕ}{500\,000\ ТЕ} = 8{,}28$ *мм* вверх против основной кривой $P—C$, определяет предельно допускаемое накопление тепла в бойлере. Обозначаем эту кривую $P'—C''$. По кривым $P'—C'$ и $P''—C''$ легко выявить минимальную потребную поверхность нагрева змеевика в бойлере. Для этой цели проводим прямую, касательную к кривой $P'—C'$. Точками касания являются P' и T' (14 час.). Касательную $P'—T''$ продолжаем до пересечения с осью абсцисс в точке У и до пересечения с горизонталью через конечную точку C' - в точке $Ф$. Проверяя положение касательной $P'—T'—Ф$ по отношению к кривой $P''—C''$, замечаем, что она, вообще говоря, расположена ниже ее и только в точках Х и Ч (около 7 час.) пересекает ее, поднимаясь на незначительную величину выше нее, что указывает на необходимость уменьшения в это время подачи пара во избежание перегрева воды. Проведя через начало координат луч $О—Э$, параллельный прямой $P'—T''$, определяем, что теплоотдача змеевика должна составлять $Э—Ю = 5{,}2$ *мм*, что по масштабу соответствует $Q_{з} = 0{,}52$ *см* · 500 000 ТЕ = = 260 000 ТЕ в час при поверхности нагрева

$$F_{з} = \frac{Q_{з}}{\varkappa\,(t_{п} - t_{с})} = \frac{260\,000\ ТЕ}{800\,(110 - 35°)} = 4{,}53\ м^{2}.$$

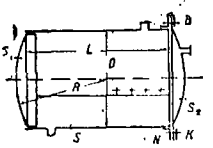
Режим работы парового змеевика определяется: впуск пара в змеевик с 4 час. 51 мин. утра (точка У), убавление подачи пара от 6 час. 51 мин. (точка Х) до 7 час. 42 мин. (точка Ч), прекращение подачи пара в 18 час. 6 мин. (точка $Ф$). Такой режим обеспечил бы наиболее спокойную работу бойлера без вредного перегревания, часто наблюдаемого в производствах с сильно колеблющимися расходами (как в данном случае) особенно при отсутствии на нашем рынке автоматических регуляторов температуры воды.

В данном примере получается невязка между началом работы змеевика и ранее установленным временем натопки парового котла (5 час. 12 мин.). Необходимо внести поправку и начать натопку парового котла пораньше, с учетом времени, потребного для нагрева остывшей воды в котле, которое соответственно отрезку $Ж—Д$ на оси абсцисс (фиг. 314) составляет 18 мин., что определяет момент натопки парового котла с 4 час. 51 мин. — 18 мин. = 4 час. 33 мин. утра. Или необходимо увеличить теплоотдачу (поверхность нагрева) змеевика, что позволит соответственно сократить время натопки котла.

8. Конструкции бойлеров

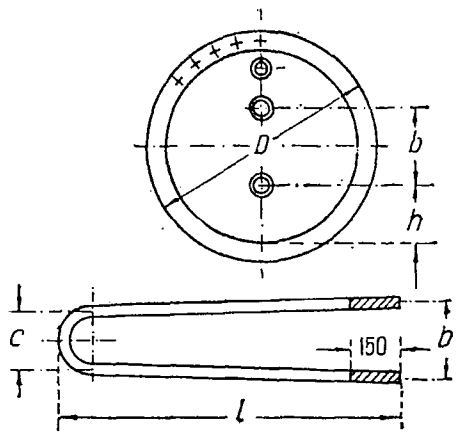
В промышленных предприятиях нагрев горячей воды производится чаще всего в бойлерах с паровыми змеевиками, трубами или рубашками. Для заготовки значительных количеств горячей воды применяются противоточные пароводонагреватели.

I. Железные бойлера малой теплоемкости с вертикальными змеевиками из газовых труб в одну или две, иногда три ветви показаны на фиг. 316. Каждая ветвь змеевика исполняется в два или четыре хода, смотря по потребной теплоотдаче змеевика (фиг. 317 и 318).

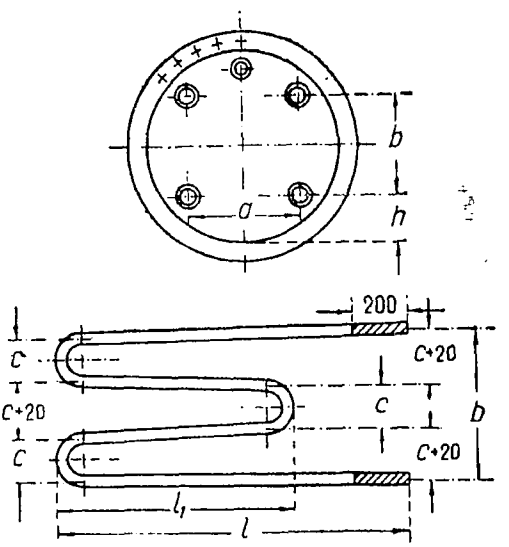


Фиг. 316. Бойлер с вертикальным змеевиком.

Применение их ограничено и возможно лишь в случаях, когда расход тепла (горячей воды) более или менее равномерный, как например в заводских душевых, работающих с совершенно постоянной нагрузкой в течение $^{1}/_{2}$ часа после смены.



Фиг. 317. Змеевик в 2 хода.



Фиг. 318. Змеевик в 4 хода.

Типовые размеры бойлеров и змеевиков Моспроекта указаны в табл. 113 и 114.

Таблица 113

Типовые размеры бойлеров на рабочее давление 5 *ат*.

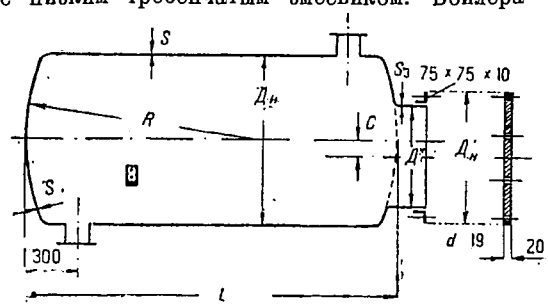
Тип	Емкость V в *л*	Внутренний диаметр D в *мм*	Длина цил. ч. L в *мм*	Радиус сферы R в *мм*	Толщина цил. ч. S в *мм*	Толщина сфер. днищ. S_1 в *мм*	Толщина сфер. крышки S_2 в *мм*	Болты: количество n	Болты: диаметр d в *мм*	Размеры полосных уголков N в *мм*	Толщина упл. кольца K в *мм*	Вес в *кг*
I	180	450	1125	900	5	5	6	36	13	60×60×8	—	97
II	600	780	1250	1200	6	6	8	50	16	60×60×10	—	240
III	845	875	1400	1200	6	6	8	45	19	80×80×12	10	337
IV	1450	915	2200	1200	8	8	8	47	19	80×80×12	10	522
V	2500	1250	2035	1500	10	10	10	48	25	90×90×14	12	1064
VI	3470	1250	2735	1500	10	10	10	48	25	90×90×14	12	1242

Таблица 114

Типовые размеры вертикальных змеевиков для пара низкого давления

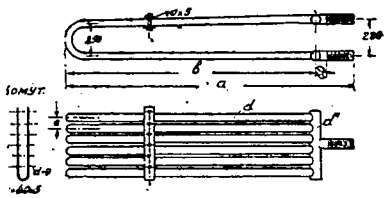
№	К типу бойлера	Часовая теплоотдача Q_3 ТЕ	Поверхность нагрева F в $м^2$	Внутренний диаметр D' в *мм*	Общая длина L в *м*	Чисто ветвей n	Чисто ходов m	a в *мм*	b в *мм*	c в *мм*	h в *мм*	l в *мм*
1	I	15 120	0,290	32	2,19	1	2	—	135	120	132	1100
2	II	50 400	0,989	32	7,34	2	4	200	400	120	143	1250
3	III	70 980	1,36	38	9,00	2	4	200	431	138	145	1400
4	IV	121 800	2,34	51	12,64	2	4	250	580	180	160	1900
5	V	210 000	4,04	76	14,95	2	4	300	814	258	175	2180
6	VI	291 480	5,60	76	20,74	2	4	300	814	258	175	2920

II. Железные бойлера большой теплоемкости с низким гребенчатым змеевиком. Бойлера



Фиг. 319. Бойлер с горловиной.

устраиваются с горловиной и съемной крышкой уменьшенного диаметра по фиг. 319. Змеевик — с одним вводом пара показан на фиг. 320. Часто применяются змеевики с двумя вводами пара, которые однако никаких преимуществ в отношении распределения пара в сущности не имеют. Данные бойлеры



Фиг. 320. Змеевик гребенчатый.

хорошо применимы при колеблющемся расходе горячей воды, как он наблюдается например в фабриках-кухнях. Размеры бойлеров и змеевиков по типам Сантехстроя приведены в табл. 115 и 116.

Таблица 115

Типовые размеры бойлеров с горловиной на рабочее давление 2,5 *ат*

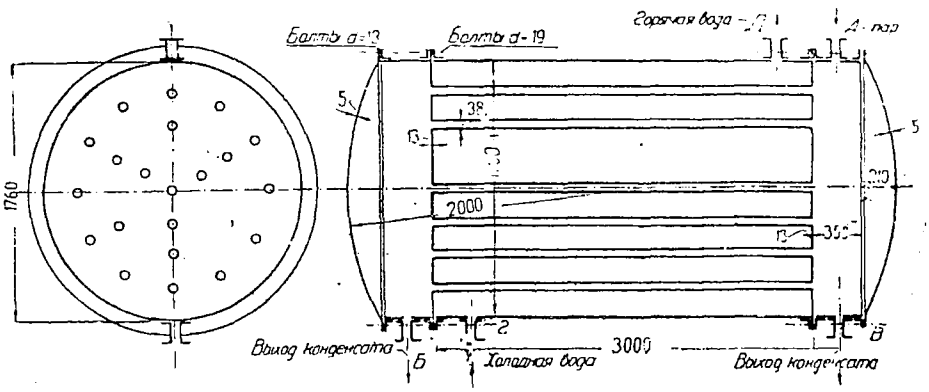
Тип	Емкость V в *л*	Наружный диаметр $D_н$ в *мм*	Длина цил. ч. L_0 в *мм*	Толщина цил. ч. S в *мм*	Толщина сфер. днища S_1 в *мм*	Эксцентриситет C в *мм*	Горловина: внутр. диаметр D' в *мм*	Горловина: толщина S_3 в *мм*	Крышка: наружный диаметр $D'_н$ в *мм*	Крышка: число болтов n	Крышка: диаметр болтов d в *мм*
1	600	650	1900	3	4	—	650	4	808	18	19
2	950	800	1900	4	5	—	600	5	760	12	19
3	1250	800	2600	4	5	—	600	5	760	12	19
4	1550	1000	2000	4,5	6	75	650	6	812	18	19
5	1900	1100	2000	5	6	100	725	6	887	20	19
6	2200	1000	2800	4,5	6	75	650	6	812	18	19
7	2800	1100	2800	5	6	100	725	6	887	20	19
8	3000	1140	2900	5	6	75	800	6	962	22	19

Таблица 116

Типовые размеры гребенчатых змеевиков для пара низкого давления

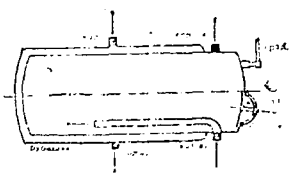
№	К № бойлеров	Часовая теплоотдача $Q_э$ ТЕ	Поверхность нагрева $F_э$ в $м^2$	Внутренний диаметр стр. труб d в $мм$	Диаметр распределительной трубы d' в $мм$	Полная длина a в $мм$	Длина ветвей b в $мм$	Число ветвей n	Расстояние ветвей e в $мм$
1	1—8	45 500	1.00	38	51	1210	1000	3	90
3	1—8	86 200	1.50	38	51	1760	1550	3	90
5	1—8	91 000	2.00	38	51	1760	1550	4	90
10	1—8	131 700	2.50	51	63	1830	1600	4	85
11	3—8	136 500	3.00	51	63	2180	1950	4	85
12	3,6—8	177 200	3.50	51	63	2530	2300	4	85
14	6—8	182 000	4.00	51	63	2830	2600	1	85
18	4—8	222 700	4.50	51	63	2180	1950	6	85
19	6—8	263 400	5.00	51	63	2830	2600	5	85
21	6—8	268 200	5.50	51	63	2630	2400	6	85
22	6—8	273 000	6.00	51	63	2830	2600	6	85
27	8	364 000	8.00	51	63	2830	2600	8	85

III. Железные бойлера с прямыми нагревательными трубами, расположенными между двумя параллельными камерами (паровой и конденсационной) применяются преимущественно в тех случаях, когда требуется большая поверхность нагрева (фиг. 321).



Фиг. 321. Бойлер с параллельными трубами.

IV. Бойлера с рубашками (фиг. 322) применяются главным образом при нагреве малых количеств горячей воды. Их преимущества — хорошие условия нагрева воды в нижней части бойлера. Недостаток — значительная потеря тепла наружной поверхностью рубашки.



Фиг. 322. Бойлер с рубашкой.

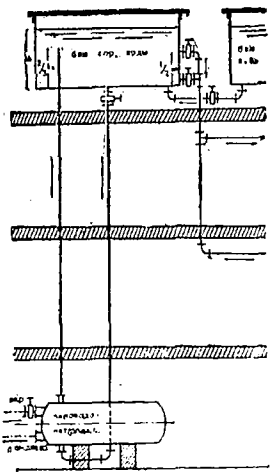
Все перечисленные типы бойлеров изолируются снаружи против потери тепла, чаще всего мастикой (смесью синей глины с шерстяными или бумажными очесами в пропорции 4 : 3 по весу).

Установка бойлеров производится на железных двутавровых балках, заделываемых в кладку стены, или же в целях экономии металла на кирпичных столбиках, реже на деревянных козлах.

Вместо герметических бойлеров в подходящих случаях применяются открытые баки.

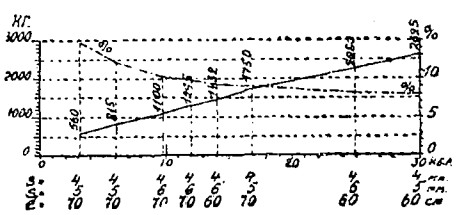
Открытые баки горячей воды изготовляются преимущественно железные, прямоугольной или чаще цилиндрической формы. Верхний уровень воды в баках назначается приблизительно 15—20 *см* ниже верхнего края. Баки снабжаются переливной трубой диаметром в два раза больше диаметра питательной (вернее шарового крана). На 1 *м* ниже дна бака диаметр переливной трубы может быть уменьшен на 1 размер (~12 *мм*). Сигнальная труба присоединяется к баку на верхнем уровне стояния воды. Диаметр сигнальной принимается 13 *мм* при вертикальном направлении и 19 *мм* при горизонтальном направлении ее.

Горячая восходящая труба (фиг. 323) поднимается внутри бака примерно на $^2/_3$ высоты стояния воды в нем ($^2/_3\ h_к$). Обратная циркуляционная труба присоединяется ко дну бака. Расхожая труба горячей воды присоединяется к боковой стенке на полувысоте стояния воды ($^1/_2\ h_к$). Питание горячего бака холодной водой производится из особого бака холодной воды с шаровым краном, причем питательная труба присоединяется ко дну горячего бака [1].



Фиг. 323. Открытый железный бак.

Вес железных цилиндрических баков (со стенками толщиною s и днищами толщиною s_1 в зависимости от расстояния между осями опорных брусьев e) усматривается из следующей диаграммы (фиг. 324), на которой пунктиром показана кривая процентного отношения веса металла к весу содержимой воды.

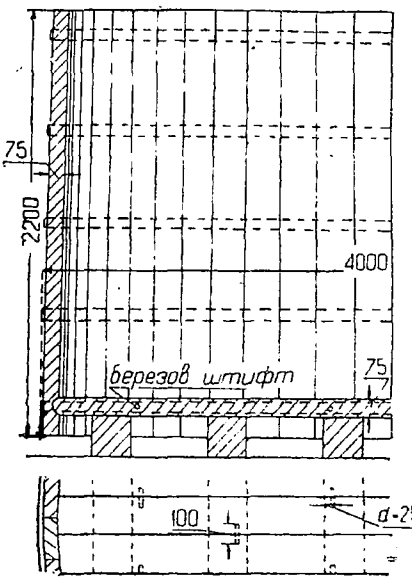


Фиг. 324. Диаграмма веса цилиндрических баков.

В целях экономии металла следует в подходящих случаях останавливаться на применении деревянных баков (фиг. 325). Таковые изготовляются чаще всего в виде цилиндрических книзу слегка суживающихся (уклон образующей $^1/_{30}$) сосудов бондарной работы, снаружи обтянутых железными обручами.

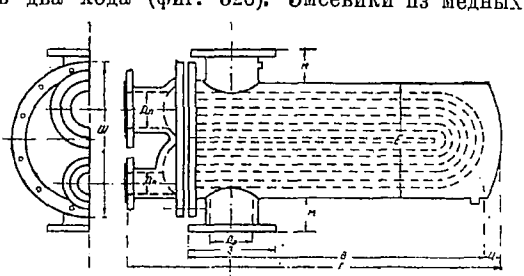
9. Противоточные паро-водонагреватели

Для приготовления больших количеств горячей воды целесообразно применять противоточные пароводонагреватели типа Шафштедт. Приборы — чугунные, с двумя рядом располо-



Фиг. 325. Деревянный бак.

женными камерами (паровой и конденсационной), между которыми проложено большое количество дугообразно изогнутых змеевиков в два хода (фиг. 326). Змеевики из медных



Фиг. 326. Пароводонагреватель.

труб небольшого диаметра. Водное пространство разделяется продольной перегородкой на 2 части, что удлиняет путь, проходимый водой внутри нагревателя.

Размеры баков [2]

Емкость в $м^3$	10	15	20	25	30	40	50
Внутренний диаметр в $м$	2,5	3	3,5	4	4	4	5
Полная высота в $м$	2,2	2,2	2,2	2,2	2,5	3,3	2,6
Толщина стенок и днищ в $см$	6	6,5	7	7,5	7,5	8	8

Соединение днища с боковой стенкой производится на косой шип, заходящий в стенку примерно на $^1/_3$ ее толщины. Плоские днища деревянных баков опираются на деревянные брусья (через 0,6—0,7 $м$) во избежание их прогиба под тяжестью воды.

10. Монтаж трубопровода горячей воды

Трубопровод горячей воды прокладывается в промышленных зданиях из железных труб. Преимущественно применяются для линии малых диаметров (13—100 $мм$) газовые трубы с муфтовыми соединениями на резьбе. Линии

[1] Пуск холодной воды непосредственно в обратную трубу не рекомендуется ввиду вредного температурного воздействия ее на чугунные стенки противоточного нагревателя.

[2] По данным инж. Замараева, „Санитарная техника" № 4, 1931 г.

Таблица 117

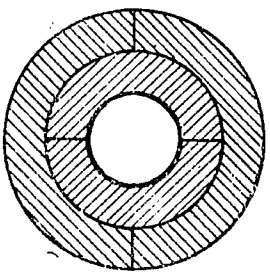
Размеры и теплоотдача противоточного лароводонагревателя завода „Отопитель" треста „Мосмет"

Величина по новой нумерации	Строительная длина $Г$ в *мм*	Наружная ширина $Ш$ в *мм*	Внутренний диаметр			Теплоотдача при нагреве воды от 70 до 90° и при давлении пара в *ати*				
			пар. $D_п$ в *мм*	конденсационн. $D_к$ в *мм*	водяной трубы $D_в$ в *мм*	0,1	0,5	1,0	2,0	3,0
						в тыс. ТЕ в час				
1	670	400	50	25	70	16	19,6	30	40	52
2	900	400	50	25	70	22	28	43	58	73
3	1010	468	65	30	95	31	45	69	93	116
4	950	525	75	40	95	50	68	105	142	178
5	1025	550	90	50	120	65	83	128	173	214
6	1165	550	90	50	120	85	107	165	222	280
7	1030	610	120	50	142	105	128	197	266	330
8	1130	670	130	65	168	158	210	324	440	550
9	1380	670	130	65	168	200	270	410	555	695
10	1480	710	150	75	192	252	340	515	700	865
11	2080	710	150	75	192	375	500	770	1040	1300
12	2410	750	175	75	250	539	710	1080	1460	1800
13	2960	750	175	75	250	616	830	1250	1700	2100
14	3350	750	175	75	250	693	940	1380	1870	2300

Примечание. В случае сильно колеблющихся расходов горячей воды необходимо соединить противоточный нагреватель с запасным баком горячей воды, устанавливаемым обыкновенно на чердаке, между тем как нагреватель располагается лучше всего в котельной, где может быть контролируема температура приготовления воды.

больших диаметров (57—119 *мм* и более) собираются из железных дымогарных труб с фланцевыми соединениями на резиновых уплотнениях. Прокладка дымогарных труб дешевле газовых (почему первым в подходящих случаях следует дать предпочтение перед вторыми). Трубопровод горячей воды укрепляется на стене через каждые 2—2,5 *м* железными крючьями или хомутами с разъемным болтовым соединением. Водоводы больших диаметров располагаются на чугунных подставках с роликами. Трубы прокладываются обычно по стенам с относом в 25 *мм*. В случае изоляции труб относ (зазор) увеличивается соответственно толщине изоляционного слоя. При пересечении каменных стен горячий трубопровод прокладывается в футляре из листового железа или из толя, чтобы обеспечить подвижность труб в осевом направлении. На длинных прямых участках горячего трубопровода устанавливаются компенсаторы в виде скоб в горизонтальной плоскости для уравнения колебаний в длине трубопровода. Эти изменения длины составляют при колебании температуры примерно на 85° и при коэфициенте линейного расширения железа=0,000012 на каждый *пог. м* линии $\Delta l = 0{,}000012 \cdot 85° \cdot 1000 = 1$ *мм*. Отсюда делаем вывод, что установка компенсатора нужна лишь при длине участков более 50 *м*.

Для уменьшения потерь тепла в длинных разводящих линиях производится их изоляция. Последняя исполняется чаще всего с применением мастики. Масса наносится на трубу в 2 слоя толщиною каждый по 25 *мм*. Для ускорения сушки мастики целесообразно трубопровод предварительно согреть путем затопки котла. К. п. д. (сохранение тепла) мастики составляет $\eta \sim 0{,}80$, практически не следует однако брать его выше 0,60 ввиду сильного снижения его при неравномерном составе массы. Вместо мастики применяются для изоляции труб также сегменты из алебастра с очесами. Сегменты сверху гипсуются. При толщине слоя в 50 *мм*, к. п. д. η=0,60. Хорошее действие оказывает изоляция труб пробковой массой, состоящей из кизельгура, извести и пробковой муки. Из массы прессуются сегменты толщиною 15 *мм*, которыми трубы обкладываются в 1 или 2 слоя (фиг. 327)



Фиг. 327. Изоляция пробковыми сегментами.

Сегменты сверху покрываются слоем алебастра толщиною 10 *мм* и поверх бинтуются полосами марли, окрашиваемой клеевой краской. Часто однако бинтовка отсутствует. К. п. д. пробковой изоляции толщиною в 30 *мм* составляет η=0,76.

При прокладке горячего трубопровода по неотапливаемому помещению (чердаку) труба кроме изоляции против потери тепла получает утепление от холода, для чего заключается в досчатый короб, засыпанный сухими древесными опилками или торфяной мелочью при толщине засыпки около 100 *мм* со всех сторон. К. п. д. этой изоляции может быть принят η=0,85.

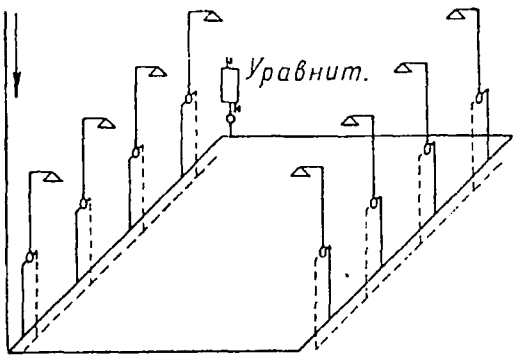
11. Распределительный трубопровод к душам

Распределительный трубопровод от резервуара горячей воды к душевым установкам прокладывается с учетом следующих правил:

а) распределительный трубопровод горячей воды к душам ведется самостоятельной линией, не зависящей от расходов воды для производственных или хозяйственных целей;

б) распределительный трубопровод должен иметь достаточную емкость, чтобы на напоре в нем не отражались заметно колебания расхода, вызванные изменением числа действующих душевых рожков;

в) разводящую линию к душам следует замкнуть в кольцо, если число душевых рожков это оправдывает (> 5 шт.) с подводкой ее снизу, по фиг. 328, или сверху, по фиг. 306.



Фиг. 328. Кольцевая разводка с уравнителем.

г) большие кольцевые разводки следует делить на части диаметральными соединительными линиями;

д) изложенное по пп. а — г относится одинаково к трубопроводам как горячей, так и холодной воды;

е) для устранения резких перемен температуры воды в душах целесообразно установить на горячей кольцевой разводке воздушные уравнители, как показано на фиг. 329. Такие же уравнители устанавливаются иногда и на линии холодной воды;

ж) на правильное смешение воды в душах оказывает влияние также величина действующего напора в сети; напор воды в горячей и холодной сетях должен быть по возможности одинаковый;

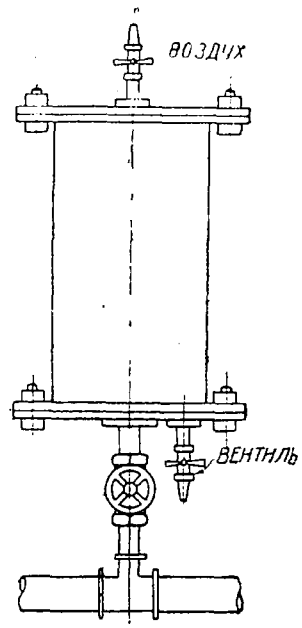
з) малый напор лучше обеспечивает постоянство температуры смешения; баки горячей и холодной воды должны иметь низкую форму, чтобы колебания уровня воды были наименьшими;

и) при прокладке параллельных линий горячей и холодной воды следует горячую трубу располагать выше холодной линии, чтобы уменьшить потение последней.

В заключение заметим, что сохранение полного постоянства температуры смешения воды возможно лишь при установке надежных регуляторов давления перед групповыми смесителями как на горячей, так и холодной подводящей трубах. Так как однако такие регуляторы в Союзе пока не вырабатываются, они не всегда имеются в нашем распоряжении.

12. Арматура горячего трубопровода

1. Запорные вентили и задвижки служат для включения отдельных линий горячего трубопровода, а также для разделения кольцевых линий на части. На трубах ма-



Фиг. 329. Воздушный уравнитель давления.

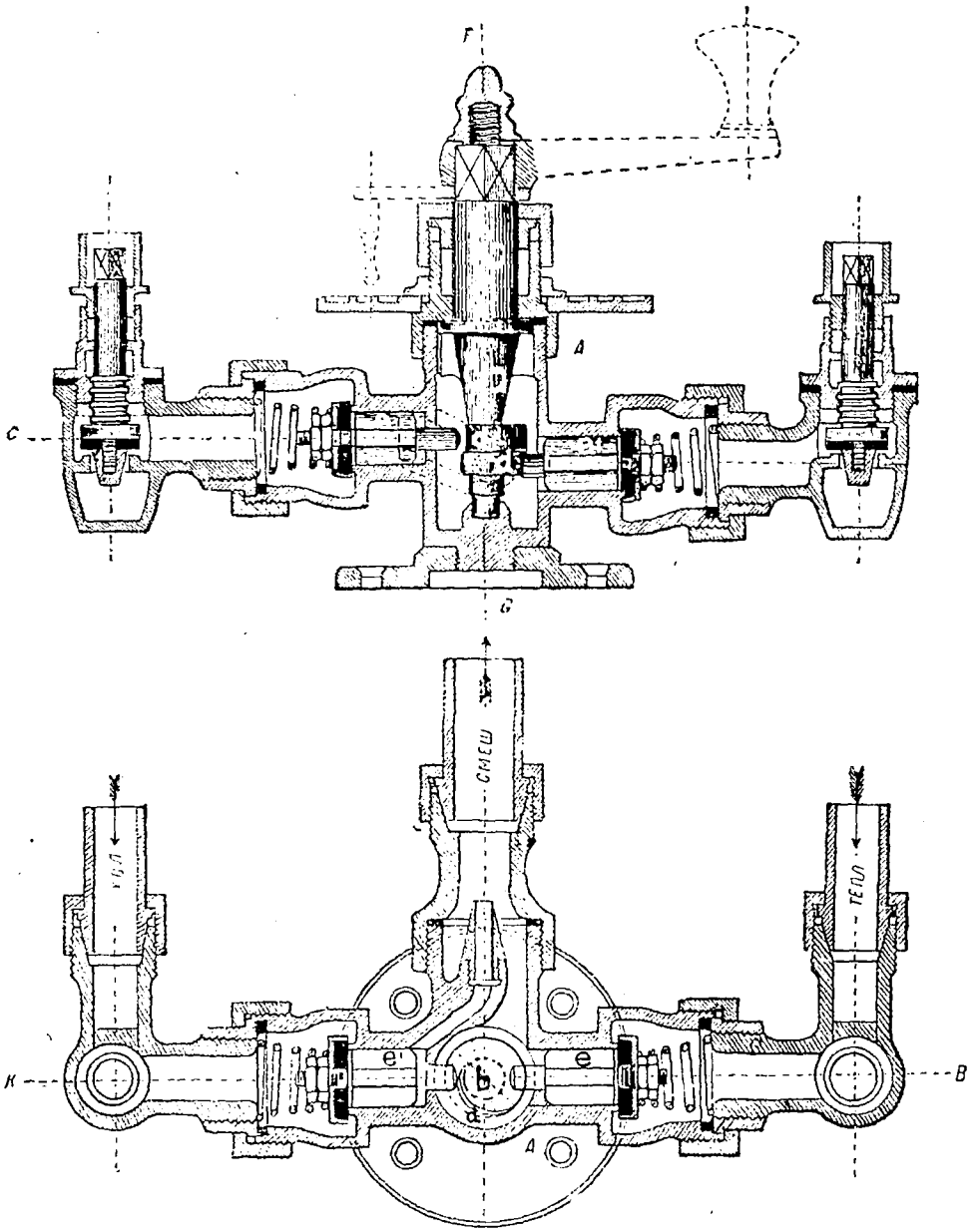
лого диаметра (от 13 до 75 *мм*) применяются бронзовые запорные вентили с уплотнением из фибры, на линиях большого диаметра (50—150 *мм*) устанавливаются задвижки Лудло. Постановка бронзовых клапанов „Пита„ (диаметр 13—75 *мм*) имеет основание лишь на циркуляционных линиях ввиду меньшего сопротивления движению воды, и вообще не рекомендуется из-за отложения накипи на стенках камеры и на щитке, что ведет к скорой порче движущихся частей и к поломке шпинделя.

2. Обратные клапана служат для пропуска воды в одном направлении и для задержки ее при обратном движении. Они применяются бронзовые на трубопроводах малых диаметров (13—75 *мм*) и чугунные (50—150 *мм*) с бронзовым шарнирным клапаном на линиях большого диаметра. По своей конструкции (с внутренней хлопушкой) они применимы лишь на горизонтальных линиях. Обратные клапана (бронзовые) особой модели для вертикальных линий вырабатываются лишь для труб малых диаметров (13 — 19 *мм*) и вообще встречаются в продаже редко.

3. Редукционные клапана (от 25 *мм* и выше) служат для снижения давления в сети и для поддержания постоянства напора, что имеет особенное значение в трубопроводе

к душам при наличии групповых смесителей, у нас эти клапана не вырабатываются. Внимание заслуживает прибор для поддержания постоянства напора в сети, сконструированный ныне техником А. Н. Френевым в Москве, и состоящий из герметического цилиндра с шаровым краном.

из железной трубы диаметром 200 *мм* и снабжается двумя кранами (10 *мм*) для сообщения с атмосферой и для спуска накопившейся воды. Перед включением уравнителя в сеть закрывают вентиль на соединительной трубе (фиг. 329) и открывают оба краника для спуска накопившейся воды и для наполнения возду-



Фиг. 330. Смеситель „Буцке".

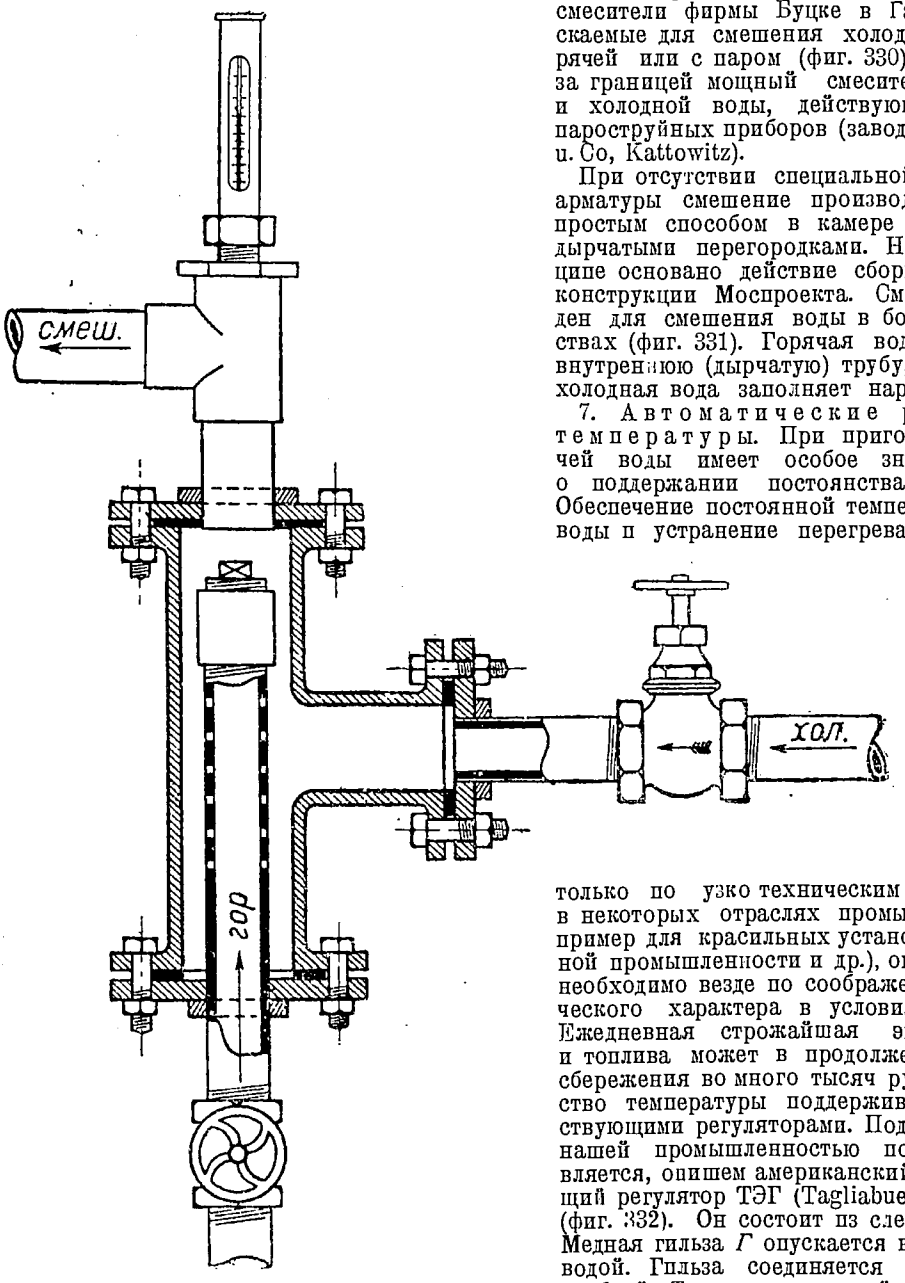
4. Уравнитель давления служит для смягчения колебаний напора (толчков) в сети, возникающих при изменении количества действующих разборных точек (душевых сеток) и сопровождающихся резкими температурными колебаниями. Уравнитель изготовляется

хом. Закрыв затем краники, сообщают уравнитель с сетью, открывая вентиль на соединительной трубе.

5. Разборная арматура горячей воды состоит из бронзовых кранов вентильного типа (13 *мм*) с уплотнением из фибры, или

из бронзовых кранов пробочного типа (19—25 *мм*). Последние применимы лишь при незначительном напоре в сети (около 1 *ат*) ввиду малой плотности пробки.

6. Смесители. Для смешения горячей и холодной воды в небольших количествах



Фиг. 331. Смеситель сборный.

(для душей) служат бронзовые смесители „Дуплекс" (Арматреста), вырабатываемые в 4 размерах:

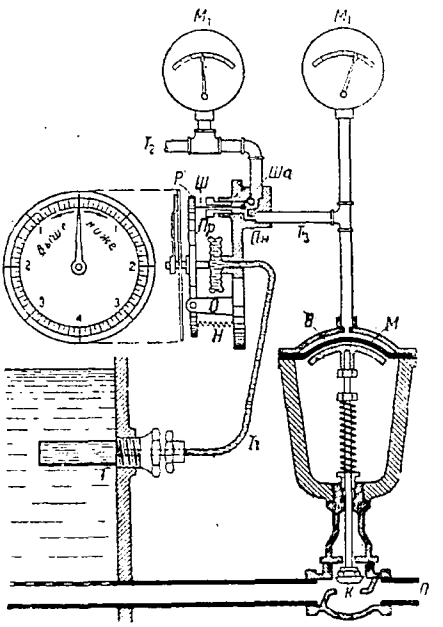
№	размерами 13×13×19 *мм*	для одиночных душей
№	„ 25×25×32 „	для групповых душей
№ 2	„ 32×32×38 „	
№ 3	38×38×50 „	

Преимуществом арматуры „Дуплекс" является регулировка ее одним маховиком и первоначальный пуск холодной воды, с постепенным смешением ее с горячей водой, что устраняет опасность случайного ошпаривания. Из заграничной арматуры называем прецизионные смесители фирмы Буцке в Гамбурге, выпускаемые для смешения холодной воды с горячей или с паром (фиг. 330). Применяется за границей мощный смеситель для пара и холодной воды, действующий наподобие пароструйных приборов (завода Lubinus Stein u. Co, Kattowitz).

При отсутствии специальной смесительной арматуры смешение производится наиболее простым способом в камере с несколькими дырчатыми перегородками. На том же принципе основано действие сборного смесителя конструкции Моспроекта. Смеситель пригоден для смешения воды в больших количествах (фиг. 331). Горячая вода поступает во внутреннюю (дырчатую) трубу, между тем как холодная вода заполняет наружную камеру.

7. Автоматические регуляторы температуры. При приготовлении горячей воды имеет особое значение вопрос о поддержании постоянства температуры. Обеспечение постоянной температуры горячей воды и устранение перегрева требуется не только по узко техническим соображениям в некоторых отраслях промышленности (например для красильных установок в текстильной промышленности и др.), оно настоятельно необходимо везде по соображениям экономического характера в условиях хозрасчета. Ежедневная строжайшая экономия тепла и топлива может в продолжение года дать сбережения во много тысяч рублей. Постоянство температуры поддерживается самодействующими регуляторами. Подобная арматура нашей промышленностью пока не изготовляется, опишем американский самодействующий регулятор ТЭГ (Tagliabue C.O. N.Y.) по (фиг. 332). Он состоит из следующих частей. Медная гильза *Г* опускается в бак с горячей водой. Гильза соединяется тонкой медной трубкой T_1 с пластинчатой пружиной *Пр*. Гильза, трубка и пружина наполнены чувствительной жидкостью. Если температура воды в баке поднимается выше установленного предела, жидкость расширяется и выпучивает стенку пружины *Пр*, последняя отодвигает рычаг *Р*, вращающийся около точки *О*. Вследствие этого освобождается штифт *Ш*, придерживающий шарик *Ша* в пневматическом

клапане *Пн*, соединенном с трубопроводом сжатого воздуха T_2; воздух выходит из открытого отверстия и направляется по трубе T_3 в воздушную камеру *В* парового клапана *К*. Под действием сжатого воздуха мембрана *М* нажимает на грибок штока и закрывает тарельчатый клапан на подающем паропроводе *П*. Вследствие этого поступление пара в бак уменьшается пли прекращается совершенно, а температура воды понижается. Наоборот, при низкой температуре воды в баке



Фиг. 332. Регулятор ТЭГ.

пластинчатая пружина *Пр* сжимается, рычаг *Р* под давлением особой пружины *Н* нажимает на штифт, который прижимает шарик *Ша* к выпускному отверстию пневматического трубопровода. Сообщаясь через канал штифта *Ш* с атмосферой, сжатый воздух из верхней камеры клапана *В* уходит, а пар, поднимая тарельчатый затвор *К*, устремляется в бак и повышает температуру в нем.

13. Расчет трубопровода горячей воды

При горячем водоснабжении промышленных зданий ввиду наличия сравнительно больших расходов производственной и душевой воды применяется чаще всего разводка горячей воды по одиночному трубопроводу. Расчет последнего производится на пропускную способность в зависимости от имеющегося в распоряжении водопроводного напора и во всем аналогичен расчету холодного водопровода. Если холодная и горячая разводки к какой-либо установке (например к душам) работают в одинаковых условиях, т. е. питаются из общего источника (бака, наружного водопровода), а поэтому находятся под одинаковым напором и состоят из труб одинакового диаметра, то можно расчета горячего водопровода и не производить вовсе при условии, что холодная сеть расчетом проверена. Циркуляционная сеть горячей воды применяется в исключительных случаях.

Циркуляционная сеть может быть запроектирована с верхним или нижним распределением воды. В первом случае производится обычно изоляция железных труб против потери тепла на восходящем стояке, на распределительной и обратной магистралях, обратные же стояки прокладываются из неизолированных (голых) труб. Во втором случае распределительная и обратная магистрали снабжаются изоляцией, между тем как восходящие и обратные стояки прокладываются из голых труб.

Если сеть работает с естественной (гравитационной) циркуляцией, расчет ее производится в двух предположениях.

1) По первому расчету определяется скорость движения воды по расчетному кольцу при максимальном разборе ее, т. е. при действии всех душевых и умывальных установок, или же при одновременном действии максимально возможного числа разборных кранов производственной воды. Из названных двух расходов принимается наибольший, если оба расхода по времени не совпадают. Во время разбора воды движение ее по трубопроводу происходит под действием наружного напора, циркуляционное же движение отсутствует, а потому п в расчет не принимается.

Скорость движения горячей воды в сети с верхней разводкой должна составлять около 1—1,5 *м/сек*, а в сети с нижней разводкой не более 1 *м/сек*. Указанным расчетом определяются диаметры на участках распределительной сети, диаметры же обратных линий принимаются:

а) В сети с верхней разводкой на 1 размер ($\sim$13 *мм*) меньше соответствующих диаметров распределительного трубопровода.

б) В сети с нижней разводкой на обратных стояках на 1 размер меньше диаметра соответствующего восходящего стояка, на участках обратной магистрали — того же размера как на распределительной трубе.

2) Второй расчет производится на циркуляционное движение воды, имеющее место, когда разбор воды отсутствует. Расчет состоит в определении действующего в сети циркуляционного напора (в *мм* вод. ст.), образующегося вследствие остывания воды в сети и различной ее плотности в различных частях системы. Далее определяются потери напора (в *мм* вод. ст.) при циркуляционном движении воды, причем действующий напор должен оказаться на 5—10% больше суммы выявленных потерь напора. В случае избытка или нехватки действующего напора необходимо уменьшить или увеличить диаметры на некоторых участках обратной линии.

Более подробное положение расчета циркуляционной сети (с учетом остывания горячей воды в трубопроводе) можно найти в соответствующих руководствах по снабжению горячей водой или по центральному водяному отоплению.

При искусственной (насосной) циркуляции в сети, применяемой при большом горизонтальном протяжении последней, устанавливается на магистральной линии насос (лучше всего центробежный) для поддержания циркуляционного движения воды. Этот насос должен обеспечить возобновление остывшей во всей сети воды и замену ее горячей водой из бойлера (или котла). Такая замена должна происходить в течение каких-нибудь 15 мин. Отсюда определяется расход воды равным емкости сети и высота подачи воды насосом соответственно высоте сопротивления при проходе указанного количества воды по сети в течение намеченного времени (15—20 мин.). Местоположение насоса выбирается в той части сети, где температура горячей воды наиболее низкая, т. е. на конце обратной магистрали непосредственно перед ее присоединением к нагревателю (котлу, бойлеру).

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Казанцев, Справочная книга по отоплению и вентиляции, ГИТИ, 1932 г.
2. Ф. Экман, Снабжение горячей водой, Госстройиздат (в печати).

Инж. *Б. С. ТИКУНОВ*

VII. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ СЕТЬ

1. Зависимость конструкции сети от системы противопожарного водопровода

Отдельная противопожарная сеть устраивается в исключительных случаях. В большинстве случаев она объединяется с водопроводом хозяйственно-питьевым или производственным, а при наличии спринклерного оборудования может быть объединена с последним (такая система только еще вводится в нашу практику).

Условия работы внутреннего противопожарного водопровода будут различными, а именно:

а) Специальный противопожарный водопровод

Диаметры труб, рассчитываемые на пропуск только пожарного расхода, невелики. При пожаре может быть допущено максимально-осуществимое повышение напора. В обычное время в сети происходит застой воды—условие, увеличивающее опасность промерзания трубопроводов. Необходимо иметь возможность опорожнить и промыть сеть. Вводы могут быть сделаны с любой стороны здания.

б) Хозяйственно-противопожарный водопровод

Диаметры труб, рассчитываемых на суммарный пропуск пожарного и максимального хозяйственного расхода, большей частью увеличиваются на том участке, где производится хозяйственный водоразбор (бытовые помещения). При этом происходит циркуляция воды в трубах, более интенсивная в случае расположения в производственных помещениях питьевых фонтанчиков. Необходимо предусмотреть функционирование водопровода при текущем ремонте водоразборных кранов, путем выключения отдельных участков хозяйственно-питьевой сети. Вводы целесообразно располагать у точек максимального водоразбора.

в) Производственно-противопожарный водопровод

Диаметр труб может быть весьма значителен в зависимости от величины производственного расхода воды. В отношении циркуляции воды сеть находится в наилучших условиях, вследствие постоянного разбора воды в различных производственных помещениях. Возможность повышения давления в сети диктуется имеющимся оборудованием и условиями подачи воды для нужд производства. Схема сети во многих случаях определяется не расположением пожарных кранов, как это имеет место при других системах, а расположением точек подачи производственной воды, что в свою очередь служит основанием (из-за экономии сети) для размещения пожарных кранов, которые при этом должны удовлетворять пожарным требованиям. Вводы зависят от расположения оборудования, к которому подается большая часть расходуемой воды.

г) Спринклерно-противопожарный водопровод

Диаметры спринклерной сети весьма мало зависят от расхода воды, принимаемого для внутренних пожарных кранов, являющегося небольшим по сравнению с расчетными расходами для спринклеров. Вода в сети находится в состоянии застоя, трубы должны быть предохранены от замерзания.

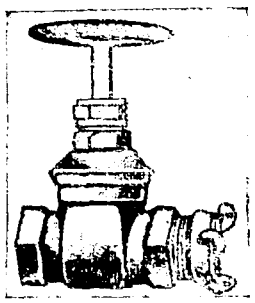
д) Общий хозяйственно-производственно-противопожарный водопровод

Диаметры труб определяются по суммарному расходу воды для всех надобностей (максимальный хозяйственный и производственный плюс пожарный). Наиболее целесообразные пункты вводов зависят от удельного соотношения различных расходов (при большем хозяйственно-питьевом — бытовые помещения, при большем производственном—непосредственно цех).

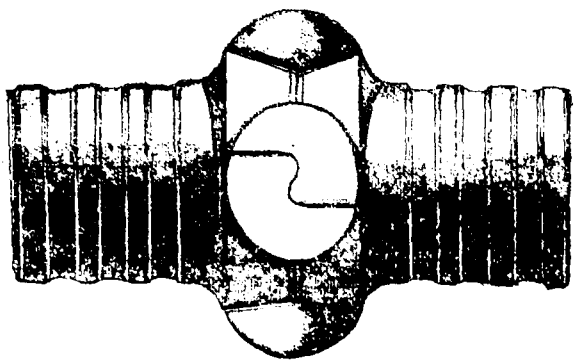
2. Внутренние пожарные краны

Подача воды на пожар из сети внутренних кранов осуществляется посредством специальных пожарных кранов. Последние представляют собой (фиг. 333) запорные вентили с внутренней или наружной резьбой, снабженные полугайками специальной конструкции. К пожарному крану присоединяется посредством двух пожарных полугаек Рот (одна на кране, другая—на рукаве) пеньковый пожарный рукав, к которому в свою очередь, снабженный также полугайкой Рота, присоединяется брандспойт. Полугайки Рот имеют расположенные на равном расстоянии друг от друга три выступающих зубца, крюкообразной формы (фиг. 334), которые при нажатии одной полугайки на другую и небольшого поворота плотно сцепляются между собой. Герметичность соединения достигается резиновыми кольцами, вставленными в каждую полугайку. Эти же кольца играют роль буфера при нажатии полугаек. Недостатком соединения Рот является возможность легкой выемки неукрепленного резинового кольца (похищение, небрежность), почему на практике кольца обычно отсутствуют, и всякая пожарная команда должна иметь запасные кольца и вставлять их перед присоединением рукава. Диаметр пожарных кранов должен быть не менее 50 *мм*. Увеличение этого размера некоторыми предприятиями до 63—75 *мм*, в целях получения струи большей мощности должно находиться в соответствии с возможностью подачи этого расхода (расчет диаметра труб, напор). При решении этого вопроса следует иметь в виду, что увеличение диаметра кранов и пожарных рукавов затрудняет пользование ими при пуске воды (сильные толчки, трудность управления) и становится доступным только опытному персоналу. В американской практике применяются переходные муфты (фиг. 335), причем постоянный пожарный рукав имеет размер малой полугайки — 38 *мм*, что не создает затруднений при пуске струи из крана в случае начавшегося пожара даже неопытными людьми. По прибытии пожарной команды переходная муфта свинчивается, и пожарные пользуются полугайками большего размера—63 *мм*.

Пожарные рукава с брандспойтами следует иметь у всех пожарных кранов. У нас применяется намотка пожарных рукавов на катушки. Американцы подвешивают рукава на специальной держалке, допускающей быстрое их снятие.



Фиг. 333. Пожарный кран.



Фиг. 334. Полугайка системы Рот.

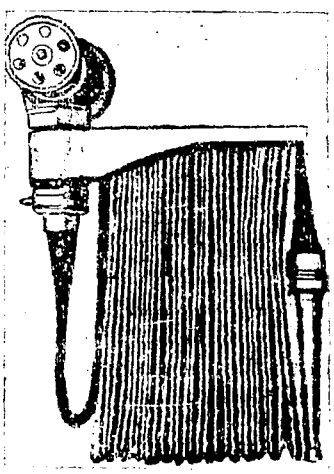
3. Расположение пожарных кранов

Расположение пожарных кранов должно удовлетворять следующим условиям:

А) Краны должны быть на виду, быстро находимы.

Б) Необходимо обеспечить возможность подхода к кранам и удобство пользования ими.

В) Взаимное расположение кранов должно быть таково, чтобы все помещение могло быть полито струей расчетной длины при длине рукава 10 *м* [1].



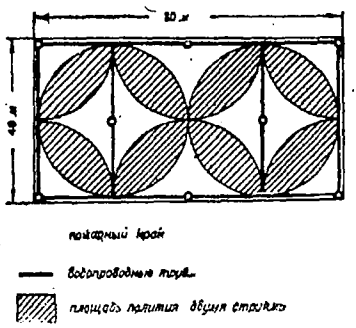
Фиг. 335. Тип американского пожарного крана с переходной пожарной гайкой.

[1] Этот вопрос следует согласовать с пожарной охраной. Во многих случаях последняя требует более частой расстановки кранов (одновременная поливаемость двумя струями).

Г) Следует достигать требуемого эффекта при максимальной экономии в числе кранов и длине труб. Этим условиям удовлетворяют следующие правила расстановки кранов.

а) Пожарные краны должны быть расположены у всех входов (быстрая находимость их прибывшей на пожар командой, возможность пользования ими до последней минуты).

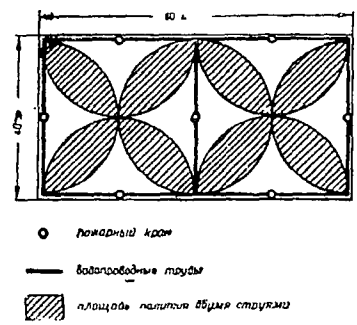
б) Необходимо соблюдать возможно большую геометрическую правильность расположения кранов, обеспечивающую их нахождение, а также однотипность расположения (с одной и той же стороны колонн).



Фиг. 336. Схема 1 расположения пожарных кранов.

в) Располагать краны вдоль установленных проходов на открытом месте, чтобы подход к ним не был стеснен каким-либо громоздким оборудованием. Весьма удобно в некоторых случаях располагать краны по стенам цеха, но это часто противоречит требованиям экономики (см. нижеследующий пункт) и при решении вопроса должно быть учтено влияние обоих фактов.

г) Наибольшая экономия в стоимости противопожарного водопровода (сокращение



Фиг. 337. Схема 2 расположения пожарных кранов.

числа кранов, уменьшение длины сети) достигается при расположении кранов не по углам и не на стенах здания, а по колоннам в шахматном порядке. Расстояние между ними обусловливается расчетной длиной струи.

Сравним три различных схемы расположения пожарных кранов на площади 40×80 *м*, принимая радиус действия крана равным 20 *м* (10 *м* длина струи, 10 *м* длина рукава).

На первой схеме (фиг. 336) пожарные краны расположены вдоль стен и по углам здания. Для поливания водою центральной части здания оказалось необходимым поставить 2 добавочных крана. На второй схеме (фиг. 337) пожарные краны расположены вдоль стен, но не по углам здания. По середине помещения необходимо поставить добавочный пожарный кран.

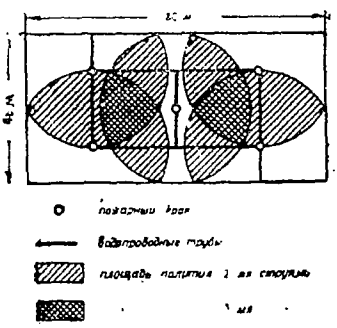
На третьей схеме (фиг. 338) пожарные краны размещены в шахматном порядке, но не по стенам здания.

Приводимая ниже табл. 118 указывает на преимущество последней схемы как в отношении числа кранов и длины труб, так и в отношении получаемого эффекта.

Таблица 118

	Число пожарных кранов	Длина труб	Площадь, поливаемая двумя-тремя струями в процентах	
Схема 1-я	8	320	57	—
Схема 2-я	7	280	57	—
Схема 3-я	5	170	57	10

От геометрически правильного расположения пожарных кранов на практике прихо-



Фиг. 338. Схема 3 расположения пожарных кранов.

дится отступать в зависимости от расположения входов и перегородок, лестничных клеток, проходов между стенками и другим оборудованием, в особенности в случае производственно-противопожарного водопровода. Следует делать эти отступления по возможности небольшими.

д) В многоэтажных зданиях пожарные краны следует располагать на лестничных площадках, а по этажам симметрично один под другим с тем, чтобы на различных этажах пожарные краны могли быть присоединены к одному вертикальному стояку.

е) В зданиях ФЗУ, конторах и других непроизводственных помещениях, имеющих большие размеры, пожарные краны размещать в вестибюлях, на площадках отапливаемых лестничных клеток и в коридорах, а отнюдь не в отдельных комнатах.

4. Конструкция противопожарной сети

Противопожарная сеть, специальная или объединенная с производственным или хозяйственно-питьевым водопроводом, помимо

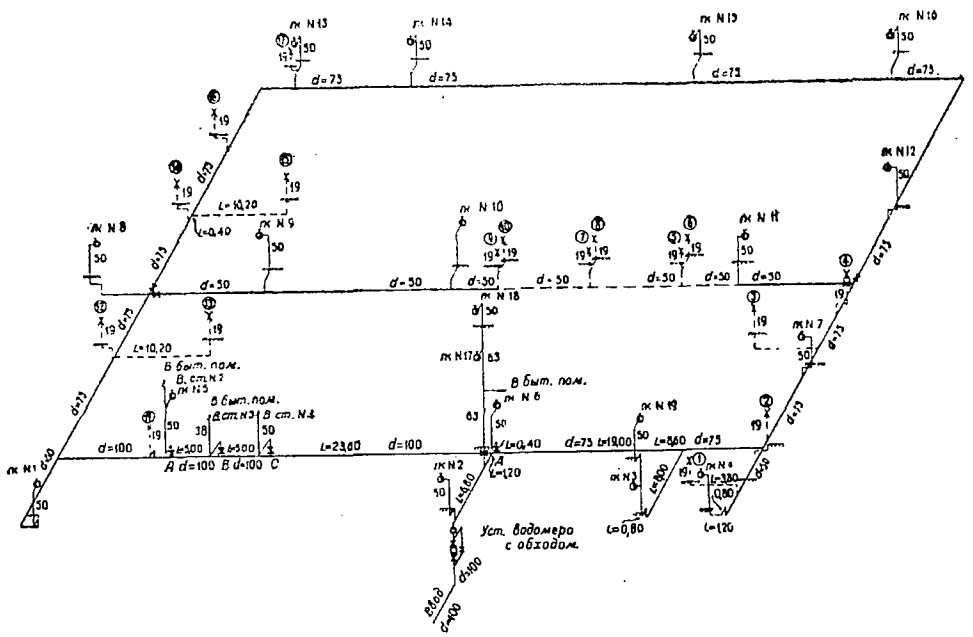
общих требований, предъявляемых к каждой водопроводной сети (наибольшая экономичность при обеспеченности надлежащего эффекта, возможность без большого ущерба выключения отдельных участков, отсутствие воздушных мешков), должна удовлетворять специальным требованиям в смысле возможной надежности и бесперебойности ее функционирования, предохранения от замерзания и возможности промывки сети (при малых диаметрах труб и застое воды).

Постоянство работы противопожарного водопровода достигается кольцеванием сети, причем в крупных производственных зданиях делается несколько колец (фиг. 339) с устройством нескольких вводов (не менее 2). При наличии кольцевой сети отдельные участки могут быть легко выключены запорными вентилями или задвижками. Постановка запорных задвижек, нежелательная с чисто по-

С целью предохранения от промерзания трубы, прокладываемые в помещении, следует защищать от возможности попадания на них струи холодного воздуха. При опасности замерзания воды вследствие низкой температуры помещения трубы изолируются изоляционным слоем: алебастровой массой, смешанной с опилками, или обертыванием сукном или войлоком с обмоткой поверх него просмоленной полотняной или толевой лентой.

Трубы, расположенные под землей, при подводе к стенам следует поднимать на поверхность, укладывая в небольших каналах или просто в бороздах, подвергая их тем самым влиянию теплого воздуха помещения.

Возможность промывки специальной противопожарной сети, имеющей сравнительно малые диаметры, осуществляется приданием трубам уклона к пунктам расположения спускных кранов.



Фиг. 339. Схема противопожарно-хозяйственной сети.

жарной точки зрения (возможность остаться при пожаре без воды в случае закрытия всех задвижек по чьей-либо вине), полезна для вышеуказанной возможности выключения отдельных участков сети. При объединении противопожарного водопровода с производственным или хозяйственным этот вопрос следует разрешить в пользу применения задвижек, так как ошибочное закрытие задвижек легко обнаруживается тем, что перестают функционировать водоразборные краны, а выключение участков требуется сравнительно чаще для текущего ремонта. При специальном противопожарном водопроводе с сетью значительной протяженности и большим количеством пожарных кранов задвижки ставятся на разводящих магистралях, но должны быть запломбированы в открытом виде.

При диаметрах до 50—63 *мм* применяются железные оцинкованные трубы (специальные противопожарные сети). При отсутствии оцинкованных труб и надлежащем качестве воды (малое содержание железа и агрессивной углекислоты) трубы могут быть применены неоцинкованные, прокладываемые как по полу или под полом (в каналах), так и поверху, будучи укреплены на стенах или подвешены к стропильным фермам.

В крупных цехах расчетные суммарные расходы получаются столь большими, что диаметр труб увеличивается до 100—125—150 *мм*. В этом случае следует применять более дешевые чугунные трубы и укладывать их под полом цеха, хотя в некоторых случаях и такие трубы по условиям производства должны быть проложены поверху. Укладка

труб непосредственно в земле под полом помещения допустима лишь при возможности вскрытия пола в случае аварии (под полом, представляющим собой сплошную железобетонную плиту, укладка труб недопустима). В этом случае особенно желательна постановка водомеров на вводах, позволяющих обнаружить утечку воды при неисправности подземной сети. Более всего обеспечиваются постоянное содержание сети в исправности и быстрый ее ремонт в случае аварии при прокладке трубопроводов в тоннелях.

5. Местные установки для повышения напора

При наличии отдельных особо возвышенных зданий, учитывание которых при расчете наружной сети сильно повышает требуемый постоянный напор и тем самым удорожает как строительную стоимость, так и стоимость эксплоатации, могут быть применены местные установки для повышения напора: водонапорные баки, постоянно действующие насосы или пневматическое оборудование.

а) Водонапорные бани

Применение водонапорных баков возможно лишь в весьма редких случаях вследствие трудности расположения их на высоте, обеспечивающей получение надлежащей струи (на 2 *м* выше сгораемого перекрытия). Емкость баков должна быть рассчитана на $^1/_2$-часовой пожарный расход. Вода в водонапорные баки подается установленными в здании насосами (рассчитываемыми на равномерную подачу воды).

б) Постоянно работающие насосы

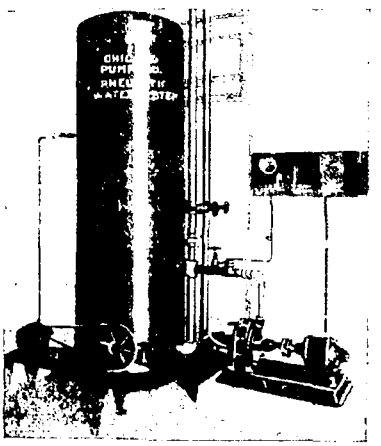
Постоянно работающие насосы должны быть рассчитаны на максимальный расход плюс ножарный 6 — 10 *л/сек*; коэфициент неравномерности хозяйственного расхода принимается равный 3, кроме того по окончании смены начинают действовать души. При большом числе последних целесообразнее устанавливать отдельный душевой насос. В этом случае насосная установка должна состоять из 3 насосов: двух хозяйственных (один работающий—другой резервный) и одного душевого.

Каждый насос рассчитывается на максимальный хозяйственный плюс пожарный расходы. Вводы в здания и всасывающие трубы у насосов должны быть достаточных размеров во избежание образования в них вакуума. На напорных трубах устанавливаются запорные задвижки и обратные клапаны.

в) Пневматическая установна

Пневматическая установка (фиг. 340) состоит из насоса и воздушного водяного резервуара. Следует иметь также небольшой компактный компрессор и автомат для включения насоса по образцу заграничной практики. Постоянный запас воды в резервуаре должен обеспечивать 30-минутную работу внутренних пожарных кранов. Кроме того необходимо иметь запас воды, регулирующий ее потребление.

При пневматической системе переменного давления резервуар рассчитывается на то,

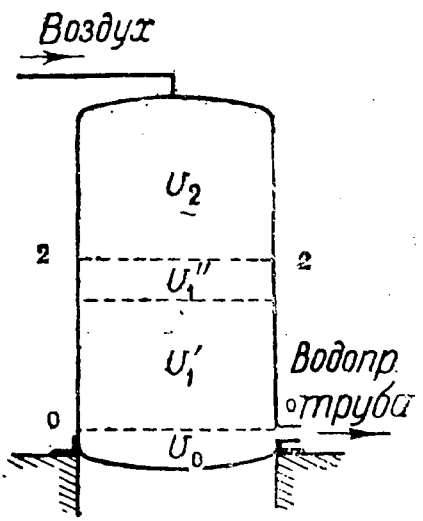


Фиг. 340. Схема пневматической установки.

чтобы минимальное давление было при полном опорожнении резервуара до уровня 0 — 0 (фиг. 341). Объем резервуара составляется:

v_0—объем, всегда заполненный водой (осадочная часть);

v'_1—неприкосновенный пожарный запас;



Фиг. 341. Пневматический резервуар.

v''_1—объем, заполняемый поочередно водою или сжатым воздухом;

v_2—объем воздушной части резервуара.

При заполнении резервуара водою до предельного уровня 2 — 2, давление сжатого воздуха максимальное, и насос выключается из работы.

6. Устройства для временного повышения напора сети

Пожарные правила предусматривают устройство в особо высоких зданиях специальных вертикальных трубопроводов, диаметром 75 *мм*, снабженных в нижней части вентилем с полугайкой Рот. К этой полугайке может быть присоединен рукав от пожарного автонасоса при работе которого во внутреннем стояке может быть создано высокое давление.

Специальные противопожарные водопроводы крупных цехов также полезно снабжать вентилем и полугайками для возможности повышения напора автонасосами, как это весьма часто применяется в американской практике. Этот вентиль и полугайка должны быть расположены у наружной сети близ ввода, но предохранены от возможности замерзания.

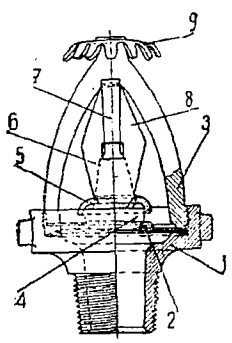
Инж. *В. И. СОЛОМИН*

VIII. СПРИНКЛЕРНАЯ СЕТЬ

Спринклерным называется специальный противопожарный водопровод, действующий при пожаре в том помещении, где установлено спринклерное оборудование и автоматически подающий одновременно с этим сигнал о начавшемся в помещении пожаре. Такое название этот водопровод получил от аппаратов — спринклерных головок, которые устанавливаются на внутренней сети водопровода и открываются в месте пожара вследствие или повышения температуры, или же действия открытого пламени.

1. Спринклерная головка

Спринклерная головка—или просто спринклер — которая наиболее часто встречается в установках нашего Союза — это спринклер системы Гриннель (фиг. 342), состоящий из следующих основных деталей: бронзового штуцера *1*, один конец которого, имеющий газовую резьбу, ввертывается в фасонную часть трубопровода внутренней спринклерной сети, в другой же конец, имеющий заплечики и внутреннюю резьбу, вкладывается тонкая мельхиоровая диафрагма *2*, с отверстием в центре в 12,74 *мм*. Эта диафрагма прижимается к заплечикам штуцера бронзовым кольцом с наружной резьбой и с рамой *3*.



Фиг. 342. Спринклерная головка.

Отверстие в диафрагме прикрывается стеклянным полусферическим клапаном *4*. Поверх этого клапана укладывается покрышка *5* красной меди, предохраняющая стеклянный клапан от механического действия замка спринклера. Замок спринклера состоит из трех отдельных пластинок *6*, *7* и *8* красной меди, соединенных друг с другом легкоплавким припоем, причем один конец припаян к раме *3*, а другой упирается в покрышку *5*. На конец рамы *3* посредством разбортовки прикрепляется дефлектор (розетка) *9* красной меди, служащая для разбрызгивания струй воды, выходящей из отверстия диафрагмы. При действии повышенной температуры или открытого пламени замок спринклера расплавляется, освобождает отверстие в диафрагме, и вода, разбрызгиваясь дефлектором, поступает к месту пожара.

Спринклеры изготовляются на следующие температуры плавления припоя: а) 72° Ц, б) 93° Ц, в) 141° Ц и г) 182° Ц.

2. Схема спринклерного водопровода[1]

Спринклерный водопровод состоит из следующих основных элементов: 1) водопитателей, 2) аппаратуры и 3) спринклерной сети внутренней и наружной (фиг. 343).

В спринклерной системе водопитателей должно быть два: основной и вспомогательный (запасный). Основными водопитателями служат паровой автоматический насос, центробежный насос и наружный водопровод (при условии достаточного напора и обеспечения подачи воды в необходимом количестве). Второстепенными водопитателями служат: водонапорный бак и пневматическая установка. Чаще водопитателями служат: паровой автоматический насос и водонапорный бак. Производительность его определяется согласно „спринклерным правилам“ и зависит от числа обслуживаемых им спринклеров в одном пожарном риске. Совокупность помещений или отдельные помещения, так расположенные по отношению к окружающим помещениям или так от них отделенные, что пожар, начавшийся в них, не может передаться на соседние по-

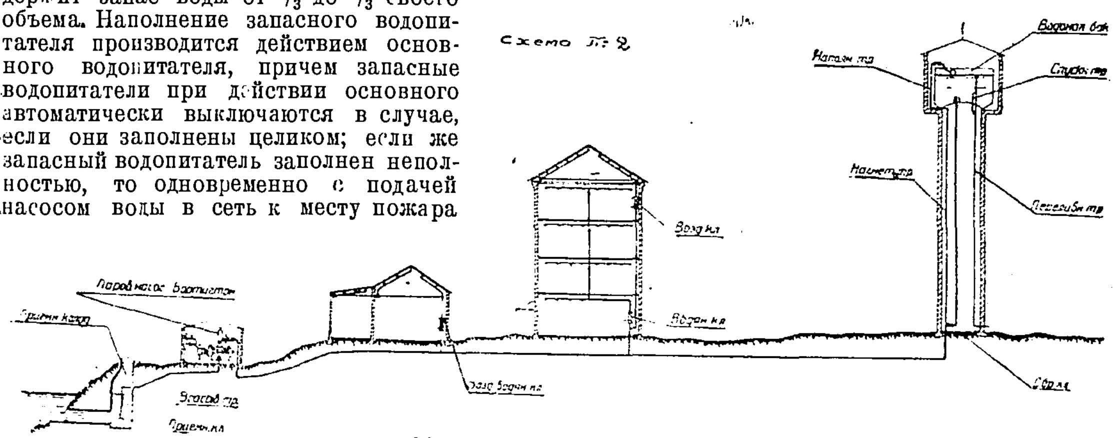
[1] Конструкция спринклерного оборудования уже получила достаточное освещение в трудах инж. Лужецкого „Современная конструкция спринклерного оборудования“ и Лужецкого и Столярова „Уход за спринклерным оборудованием“.

мещения, называется отдельным **пожарным риском.**

При количестве спринклеров в одном риске 200 и более производительность насоса, согласно „правилам“ должна быть 2,8 *м³/мин* = = 46,6 *л/сек*, или округленно 50 *л/сек*. Величина полного напора, развиваемая насосом, обычно берется до 100 *м*.

Насос должен получать воду из источника неограниченного запаса или, если такого нет, из резервуара емкостью не менее 250 *м³*. Второй водопитатель, водонапорный бак, устанавливается так, чтобы днище его возвышалось над самым наивысшим спринклером не менее чем на 4,5 *м*, и емкость его, тоже зависящая от числа спринклеров в одном риске, должна быть при 200 и более спринклерах в риске не менее 34 *м³*.

Бак в зависимости от его расположения по отношению к наивысшим спринклерам содержит запас воды от $^1/_3$ до $^2/_3$ своего объема. Наполнение запасного водопитателя производится действием основного водопитателя, причем запасные водопитатели при действии основного автоматически выключаются в случае, если они заполнены целиком; если же запасный водопитатель заполнен неполностью, то одновременно с подачей насосом воды в сеть к месту пожара



Фиг. 343. Общая схема спринклерного водопровода.

происходит наполнение запасного водопитателя через 38 *мм* трубу.

Водопитатели посредством трубопровода связаны друг с другом, а также и с внутренней спринклерною сетью через контрольно-сигнальные клапаны.

Назначение контрольно-сигнальных клапанов заключается в том, чтобы во время пожара, хотя бы при открытии и одного спринклера, пропустить во внутреннюю спринклерную сеть воду и дать сигнал, извещающий о начавшемся пожаре. При всякого рода механических повреждениях внутренней спринклерной сети, вызывающих истечение воды, контрольно-сигнальный клапан посредством сигнала извещает обслуживающий спринклерное оборудование персонал о происходящей утечке, и последний, пользуясь арматурой, расположенной у клапана, может включить сеть, обслуживаемую этим клапаном и произвести необходимые исправления.

Имеются три вида контрольно-сигнальных клапанов, применяемых в соответствии с принятой спринклерной системой. Последние бывают: 1) водяная, которая применяется в отапливаемых помещениях и всегда заполнена водой; 2) воздушная, применяемая в неотапливаемых помещениях и всегда наполненная сжатым воздухом; 3) воздушно-водяная, применяемая в неотапливаемых помещениях и заполняемая в зависимости от температурных условий, водой или воздухом.

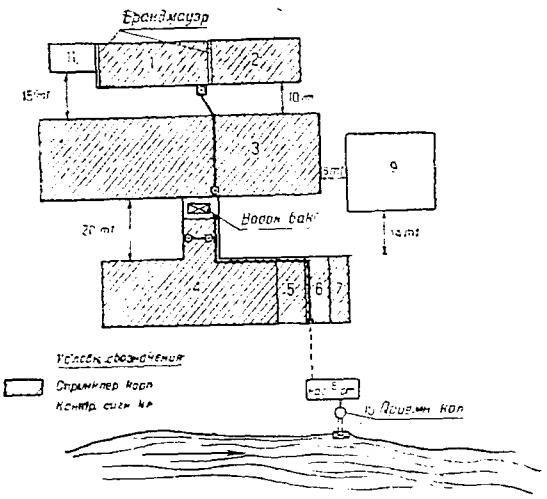
3. Проектирование спринклерного оборудования

Проектировщик должен быть хорошо знаком с действующими „Спринклерными правилами“ изд. НКВД РСФСР, которые в настоящее время перерабатываются НПТК Наркомхоза.

Проектировщику вначале надлежит установить на территории предприятия объекты, подлежащие спринклерованию, и определить систему спринклерного оборудования, какою будет оборудован каждый из объектов. При выборе объектов надлежит, во-первых, руководствоваться степенью огнеопасности каждого из объектов, ценностью находящихся в нем оборудования, материалов и пр., для чего необходимо в каждом отдельном случае увязывать этот вопрос с начальником пожарной охраны предприятия или объединения, в которое входит данное предприятие; во-вторых, необходимо принять во внимание размеры объектов, так как в единых нормах промышленного проектирования указывается, что все объекты площадью свыше 10 тыс. *м²* должны быть спринклерованы. Подлежащие спринклерованию производственные цеха должны оборудоваться водяной спринклерной системой; обычно это легко достигнуть, так как все производственные цеха отапливаются, и внутренняя спринклерная сеть в них не может подвергнуться замораживанию.

Водяная система имеет то преимущество перед воздушно-водяной и воздушной системами, что при возникновении пожара вода прямо же после открытия спринклера поступает к месту пожара, в двух же других системах, прежде чем вода поступит к месту пожара, должен выйти из сети воздух. Время выпуска из сети воздуха через открывшийся спринклер изменяется в зависимости от объема сети от $1^1/_2$ до 5 мин. Этого времени бывает

достаточно, чтобы пожар принял угрожающие размеры, и тогда ликвидация его становится затруднительнее как при помощи спринклерного оборудования, так и действием пожарных команд. В настоящее время за границей сконструированы и действуют, а у нас конструируются аппараты, ускоряющие доступ воды к месту пожара в воздушно-водяных и воздушных спринклерных системах (акселераторы, экскгаусторы), все же при наличии даже и этих аппаратов преимущества остаются на стороне водяных систем.



Фиг. 344. Схема спринклерного водопровода с разделением на отдельные пожарные риски.

Подлежащие спринклерованию складские помещения сырья и готовой продукции и чердачные помещения, используемые под производство или склады, в большинстве случаев не отапливаются, поэтому, принимая во внимание, что в них хранятся большой ценности материалы, их надлежит спринклеровать воздушно-водяной системой. Это позволяет в теплое время держать в спринклерной сети воду и тем самым увеличивать надежность защиты спринклерным оборудованием этих помещений от пожаров. Воздушной системой спринклеруются холодные чердачные помещения, не используемые под производство или склады. Недопустимо частичное спринклерование отдельных пожарных рисков, без надлежащего разъединения спринклерованных частей от неспринклерованных. Для объяснения сказанного приводится фиг. 344.

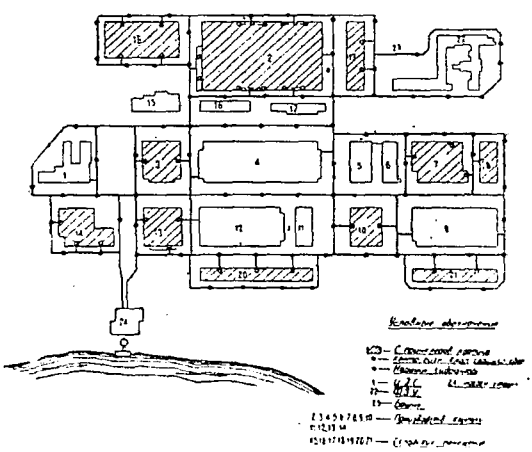
Помещения *1* и *2*, разъединенные друг от друга брандмауером, — отдельные риски.

Помещения *3* и *9*, не имеющие достаточного разрыва,—общий риск, поэтому в том случае, когда помещение *9* по каким-либо соображениям не спринклеруется, то для того, чтобы пожар, возникший в помещении *9*, не мог перебросится в спринклерованное помещение *3*, надлежит или торцевую стенку последнего сделать брандмауером или же защитить ее со стороны помещения *9* дренчерным оборудованием. Помещение *11* — отдельный пожарный риск, поэтому, если оно не спринклеруется, то это совершенно не влияет на окружающие его спринклируемые помещения.

Помещения *4*, *5*, *6* и *7* соединены друг с другом открытыми проемами в стенках. Администрация предприятия предлагает спринклеровать помещение *4* и не спринклеровать помещения *5*, *6* и *7*. Помещения *5*, *6* и *7* могут быть не спринклерованы, если стену, разъединяющую помещение *4* от помещения *5*, можно переделать на брандмауер, и в открытых проемах ее сделать огнестойкие, автоматически закрывающиеся двери.

После определения объектов, подлежащих спринклерованию, проектировщик приходит к вопросу о водоснабжении спринклерного оборудования. Выше были указаны комбинации водопитателей для обслуживания спринклерного оборудования.

Все эти комбинации водопитателей приведены для тех случаев, когда спринклерное оборудование предоставляло совершенно обособленный водопровод, и по его сети не пропускалось никаких других расходов. В большинстве случаев на предприятиях, кроме спринклерного водопровода, устраиваются также водопроводы противопожарные, хозяйственные и хозяйственно-питьевые. Допустимо объединение отдельных водопроводов в одну группу, что приводит к значительной экономии в трубах. В зависимости от местных условий и от потребности предприятия в воде можно объединять такие расходы: 1) противопожарные и спринклерные, 2) противопожарные, спринклерные и производственные и 3) противопожарные, спринклерные и хозяйственно-питьевые. По американским спринклерным правилам можно объединять только противопожарные и спринклерные расходы. По нашим же вновь разрабатываемым „Единым нормам" допускается объединение и производственных и хозяйственно-питьевых расходов со спринклерными. На фиг. 345 приводится схема



Фиг. 345. Схема объединенного противопожарного и хозяйственного водопровода.

противопожарного спринклерного водопровода, объединенного с производственным водопроводом. Из схемы видно, что при отдельном

спринклерном водопроводе потребовалось бы проложить колоссальное количество труб, вследствие разбросанности объектов, подлежащих спринклерованию. При объединении только противопожарных и спринклерных расходов ввиду того, что в этих водопроводах постоянный расход воды отсутствует, а расход бывает исключительно на пожарные нужды, может быть легко достигнута полная автоматичность действия водопровода, независимо от того будет ли насос центробежный или паровой—поршневый. Такая возможность повышает надежность действия всей противопожарной установки. При объединении же противопожарно-спринклерных расходов с производственными или хозяйственно-питьевыми расходами, в силу постоянной подачи воды на покрытие последних расходов, такой автоматичности пуска насосов достигнуть трудно.

Действующими спринклерными правилами допускается возможность применения в качестве водопитателей к спринклерному оборудованию как автоматических, так и неавтоматических насосов.

При устройстве обособленного спринклерного водопровода наружная сеть всегда устраивается тупиковая, тогда как при объединенном водопроводе спринклерное оборудование отдельных цехов будет присоединено к кольцевой наружной сети, что также повышает надежность действия спринклерного оборудования. При установлении расчетных расходов для объединенных водопроводов надо исходить из следующих соображений. При возникновении пожара в спринклерованных цехах предприятия вначале, до открытия спринклеров, возможно действие внутренних противопожарных кранов. С развитием пожара, когда пожар не будет ликвидирован действием внутренних пожарных кранов, начнет действовать спринклерное оборудование и далее с приездом на место пожара пожарной команды будут введены в работу наружные гидранты.

При такой последовательности действия средств пожаротушения водопровод должен обеспечить подачу воды:

а) для действия внутренних пожарных кранов полностью,

б) для действия спринклерного оборудования полностью и

в) для действия наружных гидрантов частично.

При объединении сети внутреннего противопожарного водопровода с внутренней спринклерной сетью новыми пожарными правилами намечен расход на внутренние пожарные краны в 6 *л/сек*, т. е. 2 струи по 3 *л/сек*, на спринклерное оборудование 50 *л/сек* и на наружные гидранты 20 *л/сек*, т. е. расчетный расход для объединенного противопожарного спринклерного водопровода будет только 76 *л/сек*.

При объединении пожарно-спринклерного водопровода с производственным или хозяйственно-питьевым водопроводом необходимо обеспечить подачу максимального производственного или хозяйственного питьевого расхода. Поэтому расчетный расход для таких объединенных водопроводов будет:

а) 76 *л/сек* + N *л/сек*, или

б) 76 *л/сек* + R *л/сек*, где N—расход на производственные нужды, R — на хозяйственно-питьевые нужды и 76 *л/сек* — на противопожарные нужды.

Определение напора насосов

Напор, который должен развиваться насосами, определяется из условий обеспечения надлежащей работы спринклерного оборудования и наружных гидрантов. Определение потребного напора в магистрали для работы наружных гидрантов общеизвестно, для спринклерных же сооружений надо считать, что потеря напора в трубах внутренней спринклерной сети от наиболее удаленных спринклеров включительно до задвижки Лудло под контрольно-сигнальным клапаном при пропуске по сети 56 *л/сек* колеблется от 40 до 50 *м*; следует принимать 45,0 *м*. Таким образом напор, потребный для работы спринклеров, будет всегда больше напора, потребного для работы гидрантов, а поэтому при определении напора у насоса надо руководствоваться следующим:

$$H = (5 + 45 + h_3 + \Sigma h + h_o + h_b)\ м,$$

где 5 — свободный напор в метрах у самого дальнего от контрольного клапана спринклера;

h_3 — высота наивысшего спринклерованного здания в метрах;

Σh— потеря напора во внешней сети в метрах при пропуске полного расчетного расхода;

h_o—разница нивелировочных отметок в метрах между осью насоса и осью контрольного клапана наивысшего спринклеруемого цеха;

Примечание. Ось контрольно-сигнального клапана, согласно габаритным размерам арматуры, располагается на 1,5 *м* выше уровня пола помещения, в котором устанавливается клапан.

h_b — высота всасывания и потери напора во всасывающем трубопроводе в метрах.

При наличии в системе подземных резервуаров емкость их устанавливается в размере 3-часового расчетного расхода.

4. Водонапорные башни и баки

Спринклерное оборудование и внутренние противопожарные краны должны всегда находиться под постоянным напором. Для создания такого напора устраиваются водонапорные башни или пневматические станции. При определении основных элементов водонапорной башни, т. е. высоты и емкости баков, надо руководиться нижеследующими соображениями. Напор, создаваемый водонапорной башней, должен обеспечить надлежащее действие внутренних противопожарных кранов и спринклерного оборудования. Причем расход от башни как второстепенного водопитателя на нужды спринклерного оборудования устанавливается не в 50 *л/сек*, а только в 10 *л/сек* и соответствует расходу примерно 8 спринклеров[1].

[1] Согласно данным американской статистики количество пожаров, затушенных действием от 1 до 8 спринклеров, составляет 60% от общего количества пожаров в спринклерованных предприятиях.

Высота башни складывается из следующих величин:

$$H = 5 + \Sigma h_c + h_3 + \Sigma h_b + h_o,$$

где 5 — свободный напор в метрах у самого дальнего действующего спринклера, считая от контрольного сигнального клапана;

Σh_c — потери напора в трубопроводе внутренней спринклерной сети при пропуске по ней 16 *л/сек*.

По ряду произведенных Гострестом „Спринклер" расчетов можно считать, что Σh_c, включая сюда потери в фасонных частях, колеблется в пределах от 8 до 12 *м*. Обычно до производства детальных просчетов берется величина, равная 10 *м*.;

h_3 — высота наивысшего спринклеруемого здания;

h_b — потери напора во внешней сети.

Очевидно, что при объединении противопожарно-спринклерных водопроводов с производственными или хозяйственными, потери напора во внешней сети должны подсчитываться на пропуск суммарного расхода:

$$16\ л/сек + N, \text{ или } 16\ л/сек + R$$

где h_o — разность нивелировочных отметок между уровнем земли у водонапорной башни в осью контрольного клапана наиболее высокого спринклеруемого цеха.

Определенная таким образом высота водонапорной башни будет вполне достаточна для создания необходимого напора, обеспечивающего работу одних только внутренних противопожарных кранов, при условии, что внутренние противопожарные краны должны дать струю длиной 10 *м* при длине рукава в 10 *м*.

При определении емкости водонапорных башен надлежит запас на противопожарные нужды учитывать в размере часового действия спринклеров и внутренних противопожарных кранов, что составит объем в размере:

$$\frac{(10 + 6) \times 3600}{1000} = 57{,}6 \sim 60\ м^3.$$

Этот объем не следует выделять отдельно в баках, которые наряду с противопожарно-спринклерными расходами обеспечивают расходы производственные или хозяйственные, а необходимо его учитывать при определении емкости баков и всегда иметь в резерве при эксплоатации водопровода. При пневматической установке емкость водяных резервуаров надлежит определить из расчета получасового действия спринклеров и внутренних противопожарных кранов; в этом случае емкость будет равна

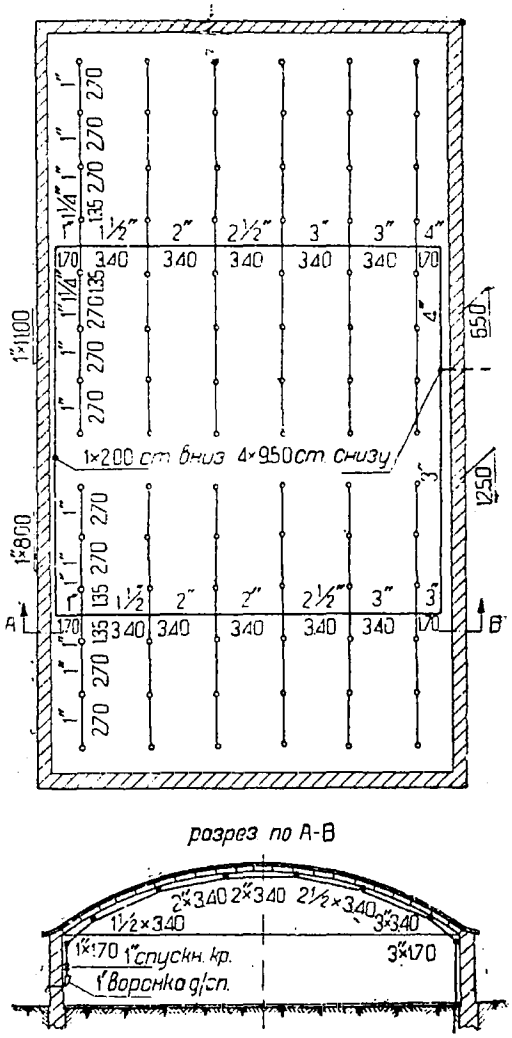
$$\frac{(10 + 6) \times 1800}{1000} = 30\ м^3.$$

Такое уменьшение можно считать допустимым, так как при пневматических станциях водопроводная сеть будет находиться под большим напором, в связи с чем увеличится расход воды как через спринклеры, так и через внутренние краны, благодаря чему от пневматической станции будет происходить более интенсивная водача воды к месту пожара.

5. Внутренняя сеть

После того как установлены объекты, подлежащие спринклерованию, и определены водопитатели для спринклерного оборудования, проектируется внутренняя спринклерная сеть в следующем порядке:

1) начертание схемы внутренней сети и распределение спринклеров по помещениям, учитывая конструкцию перекрытия и оборудования спринклеруемых помещений;

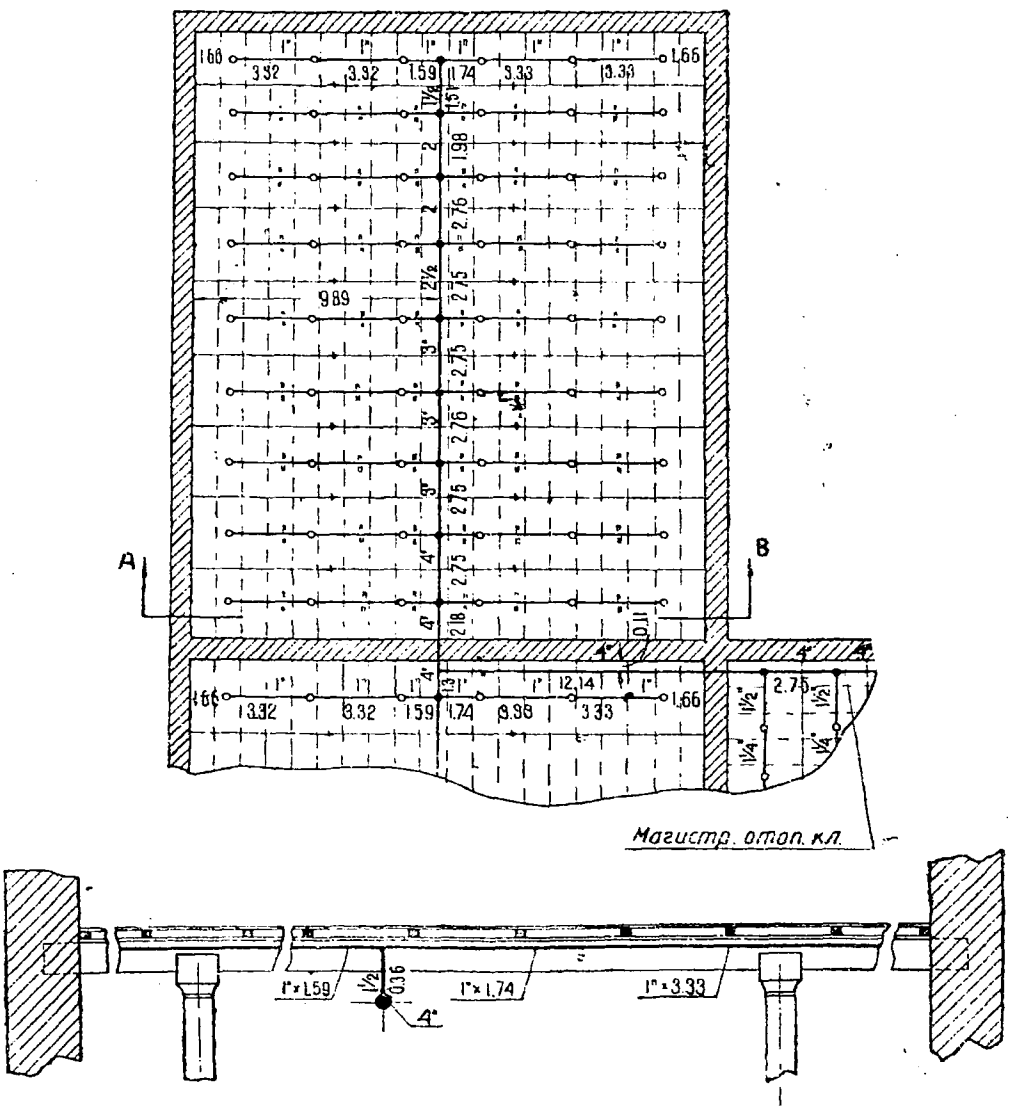


Фиг. 316. Схема расположения спринклеров при гладком деревянном перекрытии.

2) разбивка спринклерной сети на отдельные сооружения с определением места расположения контрольно-сигнальных клапанов и наконец,

3) определение диаметров и длины труб внутренней спринклерной сети. Согласно действующим „спринклерным правилам" спринклеры должны распределяться таким образом, чтобы на один спринклер приходилось не более 9,3 $м^2$ площади пола спринклеруемых поме-

щений всех фабричных, заводских предприятий и других учреждений. Исключением из этого основного правила являются мукомольные мельницы, винокуренные и маслобойные заводы, сушилки кожевенных заводов и помещения театров, в которых один спринклер устанавливается на каждые 6 $м^2$ площади пола. Практически, вследствие необходимости считаться с конструкцией здания (выступающими живается 7 $м^2$ площади пола, а в мукомольных мельницах и аналогичных им по пожарной опасности вышепоименованных предприятиях один спринклер приходится на 5 $м^2$ площади пола спривклеруемых помещений. Наиболее будет простой схемой расположения спринклеров схема расположения в помещениях с гладким перекрытием неогнестойкой или огнестойкой конструкции. Разница в расположении



Фиг. 347. Схема расположения спринклеров при перекрытии с выступающими балками (главные балки выступают более чем на 0,15 и 0,30 *м* вспомогательные менее 0,15 и 0,30 *м*).

частями перекрытия помещений), а также и со всякого рода расположенными у перекрытия деталями заводского или фабричного оборудования, норма площади пола колеблется от 4,8 до 9 $м^2$ на один спринклер. В среднем при определении ориентировочных затрат на устройство спринклерного оборудования надлежит полагать, что одним спринклером обслуспринклеров в этих двух случаях заключается в наибольших допускаемых расстояниях между спринклерами: при неогнестойких перекрытиях наибольшее расстояние 3,4 *м*, а при огнестойких 3,7 *м*, наибольшие допускаемые расстояния крайних спринклеров от стен в обоих случаях будут соответственно равны 1,7 и 1,8 *м*. Такое же распределение спринклеров можно

осуществить в зданиях с неогнестойким и огнестойким перекрытиями с выступающими балками, если нижняя кромка их выступает при огнестойких перекрытиях не ниже чем на 0,3 *м* и при неогнестойких перекрытиях не ниже чем на 0,15 *м* от перекрытия.

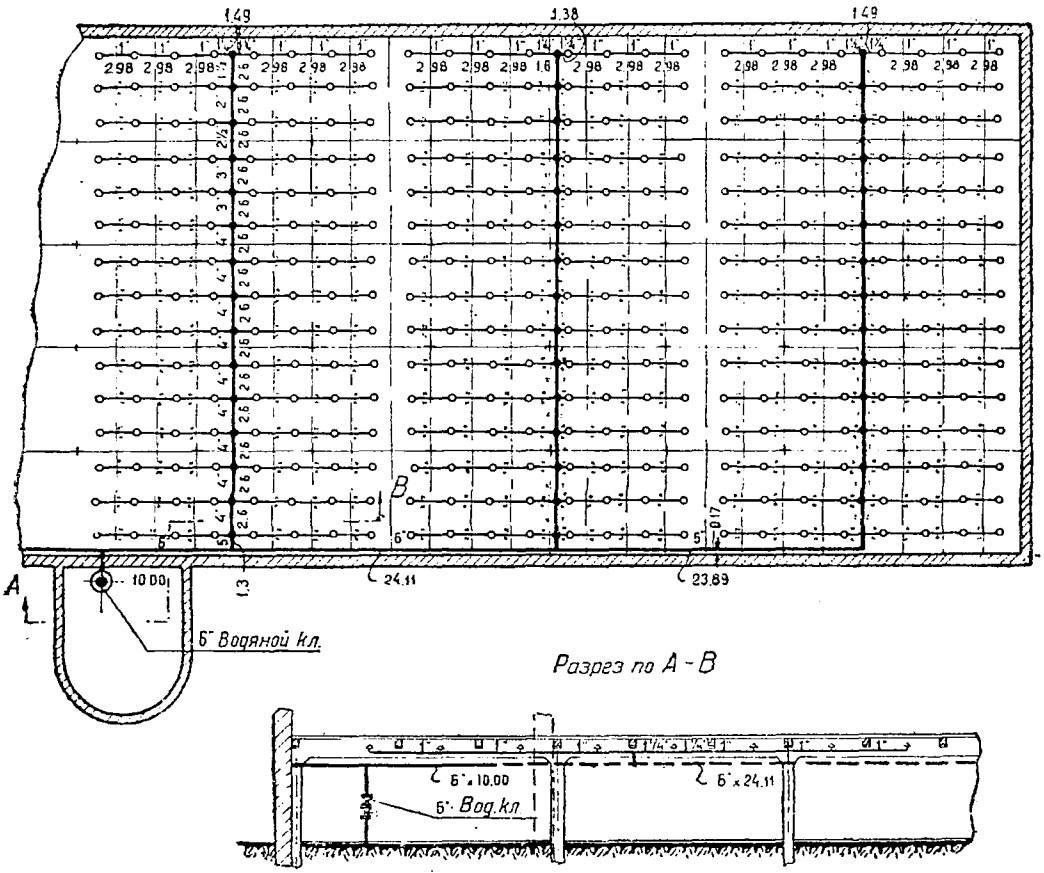
На фиг. 346 дана схема расположения спринклеров при гладком деревянном перекрытии. Из схемы усматривается, что расстояние между рядами спринклеров взято 3,4 *м*, а между спринклерами в ряде 2,7 *м*, и таким образом на один спринклер приходится площадь $3{,}4 \times 2{,}7 = 9{,}18$ *м*^{2}.

При перекрытиях с выступающими балками возможны следующие случаи:

пределительным трубам, располагаются перпендикулярно направлению главных балок.

Для первого случая приводим схему фиг. 347, из которой видно, что распределительные трубы расположены в каждом пролете, несмотря на то, что расстояние между ними и меньше 3,00 *м*, а спринклеры расположены через 3,4 *м*, не считаясь с расположением вспомогательных балок.

Во втором случае, в зависимости от величины пролетов между главными балками, приходится назначить то или иное количество рядов распределительных труб, руководствуясь нормами § 25 „а", „б" „спринклерных правил", а спринклеры располагать в зависимости



Фиг. 348. Схема расположения спринклеров при перекрытиях с выступающими балками (главные и вспомогательные балки выступают более 0,15 и 0,30 *м*).

1) главные балки выступают более чем на 0,15 и 0,30 *м*, а вспомогательные балки выступают менее 0,15 и 0,30 *м* от перекрытия, и 2) главные и вспомогательные балки выступают более чем на 0,15 и 0,30 *м*. При этом величину 0,15 *м* следует относить к неогнестойким перекрытиям, а 0,30 *м* к огнестойким перекрытиям. При начертании сети для этих двух случаев распределительные трубы, несущие спринклеры, располагаются перпендикулярно направлению вспомогательных балок, а питательные трубы, проводящие воду к рас-

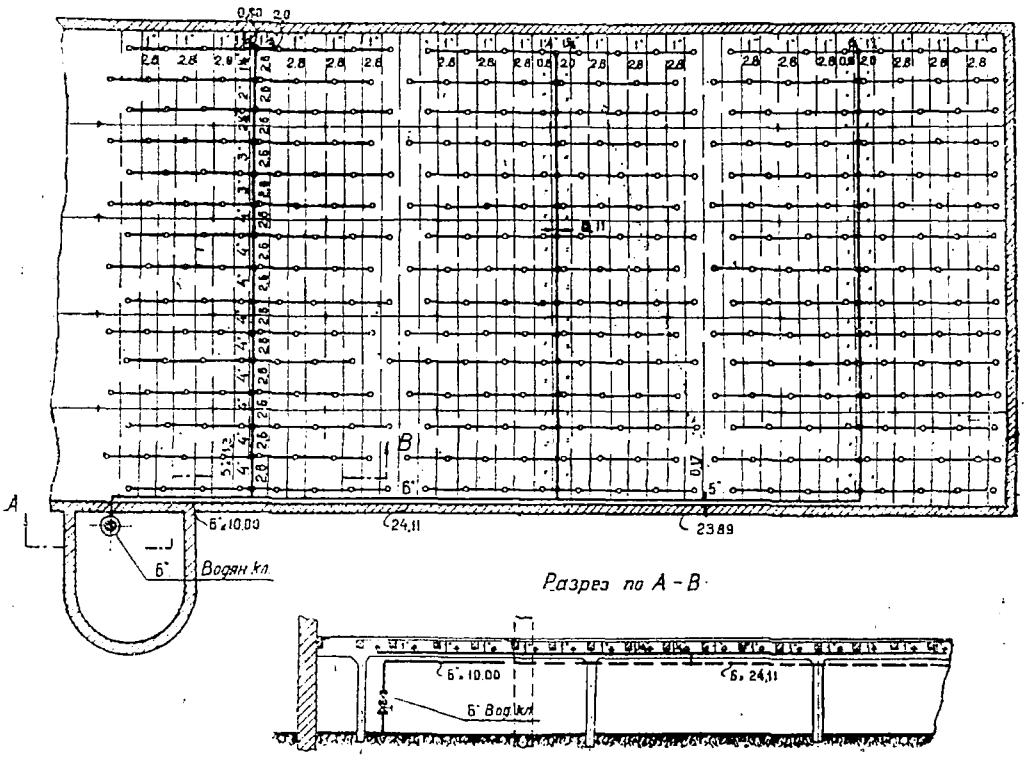
от величины пролетов между вспомогательными балками или в каждом пролете, или через два пролета, или же через полтора пролета. Ниже приведены две схемы для ребристого железобетонного перекрытия: в схеме фиг. 348 спринклеры расположены в каждом пролете между вспомогательными балками, и чтобы осуществлялось скорейшее открытие спринклеров во время пожара — их надлежит поставить розетками вверх. В каждом пролете между главными балками запроектировано по 3 ряда распределительных труб; в схеме

фиг. 349 при наличии меньшего пролета между вспомогательными балками спринклеры расположены через два пролета между ними, причем для осуществления лучшего орошения перекрытия запроектировано шахматное расположение спринклеров в каждом пролете между главными балками. При этой схеме перекрытия можно было бы разместить спринклеры и под центром вспомогательных балок, принимая расстояние между спринклерами, равное по величине двум пролетам, но в обоих случаях спринклеры должны быть поставлены розетками вниз. Когда спринклер будет расположен под осью балок розеткой вверх, то тем самым увеличится расстояние от плиты перекрытия до спринклера и ухудшится орошение спринклером перекрытия, а также и увеличится время от начала пожара до открытия

Далее при спринклеровании помещений со сводчатым перекрытием, которое можно встретить только на старых предприятиях, в случае, когда высота от пяты свода до замка более 0,3 *м*, распределительные трубы располагаются у замка, параллельно образующей свода, а питательные трубы идут перпендикулярно этому направлению.

Когда же эта высота менее 0,3 *м* и со сводами можно не считаться, при расположении спринклеров ряды распределительных труб размещаются перпендикулярно образующим свода, а питательные трубы параллельно образующим свода. На фиг. 350 представлено со всеми деталями спринклерование шедового перекрытия в случае деревянных железобетонных шедов.

В обоих случаях ряды распределительных



Фиг. 349. Схема шахматного расположения спринклеров при перекрытиях с выступающими балками.

спринклера, так как слой воздуха с наиболее высокой температурой будет сосредоточен ближе к плите перекрытия. Когда же спринклер, расположенный в середине пролета между вспомогательными балками, будет поставлен розеткой вверх, то хотя он будет находиться и ближе к плите перекрытия, но орошению им в достаточной степени площади пола и перекрытия будут мешать ближайшие выступающие вспомогательные балки.

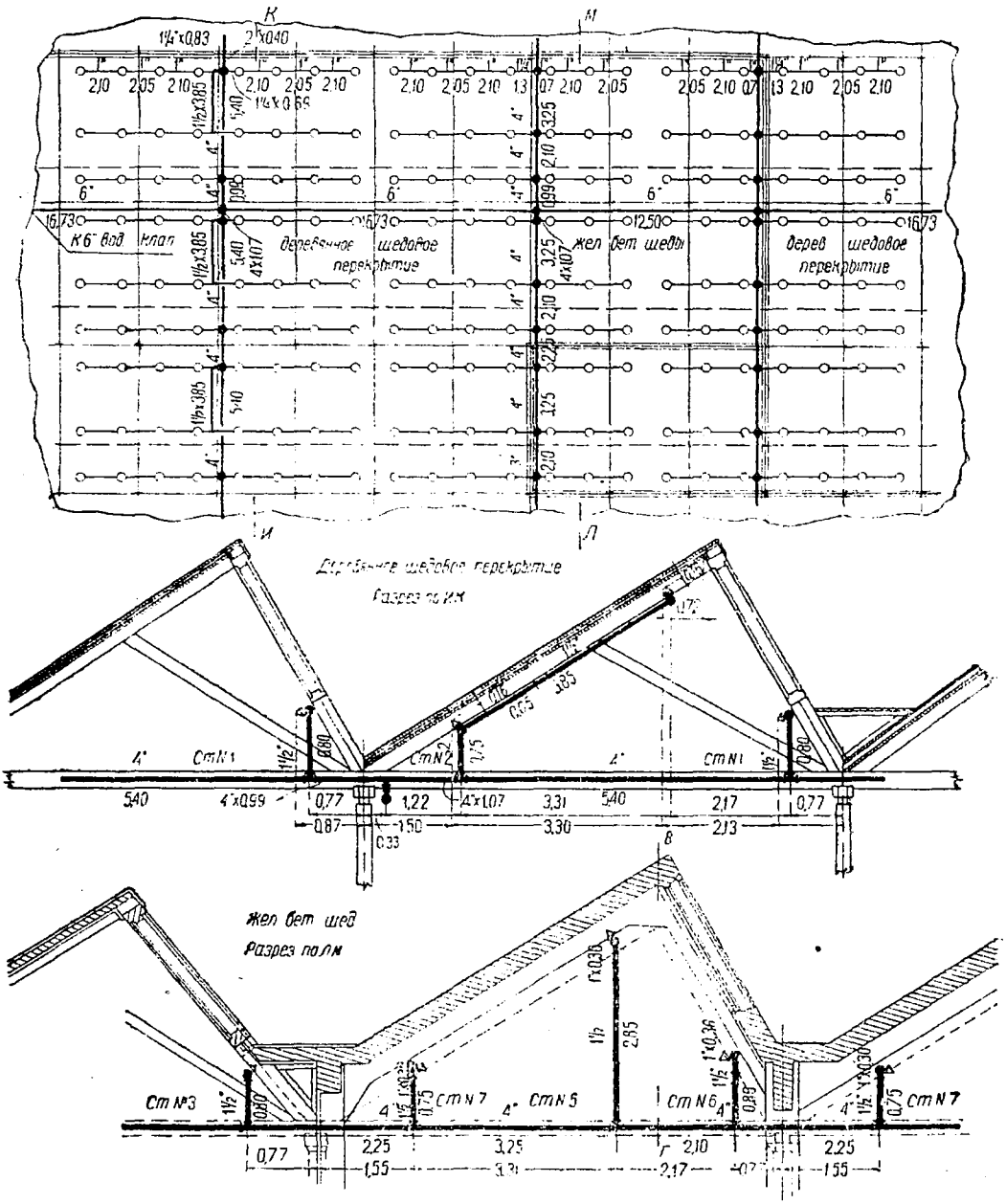
Отдельной схемы распределения спринклеров для случая, когда спринклеры располагаются через полтора пролета между вспомогательными балками, не приводится, так как схема сети для этого случая будет аналогична схеме фиг. 348.

труб взяты вдоль шедов, причем в железобетонных шедах к каждому ряду взят отдельный стояк, а в деревянных шедах оказались более выгодным взять дополнительные магистрали параллельно скату шеда. Спринклеры в шедах устанавливаются так, чтобы ось их была перпендикулярна скату шеда; этим достигается возможность наилучшего орошения перекрытия при работе спринклеров. Конечные наиболее высоко расположенные спринклеры в шедах надлежит располагать не далее, чем на 0,8 *м* от конька шеда, считая по горизонтали; от основания шеда первый спринклер можно располагать не более, чем на 1,50 *м*, считая по горизонтали. Это расстояние указано как крайнее и его желательно

уменьшить до 1,0—1,2 *м*. На схеме фиг. 351 представлен случай спринклерования скрытых пространств, которые образовались между кровлей и деревянной подшивкой, прибитой к ногам и застежкам стропильных ферм. Такая

ных труб прокладываются под подшивкой перекрытия, а самые спринклеры выводятся на стояках в скрытые пространства.

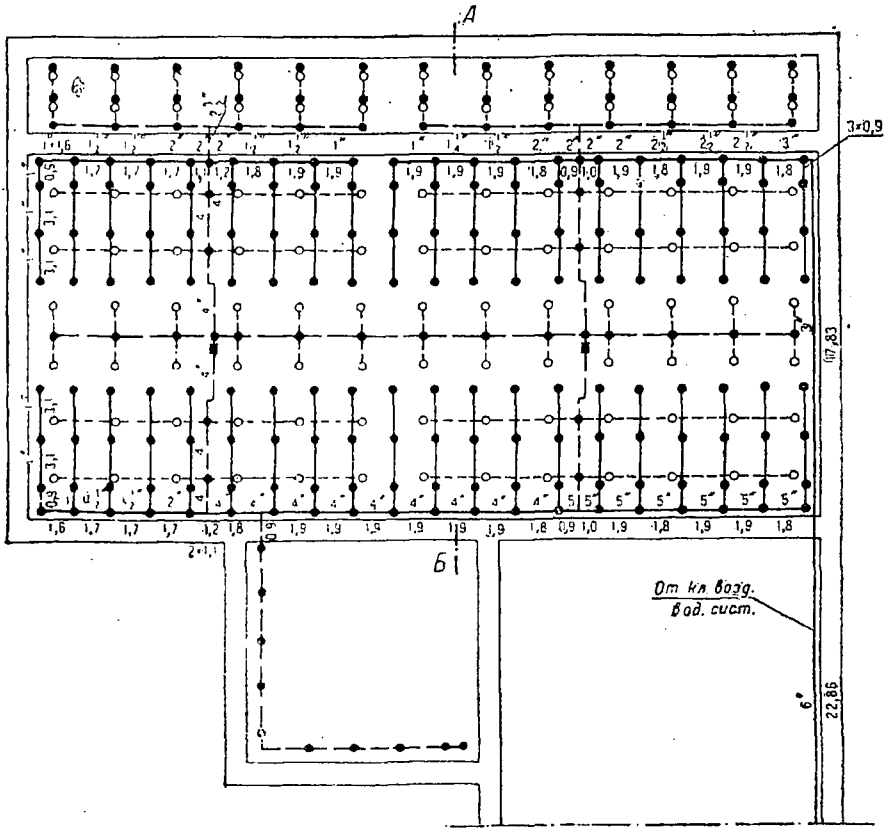
На схеме фиг. 352 приведен пример спринклерования чердачного помещения. Из схемы



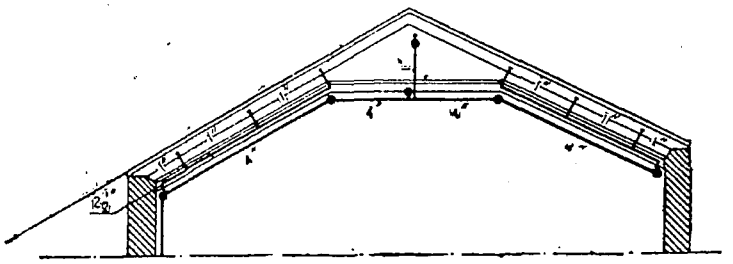
Фиг. 350. Схема спринклерования шедового перекрытия

конструкция перекрытий наиболее часто встречается в котельных текстильных фабрик.

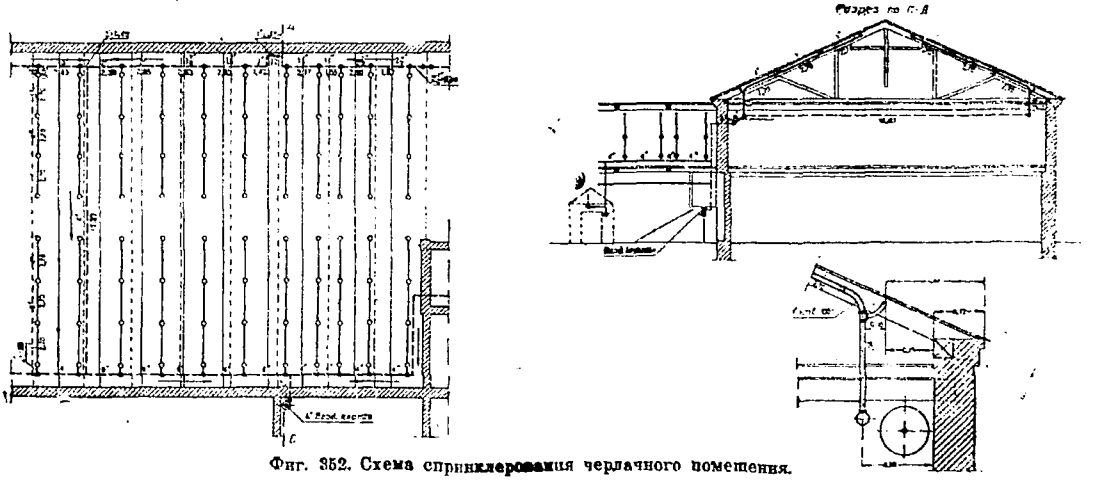
В целях удешевления стоимости оборудования как самое помещение, так и скрытые пространства заспринклерованы воздушно-водяной системой, так как рядки распределительвидно, что питательные трубы идут под перекрытием етяжа, ряды распределительных труб стояками выводятся на чердак, где они располагаются попролетно между стропилами и идут параллельно скату кровли. Первые споинклеры должны отстоять от карниза стеи



Разрез по А-Б



Фиг. 351. Схема оприниклерования скрытых пространств.



Фиг. 352. Схема спринклерования чердачного помещения.

не далее как на 1,7 *м*. В приведенном случае расположению питательных труб ближе к стене мешали трансмиссии, первые спринклеры пришлось взять на отводах от стояков распределительных труб. Кроме выступающих балок перекрытия на распределение спринклеров влияют различные части заводского и фабричного оборудования, как например вентиляционные короба, вентиляционные фильтры, элеваторы (самотаски), бумажные машины, шлихтовальные машины и т. п. Все это оборудование вызывает постановку добавочных спринклеров и усложняет схему спринклерной сети.

При наличии вентиляционных коробов у перекрытия спринклеры надо распределить так, чтобы действию их короба не мешали, поэтому при коробах прямоугольного и квадратного сечения ряды распределительных труб, идущих у перекрытия, устанавливаются на 1,50—1,70 *м* от вертикальных стенок короба, а под самым коробом прокладывается дополнительный ряд по длине короба до сечения его шириной в 0,30 — 0,40 *м*. Опытами установлено, что при круглых вентиляционных коробах, если даже ряд спринклеров будет приходиться непосредственно над коробом, орошение площади пола под коробом получается полное, поэтому круглые короба, идущие на 0,10 — 0,2 *м* ниже выступающих балок перекрытия, не вызывают необходимости дополнительной постановки спринклеров.

В заключение о расположении спринклеров можно сказать, что спринклеры устанавливаются не только так, чтобы ими была защищена вся площадь пола, но чтобы они были поставлены в тех аппаратах и механизмах фабричного и заводского оборудования, в которых возможно возникновение пожара и которые не защищаются должным образом спринклерами, расположенными под перекрытием помещения.

Когда расположение спринклеров намечено на плане, приступают к разбивке этих спринклеров на отдельные инсталляции и определяют места расположения контрольно-сигнальных клапанов.

Инсталляцией называется сеть спринклерного оборудования, нагруженная на один клапан. Клапаны должны располагаться по возможности в центре обслуживаемой ими инсталляции. Клапан водяной и воздушно-водяной системы обязательно должен располагаться ближе к выходам в помещение. Если этого осуществить не удается, то они располагаются ближе к окнам первого этажа, которые в этих случаях должны быть переделаны на пожарные окна. Такое требование вызывается необходимостью иметь снаружи помещения свободный доступ к клапану во время пожара, дабы возможно было следить за правильностью работы клапана. Для уменьшения объема сети воздушные и воздушно-водяные клапаны должны располагаться ближе к обслуживаемой ими сети. В отношении воздушных клапанов нет такого жесткого требования, чтобы они устанавливались ближе к выходам, так как воздушный клапан и обслуживаемая им спринклерная сеть располагаются в разных помещениях; поэтому в случае возникновения пожара в помещении, где установлена спринклерная сеть, можно свободно подойти к клапану. Например при спринклеровании чердака трехэтажного производственного корпуса воздушный клапан устанавливается на третьем этаже, далеко от входа в помещение. При возникновении пожара на чердаке, когда спринклеры будут работать, к клапану на третий этаж всегда можно подойти.

При разбивке спринклеров на инсталляции руководствовались до настоящего времени нормами действующих в Союзе „спринклерных правил", согласно которым на:

а) водяной клапан 150 *мм* нагружается	1200 спринклеров
б) „ „ 100 *мм* „	800 „
в) воздушный и воздушно-водяной клапан 150 *мм* без акселератора нагружается	750 „
г) воздушный и воздушно-водяной клапан 150 *мм* с акселератором	1000 „
д) воздушный и воздушно-водяной клапан 100 *мм* без акселератора и с акселератором соответственно	500 и 750 „

По американским спринклерным правилам требуется при разбивке спринклеров на инсталляции назначать на клапан такое же количество спринклеров в одном риске, которое назначается на трубу одноименного диаметра. Для воздушных и воздушно-водяных клапанов кроме этого условия устанавливается еще ограниченный объем трубопровода спринклерной сети: для клапанов без акселераторов объем сети не должен превышать 1,9 $м^3$, а для клапанов с акселератором объем не должен превышать 2,85 $м^3$. Эти требования вполне целесообразны, поэтому при проектировании спринклерного оборудования трестом „Спринклер" в отношении количества спринклеров, нагруженных на клапан, установлены следующие условия: для 150 *мм* водяных клапанов количество спринклеров в одном риске не должно превышать 250 штук и для 200 *мм* водяных клапанов не должно превышать 450 спринклеров в одном риске. Для воздушных и воздушно-водяных систем объемы ограничиваются следующими пределами: с акселераторами объем спринклерной сети не должен превышать 3,00 $м^3$, а без акселератора 2,00 $м^3$. После разбивки спринклеров на инсталляции и определения мест расположения контрольно-сигнальных клапанов приступают к расчету диаметров труб внутренней спринклерной сети.

Ввиду сложности и большей разветвленности спринклерных сетей и условности количества расходуемой воды диаметры труб определяются на основании данных практического порядка.

При этом надо иметь в виду, что действующие в Союзе нормы нагрузок спринклеров на определенный диаметр труб, взятые целиком с английских норм, расходятся с американскими нормами. Ниже приводится таблица по нормам, действующим в СССР, и последним американским правилам.

Таблица 119

Определение диаметров труб внутренней спринклерной сети в зависимости от числа питаемых ими спринклеров

Внутренний диаметр труб		По правилам действующим в Союзе			По американским правилам
		Количество спринклеров			
в миллиметрах	в дюймах	если с каждой или с одной стороны от питательной трубы в ряде не более 4 спринклеров	если с каждой или с одной стороны от питательной трубы в ряде 5 или 6 спринклеров	для сушильных помещений и камер с температурой выше 38°	колич. спринклеров
19	3/4	—	—	—	1
25	1	3	2	2	2
32	1 1/4	5	3	3	3
38	1 1/2	9	5	5	5
50	2	18	10	10	10
				16	20
63	2 1/2		28	28	36
75	3		46		55
88	3 1/2		78		80
100	4		115	Диаметр трубы не должен быть более 75 *мм*, если требуется более 28 спринклеров, то следует провести вторую питательную трубу	140
125	5		150		200
150	6	свыше	150		300
175	7		—		400
200			—		

По произведенным гидравлическим расчетам внутренних спринклерных сетей трестом „Спринклер" надо отметить, что нормы американских правил более продуманы, поэтому следует полагать, что с пересмотром существующих в Союзе „спринклерных правил", который производится в настоящее время, в нормы, действующие в СССР, для определения диаметров труб в зависимости от числа обслуживаемых ими спринклеров будут внесены соответствующие коррективы.

По американским спринклерным правилам внутренние противопожарные краны можно присоединить к питательным трубам спринклерного оборудования в любом месте, соблюдая при этом только одно условие, чтобы диаметр питательной трубы был не менее 63 *мм* а из схемы фиг. 347, 348, 349 видно, что конструкция перекрытия помещений, подлежащих спринклерованию, в зависимости от пролетов между выступающими балками, может вызвать увеличение количества спринклеров, подлежащих установке, удорожая тем самым стоимость спринклерного оборудования.

В табл. 120 приведены наивыгоднейшие размеры пролетов между осями главных и вспомогательных балок. Если при проектировании соблюсти размеры таблицы, то на один спринклер будет приходиться не менее 9,00 $м^2$.

Таблица 120

Наивыгоднейшие пролеты между балками

Пролеты между осями главных балок	8	7,5	7,0	6,5	6	5,5	5	3,5	3
Пролеты между осями вспомогательных балок	3,45	3,70	2,65	2,85	3	3,35	3,70	2,65	3
	2,30	2,45	1,75	1,90	2	2,20	2,45	1,75	2
	1,70	1,85	1,30	1,10	1,5	1,65	1,85	1,30	1,5

Из цифр таблицы можно заключить, что для неогнестойких перекрытий имеются только два наивыгоднейших пролета между осями главных балок: 6 и 3 *м*, все же остальные пролеты могут быть приняты только для огнестойких перекрытий с выступающими балками.

6. Стоимость спринклерного оборудования

Затраты на устройство спринклерного оборудования будут состоять из следующих статей расхода:

а) стоимость внутренней спринклерной сети, начиная с контрольно-сигнального клапана;

б) стоимость спринклерного оборудования и аппаратуры;

в) стоимость внешней сети, считая от насосов до водонапорного бака со всеми вводами к контрольно-сигнальным клапанам;

г) стоимость оборудования насосной станции, водонапорной башни или пневматической установки;

д) стоимость общестроительных работ по устройству водонапорных башен, помещений для пневматических станций, насосных станций, водоприемных сооружений, подземных резервуаров.

По пункту „а" надо вначале определить количество спринклеров, подлежащих установке, систему их (водяные, воздушно-водяные, воздушные). Стоимость работ по пункту „а" можно определить по расценкам треста „Спринклер", на основании которых стоимость установки одного спринклера, считая все материалы и работу, но без производства вспомогательных работ (устройство подмостей, пробивка дыр и т. п.).

Водяная сеть

а)	При объектах до	500	спринклеров	23 руб.
б)	„ „	1000	„	22,5 „
в)	„ „	2000	„	22,0 „
г)	„ свыше	2000	„	21,0 „

Воздушная и воздушно-водяная сеть

а) При объектах до 500 спринклеров . . . . . 25 руб.
б) „ свыше 500 „ . . . . . 24 „

При объединении внутренней спринклерной сети с сетью внутреннего противопожарного водопровода стоимость ответвлений к внутренним противопожарным кранам со всеми материалами и работой должна быть подсчитана особо.

По пункту „б" приводим расценки треста „Спринклер" на установку аппаратуры со всеми материалами и работой.

1. Комплект 200 *мм* контрольно-сигнального водного клапана	200 руб.
2. Комплект 150 *мм* контрольно-сигнального водного клапана	950 „
3. Комплект 100 *мм* контрольно-сигнального водного клапана	890 „
4. Комплект 150 *мм* воздушно-водяного клапана.	1605 „
5. „ 100 *мм* „ „ . . .	1460 „
6. „ 150 *мм* контрольно-сигнального воздушного клапана	1380 „
7. Комплект 100 *мм* контрольно-сигнального воздушного клапана	1205 „
8. Комплект приводного компрессора для воздушных и воздушно-водяных сетей без электромотора	700 „
9. Комплект парового компрессора.	640 „
10. Комплект аппарата для отвода ложных сигналов у контрольно-сигнальных клапанов	350 „
11. Комплект электросигнала к контрольно-сигнальным клапанам	80 „
12. Комплект установки коммутатора для устройства электросигнализации от контрольно-сигнальных клапанов.	

а) на 15 номеров 1670
б) „ 20 „ 2335
в) „ 30 „ 2980

Определение величины расходов по пунктам „в", „г" и „д" производится на основании общестроительных смет. При определении грубо ориентировочной стоимости спринклерного оборудования для испрашивания кредитов можно считать, что все работы по пунктам „а" и „б" выразятся для водяных сетей 4,00 руб. с 1 $м^2$ спринклеруемой площади, а для воздушно-водяных и воздушных сетей в 5 руб. с 1 $м^2$ спринклеруемой площади.

7. Ориентировочный подсчет количества труб для внутренней спринклерной сети

В связи с дефицитностью черных железных газовых труб, потребных для устройства спринклерного оборудования, необходимо в настоящее время давать заявки на трубы в планирующие органы заблаговременно. По имеющимся в Тресте „Спринклер" данным, взятым с ряда самых разнообразных спринклерованных предприятий, на которых в общей сложности установлено до 200 000 спринклеров, можно установить, что на внутреннюю спринклерную сеть, начиная от контрольно-сигнального клапана, потребно в среднем нижеследующее количество черных газовых труб на один спринклер.

Таблица 121

Вес труб спринклерной сети

Внутр. диам. труб в *мм*	Количество труб в *кг* без установки на спринклерной сети внутр. противопож. кранов	Количество труб в *кг* с установкой на спринклерной сети внутр. противопож. кранов
200	—	0,35
150	1,80	1,83
125	0,55	0,55
100	2,75	2,80
75	1,25	1,27
63	0,92	0,94
50	0,70	0,73
38	1,30	1,30
32	1,25	1,25
25	5,95	5,95
13	0,03	0,03
Всего:	16,50	17,00

Что же касается количества магистральных труб, подводящих воду к контрольно-сигнальным клапанам от водопитателей, то оно в каждом отдельном случае зависит от расположения водопитателей по отношению к спринклеруемым цехам и колеблется в широких пределах, поэтому средних норм потребных для этого труб на один спринклер установить не представляется возможным. Это количество труб устанавливается отдельно, после разработки эскизного проекта расположения водопитателей и контрольно-сигнальных клапанов.

Проф. *Н. И. ФАЛЬКОВСКИЙ*

IX. УЧЕТ ВОДЫ В ЦЕХАХ

Проведение одного из основных шести условий т. Сталина — хозрасчета в тех цехах, где расход воды имеет заметную величину, сязано ее учетом. Учет воды должен быть поставлен не только в отношении котельных (что теперь имеет место), но также в отношении охлаждения печей, машин и двигателей, отопления, расхода воды при технологических процессах (крашение, мойка, валяние, пивоварение, крахмальное, писчебумажное, кожевенное и другие производства, металлургические и машиностроительные заводы). При этом необходимо учитывать расход воды, как целых цехов, так и отдельных агрегатов, или в крайнем случае групп их.

При выборе типа и калибра водомеров должно учитывать температуру воды, ее химический состав (наличие разъедающих водомеры примесей) и рабочее давление.

При температуре воды до 25° Ц употребляются обычные водомеры для холодной воды. Но есть водомеры для температуры воды 30, 90° и выше. Нормально водомеры изготовляются для рабочего давления до 20 *ат*, но бывают и до 40 *ат*.

Водомеры для горячей воды имеют худшую чувствительность и точность, чем такие же для холодной воды. Это зависит от применения для вертушек металла вместо эбонита и целлюлоида.

Характерный расход и потеря напора одинаковы в обоих случаях для одного и того же типа водомера.

Выбор типа водомера в каждом отдельном случае определяется величиной расхода воды, продолжительностью его и характером его колебания. В огромном большинстве случаев оказываются применимыми скоростные водомеры.

1. Скоростные водомеры

Протекающая через скоростный водомер вода вращает крыльчатое колесо или ось с лопастями, причем скорость вращения прямо пропорциональна скорости протекания воды, т. е. пропорциональна и количеству последней.

Вертушка соединяется при помощи ряда передаточных зубчатых колес со счетным механизмом, который отмечает количество пропущенной воды. При производстве водомеров устанавливается коэфициент пропорциональности между числом оборотов вертушки и протекшим объемом воды. Однако при изменении этого состояния по каким-либо причинам число оборотов не будет соответствовать расходу воды, и потому показания счетчика будут неправильны.

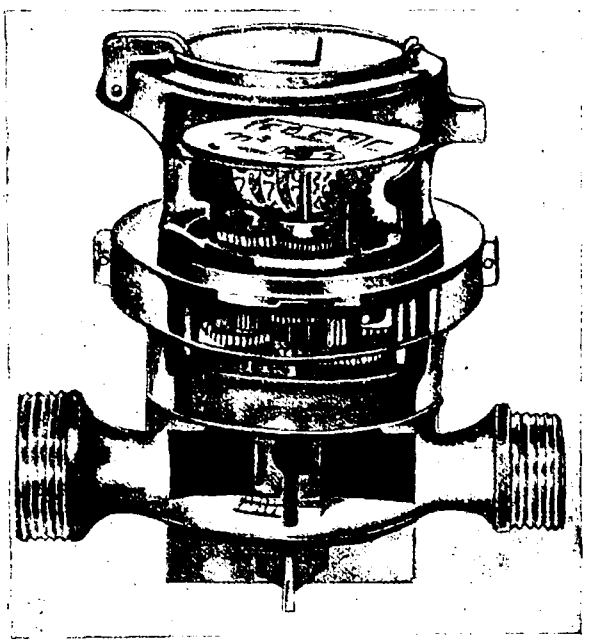
Скоростные водомеры имеют две основных системы: обычные крыльчатые — движение воды перпендикулярно оси вертушки, и водомеры Вольтмана — движение воды параллельно оси вертушки. Однако в общежитии обычно название „скоростных" относят только к первой системе.

Скоростные водомеры делятся по способу подведения воды к вертушке на одноструйные (фиг. 353) и многоструйные (фиг. 354).

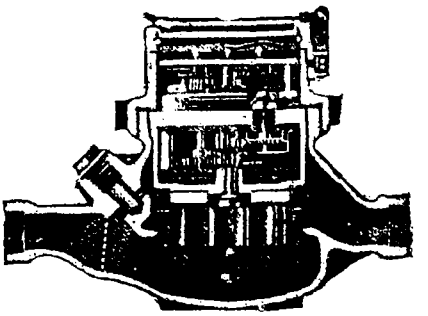
В зависимости от того, отделен ли счетный механизм от воды перегородкою (сквозь которую при помощи сальника проходит ось, передающая движение) или же счетный механизм устраивается всегда работающим в воде, водомеры делятся на сухоходы (фиг. 353, 354) и мокроходы.

Мокроходы более чувствительны и точны, но применимы только при очень чистой и не выделяющей осадков воде.

Данные о расходе воды в скоростных водомерах приведены в табл. 122.



Фиг. 353. Одноструйный водомер.



Фиг. 354. Многоструйный водомер

Таблица 122

Расход воды в скоростных водомерах

Калибр *мм*	Характерный расход *м³/час*	Максимальный допустимый расход		Калибр *мм*	Характерный расход *м³/час*	Максимальный допустимый расход	
		в сутки *м³*	в час *м³*			в сутки *м³*	в час *м³*
10	2	4	1	50	30	90	15
13,15	3	6	1,5	65	40	120	20
20	5	10	2,5	75	50	150	25
25	7	14	3,5	100	70	210	35
30	10	20	5	125	130	390	65
40	20	40	10	150	150	450	75

При характерном расходе водомеры никогда не работают, так как потеря давления в 10 *м* вод. ст. в условиях эксплоатации является недопустимою. Максимальная допускаемая потеря напора составляет 2,5 *м* вод. ст.; при ней расход будет составлять 50% от характерного; этот расход допускается в течение 1 часа. Однако практически до этих цифр доходить не следует.

При продолжительной ежедневной работе водомера исходят из расхода около 20% от характерного, что соответствует потере напора около 0,4 *м*. На основе этого обычно указывают максимальный допустимый расход в сутки (за 10 часов).

В случае неравномерности расхода воды в течение года следует, устанавливая калибр водомера, допускать для него средний суточный расход в течение года, равный характерному расходу. Повышение этой нагрузки (однако не более, чем вдвое), хотя и влечет более скорый износ водомера, но может снизить процент неучтенной воды.

Нередко бывает важно, чтобы потеря напора в водомере при известном расходе воды не превосходила определенной величины. Так как расход:

$$Q = F \cdot \sqrt{2gh},$$

то для пропуска водомером расхода Q *м*³/*час* при допустимой потере давления h_1 нужно взять водомер с характерным расходом Q_1, который определяется из уравнения:

$$\frac{Q_1}{Q} = \frac{\sqrt{h_1}}{\sqrt{10}},$$

откуда

$$Q = 3{,}16\,\frac{Q_1}{h_1}.$$

Выбирать нужно калибр, округляя до ближайшего большого характерного расхода.

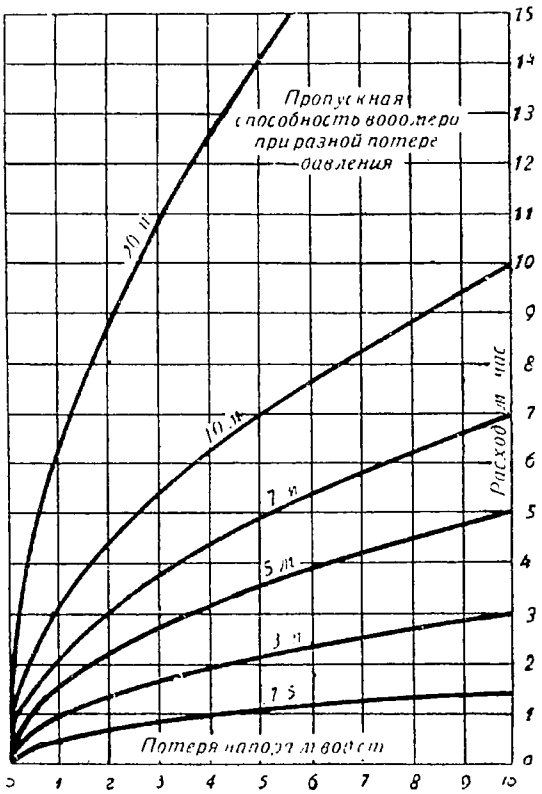
Пропускная способность водомеров калибром от 7 *мм* (1,5 *м*³) до 40 *мм* (20 *м*³) при разной потере давления до 10 *м* вод. ст. дается графически на фиг. 355.

Чувствительность хороших скоростных водомеров (10—40 *мм*) составляет около 0,25—0,50%, а предел точности около 0,75—1,33%, от характерного расхода. Однако нередко эти цифры бывают вдвое выше (в частности по нормам союза германских специалистов по газо- и водопроводу).

Абсолютные цифры чувствительности и предела точности даже для небольших калибров водомеров (для $d = 13$ *мм* они соответственно 12—18 *л*/*час* и 30—40 *л*/*час*) таковы, что небольшие утечки обычные в зданиях не учитываются полностью или частью.

Область учета составляет около 1:75—1:160. Практически (учитывая максимальный допустимый часовой расход) она сужается вдвое. Эти колебания учитываемого расхода дают возможность использовать скоростные водомеры для большинства встречающихся на практике потребителей воды в промышленных зданиях.

Строительная длина водомера колеблется от 130 до 245 *мм* (у некоторых заводов до 300 *мм*). Она пока не стандартизована.



Фиг. 355. График для определения пропускной способности водомера.

2. Другие системы водомеров

Объемные водомеры Кеннеди употребляются нередко, где нужна особая точность учета (например питательной воды в котельной). Их погрешность составляет ± 1%. Вода учитывается по количеству заполнений мерного цилиндра. Пропускная способность в *м*³/*час* дана в таблице 123.

Таблица 123

Пропускная способность объемных водомеров

Калибр *мм*	Нормальная	Максимальная
38	3,6	4,8
50	7,0	10,0
75	15,0	20,0
100	25,0	30,0

Недостатки водомера — громоздкость, большой вес, значительная потеря напора, значительная стоимость и дорогая эксплоатация.

Дисковые водомеры (фиг. 356) также относятся к объемным. Они чувствительны, точны, но в СССР не изготовляются. Их ремонт сложен. Для условий производства они мало пригодны. Более уместны в лаборатории в качестве контрольных водомеров.

3. Выбор типа и размера водомера

При выборе типа водомера необходимо иметь в виду: температуру учитываемой жидкости, ее химический состав, степень загрязнения, колебание расхода.

При незначительных расходах применяются скоростные крыльчатые водомеры. Самое правильное калибр выбирать по действительному расходу воды, определяемому самопишущим контрольным водомером. Пока последние в СССР не производятся, приходится основываться на ориентировочных подсчетах и обмерах.

Фирма „Сименс и Гальске" рекомендует, в зависимости от числа разборных кранов диаметром до 13 *мм*, следующие калибры водомера:

Число кранов	1—2	3—4	5—7	8—10	11—20	21—40	41—60	61 и более
Калибр водомера *мм*	10	13	15	20	25	30	40	50

Средний суточный за год (и годовой) расход не должен превосходить определенных величин во избежание слишком быстрого износа водомера.

Допустимыми цифрами признаются следующие:

Калибр	13	15	20	25	30	40 *мм*
Расход в год	700	1000	1750	2500	3500	7000 $м^3$
Расход в сутки	2	3	5	7	10	20 $м^3$

Если требуется более точный учет потребляемой воды, возможно итти без большого ущерба для сохранности водомера на повышение цифр последней таблицы вдвое.

Начиная с 50 *мм* возможно применение водомеров Вольтмана. Сантехпроект в своей работе пользуется для выбора калибра водомера нижеследующей таблицей (табл. 124).

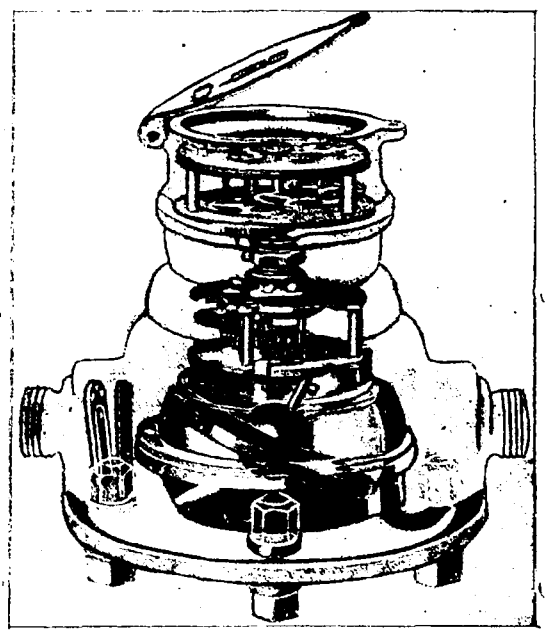
4. Установка водомера

Водомер помещается за первой стеной при вводе водопроводной трубы в здание. Он должен находиться в светлом или освещаемом месте с температурой всегда более нуля. Не следует устанавливать водомер на жилой полезной площади. Перед водомером и за ним должны находиться запорные вентили для удобства замены водомера. За водомером, на расстоянии не более 1 *м*, должен иметься спускной кран. На случай снятия водомера без его замены другим необходимо иметь заранее приготовленные патрубки соответствующей длины. Водомеры мелкого калибра могут устанавливаться как на резьбе, так и на фланцах.

Водомер должен устанавливаться горизонтально — так, чтобы движение воды происходило по стрелке.

Если водомер устанавливается у отдельных агрегатов и вообще мест расхода воды, то излив должен находиться выше водомера с тем, чтобы последний был всегда залит водой.

Если сеть является одновременно не только хозяйственной или производственной, но и противопожарной, то скоростный водомер устанавливается на обводной линии параллельно запломбированной задвижке с водомером Вольтмана или без него. Рациональнее в этих случаях устанавливать комбинированный водомер.



Фиг. 356. Дисковый водомер.

Таблица 124

Подбор калибра водомера

Суточный расход воды $м^3$	Максим. допуск. расход *л/сек*	Тип водомера	Диам. *мм*	Потеря напора при подаче *л/сек*		
				1 *м*	2,5 *м*	10 *м*
2	0,4	Скоростный	13	0,18	0,4	0,8
3	0,7	„	20	0,27	0,7	1,4
7	1,0	„	25	0,60	1,0	2,0
10	1,4	„	30	0,90	1,4	2,8
20	2,8	„	40	1,70	2,8	5,5
200	10	Вольтман	50	5	10	20
600	30	„	80	20	30	70
1000	50	„	100	35	50	110
2400	105	„	150	65	105	215
4000	130	„	200	110	180	360

А. Н. ЛАПИН

X. СТОИМОСТЬ ВНУТРЕННИХ ВОДОПРОВОДОВ

1.[1] Единичные расценки стоимости отдельных частей устройства водопровода внутри зданий

Рабсила принята по сообр. с Едпн. республиканск. расценками, изд. 1932 г.

Материалы исчислены по справочн. цен. № 14 Мособлуправл. строит. контроля, графа „Прирельсовый склад".

Накладные расходы приняты:

на рабсилу в колпч. 50%

на матерналы+трансп. расходы = 25 % от стоимости материалов.

№ по порядку	Наименование отдельных частей устройств	Себестоимость без накладных расходов: Рабсила	Себестоимость без накладных расходов: Материалы	Стоимость единицы со всеми начислениями на рабсилу и материалы, а также транспорт
1.	Трубы железные оцинкованные со всеми фасонными соединительными частями и укреплениями, с устройством сгонов, гнутьем труб — при прокладке внутри зданий; за 1 *пог. м* в укладке (количество сгонов и гнутья труб условно принято из расчета по 1/2 сгона и 1/2 гнутья на 1 *пог. м*)			
2.	диам. 13 *мм*	0—60	0—86	1—98
3.	„ 19 „	0—60	1—17	2—36
4.	„ 25 „	1—00	1—74	3—67
5.	„ 32 „	1—00	2—36	4—46
6.	„ 38 „	1—72	2—91	6—22
7.	„ 50 „	1—72	3—83	7—37
8.	„ 63 „	2—80	5—88	11—55
9.	„ 75 „	2—80	7—11	13—09
	Трубы железные оцинкованные при устройствах, где не имеется сгонов и отводов, при небольших количествах фасонных частей (около 10% от стоимости труб) за 1 *пог. м* в укладке			
	диам. 13 *мм*	0—29	0—66	1—26
10.	„ 19 „	0—29	0—90	1—56
11.	„ 25 „	0—44	1—33	2—37
12.	„ 32 „	0—44	1—81	2—92
13.	„ 38 „	0—66	2—23	3—78
14.	„ 50 „	0—66	2—93	4—65
15.	„ 63 „	0—97	4—51	7—10
16.	„ 75 „	0—97	5—45	8—27
17.	Трубы железные оцинкованные при прокладке (на муфтах) по дну готовой канавы или при воздушной проводке за 1 пог. *м*			
	диам. 13 *мм*	0—15	0—60	0—98
18.	„ 19 „	0—15	0—82	1—26
19.	„ 25 „	0—25	1—22	1—91
20.	„ 32 „	0—25	1—65	2—44
21.	„ 38 „	0—35	2—04	3—08
22.	„ 50 „	0—35	2—68	3—88
23.	„ 63 „	0—45	4—12	5—81
24.	„ 75 „	0—45	4—98	6—90
25.	Змеевик железный из черных труб для нагревания воды в кухонной плите диам. 25 *мм*	3—75	4—25	10—94
26.	То же „ 32 „	4—25	5—85	13—69
27.	То же „ 38 „	5—25	7—20	16—88
28.	Трубы водопроводн. чуг. раструбп. о заделкой раструбов цементом; прокладкой по готовому дну канавы без фасонных частей, при глубине до 3 *м* за 1 *пог. м* в укладке			
	диам. труб 50 *мм*	0—25	2—80	3—88
29.	„ „ 75 „	0—30	3—25	4—51
30.	„ „ 100 „	0—35	4—25	5—84
31.	„ „ 125 „	0—40	5—40	7—35
32.	„ „ 150 „	0—45	0—60	8—92
33.	Фасонные части раструбные, чугунные водопров. за 1 *т*	60—00	330—00	502—00
34.	Пожарн. краны с брандспойтами, пеньков. рукавами и катушками, за 1 полн. комплект			
	диам. 38 *мм*	1—65	53—00	68—73
35.	То же „ 50 „	1—75	65—00	83—88
36.	То же „ 63 „	2—00	90—00	115—50
37.	Трубы водопроводные чугунные, фланцевые, прокладка без фасонных частей за 1 *пог. м* в укладке			
	диам. 50 *мм*	0—25	4—50	6—01
38.	„ 75 „	0—30	5—80	7—70
39.	„ 100 „	0—35	6—76	8—96
40.	„ 125 „	0—40	8—75	11—54
41.	„ 150 „	0—45	10—25	13—48
42.	Фасонные чуг. водопровод. фланцевые части за 1 *т* в укладке	90—00	480—00	735—00
43.	Свинцовые трубы, напорные, за 1 *пог. м* в укладке			
	диам. 13 *мм*	0—25	5—00	6—63
44.	„ 19 „	0—35	6—00	8—03
45.	„ 25 „	0—45	9—00	11—92
46.	„ 32 „	0—55	13—00	17—08
47.	„ 38 „	0—75	16—00	21—13
48.	„ 50 „	1—00	20—00	26—50
49.	Колонка газовая с арматурой за 1 полп. компл. . .	2—00	153—00	194—25
50.	Колонка дровян. с чугун. печью и никел. арм. за 1 полп. компл.	2—50	176—00	223—75
51.	Смеситель никел. для ванн двухпроходи. на 1 полн. компл.	1—50	25—00	33—50
52.	Смеситель никел. для ванн трехпроходи. за 1 полн. компл.	2—00	30—00	40—60

[1] Настоящие единичные расценки дают возможность при наличии спецификации материалов, потребных на устройство водопровода или канализации данного объекта, составить быстро смету, применяя те или иные коэфициенты па рабсилу и материалы; при неимении подробной спецификации можно выявить стоимость работ лишь весьма ориентировочно.

Ввиду того что в расценках цепы па материалы приняты по справочнику № 14, т. е. начала 1932 г., необходимо к общей стоимости материалов — по расценкам — применять поправочный коэфициент (для 1933 г.) в связи с небольшими повышениями цен на материалы и транспорт (см. справочник цен № 15 и новые транспортные ставки).

№ по порядку	Наименование отдельных частей устройств	Себестоимость без накладных расходов: Раб-сила	Себестоимость без накладных расходов: Материалы	Стоимость единицы со всеми начислениями на рабсилу и материалы, а также транспорт
53.	Кран смеситель—туалетн. за 1 шт.	0—60	15—00	19—65
54.	Кран смеситель—хирург. за 1 шт.	0—60	40—00	50—90
55.	Смеситель для умывальн. с головным душем за 1 компл.	0—90	27—00	34—65
56.	Водомер „Вольтман" за 1 шт. диам. 50 *мм*	5—00	230—00	295—00
	„ 80 „	7—00	240—00	310—50
	„ 100 „	10—00	430—00	552—50
57.	То же за 1 шт. диам. 150 *мм*	15—00	685—00	878—75
58.	То же за 1 шт. диам. 200 *мм*	20—00	1000—00	1280—00
59.	Насос центробежн. фиг. 22 покат. диам. 50 *мм*	3—00	115—00	148—25
60.	Насос центробежн. фиг. 22 диам. 75 *мм*	5—00	130—00	170—00
61.	Насос центробежн. фиг. 22 диам. 100 *мм*	7—00	185—00	241—75
62.	Насос центробежн. фиг. 25 диам. 50 *мм*	7—00	190—00	248—00
63.	Насос центробежн. фиг. 25 диам. 60 *мм*	10—00	340—00	315—00
64.	Насос центробежн. фиг. 29 диам. 38 *мм*	7—00	265—00	341—75
65.	Насос центробежн. фиг. 29 диам. 50 *мм*	10—00	300—00	390—00
66.	Насос центробежн. фиг. 29 диам. 63 *мм*	15—00	340—00	447—50
67.	Насос центробежн. фиг. 29 диам. 75 *мм*	20—00	475—00	623—75
68.	Насос центробежн. фиг. 29 диам. 100 *мм*	25—00	590—00	775—00
69.	Баки железн., клепан. за 1 *т* веса в установке	50—00	900—00	1200—00
70.	Пожарные краны с подставками надземные диам. 75 *мм* 1 шт.	4—00	135—00	174—75
71.	То же диам. 125 *мм* 1 шт.	5—00	185—00	238—75
72.	То же подземные диам. 75 *мм* 1 шт.	4—00	100—00	131—00
73.	Пожарные краны с подставками подземные диам. 125 *мм* 1 шт.	5—00	135—00	176—25
74.	Колонки водоразборные за 1 компл.	6—00	150—00	196—50
75.	Вентили с кожей (клапаны) диам. 13 *мм* за 1 шт.	0—16	1—80	2—49
76.	То же диам. 19 *мм* за 1 шт.	0—16	2—47	3—33
77.	„ „ 25 „ „ 1 „	0—18	3—25	4—34
78.	„ „ 32 „ „ 1 „	0—18	4—44	5—82
79.	„ „ 38 „ „ 1 „	0—21	5—62	7—32
80.	„ „ 50 „ „ 1 „	0—21	8—29	10—68
81.	„ „ 63 „ „ 1 „	0—25	13—40	17—13
82.	Задвижки „Лудло" диам. 50 *мм* за 1 шт.	1—08	18—00	24—12
83.	Задвижки „Лудло" диам. 75 *мм* за 1 шт.	1—95	27—30	37—06
84.	Задвижки „Лудло" диам. 100 *мм* за 1 шт.	2—00	36—75	48—94
85.	Задвижки „Лудло" диам. 150 *мм* за 1 шт.	2—07	57—75	75—29
86.	Задвижки „Лудло" диам. 200 *мм* за 1 шт.	3—00	86—10	112—12
87.	Кран вентильн. бронзовый диам. 13 *мм* за 1 шт.	0—16	1—55	2—18
88.	Кран вентильн. бронзовый диам. 19 *мм* за 1 шт.	0—16	2—11	2—87
89.	Кран вентильн. бронзовый диам. 25 *мм* за 1 шт.	0—18	3—51	4—65
90.	Стендер двойн. о соедин. „Рот" диам. 65 *мм* за 1 шт.	3—00	161—00	205—75
91.	То же диам. 76 *мм* за 1 шт.	5—00	216—00	277—50
92.	Краны бронзовые банные диам. 13 *мм* за 1 шт.	0—16	2—21	3—00
93.	Краны бронзовые банные диам. 19 *мм* за 1 шт.	0—16	3—15	4—18
94.	Душ о сеткой и смесителем 1 комплект	3—00	35—00	48—25
95.	Кран никел. туалетн. струя-сетка	0—40	6—	8—10

Таблица 125

Стоимость внутреннего водопровода отдельных цехов

Наименование цеха	Кубатура цеха *м*³	Площ. цеха *м*²	Стоим. водопр. в руб.	Длина труб пог. *м*	Число пожарн. кранов	Единич. стоимость: на 1 *м*³	Единич. стоимость: на 1 *пог. м* трубы	% от строительн. стоим.
Тракторный завод[1]								
1. Литейный цех								
а) противопож. водопр.			43 000	2 480	113		17,3	
б) питьевой водопр.			25 000	2 300			10,8	
в) производств. водопр.			26 000	700			37	
г) горячее вод. быт. устр.			4 500	700			65	
Итого	735 200	58 000	98 500	6 180		0,133	15,90	1,1
2. Кузница								
а) производств. водопр.			16 000	1 150			14	
б) питьевой водопр.			21 000	2 700			7,7	
в) хоз. противопож. водопр. и гор. водоснаб. быт. устр.			14 000	1 700	11		8,3	
Итого	313 200	27 200	51 000	5 550		0,163	9,20	0,9

[1] По производственным сметам Госсантехстроя.

Наименование цеха	Кубатура цеха $м^3$	Площ. цеха $м^2$	Стоим. водопр. в руб.	Длина труб пог. м	Число пожарн. кранов	Единич. стоимость на 1 $м^3$	Единич. стоимость на 1 пог. м трубы	% от строительн. стоим.
3. Механич. цех								
а) противопож. водопр. цеха			34 000	2 900	94		11,7	
б) питьевой водопр.			24 500	2 400			10	
в) производств. водопр.			35 000	2 950			11.9	
г) хоз. противопож. водопр. быт. устр.			24 000	3 000	31		8	
д) горячее водоснаб. быт. устр.			30 000	3 000			10	
Итого	870 400	92 300	147 500	14 250		0,17	10,40	1,3
Тракторный завод								
1. Ремонтный цех								
а) холод. водоснаб. (без разделен. сетей)			7 700	650	21		12	
б) горяч. водоснаб. быт. устр.			1 160	160			6.6	
Итого	45 500	7 800	8 800	810		0,193	10,90	1,5
2. Механо-сборочн. (все сети)	412 000	55 800	42 000	4 860	78	0,10	8.70	0,9
3. Литейн. цех (все сети)	295 000	24 800	31 000	2 780	50	0,11	11.2	1,0
Завод „Шарикоподшипник" [1]								
1. Главный корпус								
а) питьевой водопр.			13 000	3 410			3.8	
б) произв.-хоз. противопож. водопр.			97 000	6 590	210		14,7	
Итого		95 100	110 000	10 000			11,0	
Машиностроительный завод [1]								
1. Деревообдел. цех								
а) холодн. водоснаб. без раздел. сетей			11 000	1 040	30		10,5	
б) горяч. водоснаб. быт. устр.			1 800	240			7,5	
Итого	123.800	16 800	12 800	1 280		0,104	10	1,35
2. Железозагот. цех								
а) холодн. водоснаб. без разделен. сетей			11 500	1 010	35		11,0	
б) горячее водоснабж. бытов. устр.			3 900	400			9.75	
Итого	153 200	17 700	15 400	1 410		0,10	10,90	1,3
3. Кузнечный цех								
а) холодн. водоснаб. без разделен. сетей.			5 900	480	15		12.3	
б) горячее водоснаб. быт. устр.			1 300	220			5,9	
Итого	79 400	6 400	7 200	700		0,09	10,30	1,5

[1] По производственным сметам Металлостройпроекта.

Таблица 126

Количество материалов и стоимость устройства внутреннего водопровода и канализации жилых помещений секционного типа

На 1 $м^3$ здания

Материалы на 1 $м^3$ здания	Количество приборов в каждой квартире	На одну квартиру: 1 раковина и 1 унитаз	На одну квартиру: 1 раковина, 1 унитаз, 1 умывальник	На одну квартиру: 1 раковина, 1 унитаз, 1 ванна с колонкой, 1 умывальник	На одну квартиру: 1 раковина, 1 унитаз; и на 2 квартиры: по 1 ванне с колонкой, по 1 пож. крану и 1 умывальнику
		При проектировании, где:			
		1 стояк, прих. на 1 секцию	2 стояка, прих. на 1 секцию		
		Объем здания ориентировочно			
		$м^3$ 10 000	$м^3$ 10 000	$м^3$ 6 000	$м^3$ 3 000
1. Трубы чугун. канализ. 50—150 *мм*	*пог. м*	0,012 или *кг* 0.15	0,024 или *кг* 0,28	0,02 или *кг* 0,25	0,015 или *кг* 0,18
2. Частей чугунн. канализ..	шт.	0,024 „ „ 0,10	0,045 „ „ 0,20	0,06 „ „ 0,20	0,025 „ „ 0,13
3. Труб оцинкованн. 50 *мм*..	*пог. м*	0,016 „ „ 0,03	0,024 „ „ 0,06	0,024 „ „ 0,05	0,047 „ „ 0,15
4. Частей для труб оцинкованн..	шт.	0,023 „ „ 0,004	0,047 „ „ 0,013	0,045	0,012
5. Количество приборов	комп.	0,006	0,009	0.012	0,009
6. Общее количество приборов в здании	„	60	90	72	28
Стоимость с накл. расх.					
Рабсилы на 1 $м^3$ губ..	руб.	0,09	0,16	0,22	0,19
Материалы и транспорт на 1 $м^3$ здания руб..	„	0.27	0,47	1,50	0,91
Всего на 1 $м^3$.		0,36	0,63	1,72	1,10

ВНУТРЕННЯЯ И НАРУЖНАЯ КАНАЛИЗАЦИИ

А. ВНУТРЕННЯЯ КАНАЛИЗАЦИЯ

Проф. *Н. И. ФАЛЬКОВСКИЙ.*

I. ВНУТРЕННЯЯ КАНАЛИЗАЦИОННАЯ СЕТЬ

1. Классификация трубопроводов и сетей

Канализационная сеть внутри зданий представляет одну или несколько систем трубопроводов, начинающихся от санитарных приемников и других мест приема сточных вод до наружных каналов или коллекторов.

Трубопроводы внутри зданий по их направлению и назначению можно разделить [1] на:

Отводные, которые самотеком отводят сточные воды от отдельных приемников.

Сборные (этажные) отводные, которые собирают воды от ряда приемников.

Стояки, расположенные вертикально и принимающие воды из отводных труб.

Выпуска — отводящие сточную жидкость из здания в ближайший кододец.

Вентиляционные (воздушные), служащие для вентиляции отдельных или нескольких гидравлических затворов.

Вытяжные—верхние части стояков, вытягивающие из последних воздух наружу.

Фановые трубы—проводящие жидкость, содержащую экскременты.

В зависимости от характера и химического состава сточных вод устанавливается одна или несколько внутренних канализационных сетей.

Общесплавная система (одна сеть) характеризуется одной общей сетью для хозяйственных и дождевых вод. У нас она устраивается редко — лишь в тех случаях, когда и наружная сеть и вся очистка сточных вод устроены по этой системе. Производственные воды принимаются ею только тогда, когда они удовлетворяют ряду требований в отношении содержания кислот, щелочей, взрывчатых и воспламеняющихся веществ и т. д.

Раздельная система (две или несколько самостоятельных сетей) у нас имеет наибольшее распространение. При ней поверхностные воды собираются желобами и отводятся по домовым наружным или внутренним водостокам, а затем без очистки спускаются в водоем. Хозяйственные и производственные (удовлетворяющие вышеуказанным требованиям) воды собираются в одну сеть.

Нередко производственные воды какого-либо цеха по своему составу не отличаются от поверхностных вод (не несут каких-либо физических или химических загрязнений). В этом случае они могут собираться каналами, прикрытыми сверху, и отводиться либо в водосточную сеть, либо в наружные водосточные каналы.

Отдельная или отдельные канализационные производственные сети устраиваются в тех случаях, когда производственные воды по своему химическому составу действуют разрушающе на канализационные трубы или требуют специальной очистки.

2. Расчет канализационных трубопроводов

Диаметры канализационных трубопроводов зависят от степени разжижения спускаемых нечистот, от расхода воды в приемниках, процента одновременного действия их, материала труб и их уклона; имеет значение (пока недостаточно изученное) и вентиляция сети.

II Всесоюзным (XIV) водопроводным и санитарно-техническим съездом в 1927 г. установлены следующие нормы для диаметров внутренних канализационных труб (см. табл. 127).

[1] Пока однообразная и вполне точная терминология не установлена, имеющаяся же устарела.

Таблица 127

Диаметры канализационных труб в зданиях

Назначение труб	Отводные трубы		Стояки	
	Железн. в дюймах	Чуг. в *мм*	Железк. в дюймах	Чуг. в *мм*
1. От одиночных и двойных: кухонных раковин, писсуаров, умывальников и одиночных ванн	1½	50	2	50
2. От 3 до 6 вышеуказанных приемников, за исключением ванн	2	50	2½	75
3. От 7 и более вышеуказанных приемников, за исключением ванн	2½—3	75	4	100
4. От больших кухонных раковин и приборов для мытья посуды	2½—3	75	2½—3	75
5. От клозетов	—	100	—	100
8. От нескольких 100-*мм* стояков, если это является необходимым по числу и расположению приемников	—	125	—	—

Примечание. Одна ванна принимается за 1½ раковины.

Эта таблица мало пригодна для наших социалистических условий: 1) неправильно уравнение значимости различных приемников; 2) она дает излишне большие диаметры для некоторых одиночных приборов, а также групп их (например стояк для 7 писсуаров должен быть 100-*мм*); 3) она не дает решения вопроса о большом количестве приемников, что имеет место в гигантах нашей социалистической промышленности, в крупных жилых и общественных зданиях; 4) она требует без достаточного основания размера стояков большего, чем соответствующие отводные трубы (излишний расход металла).

По германским нормам (D. J. N. 1986) диаметры стояков должны быть не менее: 50 *мм* для присоединения до трех кухонных раковин, 70 *мм* для присоединения до семи кухонных раковин или до четырех ванн или до четырех кухонных раковин и двух ванн; 100-*мм* для большего числа вышеуказанных приемников или до 12 ватерклозетных чаш.

Отводные линии от отдельных умывальников и тому подобных приборов должны иметь диаметр не менее 40 *мм*.

Имеется попытка [1] (практически не проверенная) подойти к обоснованию диаметров внутренней канализационной сети с учетом расхода сточной жидкости из приемников и условий работы их.

Расчетный расход сточной жидкости из приемников вообще должен приниматься больше, чем такой же в соответствующем подводящем воду приборе. Это обусловливается: 1) тем, что максимум подачи воды любым краном больше его среднего расчетного расхода; 2) условия работы ряда приемников определяются не средним расчетным подведением воды, а другими условиями спуска сразу значительного количества сточных вод (ванна, раковина при сливе в нее, умывальник при пользовании им в качестве таза); 3) необходимой надежностью в отношении быстрого отведения сточных вод.

IV Всесоюзным съездом водоснабжения и санитарной техники приняты следующие эквиваленты для санитарных приемников при эквивалентной единице расхода = 20 *л/мин*.

Наименование приемника	Эквив.	Расход
Раковина или душевой трап	1	20 *л/мин*.
Ванна	2—4	40—80 „
Стиральное корыто или мойка	2	40 „
Ватерклозет	6	120 „
Писсуар или умывальник	0,5	10 „
Питьевой фонтанчик	0,25	5 „

При этих расходах минимальные диаметры и уклон отводных труб от отдельных приборов определяются следующей таблицей.

Таблица 128

Прибор	Примерная емкость *л*	Расчетная продолж. спуска *сек*	Расчетн. расход *л/мин.*	Диаметр трубы *мм*	Минимальный уклон
Питьевой фонт.	—	—	5	25	0.01
Умывальник	5	30	10	32	0,01
Писсуар	—	—	10	32	0,01
Раковина	12	36	20	32	0,03
Душ	—	—	20	32	0,03
Ванна	180	260	40	38	0,05
„	180	130	80	50	0,04
Мойка	24	36	40	38	0,04
Стиральное корыто	21	36	40	38	0,04
Ватерклозет	8[2]	4	120	75	0,01

Примечание. Условия применения у нас 75-*мм* труб для спуска из ватерклозетов в настоящее время изучаются. До окончательной проверки вопроса следует применять $d = 100$ *мм*. Следует иметь в виду, что в данный момент вообще техника в части домовой канализации перестраивается, поставлена впервые в СССР научная работа в этой области. Поэтому приводимый нормативный материал должен рассматриваться лишь в качестве ориентировочного.

IV Всесоюзный водоприводный и санитарно-технический съезд принял следующие проценты одновременности действия канализационных приборов при значительном количестве последних (см. табл. 129).

На основе вышеприведенных данных возможно каждый раз определить диаметр и уклон отводных веток с достаточной точностью. Практически такие расчеты целесообразны лишь в случае большого числа приборов, при значительном проценте одновременного действия приборов. Обычно вполне достаточно иметь хотя бы приблизительные данные о требуемых диаметрах и уклонах отводных труб. В этих случаях можно при незначительном

[1] Фальковский Н. И. „О перестройке техники внутреннего водоснабжения и канализации зданий", Труды IV Всес. вод. и сан. тех. съезда.

[2] Требуемый минимум для промывки — 6 *л* при продолжительности спуска не более 5 сек. Учитывая неравномерность промывки, примем ее происходящей равномерно в течение 3 сек, тогда секундный расход равен 2 *л/сек* = = 120 *л/мин* (цифра является во всяком случае не преуменьшенной).

Емкость промывных бачков, применяемых у нас типов, колеблется от 6 до 10 *л*.

Таблица 129

Приборы	Производств. помещения	Жилые здания	Общежития	Школы	Клубы	Больницы	Фабрики-кухни
Раковины	По потребности	20	20	50	10	20	20
Умывальн. краны	60	30	60	30	20	10	20
Души	100	30	80	100	100	50	100
Ванны	—	15	30	—	—	80	—
Мойки (на 1 кран)	—	—	20	20	20	80	30
Клозеты	10	5	10	10	5	5	5

Примечание. В больницах специального назначения (водолечебницы и т. п.) процент одновременности действия приборов устанавливается по медицинским требованиям.

проценте одновременного действия приборов руководствоваться табл. 130, дающей минимальные допустимые диаметры и уклоны.

Таблица 130

Минимальные уклоны

Эквивалент	Уклон			
	0,01	0,02	0,03	0,04
1	38	38	32	32
2—3	50	50	50	38
4—5	63	63	50	50
6—20	100	75	75	75
21—40	100	100	100	75
41—80	125	125	100	100
81—120	150	125	125	125

Расчет внутренней канализационной сети возможно производить как обычно по „старой" формуле Куттера или Маннинга.

При расчете канализационной сети, постоянно работающей, наполнение следует принимать равным половине сечения трубы. Однако для внутренней сети при кратковременности спуска от санитарных приборов и расчете по эквивалентному спуску воды (1 = 20 *л/мин*), в целях экономии металла, возможно допустить в качестве временного предела полное наполнение (табл. 131).

Наибольший уклон для канализационных труб не должен превышать 0,15, а лучше —0,10.

Наименьший уклон для отводных (сборных) труб по правилам II Всесоюзного водопроводного и санитарно-технического съезда допускается:

для труб —38 *мм* — 0.04
„ „ —50 „ — 0,035—0,025
„ „ 63—75 „ — 0,025—0,015
„ „ 100 „ — 0,02 —0,012
„ „ 125 „ — 0,015—0,01

причем вторые, меньшие, цифры допускаются с разрешения органа, ведающего канализацией.

IV Всесоюзный водопроводный и санитарно-технический съезд рекомендует нижеследующие минимальные диаметры и уклоны отводных сточных веток от отдельностоящих приборов:

Наименование прибора	Диаметр *мм*	Уклон
Питьевой фонтанчик	25	0,01
Писсуар или умывальник	32	0,01
Душ или раковина	32	0,03
Мойка или стиральное корыто	38	0,04
Ванна в квартире	38	0,05
Ванна в общежитии, больнице	50	0,04

По германским нормам (D. J. N. 1986) признается желательным воо ще уклон не менее 0,02, а при уклоне менее 0,01 уже требуется обеспечение промывки сети.

У нас ввиду изготовляющегося пока минимального диаметра чугунных труб в 50 *мм* уклон для отводных труб от приемников до стояков допускается в 0,01 *м*.

Таблица 131

Расход жидкости в канализационных трубах в *л/мин* при полном наполнении

Уклон \ Диаметр в *мм*		25	0	35	40	50	60	70	80	100	125	150
0,01	V	0,19	0,22	0,25	0,29	0,35	0,40	0,46	0,51	0,61	0,73	0,85
	Q	5,6	9,3	14,4	21,7	41,3	61,6	106	154	286	540	900
0,02	V	0,27	0,32	0,36	0,40	0,49	0,57	0,65	0,72	0,87	1,04	1,21
	Q	7,9	13,6	20,7	30.0	57,9	93,4	150	217	409	770	1 280
0,03	V	0,33	0,39	0,44	0,49	0,60	0,70	0,80	0,89	1,06	1,27	1,47
	Q	9,7	16,5	25,4	36,7	70,8	114,6	185	269	498	940	1 560
0,04	V	0,38	0,45	0,51	0,57	0,69	0,81	0,92	1,02	1,22	1,46	1,69
	Q	11,2	19,4	29,5	42,8	81,2	132,3	212	307	573	1 080	1 790
0,05	V	0,42	0,50	0,57	0,64	0,77	0,90	1,03	1,15	1,37	1,64	1,90
	Q	12,4	21,2	32,9	48,0	90,9	147,5	238	346	644	1 215	2 015
0,06	V	0,47	0,55	0,62	0,70	0,85	0,99	1,13	1,25	1,50	1,79	2,08
	Q	13,8	23,3	35,7	52,5	100,1	162	260	376	705	1 325	2 205
0,07	V	0,50	0,59	0,67	0,76	0,92	1,07	1,22	1,35	1,62	1,94	2,24
	Q	14,7	25,0	38.6	56,2	108,5	175	281	408	751	1 435	2 886
0,08	V	0,54	0,63	0,72	0,81	0,98	1,15	1,30	1,45	1,73	2,07	2,40
	Q	15,9	26,7	41,5	60,9	115,6	188	300	437	812	1 530	2 640
0,09	V	0,57	0,67	0,76	0,86	1,04	1,21	1,38	1,53	1,83	2,19	2,62
	Q	16,8	28,4	43,8	64,5	122,4	198	318	461	860	1 620	2 690
0,10	V	0,60	0,71	0,81	0,90	1,09	1,28	1,45	1,62	1,94	2,32	2,68
	Q	17,6	30,0	46,6	67,5	128,3	210	335	489	911	1 720	2 810
0,15	V	0,74	0,86	0,99	1,11	1,34	1,57	1,78	1,98	2,37	2,84	3,28
	Q	21,8	3 ,4	57,0	83,2	158	258	411	598	1 160	2 100	3 480
0,20	V	0,85	1,00	1,14	1,28	1,56	1,81	2,06	2,29	2,74	3,28	3,79
	Q	25,0	42,4	65,9	96,1	183	297	476	691	1 285	2 430	4 020
0,25	V	0,95	1,12	1,28	1,43	1,73	2,02	2,30	2,57	3,07	3,66	4,24
	Q	28,0	47,5	73,9	107,5	204	331	532	776	1 440	2 710	4 490

3. Материалы и устройство трубопроводов

Для спуска сточных под внутри здания употребляются преимущественно чугунные асфальтированные раструбные трубы. Внутреннего давления они не испытывают: наружная нагрузка на них невелика, поэтому стенки этих труб делаются тонкими, а самые трубы имеют легкий вес.

Нормальный сортамент чугунных канализационных труб введен у нас как обязательный с 1 января 1933 г. (ОСТ 4781—4799).

Сортамент — разработан для внутренних диаметров 50, 75, 100, 125 и 150 *мм*.

Строительная длина для всех труб принята в 2000 *мм*. Толщина стенок для 50- и 75-*мм* труб — 4 *мм*, для 100-*мм* 4,5 *мм*, а для остальных — 5 *мм*.

Данные о размерах труб, а также раструбов приведены в табл. 132.

Патрубки для соединения чугунных труб с гончарными. Ревизии и заглушки.

В сортаменте приведены все основные размеры каждой из перечисленных фасонных частей.

Сортамент предусматривает соединение стыков смоляной прядью (пенькой) и свинцом. Ввиду дефицитности последнего вполне возможна зачеканка раструба цементом, осуществляемая в настоящее время у нас повсеместно, а также заливка смесью асфальта с гудроном.

Качество заделки стыка имеет большое значение. В трудно доступных местах (в углах, под потолком, рядом с отводами) целесообразно применение особого вида американских конопаток и чеканок, дающих не только облегчение, но также улучшение качества и удешевление стоимости работы.

Железные трубы для спуска сточной жидкости применяются оцинкованные или

Таблица 132

Чугунные канализационные трубы (ОСТ 4781)

Внутренний диаметр трубы D	Толщина стенок δ	Наружный диаметр трубы D_1	Строительн. длина L	Глубина раструба l_1	Глубина направляющего конуса b	Толщина набивки C	Внутренний диаметр раструба D_2	Толщина стенки раструба S_1	Наружный диаметр раструба D_3	Наружный диаметр обода раструб D_4	Длина переход. от. труб a в раструб a	Зазор в раструбе у конуса k
60	4	68	2 000	60	12	6	70	5	80	90	25	2
75	4	83	2 000	65	12	6	95	5	105	117	28	2
100	4,5	109	2 000	70	12	6	121	5,5	132	145	30	2
125	5	135	2 000	75	15	7	149	6	161	173	30	2
150	5	160	2 000	75	15	7	174	6	186	200	30	2

Глубина свинцовой заливки принята для труб всех диаметров 20 *мм*.

Веса труб даны в следующей таблице.

Таблица 133

Вес труб

Внутренний диаметр трубы	Вес трубы с раструбом	1 *пог. м* трубы с раструбом
50	12,4	6,2
75	18,8	9,4
100	24,5	12,3
125	32,1	16,1
150	40,8	20,4

Сортаментом нормализованы следующие фасонные части для диаметров 50—150 *мм*:

Двухраотрубные трубы 50 и 100 *мм*, длиной 2 *м*.
Отводы — в 90, 110, 135 и 150°.
Отступы для относа в 75 и 150 *мм*.
Переходы двухраотрубные и однораструбные.
Тройники косые с отростками под углом в 45 и 60°, а также прямые с закругленным отростком.
Крестовины косые с отростками под углом в 45 и 60°, лежащими в одной и в двух плоскостях под углом 90°; крестовины прямые с закругленными отростками в одной и двух плоскостях.
Патрубки с отростками с газовой резьбой для газовых труб в 25 и 88 *мм*.
Муфты строительные (двойные раструбы), а также муфты ремонтные.

черные асфальтированные. Соединяются они обычными газовыми фасонными частями на суриковой замазке.

Вытяжные трубы внутри здания, в целях экономии дефицитного металла, могут допускаться асбоцементные, бетонные или керамиковые, однако должны быть непроницаемыми для воды и газов. Выше чердака могут быть допущены также деревянные осмоленные трубы, из листового оцинкованного или черного окрашенного железа весом 8 *кг* лист.

Трубопроводы, несущие мало загрязненные производственные воды (бесфекальных вод), при проходе под нежилыми и нетребующими особенно высоких санитарных условий помещениями, могут быть допущены из каменно-керамических, бетонных, железобетонных и тому подобных труб. Глубина заложения трубопроводов под зданиями должна быть достаточна для предохранения труб от повреждения со стороны внешних усилий (сотрясения, груза), во не менее 0,3 *м*.

Длина отводных труб, располагаемых в межэтажных перекрытиях, зависит от их толщины и обычно возможна не более 7,5 *м* для труб диаметром в 100 *мм* и не более 10 *м* для диаметра до 75 *мм*.

У поворотов труб, тройников и крестовин (при длине отводных труб более 6,0 *мм*), а также вблизи приемников сточных вод должны помещаться герметически закрываемые

ревизионные отверстия. На прямых участках ревизии ставятся таким образом, чтобы прочистка труб в случае их засорения была удобно выполнима. Согласно правилам по канализованию 19 городов САСШ, прочистки должны быть на взаимном расстоянии не более: 7,5 *м* (3 города); 10 *м* (3 города); 12 *м* (3 города); 15 *м* (8 городов); 18 *м* (1 город); 30 *м* (1 город).

Это расстояние зависит от степени разжижения сточных вод.

У нас по существующим пока правилам ревизионные отверстия (прочистки) должны делаться через 6 *м*. Практически ревизии обязательно устанавливать у основания и верха стояка, а также у наружной стены здания. В последнем случае их расстояние от наружного колодца должно быть в пределах 2—5 *м*.

Если ревизионное отверстие приходится ставить на трубе, лежащей под землей, необходимо его заключать в ревизионный колодец не менее диаметра 0,7 *м*.

Направление канализационных трубопроводов должно быть по возможности прямым и кратчайшим. Неизбежные искривления следует проектировать по плавным кривым, радиус которых делается равным не менее 10, и в крайнем случае для менее важных и несущих сильно разжиженную сточную жидкость труб — не менее 5 диаметров трубы.

Трубопроводы должны быть надежно укреплены помощью скоб, крюков или опор, располагающихся на взаимном расстоянии около 2 *м*.

Тройники и крестовины для канализации рекомендуется употреблять косые. Присоединение отводных труб к стоякам следует делать под углом в 45 или не больше 60°.

В холодном климате канализационные сточки не следует располагать у наружных стен.

4. Гидравлические затворы

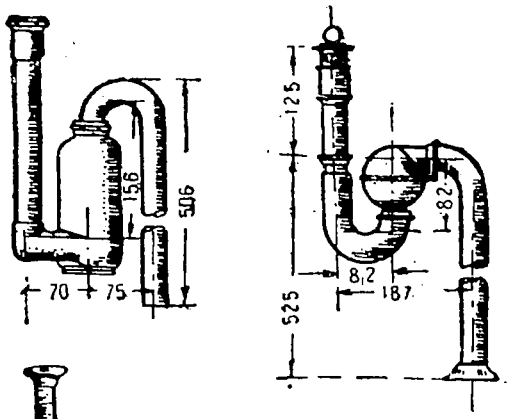
В целях предохранения помещений от попадания в них воздуха и газов из канализационной сети через санитарные приборы непосредственно под последними должен находиться гидравлический затвор (сифон).



Фиг. 357. Гидравлические затворы.

Гидравлические затворы, применяемые у нас (фиг. 357) имеют вид буквы S или U. В зависимости от направления выводного конца сифона он называется прямым, горизонтальным или косым. Высота запирающегося слоя воды в сифоне по правилам II Всесоюзного (XIV) водопроводного и санитарно-технического съезда должна быть не менее 100 *мм*, за исключением ватерклозетов, для которых она допускается не менее 60 *мм*.

Невысасываемые гидравлические затворы (фиг. 358) имеют целью сохранить в себе всегда известное количество воды (несмотря на нарушение столба ее



Фиг. 358. Американские невысасываемые гидравлические затворы.

в основном затворе) с тем, что все же небольшой затвор останется.

Это достигается: 1) увеличением глубины сифона; 2) увеличением объема воды в нем; 3) введением добавочных сопротивлений против выбрасывания воды; 4) созданием вращения воды в сифоне; 5) извилистым проходом воды в сифоне.

Все эти принципы находят применение в конструкциях сифонов в САСШ. Однако все они, кроме использования вращательного движения воды, вредны, так как повышают опасность засорения сифона.

Увеличение глубины сифона свыше 100 *мм* поэтому некоторыми американскими правилами не допускается. В докладе комиссии Гувера рекомендуется глубина не менее 50 *мм* как минимум, гарантирующий от прорыва сифона, и не более 100 *мм* во избежание задержки твердых веществ, образования грибков и наростов.

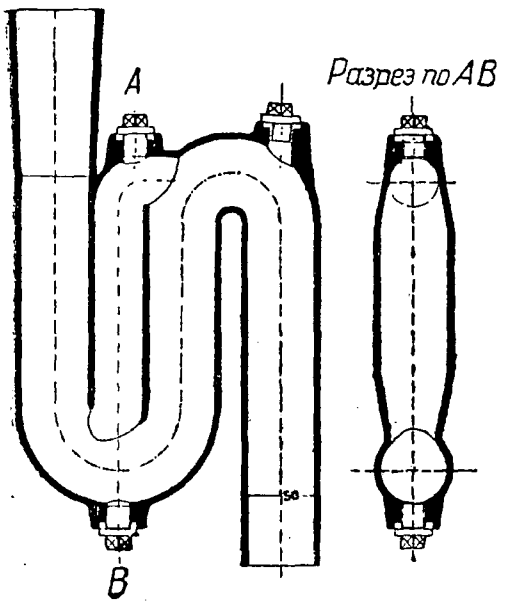
Увеличение количества воды в сифоне мало повышает его сопротивляемость срыву гидравлического затвора, но значительно уменьшает скорость течения сточной жидкости в сифоне и способствует выделению осадков.

Введение добавочных сопротивлений и создание извилистых проходов для сточной жидкости — наиболее действительные способы для увеличения надежности гидравлического затвора. Однако они затрудняют проход твердых веществ. В разделительных стенках возможно наличие свищей и других отверстий, допускающих проход газов мимо гидравлического затвора.

Из специальных конструкций рациональным является сифон инж. И. Н. Извекова (фиг. 359), в котором применен принцип увеличения ко-

личества воды с введением добавочной перегородки.

Из американских специальных типов наиболее целесообразным невысасывающимся сифоном является барабанный сифон с вращением



Фиг. 359. Сифон Извекова.

воды. Его недостатки — тяжелый вес и громоздкость.

Сифоны в трапах должны удовлетворять в отношении гидравлического затвора вышеуказанным условиям. Необходим доступ к сифону для его осмотра и прочистки. Нецелесообразно применение в трапах, как и вообще в гидравлических затворах, движущихся механических частей.

Домовые сифоны употребляются в некоторых странах (Англия, частично САСШ) для отделения внутренней канализационной сети от наружной в целях предупреждения проникновения воздуха из последней в трубопроводы здания. Эта система является мало целесообразной. Она требует отдельной вентиляции наружной сети и особого подвода воздуха к внутренней. Она повышает опасность засорений и срыва гидравлических затворов во внутренней сети, ухудшает санитарные условия работы канализации.

Испарение воды в сифоне вызывает нарушение гидравлического затвора при продолжительном бездействии приемников. Скорость испарения зависит от условий движения воздуха, процента влажности и температуры его, открытой площади поверхности воды. Все эти условия бывают весьма различны. По американским данным практически считают, что 25-*мм* столб воды в невентилируемом сифоне испаряется в 3 недели, в вентилируемом сифоне — вдвое быстрее.

5. Вентиляция гидравлических затворов

Сточная жидкость, спускаемая в стояк (соответственно своему расходу и скорости), увлекает за собою воздух, находящийся в верхней части стояка, и сжимает воздух, находящийся в нижней его части. В случае недостаточности сечений вытяжной трубы или слабой вентиляции отводной (к дворовому колодцу) в стояке могут создаваться давления выше (+) и ниже (—) атмосферного. Эти давления передаются по сточным трубам к гидравлическим затворам санитарных приемников и могут вызвать выбрасывание воды из сифонов в приемники или всасывание ее. Последнее опаснее, так как в первом случае вода все же опять возвращается в сифон.

При коротком стояке и объем воздуха в нем и скорость падения жидкости невелики. Поэтому возникающие давления и разрежения (при открытой вытяжной трубе) ничтожны — около 3 *мм* вод. ст. и меньше.

По данным Иллинойского университета для невентилируемых сифонов существует следующее соотношение:

$$p = K\sqrt{Q^5},$$

где: p — давление в гидравлическом затворе;
Q — расход жидкости по стояку;
K — коэфициент, зависящий от расположения трубопроводов и единиц измерения p и Q.

Для вентилируемых сифонов зависимость такова:

$$p = K \cdot Q^n,$$

где n — постоянная, зависящая от типа и диаметра вентиляционных труб.

Величина n изменяется между 0,33 (когда верхушка сифона имеет вентиляцию диаметром, равным диаметру трубы) и 2,5, когда нет вентиляции его.

При отсутствии вентиляции величина n по H. Babbitt изменяется от 0,00016 при спуске по 50-*мм* трубе и высоте падения в 12,6 *м* до 0,00003 при аналогичном спуске по 100-*мм* стояку.

Наиболее интенсивное давление и разрежение имеют место соответственно в самом низу и самом верху стояка.

Чем отложе переход от стояка к отводной трубе, тем меньше величина давления, и наоборот. Тип присоединения аналогично, но слабее сказывается и на разрежении.

Высота стояка сказывается на величине возникающих при спуске жидкости давлений. Иллинойским университетом установлена зависимость между давлением и высотой падения жидкости следующая:

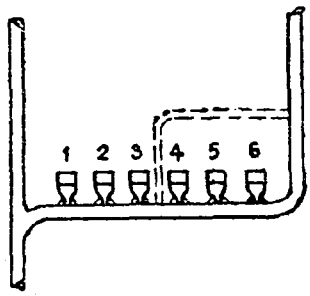
$$p = k\sqrt{H^5},$$

где k — коэфициент, зависящий от диаметра и устройства стояка, а также от измерений, в которых выражено p и H.

Давление в хорошо вентилируемой внутренней канализационной сети бывает невелико.

Обыкновенный применявшийся у нас способ вентиляции гидравлических затворов (венцовая вентиляция) быстро засоряется в месте присоединения к сифону и перестает действовать. Этот тип рядом правил САСШ не допускается к применению.

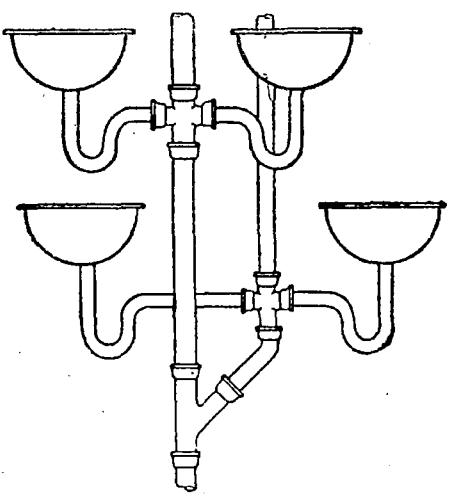
В САСШ устраивается весьма часто и в самых разнообразных случаях непрерывная вентиляция — устройство надежное, но дорогое и требующее много металла.



Фиг. 360. Петельная вентиляция.

Петельная вентиляция употребляется в тех случаях, когда имеет ряд приемников и нежелательно вентилировать каждый из них в отдельности, например в случае группы ватерклозетов. Она хорошо предохраняет стояки от разрежения, а санитарные приборы — от самосифонирования, но не гарантирует от возможности высасывания гидравлических затворов при одновременном спуске воды из приборов в общую спускную трубы (фиг. 360).

Объединенная вентиляция (фиг. 361) отличается тем, что при ней одна вентиляционная труба обслуживает 2 прибора. Она

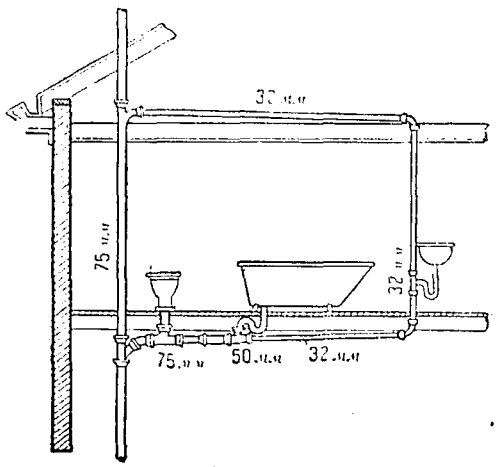


Фиг. 361. Объединенная вентиляция.

удобна, проста, сравнительно экономична и ее рекомендуют применять, где это представляется возможным.

Мокрая вентиляция (фиг. 362) имеет часть труб, служащих спускными для одного прибора и вентиляционными для ниже присоединенных приемников. Эта система не всегда желательна ввиду возможной опасности засорения мокрой части вентиляции.

В обходной вентиляции труба последней идет параллельно стояку с частым к нему присоединением. Применение ее особенно целесообразно в высоких зданиях, причем



Фиг. 362. Мокрая вентиляция.

эффективность ее весьма велика; давление во всей системе бывает почти одинаково даже при большой величине спуска.

Все правила САСШ требуют устройства вентиляции гидравлических затворов. Ряд экспериментальных работ доказывает необходимость ее. Германские данные указывают на возможность обойтись без нее в ряде случаев.

В САСШ тщательно разработаны (Бюро стандартов и в правилах Иллинойского университета) условия, при которых допускается установка приемников без вентиляции.

Если прибор имеет площадь у дна не менее 20 *см*², то расположение наивысших приборов над наинизшим невентилируемым гидравлическим затвором должно быть в зависимости от числа эквивалентности приборов (1 = = 28,3 *л/мин*) и диаметра стояка не более значений, указанных в табл. 134.

Таблица 134

Предельная высота приборов над затвором (в *м*)

Эквивалент приборов, спускаемых в стояк, над невентил. прибор.	Теоретич. расход при 100% действии *л/мин*	Диаметр стояка					
		50	75	100	125	150	200
6	170	7,3	12,2	15,3	19,6	24,4	34,2
12	340	5,5	8,5	11,0	14,6	18,3	25,6
24	680	3,7	5,8	9,2	12,2	15,3	21,4
48	1 360	3,0	4,9	8,9	11,0	14,4	20,1
96	2 720	—	4,3	7,9	10,7	13,4	18,3
192	5 440	—	3,7	7,3	9,8	12,2	17,7
384	10 880	—	—	7,0	9,2	11,6	15,8

Из таблицы следует, что при установке ватерклозетов применение их возможно, когда наивысший над наинизшим невентилируемым прибором расположен на высоте 12,2 *м* в случае стояка 75 *мм* и на 15,3 *м* при стояке в 100 *мм*. У нас пока применяются последние. Одновременность действия приборов невелика. Поэтому при высоте зданий у нас, в большинстве непревышающей 5—6 этажей, устройство домовой канализации без вентиляции гидравлических затворов оказалось не вызывающим неудобств.

Устройство без вентиляции в САСШ допускается и в том случае, если по крайней мере один вентилируемый прибор присоединен к тому же ответвлению, что и прибор без вентиляции. При этом диаметр вентиляционной трубы должен быть не менее установленного размера.

Вентиляционная воздушная труба по американским данным не должна быть меньше 32 *мм*, а от ватерклозетов — не менее 38 *мм*.

Американские правила не требуют устройства вентиляции приборов в тех случаях, когда выполнены следующие условия:

1. Невентилируемый сифон спускает воду прямо в стояк или в отводную линию, на которой нет других приборов.

2. Эквивалент приборов, присоединенных на уровне невентилируемых приборов и выше, должен быть не более 18, из которых не более 12 на одном этаже. К стояку в 75 *мм* присоединяется только один ватерклозет, а к 100 *мм* не более 2 ватерклозетов над уровнем невентилируемого прибора.

3. Высота, с которой может вода падать в стояк по отношению к наинизше расположенному прибору, должна быть не более 6 *м*.

4. Площадь дна приемника с невентилируемым сифоном должна быть не менее 3,25 *дм*^{2}. Спускная труба должна иметь длину не более 0,6 *м* при уклоне 0,01—0,02 и присоединяться к стояку не менее $\varnothing = 75$ *мм* в точке, расположенной выше наинизшего запирающего уровня сифона, не менее чем на 60 *мм*.

5. Стояк, в который спускается вода из приборов, должен иметь диаметр не менее 75 *мм* и длина спускной ветви от всякого прибора до стояка или отводной трубы, нормально вентилируемой, должна быть не более 1,2 *м*.

6. Соединение между стояками и отводными наружными трубами или повороты на последних должны иметь радиус не менее 3 диаметров трубы.

Вентиляция сифонов не требуется, когда не более 8 одиночных приборов с эквивалентом до единицы каждый присоединены к стояку 75 *мм* или соответственно 12 приборов — к стояку в 100 *мм* или более. Падение воды до наинизшего невентилируемого прибора должно быть не более 15 *м*. При этом требуется соблюдение указанных пп. 1, 4, 5 и 6.

В Англии диаметр главной воздушной трубы требуется в 75 *мм*, а ответвлений к отдельным клозетным сифонам 63—50 *мм*. Считается нежелательным иметь воздушную трубу даже у мелких приборов менее 25 *мм*, причем однако в крайнем случае идут даже на 19 *мм*, лишь бы только не быть совсем без вентиляции сифонов.

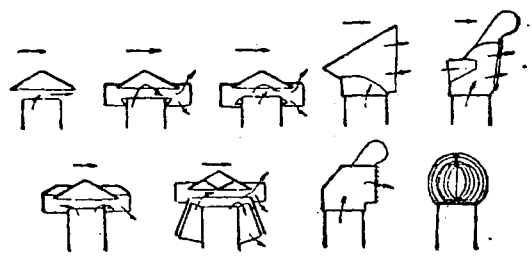
В Германии требуется выведение всех стояков выше крыши без уменьшения диаметра. Кроме этого требуется особая вентиляционная труба того же диаметра, что и спускная, если прибор находится на расстоянии больше 5 *м* от стояка, принимающего его стоки, или от вентилируемой подземной линии [1].

Как видно, в вопросе вентиляции гидравлических затворов имеется много противоречий. У нас в настоящее время ставятся опыты для научного его изучения. На данном этапе, ввиду дефицита в металле и строительства в огромном большинстве зданий средней высоты, а также небольших расходах сточной жидкости из приборов и малого коэфициента одновременного действия их, вполне возможно обходиться без вентиляции гидравлических затворов, однако при обязательном выведении стояков выше крыши.

При значительном числе приборов на отводной трубе более 12 *м* в конце ее должен устанавливаться добавочный вентиляционный стояк, диаметром, равным диаметру отводной трубы (по IV Всесоюзному съезду водоснабжения и санитарной техники).

6. Детали и арматура внутренней сети

Дефлекторы („флюгарки“) — колпаки, устраиваемые над вытяжной трубой для лучшей ее вентиляции, для защиты ее от атмосферных осадков, а также предохранения от попадания в трубу посторонних предметов. В САСШ применяются весьма разнообразные типы дефлекторов (фиг. 363). Вращающиеся



Фиг. 363. Американские дефлекторы.

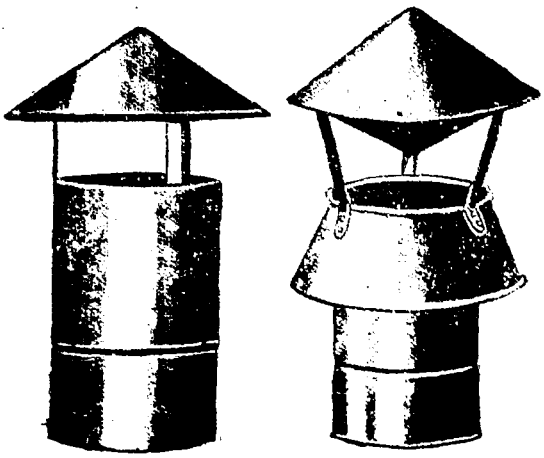
по ветру конструкции должны быть отвергнуты: при заедании, обмерзании или порче их, что имеет место нередко, они не только не улучшают работу вытяжных стояков, но редко ухудшают ее. Сложные типы здесь также нецелесообразны.

Применяющиеся у нас дефлекторы обычно (фиг. 364) плохо работают, если ветер дует снизу. Упрощением достаточно рациональным одной из американских конструкций является

[1] Инж. И. Г. Рубинштейн, Санитарная техника № 5, 1931.

двойной дефлектор, обеспечивающий отсасывание газов при любом направлении ветра.

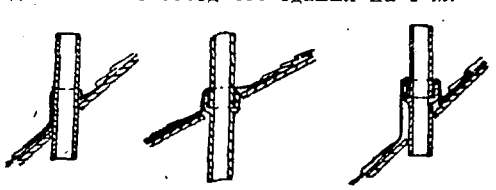
Вытяжная труба (фиг. 365) должна подниматься выше крыши в месте пересечения с последней не менее чем на 0,7 *м*. Располо-



Фиг 364. Дефлекторы одинарный и двойной.

жение ее должно быть таково, чтобы канализационные газы не могли проникать в соседние жилые помещения.

Поэтому горизонтальное расстояние вытяжной трубы от соседних окон, дверей и т. п. должно быть не менее 3,5—4 *м*. При меньшем расстоянии вытяжная труба по американским требованиям, принятым у нас, должна быть поднята выше соседнего здания на 1 *м*.



Фиг. 365. Пересечение крыши вытяжной трубой.

Диаметр вытяжной трубы должен быть в местностях с теплым климатом или при расположении в утепленном помещении не меньше диаметра соответствующего стояка.

В местности с холодным климатом вытяжная труба выполняется диаметром на 50 *мм* большим, чем стояк ввиду обиндевения трубы внутри и уменьшения ее сечения зимой. В САСШ иногда устраивают утепление вытяжной трубы помощью плохих проводников тепла или созданием вокруг нее воздушной прослойки толщиной в 25 *мм*. В последнем случае наружная рубашка в верхней части загибается над вытяжной трубой, а снизу открыта в здании. Такие устройства дороги и не дают существенных преимуществ перед обычным способом.

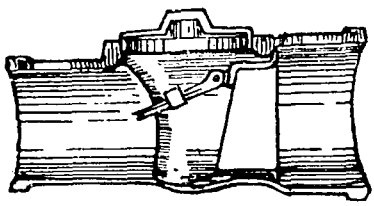
В месте пересечения крыши вытяжной трубой не должно быть течи.

Через каждые 2 *м* вытяжные трубы должны укрепляться скобами или хомутами.

Вытяжные трубы должны итти по возможности без каких-либо искривлений. Соединение вытяжных труб в одну нежелательно. В случае неизбежности этого „площадь поперечного сечения общей трубы должна быть не менее площади наибольшей из отдельных труб, увеличенной на половину суммы площадей всех остальных труб, примыкающих к общей трубе".

Ввиду того что сточная жидкость имеет в себе всякого рода твердые вещества, применение при канализовании зданий каких-либо запорных и механически действующих приспособлений нежелательно. Они легко засоряются и действуют недостаточно надежно. Они употребляются однако в тех случаях, когда канализационная сеть или часть ее находится ниже уровня весенних вод или же когда часть санитарных приемников расположена ниже крышки ближайшего колодца наружной сети.

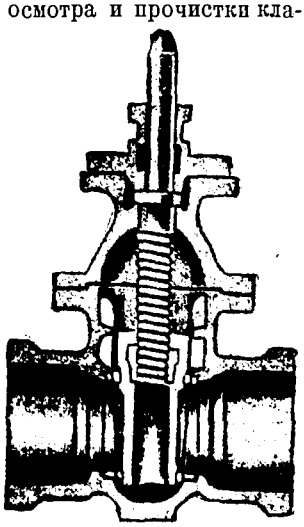
Для предохранения внутренней сети от высоких весенних вод применяются обратные



Фиг. 366. Обратный клапан.

клапаны (фиг. 366). Их конструкция должна давать возможность осмотра и прочистки клапана.

Недостаток обратного клапана— при закрывании его вентиляция канализационной сети ухудшается. В случае применения такого клапана полезно устраивать подведение воздуха к внутренней сети по американскому способу, аналогично применяемому при домовых сифонах.



Фиг. 367. Канализационная задвижка.

Вместо обратного клапана нередко употребляются канализационные задвижки (фиг. 367). При засорении они действуют плохо. Поэтому рядом с ними следует устанавливать ревизии.

7. Дворовая сеть

При канализовании зданий в САСШ часто главная внутренняя канализационная труба прокладывается по подвалу. Достоинства этого способа: простота и дешевизна работы, достув-

ность во время эксплоатации, несложность ремонта. Недостатки: необходимость применения тяжеловесных чугунных труб, причем трубопровод должен подвергаться гидравлическому давлению; возможность ухудшения санитарных условий в здании при аварии, небрежной эксплоатации или ремонте. В ряде случаев этот тип имеет настолько большие преимущества, что по ликвидации у нас дефицита в металле может получить широкое распространение в СССР.

У нас сборные и отводные линии от стояков выводятся наружу (выпуск), где над местом присоединения их к дворовой канализационной линии устраивается смотровой колодец. Достоинства этого способа: возможность применения керамиковых и вообще неметаллических труб; главная линия находится вне здания. Недостатки: дороговизна вследствие необходимости земляных работ и устройства колодцев, усложнение эксплоатации в зимнее время.

Диаметры труб дворовой сети для главной линии для зданий средней величины должны быть не менее:

при раздельной системе канализации . . . . 125 *мм*
„ общесплавной „ „ . . . . 150—200 *мм*

Для строящихся в настоящее время крупных гражданских и в особенности промышленных зданий, а тем более для группы их, эти диаметры оказываются нередко недостаточными. Тогда дворовая сеть должна быть рассчитана.

Наполнение при общесплавной системе принимается полное; при раздельной — 50%.

Метод расчета аналогичен такому же для наружной уличной сети.

Уклоны трубы, согласно постановлению II (XIV) Всесоюзного водопроводного и санитарно-технического съезда, должны быть следующие.

Таблица 135

Уклоны для труб дворовой сети

Диаметр *мм*	Необходимый уклон	Минимальный допустимый уклон
125	0,015	0,010
150	0,012	0,008
200	0,010	0,006
250	0,008	0,0 5
300	0,006	0,004

Уклон должен быть не более 0,10, в крайнем случае 0,15. При большем уклоне необходимо проверить получающуюся скорость. По проф. Н. М. Ушакову нежелательна скорость больше 3,5 *м/сек*.

Материалы труб дворовой сети те же, что и для наружной сети.

Глубина заложения труб должна быть больше глубины промерзания грунта в данном месте. Она для средней полосы составляет 1,3—1,8 *м* и более. Если этого по условиям места сделать невозможно, необходимо утепление труб (шлаком, опилками, соломой, торфом). Для верхней части при этом можно допустить глубину в 1 *м* и в крайнем случае даже 0,7 *м*.

При тронутом грунте или глубине меньше 1 *м* следует принимать меры против возможности механического повреждения трубопровода.

Смотровые колодцы устраиваются для осмотра и прочистки дворовой сети на соединениях отводных труб из зданий с дворовыми и вообще на всех соединениях линий, поворотах и переломах уклонов их.

На прямых участках расстояние между соседними колодцами не должно быть более 50 *м*, желательно 40 *м*. В целях экономии допускается замена колодцев тройниками для выпусков из зданий. Однако это возможно лишь на прямых участках канализационных линий при расстоянии от колодца на последних не более 20 *м* и расстоянии до стояка не более 10 *м* (II (XIV) Всесоюзный водопроводный и санитарно-техяический съезд).

Внутренний диаметр смотрового колодца должен быть не менее 0,7 *м*; на поворотах линий под прямым углом или при двух и более ответвлениях, по возможности не менее 1 *м*.

Толщина стенок смотрового колодца при кирпиче может быть выполнена в ½ кирпича, а при бетоне не менее 80 *мм*.

Ввиду дефицита в цементе допустимо изготовление части колодца выше лотка из осмоленного дерева, но не в водянистых грунтах, где возможно проникновение грунтовых вод, в результате чего получится перегрузка имя канализации.

Для спуска в колодец на его стенках устраиваются скобы через 0,3—4 *м* по вертикали.

Крыши смотровых колодцев могут быть как чугунные и или железобетонные, так и деревянные осмоленные (не под проезжей частью улиц).

Сеть затопляемых зданий. В случае затопления нижней части какого-либо из зданий весенними водами его сеть не должна соединяться с остальной сетью, так как в последнюю проникнет вода через затопленные приемники. Поэтому устраиваются две сети, нормально работающие параллельно; во время же затопления сеть из затопленных частей зданий отделяется от остальной сети и конечно не работает.

8. Проектирование внутренней сети

Начертание внутренней канализационной сети зависит от места и расположения приемников сточных вод, от места выпуска в наружную сеть и от связанной с ними схемы дворовой сети.

Направление трубопроводов как внутренней, так и дворовой сети должно проектироваться таким образом, чтобы они были возможно короче, прямы и всюду имели уклоны не меньше предельных допустимых. Желательно, чтобы трубопроводы на одной линии имели тот же уклон. При ломаном уклоне у пунктов перелома необходимо помещать

ревизии (во внутренней сети) или смотровые колодцы (в дворовой сети).

Трубопроводы дворовой сети для фекально-хозяйственных вод как в целях санитаряых, так и в целях экономии металла должны проектироваться вне зданий. В пределах зданий (под полом или в подвале) прокладка канализационных трубопроводов допускается: 1) когда они отводят производственные воды, не представляющие санитарной опасности; 2) когда возможное засорение не вызовет заметных неудобств для производства; 3) для хозяйственно-фекальных вод — в трубопроводах, испытанных гидравлическим давлением, в таких помещениях (подвалах) и под ними, где авария трубы или засорение не вызовут санитарной опасности. Последнее делает недопустимой такую проводку под столовыми, пекарнями, детскими домами и т. п.

Если сточные производственные воды по своему характеру не представляют санитарной опасности и не несут значительной части взвешенных веществ, их возможно отводить каналами, перекрытыми сверху плитами. При этом сечение канала должно быть подсчитано с запасом.

Наружные канализационные трубопроводы должны проходить на расстоянии не менее 2 *м* и по возможности не более 5 *м* от стены здания, с учетом глубины заложения и фундамента. При расстоянии менее 2 *м* должны укладываться чугунные трубы.

Согласно постановлению II Всесоюзного (XIV) водопроводного и санитарно-технического съезда проект канализации отдельного участка (владения) должен состоять из следующих чертежей:

а) выкопировка из плана поселка или города в масштабе $^1/_{1000}$ до $^1/_{5000}$, с показанием места нахождения участка (владения);

б) выкопировка подробного плана участка (владения) в масштабе $^1/_{100}$ до $^1/_{500}$ со всеми постройками и подземными сооружениями, колодцами, выгребами и помойными ямами, с показанием границ соседних участков и нанесением схемы проектируемых канализационных труб.

При одновременном составлении проекта канализования участков (владений) всего поселка масштаб может быть уменьшен до $^1/_{1000}$;

в) профиля местности по линии предполагаемой прокладки труб до уличной магистрали, с нанесением на профилях проектируемых труб и колодцев, а также указанием отметок поверхности земли и заложения труб как проектируемых, так и существующих глубин колодцев, расстояния между ними, уклонов и диаметров труб, а также нивелирных отметок низших точек задней и боковых границ участка по общей нивелировке.

г) выкопировка детальных планов и вертикальных размеров зданий по стоякам и отводным трубам всех этажей, с нанесением всего, что относится к проектируемой канализации, как-то: сточных труб, всех санитарных приборов — клозетов, писсуаров, раковин, ванн, трапов и других приемников, а также вентиляционных приспособлений и всех подземных сооружений (см. гл. 5 части I).

ЛИТЕРАТУРА

Инж. Я. Я. Звягинский „Канализация зданий", 1930.
Инж. О. Каленберг „Домовые водопровод. канализация и газовые установки", 1927.
„Итоги IV Всесоюзного водопроводного и санитарно-технического съезда", 1932.
D. J. N. „Grundstückentwässerung und-Wasserversorgung", 1932.
G. Thomson „Modern Sanitary Engineering". London. 1921.
H. Babbit „Plumbing". New York. 1928.
Н. Н. Фальковский „О диаметрах домовой канализационной сети", „Вести. инж. и техн.". № 1, 1932.
Он же „О вентиляции домовой канализационной сети" „Санит. техн.", № 3, 1932.

Инж. *Б. С. ТИКУНОВ*

II. САНИТАРНЫЕ ПРИБОРЫ

1. Унитазы

Для групповых уборных удовлетворительными в отношении их эксплоатации (содержание в чистоте, прочность) являются унитазы типа „Генуя" (фиг. 368), носящие также название унитазов „азиатского типа". Промывка производится посредством обычных клозетных бачков, располагаемых (по действующим в настоящее время правилам) [1] на высоте 1,8 *м* от пола. Размеры унитаза—по длине 0,82 *м*, по ширине 0,61 *м*, вес около 45 *кг*. Рекомендуется делать реборды вокруг унитаза, особенно с передней стороны во избежание перелива воды при промывке унитаза [2].

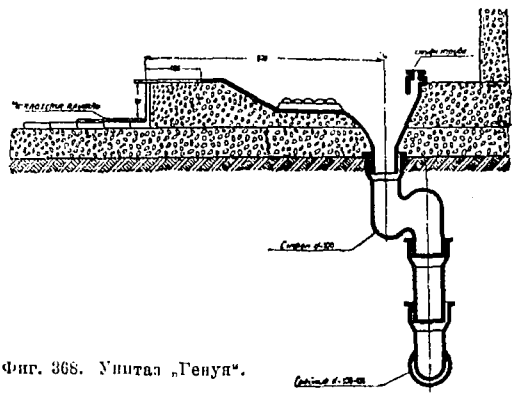
К недостаткам унитазов „Генуя" относится необходимость устройства солидного основания для них и значительного углубления клозетной чаши ниже пола, что может создать конструктивные затруднения при постановке унитазов в верхних этажах здания (подвеска, устройство особого возвышения и пр.), а в некоторых случаях (невозможность подвесной проводки, малая высота помещений) заставляет отказаться от их применения.

Устанавливая клозетные чаши обычного типа, следует как для индивидуальных, так и

[1] Предполагается (Всес. н.-и. инст. вод. и сан. техн.) произвести экспериментальную проверку возможности расположения клозетных бачков на меньшей высоте.

[2] Морозов А., Клозет „Генуя" для уборных общественного пользования („Стр. пром." № 4, 1928).

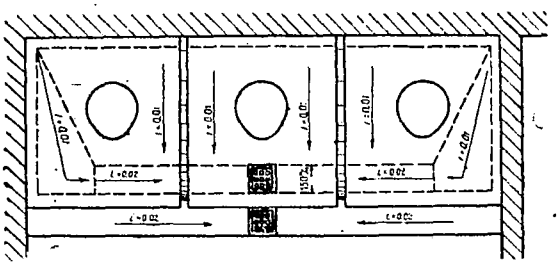
для групповых уборных применять фаянсовые чаши. Применявшиеся ранее чаши типа „Иноdoро" из эмалированного чугуна крайне не-



Фиг. 368. Унитаз „Генуя".

гигиеничны и представляют собою образец нерационального расходования металла.

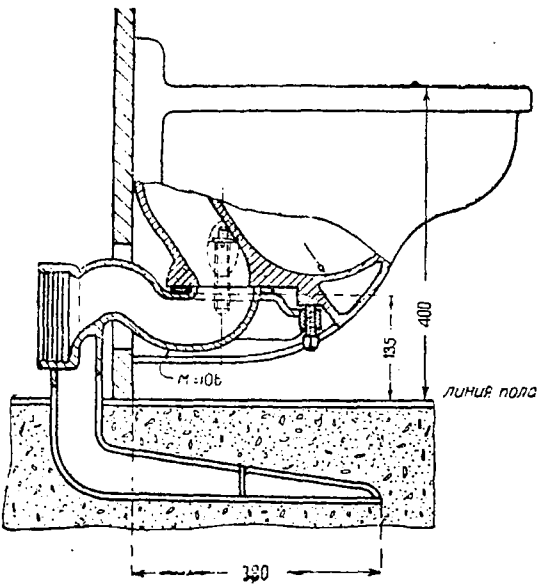
В групповых уборных при оставлении деревянного сиденья необходимо устройство наклонного настила над унитазом, не дающего возможности вставать на клозетную чашу



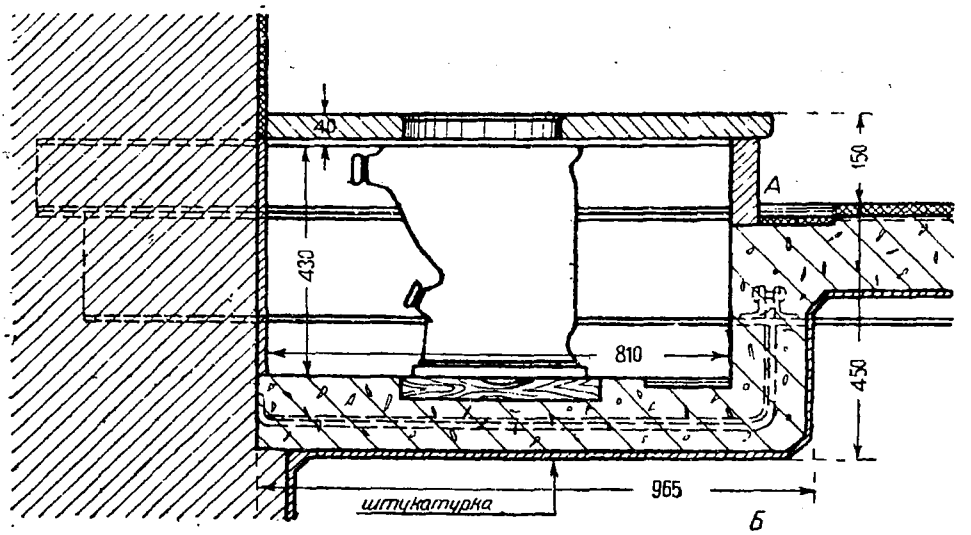
Фиг. 369. План расположения групповых унитазов

Нередко производится замена деревянных сидений железобетонными плитами (фиг. 369, 370), имеющими солидное основание и получающими вид особого возвышения, допускающего вставанье на него. При таком типе уборной следует предусматривать устройство отводной канавки и добавочного трапа внутри этого возвышения.

В американской практике большое распространение получили клозетные чаши консольного типа (фиг. 371), которые, будучи закреплены на стене, позволяют содержать в чистоте пол уборной. Применяемые для групповых уборных



Фиг. 371. Клозетная чаша консольного типа



Фиг. 370. Унитаз с железобетонной опорной плитой.

ногами. Наиболее гигиеничным типом являются сиденья в виде ободка с небольшим вырезом посередине.

эти чаши закрепляются посредством болтов на специальной металлической подставке, заделываемой в пол и перегородку. Отводная

от клозетной чаши труба присоединяется к ней с противоположной стороны, и таким образом в помещении уборной никаких трубопроводов не имеется. На наружной стене такая чаша монтирована быть не может.

Применяемые у нас для промывки унитазов клозетные бачки („Ракета", „Эврика", „Поток" и др.) имеют емкость около 6 *л*. Продолжительность спуска около 3 *сек.*, следовательно расчетный расход сточной жидкости при промывке из клозетного бачка ∞ 2 *л/сек*. При постановке клозетных бачков в групповых уборных необходимо тщательное и прочное укрепление всех движущих частей: колокола, поплавка, опорной оси, а также крышки бачка и держки. Последняя является одним из наиболее слабых элементов, так как часто обрывается; необходимо иметь держку, снабженную прочной цепью, лучше с остановами.

Применяемые за границей вместо клозетных бачков промывные краны еще не вошли в нашу практику, хотя они имеют много преимуществ в эксплоатационном отношении (дешевизна, надежность действия, бесшумность). Расход воды на промывку при наличии кранов по данным американской практики значительно больше, чем при бачках — до 11—26 *л* на одну промывку.

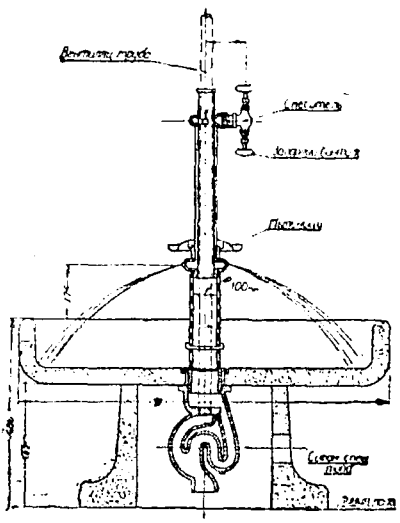
2. Писсуары

Писсуарные корыта старого типа (чугунные, эмалированные) не следует применять вследствие их негигиеничности и в целях экономии металла. В индивидуальных уборных устанавливаются фаянсовые писсуарные чаши, снабженные специальным краном для промывки (с колпачком).

В групповых уборных применяется отводный лоток, имеющий уклон к трапу, принимающему все стоки. Стены в этом случае должны быть из кирпича или бетона, облицованы плитками или оштукатурены. В последнем случае полезно ставить над лотком ряд писсуарных чаш для лучшего предохранения стены от порчи.

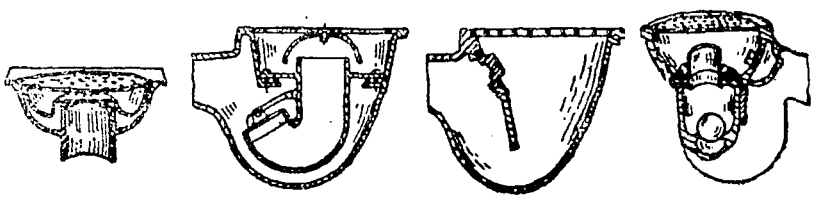
При большом числе умывальных кранов (в крупных цехах число их доходит до 100 — 200 и более) постановка умывальных корыт неприемлема вследствие высокой стоимости, затраты значительного количества металла и сложного монтажа труб. В этом случае обычно устанавливаются примитивные длинные желоба из оцинкованного железа, над которыми проходит водопроводная труба с водоразборными кранами на ней.

За границей для больших групповых умывален часто применяются круглые умывальники, представляющие собою резервуары (фиг. 372),



Фиг. 372. Круглый умывальник.

верхняя кромка которых возвышается на 700 *мм* над полом здания. Они могут быть сделаны из любого водонепроницаемого металла — камня, бетона и пр. Для одновременного обслуживания 10 человек применяются умывальники диаметром 1,35 *м*. Они ставятся на расстоянии 1,35 *м* один от другого и 0,75—0,90 *м* от стен.



Фиг. 373. Траны (американского типа).

3. Умывальники

Для индивидуальных умывален применяются обычные фаянсовые умывальники на 1 кран или чугунные эмалированные („Чикаго", „Дельта").

В небольших групповых умывальных ставятся умывальные корыта на 2 и 3 крана, имеющие следующие размеры:

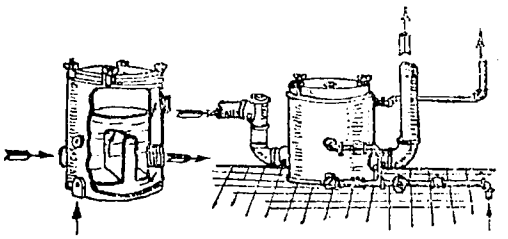
Число кранов	Длина *мм*	Ширина *мм*	Вес *кг*
2	1 075	370	48
3	1 285	385	53

Водопроводные трубы (одна или две с холодной и горячей водой) подводятся к умывальнику сверху. Сток воды производится в центральной части умывальника в отводную трубу, снабженную сифоном и присоединяемую к канализационной сети.

На предприятиях, связанных с большой загрязненностью рук (красками, машинным маслом и др.), следует подводить к умывальникам горячую воду. За границей нередко подводится по особой трубке заготовленный в центральном бачке мыльный раствор.

4. Трапы

Трапы устанавливаются для отвода воды с полов (бани, прачечные) и в душевых помещениях для отвода изливаемой из душевой

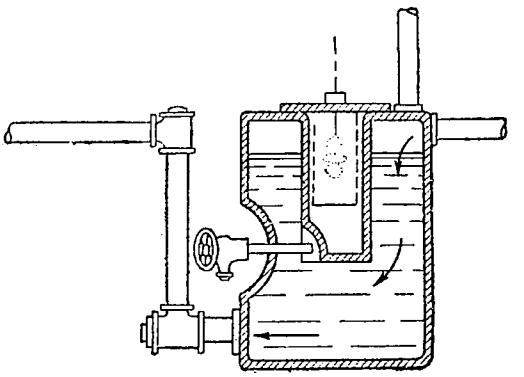


Фиг. 374. Охлаждаемая жироловка.

сетки воды. Кроме того следует устанавливать трапы во всех групповых уборных для отвода воды при мытье пола, переливании воды через санитарные приборы (в случае засорения трубопроводов) и пр.

Применяемые у нас прямоугольные трапы двух размеров с отводными трубами диаметром 50 и 100 *мм* (последний со вставной коробкой) не отличаются большой отводоспособностью. При большом стоке воды следует ставить трапы специального типа (прямоугольные или круглые), имеющие водяной затвор или заделываемые в сифон (во избежание проникновения в помещение канального воздуха).

Следует отметить простую конструкцию трапов, применяемых американцами (фиг. 373), в которых водяной затвор обра уется посредством небольшого козырька, над сливным отверстием. В условиях американской практики для отвода воды из душевых кабин чаще всего применяются трапы диаметром 75 *мм* (размер, как раз не изготовляемый нашими заводами).



Фиг. 375. Маслоотделитель.

5. Жироловки

Для выделения жира и масла ставятся специальные приборы — жироловки (фиг. 374) и маслоотделители (фиг. 375).

А. Н. ЛАПИН

III. СТОИМОСТЬ ВНУТРЕННЕЙ КАНАЛИЗАЦИИ

I. Единичные расценки стоимости отдельных частей устройства канализации внутри зданий

Рабсила принята по соображениям с Едиными республиканскими расценками, издания 1932 г.

Материалы исчислены по справочнику цен № 14 Мособлуправления строительного контроля, графа „Прирельсовый склад". Накладные расходы приняты: на рабсилу в количестве 50%, на материалы+транспортные расходы 25% от стоимости материалов.

Таблица 136

№ по пор.	Наименование отдельных частей устройств	Себестоимость без накладных расходов		Стоимость единицы со всеми начислениями на рабсилу, материалы и транспорт
		рабсила	материалы	
1	Раковина чуг. эмал. № 31 с сифоном, ревизией, водопр. краном; полн. компл.	1—75	13—	18—88
2	Раковина угловая № 25; полн. компл.	1—75	13—50	19—51
3	„ прямоуг. № 14 „ „	1—75	15—	21—38
4	„ „ № 16 „ „	1—75	17—50	24—50
5	Унитаз фаянсов., бачок, сиденье, смывка, держка, кран вентильн.; полн. компл.	2—75	—	45—38
6	Чугунный клозет „Инодоро"; полн. компл.	2—75	31—50	47—26
7	„ „ „Генуя" „ „	3—	55—	73—25
8	Умывальник фаянсов. разм. 0,48 × 0,88 с туалетным краном, сифон., кронштт., выпуском; полн. компл.	3—	—	43—25
9	То же размер 0,63 × 0,46; полн. компл.	2—90	—	41—23
10	„ „ 0,58 × 0,43 „ „	2—75	—	38—51
11	Умывальник чуг. эмал. „Дельта" размер. 0,44 × 0,3; полн. компл.	2—75	25—	35—38
12	„ 0,46 × 0,3 „ „	2—85	27—	38—03
13	„ 0,51 × 0,34 „ „	2—85	20—	40—53
14	0,56 × 0,38 „ „	3—	31—50	43—89

Продолжение таблицы 136

№ по пор.	Наименование отдельных частей устройств	Себеотпмость без накладных раоходов: рабсила	Себеотпмость без накладных раоходов: материалы	Стоимость единицы со всеми начислениями на рабсилу, материалы и транспорт
15	Умыв. чуг. эмал. „Чикаго" разм. 0,36 × 0,27; полн. компл.	2—75	25—50	36 - 01
16	Умывальник чуг. эмал. „Чикаго" разм. 0,38 × 0,30 полн. компл.	2—90	31—00	43—10
17	Мойка чуг. эмал. с 2 кранами, на кронштейн., сифоном, ревизией; полн. компл.	3—75	38—00	53—13
18	Умывальник (корыто) чуг. эмал. на 2 крана	3—	33—	45—76
19	То же на 3 крана	3—25	42—50	58—01
20	Писсуар-желоб чуг. эмал.; длин. 0,54 *м*. с дырчат. промывн. труб.; полн. компл.	2—75	18—	26—63
21	То же длин. 0,63 „ „	2—85	19—	28—03
22	„ „ 0,73 „ „	3—	22—	32—
23	„ „ 0,78 „ „	3—25	23—	33—63
24	„ „ 1,04 „ „	3—50	28—	40—25
25	„ „ 1,22 „ „	3—75	30—	54—38
26	Трап чуг. эмал., с выпуск. 50 *мм* шт.	1—	6—	9—
27	„ „ „ „ 100 „ „	1—25	15—	20—03
28	Жироловка 50 *мм*	1—	20—	26—50
29	Писсуар фаянсов. (с кранами, сифоном, ревизией) кошелем мужск.; полн. компл.	2—	—	18—64
30	То же женский	2—	—	21—13
31	„ мужской угловой	2—	—	19—25
32	Биде фаянсов. с 2 кранами, выпуск.; полн. компл.	2—75	—	66—63
33	Ванна чуг. эмал. с выпуск., переливом; полн. компл.	4—	81—	107—25
34	Трубы чуг. канализацион. с заделкой цементом, прокладка внутри зданий со всеми фасонными, соединительными частями и укреплениями, исключая сифоны и ревизии у приборов за 1 *пог. м*. проложенных труб диам. 50 *мм*	1—50	3—	6—
35	То же диам. 100 *мм*	2—	4—80	9—
36	„ „ 150 „	1—60	4—20	7—05
37	То же трубы чуг. канализацион. внутри зданий без фасонных частей, но с муфтами и ревизиями на линиях за 1 *пог. м* диам. 50 *мм*	0—40	1—65	2—66
38	То же трубы чуг. канализационные внутри зданий диам. 100 *мм*	0—50	3—55	5—19
39	То же „ 150 „	0—60	5—00	7—15
40	„ Трубы чуг. канализацион., прокладка по готов. дну канавы без фасонных частей за 1 *пог. м* диам. 50 *мм*	0—30	1—75	2—64
41	„ 100 „	0—40	3—75	5—29
42	„ 150 „	0—50	5—50	7—63
43	Трубы свинцовые тонкостенные за 1 *пог. м* диам. 25 *мм*	0—25	6—00	7—88
44	То же „ 32 „	0—35	9—00	11—78
45	„ „ 38 „	0—45	12—	15—68
46	„ „ 50 „	0—60	15—	19—65
47	Трубы керамиковые в готовой канаве за 1 *пог. м* в укладке диам. 125 *мм*	0—30	2—20	3—20
48	„ 150 „	0—40	2—70	3—98
49	„ 200 „	0—50	3—75	5—44
50	Сифон чуг. диам. 50 *мм* в установке за 1 шт.	0—40	3—10	4—40
51	Ревизия чуг. диам. 50 *мм* в установке, с прокладкой с болтами за 1 шт.	0—40	1—30	2—23

Таблица 137

Стоимость внутренней канализации (бытовых устройств) **в отдельных цехах**

Наименование цеха	Кубат. цеха *м*³	Площ. цеха *м*²	Стоим. канализ. в руб.	Длина труб *пог. м*	Число санит. прибор.	Единичн. стоимость в руб.: на 1 *м*³	Единичн. стоимость в руб.: на 1 *м* трубы	Единичн. стоимость в руб.: на 1 сан. прибор	В проц. от стоимости здания
				Тракторный завод [1]					
1. Литейный	735 200	58 000	16 000	500	233	0,022	32	68,6	0,18
2. Инструментальный	75 000	10 600	4 200	170	79	0,056	21,7	57	0,28
3. Кузница	313 200	27 200	6 000	300	114	0,02	20	52,6	0,10
4. Механический	870 400	92 300	33 000	1 200	490	0,038	27,5	67,3	0,30
				Тракторный завод [2]					
1. Ремонтный	45 500	7 800	3 600	170	52	0,077	26,6	66,5	0,60
2. Механо-сборочный	412 000	55 800	14 400	640	190	0,036	22,8	77,0	0,30
3. Литейный	295 000	24 800	12 500	837	159	0,042	14,8	78,6	0,30
				завод „Шарикоподшипник" [2]					
Главный корпус	—	95 100	56 000	4 840	672	—	11,5	83,3	—
				Машиностроительный завод [2]					
1. Деревообделочный	123 800	16 800	3 100	145	34	0,025	21,4	90,8	0,33
2. Железозаготовительный	153 200	17 700	4 800	204	69	0,031	23,5	70,0	0,40
3. Кузнечный	79 400	6 400	2 700	151	31	0,033	17,9	87,0	0,56

[1] По производственным сметам Госсантехстроя.
„ „ „ Металлодстройпроекта.

Б. НАРУЖНАЯ КАНАЛИЗАЦИЯ

Инж. *Л. Г. ДЕМИДОВ*

I. КАНАЛИЗАЦИОННАЯ СЕТЬ

Основной целью канализации населенного пункта является быстрое отведение всех сточных вод по наикратчайшему пути к месту их очистки и обезвреживания с тем, чтобы пропустить их незагнившими через очистные сооружения и спустить в водоем.

1. Системы канализации

Различают следующие системы канализации:

1. Общесплавная, при которой все сточные воды населенного пункта (города, поселка, завода), хозяйственно-фекальные (от бытовых помещений, кухонь, уборных, ванн, душей, бань, прачечных и т. п.), отработанные промышленные от промпредприятий и атмосферные осадки отводятся одной сетью подземных труб и каналов.

2. Полная раздельная, при которой по особым сетям отводятся сточные воды, хозяйственно-фекальные, отработанные промышленные воды, атмосферные (водостоки).

Примочания: 1. Количество отдельных сетей при раздельной системе зависит от состава сточных вод, так как может понадобиться несколько сетей для отведения производственных сточных вод различного состава, подвергаемых различной обработке (нейтрализация, осветление и пр.), или же производственные воды спускаются частично в водосточную сеть (условно чистые воды), частично в канализацию.

2. При осуществлении в 1-ю очередь какой-либо одной сети система канализации получает название неполной, раздельной.

В санитарном отношении общесплавная система канализации имеет все преимущества перед раздельной. Но в экономическом отношении (большие сечения труб, худшие условия эксплоатации) она им уступает, так как требует на свое осуществление больших первоначальных капитальных затрат и наличия хороших покрытий мостовых. Неполная раздельная система в нашей практике имеет наиболее частое применение, так как она позволяет первоначально без больших затрат отвести наиболее опасные в санитарном отношении стоки за пределы населенного пункта.

2. Схемы канализационной сети

Начертание канализационной сети зависит от следующих условий:

а) от рельефа местности,

б) от места расположения водоема, куда предположен спуск очищенных вод,

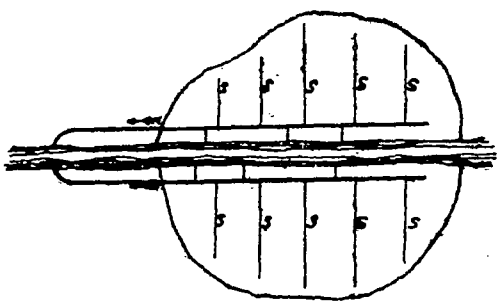
в) от выбора места для очистных сооружений,

г) от грунтовых условий тальвежных линий.

Начертание канализационной сети, как правило, начинают с определения числа канализационных бассейнов в границах канализования данного пункта и направления по их тальвегам коллекторов. Коллекторы сточных бассейнов сводятся к главным коллекторам, которые заканчиваются одним или несколькими отводными коллекторами. Границы каждого сточного бассейна определяются его естественными водоразделами.

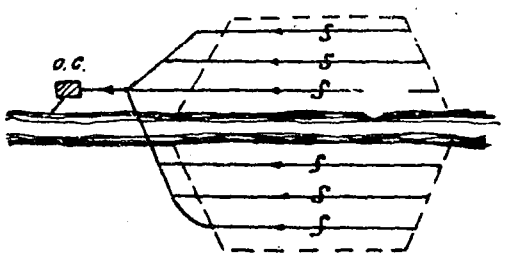
В практике канализования городов и поселков встречаются следующие схемы канализации.

Пересеченная схема (фиг. 376), при которой коллекторы сточных бассейнов направлены к идущему вдоль водоема главному сборному (пересекаемому) коллектору.



Фиг. 376. Пересеченная схема.

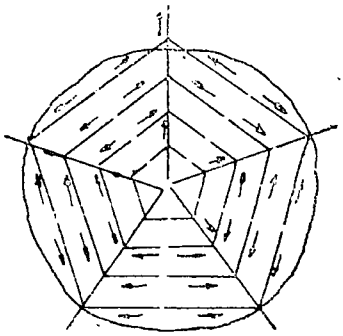
Веерная (параллельная) схема (фиг. 377), при которой коллекторы сточных бассейнов направлены под углом или параллельно друг другу и по отношению к водоему и перехватываются главным коллектором.



Фиг. 377. Веерная схема.

Радиальная схема (фиг. 378), при которой коллекторы сточных бассейнов направлены радиально от центра к периферии (Берлин). При этой схеме город (при плоском рельефе) разбивается на ряд секторов, имеющих свою независимую сеть; эта схема удобна тем, что при расширении города не требуется перестройки коллекторов в пределах застроенной части.

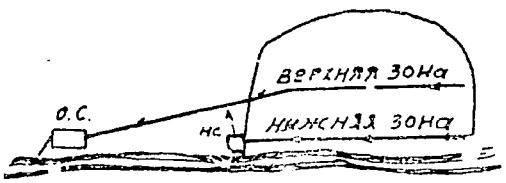
Зонная схема (фиг. 379), при которой в силу рельефа местности город разбивается на зоны с самостоятельными сетями. Нижняя зона перекачивает свои воды в главный кол-



Фиг. 378. Радиальная схема.

лектор верхней зоны, и далее сточные воды отводным коллектором отводятся на очистные сооружения.

В небольших поселках при промпредприятиях канализационная сеть не имеет опреде-

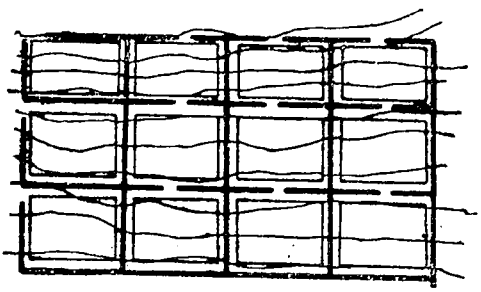


Фиг. 379. Зонная схема.

ленной системы, и ее трассирование зависит исключительно от расположения канализируемых зданий, рельефа местности и технологии производства.

3. Начертание канализационной сети

Канализационная сеть города, поселка и другого населенного пункта состоит из коллекторов сточных бассейнов, главных (сбор-

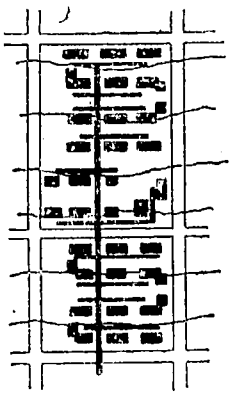


Фиг. 380. Объемлющая система.

ных) коллекторов, отводных коллекторов и сборной уличной сети, в которую вливаются сточные воды, собранные дворовыми и внутриквартальными сетями. Начертание уличной канализационной сети производится следующими тремя приемами.

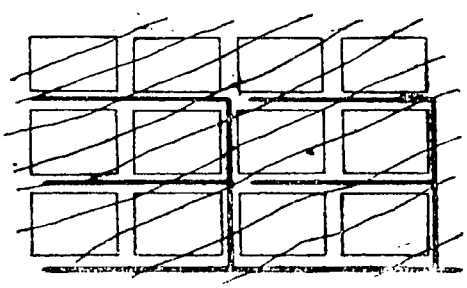
Объемлющая система (фиг. 380), при которой квартал населенного пункта опоясывается со всех своих сторон системой объемлющих уличных линий. Эта система отвечала частновладельческим интересам и в наших условиях не учитывает отсутствия частной собственности на землю, национализации большинства существующих зданий и реконструкции существующих городов [1]. Поэтому эта система изживается из нашей практики.

Рациональная система (черезквартальная), при которой внутриквартальная (дворовая) система сети каждого квартала, в зависимости от характера его планировки и рельефа местности, находит наиболее экономичное сочетание с уличной сетью (фиг. 381). При этой системе всегда возможен спуск сточных вод вышележащего квартала через нижележащие и превращение всей уличной и внутриквартальной сети в черезквартальную систему.



Фиг. 381. Рациональная система.

Эта система находит свое применение при канализовании рабочих поселков и соцгородов, т. е. во всех тех случаях, когда имеется детальная планировка каждого квартала (с показанием всех домов внутри квартала). Против старой объемлющей системы рациональная система начертания уличной сети может дать сокращение длины уличной сети на 50% и более. Недостаток этой системы тот, что она требует одновременного проектирования внутриквартальной сети и перенесения последней на местность так, как она за-



Фиг. 382. Система пониженных граней.

проектирована, т. е. стесняет возможную перепланировку внутри квартала.

Система пониженных граней (предложенная автором [2]), при которой внутри-

[1] Л. Г. Демидов, Начертание уличной канализационной сети (Сан. тех. № 1 за 1931 г.).

[2] Л. Г. Демидов, Уличная канализационная сеть по пониженной грани квартала (Сан. тех. № 10 за 1932 г.).

квартальная сеть каждого квартала ориентируется на свои пониженные грани (фиг. 382) и уличная сеть прокладывается только на тех улицах, на которых по рельефу местности намечен выпуск сточных вод квартала. Эта система при своем начертании не требует обязательного знания внутриквартального распланирования зданий, не требует одновременного проектирования внутриквартальных сетей и не стесняет возможную перепланировку внутри квартала. Она применима тогда, когда мы имеем на плане населенного пункта только конфигурации кварталов с уличными проездами. Эта система находит свое применение при канализовании всех существующих и реконструируемых городов и сокращает длину уличной сети против старой объемлющей системы до 50 %.

4. Определение расчетного количества сточных вод

Для определения расчетного количества сточных вод, на которое рассчитываются все канализационные устройства, необходимо знать:

а) расчетный срок действия канализации,

б) расчетное число жителей к этому сроку,

в) распределение населения по районам (плотность),

г) нормы водоотведения на жителя,

д) расчетное количество сточных вод от промпредприятий и их расположение на плане города,

Примечание. Атмосферные воды см. водостоки.

е) коэфициенты неравномерности расхода сточных вод в течение суток.

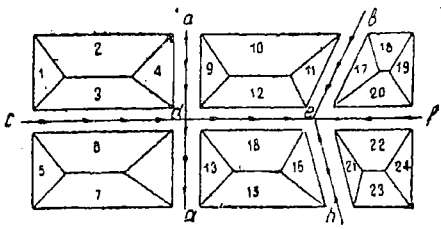
Все указанные расчетные элементы, по которым определяется расчетное количество сточных вод для проекта канализации, должны быть согласованы с проектом водопровода

В настоящее время прорабатывается [1] уточнение расчетных норм для составления проектов канализаций населенных мест.

Вообще, как правило, расчетное население данного пункта, его распределение по жилым районам и расчетный срок канализации следует брать на основании проекта планировки. Точно так же и проект канализационной сети должен быть составлен, как правило, на основании плана проекта планировки населенного пункта.

Когда расчетные плотности населения по районам города установлены, определяют расчетные расходы сточных вод с каждого строительного квартала или их участков. В зависимости от принятой схемы начертания уличной сети, расход сточных вод, поступающих с квартала или его участка в прилегающую уличную трубу, определяется следующим путем.

В случае применения объемлющей системы (фиг. 383) уличной сети делят биссектрисами углы кварталов и соединяют точки их пересечения между собой, получая ряд мелких участков, сток с которых попадает в прилегающую трубу. Зная площадь участка, плотность населения в данном районе на 1 *га* и



Фиг. 383. Схема разбивки участков.

принятую норму водоотведения на 1 человека в сутки, находим расчетный расход сточных вод в сутки с данного участка. Для удобства расчета по этим данным составляется ведомость. Расчетный расход трубы складывается, идя по течению, из транзитного, поступающего выше, и попутного расхода, поступающего с участков прилегающих кварталов.

При рациональной системе уличной сети, нам известно по детальной планировке расчетное население каждого типового дома квартала и поэтому расчетный расход в каждой точке определяется довольно просто.

При системе пониженных граней также подсчитывается площадь данного квартала, если стоки можно выпустить квартальной системой труб на одну пониженную грань квартала, параллельно которой по уличному проезду прокладывается уличная труба. В случае двух пониженных граней квартала его площадь разбивается на два участка, сообразуясь с рельефом местности.

Произведение площади, плотности и нормы водоотведения дает расчетный суточный расход с квартала.

Для того чтобы получить расчетный максимальный расход сточных вод с каждого расчетного участка, делят его суточный расход на число секунд в сутках 86 400 и умножают на принятый коэфициент неравномерности стока.

Во всех случаях определения расчетных расходов с кварталов расход промышленных сточных вод является сосредоточенным расходом, и площадь, занятая под предприятием, должна быть вычтена из общей площади кварталов города.

5. Расчет сети

1) Расчетные формулы

Для того чтобы быстро отвести сточные воды за пределы населенного пункта, необходимо придавать трубам такие уклоны, при которых в них образуется достаточная скорость для самоочищения сети, т. е. для пронесения всех частиц, содержащихся в сточных водах. В сточных водах содержатся частицы во взвешенном и плавающем состояниях, катящиеся по дну каналов. К плавающим веществам относятся бумага, листья, остатки ово-

[1] Автором по поручению НТС Наркомхоза.

щей и пр., к взвешенным — мелкие примеси растительного и животного происхождения, к тяжелым — примеси минерального происхождения, песок и др.

Расчет сети производится по формулам:

$$Q = \omega . v ; v = c\sqrt{R . I},$$

где:

Q — расчетный расход в секунду,

ω — живое сечение.

v — скорость течения,

R — гидравлический радиус $= \frac{\omega}{P}$,

где

R — смоченный периметр,

I — уклон $= \frac{h}{l} = \frac{\text{разность отметок поверхности воды}}{\text{длина участка}}$,

c — коэфициент, определяемый из наблюдений.

Коэфициент c во многих случаях (наиболее часто применяется германской практикой) определяется по старой формуле Куттера:

$$c = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}},$$

где m — коэфициент шероховатости стен каналов, и для городской сети из керамиковых труб, из кирпича, бетона и чугуна может быть принят равным 0,35.

За последнее время по примеру Москвы, в нашей практике нашла преимущественное применение для расчета канализационной сети формула Маннинга вида:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

при $n = 0{,}013$.

По этой формуле составлены таблицы инж. Г. Л. Зак[1], А. А. Лукиных и И. В. Бородиным[2], которыми рекомендуется пользоваться при расчете сети.

Также можно пользоваться формулами Базена:

$$v = \frac{87\sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R \cdot I},$$

П. Ф. Горбачева:

$$v = \frac{70\sqrt{R}}{b + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R . I}$$

при $b = 0{,}10$,

А. Я. Миловича: $v = 80 \cdot R^{0,7} \cdot I^{0,5}$

2) Расчетные скорости

По опытам английского инженера Безалгета осадки проносятся в каналах при следующих скоростях:

измельченная длина	0,07 *м/сек*
мелкий песок	0,15 „
крупный песок	0,20 „
хрящ, мелкий гравий	0,30 „
крупный гравий диаметром 25 *мм*	0,60 „
щебень величиною с куриное яйцо	0,90 „

Полагая, что при раздельной канализации исключена возможность попадания в канализационную сеть крупного щебня и подобных ему предметов, самоочистная скорость в последнее время для расчета труб принята $v = 0{,}6$ *м/сек*. При расчетах требуемую скорость относят к наибольшему расходу сточных вод в трубе.

Для размыва появившегося отложения требуется скорость в 1¼ раза больше нормальной.

Учитывая резкое колебание расхода воды в трубах, особенно в верховых участках сети при проектировании III очереди канализации, Москва приняла следующие расчетные скорости:

а)	для труб малого диаметра до 250 *мм*	$v = 0{,}90$ *м/сек*
б)	„ „ среднего „ „ 450 „	$v = 0{,}75$ „
в)	„ „ большого „ от 500 „	$v = 0{,}60$ „

Глубина протока воды (при минимальном расходе), во избежание прилипания примесей ко дну трубы, должна быть не менее 2 *см*.

На участках сети, там где не достигнута самоочпетная скорость (верховья сети), необходима промывка, которая устанавливается или помощью особых промывных резервуаров (танков) или же путем накопа в верховом колодце самой сточной воды и быстрого пропуска ее по нижеследующему промываемому участку.

Во избежание быстрого изнашивания материала труб максимальная скорость движения сточных вод в канализационной сети на практике принимается $v = 3{,}5$ *м/сек*. Если при проектировании сети и коллекторов получаются скорости больше 3,5 *м/сек*, следует трубам придавать уклон меньший и разделять участок во избежание увеличения земляных работ.

3) Наполнения в трубах

Расчетные наполнения в круглых трубах самотечной канализационной сети применяются:

для $D = 150 - 300$ *мм*	$0{,}5\ D$
„ $D = 350 - 450$ „	$0{,}6\ D$
„ $D = 500 - 600$ „	$0{,}66\ D$
„ $D = 600 - 600$ „	$0{,}75 D$
Для овоидальных труб высотой (*H*) от 75 *мм* наполнение	$0{,}75\ H$

Остающийся надводный объем в трубе необходим как запас на всякие возможные колебания в неравномерности расхода, неучтенные расчетом, и для вентиляции сети.

4) Минимальные уклоны

Для предварительного подбора уклонов при расчете сети ниже приведены данные о наименьших уклонах, определенных в зависимости от средней скорости, необходимой для самоочищения труб:

[1] Г. Л. Зак, Таблица для расчета канализационных коллекторов (1932).

[2] А. А. Лукиных и И. В. Бородин, Таблицы для расчета канализационных сетей и дюкеров (Госстройиздат, 1932).

для $D = 150$ *мм* . . . . . 0,007—0,008
„ $D = 200$ „ 0,005
„ $D = 250$ „ 0,004
„ $D = 300$ „ 0,0033
„ $D = 350$ „ 0,003
„ $D = 400$ „ 0,0025
„ $D = 500$—600 *мм* . . . . . 0,002—0,0016
„ D более 600 „ . . . . . 0,001—0,0005

Точные величины для каждой трубы должны быть установлены расчетом в зависимости от принятых скоростей, сообразуясь с местными условиями. Предельным максимальным уклоном для труб считается $i = 0{,}06$, в исключительных случаях $i = 0{,}08$. Для проходимых каналов уклон $i = 0{,}03$ является весьма затруднительным.

Менять часто уклоны на протяжении улицы от одного угла до другого не рекомендуется, чтобы не усложнять производство работ по укладке труб. Чтобы сеть была запроектирована экономично, следует помнить, что главную стоимость при калькуляции 1 *пог. м* сети составляют не сами трубы, а земляные работы. Поэтому необходимо стремиться при благоприятном рельефе местности по возможности ее проектировать параллельно уклонам улиц, соблюдая при этом требование о необходимой самоочистной скорости.

5) Наименьший диаметр

Наименьший диаметр уличной сети принимается в зависимости от величины города или поселка и рельефа местности 150 — 200 *мм*. При крутом рельефе принимают 150 *мм*, а при пологом для больших городов 200 *мм*. В гидравлическом и экономическом отношениях оба диаметра почти равноценны, но 200 *мм* более удобен при прочистке труб. Для соцгородов и реконструируемых городов, наименьший диаметр внутриквартальной сети теперь принимается 150 *мм*, вместо принимавшегося ранее для старой дворовой сети $d = 125$ *мм*.

6) Глубины заложения

Наименьшая глубина заложения канализационных труб внутри квартала диктуется глубиной промерзания грунта и принимается при благоприятных условиях от 1 до 1,5 *м* от поверхности земли (в средней полосе СССР) при утеплении труб. Наименьшая глубина уличной сети в случае ее начертания по объемлющей схеме определяется формулой:

$$H = h + i\ (L + \frac{l}{2}),$$

где h — глубина заложения начального конца дворовой линии (равная глубине промерзания грунта),
i — уклон дворовой линии, обычно $i = 0{,}01$ для $d = 125$,
L — длина дворовой линии до улицы,
$\frac{l}{2}$ — полуширина улицы.

В случае начертания уличной сети по схеме пониженных граней наименьшая глубина заложения уличной сети также определяется по этой формуле с той разницей, что в ней буквенные значения будут следующие:

h — глубина заложения начального конца квартальной линии по наиболее отдаленной точке присоединения,
i — уклон квартальной линии $i = 0{,}008$ для $d = 150$,
L — длина квартальной линии от наиболее отдаленной точки,
$\frac{l}{2}$ — полуширина улицы.

Наибольшая глубина уличных труб и коллекторов в хороших, сухих грунтах по экономическим соображениям, проходя открытыми траншеями, считается 8 *м*. При большей глубине заложения и тех же хороших условиях грунта становится более экономичным тоннельный способ производства работ. При наличии мокрых грунтов, грунтовых вод, плывунов, скальных работ предельная максимальная глубина заложения труб определяется экономическим подсчетом.

7) Метод расчета

После того как установлены расчетные расходы сточных вод с каждого квартала или его участков, определены места поступления сосредоточенных расходов и произведено начертание коллекторов и уличной сети, приступают к гидравлическому расчету канализационной сети. Определение расчетного расхода для каждого участка коллектора не представляет никаких трудностей, и он весьма просто определяется простым суммированием прилегающих выше потоков. Уличная сеть $d = 150 — 200$ *мм* обычно проектируется без гидравлического расчета, и расчет ее начинается с того момента, когда сумма вышеприлегающих расходов превышает их пропускную способность при расчетном наполнении 0,5 D и минимальных уклонах (0,008 и 0,005), т. е. $Q = 7$ и соответственно 12 *л/сек*. При производстве гидравлического расчета сети могут выявиться более целесообразные изменения в начертании сети, так например иногда бывает выгодно ранее нагрузить коллектор (хотя и имеется возможность воды бокового коллектора спустить в него выше по течению) с тем, чтобы пройти на меньших глубинах. Отсюда вытекает правило, что при производстве гидравлического расчета сети проектировщик должен глубоко продумать ее работу как самостоятельной системы. На крутых уклонах местности, там, где по гидравлическому расчету имеется возможность перейти из большого диаметра в меньший, следует это производить ради экономии в трубах. При этом НТО НККХ установлен предел для меньшего диаметра на крутых уклонах, по которому он должен быть не менее 300 *мм*. т. е. с диаметра 500 *мм* можно перейти на 450 — 400, 350 и 300 *мм*, но не менее 300 *мм*.

Кроме того установление минимального диаметра на крутом участке, при переходе с большего на меньший диаметр, регулируется максимальной скоростью, которая не должна превышать $v = 3{,}5$ *м/сек*. Если не имеется боковых присоединений на крутом участке, то следует, допуская большую скорость течения, уложить его из чугунных труб. Если же

имеются боковые присоединения, то, для на предельных максимальных скоростях, следует устраивать перепады на участке. При производстве гидравлического расчета сетп ведется ведомость расчета, где записываются следующие необходимые нам данные (табл. 138).

каждого расчетного участка, длины участков, диаметры, уклоны и отметки красные и черные.

Бапно-прачечные воды города обычно отдельно при расчете сети не учитываются, и та часть сети, к которой прилегает данная баня

Таблица 138

I. Для расчета городских канализационных коллекторов

№ расчетных точек	№ присоединяемых кварталов	Площадь кварталов в га	Расход в л с га	Расход л/сек			D в мм	h наполнение	v м/сек	i уклон	L длина участка	Li	Отметки		глубина заложения
				местн.	транз.	расчетн.							земли	лотка коллектора	

Таблица 139

II. Для расчета заводских и поселковых коллекторов

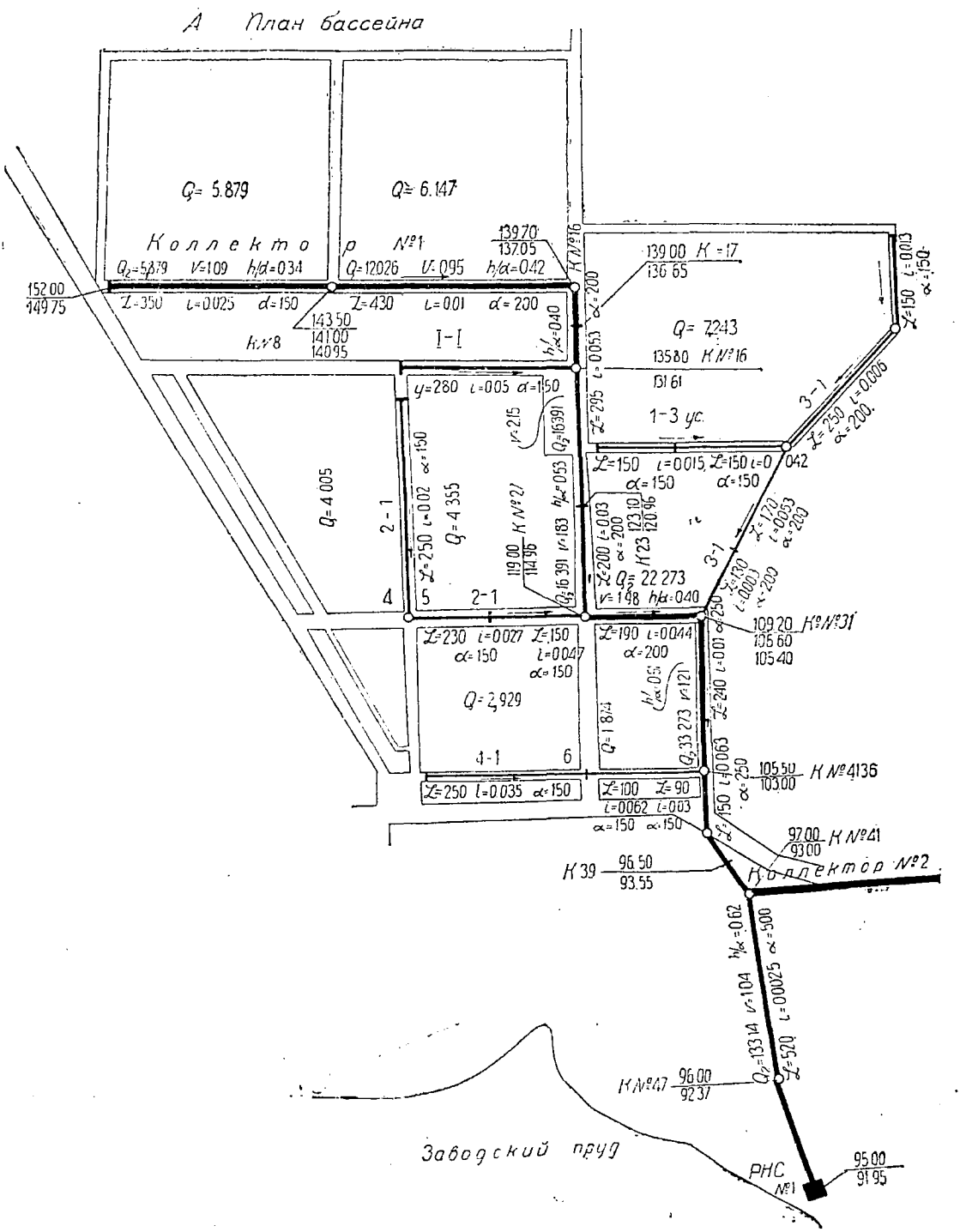
№ расчетных точек	№ зданий	Расход л/сек			D в мм	h	v	i	L	Li	Отметки		глубина заложения
		местн.	транз.	расчетн.							земли	лотка коллектора	

Вместо ведомости можно все необходимые расчетные элементы изобразить непосредственно на профиле и плане бассейна расчетного коллектора. Этот способ наиболее нагляден, удобен и прост и не требует никаких особых расчетных ведомостей. По этому графическому способу (фиг. 384) на профили коллектора (фиг. 385) кроме геометрических данных L, D, i, h (глубина заложений) и красных и черных отметок пишутся для каждого расчетного участка Q (расчетный расход), v (расчетная скорость) и $\frac{h}{D}$ (расчетное наполнение). На отдельном плане всей сети данного коллектора (или на общем плане канализуемого пункта) фиксируются расчетные расходы каждого квартала, расчетные расходы и коллекторы, по которым должны пройти воды бани, проверяются па их пропуск.

6. Масштабы профилей и планов

Для составления проекта канализационной сети и коллекторов города большого размера обычно требуется план в масштабе $^1/_{5000}$ и в горизонталях через 1 *м*. Для поселка при промпредприятиях и для самих предприятий требуются планы в зависимости от их величины в масштабе $^1/_{1000} — ^1/_{500}$ и в горизонталях через 1 *м*.

Профили канализационной сети и коллекторов составляются, как правило, в масштабе горизонтальном $^1/_{2000}$ и вертикальном $^1/_{200}$. В не-



Фиг. 384. План канализуемого бассейна.

которых случаях берутся и другие масштабы, например горизонтальный масштаб плана ($^1/_{5000}$), а вертикальный $^1/_{100} — ^1/_{200}$ применительно к местности, экономии бумаги и т. д. В техническом проекте канализационной сети на профилях должны быть разбиты и печеслевы отметки всех промежуточных смотровых колодцев. На профилях и планах должны быть показаны все места пересечения железных дорог, рек, оврагов и других препятствий, поименованы все пересекаемые улицы и улицы, по которым проходит коллектор. На профилях должны быть показаны напластования грунтов, в которых проходит коллектор и уровень грунтовых вод.

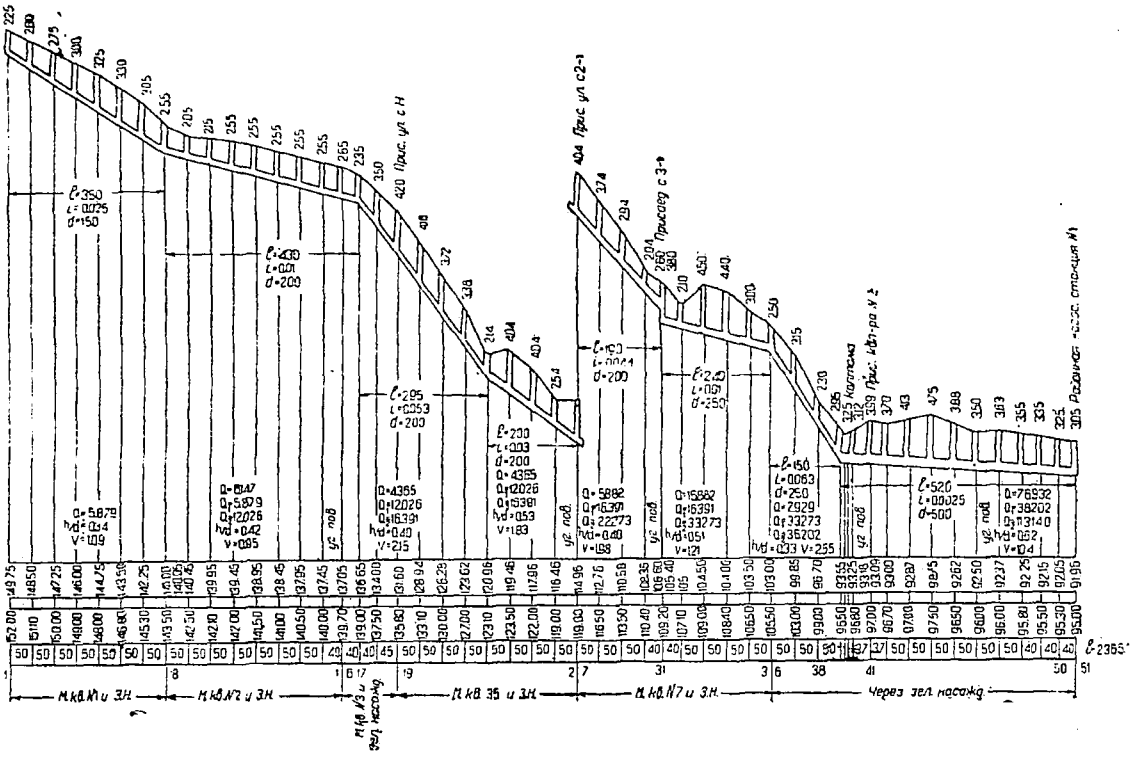
Для постройки канализационной сети и коллекторов составляются рабочие профили и планы по материалам точной съемки и нивелировке, которая производится по проектным трассам сети. Рабочий план трассы коллектора составляется в масштабе $^1/_{500}$ и на нем должны быть показаны: точная трасса канализационной линии на улице, тройники против домовладений, расстояния в плане от других подземных и надземных сооружений (водопровод, газ, кабель, трамвай и т. д.), все углы поворотов линии, точное расстояние между смотровыми колодцами.

Рабочие профили составляются в масштабе $^1/_{2000}$ и $^1/_{100} — ^1/_{200}$, по действительному нивелирному ходу по трассе коллектора.

7. Инфильтрация грунтовых вод

Количество грунтовой воды, попадающей в канализационную сеть, зависит от следующих факторов:

1) от диаметра и длины канализационной линии,
2) от материала труб,
3) от стыка труб,
4) от изоляционных мер, принятых для увеличения водонепроницаемости,
5) от квалификации и аккуратности рабочих по укладке,
6) от характера грунта,
7) от высоты напора грунтовой воды.



Фиг. 385. Продольный профиль коллектора.

Определенных норм инфильтрации грунтовых вод в сеть для различных указанных выше факторов у нас еще не существует.

Инж. Липпдлей для Ленинграда принимал 0,024 *л/сек* с гектара.

Инж. Горбачев для Днепропетровска принимал 25 *л/чел* в сутки.

В одном из поздних проектов канализации Ленинграда принималось 0,05 *л/сек* с гектара.

Для Васильевского острова принято 100 $м^3$ в сутки на 1 *км*.

Для Архангельска принято 0,05 *л/мин* на 1 *пог. м*.

Таблица 140

Инфильтрация грунтовых вод по американским данным

Город	Форма сечен.	Диам. в *см*	Трубы	Траншей в мокр. грунте в % по всей длине	Ср. высота напора грунт. вод над каналом в *м*	Характер грунта	*л* за 24 часа: на *м* периметра соединения	*л* за 24 часа: на *см* диам. на *км* линии	*л* за 24 часа: на *км* линии
		От до							
Boston Moss	Кругл.	20 — 60	Керам.	—	—	—	32,7	17,10	94 000
East Orange N. J.	„	20 — 60	„	—	3,00	Песок-плывун	—	—	52 500
East Orange N. J.	„	20 — 60	„	—	—	—	10,1	508	20 300
Rogers Park H. J.	„	15	„	—	—	—	3,78	194,5	2 915
Altona Pa	„	75	„	—	—	—	63,0	2 615	204 000
Madlen Mass	„	—	„	60	—	—	—	—	117 400
Fonddi Lac Wis	„	60	„	100	1,50	Глина	18,9	950	57 200
East Orange N. J.	„	25 — 60	„	100	—	—	59,25	2 380	101 500
Ocean Grove N. J.	„	10 — 30	„	100	0,90	Глина с песком	34	1 775	35 600
Ocean Grove N. J.	„	10 — 30	„	100	1,20	—	99,5	5 150	102 800

Ниже приводится таблица инфильтрации грунтовых вод по американским данным (табл. 140).

В 1930 г. после постройки канализации на Пересыпи (Одесса) были произведены измерения количества грунтовой воды, попадающей в уложенную сеть, приведенные в табл. 141.

При установлении расхода грунтовых вод для расчета сети необходимо учитывать следующие местные условия:

1. Влияние состава грунтовых вод на работу очистных сооружений.
2. Система очистки сточных вод.
3. Стоимость перекачки 1 $м^3$.
4. Какой процент к расходу хозяйственных и промышленных сточных вод составит расход грунтовых вод.

Таблица 141

Инфильтрация грунтовых вод в Одессе

Длина линий в *км*	Диаметр в *см*	Материал труб	Стык труб	Ср. высота грунтовых вод над трубами в *м*	Характер грунта	Общий расход грунт. вод на измеряем. уч. в *л* за сутки	*л* за сутки: на *м* периметра стыка	*л* за сутки: на *см* диаметра на *км* линии	*л* за сутки: на *км* линии
0,603	45	Керам.	Асфальт с расшивкой шва из нутри цементом	4,10	Плывун (мелкий песок, насыщ. водой)	—	—	—	—
0,185	20	„	„	1,18	—	34500	17,00	995	30300
0,350	15	„	„	1,00	—	—	—	—	—

Инж. *Л. Г. ДЕМИДОВ*

II. КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ ТРУБЫ

I. Трубы

1) Требования, предъявляемые к канализационным трубам и каналам

Поперечные сечения канализационных труб и каналов должны удовлетворять требованиям статическим, гидравлическим, экономическим и эксплоатационным.

На трубу действует внешняя постоянная нагрузка (давление грунта) и подвижная нагрузка (автомобиль, трамвай, экипаж). Постоянная нагрузка зависит от рода грунта, от степени насыщения его грунтовыми водами и от глубины заложения трубы. Величина подвижной нагрузки зависит от величины наиболее тяжелых грузов, обращающихся в данном населенном пункте.

С гидравлической точки зрения канализационные трубы и каналы должны отводить наибольший расход с достаточной для самоочищения скоростью при условии, чтобы гидравлический радиус $R = \frac{\omega}{p}$ был бы наибольшим. Кроме того для труб и каналов

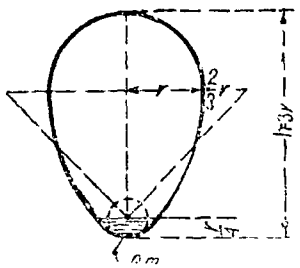
общесплавной системы необходимо, чтобы при наибольшем расходе в сухую погоду была бы в трубе достаточная скорость для самоочищения.

С экономической точки зрения трубы и каналы должны иметь сечения, при которых отношение стоимости 1 *пог. м* к ее максимальной отводоспособности было бы наименьшим.

С эксплоатационной точки зрения трубы должны быть доступны для прочистки и промывки и быть мало подвержены засорам.

2) Сечения труб

Самыми употребительными типами поперечных сечений труб и каналов являются к р у г л ы е, которые применяются как для отведения



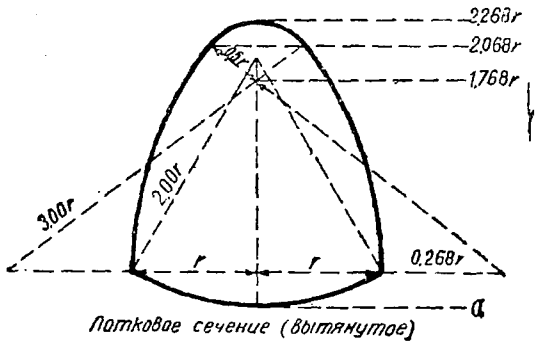
Фиг. 386. Овоидальное сечение вытянутое).

небольших расходов воды (дворовая сеть), так и для больших (коллекторы).

Поперечные сечения подземных труб и каналов разделяются на три категории:

1) профили вытянутые (фиг. 386 и 387), у коих высота $h > 2$ г.
2) профили круглые, у коих высота $h = 2$ г.
3) профили сжатые (фиг. 388), у коих высота $h < 2$ г.

В вытянутых сечениях образуется большая скорость при малых расходах воды, что и составляет их преимущество при применении их для общесплавной канализации. Кроме того их следует применять в узких улицах.

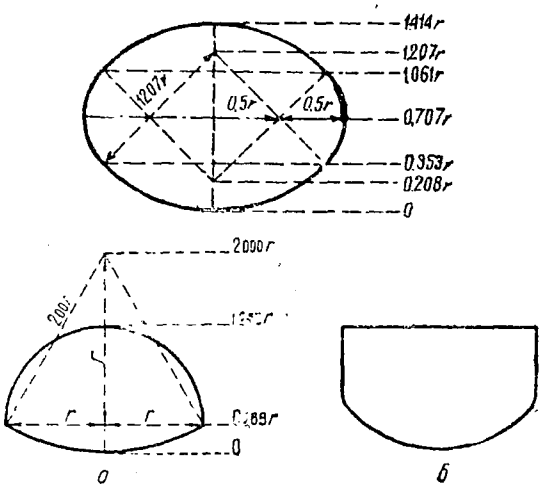


Фиг. 387. Лотковое сечение (вытянутое).

Сжатые профили следует употреблять тогда, когда приходится прокладывать трубы в грунтах, производство земляных работ, в которых обходится дорого (плывуны, скальные работы). Если верх коллектора подходит близко к поверхности улиц, то употребляют сжатое сечение с горизонтальным перекрытием.

3) Требования, предъявляемые к материалу труб

Канализационные трубы и каналы должны обладать достаточной прочностью, быть непроницаемы для выхода сточных вод в почву, хорошо сопротивляться механическому действию сточных вод при движении тяжелых частиц по дну трубы, не подвергаться разъ-



Фиг. 388. Сжатые сечения.

еданию от химического воздействия сточных вод, в которых содержатся кислоты и щелочи, и обладать свойством принимать в обработке употребительные формы поперечных сечений.

Этим требованиям удовлетворяют различные материалы: бут, тесовый камень, кирпич, бетон, железобетон, керамиковая глина, железо, чугун, асфальт и др.

4) Каменно-керамические трубы

Каменно-керамические, соляно-глазурованные трубы (фиг. 389) обладают очень гладкой внутренней поверхностью, благодаря чему представляют минимальное сопротивление текущей жидкости, стойкостью по отношению кислот и щелочей, сравнительной дешевизной и некоторыми другими свойствами.

Соединение керамиковых труб производится различными способами. Наиболее простое — это глиняный стык (фиг. 390). Раструб на половину набивается просмоленной паклей в несколько рядов, остальная половина заделывается жирной, хорошо промятой глиной, и весь стык обмазывается той же глиной слоем толщиной в 7—8 *см* и шириной 25 *см*. Такой стык выдерживает значительное давление, и соединение получается упругим и непроницаемым для воды. Недостаток этого соединения заключается в том, что оно может разрушаться прорастающими корнями растений и пробуравливаться дождевыми червями. Второй способ — это стык на асфальтовой замазке (1 ч. каменноугольной, 1 ч. газовой смолы и 3 ч. шамотной муки или 1. ч. асфальта, 1 ч. гудрона и 2 ч. шамот-

Таблица 142

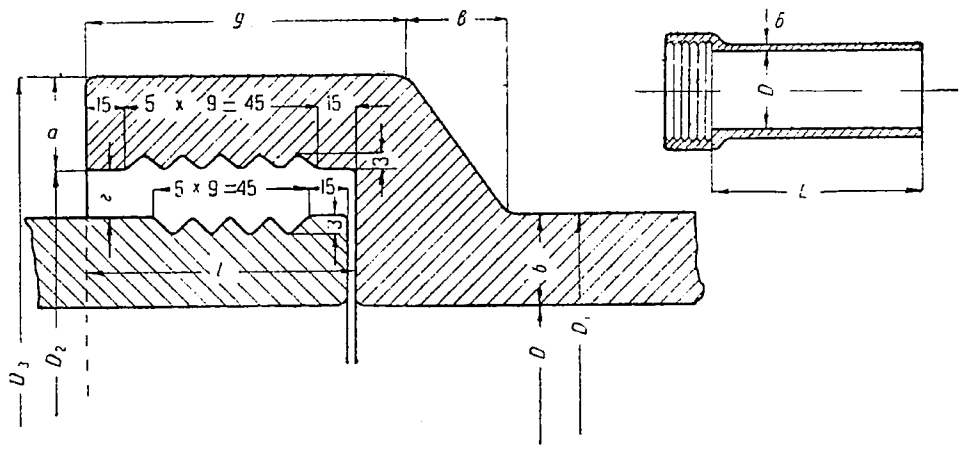
Керамиковые трубы нормального сортамента (ОСТ 68—73)

Внутр. диаметр трубы	Толщина стенки	Наружн. диаметр трубы	Длина трубы	Глубина раструба	Толщина цементной набивки	Внутр. диам. раструб.	Толщина раструба	Наружн. диаметр раструба	Длина обода раструба	Длина перехода	Вес 1 пог. м гладк. отв. трубы	Вес трубы с раструбом при L = 800	Вес трубы с раструбом при L = 1 000
D мм	s мм	D_1 мм	s мм	e мм	r мм	D_2 мм	a мм	D_3 мм	d мм	b мм	кг	кг	кг
125	18	161	800 — 1 000	70	12	185	21	227	85	22	17,2	16,6	20,2
150	19	188	800 — 1 000	70	12	212	22	256	85	23	21,1	20,6	24,9
200	22	244	800 — 1 000	70	12	268	25	318	85	25	32,4	31,0	37,5
250	25	300	800 — 1 000	70	12	324	28	380	85	27	45,5	43,4	52,5
300	28	356	800 — 1 000	70	12	380	31	442	90	29	60,8	58,2	70,4
350	30	410	800 — 1 000	70	12	434	32	500	90	30	75,4	71,5	76,6
400	32	464	800	70	12	488	35	558	90	31	91,4	87,0	
450	35	520	800	70	12	544	38	620	90	33	112,2	106,6	
500	38	570	800	70	12	600	41	682	95	35	135,2	130	
550	40	630	800	70	12	654	43	740	95	37	156	144,3	
600	43	686	800	70	12	710	46	802	95	39	182,2	175	

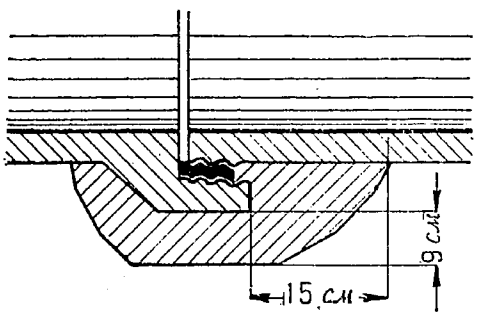
Примечания: 1. Трубы диаметром 125 *мм* употребляются лишь для домовых присоединений. Трубы диаметром 500, 550 и 600 *мм* укладываются на бетонном основании.

2. Удельный вес материала труб принят 2,1. Веса указаны средние между максимальным и минимальным по ОСТ 69.

ной муки). При этом (фиг. 391) раструб также наполовину хорошо законопачивается просмоленной прядью и остальное заливается асфальтовой мастикой. При укладке труб в воде применяется соединение при помощи цемента.



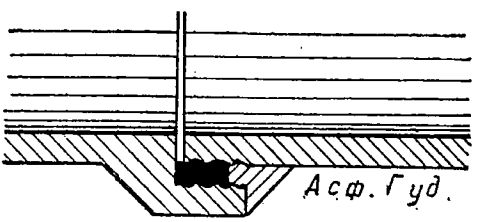
Фиг. 389. Трубы керамиковые.



Фиг. 390. Глиняный стык.

После просмоленной пряди часть раструба, а также и весь стык кругом обмазываются смесью из 1 ч. цемента и 1 ч. песка. Недостаток этого стыка — неупругость соединения.

По техническим условиям на изготовление и приемку разрушающая нагрузка для керамиковых труб должна быть не ниже:



Фиг. 391. Асфальтовый стык.

для D до 300 *мм* . . . 2000 *кг* на 1 *м* строительн. длины.
" $D = 350 — 450$ *мм* 2500 *кг* " "
" $D > 450$ *мм* . . . 3000 *кг* " "

Раструбы участвуют в сопротивлении.

Внутреннее гидравлическое давление до разрушения должно быть не ниже:

для D до 250 *мм* . . . . . 4 *atm*
„ $D >$ 250 „ . . . . . 3 „

5) Бетонные и железобетонные трубы

Бетонные и железобетонные трубы в канализации получили широкое распространение. Этому способствует то, что:

1) входящие в состав бетона песок, гравий, щебень находятся повсюду, следовательно возможно изготовление этих труб на месте производства работ;

2) бетонные трубы обходятся дешевле кирпичных на 25—30%.

Бетон должен обладать такой плотностью, чтобы препятствовать просачиванию сточных вод через стенки труб в почву. Бетонные трубы небольшого сечения делаются без щебня или гравия (песчано-цементные трубы) из следующей смеси: 1 ч. цемента и 2—3 ч. песка. Песчано-цементные трубы делаются диаметром 150—350 *мм* и длиной 1 *м*. Бетонные трубы больших диаметров делаются из смеси 1 ц.:2 п.:2 ш. или 1:3:3 или $1:2^1/_2:5$, строительной длиной 0,7—1 *м*.

В особых случаях, в целях увеличения водонепроницаемости бетона, к нему добавляется церезит, зеленое мыло и другие средства.

На бетон оказывает вредное влияние свободная кислота, если она находится в сточной жидкости в количестве более $^1/_{10}$%. Также на бетон оказывает вредное влияние сероводород, если он выделяется из сточной жидкости. Домовые сточные воды обычного состава не оказывают вредного влияния на бетонные трубы. Для бетона являются опасными воды промпредприятий, в составе которых находятся разъедающие бетон кислоты: соляная, азотная, молочная, масляная, уксусная и т. п. Не следует применять бетонные трубы, если прокладка их будет вестись в грунтовых водах, содержащих в себе агрессивную углекислоту или какие-либо сернистые соединения.

В целях защиты бетонных труб от разъедания грунтовыми водами их обмазывают асфальтом или гудроном или покрывают их внутреннюю и наружную поверхности бакелитом (особый состав битуминозных веществ) или другим составом. На бетон также оказывают вредное влияние горячие воды с температурой выше 40° Ц.

Испранию от действия содержащихся в сточной воде тяжелых частиц бетонные трубы подвержены значительно сильнее, чем керамиковые или кирпичные, особенно при больших скоростях течения. Для защиты от этого иногда необходимо нижнюю часть больших каналов покрывать глазурованными плитками, битумом или флюатировать, что в значительной степени удорожает стоимость труб, а в некоторых случаях невозможно за отсутствием указанных материалов.

Качество бетонных труб зависит также и от способа их изготовления. Изготовление труб ведется или на заводах или во временных мастерских. Большие трубы делаются на месте. В последнее время за границей бетонные трубы стали изготовлять на заводах центробежным способом, который дает возможноеть делать фабрикат более плотным. У нас в СССР этот способ также начинает налаживаться.

В целях усиления сопротивления труб действию внешней нагрузки или внутреннему давлению в напорных водоводах применяют железобетонные трубы. Эти трубы устраиваются больших сечений, отличаются прочностью, дешевизной и возможностью применения в слабых грунтах. От бетонных труб они отличаются только тем, что в толщину стен введена арматура.

Нормального сортамента бетонных труб в СССР до сих пор нет[1]. За границей в Германии выработаны следующие стандартные размеры для бетонных труб (табл. 143, 144).

Таблица 143

Круглые трубы

d *мм*	W *мм*	W_1 *мм*	b *мм*	F_1 $м^2$	Fw $м^2$	a $м^3$	g *кг*	U *м*
75	22	22	70	0,0044	0,0071	0,012	17	0,236
100	23	23	90	0,0079	0,0096	0,017	22	0,314
125	24	24	105	0,0113	0,0117	0,023	27	0,377
150	25	25	126	0,0177	0,0151	0,033	35	0,471
175	29	29	145	0,0241	0,0203	0,044	47	0,549
200	32	32	165	0,0314	0,0256	0,057	58	0,628
225	35	35	190	0,0398	0,0318	0,072	72	0,706
250	38	38	205	0,0491	0,0387	0,088	86	0,785
300	43	43	215	0,0707	0,0514	0,122	120	0,942
350	48	48	285	0,0962	0,0672	0,163	150	1,099
400	52	52	320	0,1257	0,0824	0,208	185	1,257
450	56	56	356	0,1590	0,0995	0,259	231	1,414
500	59	59	400	0,1964	0,1172	0,314	266	1,570
600	65	75	500	0,2827	0,1579	0,441	375	1,885
800	78	90	540	0,5027	0,2425	0,745	582	2,513
1 000	88	106	622	0,7854	0,3521	1,137	805	3,142

[1] Сортамент и типы бетонных труб (в числе других водоироводно-канализацвовных сооружений и конструкций) прорабатываются в настоящее время Инпороом, Союзводстроем и научно-исследовательскими институтами.

Таблица 144

Овоидальные трубы

Профиль *мм*	r *мм*	r_1 *мм*	s_0 *мм*	s *мм*	s_1 *мм*	b *мм*	F_l *м²*	F_k *м²*	Fw *м²*	Q *м³*	G *кг*	U *м*
200 — 300	138	50,0	38	38	45	150	0,0467	0,0309	0,0388	0,085	88	0,793
250 — 375	170	62,5	45	45	55	180	0,0729	0,0481	0,0572	0,130	130	0,991
300 — 450	230	75,0	45	53	59	210	0,1034	0,0680	0,0687	0,172	156	1,189
350 — 525	260	87,5	52	60	60	244	0,1407	0,0926	0,0930	0,234	212	1,388
400 — 600	308	100	60	70	70	280	0,1838	0,1209	0,1223	0,306	275	1,586
500 — 750	356	125	70	80	85	330	0,2871	0,1889	0,1748	0,462	395	1,982
600 — 900	390	150	90	90	105	440	0,4135	0,2721	0,2616	0,675	608	2,379
700 — 1 050	550	175	95	140	120	450	0,5628	0,3701	0,3420	0,909	798	2,775
800 — 1 200	610	200	103	150	140	500	0,7351	0,4837	0,4325	1,174	1 036	3,172
1 000 — 1 500	771	250	120	185	150	680	1,1485	0,7558	0,6201	1,777	1 398	3,965

где

r — радиус большой окружности

r_1 — радиус малой окружности

s — толщина свода

s_1 — „ пяты

s_0 — „ стенок у пяты свода

В таблицах 143 и 144 буквы имеют следующие обозначения:

F_l — площадь поперечного сечения по внутреннему диаметру;

Fw — площадь поверхности стенок;

F_k — площадь поверхности (в овоидальных трубках) верхней части свода до пят;

w — толщина в пятах;

w_1 — „ в вершине и подошве:

b — ширина подошвы;

g — вес в *кг* погонного метра трубы;

u — длина окружности по внутреннему диаметру;

Q — вытесненный объем земли.

Для внешней формы труб в Германии установлены следующие нормы:

Таблица 145

Сечение труб	Размеры в *мм*			Примечание
	вн. диаметр	ширина подошвы	полная длина	
Круглые трубы	100—500 600—1000	0,8 d 0,5 d + 150 *мм*	1000	Для усиления сопротивляемости вершина и подошва армируются сильнее

Таблица 146

Размеры бетонных труб, употребляемых в Ленинграде

Раструбные трубы (фиг. 392)

Диаметры труб			Толщина стенки труб a в *м*	Диаметр раструба A в *м*	Объем 1 *пог. м* трубы в *м³*
внутренний		наружн. *м*			
дюйм	*м*				
9	0,229	0,280	0,026	0,336	0,066
12	0,305	0,370	0,033	0,443	0,115
15	0,381	0,458	0,039	0,548	0,209
18	0,457	0,544	0,044	0,649	0,249
21	0,533	0,640	0,054	0,759	0,343

Таблица 147

Фальцевые трубы (фиг. 393)

Диаметр трубы			Толщина стенки a в *м*	Толщина дна трубы b в *м*	Объем трубы в *м³*	Объем цемент. смазки под трубы в *м³*
внутренний		наружн. *м*				
дюйм	*м*					
12	0,305	0,365	0,030	0,04	0,111	0,008
14	0,350	0,430	0,040	0,05	0,162	0,009
16	0,400	0,480	0,040	0,05	0,205	0,010
20	0,500	0,600	0,050	0,06	0,309	0,012
24	0,600	0,720	0,060	0,07	0,424	0,014
28	0,700	0,845	0,072	0,08	0,575	0,015
32	0,800	0,950	0,075	0,09	0,752	0,017
36	0,900	1,070	0,085	0,10	0,951	0,020
40	1,000	1,190	0,095	0,11	1,150	0,022
48	1,200	1,440	0,120	0,13	1,675	0,030

Соединение бетонных и железобетонных труб между собой делается обычно фальцем длиной от 18 до 75 *мм* в зависимости от диаметра. Раструбное соединение применяется при малых диаметрах труб. Соединение делается на цементном растворе; швы стыков внутри трубы сглаживаются.

Так как цементные стыки трубы не обладают эластичностью, то необходимо устройство прочного неподвижного основания.

Наибольшей прочностью обладает бетон состава 1 : 2 : 3, который через 28 дней дает сопротивление раздроблению в 196 *кг/см²*. Пропорция 1 : 2 : 5 дает 170 *кг/см²*, а 1 : 3 : 5 всего 111 *кг/см²*.

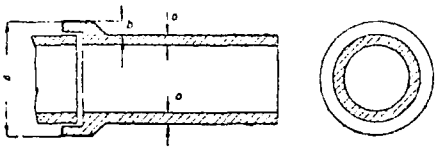
На практике берут растворы 1 : 2 : 4 или 1 : 3 : 6.

Таблица 148

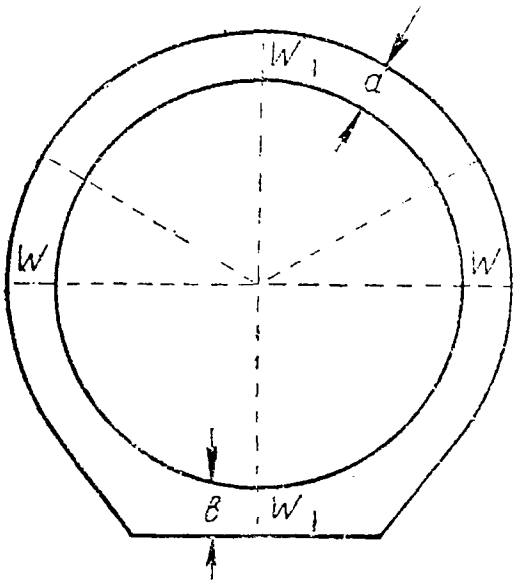
Для приготовления 1 *м³* бетона требуется:

Цемента в частях	Песку в частях	Гравия в частях	Утрамбован. бетона в частях	Цемента в 1 *м³* в *кг*
1	2	4	4,40	320
1	3	6	6,65	210
1	4	8	8,85	151
1	5	10	11,25	125

Бетонные и железобетонные трубы (фиг. 394), изготовляемые на заводах, имеют стро-



Фиг. 392. Бетонная труба раструбная.

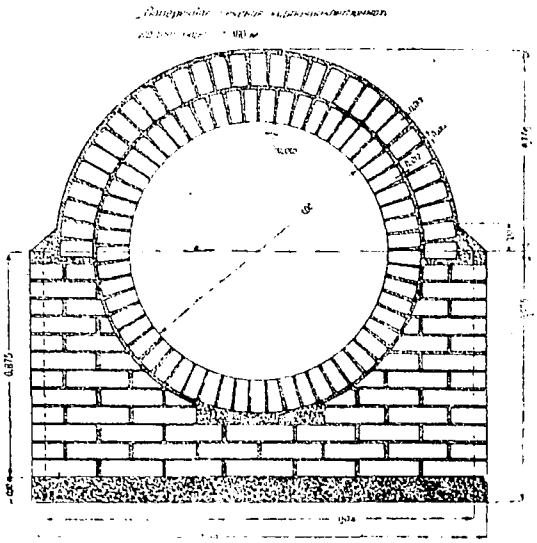


Фиг. 393. Бетонная труба (фальцевал).

ительную длину в 1 *м* до диаметра 1000 *мм*. Свыше этого диаметра трубы изготовляются меньшей длины — 0,7—0,8 *м*.

6) Кирпичные коллекторы

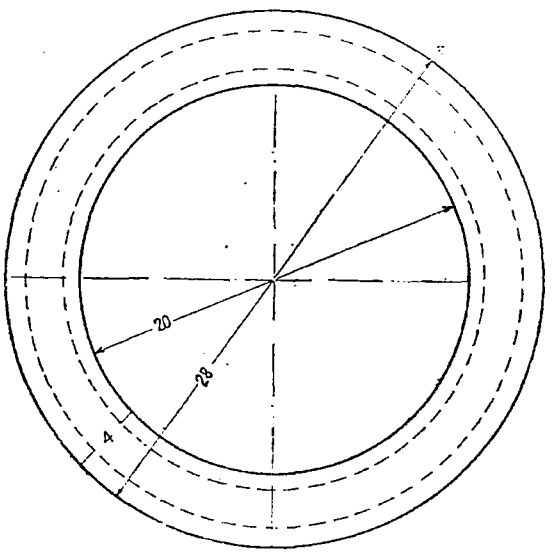
Кирпичные коллекторы (фиг. 395 и 396) широко распространены в канализационной практике благодаря простоте конструкции и удобству производства кирпичной кладки. Кирпич должен быть плотным, правильной



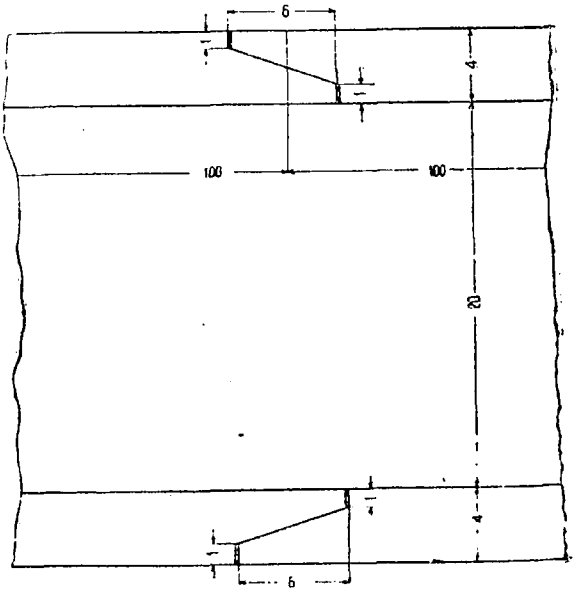
Фиг. 395. Кирпичный коллектор.

формы и хорошего обжига. Выделка кирпича должна правильная без изгибов. Кирпич для кладки коллекторов применяется прямой и клинчатый. Последний особенно необходим для коллекторов малого сечения до 1 *м*. Минимальным диаметром для кирпичных коллекторов является $d = 500—600$ *мм*. Кладка

Поперечный разрез трубы

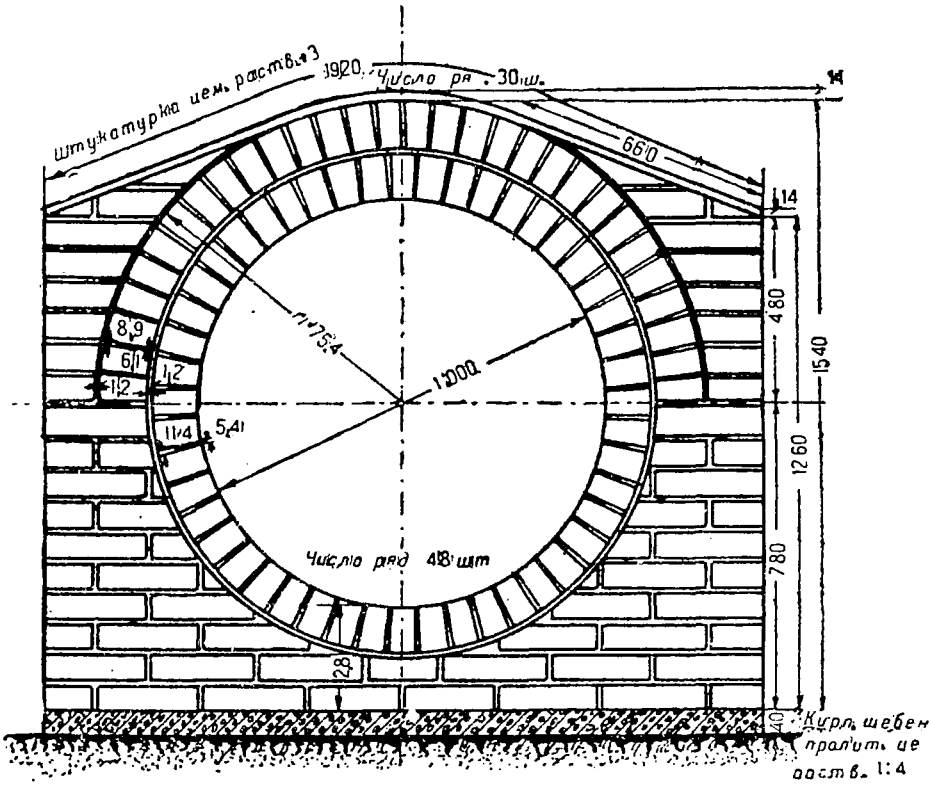


Разрез по соединению трубы



Фиг. 394. Железобетонная труба.

коллекторов из кирпича ведется на цементном растворе 1 : 3 или 1 : 4 отдельными концентрическими рядами. Допускается следующая толщина швов между кирпичами: наименьшая 3 *мм* и наибольшая 10 *мм* с внутренней и 13 *мм* с наружной поверхности коллектора. Между двумя концентрическими рядами прокладывается слой цементного раствора 1 : 2. Если коллекторы укладываются в водоносных грунтах, то для предохранения от проникновения грунтовых вод в коллектор его наружную поверхность обмазывают цементным



Фиг. 396. Кирпичный коллектор.

раствором 1 : 2 и стремятся с помощью дренажных труб понизить уровень грунтовых вод до подошвы коллектора. Для малых каналов до 0,9 *м* допускается кладка стен коллектора в один ряд кирпича, при условии обеспечения непроницаемости. В нижней части коллекторов кладка ограничивается вертикальными плоскостями. Кирпичные коллекторы, сложенные из кирпича хорошего качества, водонепроницаемы. Кирпичные коллекторы обладают большой крепостью, прочностью и дают гладкую внутреннюю поверхность. При необходимости применения сжатого сечения (с переходом под ж.-д. путем) круглый коллектор может быть заменен полукруглым с плоским перекрытием (фиг. 397).

7) Чугунные трубы

Эти трубы обладают большой прочностью, но они слишком дороги и в данное время являются остродефицитным материалом. Главным образом чугунные трубы применяются для домовой канализации. На уличной (внешней) канализационной сети из чугунных труб устраиваются дюкеры, сифоны и такие части уличной сети, которые прокладываются в плохих грунтах или подвергаются действию большой внешней нагрузки. Эти трубы применяются и как нагнетательные от насосных станций. Чугунные трубы должны быть обязательно асфальтированными. Соединение труб производится чаще всего раструбами с проконопаткой стыков смоляной паклей и заливкой цементом или в особых случаях свинцом. Размеры напорных чугунных труб и труб диаметром более 200 *мм* те же, что и для водоснабжения.

8) Железные трубы

Для внешних канализаций малого диаметра эти трубы не изготовляются. Больших диаметров железные трубы употребляются для устройства дюкеров и сифонов (свыше 750 *мм*). Устраиваются железные трубы из листового железа внахлестку или с накладками или сварные по шву. Трубы железные обязательно асфальтируются и обертываются снаружи пропитанной смолой джутовой лентой для предохранения от ржавления. Чтобы предупредить сплющивание, трубы усиливаются приклепанными снаружи уголками. Для тех же целей применяются также и раструбные сталь-

ные трубы. Соединение этих труб также делается забивкой пеньковой пряди в раструб, заливкой цементом или свинцом с зачеканкой последнего. Стальные трубы легче чугунных, их можно делать длиннее последних (меньше стыков); они эластичнее и менее подвержены образованию трещин и переломов под действием внешних сил.

9) Асфальтово-песчаные трубы [1]

Асфальтово-песчаные трубы изобретены в 1928 г. Б. А. Горловецким. Эти трубы состоят из битуминозных вяжущих веществ в соединении с инертными материалами:

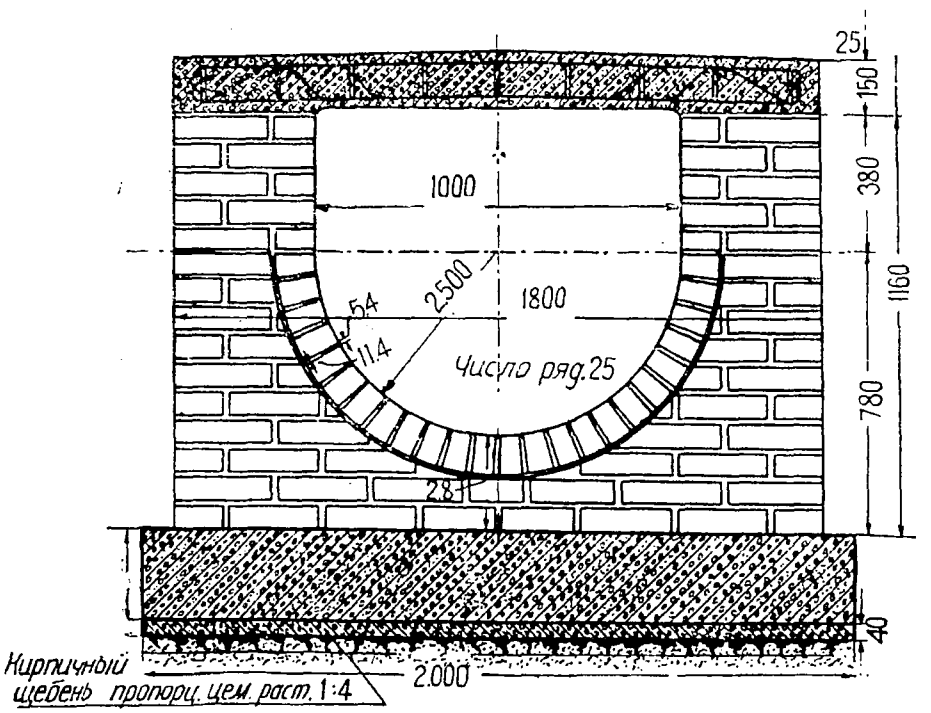
в) трубы показали абсолютную противостойкость воздействию 50% раствора серной и соляной кислот и 5% едкого раствора калия.

г) начало размягчения труб при водяной бане наступило при + 70° Ц.

д) черенки труб показали полную водоустойчивость.

Асфальто-песчаные трубы обладают следующими отличительными свойствами:

1. Отсутствие отбросов при производстве.
2. Легкий ремонт и починка (заглаживание горячими лопатками изъянов).
3. Быстрое и легкое устройство отверстий (при помощи паяльной лампы).



Фиг. 397. Кирпичный коллектор с плоским перекрытием.

песком, гравием и проч. Твердо установленных соотношений основных составных частей материалов практика еще не выработала.

Грубо применяются следующие соотношения:

а) вяжущие вещества — каменноугольные пеки и нефтяные битумы—15—20%.

б) Инертные материалы: пылевидные (мраморная пудра, мел, лесс и др.) и мелкозернистые (песок, гравий, щебень и др.)—до 80—85%.

Испытаниями, произведенными с этими трубами Всесоюзным научно-исследовательским институтом вод. и сан. тех. в 1931 г., установлено, и что испытанию было подвергнуто 4 трубы диаметром 200 *мм* при длине 1 *м*.

а) допускаемую нагрузку эти трубы выдержали в 2250 *кг* на 1 *пог. м*.

б) внутреннее давление трубы выдержали в 2 *ат*.

Трубы могут быть изготовлены различных диаметров, аналогично керамиковым. Раструбные трубы изготовляются длиной 1 *м*; толщина стенок еще не выявлена, но новидимому она будет на 30% больше керамиковых труб. Этот новый вид канализационных труб может заменить каменно-керамиковые для отвода фекально-хозяйственных и производственных сточных вод температурой не свыше + 50° Ц. Трубы могут быть применимы для отвода кислотных вод в химических заводах.

Предварительная калькуляция показала, что асфальтово-песчаные трубы дешевле керамиковых примерно в 2 раза.

К недостаткам их следует отнести:

а) недостаточную сопротивляемость ударам.

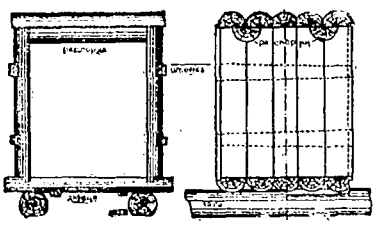
б) возможно разъедание труб растворителями битума (бензин).

Эти трубы повидимому в ближайшее время найдут большое применение в нашей практике.

[1] Инж. Махаев, В. П., Асфальтово-песчаные трубы „Сан. тех." № 6 за 1931 г.).

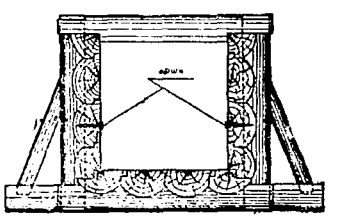
10) Деревянные трубы

Деревянные трубы применяются главным образом на тех участках канализационной сети, которые находятся всегда под водой (дюкеры, выпуска), и для напорных водоводов. Но в последнее время, в связи с дефицитом керамиковых труб, цемента и кирпича,



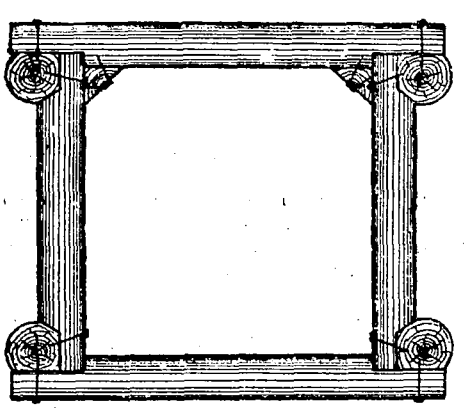
Фиг. 308. Деревянный коллектор.

деревянные трубы начинают применяться и на остальных участках сети, вопреки всем недостаткам этих труб (Архангельск, городская сеть). Там, где расчетный срок службы канализационной сети незначительный, дере-



Фиг. 309. Деревянный коллектор с укосинами.

вянные трубы могут быть вполне применимы. Срок службы деревянных труб обычно определяется около 7—10 лет. Деревянные трубы устраиваются круглого сечения из клепки, стянутой железными хомутами, и прямоугольного



Фиг. 100. Деревянный коллектор из стоек.

сечения из пластин, забранных в четверть и посаженных на шпонки.

Основными недостатками деревянных самотечных труб является то, что:

1. Они благодаря попеременному воздействию воды и воздуха в некоторых случаях быстро загнивают (по 1—2 *см* в год).

2. Через стыки пластин всегда будет инфильтровать грунтовая вода во внутрь трубы во много раз большем количестве, чем через стыки керамиковых и других труб.

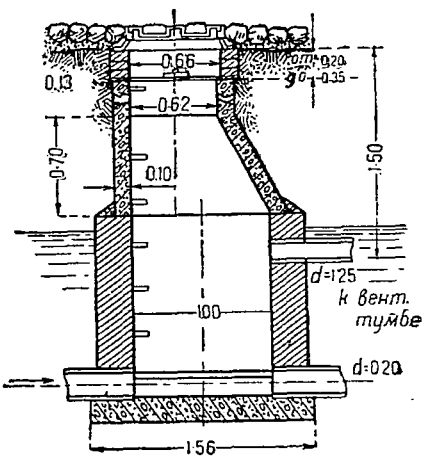
3. Возможна обратная инфильтрация сточных вод в грунт через соединения пластин при отсутствии напора грунтовых вод извне.

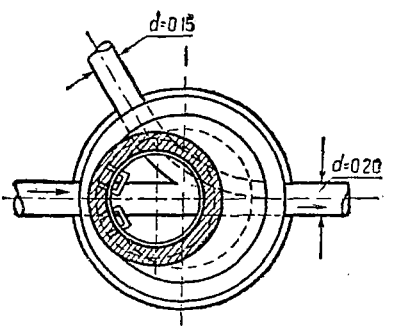
Ниже приводятся некоторые конструкции деревянных труб прямоугольного сечения (фиг. 398, 399, 400).

2. Детали канализационной сети

1) Смотровые колодцы

На всех точках перелома канализационной линии в профиле и в плане, а также на всех точках изменения диаметра линии и присоединения боковых линий ставятся смотровые колодцы. На прямых участках линии смотровые колодцы ставятся: не более чем через 50 *м* на диаметрах до 750 *мм*, не более чем через 75 *м* на диаметрах 750—1400 *мм*, не более чем через 100 *м* на диаметрах свыше 1400 *мм*.





Фиг. 401. Кирпичный колодец с бетонным верхом.

В зависимости от целевого назначения смотровые колодцы разделяются на:

а) линейные, устанавливаемые через указанное выше расстояние на прямых участках линии, на всех точках перелома линий в профиле и на всех точках изменения диаметра линии,

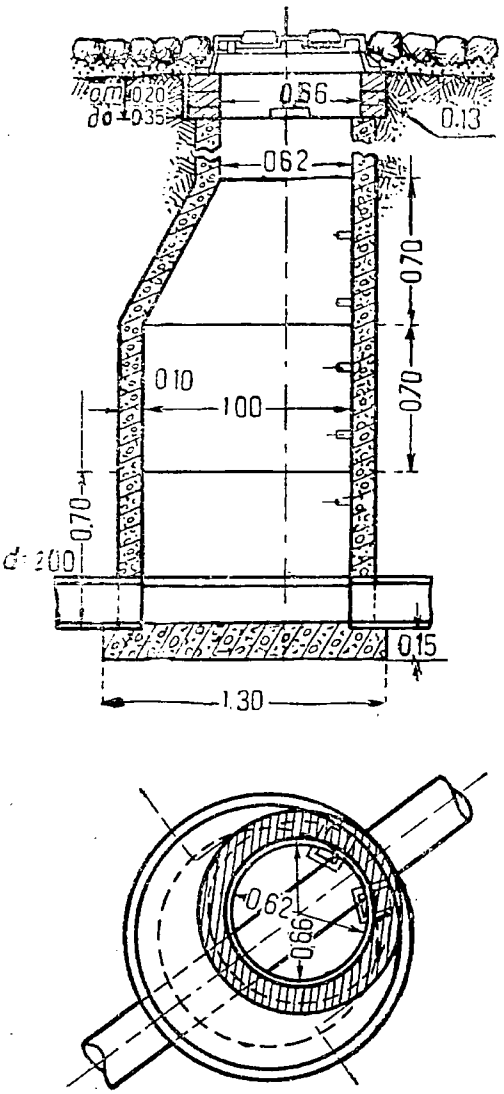
б) поворотные, устанавливаемые на всех точках поворота линии в плане,

в) у з л о в ы е, устанавливаемые на всех точках соединения двух или нескольких линий,

г) п е р е п а д н ы е, устанавливаемые в местах перепада линии в профиле.

Особняком по целевому назначению стоят:

а) с н е г о в ы е к о л о д ц ы, служащие для сбрасывания в них снега, тающего от тепла хозяйственных вод;

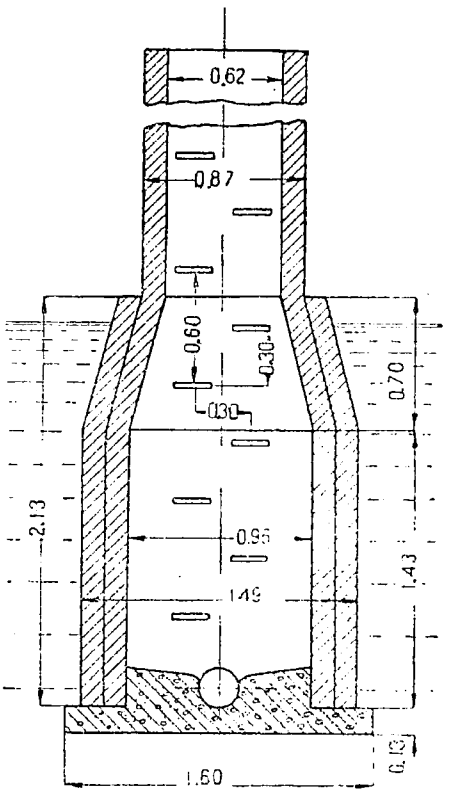


Фиг. 402. Бетонный смотровой колодец.

б) д о ж д е п р и е м н и к и, служащие для приема атмосферных вод (см. водостоки).

Смотровые колодцы линейные, поворотные, узловые и перепадные устанавливаются над самыми трубами и каналами уличной сети.

Раньше колодцы делали кирпичные на цементном растворе (фиг. 401). Теперь преимущественно делают их из готовых бетонных колец (фиг. 402), заготовляемых на заводе заранее, и только дно колодца, ввиду разнообразия диаметра труб и различных узлов присоединений, набивается на месте. Колодец заканчивается вверху конусом, на который ставится чугунный люк. Смотровые колодцы делаются круглой формы внутренним диаметром внизу 0,70—1,00 *м*, на высоту 1,5—1,8 *м* и вверху до поверхности земли 0,65 *м*. Толщина стенок для бетонных колодцев применяется 10—8 *см*. Если кольца армировать, то толщину стен можно довести до 4 *см*. Колодцы снабжаются чугунными или железными скобами для спуска в колодец. На дне колодца



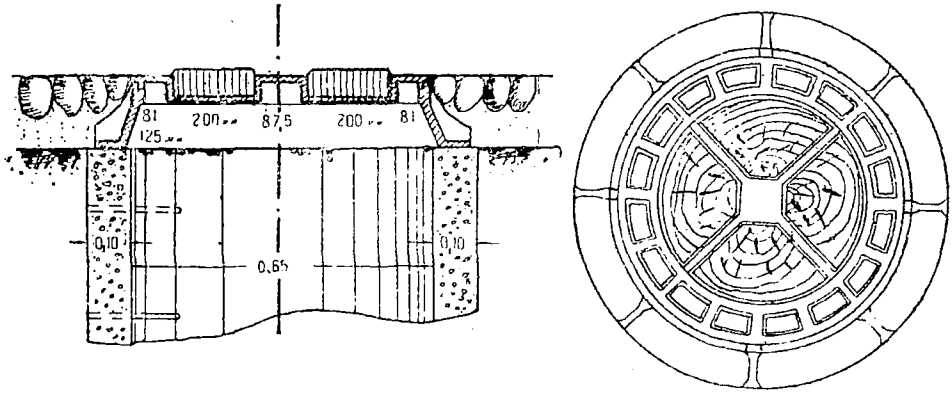
Фиг. 403. Кирпичный колодец для мокрого грунта.

выделывается желоб такого же диаметра, как и отходящая труба. Желоба, сохраняя сечение трубы, пропускают жидкость со скоростью той же, что и труба, и отстоя в колодце не будет.

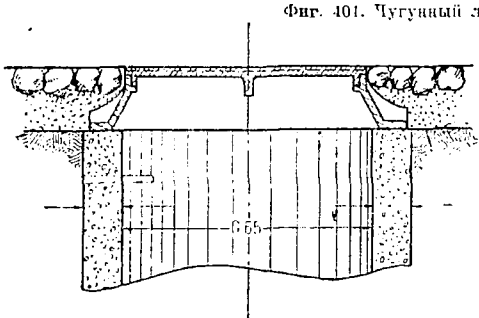
Иногда в водянистых грунтах устраиваются колодцы смешанного типа: подводная часть кирпичная и надводная бетонная (фиг. 403). В целях воспрепятствования проникновению грунтовых вод в колодец толщина стенок удваивается против обычной.

Смотровые колодцы обычно закрываются чугунными люками (фиг. 404, 405). В местах, затапливаемых паводками, люки устраиваются с двойной крышкой. Чугунные люки устраиваются с рифленой поверхностью, с деревянными шашками или бетонным заполнением. Кроме чугунных люков за послед-

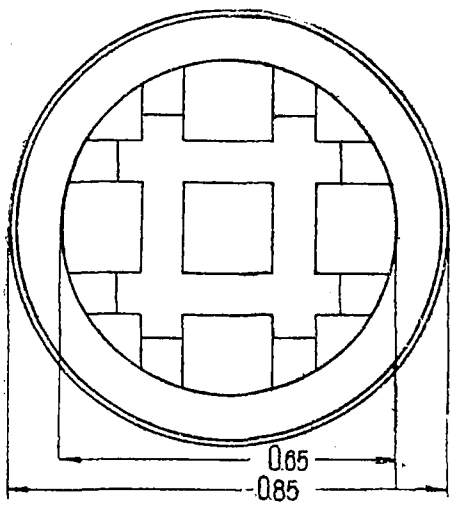
нее время во многих случаях проектируются железобетонные (фиг. 406) и деревянные люки (фиг. 407).



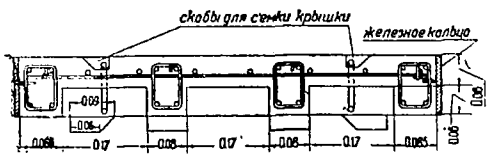
Фиг. 404. Чугунный люк с крышкой.



Фиг. 405. Чугунный люк с глухой крышкой.



разрез по А-В



Фиг. 406. Железобетонная крышка.

Целесообразность устройства перепадного колодца определяется следующей экономической формулой [1].

$$0.5\,K_1 \cdot (l - l_1) = l_1 K_2,$$

где l — расстояние между местом перепада и последним колодцем перепадной линии,

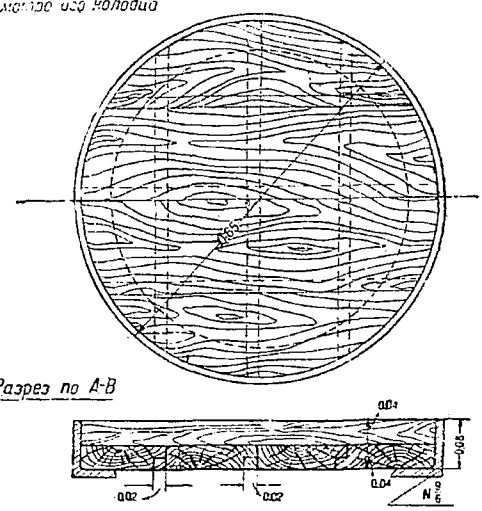
l_1 — приведенная длина кладки перепада,

K_1 — стоимость 1 $м^3$ земляных работ на средней глубине перепада с устройством креплений и другими расходами,

K_2 — стоимость кладки перепада на 1 $м^3$.

Конструкция перепадных колодцев показана на фиг. 408, 409.

Деревянная крышка смотрового колодца



Разрез по А-В

Фиг. 407. Деревянная крышка.

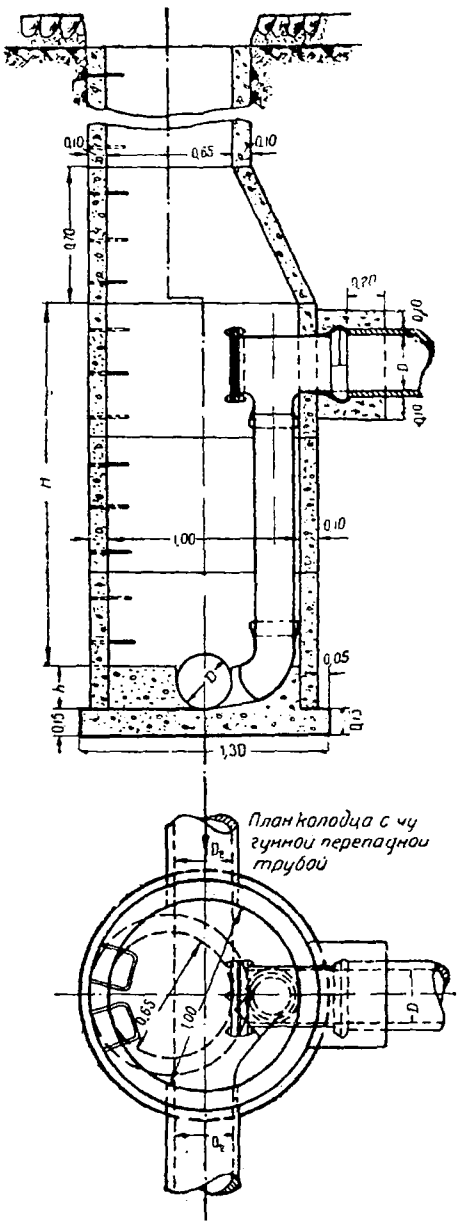
Кроме бетонных и кирпичных колодцев, устраиваются деревянные колодцы из бревен или (фиг. 410, 411) пластин, как временные на керамиковой или бетонной сети, так и постоянные на деревянной сети (Архангельск).

[1] Демидов Л. Г., „Санитарная техника" № 4 за 1929 г.

2) Дюкеры

Дюкер (фиг. 412) имеет назначение перевести сточные воды заполненным трубопроводом через реку, овраг или другое какое-либо препятствие. Дюкеры работают под небольшим напором, равным разности отметок в подводящей и отводящей трубах. В большинстве случаев дюкеры для осмотра не доступны. Поэтому для того, чтобы обеспечить дюкеры от возможных засорений, применяются следующие меры:

а) перед началом дюкера устраивается приспособление для его промывки речной или водопроводной водой;



Фиг. 408. Тип перепадного колодца с чугунной трубой.

б) расчетная скорость течения воды в дюкере принимается не менее 1 *м/сек*.

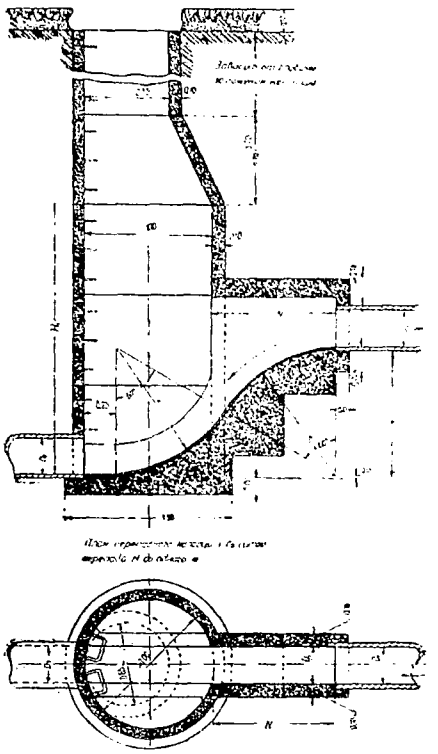
Дюкеры делаются из труб чугунных, железных, стальных, железобетонных и деревянных. Конструкция дюкеров может быть самая разнообразная и зависит она от того, какое препятствие пересекается и каково свойство этого препятствия (река, овраг, жел. дор. и пр.).

Разность отметок между входной и выходной камерой дюкера должна быть рассчитана на преодоление следующих сопротивлений:

а) сопротивление при входе в трубу,

б) сопротивление по длине трубы,

в) сопротивление при выходе,



Фиг. 409. Тип перепадного колодца с водосливом.

г) сопротивление в закруглениях трубы.

Закругления являются местной потерей и поэтому длина их из общей длины дюкера не вычитается.

Потерю напора в дюкерах рекомендуется определять по формуле Маннинга при $n=0{,}013$

$$i = \frac{n^2 \cdot v^2}{R^{4/3}} = 0{,}00107 \frac{v^2}{d^{4/3}},$$

где i — единичная потеря,

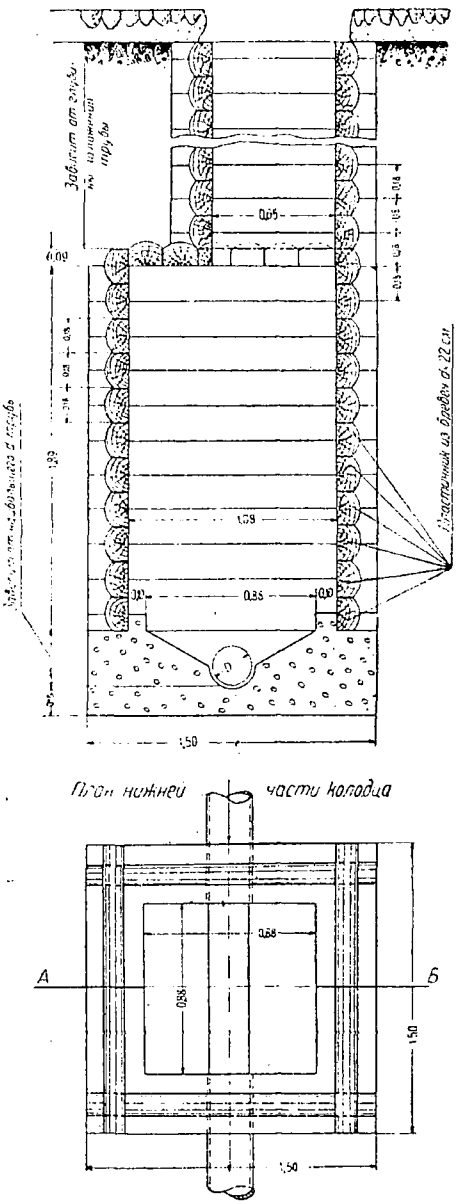
v — скорость в трубе,

d — диаметр трубы перевода.

Потеря при входе в трубу определяется по теореме Борда [1]

$$h_{вх} = \left(\frac{1}{\eta^2} - 1\right) \cdot \frac{v^2}{2g},$$

[1] Максименко Ф. Е., Курс гидравлики (М. 1921 г. стр. 225).



Фиг. 410—411. Деревянный смотровой колодец из пластин.

где $\eta = 0{,}80$,

$$h_{вх} = 0{,}0286 \cdot v^2.$$

Потеря при выходе тоже по теореме Борда [1]

$$h_{вых} = \frac{(v - v_0)^2}{2g} = \left(1 - \frac{v_0}{v}\right)^2 \cdot \frac{v^2}{2g},$$

где v — скорость в переводе,
v_0 — „ в отводящей трубе.

Сопротивления в закруглениях по формуле Вейсбаха [2];

$$h_{закр} = \frac{\theta}{90} \zeta \cdot \frac{v^2}{2g},$$

где θ — угол поворота в градусах [3],

$$\zeta = 0{,}131 + 1{,}847 \left(\frac{r}{R}\right)^{7/2},$$

где r — радиус трубы,
R — „ закругления.

Для отводов нормального сортамента водопроводных труб сопротивления в закруглениях подсчитаны ниже.

Угол поворота	α	$= 10°$	$15°$	$30°$	$45°$	$60°$	$90°$
	$\frac{r}{R}$	$= 1/18$	$1/12$	$1/6$	$1/4$	$1/3$	$1/2$
	ζ	$= 0{,}131$	$0{,}132$	$0{,}135$	$0{,}145$	$0{,}171$	$0{,}294$

и уравнение

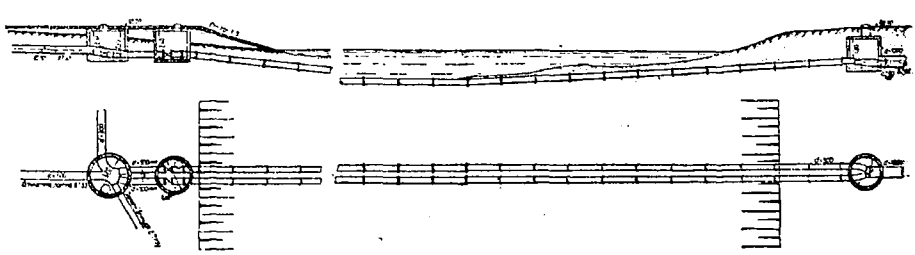
$$h_{закр} = \frac{0°}{90} \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}$$

примет вид:

для $\alpha = 10°$ $h_{закр} = 0{,}000743\ v^2$
„ $\alpha = 15°$ $h_{закр} = 0{,}00112\ v^2$
„ $\alpha = 30°$ $h_{закр} = 0{,}00229\ v^2$
„ $\alpha = 45°$ $h_{закр} = 0{,}00370\ v^2$
„ $\alpha = 60°$ $h_{закр} = 0{,}00581\ v^2$
„ $\alpha = 90°$ $h_{закр} = 0{,}0150\ v^2$

Для облегчения предварительных расчетов ниже приводится таблица единичной потери напора

[1] Павловский, Гидравлический справочник, стр. 93.
[2] Максименко Ф. Е., Курс гидравлики (М. 1921 г., стр. 228).
[3] Астров, Гидравлика, стр. 235.



Фиг. 412. Дюкер.

Таблица 149

Единичная потеря напора труб различных диаметров

d в *м*	Скор. v в *м/с*	Потеря напора на 1 *м* трубы	Площадь сечения ω в $м^2$	Расход Q *л/сек*	d в *м*	v в *м*	Потеря напора на 1 *м* трубы	Площадь сечения ω в $м^2$	Расход Q *л/сек*
0.20	0,75	0,00516	0.0314	23.6	0.50	0,75	0,00152	0,1964	147,3
	0,90	0,00742		28,3		0,90	0,00219		176,7
	1,00	0,00916		31.4		1,00	0,00270		196,4
	1,10	0,0111		34,6		1,10	0,00327		216,0
	1,25	0,0143		39,3		1,25	0,00422		245,4
0.25	0,75	0,00383	0.0491	36.8	0.60	0,60	0,000762	0,2827	169,7
	0,90	0,00551		44,2		0,75	0,00119		212,1
	1,00	0,00680		49.1		0,90	0,00171		254,5
	1,10	0,00823		54.0		1,00	0,00212		282,7
	1,25	0,0106		61,4		1,10	0,00256		311,0
0.30	0,75	0,00300	0.0707	53.2	0,70	0,60	0,00062	0,385	231,0
	0,90	0,00432		63.6		0,75	0,000959		289,0
	1,00	0,00533		70.7		0,90	0,00140		346.0
	1,10	0,00645		77,8		1,00	0,00172		385,0
	1,25	0,00833		88,4		1,10	0,00209		423,0
0.35	0,75	0,00244	0.0962	72.2	0.75	0,60	0,000566	0,442	265,0
	0,90	0,00352		86.6		0,75	0,000884		331,0
	1,00	0,00434		96.2		0,90	0,00127		397,0
	1,10	0,00525		105,8		1,00	0,00157		442,0
	1,25	0,00679		120,3		1,10	0,00190		457,0
0.40	0,75	0,00201	0.1257	94,3	0,90	0,60	0,000413	0,636	381,0
	0,90	0,00294		113,1		0,75	0,000692		477,0
	1,00	0,00363		125,7		0,90	0,000997		572,0
	1,10	0,00410		138,2		1,00	0,00123		636,0
	1,25	0,00568		157,1		1,10	0,00149		700,0
0.45	0,75	0,00175	0.1590	119,3	1,00	0,60	0,000403	0,785	471,0
	0,90	0,00252		143,1		0,75	0,000630		589,0
	1,00	0,00311		159,0		0,90	0,000907		707,0
	1,10	0,00376		175,0		1,00	0,00107		785,0
	1,25	0,00485		199,0		1,10	0,00136		864,0

Таблица 150

Сопротивления в закруглениях перевода

α	Скорость *м/с*					
	0,60	0,75	0,90	1,00	1,10	1,25
10°	0,000278	0,000418	0,00060	0,00074	0,00090	0,00116
15°	0,000103	0,00063	0,000908	0,00112	0,00136	0,00175
30°	0,000824	0,00129	0,00186	0,00229	0,00277	0,00357
45°	0,00133	0,00208	0,00300	0,00370	0,00448	0,00578
60°	0,00209	0,00327	0,00470	0,00581	0,00703	0,00908
90°	0,00540	0,00844	0,0122	0,0150	0,01815	0,0235

Сопротивление при входе в трубу

V	= 0,60	0,75	0,90	1,00	1,10	1,25 *м/сек*
$h_{вх}$	= 0,0103	0,0161	0,0232	0,0286	0,0346	0,0447

Сопротивление при выходе из трубы
При разности скоростей

v	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
$h_{вых}$	= 0,00051	0,00204	0,00459	0,00816	0,0125

Для практических подсчетов можно брать сумму сопротивлений при входе и выходе по следующей таблице:

При скорости в переводе	0,60	*м/сек*	. . . . .	0,02	*м*
" " " "	0,75	"	. . . . .	0,03	"
" " " "	0,90	"	. . . . .	0,045	"
" " " "	1,00	"	. . . . .	0,06	"
" " " "	1,10	"	. . . . .	0,075	"
" " " "	1,25	"	. . . . .	0,095	"

3) Пересечение каналов с железными дорогами

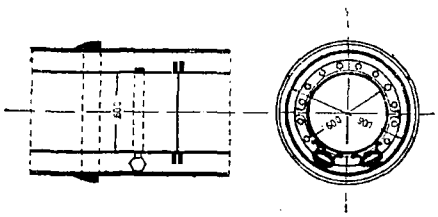
При пересечении могут встретиться три случая:

1) коллектор проходит ниже полотна железной дороги,

2) в уровень с ним,

3) выше его.

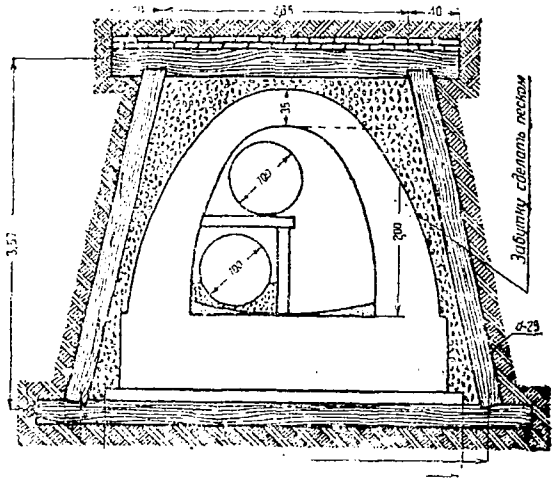
В первом случае, если расстояние до верха коллектора достаточное, тип сечения коллектора не изменяется и в нем лишь усиливается толщина стенок. В двух других случаях прибегают к устройству дюкера.



Фиг. 413. Прокладка канализационной трубы в футляре.

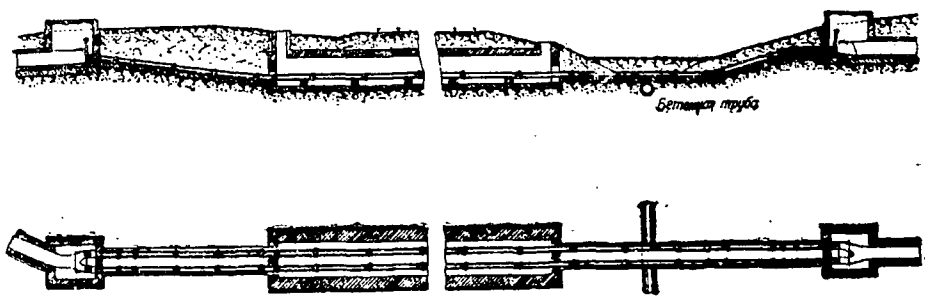
Когда железнодорожный путь пересекает канализационная труба малого диаметра, то она укладывается в чехле из чугуна или железной трубы (волнистого железа), если возможна прокладка ее в открытой траншее (фиг. 413). При этом сама канализационная труба устраивается из чугунных фланцевых труб.

Пересечение железнодорожного полотна напорным водоводами безопаснее осуществлять в проходной галерее для возможности осмотра труб (фиг. 414, 415).



Фиг. 415. Поперечное сечение тоннеля под ж.-д. полотном.

Удаление испорченного воздуха из сети достигается рационально устроенной вентиляцией. Вентиляция сети происходит через уличные приточные тумбы и домовые фановые



Фиг. 414. Переход под ж.-д. полотном.

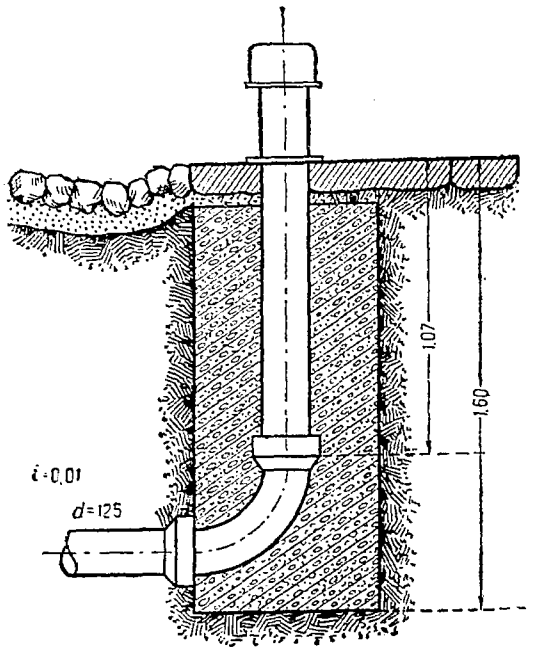
При выборе месте для пересечения железнодорожного полотна необходимо стремиться к тому, чтобы как можно меньше пересечь железнодорожных путей канализационной линией.

4) Вентиляция сети

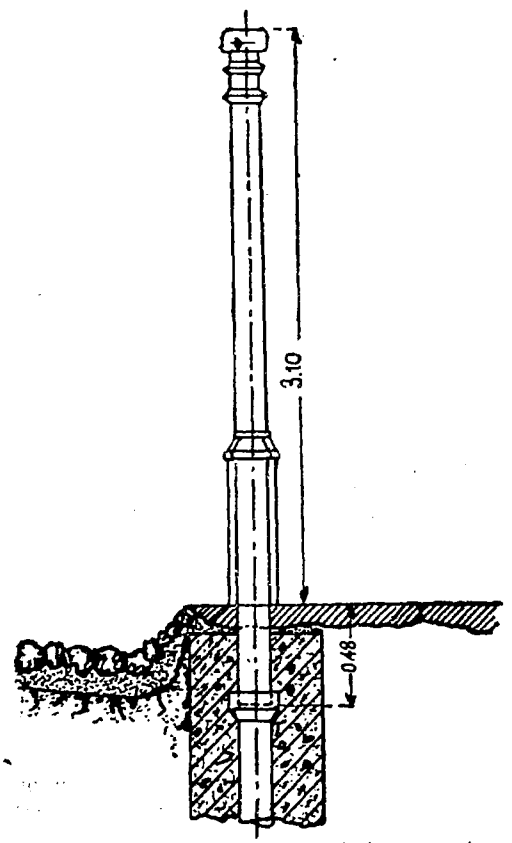
Сточные воды, протекающие в канализационной сети, способны к загниванию; результатом гниения является образование дурно пахнущих газов (сероводорода, углекислоты, аммиака и т. п.). Воздух, загрязненный газами канализационной сети, вреден, а в некоторых случаях—при долгом пребывании в нем человека, занимающегося очисткой каналов, даже смертелен.

стояки. Вентиляционные тумбы обычно ставятся у тротуаров (фиг. 416) и соединяются керамиковыми 125-*мм* трубами со смотровыми колодцами сети. Расстояние между приточными тумбами на практике принимается 200—250 *м*. В местах, заливаемых весенней водой, вместо приточных тумб, ставят вентиляционные столбы (фиг. 417). Вентиляция через фановые трубы и приточные трубы получила

широкое распространение заграницей и у нас. Практика и опыт показали, что этот способ вентиляции сети является наилучшим.



Фиг. 416. Вентиляционная тумба (приемная).



Фиг. 417. Вентиляционная труба (выпускная).

ЛИТЕРАТУРА

1. Технические условия на прокладку деревянных сточных труб. Управление канализации и мостовых Ленинградского губоткомхоза, 1927 г.
2. Канализация городов и поселков. ЦКБ, 1931 г.
3. Архив Коммунстроя.

3. Выпускные сооружения

Основное требование, предъявляемое к устройству выпуска сточных вод в водоем, прошедших ту или иную степень очистки, это обеспечение постоянного наилучшего смешения выпускаемых сточных вод с водами водоема, что способствует ускорению процесса самоочищения реки от поступающих загрязнений.

С этой целью следует:

1) выводить выпуск до стрежня реки,

2) располагать его не на дне реки, а в середине живого сечения,

3) устраивать выпуск сточных вод не в торца трубы, а по всей расчетной его длине.

Кроме основного требования, выпуск должен удовлетворять следующим условиям:

1) должен быть расположен вне влияния весенних и паводковых вод,

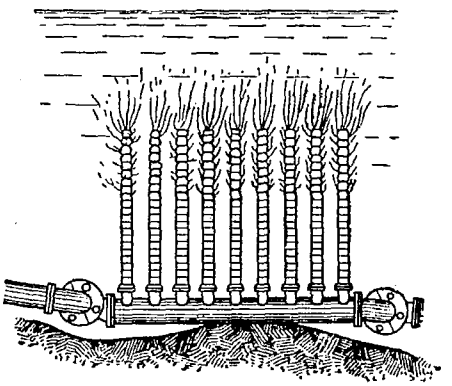
2) подпор со стороны реки не должен распространяться на большую длину канала,

3) должен быть расположен ниже нижней кромки ледостава,

4) не должен заноситься речными наносами и песками,

5) должен удовлетворять условиям статической прочности.

Конструкция выпуска сточных вод в реку весьма разнообразна и зависит от местных условий. Американцы делают выпуск сточных вод несколькими трубами. В этих трубах на верхней поверхности просверливаются отверстия и в них ввинчиваются стояки. Так, сточные воды г. Мильвоки спускаются в озеро



Фиг. 418. Выпуск системы инж. Шпилева.

Мичиган по двум трубам длиной более километра каждая. Вертикальные стояки на несколько метров не доходят до поверхности воды в озере.

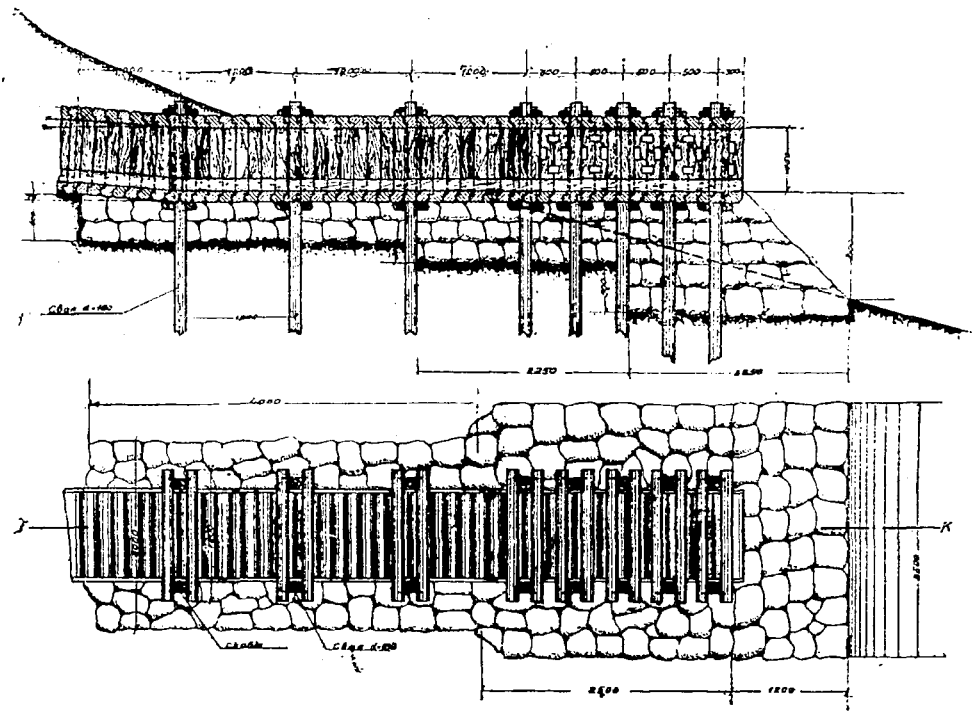
Инж. Д. И. Шпилевым (фиг. 418) предложены особые гибкие спиральные трубы, которые располагаются перпендикулярно к стоку и выводят сточную воду в нескольких пунктах жи-

вого сечения реки. Спиральные трубы изгибаются по течению реки и способствуют более правильному смешению сточной воды с массой речной воды.

Более простой конструкцией выпуска будут последовательно смонтированные тройники на определенную расчетную длину или же спе-

ция выпуска не удовлетворяет требованиям максимального смешения сточных вод с водами реки.

Инж. И. А. Архангельским для выпуска сточных вод канализации города Твери в р. Волгу предложено устройство особых диффузоров (фиг. 421).

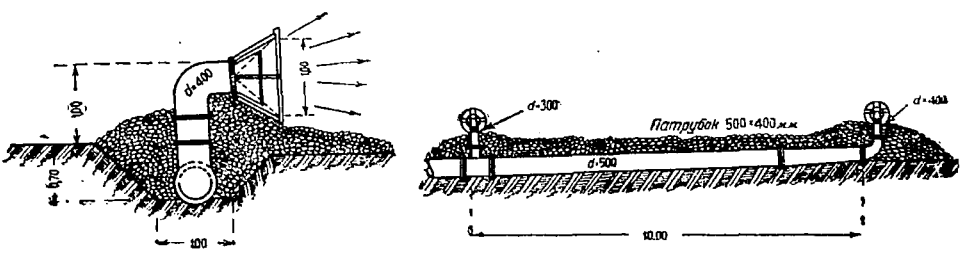


Фиг. 419. Деревянный выпуск.

циально отливаемая труба с целым рядом боковых отростков.

Еще более простой конструкцией выпуска (фиг. 419), удовлетворяющей в значительной степени смешению сточных вод с возможно большей массой речной воды, будет деревян-

Выпуска могут устраиваться из оцинкованных жел зных труб, чугунных, стальных, железобетонных и деревянных. Дерево, находящееся постоянно под водой, долговечно. Поэтому вполне целесообразно устраивать выпуска деревянными, что для данного момента,



Фиг. 420. Выпуск сточной жидкости под напором.

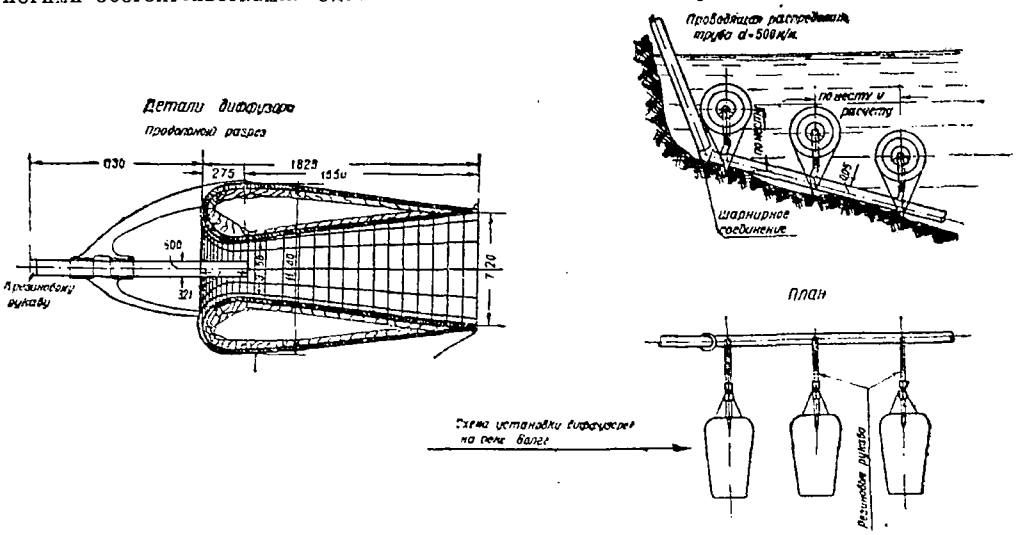
ный прямоугольного сечения выпуск с прорезями на расчетной длине.

Устраивается также выпуск просто из открытого конца трубы, которую выводили на стрежень реки и соответствующим образом укрепляли, причем отверстие трубы направлялось по течению (фиг. 420). Но эта конструк-

ввиду острой дефицитности металла и цемента имеет особо существенное значение.

Если сточная вода спускается в водоем без всякой очистки, то весьма важно, чтобы в выпуске была достаточная скорость (не менее 1 *м/сек*) во избежание засора его оседающими взвешенными веществами из сточной воды.

При выпуске сточных вод в гавани, заливы и открытые моря приходится считаться со многими обстоятельствами. Здесь имеют значение господствующие ветры, приливы и отливы, глубина и пр. Выпуск должен быть доведен до такого пункта моря, где существует течение, относящее морские воды от береговой полосы. Такой пункт обыкновенно находится на большом расстоянии. Поэтому следует в таком случае сравнить два варианта: один с очисткой и коротким выводом и другой без очистки, но с длинным выводом.



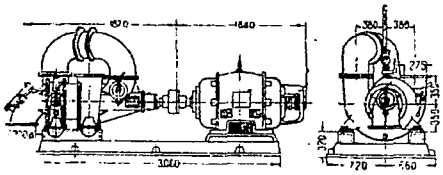
Фиг. 421. Выпуск диффузор.

Доп. *А. А. ЛАГОВСКИЙ*

III. КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

I. Канализационные насосы

В качестве канализационных насосов для средних и больших производительностей употребляются центробежные насосы, в конструкции которых делается лишь то изменение, что корпус их снабжается люками на болтах для возможности быстрой очистки колеса и корпуса насоса от засорений без разборки всего насоса. На фиг. 422 показан такой насос для производительности 700 *л/сек* и напора 37 *м* завода Зульцер.

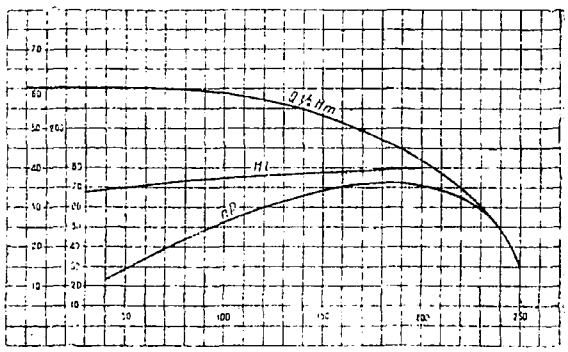


Фиг. 422. Канализационный центробежный насос.

Многоколесные центробежные насосы для высоких напоров для перекачки сточной жидкости употреблять нельзя, так как их очистка связана с демонтажом насоса и потому затруднительна.

Для перекачки сточной жидкости на значительную высоту употребляются двухколесные насосы, колеса которых располагаются каждое в отдельном корпусе, приспособленном к очистке колеса. Колеса соединяются отдельным трубопроводом последовательно.

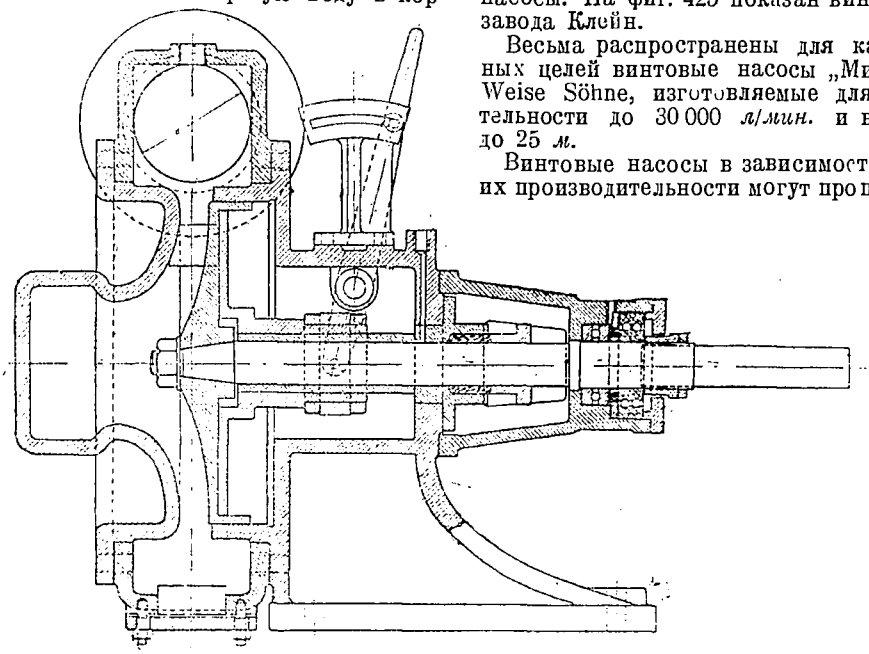
На фиг. 423 приведены характеристики канализационного насоса.



Фиг. 423. Характеристики центробежного насоса.

Для небольших производительностей до 70 *л/сек* и напоров до 50 *м* применяются у нас нередко насосы системы инж. Бромлей (фиг. 424). Их особенность заключается в том, что очистка насоса от засорения производится

простым передвижением рычага, выдвигающего лопасти колеса из камеры через особые прорезы в задней стенке колеса. Колесо насоса не имеет передней стенки, почему происходит трение воды в колесе о мертвую воду в корпусе, что понижает коэфициент полезного действия насоса, который не превосходит 0,5.



Фиг. 424. Канализационный центробежный насос Бромлея.

Основные данные об этих насосах приведены в табл. 151.

Весьма подходящим для перекачки загрязненной сточной воды сравнительно на небольшую высоту до 25 *м* и производительностью до 4000 *м*³ в час являются винтовые насосы. На фиг. 425 показан винтовой насос завода Клейн.

Весьма распространены для канализационных целей винтовые насосы „Мириа" завода Weise Söhne, изготовляемые для производительности до 30 000 *л/мин.* и высот напора до 25 *м*.

Винтовые насосы в зависимости от размера их производительности могут пропускать через себя твердые тела размером в поперечнике от 30 до 75 *мм*.

При высоких напорах для перекачки загрязненных сточных вод применяются поршневые

Таблица 151

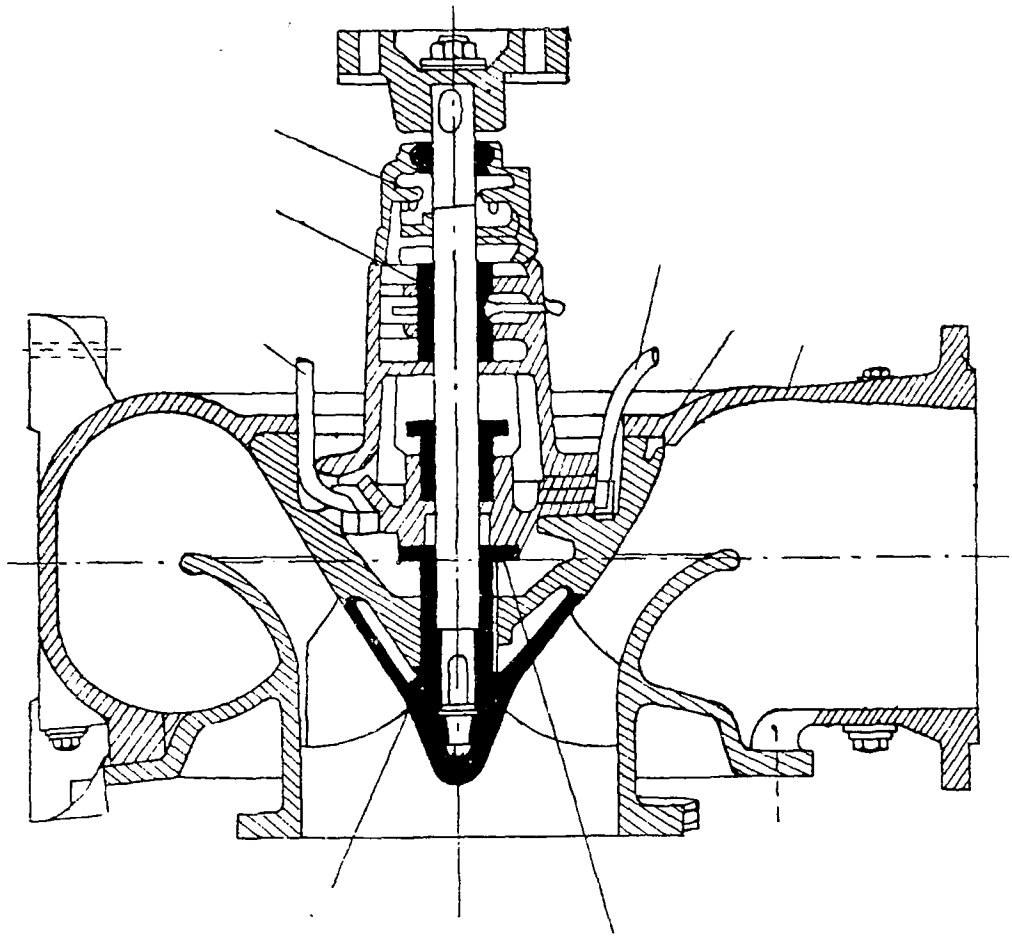
Производительность насосов системы инж. Бромлей

Высота напора в *метрах*	$Q = 4$ *л/сек*			$Q = 10$ *л/сек*			$Q = 20$ *л/сек*			$Q = 30$ *л/сек*			$Q = 40$ *л/сек*			$Q = 70$ *л/сек*		
	Диам. патрубков 50 *мм*			75 *мм*			100 *мм*			125 *мм*			150 *мм*			200 *мм*		
	число обор. n	мощность расчетная N^1	мощность необходимая N	n	N^1	N	n	N^1	N	n	N^1	N	n	N^1	N	n	N^1	N
4	970	1,2	2	765	2,6	4	650	4	5	545	5,3	7,5	500	7,5	10	420	13	15
5	1 085	1,3	2	860	3,3	4	720	5	6	610	6,6	7,5	560	9,0	10	470	16	20
6	1 180	1,6	3	930	4,0	6	790	6	7,5	665	8,0	10	610	10,8	15	515	19	25
7	1 280	1,8	3	1 010	4,6	6	860	7	10	720	9,0	10	660	12,5	15	550	22	30
8	1 375	2,0	3	1 085	5,3	7,5	920	8	10	775	10,0	15	710	14	20	600	25	30
9	1 455	2,3	3	1 145	6,0	7,5	975	9	10	820	11,0	15	750	16	20	630	28	40
10	1 530	2,6	4	1 210	6,5	7,5	1 025	10	15	860	12	15	790	18	20	660	32	40
12	1 680	2,8	4	1 320	7,5	10	1 125	11	15	940	15	20	860	21	25	725	38	60
14	1 800	8,2	4	1 425	8,4	10	1 210	13	15	1 016	16,5	20	930	23	30	780	43	50
16	1 940	3,6	6	1 530	9,5	15	1 300	15	20	1 090	18,5	25	1 000	27	30	840	49	60
18	2 055	4	6	1 620	10,2	15	1 380	16,5	20	1 150	20	25	1 060	30	40	890	55	60
20	2 160	4,4	6	1 710	11	15	1 450	17,5	20	1 215	21	30	1 115	34	40	940	62	70
22	2 280	4,8	6	1 800	12	15	1 530	18,5	25	1 280	22	30	1 175	36	40	990	67	90
24	2 875	5,2	7,5	1 876	12,6	15	1 600	19,5	25	1 335	24	30	1 225	38	50	1 030	72	90
25	2 425	5,5	7,5	1 910	13	20	1 625	20,5	25	1 360	25	30	1 250	40	50	1 050	75	90
30	—	—	—	2 090	15	20	1 775	24	30	1 490	30	40	1 365	48	50	1 145	90	100
35	—	—	—	—	—	—	1 920	98	40	1 610	35	40	1 475	55	60	1 240	105	120
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 720	40	50	1 580	62	70	1 330	120	150
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 925	50	60	1 760	78	90	1 480	150	180

насосы с откидными клапанами, обеспечивающими достаточный размер проходного отверстия.

Клапаны делаются с принудительной посадкой, а чтобы тяги и рычаги к клапанам не ломались, когда под клапан попадет твердая частица, они снабжаются пружинами (новая установка в Киле).

Насосные канализационные станции по своему назначению могут быть разделены на главные, предназначенные для перекачки всей сточной воды с данного населенного места или завода на очистные сооружения и на районные — для перекачки сточной воды с данного района в коллектор другого бассейна.



Фиг. 425. Винтовой насос завода Клейн.

2. Канализационные насосные станции

По роду перекачиваемой воды они разделяются на:

1) станции для перекачки ливневых вод,

2) станции для перекачки вод общесплавных канализаций,

3) станции для перекачки фекально-хозяйственных вод и частью производственных, если они допущены для спуска в фекально-хозяйственную канализацию.

В нижеследующем мы будем рассматривать насосные станции для перекачки хозяйственных вод.

I) Выбор типа насоса и первичного двигателя для канализационных станций

Господствующим типом насоса является в настоящее время канализационный центробежный насос.

В случае применения таких насосов на станции перед резервуаром и насосом устанавливается предохранительная решетка с просветами 25—30 *мм*, которая задерживает лишь крупные предметы. Количество вывозимых со станции твердых предметов незначительно.

На станциях значительной производительности устанавливаются решетки с механической очисткой их и дробилками, которые раздробляют предметы, задерживаемые решетками, после чего раздробленная масса спускается в резервуар и оттуда вместе с водой

засасывается насосом и прогоняется через водоводы.

Если на станции установлены не специальные канализационные насосы, то защита насосов от засорения производится более частыми решетками с просветом 15—20 *мм*.

Площадь решетки (просветов) должна быть в 2—3 раза более площади живого сечения канала, подводящего к станции сточную воду.

При наличии районной электростанции обыкновенно технически и экономически наиболее подходящим двигателем для канализационных насосов на станциях является электромотор; в дальнейшем будем предполагать канализационные насосные станции оборудованными именно этими двигателями.

2) Выбор производительности насосов

Производительность насосов станции зависит от регулирующей емкости резервуара при станции, и задача подбора производительности математически является неопределенной. Могут быть два типа решения:

1. Резервуар значительной емкости (1/2 часа, 1 час суточного притока).

2. Резервуар малой емкости, только что достаточной для погружения в него сосунов насосов (3—5 минут суточного притока).

Первый тип решения задачи о подборе насосов обладает следующими преимуществами:

а) работа насосов приближается к равномерной;

б) производительность насосов выходит меньше, чем во втором случае (меньше максимального часового притока);

в) водоводы поэтому должны быть легче;

г) установленная мощность на станции, находящаяся в обратном отношении к емкости резервуара, меньше;

д) обеспеченность от аварий больше вследствие большей емкости резервуара.

Однако при этом способе стоимость большого и весьма часто глубокого резервуара обходится дороже, а уход за ним сложнее, так как большой резервуар играет роль отстойника.

Окончательно вопрос решается на основании технико-экономических соображений, составленных по обоим вариантам.

При резервуаре малой емкости режим работы насосов на станции является неравномерным, и подача станции вообще почти отвечает притоку.

Второй способ (с малым объемом) обыкновенно допускает устройство резервуара вместе с насосной станцией (фиг. 426 и 427). При первом способе (большой резервуар) его приходится располагать отдельно.

При таком расположении резервуар строится обыкновенно опускным способом, на достаточном расстоянии от здания станции и осадка его не может влиять на целость здания станции. Схема по фиг. 428 дает одноярусное расположение насосов, фиг. 429—двухъярусное.

Особой песколовки в случае фекально-хозяйственной канализации большей частью не требуется.

Резервуар должен быть снабжен водопроводом для смыва осадка из него водой под напором; осадок из резервуара забирается в разбавленном виде насосами. В качестве регулирующей емкости при малом объеме резервуара пользуются регулирующей емкостью подводящего коллектора при значительном диаметре и следнего. Наибольший подпор в коллекторе допускается не выше пят его свода. Бывавшие во время подпертого состояния коллектора осадки смываются при повышении откачки против притока. Для решения задачи о подборе насосов необходимо иметь график или таблицу почасового колебания притока воды в течение суток и хотя бы ориентировочно рост притока сточной воды за расчетный период действия станции.

График суточного притока является суммарным из графика притока хозяйственных вод, производственных, от бань и прачечных. Необходимо кроме того знать коэфициент неравномерности притока сточных вод к станции. Этот коэфициент представляет отношение наибольшего часового притока (расхода) за сутки к среднему часовому. Для насосных станций он принимается от 2 до 2,25. При подборе насосов необходимо задаться наибольшим числом часов работы в сутки каждой машины. Для правильной эксплоатации это число принимается обыкновенно в 16—20 часов.

Резерв машин принимается от 50 до 100% числа рабочих машин.

При подборе насосов канализационных станций, как и для водопроводных, уместно пользоваться кроме ступенчатых графиков притока и откачки построением интегральных кривых притока, откачки и колебания регулирующей емкости.

На фиг. 430 дан пример построения суммарных графиков притока воды, ступенчатого графика откачки и интегральных кривых притока, откачки и колебания, регулирующей емкости, произведенным для небольшого промышленного города. Графики построены для трех моментов:

1. Через пять лет после пуска станции, когда к станции притекает 2422 $м^3$ в сутки сточной воды.

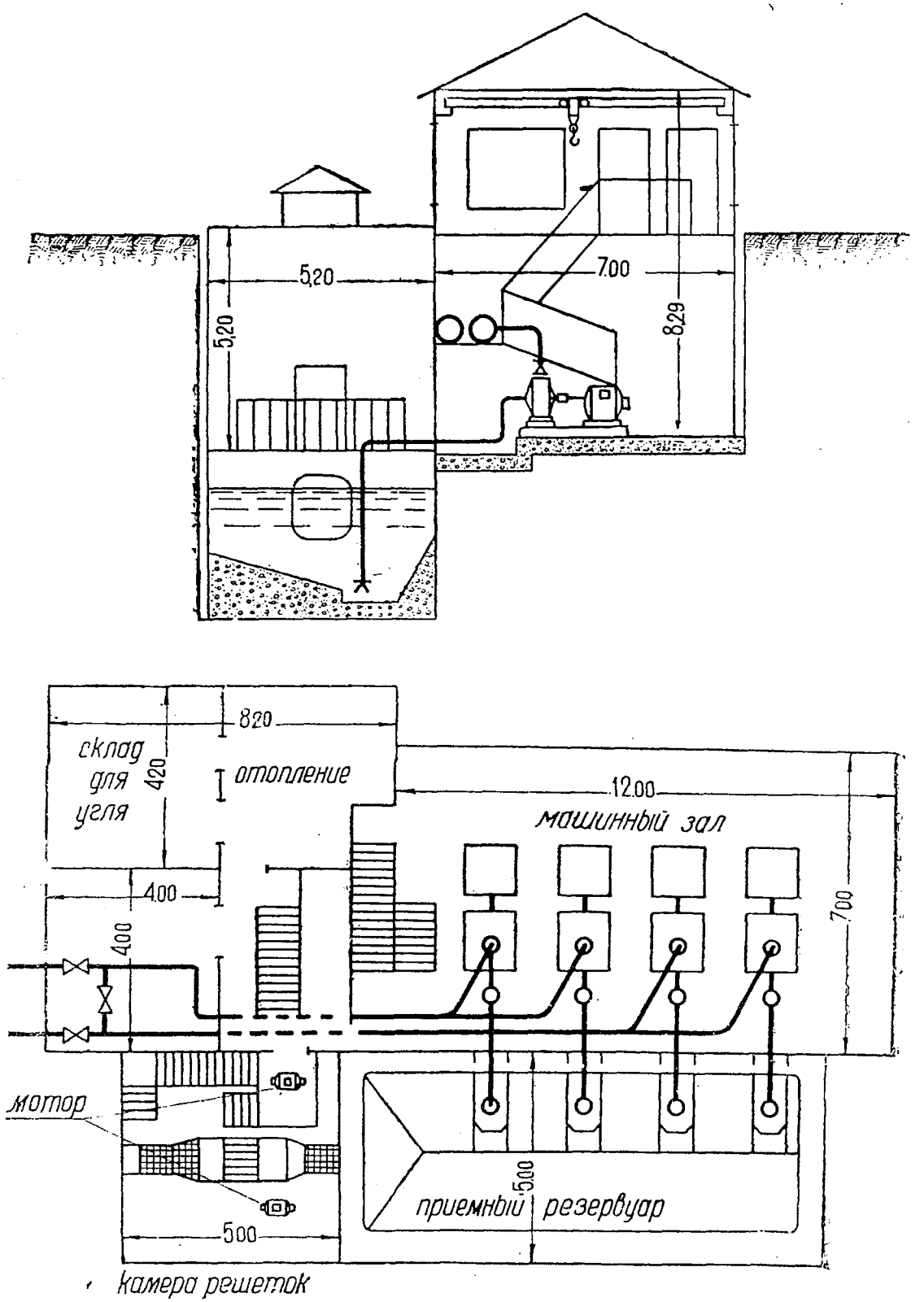
2. Для конца первой очереди (через 10 лет от пуска) — приток 4736 $м^3$ в сутки.

3. Для конца расчетного периода (через 25 лет) — 9227 $м^3$.

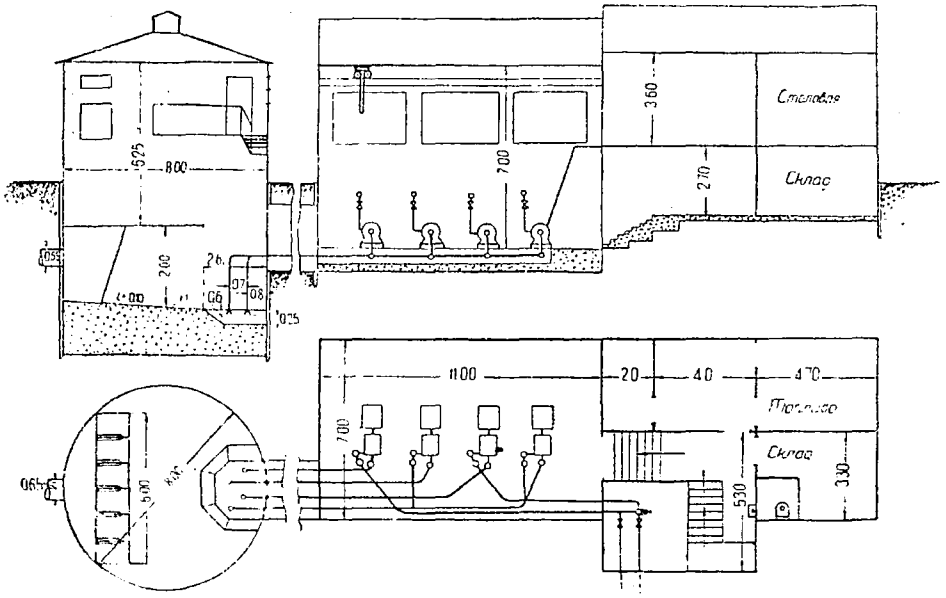
На этих фигурах ступенчатый график притока есть суммарный график, полученный от сложения графиков притока хозяйственных, производственных и банной воды.

Согласно построению ступенчатых графиков и интегральных кривых получается, что для первого периода эксплоатации насосной станции можно обойтись одним рабочим насосом— 200 $м^3/час = 56$ $л/сек$ и одним таким же запасным; для конца первой очереди достаточно два рабочих насоса по 325 $м^3/час = 90$ $л/сек$; кроме того два таких же насоса должны быть в резерве; в крайнем случае можно обойтись одним резервным 325 $м^3/час$.

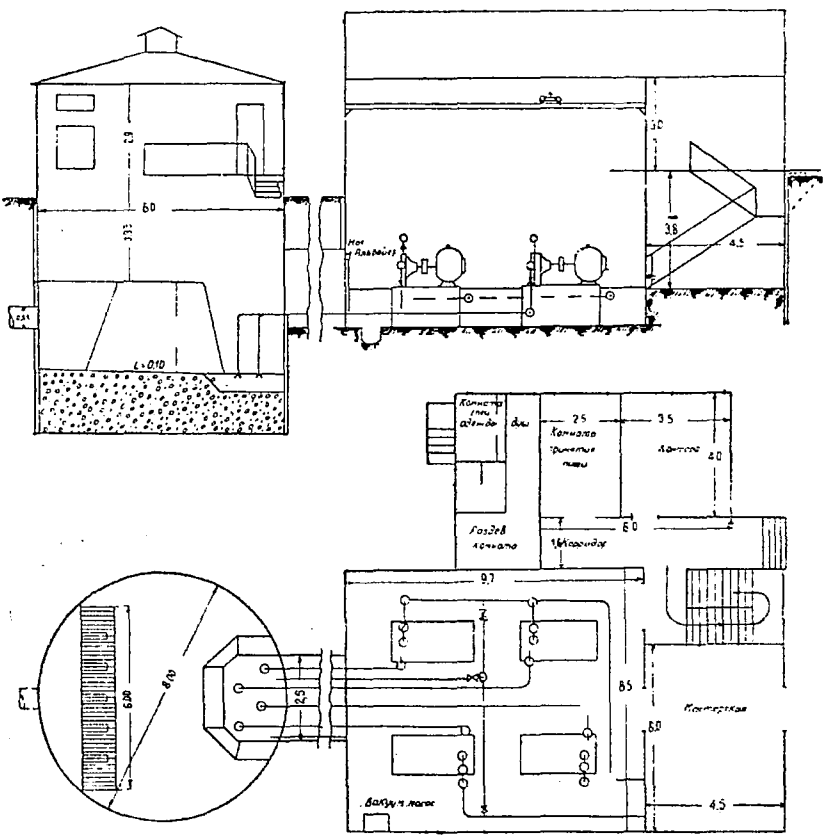
К концу полного развития станции потребуется два рабочих насоса по 325 $м^3/час$ и



Фиг. 426—427. Схема канализационной насосной станции с резервуаром в станции.



Фиг. 428. Схема канализационной насосной станции с отдельным резервуаром при однорядном расположении насоса



Фиг. 429. Схема канализационной насосной станции с отдельным резервуаром при двухрядном расположении насосов.

два таких же или один запасной. Таким образом, допуская резерв в 50%, в конце расчетного периода можно обойтись всего тремя насосами, насосы же в 200 *м³/час* к этому времени будут сменены.

Производя аналогичное построение для подбора насосов для тех же заданий, что и в предыдущем случае, но сделанное применительно ко второму варианту, т. е. с малым объемом регулирующего резервуара на 15 минут притока = 100 *м³*, причем этот объем остается постоянным для всех периодов работы насосной станции, получаем, что в течение первой очереди потребуется два насоса по 126 *м³* в час и 2 по 252 *м³*, включая в это число и резервные насосы.

В течение второй очереди потребуется 3 насоса по 250 *м³* в час и 3 по 325 *м³*, считая в том числе и резервные насосы. Как видно, число насосов получается больше и производительность их значительнее, что и следовало ожидать.

Из сравнения полученных результатов видно, что в отношении оборудования станции, т. е. числа насосов, их производительности и частоты включений и выключений, первый способ оказывается предпочтительнее; но окончательный выбор можно сделать лишь после экономического сравнения обоих вариантов с учетом стоимости резервуара и его обслуживания.

3) Определение полного манометрического напора у насосов, мощности их и электромоторов

Для решения этой задачи необходимо, как и в водопроводных станциях, определить диаметр водоводов, число их и очередность их укладки. Это делается путем экономического расчета водоводов. Наименьшая скорость в водоводе не должна быть меньше 0,6 *м/сек* для достижения возможности самоочищения водовода от осадков.

Скоростей больше 1,5 *м/сек* в особенности при длинных водоводах следует избегать, имея в виду вредное влияние на водовод гидравлических ударов.

Выбор диаметра водоводов делается нередко путем экономического сравнения нескольких вариантов водоводов с различными диаметрами.

Укладываемый на каждую очередь водовод должен быть проверен на подачу по нему разных количеств воды согласно графику работы насосов на станции.

Большое количество ступеней производительности насосов на станции с большой разницей производительности между ними — нежелательно.

В часы наибольшего притока несколько насосов должны работать параллельно при наибольшем напоре, определенном потерей напора в водоводе при наибольшем расходе. В часы наименьшего притока, когда в работе может оказаться один малый насос, работающий в тот же водовод, он должен или работать с частично прикрытой задвижкой, или, работая при открытой задвижке, он даст производительность больше нормальной (отчего двигатель его будет перегружен).

Если диаметр водовода определен и вычислена общая потеря напора во всасывающей и нагнетательной трубе

$$H_c = H_{cв} + H_{cн},$$

причем эта потеря определяется для наибольшей подачи воды по водоводу, то полный напор у насосов станции определяется по формуле:

$$H = H + H_c + 0{,}1\,H_c + 0{,}5.$$

Здесь: H — полная геометрическая высота подачи воды; $0{,}1\,H_c$ — потеря на местные сопротивления в трубопроводах; 0,5—потеря напора в водомере.

Если известны производительность и полная высота перекачки, то потребная мощность насосов определяется по формуле (стр. 145) для центробежных насосов и формуле (стр. 143) для поршневых.

Мощность электродвигателя при непосредственном соединении с насосом на одном валу будет та же. Однако при выборе мощности электродвигателя принимают некоторый запас в 15—20% против указанного расчета, т. е. вводят коэфициент запаса, равный 1,15—1,20.

Подведенная к электродвигателям мощность будет больше мощности насоса в $\frac{1}{\eta}$ раз, где η — коэфициент полезного действия электродвигателя. Для электродвигателей трехфазного тока в среднем его можно принять равным 0,9.

Подведенную к электродвигателям мощность необходимо знать для вычисления расхода электроэнергии, например при составлении эксплоатационной сметы. В условии эксплоатации электронасосного агрегата трехфазного тока подведенную к электронасосу мощность можно вычислить по формуле:

$$N = \sqrt{3}\,vi\cos\varphi,$$

где v—линейное напряжение в вольтах; i — сила тока в амперах; $\cos\varphi$ — коэфициент мощности.

4) Общие указания к проектированию и устройству канализационных насосных станций

Все что было сказано об устройстве водопроводных станций (стр. 148) в значительной мере применимо и к канализационным станциям; относительно последних необходимо сделать следующие специальные указания:

а) Размещение насосных агрегатов в станции проектируется однорядное и двухрядное. Первое при небольшом числе насосов предпочтительнее, так как требует меньшего пролета для перекрытий и строения для подъемного крана, если установка последнего необходима. Однако на практике встречается однорядное расположение агрегатов и для значительного числа насосов.

При большом заглублении подводящего коллектора машинное помещение станции выхо-

дит тоже значительно заглубленным, т. е. насосы приходится располагать в шахте. В этом случае применение центробежных насосов с вертикальным валом может дать значительную экономию в строительных расходах и потому может быть рекомендовано.

Иногда центробежные электронасосы с горизонтальным валом располагаются так низко, что сточная вода может поступать к насосам из резервуара самотеком. Это расположение устраняет необходимость создания вакуума во всасывающей трубе, но ремонт насосов и задвижки при них на всасывающей линии становится затруднительным вследствие заливания сточной водой насоса и задвижек.

Ввиду более трудных условий всасывания вследствие возможного газообразования при вакууме во всасывающей трубе рекомендуется для центробежных насосов полную высоту всасывания допускать не более 4,5 *м*.

По той же причине рекомендуется к каждому насосу устраивать отдельную всасывающую линию.

б) На больших канализационных станциях приемные клапаны и сетки на концах всасывающих труб не применяются. Всасывающая труба погружается в резервуар при станции и в приемном конце снабжается некоторым воронкообразным патрубком расширением, которое имеет целью уменьшить потерю напора на сопротивление при входе воды в трубу. Вакуум во всасывающих трубах создается особым вакуум-насосом, устанавливаемым в машинном помещении станции, и высасывающим воздух при помощи особых трубопроводов из всасывающих линий. В целях сокращения площади рекомендуется применять вакуум-насосы ротационного типа.

Применение приемных клапанов и сеток на концах всасывающих труб вызывает быстрое засорение сеток и попадание твердых частиц под приемный клапан, отчего последний не может плотно закрываться, а всасывающая труба при таких условиях не может быть залита.

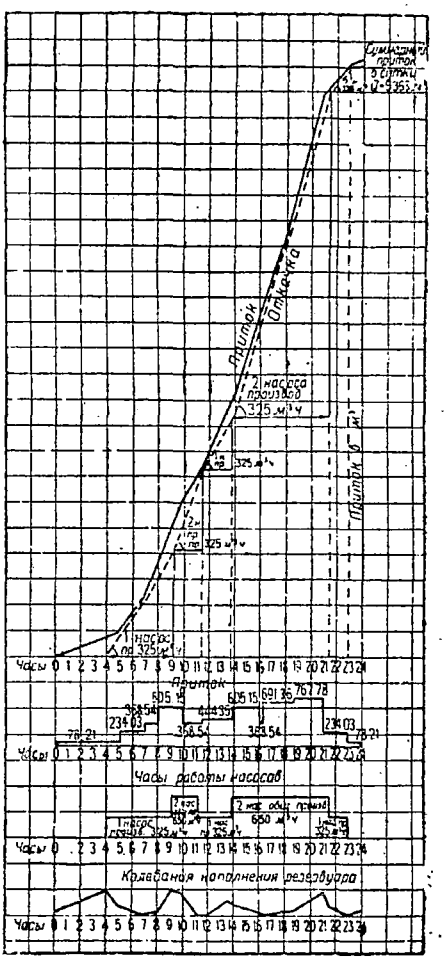
В этом случае приходится прибегать к разборке всасывающей трубы, извлечению сосуна и очистке его.

Это неудобство в канализационных станциях малой и средней производительности устраняется применением особых всасывающих корзинок системы инж. Бромлей, отверстия которых могут открываться и закрываться поворотом особого рычага. При закрытых всасывающих отверстиях корзинок всасывающая труба может быть залита водой, насос может быть пущен в ход, и одновременно отверстия корзинок открываются и начинается всасывание. Корзинка и подвижную наружную часть ее во избежание ржавления лучше делать из бронзы.

в) Приемный резервуар при станции по возможности должен быть снабжен аварийной трубой для выпуска сточной воды из резервуара в какой-либо естественный водоем, в случае переполнения резервуара выше предельной отметки.

г) Если приемный резервуар расположен за одно целое со зданием станции, то он должен быть отделен от машинного помещения глухой стеной без дверных и иных проемов, чтобы изолировать машинное помещение от вредных газов, выделяющихся из резервуара.

д) Помещение насосов должно быть оборудовано достаточно приточно-вытяжной вентиляцией с обменом воздуха не менее трехкратного в час. Если станция имеет отдельный резервуар с расположением в нем помещения для обслуживания решеток и дробилок, то это помещение должно быть снабжено еще более усиленной приточно-вытяжной вентиляцией.



Фиг. 430. График подбора насосов для станции с большим резервуаром.

е) Для учета подаваемой станцией воды необходимо иметь на каждом водоводе по водомеру, лучше всего типа Вентури, наиболее пригодного для загрязненных вод.

Водомеры ставятся или в пределах контура здания станции или в особых камерах, ход в которые лучше сделать из станции.

Водомеры снабжаются обыкновенно автоматическими регулирующими приборами.

ж) Во избежание излишних затрат не рекомендуется широко развивать при станциях подсобные помещения.

Обслуживающий персонал даже значительной станции не является большим: один машинист может ухаживать за двумя агрегатами, требуются кроме того в каждую смену один электромонтер и небольшое число рабочих для ухода за решеткой дробилкой и резервуаром. Необходимыми подсобными помещениями являются:

Клозет на 1 очко, душ-умывальник и гардеробная для специальной одежды;

Ремонтная мастерская с небольшой кладовой при ней запасных частей и ходовых материалов для ремонта и эксплоатации;

Комната для принятия пищи.

Если станция имеет центральное отопление (чаще всего паровое), то в подвальном этаже станции необходимо предусмотреть помещения для котельной и склада топлива.

Лаборатория при станции устраивается лишь тогда, когда насосная станция помещена на территории очистных сооружений и является выгодным объединением служебных помещений на основной и очистной станции вместе.

з) Высота машинного помещения, если насосы не заглублены по отношению к уровню земли и машинное помещение не снабжено подъемным краном, достаточно в 4 *м*. Если насосы заглублены, то ввиду необходимости дать зданию достаточное освещение окнами, расположенными выше поверхности земли, высота машинного помещения может быть увеличена. Если машинное помещение оборудовано подъемным крапом, то его высота определяется габаритом крана и достаточной освещаемостью.

и) Полы и стены машинного помещения, заглубленного в земле против отметок поверхности земли, должны быть рассчитаны на давление земли и грунтовой воды, если она имеется. При постройке станции должны быть приняты меры против инфильтрации грунтовой воды в помещение станции.

Полы машинного помещения рекомендуется покрывать метлахскими плитками по бетонной подготовке.

Ввиду дефицитности железа, цемента и плиток в настоящее время перекрытия помещения и машинного зала станции делаются деревянными.

к) Подъемные краны для удобства ремонта и надежности эксплоатации рекомендуется устанавливать на тех станциях, на которых вес отдельных частей агрегатов превышает $^1/_2$ *т*.

л) Расстояние между фундаментами высоковольтных агрегатов принимается в 1,5 *м*, низковольтных 1.2 *м*.

5) Показатели по канализационным насосным станциям

а) Размеры здания

Площадь пола на 1 *л. с.*

$F_{нр}$ от 0,30 до 2,53 $м^2$, в среднем (по 26 станциям) 0,88 $м^2$.

$F_{нр}$ от 0,40 до 3,75, в среднем 1,29 $м^2$,

где $F'_{нр}$ — площадь пола производственных помещений, а $F_{нр}$ — общая площадь пола.

С увеличением мощности показатель снижается. Так, для станции 1.500 *л. с.*

$F'_{нр} = 0{,}30$ $м^2$ и $F_{нр} = 0{,}41$ $м^2$.

б) Стоимость

Стоимость на 1 *л. с.*

$Э_{min} = 275$ руб.

$Э_{max} = 1395$ „

$Э_{ср}$ — 650 „

IV. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Инж. *Л. Г. ДЕМИДОВ*

I. Предварительная обработка хозяйственно-фекальных сточных вод

Целью очистки сточных вод является возможное использование содержащихся в них веществ (орошение, добывание газа и пр.) и подготовка их к спуску в водоем. Спуск неочищенных городских сточных вод в водоем может принести большой вред в санитарном и хозяйственном отношении как нижележащим населенным пунктам, так и водоему. В составе неочищенных сточных вод иногда встречаются заразные начала: возбудители брюшного тифа, холеры и других кишечных заболеваний, которые могут вызвать эпидемии среди прибрежного населения. В составе неочищенных городских сточных вод, если к ним присоединяются воды промпредприятий, могут содержаться яды и другие химические примеси, которые опасны как для прибрежного населения, так и для рыбоводства данного водоема.

Требования, предъявляемые к степени очистки спускаемых в водоем сточных вод, зависят от характера загрязнения сточных вод, местных условий и условий самого водоема. Чем меньше водоем и чем больше количество и концентрация подлежащих к спуску в него сточных вод, тем более высокие требования предъявляются к степени их очистки.

Современные сооружения для очистки городских сточных вод имеют следующие четыре фазы их обработки:

1. Удаление из воды с помощью решеток, сит и песколовок крупных примесей к ней.

2. Выделение взвешенных и частично коллоидальных веществ с помощью отстойников.

3. Окисление растворенных и нерастворенных органических веществ с помощью сооружения для биологической обработки сточной жидкости.

4. Дезинфекция или обеззараживание сточных вод.

Обработка и обезвреживание выделенных тем или иным способом осадков являются специальной и довольно сложной задачей.

В зависимости от местных условий и санитарных требований к степени очистки сточных вод может быть применена или только одна фаза очистки, или первая и вторая, или все три фазы. Дезинфекция сточных вод, обработанных на искусственных очистных сооружениях, должна быть предусмотрена при любой из перечисленных фаз.

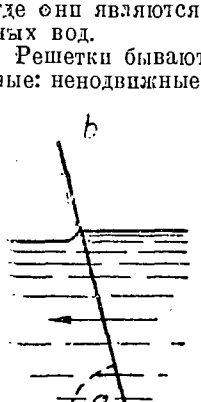
Первые две фазы являются предварительной обработкой сточных вод. Правильное проектирование, устройство и эксплоатация сооружений, устанавливаемых для этой цели, в весьма значительной степени сокращает необходимые объемы столь сложных и дорогих сооружений, как сооружения для биологической очистки сточных вод, и улучшает их эксплоатацию.

Сооружениями для предварительной обработки сточных вод удаляется около 35% органической части загрязнений, содержащихся в сточных водах.

I) Решетки и сита

Решетки имеют назначение задерживать крупные примеси, находящиеся в сточной жидкости. Чаще всего решетки ставятся в резервуарах насосных станций, для того чтобы обезопасить работу насосов от засорения и поломок, и в начале очистных сооружений, где они являются первой фазой очистки сточных вод.

Решетки бывают подвижные и неподвижные: неподвижные решетки (фиг. 431) делаются из полосового или пруткового железа. Размер прозоров решетки устанавливается в зависимости от ее назначения. Обычно они делаются, от 15 до 40 *мм*. Очистка неподвижных решеток производится ручным способом, а при больших установках — механическими граблями. При устройстве неподвижной решетки в каналах, где она устанавливается, предусматриваются пазы для постановки запасной на случай необходимости ремонта действующей решетки. Наклонять решетки в направлении течения воды рекомендуется под углом 30—45° к вертикали. Ширина камеры для решетки обычно делается в 1½—2 раза больше ширины приточного канала.



Фиг. 431. Неподвижная решетка.

Величина подпора, который создается перед решеткой, определяется по формуле [1]:

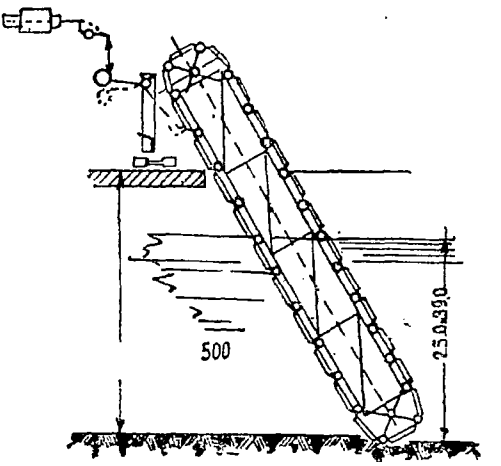
$$h = \alpha \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g}$$

где α — коэфициент скорости = 0,7

v_1 — скорость притекающей воды к решетке

v_2 — скорость протекающей воды через решетку.

Подвижные решетки (фиг. 432) имеются разных систем (вращающиеся барабаны, бес-



Фиг. 432. Подвижная решетка.

конечная лента). Выловленные частицы сгребаются на транспортер и затем отвозятся к месту их обезвреживания.

Для улавливания более мелких примесей из сточной жидкости употребляются сита (фиг. 433). Под ситами подразумеваются приборы, которые имеют две системы параллельных стержней, или продырявленные металлические листы. Отверстия сит имеют размеры от 1,5 до 15 *мм*. Сита задерживают не только крупные части, главным образом неорганические, но, соответственно отверстиям, то или иное количество более мелких частиц, преимущественно органических. Поэтому, при известных местных условиях, когда достаточно только механической очистки сточных вод, сита могут заменить собой отстойники.

Во избежание создания подпора воды перед дисковым ситом поперечное сечение канала делается равным рабочей площади сита. Если:

$\frac{1}{n}$ — отношение площади всех отверстий сита к площади сита,

r — радиус сита,

t — глубина протока

и если примем, что в работе находится $^2/_3$ нижней части сита, то условие равенства будет следующее:

$$\frac{3\pi r^2}{3 \cdot 2n} = \frac{\pi r t}{2},$$

[1] В практике рекомендуется вводить дополнительный коэфициент — 1,5—2,0, учитывающий засоренность решетки.

откуда $r = \frac{3nt}{2}$.

Скорость вращения сит Риппа берется 0,2—0,3 *м/сек*. Прежде чем поступить на сита, сточная вода должна пройти грубую решетку и песколовку. Удаление задержанных веществ с конической и плоской частей сита лотка производится щетками, которые сбрасывают их в особое углубление, откуда уже тем или иным способом передаются на транспортерную ленту.

Решетки задерживают до 10% всех не растворимых примесей, мелкие сита — до 40%.

где Q — расчетный расход в *м/сек*,

ω — поперечное рабочее сечение песколовки,

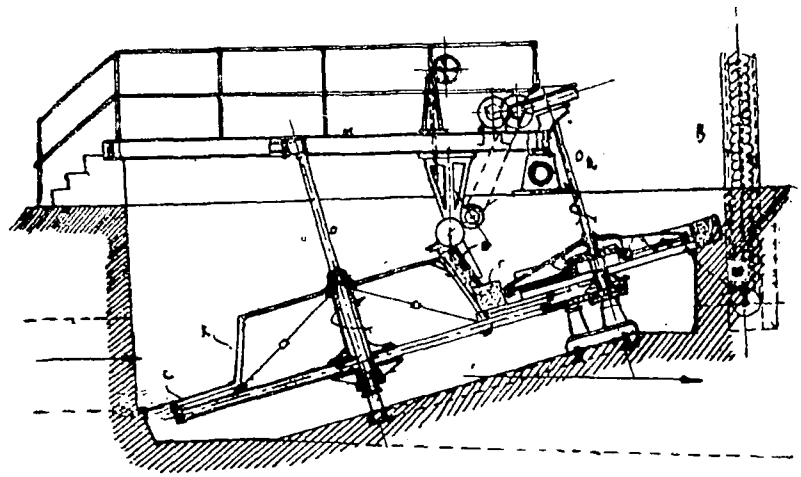
v — расчетная скорость в песколовке,

l — длина пути воды в песколовке,

t — время пребывания воды в песколовке.

Песок из песколовки удаляется или вручную (что недопустимо с санитарной точки зрения) или (в больших установках) механически с помощью норий или подвижных храпунов.

В последнее время в нашей практике проектирования принимается немецкий тип песколовки, состоящей из трех отделений, из которых одно рабочее, одно чистится и одно запасное (фиг. 434). Этот тип песколовки удобен тем, что вода из нее по дренажу может быть спущена, удаление песка производится насухо. Оригинальный тип песколовки построен в Туле, где песок выжимается под давлением вышележащего столба воды непосредственно в тачку (фиг. 435).



Фиг. 433. Сито Риппа.

Подвижные решетки и сита требуют двигателя мощностью:

барабанное сито — 1,5 *л. с.*

сито Риппа в Дрездене — 2 *л. с.*

Гамбургские решетки — 2,5 *л. с.* и для очистителей 2,5 *л. с.*

Харьковские цепные решетки — 3,4 *л. с.*

2) Песколовки

Песколовки имеют назначением выделить из сточных вод тяжелые, чаще всего минеральные, части (главным образом песок), которые бесполезно могут загромождать отстойники и затруднять извлечение ила. Они устанавливаются непосредственно после грубых решеток. Песколовки рассчитываются на время пребывания в них сточной воды от 0,5 до 2 мин. Практика проектирования последнего времени показала, что обычно время берется 0,5 мин. Максимальная скорость протока, при которой будет происходить осаждение песка, принимается $v = 0{,}30$ *м/сек* и минимальная допускаемая скорость, ниже которой песколовка начнет работать как отстойник, т. е. осаждать органические взвешенные вещества (что нежелательно), принимается $v_{min} = 0{,}15$ *м/сек*.

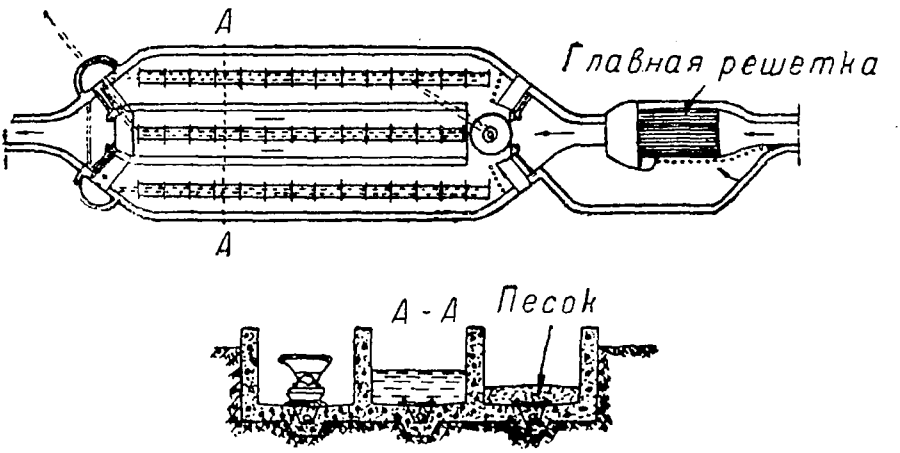
Расчетные формулы для песколовки:

$$Q = \omega \cdot v \text{ и } l = v \cdot t$$

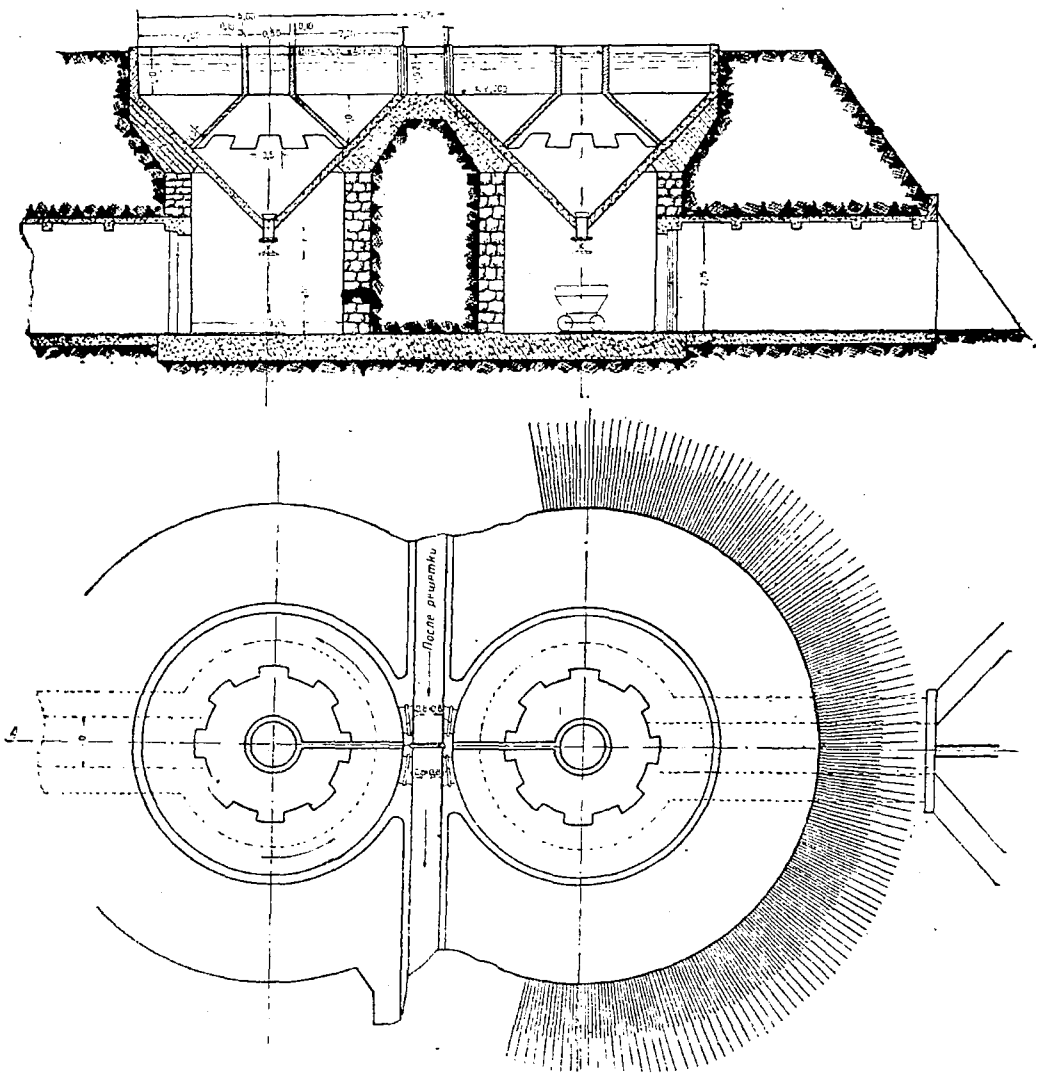
Осадки из песколовки содержат 35—60% воды. Минеральных веществ содержится 90—100%, поэтому к загниванию они не способны. Средняя норма осадков в песколовке в сутки принимается 10 — 20 *л* на 1000 чел. После подсушки осадки из песколовки могут быть употреблены для подсыпки неровностей на территории очистной станции.

3) Жироловки

Наличие в сточных водах жиров затрудняет эксплоатацию как сети, так и очистных сооружений. Для задержания жиров сконструирован ряд аппаратов, которые разделяются на аппараты, устанавливаемые при выпуске сточных вод в городскую сеть, например из больших кухонь и т. п. и на аппараты, устанавливаемые на городских очистных сооружениях. К первому типу относятся аппараты Гейгера.

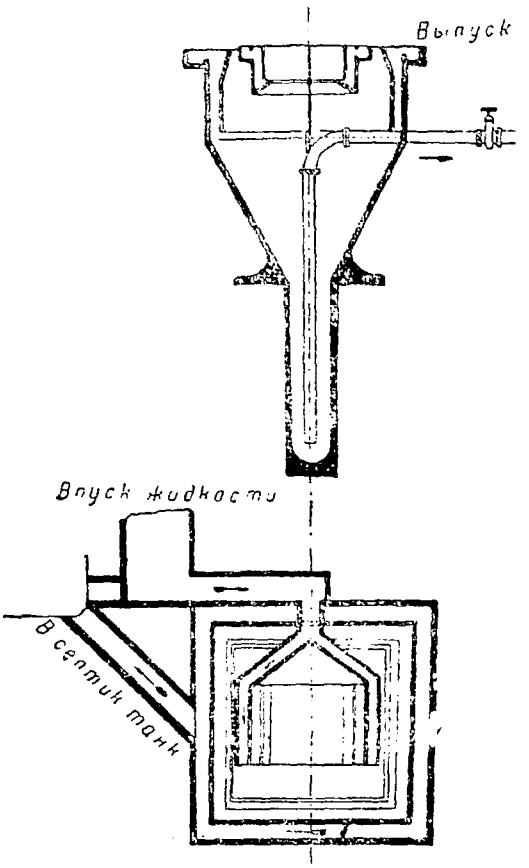


Фиг. 434. Трехкамерная песколовка.



Фиг. 435. Песколовка с выпуском песка в вагонетки.

Ко второму типу относится жироловка Кремера (фиг. 436), которая несколько видоизмененной применяется как самостоятельный метод предварительной обработки сточных вод. Весьма полезно устанавливать жироловки перед напуском сточных вод на поля орошения, где заволакивание поверхностных слоев почвы жиром может повести к полному прекращению почвенной фильтрации.



Фиг. 436. Отстойник Кремера.

В автогаражах, масляных складах, мастерских химической чистки, где возможен вынос бензина вместе с водой, что является иногда причиной взрывов в канализационных трубах, устанавливаются небольшие отстойники для выделения бензина (фиг. 437) или особые бензиноотделители. Одной из систем бензиноотделителей является сепаратор Тек и Бел.

Автором сконструирована нефтеловушка для улавливания нефти из канализации нефтеперегонных заводов, паровозных депо и т. п.

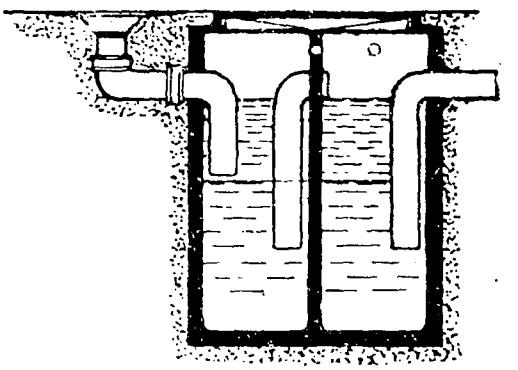
4) Отстойники

Назначение отстойников — выделять из сточной воды взвешенные вещества. По движению в них воды отстойники разделяются на горизонтальные и вертикальные. По характеру работы отстойники разделяются на контактные, когда сточная вода в них напускается и отстаивается в покое, и на проточные. Контактные отстойники применяются чаще всего для обработки мыльных вод.

В движущейся сточной воде взвешенные частицы находятся под действием двух сил: силы тяжести и силы влечения. Для осаждения возможно большего количества взвешенных веществ необходимо, чтобы действие силы тяжести преобладало. Чем мельче и легче частицы, тем меньше должна быть скорость движения воды. Из закона непрерывности струи

$$Q=\omega\cdot v$$

следует, что уменьшение скорости возможно достичь путем увеличения площади живого сечения.



Фиг. 437. Бензиноловитель.

Линейная скорость протока воды в горизонтальных отстойниках принимается обычно 2—4 *мм/сек* (по Фуллеру 4,25 — 12,5 *мм/сек*). Имгоф рекомендует 2,5 — 5,0 *мм/сек*.

Горизонтальные отстойники. Элементарный расчет горизонтального отстойника производится по формуле:

$$Q=\omega\cdot v=b\cdot h\cdot v$$
$$L=v\cdot t$$

где Q — расчетный расход в секунду,
v — „ скорость „
b — ширина отстойника,
h — глубина „
t — время отстаивания,
L — длина отстойника.

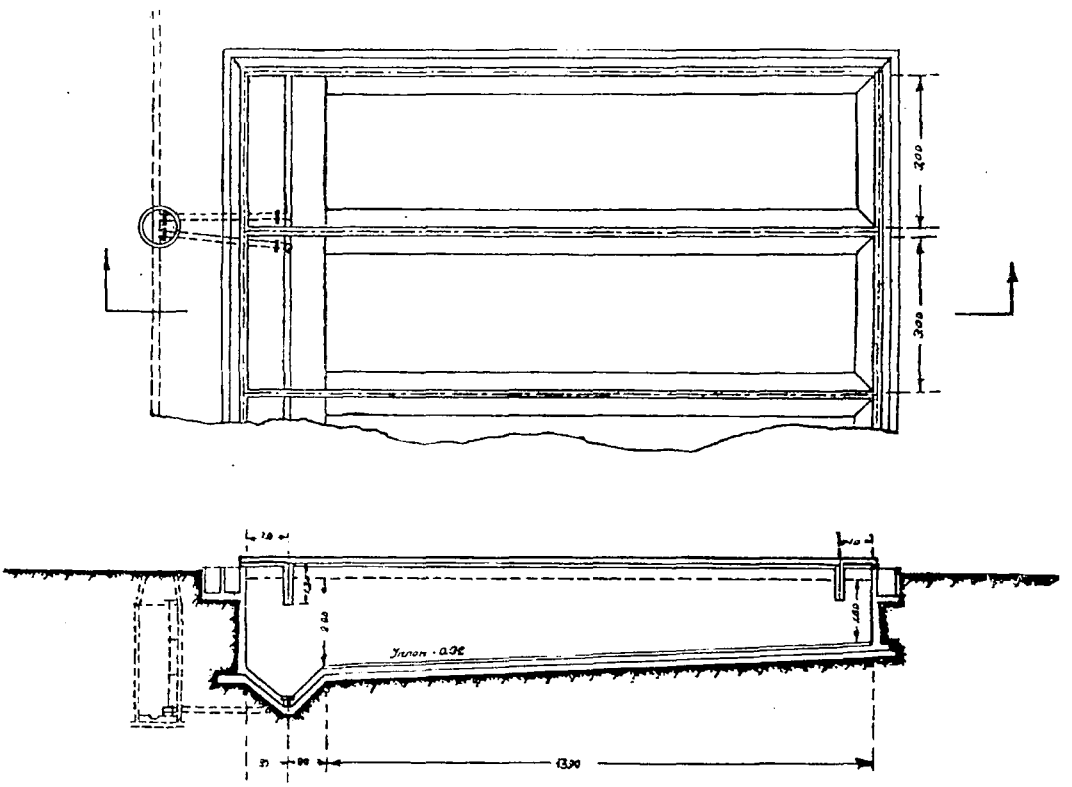
При определении размеров грязевой воронки считают, что период между двумя чистками равен 3—5 дням, но не более, так как осадок может начать гнить.

Отстойникам придают в плане вытянутую, прямоугольную форму (фиг. 438). Глубина принимается 0,5 — 2 *м*. Дно отстойника делается с обратным движению воды уклоном не менее 0, 02. В начальной части отстойника устанавливается грязеловка (приямок). У входа и выхода воды помещаются поперечные доски (плавающие доски), погруженные в воду на 0,2—0,5 *м* для задерживания всплывших веществ и для направления струй воды. Осадки из грязеловки выжимаются по трубе под давлением вышележащего столба

воды. Материалами для устройства отстойников могут служить кирпич, бут, бетон и железобетон.

Горизонтальные отстойники задерживают 70—90% нерастворимых примесей.

жения воды принимается от 0,5 до 1,2 *мм*. Большую скорость, чем 1,2 *мм*, принимать не следует во избежание выноса осадка из отстойника. Рабочая глубина вертикального отстойника принимается 4—5 *м*.

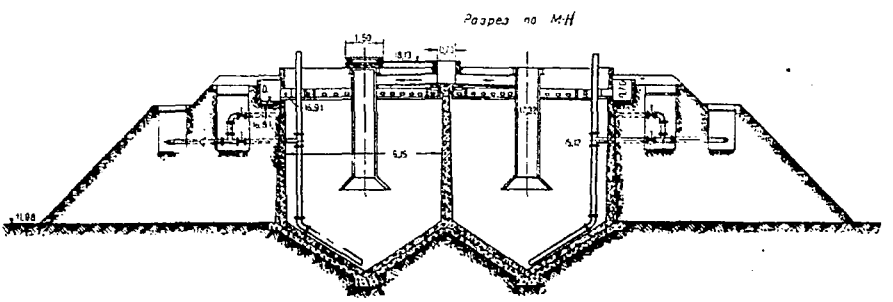


Фиг. 438. Горизонтальный отстойник.

Вертикальные отстойники. Разница в действии вертикальных и горизонтальных отстойников заключается в т. м, что в первых сточная вода движется в вертикальном направлении снизу вверх, т. е. в направлении,

Элементарный расчет вертикального отстойника производится по тем же формулам, что и горизонтального отстойника.

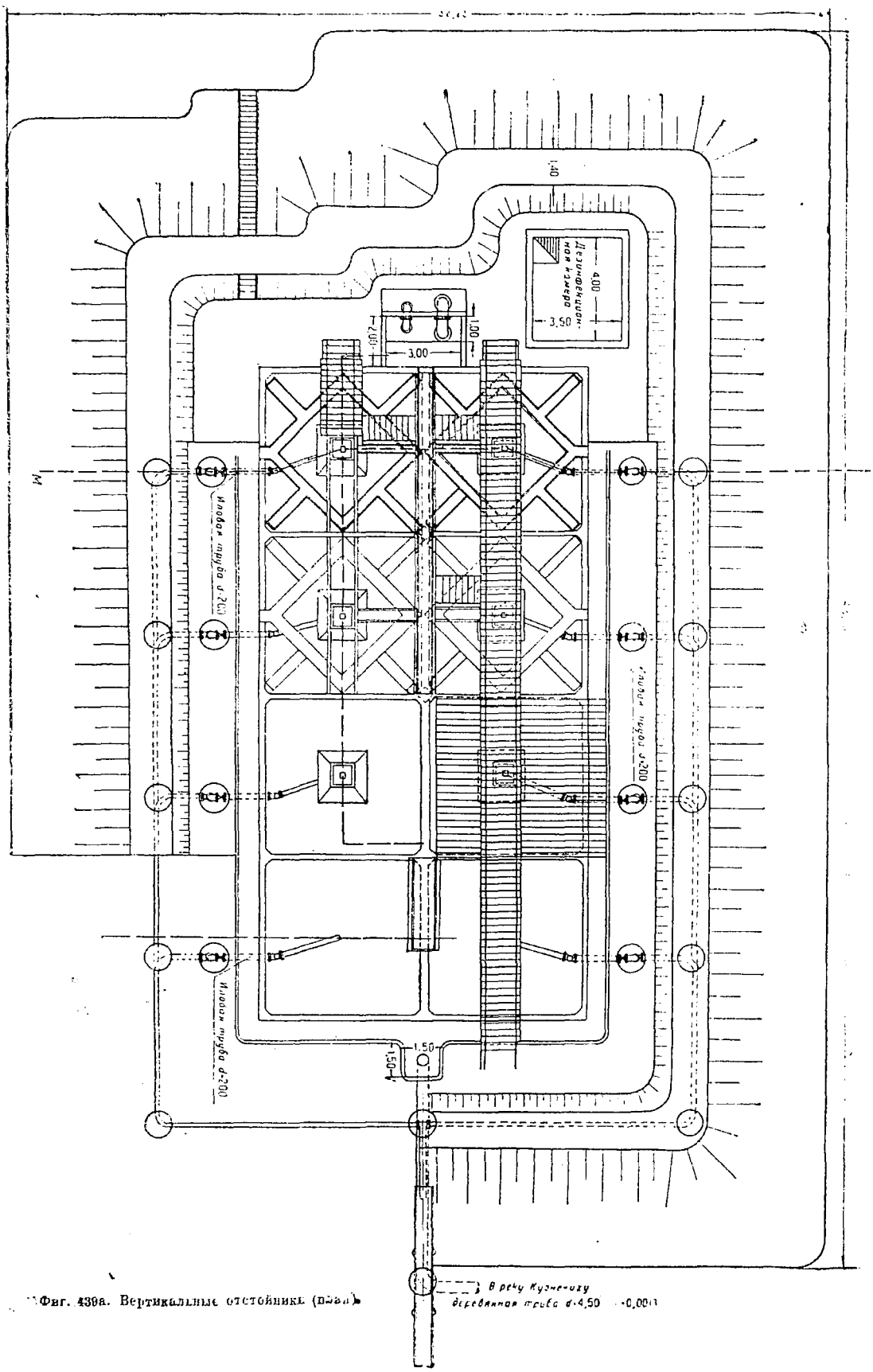
При решении вопроса о выборе отстойников необходимо считаться с местными усло-



Фиг. 439. Вертикальный отстойник (разрез).

обратном направлению силы тяжести. Сточная вода подводится к центральной опускной трубе и через нее снизу поступает в отстойник (фиг. 439). Вертикальная скорость движения

виями. Если грунтовые воды залегают близко к поверхности, то детевле построить горизонтальные отстойники. Эффект осветления сточных вод в вертикальных отстойниках



Фиг. 439а. Вертикальные отстойники (план).

получается выше, чем в горизонтальных, и достигает 75—95%. Скорость поступления воды в вертикальную опускную трубу по опытам Н. Н. Панова не должна превышать 100 *м/час* во избежание взмучивания выпавших на дно осадков.

Для лучшего распределения сточной воды по всему сечению при выходе воды из вертикальной трубы поставлен отражатель. Вертикальная труба делается телескопической, что позволяет регулировать ее высоту.

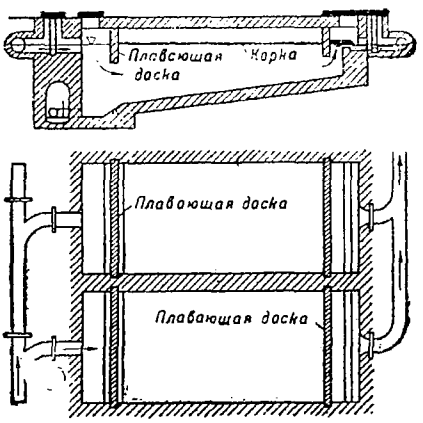
Осадки могут быть удалены из отстойника под напором по чугунной трубе.

Вертикальные отстойники могут выполняться из кирпича, бетона, железобетона и дерева (временные). По форме в плане они могут быть квадратные, круглые и многогранные.

5) Септики

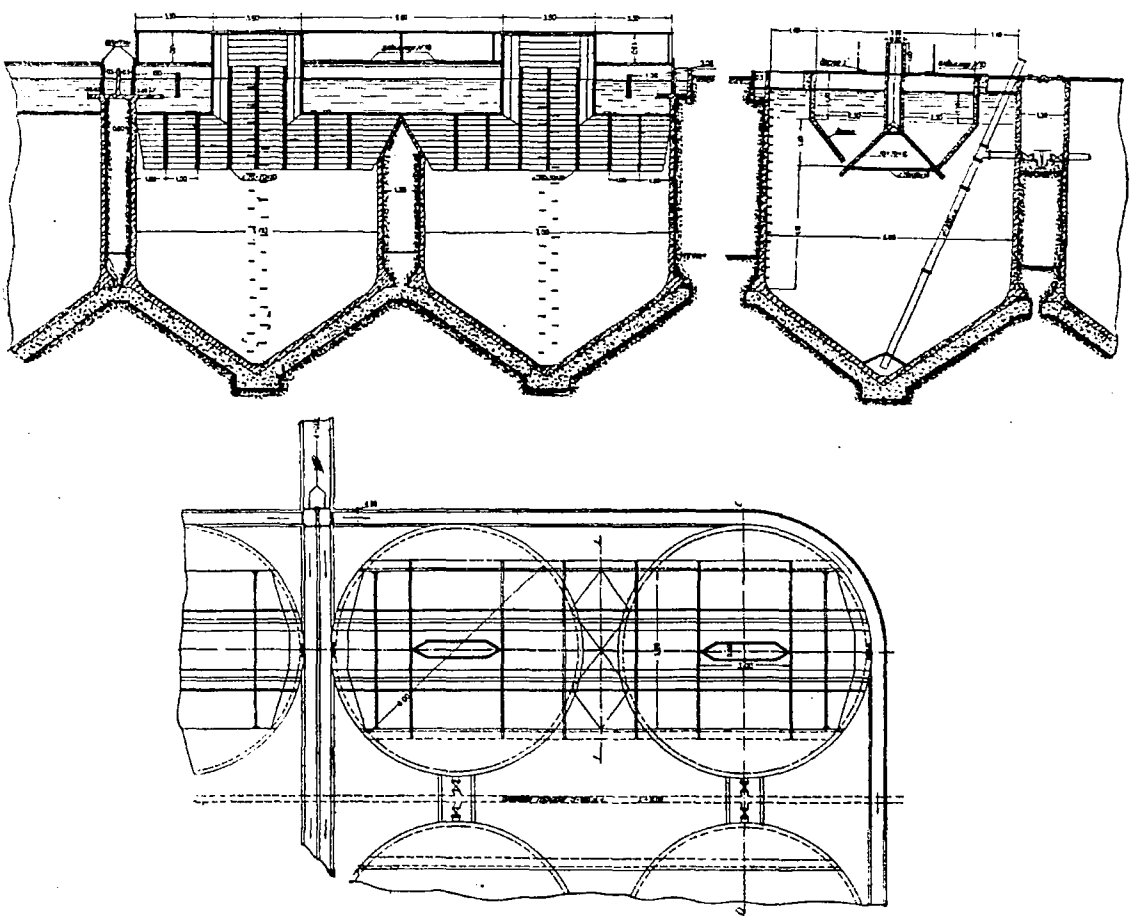
Септики (фиг. 440) представляют собой горизонтальные отстойники, в которых выделившийся осадок скапливается на дне, где вследствие долгого пребывания перегнивает и разлагается. Процессы разложения происходят благодаря деятельности анаэробных бактерий.

В септике достигается уменьшение объема осадков вследствие распада и уплотнения до 50%. Процессы распада органических веществ в септиках зависят от температуры. Зимой эти процессы идут менее интенсивно,

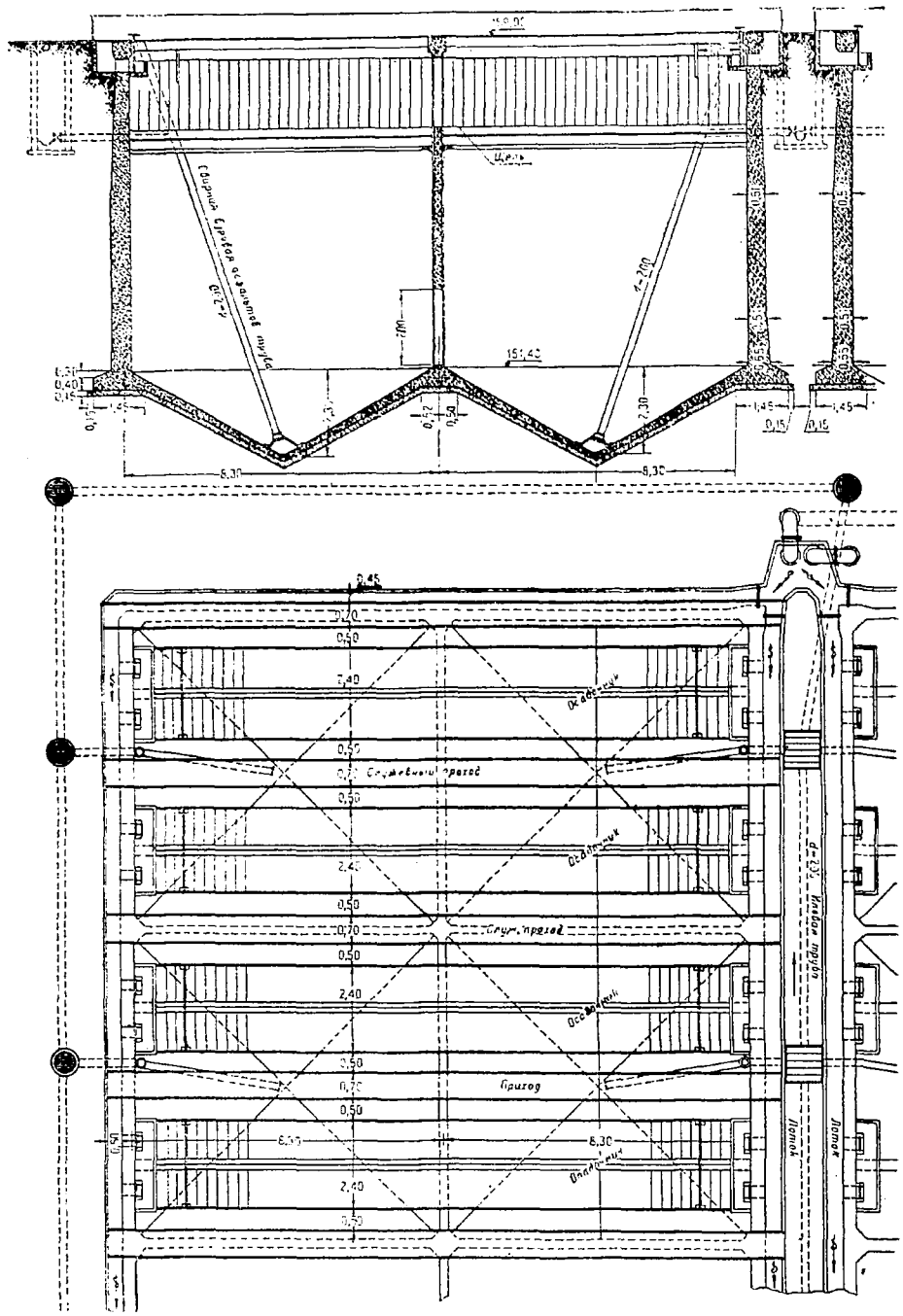


Фиг. 440. Септик.

чем летом. Влажность осадка 85—88%. Появляющийся при растворении ила газ, поднимаясь в верхнюю часть септика, увлекает с собой наверх уже осевшие частицы, которые образуют слой плавающей корки. Тол-



Фиг. 441. Эмшерские колодцы круглые.



Фиг. 442. Эмшерские колодцы прямоугольные.

щина корки зависит от состава сточных вод и от времени хранения осалка в загнивателе и колеблется от 0,25 до 0,50 *м*. Выгнившую корку необходимо удалять, иначе слой ее увеличивается и может закрыть отверстия входной и выходной труб. Для удержания корки при входе и выходе в септик ставятся погруженные частично в воду поперечные доски.

Опытами проф. Дунбара и московскими установлено, что свежие, незагнившие сточные воды очищаются на биологических установках лучше, чем прошедшие через септики.

Расчет септиков производится по тем же формулам, как и отстойников:

$$Q=\omega\cdot v;\ L=v\cdot t;\ \text{и}\ \omega=bh.$$

Время t отстаивания берется 8—24 часа; скорость v берется от 0,25 до 1 *мм/сек*; площадь сечения ω берется для расчета свободная от корки, толщина которой 0,25—0,5 *м*;

величина h_1 (рабочая) берется от 1 до 2 *м*; величина же h_2 — толщина, необходимая для скапливания осадков, зависит от выпадающего количества их в сутки и от времени между чистками, которое обычно принимается 3—6 мес.

Строительный материал для устройства септиков применим тот же, что и для отстойников. Среднее количество задерживаемых взвешенных веществ в загнивателях исчисляется в 70%.

6) Эмшерские колодцы и колодцы Омса

Эмшерские колодцы (фиг. 441 и 442) были предложены Imhoff'ом. За последнее время они нашли в практике предварительной обработки сточных вод большое применение за границей и у нас. Колодец состоит из двух частей — верхней, осадочной, где происходит отстаивание сточных вод, и нижней, септической, где происходит уплотнение и распад осадков. Сточные воды протекают по осадочным желобам, где оседают взвешенные частицы, которые через щели проваливаются в септическую часть. Эффект осаждения взвешенных веществ в осадочниках эмшера достигает 75%. Время пребывания сточных вод в осадочной части принимается от 1 до 2 час. Глубину осадочника обычно принимают до 2,5 *м*. С. Н. Строганов рекомендует рассчитывать осадочную часть эмшерских колодцев, принимая 1 $м^2$ поверхности желобов эмшера на 1 $м^3/час$ поступающих сточных вод. При входе и выходе сточной воды в осадочной части эмшера ставятся на ребро плавающие доски для задерживания всплывающих веществ.

Септическая часть — нижняя (загниватель) эмшера представляет собой глубокую, непроточную камеру, где осадки скапливаются и перегнивают без доступа воздуха в течение 3—4 месяцев.

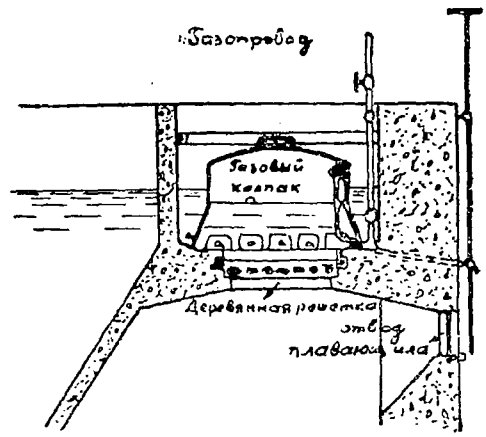
В результате процессов брожения в эмшере получается от 6 до 16 *л* газа на человека в сутки, который имеет теплотворную способность до 7000 *кал*. Для улавливания газа на эмшерах ставятся особые газоуловители (фиг. 443).

Выносимые с газами взвешенные частицы образуют на поверхности эмшера корку. Для того чтобы этой корки не было Imhoff рекомендует не оставлять ее в соприкасании с воздухом и держать под водой с помощью потопленной деревянной решетки.

Перегнивший ил из загнивателя выжимается по трубе d=200 *мм* под напором 1,5—1,2 *м* столба жидкости. По конструкции эмшеры устраиваются парные, круглые и прямоугольные. Для того чтобы каждый загниватель парного эмшера был равномерно нагружен илом, необходимо делать попеременный напуск сточных вод. По материалу эмшеры могут быть кирпичные, бетонные, железобетонные и — временные — деревянные. Осадочные желоба делаются деревянные.

Между осадочной частью и поверхностью ила в загнивателе оставляется нейтральный слой 0,5—0,6 *м*. Также оставляется надводный запас 0,3—0,4 *м* на случай образования корки.

Разновидностью эмшеров являются колодцы Oms'a (фиг. 444) и Stiag.



Фиг. 443. Газоуловитель.

7) Отстойники Прюсса

В эмшерском колодце загниватель сильно заглублен в землю. Общая глубина эмшеров достигает 12 *м*, что по местным условиям не всегда приемлемо. Прюссом предложена конструкция отстойника (фиг. 445), в которой это неудобство устранено, так как загниватель зарыт в землю на такую же глубину как и осадочный желоб. Последний устроен по типу эмшера и снабжен щелями, через которые ил проваливается в загниватель. Загниватель отделен от осадочника тонкими стенками, через которые он подогревается теплом сточных вод. Ил выкачивается из загнивателя мамут-насосом. Для улавливания газа наверху поставлены колпаки.

8) Метантэнки

Метантэнк (фиг. 446)—это отдельная камера для гниения ила и получения горючего газа метана, выделяющегося в результате брожения осадка. Как и в загнивателе эмшера, правильная конструкция метантэнка определяется тремя факторами: процессом выгнивания ила; перемешиванием и температурой сбраживания. В целях поддержания в метантэнках необходимой (расчетной) температуры в отдельно стоящих котлах нагревается осветленная сточная вода до + 80° Ц и подается в метантэнк в таком количестве, чтобы получить там температуру сбраживания от + 20 до + 25° Ц.

Для поддержания температуры + 20° Ц, по данным С. Н. Строганова, требуется дать на 90 $м^3$ полезного объема метантэнка летом 1 $м^3$ горячей воды (+ 67° Ц), зимой — 1,45 — 1,75 $м^3$ или для лета 1, % и зимы 1,6 — 1,9% по отношению к объему сооружения.

Изменяя условия эксплоатации, можно в широких пределах использовать кубатуру метантэнка.

Экономический предел нагрузки 3 — 5% (95% воды) на объем метантэнка, при которой

хорошо совмещаются показатели по газу и по распаду осадка.

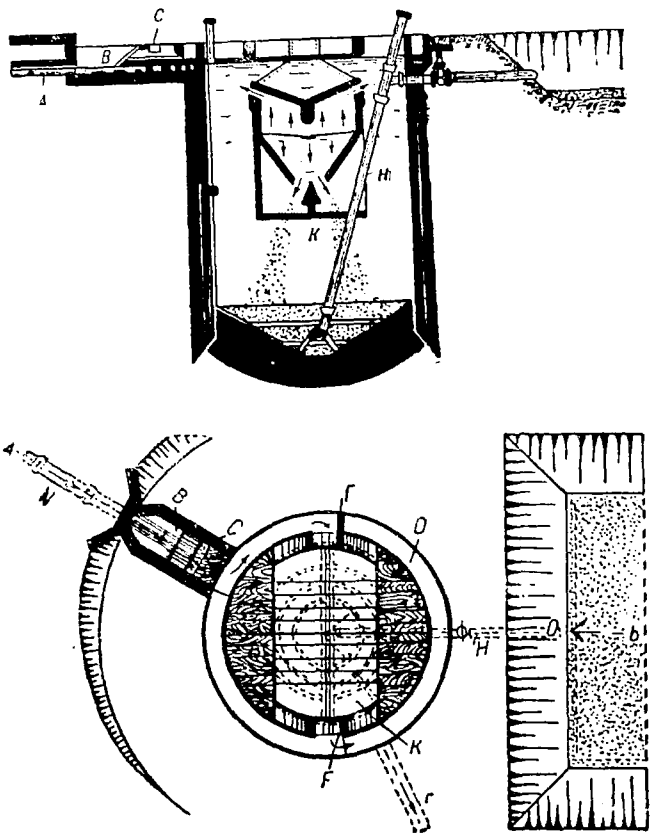
9) Обработка осадка

Полученный из от тойников, эмшеров, метантэнков и др. осадок должен быть подвергнут дальнейшей обработке, обезвреживанию и утилизации.

где W_1 — начальный объем ила, а p_1 — его влажность,

W_2 — конечный объем ила, а p_2 — его влажность.

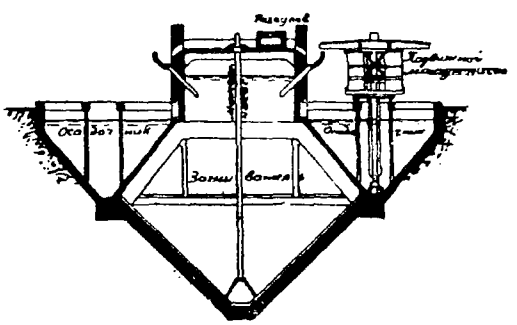
Обработка осадка производится в современных очистных установках, преимущественно



Фиг. 444. Колодец *OMS*.

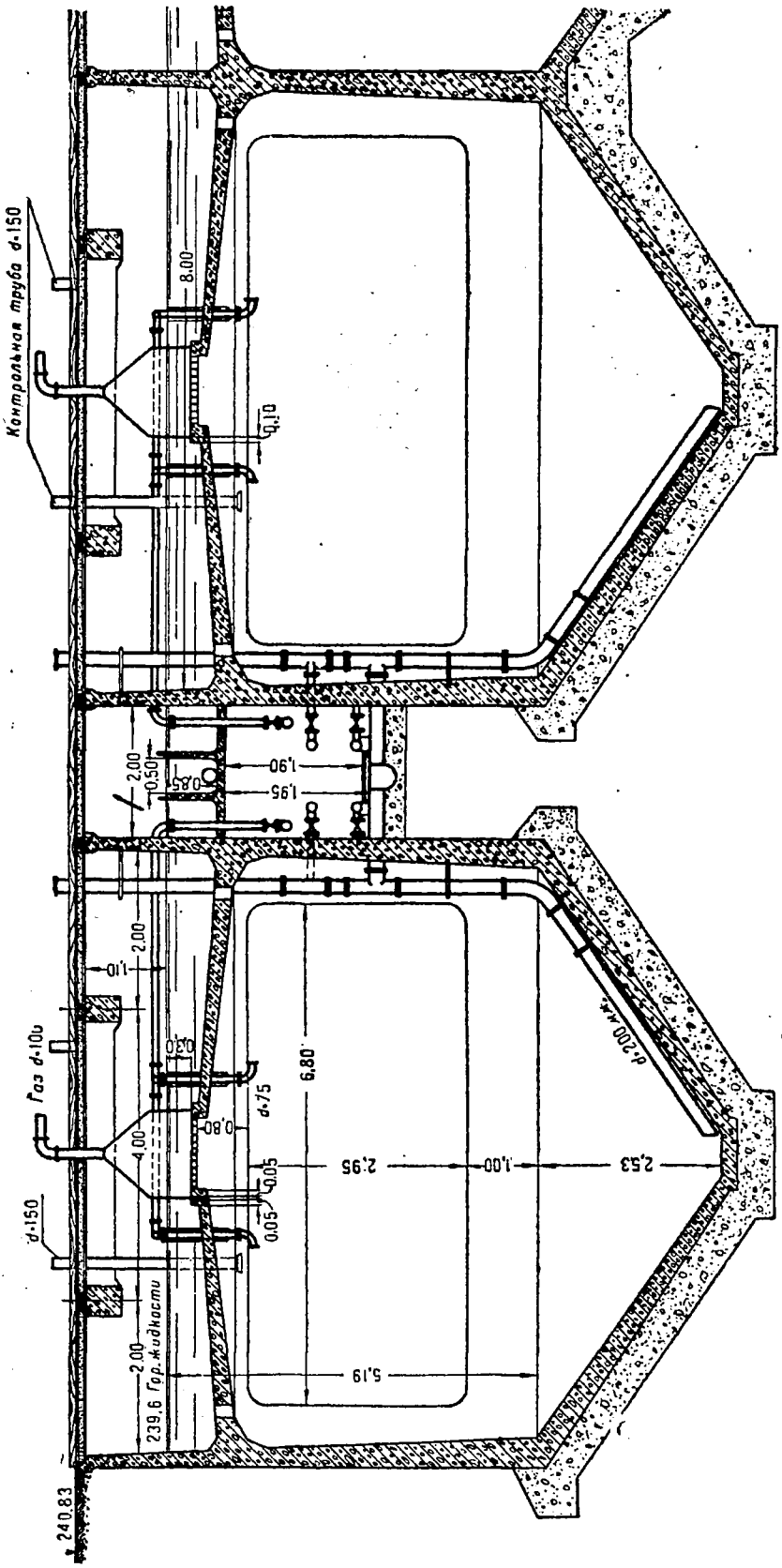
Выходящий из отстойников и эмшеров ил при обезвоживании уменьшается в объеме по следующей зависимости:

$$W_2 = \frac{W_1(100-p_1)}{100-p_2},$$

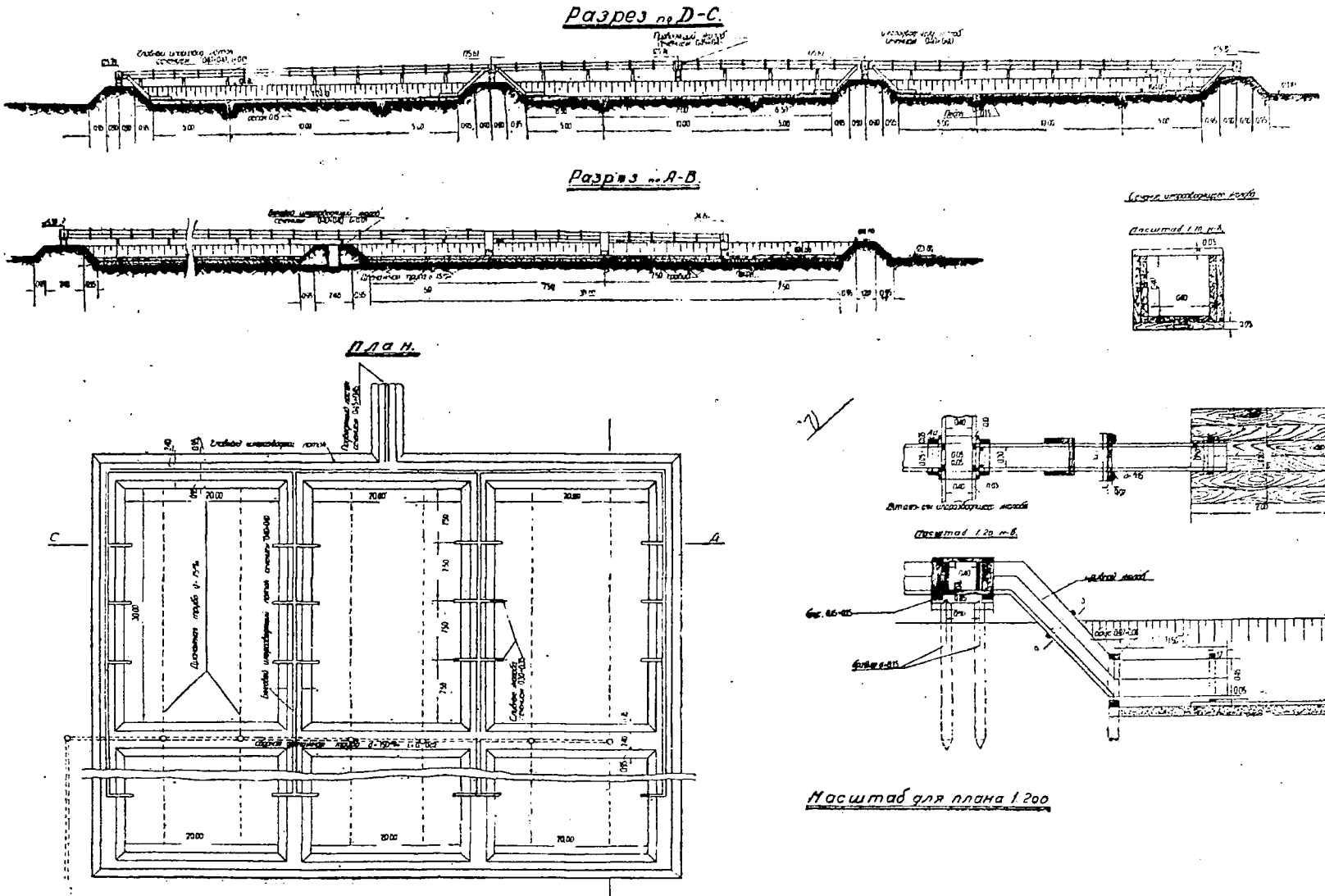


Фиг. 445. Отстойник Прюсса

на иловых площадках (фиг. 447). Площадки устраиваются или на естественном грунте или на искусственном основании. В последнем случае фильтрующий слой состоит из гравия, щебня или другого крупнопористого материала — высота слоя 0,4 *м* и песка — высота слоя 0,3 *м*. На площадках устраивается дренаж из 75-*мм* труб на расстоянии не более 10 *м*. Площадки устраиваются ячейками (картами) 10×15, 20×40 *м* и других размеров. Ил напускается единовременным слоем 0,30 *м* и сушится в зависимости, от погоды, $1\frac{1}{2}$—2 недели до влажности ~80%, после чего идет на удобрение огородов и полей и, в худшем случае, засыпку неровных мест или брикетируется для топлива. Уклон желобов для разводки ила достаточен $i = 0{,}01$. Ж лоба делаются из досок. Слой годовой нагрузки ила на площадки допускается после отстойников (не перегнивший) ~1 *м*, а после эмшера и метантэнка ~2 *м*. В зависимости от



Фиг. 446. Метантэнк.



Фиг. 447. Пловые площадки.

климатических условий, он может колебаться в большую или меньшую сторону. Ил из отстойников зловонен, перегнивший же в аммерах и метантэнках такого запаха не имеет и скорее отдает воду.

2. Дезинфекция сточных вод

Если сточная вода содержит заразные (патогенные) бактерии (брюшной тиф, дезинтерия и др.), то ни один из способов биологической очистки сточных вод (кроме нормально эксплоатируемых полей орошения и полей фильтрации) не гарантирует полное уничтожение этих заразных бактерий. Дезинфекция сточных вод, прошедших ту или иную стадию очистки, производится по требованию санпадзора в тех случаях когда начинаются эпидемические заболевания вследствие попадания в питьевую воду сточной жидкости.

Дезинфекция сточных вод в настоящее время производится двумя способами: хлорной известью или жидким хлором. В обоих случаях сооружения для дезинфекции сточных вод состоят из: помещения для приготовления реагента (раствора хлорной извести или хлора), лотка смесителя и контактного бассейна.

При дезинфекции хлорной известью в деревянных бочках приготовляют путем растворения и перемешивания ее раствор 5% крепости. Доза извести устанавливается санпадзором, ориентировочно же можно считать 10 *мг* на литр сточных вод, прошедших окислители, и 20 *мг* — только отстойники. В случае применения хлора (что теперь имеет большое распространение) его раствор необходимой крепости приготовляется в особых аппаратах Орштейна, Ремеенцкого и других систем (доза ориентировочно принимается 5 *мг* на литр после окислителей и 10 *мг* после отстаивания). Контактный бассейн рассчитывается в случае хлорной извести на 1—2 часа контакта, а в случае хлора на 0,5—1 час. Дезинфектант действует первые 15 мин., очень быстро уменьшая количество бактерий на 99%, а затем медленее, расходуясь на соединения с органическими веществами. При применении хлорной извести в дезинфекционном бассейне получается относительно большое количество осадков, которые нужно удалять, — это их недостаток. Реагентное хозяйство в этом случае также получается громоздкое по сравнению с хлорной установкой. Поэтому в больших установках теперь употребляется для дезинфекции главным образом хлор.

Проф. *С. Н. СТРОГАНОВ*

3. Естественные и искусственные методы биологической очистки хозяйственно-фекальных сточных вод

Проектирование очистительных сооружений для городских хозяйственно-фекальных сточных вод основано по существу на двух предпосылках: 1) количество и свойство сточной жидкости и 2) условия выпуска сточных или очищенных вод в водоем (реку — море). В зависимости от этих двух условий и целого ряда местных факторов стоит выбор того или иного приема очистки сточных вод, которых касаются 3 — 7 отделы этой главы.

Для хозяйственно-фекальных сточных вод в настоящее время применяются, за редким исключением, так называемые „биологические методы" очистки, основанные на технической использовании естественных, широко в природе распространенных биохимических процессов минерализации органических веществ.

1) Сточная жидкость, ее состав и свойства

Хозяйственно - фекальная сточная жидкость — следствие загрязнения водопроводной воды отбросами бытового пользования и физиологического обмена веществ со стороны населения, обслуживаемого канализацией. Масса загрязнений, приходящаяся на 1 жителя (в сутки) — величина довольно постоянная, но так как расход воды на 1 жителя (в сутки) бывает очень различен (от 50 до 300 *л* на жителя и больше), то концентрация загрязнений в миллиграммах вещества на 1 *л* жидкости очень различна.

Микроорганизмы - минерализаторы очень резко реагируют на концентрацию перерабатываемого ими раствора, а потому понятно, что и в естественной обстановке (река, почва) и в искусственных сооружениях концентрация сточной жидкости имеет решающее значение.

От этих средних значений концентрации могут быть сильные отклонения, как следствие многих местных условий (состав водопроводной воды, различные соотношения между хозяйственными водами и банными, примесь производственных вод). В одном и том же городе отмечаются значительные колебания в составе сточных вод в течение суток (поэтому необходимо все выводы строить на среднесуточной пробе, пропорциональной расходу) и по временам года [1].

Особенно большое значение при выяснении условий спуска в водоем и при расчете очистительных сооружений имеет так называемая био-химическая потребность в O_2. Ею определяется количество O_2, необходимое для полного био-химического окисления органических веществ (коллоидные и растворенные) в сточной жидкости. Мы будем обозначать это определение *БХП*, а его величину в расчетах буквой *D*.

Данные по объему осадка, часто применяемые в расчетах, следует сопровождать отметкой содержания воды в процентах, так как процентом воды определяется объем осадка. Для пересчета объема осадка V_1 с влажностью p_1 на объем V_2 при влажности p_2 пользуются формулой

$$V = \frac{V_1\,(100-p_1)}{100-p_2}.$$

[1] Для расчета очистительных сооружений имеет поэтому значение не только коэфициент неравномерности притока по количеству воды, но и по массе загрязнения.

Таблица 152

Химический состав хозяйственно-фекальных сточных вод

На 1 жит. в сутки в граммах	Расход воды на 1 жителя	Концентрация в *мг/л*				
		50 *л*	85 *л*	100 *л*	150 *л*	200 *л*
		Миллиграммы на литр				
35 — 50	Взвеш. вещ. при (105°)	1000	590	500	333	250
6,5 — 7,5	Азот аммонийный (N)	150	88	75	50	37
7,5 — 8,5	Азот общий (N)	170	100	85	57	42
8,5 — 9,0	Хлориды (Cl) (пищев. паек)	180	106	90	60	45
1,5 — 1,8	Фосфаты (P_2O_5)	36	21	18	12	9
5,0 — 7,0	Окисляемость (O) (Кубель)	140	82	70	46	35
30,0[1] — 50,0[1]	Био-хим. потреб. в кислороде	1000	590	500	333	250
1,4 — 1,9 *л*	Осадок по объему (97,5% воды, 2 часа отстанивания)	2,8%	1,6%	1,4%	0,9%	0,7%

Так если имеем при 97,5% воды . . . . . 100 *м*³ осадка,
то „ „ „ 95,0% „ . . . . . 50 „ „
„ „ „ 90,0% „ . . . . . 25 „ „
„ „ „ 80,0% „ . . . . . 12,5 „ „

Таким образом потеря воды (вследствие выжимания, фильтрации, испарения) приводит к уплотнению осадка. Другими словами, объем осадка обратно пропорционален количеству сухого вещества.

Из других элементов анализа большое значение имеет азот в хозяйственно-фекальной жидкости, главным образом физиологического происхождения — из азота мочевины. При поступлении в канализацию мочевина быстро (2—3 часа) разлагается переходя в углекислый аммоний. Это соединение в процессе нитрификации дает начало азотнокислым и азотистокислым солям (нитратам и нитритам), которые в значительной мере обусловливают „незагниваемость" или „стойкость" очищенной жидкости.

Реакция хозяйственно-фекальной жидкости обычно нейтральная или слабо щелочная (pH от 7 до 8).

По физико-химической природе, загрязнения сточной жидкости в процентах к общему весу загрязнений в 1 *л* расчленяются так:

		В % к общему весу загрязнений	В % к весу Органич. части
Вещества осаждающиеся	Минер.	5	—
	Органич.	15	25
„ суспендированные . .	Минер.	5	—
	Органич.	15	25
„ коллоидные	Минер.	2	—
	Органич.	8	15
„ растворимые	Минер.	30	—
	Органич.	20	35
Всего . . .		100%	100%

Органическая часть загрязнений сточной жидкости удаляется:

а) путем отстанивания: 25% осал.+10% суспензий, всего 35%
б) „ адсорбции или коагуляции 15% суспензий+15% коллоид. „ 30%
остается в растворе 35% раств. орг. вещества „ 35%

[1] Вычисленные отнесено к 20 суткам с америк. константой 0,1.

При оценке степени загрязнения, помощью количества расходуемого кислорода *БХП*, получаем приблизительно равное (по 1/3) распределение загрязненности в этих трех характерных частях сточной жидкости (осадок, коллоиды и раствор).

Количество тяжелого осадка, задерживаемого в песколовках, крупных примесей, отделяемых решетками и ситами, и легких всплывающих предметов сообщается при описании соответствующих сооружений.

По отношению к процессам био-химического распада органических веществ в водоеме, в почве или на искусственных сооружениях, необходимо считаться со следующими вредными влияниями возможных примесей в хозяйственно-фекальных сточных водах: некоторое количество производственных сточных вод, имеющих кислую или щелочную реакцию или содержащих ядовитые и дезинфицирующие вещества; значительная примесь банных и прачечных вод (обычно считают 25% пределом, допускающим биологическую очистку их в общей смеси), нефть и минеральные масла, а иногда и жиры растительного и животного происхождения.

Бактериальное загрязнение хозяйственно-фекальной жидкости очень велико: десятки, а иногда и сотни миллионов бактерий, растущих на агаре, и сотни тысяч и миллионы кишечных палочек в 1 *см*³. Возможное присутствие патогенных бактерий, особенно возбудителей желудочно-кишечных заболеваний, также яиц глистов — делает сточную жидкость потенциально опасной в санитарном отношении.

Для характеристики сточных вод рекомендуется пользоваться однообразной методикой (см. „Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод". изд. постоянного бюро В. В. и С.-Т. съездов) и обращать самое большое внимание на правильность набора пробы, так как вне этого условия результаты анализа имеют очень мало цены, а выводы для проектирования очистных сооружений лишаются обоснования.

Для расчета сооружений два приема цифрового выражения анализа в равной мере приемлемы: в миллиграммах на литр (концентрация) и в граммах на 1 жителя в сутки.

2) Условия спуска сточных вод в открытые водоемы

Неизбежным конечным приемником канализационных сточных вод служат реки, озера, моря. Органическая и бактериальная часть хозяйственно-фекальных загрязнений могут в такой степени исказить нормальные свойства, присущие чистой воде данного водоема, что исключают всякую возможность какого бы то ни было водопользования из него как для питьевых и хозяйственных нужд, так и для производственных надобностей. Разрешение этого противоречия между потребностями канализации и нуждами водоснабжения достигается в процессе так называемого „самоочищения", присущего всякому открытому водоему и в природных условиях направленного на ликвидацию естественного загрязнения, попадающего в водоем или в нем возникающего.

Реакция водоема на внешние искусственно вводимые в него загрязнения выражается рядом характерных явлений, которые, смотря по свойствам водоема, проявляются различно:

1. Сортировка твердых частей загрязнения по удельному весу в зависимости от скоростей течения (для реки). Для „осадка" из сточных вод это приводит обычно к местному, сосредоточенному на небольшом пространстве, загрязнению русла.

В результате гниения органической части создается резко выраженная, даже внешне, картина грязной реки но в то же время за этот счет последующие участки реки освобождены от наиболее трудно „перевариной" (минерализуемой) части загрязнения.

2. Распределение коллоидной и растворенной части в более или менее значительной массе речной воды приводит к „разбавлению" — к уменьшению концентрации, приводит к смешению загрязненной жидкости с растворенным в речной воде кислородом, а потому возникают условия, благоприятные для био-химической переработки органических веществ, к их минерализации, происходящей при деятельном участии микроскопической флоры и фауны водоема. В результате — через некоторый промежуток времени, необходимый для завершения этого процесса, и на некотором расстоянии от места загрязнения река восстанавливает свои первоначальные свойства и делается доступной для питьевого и производственного водоснабжения.

Таким образом естественный водоем можно рассматривать как своеобразное, природой созданное, очистительное устройство. В механизме его действия наиболее существенны:

а) Комплекс минерализующих организмов. Смотря по степени загрязнения водоема, состав этого комплекса меняется, и на языке санитарной гидро-биологии обозначается терминами (по Кольквицу и Марсону):

полисапробы, характерные для зоны сильного загрязнения,

α-мезосапробы, характерные для зоны среднего загрязнения,

β-мезосапробы, характерные для зоны слабого загрязнения,

олигосапробы, характерные для практически чистой воды.

б) Условия пополнения кислорода, расходуемого в процессе минерализации органического вещества, на „мокрое сожжение". В водоеме эта „реаврация" происходит путем диффузии кислорода из воздуха в массу воды (значение поверхности водного зеркала, турбулентности, температуры и пр.), а также в результате фотосинтеза (усвоение на свету углерода из CO_2 зелеными растениями — водоросли и подводные высшие растения.

Мероприятия по охране водоемов от последствий резкого нарушения процесса самоочищения спуском сточных вод преследуют в сущности одну цель: поставить количество вводимого в водоем органического вещества в соответствие с условиями его минерализации. Выражаясь техническим языком — поставить на узку в соответствие с пропускной способностью этого естественного устройства Эта задача достигается двумя путями:

1) нормированием условий спуска сточных вод в водоем и

2) очисткой сточных вод до их выпуска в водоем.

Условия спуска сточных вод в РСФСР определяются „Санитарными требованиями" Наркомздрава, приводимыми проф. А. Н. Сысиным в главе „Санитарные правила и нормы".

В нормах Наркомздрава каждый параграф имеет следствием те или иные мероприятия по подготовке сточной жидкости к спуску в водоем, но для хозяйственно-фекальной жидкости в особенности имеют большое значение 7-й и 8-й параграфы.

Смысл требования „незагниваемости" в течение 7 суток раскрывается указанием на отвечающую этому сроку „стойкость" в 80%. Исследования последних лет (главным образом американских авторов) выяснили что состояние „незагниваемости" в течение некоторого срока обусловлено известным соотношением между биохимической потребностью в кислороде данной пробы (D) и имеющимся в ней запасом кислорода О. „Загнивание" — запах H_2S или обесцвечивание метиленовой синьки — появляется тогда, когда исчерпан весь запас O_2. „Стойкостью" жидкости (вернее „относительной стойкостью") называется величина S, выражающая в процентах степень обеспеченности D запасом кислорода

$$\frac{S}{100} = \frac{O}{D} \quad S = \frac{O \cdot 100}{D}.$$

Поэтому той или иной стойкости можно добиться двумя путями: уменьшая D (биохимическая потребность в O_2) и увеличивая О (запас O_2). Запас O_2 слагается из 3 компонентов:

1) Растворенный кислород (не свыше 18—14 *мг/л*).

2) Кислород из нитритов N_2O_3 } отщепляется при денитрификации и расходуется на биохимическое окисление органического вещества.

3) Кислород из нитратов N_2O_5 }

На 1 *мг* нитритного азота N, что дается обычным анализом, приходится

$$\frac{3 \times 16}{2 \times 14} = 1{,}71 \text{ мг } O_2$$

на 1 *мг* нитратного азота приходится

$$\frac{5 \times 16}{2 \times 14} = 2{,}85 \text{ мг } O_2.$$

Таким образом, вводя эти коэфициенты, легко по анализу подсчитать „запас" O_2. Так как количество нитратного азота в очищенной жидкости вследствие нитрификации может быть довольно высоким (например: 10, 20, 30 *мг* и больше), то запас O_2 из нитратов будет соответствовать — 28,5 *мг*, 57,0 *мг*, 85,5 *мг*. Им главным образом будет определяться стойкость жидкости. Поэтому методы обеспечения стойкости жидкости (например для нормы $S = 80\%$) имеют целью: 1) понизить биохимическую потребность в O_2 в 2) нитрифицировать аммонийный азот.

Соотношение между сроками „загнивания" (время обесцвечивания метиленовой синьки) и относительной стойкостью жидкости (для температуры 20°) даны в следующей таблице:

Таблица 153

Зависимость стойкости жидкости от срока ее загнивания

Сроки загнивания в сутках	Стойкость в %	Сроки загнивания в сутках	Стойкость в %
0,5	11	8	84
1,0	21	9	87
1,5	30	10	90
2,0	37	11	92
2,5	44	12	94
3,0	50	13	95
4,0	60	14	96
5,0	68	16	97
6,0	75	18	98
7,0	80	20	99

Требование норм о том, чтобы при смешении загрязненной воды с чистой водой водоема содержание растворенного кислорода не падало ниже 4 *мг/л* направлено к тому, чтобы исключить возможность резкого нарушения процесса самоочищения, обеспечить в водоеме развитие нормальной флоры-фауны. Указание на „смешение" вводит в расчет соотношение между смешивающимися объемами воды, т. е. понятие „о разбавлении", причем должно быть учтено содержание O_2 в речной воде до смешивания и биохимическая потребность в O_2 загрязняющей жидкости, которая поглощает растворенный кислород из смеси. Задача сводится к тому, чтобы определить подходящую для данного случая *БХП* спускаемой жидкости. Если q — расход спускаемой жидкости; Q = расход воды в реке; a содержание растворенного O_2 в речной воде, D — искомая *БХП* спускаемой жидкости, — то общее количество O_2 в реке до смешения равно $Q \times a$; *БДХ* сточной жидкости — $q \times D$.

После смешения должно остаться $Qa - qD$, а по условию в смеси должно быть на 1 *л* 4 *мг* O_2, т. е. всего $(Q + q) \cdot 4$.

Таким образом $Qa - qD = (Q + q)\,4$, откуда

$$D = \frac{Q(a-4)}{q} - 4.$$

Как видно, для расчета помимо измерения расхода Q и q необходимо знать содержание кислорода в реке a. Эта величина находится анализом. Для дестиллированной воды содержание O_2 зависит главным образом от температуры воды и колеблется в следующих пределах (для 760 *мм* бароМ. давл.).

Таблица 154

Содержание кислорода в воде различной температуры

t° Ц	O_2 *мг*	°Ц	O_2 *мг*	°Ц	O_2 *мг*
0	14,62	11	11,08	21	8,89
1	14,23	12	10,83	22	8,83
2	13,84	13	10,60	23	8,68
3	13,48	14	10,37	24	8,53
4	13,13	15	10,15	25	8,38
5	12,80	16	9,95	26	8,22
6	12,48	17	9,74	27	8,07
7	12,17	18	9,54	28	7,92
8	11,87	19	9,35	29	7,77
9	11,59	20	9,17	30	7,63
10	11,33				

Делая вышеприведенный расчет для случая благоприятно большого разбавления, например: $\frac{Q}{q} = \frac{100}{1}$ при содержании O_2 в речной воде 9 *мг/л*, мы получили бы допустимую *БХП* спускаемой жидкости $100\,(9-4) - 4 = 496$ *мг*, и это позволило бы поставить вопрос о возможности спуска сточной жидкости после механической очистки (после отстойников), не предъявляя требования „незагниваемости". Передавая ликвидацию всей коллоидной и растворенной массы загрязнения естественным силам водоема, не следует однако забывать, что процесс этот идет во времени и пространстве.

В течение первых суток после смешения минерализуется только часть загрязнения (при 20° Ц например 20%), причем процесс идет с замедляющейся скоростью. Следовательно на расстоянии, отвечающем 24 час., мы встретимся еще с большой примесью загрязненной воды. Но обстановка самоочищения сильно зависит не только от скорости биохимического процесса минерализации (резко сказывается температура), но и от условий реаэрации водоема — от скорости пополнения запаса растворенного O_2. Величина реаэрации (6 *г* O_2 с 1 *м*² водного зеркала в сутки) очень колеблется в пределах от 1 до 10 *г* (Mahr) в зависимости от различных условий и конечно ею пренебрегать не следует, но вследствие малой изученности в этом отношении наших рек все это делает рациональный подход к пользованию методом „разбавления" еще невозможным.

Мероприятия по обеспечению наилучшего перемешивания спускаемой жидкости с водой водоема (выбор места впуска и образование выпуска) заслуживают тем большего внимания, чем сильнее загрязненность жидкости.

Что же касается методов очистки сточных вод, то их назначение состоит в том, чтобы подготовить жидкость к спуску в водоем. Поэтому выбор типа сооружения и задания для получения необходимой степени очистки сточных вод—эти основные предпосылки для проектирования — определяются они свойствами водоема и характером водопользования из него.

3) Очистительные пруды

Использование процесса „самоочищения" в искусственно созданном водоеме — в очистительном пруде — приводит к вполне благоприятным результатам при условии, что устройство пруда и даваемая нагрузка отвечают характерным особенностям работы этого простейшего очистительного сооружения.

Жидкость в пруды направляют после отстойника, так как осадок в пруде, как и в естественном водоеме, сильно осложняет ход основного процесса минерализации — окислительного. Этот последний идет за счет кислорода диффундирующего в массу воды из атмосферы через поверхность водного зеркала. В течение дня значительное количество O_2 дается под влиянием солнечного света деятельностью зеленых планктонных водорослей, населяющих в огромных количествах заполняющую пруд воду. Таким образом оба источника O_2 являются функцией поверхности пруда. Коэфицпент аэрации — количество O_2, передаваемое в 24 часа с 1 $м^2$ поверхности—составляет по нашим и немецким данным -- от 5 до 10 *гр.* O_2 при условии, что глубина пруда не превышает 1 *м*. Для удобства чистки, осмотра и вылова рыбы, если рыболовство совмещается с задачей очистки,—очистительные пруды делаются непременно спускными. Их устройство вообще ничем не отличается от обычных рыбоводных прудов. В Германии сточная жидкость при поступлении в пруд разбавляется 3—5 объемами чистой речной воды (важно для снабжения O_2), и в этом случае оказывается вполне возможным продуктивное рыболовство на всей площади прудов. Посадку 1—2-летнего зеркальвого карпа (из рыбоводного хозяйства) делают весной в количестве 300—500 шт. на 1 *га*. Вылов — при спуске пруда, осенью. За 5—6 месяцев получают с 1 *га* до 500 *кг* рыбы.

В Москве с успехом применяются в течение лета пруды без разбавления, устраиваемые на плохих участках полей фильтрации в виде серии последовательно проходимых жидкостью плоских резервуаров (h — около 0,5 *м*). В последних отделах серии удается также вести откорм карпа. Нормы посадки и урожай того же порядка, как и в Германии.

Эффект очистки в прудах. Нормы нагрузки по объему жидкости всецело зависят от концентрации сточной жидкости. В Германии — обычно 200—300 $м^3$ на 1 *га* (*БХП* жидкости около 200 *мг*). В Москве — 125 $м^3$ на 1 *га* (*БХП* жидкости около 500 *мг*). По числу жителей в Германии —2000 чел. на 1 *га* пруда. В Москве, учитывая особенности климата — 1500 чел. на 1 *га* пруда.

При подобных нагрузках в течение лета эффект очистки получается очень высокий: почти полное окисление органической части и очень значительное понижение аммонийного азота. В бактериальном отношении (в том числе по „кишечной палочке") вода из пруда выходит того же качества, как после полей орошения. Часто вода выходит вполне прозрачной, но иногда очень богатая планктоном (водоросли, коловратки, ракообразные). Пруды, как правило, не издают зловония и с этой стороны не встречают возражений со стороны санитарного надзора. Целый ряд небольших установок известен в Германии. В последнее время вся канализация Мюнхена обслуживается рыбоводными очистительными прудами.

Зимой очистительные пруды, если и работают, то с сильно пониженным эффектом очистки, так как понижение температуры резко отзывается на ходе биохимических процессов. В случае замерзания, снабжение кислородом через поверхность пруда становится недоступным и окислительная работа пруда прекращается, а следовательно в большинстве местностей СССР пруды могут работать только летом. Поэтому применение прудов, как самодовлеющего устройства, ограничивается случаями канализования курортов, лагерей, домов-отдыха, временных строительных поселков и пр. В качестве подсобного сооружения (летом) пруды могут быть очень полезными при полях орошения (разгрузка площади для культуры) и при полях фильтрации (для той же цели). В этой форме они применяются в Москве (свыше 200 *га*). Наконец рыбные пруды применяются в качестве конечного очистительного сооружения для понижения количества бактерий и в качестве отстойника для жидкости, очищенной на био-фильтрах (Харьков, Мариуполь, Москва) и даже после полей орошения (Берлин).

4) Поля фильтрации (без с.-х. культур) и поля орошения (с с.-х. пользованием)

Из этих двух „естественных методов очистки" в особенности заслуживают внимания поля орошения, совмещающие санитарно-техническую задачу с сельскохозяйственным пользованием. Этим путем дается интересное комплексное решение проблемы охраны водоемов от загрязнения, диалектический смысл которого отмечен был еще Энгельсом [1]. В то время это было единственное рациональное решение, но и теперь в очень многих случаях оно весьма целесообразно, так как облегчает решение овощной проблемы в снабжении городского населения, создавая овощную или, лучше, молочно-овощную базу в ближайшем совхозе, а потому облегчая и организацию транспорта скоропортящихся продуктов. Именно так ставился вопрос ди-

[1] „Анти-Дюринг", стр. 282 М. 1931.

ративными указаниями правительства (постановления Совнаркома СССР от 1930 г. и НК РКП от 1931 г.), ставящими перед проектирующими организациями требование выяснения возможности устройства полей орошения всюду, где это осуществимо по местным санитарным, техническим и экономическим условиям.

В этом отношении поля фильтрации рассматриваются совсем иначе, как сооружения с чисто санитарным назначением.

Оба эти приема биологической очистки сточных вод пользуются почвой как средой, служащей опорой для развития микро-организмов-минерализаторов органических веществ. Поэтому иногда эти методы очистки называются „почвенными". Характерные элементы проектирования, устройства и условия эксплоатации полей фильтрации и полей орошения определяются следующими основными свойствами почвы. Механическим строением почвы обусловливается возможность фильтрации жидкости сквозь почву, причем взвешенные вещества (осадок) задерживаются на поверхности, коллоиды и отчасти растворенные вещества адсорбируются на поверхность частиц почвы верхнего слоя. Порозностью определяется масса воды, которая может вместиться в почвенном слое, а в то же время и количество воздуха, которое может быть всосано в почву на смену профильтровавшейся или испарившейся влаги. Это свойство (величина водо- и воздухоемкости), отнесенное к рабочему слою почвы и деленное на интервал между поливами, дает „предельную нагрузку", т. е. массу воды, которую физически может вместить и пропустить фильтрующий слой. Для полей фильтрации расчетная нагрузка, гарантирующая высокий эффект очистки, составляет около 60—70% от „предельной". Скорость фильтрации жидкости определяет быстроту разгрузки и существенную роль играет в аэрации почвы, определяя длину „межполивного периода", т. е. число дней между поливами на полях фильтрации. Расчетная нагрузка дает таким образом суточную дозу орошения (расчетную).

Таким образом все эти основные данности для проекта являются следствием механического состава и морфологической структуры почвы. Особенности рельефа и гидрологический режим земельного участка — не менее важные факторы для расчета размеров территории и условий ее эксплоатации.

В процессе очистки сточных вод в почве только самый верхний слой является слоем, в котором идет окислительный процесс за счет O_2 воздуха (около 25 *см*). Но большое значение имеют и более глубокие слои, где окислительный процесс продолжается за счет O_2 из нитратов, поступающих из верхнего слоя. Путь и время перемещения воды сквозь фильтрующие слои настолько велики (не менее 1—2 месяцев и тем более, чем меньше нагрузка), что дают гарантию очень высокого качества очистки конечно при условии орошения в соответствии со свойствами почвы. Среди этих условий очень существенно как для полей фильтрации, так и при удобрительном орошении равномерное распределение жидкости по поверхности почвы. Лучше всего это достижимо при помощи борозд на горизонтально спланированной поверхности.

Горизонтальная планировка необходима во всяком случае на полях фильтрации, особенно для возможности зимнего орошения (и замораживания). Но и для полей орошения (с с.-х. использованием), если дело идет об использовании удобрительных элементов сточной жидкости, неизбежна зимняя эксплоатация, ничем не отличающая их от полей фильтрации.

Самое большое внимание должно быть уделено при проектировании понижению уровня грунтовой воды, который сильно повышается при орошении (на 2—3 *м* и более). Понижением поверхности депрессии ускоряется фильтрация воды, а следовательно улучшается аэрация почвенного слоя. Задача решается открытым и подземным дренажом. Но степень осушения зависит от очень многих условий, причем подземный дренаж далеко не всегда экономически себя оправдывает.

Основным заданием для проектирования служит суточная нагрузка. Для приблизительного расчета можно пользоваться следующей таблицей, памятуя, что характер почв с трудом укладывается в эти 4 группы.

Таблица 155

Допускаемая нагрузка на поля орошения и фильтрации

Почвы	Нагрузка на поли фильтрации		Нагрузка на поля орошения	
	$м^3$ на 1 *га* в сутки	Годичный слой *м*	$м^3$ на 1 *га* в сутки	Годичный слой *м*
Песок	100 — 300	3,6 — 10,0	50	1,8
Супесь	50 — 100	1,8 — 3,6	35	1,2
Суглинок.....	25 — 50	0,0 — 1,8	25	0,9
Глина	15 — 25	0,5 — 0,9	15	0,5

Следует помнить, что для полей фильтрации и для полей орошения при уменьшении концентрации жидкости нельзя соответственно повышать дозу орошения, так как величина показанной нагрузки согласована с пропускной способностью почвы по отношению к воде. Обратное заключение возможно, — при повышении концентрации целесообразно уменьшать дозу.

Так, для полей ассенизации (нечистоты из выгребов дается нагрузка около 3 $м^3$ на 1 *га* в сутки. При подсчете площади по нагрузке (по таблице) следует прибавить около 20% на канавы, дороги, валики и пр.

Для расчета разводных канав следует принимать максимальную, т. е. предельную нагрузку, которая на 40% выше нормальной расчетной.

Поля фильтрации и поля орошения отличаются лишь по условиям эксплоатации. Перемежающаяся фильтрация на полях фильтрации происходит круглый год, и только зима может внести осложнения. Обычно некоторая

часть площади на полях фильтрации (25%) может быть на лето занята с.-х. культурами. На полях орошения, наоборот, следует часть площади (25%) выделять в качестве резервного участка с повышенной пропускной способностью и держать его под орошаемым паром, не занимая культурами. При устройстве полей орошения необходимо выяснить, для чего будет происходить орошение - для пополнения недостатка влаги или для удобрения. Это очень сильно отзывается на характере и стоимости устройства.

Межполивной период на полях фильтрации от 3 до 10 дней, а на полях орошения время полива определяется потребностями растений.

При расчете площади под поля фильтрации необходимо иметь в виду, что с течением времени пропускная способность почвы уменьшается отчасти вследствие заиления поверхности, но главным образом вследствие химического выветривания и изменения механического состава. До некоторой степени это заиление предотвращается предварительным выделением из жидкости осадка (в отстойниках). Для полей фильтрации с нагрузкой, превышающей 1 $м^3$ осадка в сутки на 1 *га* (примерно от 1500 жителей), устройство отстойника вполне целесообразно, но и для полей орошения с нагрузкой значительно меньшей выделение осадка представляет большие удобства, хотя этим и уменьшается несколько количество удобрительных веществ, вносимых в почву.

В условиях нормальной работы поля фильтрации, а тем более поля орошения дают очень высокий эффект очистки и по внешнему виду очищенной жидкости, и по ее химическому составу, и по данным бактериологическим. В этом отношении эти сооружения особенно ценны для зон санитарной охраны источников водоснабжения.

Но санитарная оценка полей фильтрации и полей орошения учитывает, кроме этого положительного их достоинства, еще и влияние их на окружающую обстановку. В отношении запаха в условиях нормальной эксплоатации в общем поля орошения не вызывают больших возражений, и это допускает их устройство вблизи жилья, но поля фильтрации при сильных нагрузках, когда жидкость застаивается на поверхности, сказываются в ближайшем окружении очень заметно, особенно весной и осенью. Весной, когда обнажаются массы осадка, оставшиеся от зимней работы, зловоние на полях фильтрации и на полях орошения очень резко чувствуется. При санитарной оценке большое внимание уделяется и возможности заражения грунтового потока, прохдящего под полями и служащего целям водоснабжения окружающих поселений.

Это обстоятельство требует тщательной гидро-геологической характеристики местности. Наконец условия весенней эксплоатации часто приводят к спуску неочищенных вод, что далеко не всюду допустимо.

Сельскохозяйственное использование сточных вод на полях орошения происходит за счет усвоения культурными растениями удобрительных элементов — азота, фосфора, калия — концентрация которых различна, смотря по норме водоотведения (раньше 75 — 85 *л* на жителя, а теперь для социалистических городов — 150 *л* и выше, особенно при наличии производственных вод). В местностях с достаточным количеством атмосферных осадков или при высоком стоянии грунтовых вод надобности в воде для полива может и не быть.

В местностях недостаточного увлажнения (засушливых) вода, как таковая, независимо от содержания в ней удобрительных веществ, может быть основным фактором плодородия. Для сточной жидкости (вместе с осадком) при расходе на 1 чел. 85 *л*

	Азот (N)	Фооф. (P_2O_5)	Калий (K_2O)
В 1000 N^3 содержится *кг*	120	25	75
Но вследствие потерь в атмосферу и в грунтовые воды остается *кг*	50	25	55

Потребность растений в питательных элементах очень различна в зависимости от их рода. В среднем можно принять суммарную нагрузку на 1 *га* лугов (смотря по почве) от 10,000 до 18 000 $м^3$ за 1 год; для огородов и кормовых корнеплодов — от 5000 до 10000 $м^3$. Для грубых расчетов принимают на круг 20 — 25 $м^3$ на 1 *га* в сутки. Необходимо учитывать, что в центральной части СССР луга не принимают орошения с ноября по апрель; огороды — апрель, май, сентябрь и октябрь.

Культуры наиболее пригодные для полей орошения и средний урожай с 1 *га* в центнерах (100 *кг*)

Трава (сено) . . .	120	Баклажаны	
Капуста	300	Томаты	
Свекла корм. . . .	400	Тыква	
» стол.	300	Конопля	
Морковь	225	Ива корзиночная.	
		Кукуруза	

Распределение сточных вод на полях орошения представляется делом очень сложным, поскольку нужно согласовать особенности почв и климата с потребностями растений и с требованиями санитарными. Поэтому на полях орошения следует держаться молочно-овощного направления хозяйства, так как луга и силосные водоемкие культуры (кукуруза) дают возможность разместить воду тогда, когда огороды ее не берут. Но даже и в этом случае необходима резервная площадь хорошо фильтрующих почв (не меньше 25%). В Берлине долголетним опытом установлено, что для правильного ведения хозяйства на полях орошения при них должна быть неорошенная площадь примерно того же размера.

Овощи с полей орошения в санитарном отношении возражения не встречают, но требуют некоторой осторожности в обращении с ними и при поливе, и при уборке урожая (сбор в корзины), и при мытье (чистой водой), и при употреблении в пищу (тщательное обмывание).

5) Методы аэрации с активным илом

По формуле стойкости $S = \frac{O \cdot 100}{D}$ (где O запас O_2, D — *БХП* жидкости в O_2) незагниваемость жидкости обеспечена при $S = 80\%$, причем этот результат может быть достигнут

уменьшением D и увеличением O, что и выполняется в разной степени всеми методами биохимического окисления. В случае применения активного ила, процесс воздействия на жидкость разбивается на следующие 3 стадии: 1—адсорбция коллоидов, 2—окисление углеродистой части и 3 — нитрификация. Стадии 1 и 2 понижают D, а стадия 3-я увеличивает запас O_2 за счет легко используемого O_2 из нитратов.

Процесс во всех стадиях строго аэробный, что требует достаточного снабжения воздухом действующего при этом активного ила, который образован скоплением микробов, соединенных в хлопьевидные сгустки. Скорость процесса очистки определяется поэтому 2 факторами — дозой активного ила и скоростью растворения и использования O_2. Резервуар, в котором идет обработка сточной жидкости активным илом и воздухом, — аэротэнк — обычно делается проточным и снабжается аэратором пневматическим или механическим.

В качестве аэраторов при пневматической аэрации применяют дырчатые трубы (диаметр отверстия 2 — 4 *мм*) или так называемые „фильтросы", — это пористые пластинки, под которые поступает воздух от компрессора. Фильтросы дают более мелкие пузырьки и вследствие этого вдвое эффективнее, чем трубы.

Аэрация механическая, судя по иностранной практике, также с успехом применяется.

Сточная жидкость поступает в аэротэнк после первичного отстойника, отработанный активный ил отделяют от очищенной жидкости во вторичном отстойнике (после аэротэнка). Активный ил обычно составляет от 8 до 25% по объему очищаемой жидкости. Измерение этой „дозы ила" делается путем отстаивания пробы, взятой из аэротэнка, в мерном цилиндре в течение 1 часа (содержание воды в осевшем иле 98,0 — 98,5%). Химический и микробиальный состав активного ила очень различен, смотря по выполненной им работе (только ли адсорбция коллоидов, или полная очистка с нитрификацией, или обработка каких-либо производственных сточных вод). В результате очистки количество активного ила в установке увеличивается — прирост ила примерно 1% от пропущенной жидкости. Первоначальная культура организмов активного ила получается при длительной аэрации из самой сточной жидкости, но лучше для этого пользоваться плодородной почвой, отмучивая в аэротэнк наиболее мелкие иловые частицы почвы.

Скорость растворения O_2 определяется формулой Базякиной $\frac{dx}{dt} = K(b - x)$, где константа K зависит от конструкции аэротэнка, от интенсивности аэрации и от аэратора, $(b - x)$ — дефицит кислорода — зависит от напряженности передачи O_2 на окислительные процессы, в чем главную роль играет активный ил.

При проектировании аэротэнка основным заданием следует считать количество воздуха, необходимое для той или иной степени очистки, и продолжительность аэрации, чем и будет определяться размер аэротэнка. Эти 2 данности тесно между собой связаны, а сами зависят от состава сточной жидкости и требуемой степени очистки.

Аэротэнк устраивается или на частичную очистку (выделение коллоидов и суспензии), или на полную очистку (до стойкости 80% и выше). I фаза процесса (адсорбция коллоидов поверхностью активного ила) проходит очень быстро (15 — 30 мин.), но восстановление работоспособности загрязненного ила (ре енерация) требует еще некоторого времени (1 — 2 часа). В общем сравнительно небольшой период аэрации дает однако очень значительное улучшение жидкости — понижает БХП примерно на 50%, а потому этот прием вполне уместен в качестве предварительной обработки жидкости перед напуском на окислители (биофильтры, как в Бирмингаме, или аэрофильтры — в Москве), а также в случае допустимости выпуска в водоем такой частично очищенной жидкости.

Расчет аэротэнка для частичной очистки удобно начинать, пользуясь формулой К. Н. Королькова, для количества воздуха, необходимого на 1 объем жидкости: $A = \frac{a_1 - a_2}{C \cdot H}$, где: a_1 — *БХП* сточной жидкости; a_2 — *БХП* осветленной жидкости; C — коэфициент использования воздуха (для труб — 8, для фильтроса 16); H — глубина аэротэнка.

Так как для обеспечения необходимой интенсивности аэрации следует давать в 1 час на 1 $м^2$ поверхности аэротэнка 10 — 12,5 $м^3$ воздуха, то поверхность аэротэнка

$$F = \frac{Q \cdot A}{12{,}5} = \frac{Q(a_1 - a_2)}{C \cdot H \cdot 12{,}5},$$

где Q — часовой расход жидкости. Отсюда для данного H (глубина от 2 до 6 *м*) получим объем аэротэнка

$$W = \frac{Q\ (a_1 - a_2) \cdot H}{C \cdot H \cdot 12{,}5} = \frac{Q\ (a_1 - a_2)}{C \cdot 12{,}5}.$$

В расчете на 1 жителя (для типичной хозяйственно-фекальной жидкости) для глубины $H = 2$ *м* и 4 *м*, для труб — $C = 8$, для фильтроса — $C = 16$ требуемое количество воздуха для частичной очистки указано в табл. 156.

Таблица 156

Расход воздуха и объем аэротэнков для частичной очистки сточной жидкости

	Дырч. трубы		Фильтросы	
Глубина	2 *м*	4 *м*	2 *м*	4 *м*
Расход воздуха (A) $м^3$	1,25	0,62	0,62	0 31
Зеркало воды (F) $м^2$	0,0041	0,002	0,002	0,001
Объем сооруж (W) $м^3$	0,0083	0,008	0,004	0,004

Подсчет по формуле Королькова дает A, F и W суммарно для „коагулятора" и „регенератора". Если это два отдельные сооружения, то принято полученные величины распределять поровну (т. е. $W_{коаг} = W_{реген}$). Запомним, что увеличение глубины H поведет

к уменьшению 9 показателей, но не кубатуры аэротэнка, которую изменяет аэратор.

Для аэротэнка на *полную очистку* всего проще пользоваться также формулой, предложенной К. Н. Корольковым для определения суммарного расхода воздуха (задания и буквенные обозначения те же.) Коэфициент использования воздуха в этих условиях в 2 раза меньше, а потому: $A = \frac{(a_1 - a_2)2}{C \cdot H}$.

Для случая „предельной очистки" гарантирующей незагнивающую воду $O_2 = 0$, а потому расчет на 1 жителя дает табл. 157.

Таблица 157

Расход воздуха и объем аэротанков для полной очистки сточной жидкости

	Дырчатые трубы		Фильтросы	
Глубина	2 *м*	4 *м*	2 *м*	4 *м*
Расход воздуха A *м*³	5,00	2,50	2,50	1,25
Зеркало воды F *м*² . .	0,016	0,008	0,008	0,004
Объем сооружен. W *м*³	0,032	0,032	0,016	0,016

Количество жидкости, вместе с которой перекачивается активный ил из вторичных отстойников, принимают в 40—50% от расхода сточной жидкости. Сами вторичные отстойники в расчете на возможно полное отделение активного ила делаются вертикального типа. Скорость вертикальная $V = 0{,}5$ *мм/сек*, если считать на жидкость вместе с циркулирующим объемом (40 — 50%), а если его не считают, $V = 0{,}37$ *м/сек*. Период отстаивания 1 час, „время хранения" активного ила на дне отстойника максимум — 2 часа. Но в действительности ил со дна отстойника должен непрерывно удаляться, так как в отсутствие воздуха он быстро ухудшает свои свойства. Активный ил при полной очистке, находящийся в жидкости, содержащей нитраты, особенно легко всплывает под влиянием денитрификации. При недостаточной аэрации возникает так называемое „вспухание" ила — он плохо отстаивается и с трудом задерживается в отстойнике. Будучи удален на сушильные площадки, активный ил отдает воду с трудом и при этом в илу 1-й фазы (адсорбция коллоидов) может начаться зловонное гниение. Поэтому обычно излишки активного ила направляются в гнилостную камеру эмшера или в метантэнки.

Эффект очистки в аэротэнках может быть достигнут любой. Окислительная мощность (M) аэротэнка, т. е. количество O_2 в *г*, получаемое в сутки с 1 *м*³ рабочего объема, зависит от конструкции и температуры.

Для полной очистки окислительная мощность составляет от 1000 *г* (трубы) до 2500 *г* (фильтросы) для частичного осветления (удаление коллоидов) — от 2000 до 5000 *г*. Для расчета аэротэнка можно пользоваться и этими данными, если известен состав жидкости и требования к очистке. Коэфициент аэрации, т. е. количество O_2 в *г*, получаемое в сутки с 1 *м*² поверхности сооружения (см. выше коэфициент аэрации для „прудов") для полной очистки — от 250 до 500 *г*. O_2 с 1 *м*² в 24 часа [1].

Для механических приемов аэрации, у нас пока не испытанных, способы расчета нам неизвестны. Но как бы ни происходила аэрация, очищенная жидкость может быть доведена до любой степени стойкости. При полной очистке ($S = 80\%$ и выше) жидкость прозрачна с желтоватым оттенком. Понижение числа бактерий при этом — того же порядка, как и при очистке на био-фильтрах. В санитарной оценке метода аэрации очень существенно, что запах сточной жидкости исчезает при ее поступлении в аэротэнк. Поэтому устройство станций аэрации допустимо в ближайшем соседстве с жилыми кварталами, но в этом случае следует учесть и другие сооружения станции, в особенности обработку осадка (см. ниже). Применение метода аэрации возможно для всех тех случаев, когда вообще уместна биохимическая обработка жидкости, т. е. и для хозяйственно-фекальных вод, и для некоторых производственных сточных вод. Вопрос решается экономической оценкой. Эксплоатация станции требует руководства вполне осведомленного в технологии процесса. Контроль очистки строится на данных химического анализа.

6) Биофильтры

Принципы почвенной фильтрации (см. выше) получили техническое развитие в форме так называемых „биологических окислителей" или „био-фильтров". В них почва (песок) заменена грубым фильтрующим материалом, (шлак, кокс, щебень, торф кусками и пр.). Следствием крупности фильтрующего материала (от 0.5 до 25 *мм*) было улучшение условий аэрации фильтрующего пласта (высота обычно не свыше 2 *м*), но, с другой стороны, поверхность отдельных кусочков фильтрующего материала, заселяющаяся микроорганизмами-минерализаторами (активный ил), затягивается на всю глубину активной пленкой. Таким образом поверхность, на которой сосредоточено активное воздействие на жидкость путем адсорбции и биохимического окисления — огромна. В 1 *м*³ материала при крупности зерна около 15 *мм* — поверхность порядка 200 *м*², для зерна — 7,5 *мм* — 500 *м*². Толщина слоя жидкости, перемещающейся по этой поверхности, — не превышает 1 *мм*.

Своей свободной поверхностью этот тонкий слой жидкости граничит с воздухом, заполняющим пустоты между кусками материала. Таким образом жидкость движется в воздухе, а потому условия снабжения кислородом активной пленки путем диффузии через тонкий слой жидкости во много раз лучше, чем в аэротэнке. Вопрос только в обеспечении достаточной вентиляции тела фильтра и удалении углекислоты и азота. В этом отноше-

1 Все эти данности, позволяющие дать обоснованный расчет аэротэнка, установлены на Опытной станции московской канализации. В иностранной литературе нам нигде не встречалось указаний о способе расчета аэротэнков.

Для крупных станций, проектируемых для Москвы мы пользуемся формулой К. Н. Королькова.

нии „контактные окислители", периодически заполняемые жидкостью и опоражниваемые, резко отличны от „перколяторов" или „оросительных био-фильтров", на которые непрерывно, а вернее с очень небольшим интервалом (5 — 15 мин.) поступает жидкость небольшими порциями. Контактный окислитель всасывает воздух вслед за уходящей жидкостью и поглощает O_2 во время окислительной паузы, когда стоит „пустым". Во время „контакта" с жидкостью в нем создаются анаэробные условия. В результате — сравнительно быстрое загрязнение окислителя, т. е. накопление органических остатков, требующее частой (через 1 — 2 года) промывки. Этим главным образом объясняется отказ от их широкого применения. В перколяторе условия аэрации много лучше, так как пустоты фильтра по устройству его никогда не бывают сплошь заполнены жидкостью. Естественная вентиляция тела фильтра происходит главным образом снизу-вверх — против движения жидкости. Поэтому-то существенно важно устройство хорошего доступа воздуха под фильтрующий пласт. Некоторое значение имеет также засасывание воздуха сверху при просачивании жидкости. Аэрация через боковые поверхности пласта имеет значение только при малых установках, так как вряд ли сказывается больше чем на 1 *м* вглубь.

Так как напряженность очистительного процесса определяется наилучшим использованием огромной активной поверхности шлака, развернутой под внешней верхней поверхностью окислителя (для перколятора под 1 $м^2$ — активная поверхность около 400 $м^2$), то крайне важно правильное распределение жидкости по поверхности окислителя. Значение — то же, что распределение воздуха в аэротэнке. В этом отношении, повидимому очень существенно пульсирующее поступление жидкости, что осуществляется в той или иной мере „распределителями" разных систем.

При соблюдении этих основных условий правильной конструкции перколятора тело его заселяется огромным количеством животных (инфузории, черви, личинки, насекомые), которые наряду с микробами активной пленки участвуют в переработке вносимых загрязнений, до некоторой степени регулируют разрастание пленки и способствуют „самоочищению" фильтра, что выражается характерным для перколятора выносом в очищенной жидкости буроватого хлопьевидного осадка, который часто, но неправильно, называется „гумусом". В действительности — это тот самый „активный ил", который в фильтрах так же прирастает, как в аэротэнках. Его постоянный вынос предупреждает быстрое заиление фильтра, вследствие чего перколяторы в течение многих лет (10 и более) обходятся без промывки.

Для улучшения внешнего вида очищенной жидкости этот осадок из нее удаляют, пользуясь „вторичными отстойниками" (неправильное название „гумус-тэнк"), песчаными фильтрами или прудами.

Загрузка тела фильтра обычно делается материалом постепенно по крупности снизу-вверх уменьшающимся, а так как в самом верхнем слое происходит и выпадание коллоидной части загрязнения и того осадка, который не задержан в сооружениях предварительной очистки, то всего быстрее загрязняется поверхностный слой (особенно при концентрированных водах). Отдых, рыхление и периодическое орошение хлорированной водой — средства борьбы с этим дефектом.

Понижение температуры в теле фильтра ниже + 9° Ц резко отзывается на его работе. Производительность падает вдвое (см. ниже), и это должно быть учтено при проектировании.

Основную данность для расчета перколятора составляет кубатура материала, необходимая для получения полностью очищенной (незагнивающей) жидкости, или, другими словами, нагрузка (n) допустимая на 1 $м^3$ материала. Но под нагрузкой следует разуметь не объем жидкости, а массу органического вещества, подлежащую окислению. Выражая биохимической потребностью в кислороде — D — содержание органического вещества в 1 *л* жидкости и приняв Q — суточный расход, получим суммарную нагрузку в сутки, выраженную „качеством, помноженным на количество" $D \times Q$.

Произведение $D \times Q$, приведенное к единице объема, по наблюдениям Н. А. Базякиной, является величиной постоянной, обозначается ею „полезной окислительной мощностью" и характеризует интенсивность работы сооружения. В общей форме для объема W полезная окислительная мощность в *г* O_2 означает работу, выполняемую 1 $м^3$ фильтрующего пласта в сутки $M = \frac{D \cdot Q}{W}$.

По определениям на Люблинской опытной станции для перколятора после обычного отстойника M для лета (температура тела фильтра + 9° и выше) — до 1000 *г*, для зимы (температура меньше + 9°) — около 250 *г* O_2 с 1 $м^3$ в сутки. Пользуясь этими значениями для расчета перколятора, получаем:

Таблица 158

БХП на 1 *л*	Объемы сточной жидкости на 1 $м^3$ материала		То же при коэффициенте неравномерности 1,5	
	лето	зима	лето	зима
200	5,0	1,25	3,33	0,83
300	3,3	0,83	2,20	0,55
400	2,5	0,62	1,07	0,41
500	2,0	0,50	1,34	0,33
600	1,6	0,41	1,17	0,27

Эти предельные нагрузки (графа 2 и 3) даны в предположении получить незагнивающую жидкость без излишнего запаса O_2. Желание получить более высокую очистку заставляет понизить эти показатели, что необходимо для гарантии очистительного эффекта при временных или случайных отклонениях от нормальных условий. К тому же приведет выделение запасной площади фильтра (20 — 25%), допускающей периодический отдых части фильтра, что очень полезно. Эти оговорки заставляют пользоваться для практических целей графами 4 и 5 (с коэфициентом 1,5).

Пересчет объема фильтра на 1 жителя для тех же M и для $БХП$ на 1 жит. 40 $г$ O_2 дает следующее: если q расход воды на 1 жит. $D = \frac{40}{q}; n = \frac{M \cdot q}{40}; W = \frac{q \cdot 40}{M \cdot q} = \frac{40}{M}$.

Для зимы — $W_{жит.} = \frac{40}{250} = 0{,}16\ м^3 = 160\ л$

Для лета — $W_{жит.} = \frac{40}{1000} = 0{,}04\ м^3 = 40\ л$

Учтя запас в 25%, получим соответственно 200 и 50 $л$, а для коэфициента 1,5 — 240 и 60 $л$.

На грязных или плохо аэрируемых фильтрах M — может снизиться до 100 $г$ O_2. Предварительное выделение коллоидов (например в аэротэнке) значительно облегчает работы перколятора, так как понижает $БХП$ жидкости раза в 2, а следовательно позволяет дать в 2 раза большую нагрузку, но M меняется мало. В случае искусственной аэрации тела фильтра, что достигается в аэрофильтрах, увеличивается окислительная мощность M до 1200 — 1600 $г$ O_2, а так как аэрофильтры получают жидкость без коллоидов, то они выдерживают нагрузку очень высокую (4 — 5 объемов), делающую их гораздо менее чувствительными к понижению температуры; зимой M падает до 600 — 700 $г$ O_2, а потому нагрузка в 2 раза менее летней. Расчет ведется конечно по зиме.

Применение био-фильтров в форме 2-ступенчатого сооружения благоприятно отражается на результате очистки, так как специализирует бактериальную флору, выравнивает колебания состава и дает более выгодный температурный режим на наиболее ответственной 1-й ступени.

Очищенная на перколяторах жидкость конечно при условиях рациональной конструкции и правильной эксплоатации, обнаруживает высокую стойкость 80% и выше главным образом за счет нитратов, хорошую прозрачность, особенно после выделения осадка. Количество бактерий снижается на 95 — 98%. Дефектом перколяторов считается неприятный запах, выделяющийся при разбрызгивании жидкости, и большое количество мелких мошек, личинки которых живут в массах в теле фильтра (Psyehoda). Но на далекое расстояние эти мошки не летят, и их хорошо задерживает древесная посадка вокруг фильтра.

7) Биохимические процессы при обработке осадка в эмшерах и в метантэнках

Осадок, выделяемый из сточной жидкости путем отстаивания, обладает целым рядом свойств, делающих задачу уничтожения (обезвреживания) осадка одной из самых трудных. Количество осадка в сточной жидкости — от 1,4 до 1,9 $л$ (97,5% воды) на 1 жителя в сутки. В отстойниках происходит уплотнение осадка вследствие выжимания воды—через сутки до 0,7 — 0,9 $л$ при 95% воды. Отстойники задерживают 80 — 95% от поступающей массы осадка. Поэтому из 0,8 $л$ остается осадка от 0,6 до 0,75 $л$ на жителя.

Смотря по водопотреблению это составляет (исходя из 0,7 $л$ на 1 жителя) в процентах к объему сточной жидкости — при 85 $л$ — 0,8%, при 150 $л$ — 0,47% и т. д. Зловоние этой массы, наличие в ней патогенных бактерий и яиц глистов, трудность отдачи воды, делают неизбежной в большинстве случаев обработку осадка, что лучше всего достигается анаэробным гнилостным процессом и осуществляется в септиках, эмшерских колодцах и других сооружениях (ОМС, Трэвис) и в отдельных гнилостных камерах — метантэнках. Этим путем достигается уменьшение массы осадка не только путем уплотнения (септик, эмшер), но и путем превращения значительной части органического вещества (не меньше 50%) в газ и в растворенные соединения. Остаток осадка после брожения — не зловонен, легче подсушивается, вполне годен для удобрения.

Размеры иловых камер в двухярусных бассейнах (эмшер, ОМС) и в метантэнках определяются скоростью процесса распада осадка (например в сутки) и длительностью обработки. Скорость процесса зависит от физиологических особенностей действующего микробиального комплекса, состоящего из 2 групп микробов. 1-я группа разрушает белки, жиры, углеводы, оставляя в отбросе органические кислоты (и их соли) жирного ряда; 2-я группа — разрушает жирные кислоты, давая метан — (CH_4) и углекислоту (CO_2). Нормально протекающее метановое брожение идет в слабо щелочной среде (pH 7,0 — 7,6) и дает газ, содержащий 70 — 80% CH_4 и 30 — 20% CO_2. Сероводорода — нет (в противоположность септиктэнку). Определяющей направление процесса является 2-я группа микробов, для которой повидимому характерна медленность размножения и большая требовательность к условиям среды (реакция, буферность раствора) и трудность инфекции вновь поступающего в камеру осадка. Все эти обстоятельства требуют урегулирования количества суточной загрузки по отношению к общей массе бродящего осадка. Загрузка должна соответствовать „переваривающей" способности камеры. А кроме того — вновь поступающий осадок должен смешиваться со старым, так как только таким путем достигается быстрое заражение частиц осадка микробами 1-й и 2-й группы в нужных соотношениях и создается вокруг них необходимая физико-химическая обстановка. При невыполнении этих условий легко извращается процесс и возникает аномальное (для эмшера и метантэнка) кислое, зловонное брожение со всеми его последствиями (это состояние типично для септика).

Сильное уплотнение осадка, возникающее при длительном его лежании в глубоких частях иловых камер, связанное с выжиманием воды и с уменьшением процента влаги (до 83—85%), также замедляет процесс распада в этих частях, и кроме того таким путем значительная масса осадка уже не участвует активно в процессе распада.

В основе всех существующих приемов определения кубатуры иловых камер лежит сильнейшее влияние температуры на скорость процессов, что видно из следующей таблицы (по Imhoff'y) для срока, за какой около 50% органического вещества распадается (так называемый технический предел распада).

t° Ц	Срок брожения
6	210 суток
10	120 „
15	60 „
20	30 „
25	20 „

Для эмшеров этим сроком определяется „время хранения" осадка. Для 10° иловая камера рассчитывается на 120 дней хранения осадка, для 15° — 60 дней и т. д. За это время осадок в эмшере уплотняется в самом низу до 88—85% воды, т. е. в 3 раза по сравнению с поверхностным слоем (95% воды). В среднем для всей массы осадка в эмшере можно принять 90% воды, т. е. уплотнение в 2 раза, сравнительно с поступившим (95%). Кроме того осадок распадается — по заданию не меньше чем на 50%. Так как объем осадка на 1 жителя в хозяйственно-фекальной жидкости — величина практически постоянная (в среднем 0,7 *л* при 95% воды), то иловую камеру с достаточной точностью можно определить по нижеследующей таблице, где дается кубатура на 1 жителя и процент суточной загрузки, что по существу процесса наиболее характерно. Понятно, что расчет по проценту загрузки применим для любого случая, когда известно количество осадка. Уплотнение ила принято на 50% (с 95% воды до 90%); распад вследствие гинения 50% от уплотненного ила, т. е. исходя из 0,7 *л* на 1 жителя — получаем остаток $W = 0{,}7 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}5 = 0{,}175$ *л*. Объем камеры на 1 жителя получается умножением „срока брожения" на 0,175. Однако пассивность нижних частей осадка и несовершенство перемешивания заставляют вводить поправочный коэфициент 3. Таким образом объем на 1 жителя $W = 0{,}175 \cdot 3 \cdot t = 0{,}525\ t$, где t — „срок брожения".

Для эмшеров расчет ведется по средней годовой температуре сточной жидкости.

Таблица 159

Расчетные данные для эмшерских колодцев

Температура °Ц	Срок брожения (сутки)	Объем на 1 жит. (*л*)	% суточной загрузки (к об. илов. камеры)
6	210	110	0,64
7	180	95	0,74
8,5	150	79	0,88
10	120	63	1,10
12	90	47	1,49
15	60	31	2,22
20	30	16	4,45
25	21	11	6,40

Расчеты по Имхофу и по Баху дают почти те же объемы. То же получается сложными приемами Blunk, Prüss, Langbein, Knauer.

Для метантэнков, нагреваемых до 20—25°, в которых тем или иным приемом создается перемешивание старого (зрелого) осадка со вновь подаваемым, — уплотнения не происходит. Содержание воды почти равномерно по всему объему — около 95%. По распад органических веществ доводится, как в эмшере до 50% и больше. Рассуждая по предыдущему, получим на 1 жителя в сутки объем осадка $0{,}7 \cdot 0{,}5 = 0{,}35$ *л*, но для объема иловой камеры на 1 жителя $W_{MT} = 0{,}35 \cdot t$, так как в метантэнке при перемешивании и отсутствии уплотнения работает весь объем ила (а не 1/3), а потому нет надобности в поправочном коэфициенте 3. Таким образом для 20° — $W_{MT} = 10{,}5$ *л* и загрузка 6,6%, а для 25° — $W_{MT} = 7{,}3$ *л* и загрузка 9,5%.

Количество газа (70—80% метана) получается из эмшера и из метантэнка различное, смотря по дозе загрузки — от 10 до 30 $м^3$ газа на 1 $м^3$ загружаемого осадка, или от 6 до 16 *л* на 1 жителя в сутки. Калорийность — от 6000 до 7000 *TE*.

Осадок, остающийся от брожения, удаляется из эмшеров небольшими порциями каждые 10 дней. Содержание воды в нем 88—85% (сух. вещ. 12—15%). Осадок из метантэнка — удаляется с 93—95% воды.

В случае, если в эмшер или в метантэнк направляют избыток активного ила, камера требует увеличения кубатуры по немецким данным на 50%.

Противопоказанием для применения метанового брожения может быть примесь некоторых ядовитых веществ в производственных сточных водах, но тут все дело в концентрации. Осадок, полученный в результате метанового брожения, вполне пригоден в качестве удобрения. Его состав по сравнению со „свежим" осадком из вертикального отстойника (Люберецкие поля фильтрации под Москвой)

Осадок из	Азот в процентах	Фосфорн. к-та в процентах
отстойника	3—4	1,7
метантэнка	3—4	2,8

Осадок вносится в почву или в жидком виде путем залива площади (перекачка, вывоз бочками) или замерзшем виде (90% воды), или в подсушенном виде (с сушильных площадок 70—80% воды). В Америке из осадка готовят сухой удобрительный порошок с 10% воды, выдерживающий далекий транспорт.

Нормы для удобрения осадком могут быть даны очень осторожно, так как большого опыта у нас нет (по Савостьянову) в тоннах на 1 *га* — под злаки луговые — 12, под вику с овсом — 25, под корнеплоды — 30, под капусту — 40—65, под силосные культуры — 30—40. Нормы даны для осадка зимнего (80—95% воды); для летнего (70—80%) нагрузка соответственно меньше. При пользовании осадком в качестве источника азота и фосфатов целесообразна прибавка калия.

Проф. *П. С. БЕЛОВ*

4. Очистка сточных вод промышленных предприятий

Свода справочных данных, необходимых для проектирования сооружений для очистки сточных вод промышленных предприятий — не опубликовано ни в одной стране.

Причины — крайнее разнообразие факторов, резко влияющих на состав сточных вод данного предприятия, на количество их, приходящееся на единицу продукции, на коэфициент неравномерности стока, на возможность, а в некоторых случаях на необходимость утилизации сточных вод, на использование самоочищающейся способности водоема, на выбор метода очистки и применения тех или других очистных сооружений.

Как результат этого — наличие таких больших амплитуд колебаний в основных данных по составу, количеству и коэфициенту неравномерности стока, что установление по ним для расчета и проектирования определенной числовой величины во многих случаях встречает большие затруднения.

Очистных сооружений, работающих более или менее длительное время для очистки сточных вод промышленных предприятий разных отраслей промышленности в СССР не имеется, вследствие этого отсутствуют данные о фактических результатах работы сооружений и об экономике; переносить непосредственно данные заграничного опыта, опубликовываемые к тому же без должных подробностей, не всегда возможно, ввиду различия многих условий работы союзных и заграничных установок.

Несмотря на изложенные затруднения, ниже приводятся краткие справочные данные, основанные главным образом на работах Всесоюзного научно-исследовательского института водоснабжения и санитарной техники; в некоторых случаях использованы данные Донбассводтреста, полученные в результате работы Украинского института Коммунальной гигиены, Украинского института сооружений и других организаций.

Все эти данные, по изложенным выше соображениям, носят по необходимости во многих случаях ориентировочный характер.

Единственно правильный путь к разрешению весьма сложных вопросов проектирования, устройства и эксплоатации сооружений для очистки сточных вод промышленных предприятий — лежит в тесном сотрудничестве проектирующих и строительных организаций с научно-исследовательскими институтами.

1) Классификации сточных вод и их загрязнений

С территории промышленного предприятия должны быть отводимы воды: 1) производственные, 2) конденсационно-охладительные, 3) хозяйственные, 4) мыльные (банные и прачечные), 5) атмосферные.

Характер загрязнений вод последних четырех категорий достаточно постоянен, за исключением в некоторых случаях атмосферных вод, смывающих с заводских площадок предприятий специфические загрязнения.

Характер загрязнений производственных сточных вод, в отличие от вод других категорий отличается огромным разнообразием; состав загрязнений различается не только в разных отраслях промышленности, но даже и в отдельных предприятиях одной и той же отрасли промышленности.

Несмотря на такое разнообразие—возможно дать общую классификацию характера загрязнений, разделяя:

1) воды, содержащие преимущественно минеральные загрязнения, 2) воды, содержащие преимущественно органические загрязнения и 3) воды, содержащие смешанные загрязнения, частью органического, частью минерального характера.

В отношении бактериальных загрязнений нужно выделить воды, могущие содержать патогенные микроорганизмы; к таким водам относятся: воды кожевенных заводов, шерстомоен.

В таблице 160 приведена классификация основных отраслей промышленности по характеру загрязнений их сточных вод.

2) Основы рационального устройства канализаций и очистки сточных вод промпредприятий

Приводимые в этом параграфе общие данные конкретизируются в § 4 при рассмотрении сточных вод отдельных отраслей промышленности.

а) Проектирование канализаций и очистки сточных вод не может производиться изолированно от всех других вопросов водного хозяйства промпредприятия, т. е. без данных о водоснабжении, о том водном протоке, в который будет производиться выпуск сточных вод, о самоочищающейся способности водоема, о характере водопользования ниже места спуска сточных вод и о зонах санитарной охраны источников водоснабжения.

б) Спускаемые с территории промпредприятия сточные воды должны удовлетворять изданным Наркомздравом республик санитарным правилам[1]. Означенными правилами устанавливаются общие нормы, которым должны удовлетворять отводимые сточные воды независимо от местных условий (мощности водного протока, скорости его течения, коэфициента разжижения водами протока сточных вод, характера водопользования и пр.). Теми же правилами допускаются с особого каждый раз разрешения органов санитарного надзора, как временные, так и постоянные отступления от норм для чего проектирующими организациями должны быть предостав-

[1] По РСФСР правила опубликованы в приложении к журналу „Вопросы здравоохранения" № 20, 1 июня 1920 г.

Таблица 160

Классификация загрязнений сточных вод отдельных отраслей промышленности

№ групп	Группы промышленности [1]	Отрасли промышленности, сточные воды которых имеют загрязнения			
		гл. образ. минеральные	гл. образ. органические	смешанные	не имеющие производственных вод
I	Добывание и обработка материалов	1. Стекольная 2. Цементная	—	—	1. Керамическая 2. Фарфоро-фаянсовая 3. Добывание и первичная обработка материалов 4. Асбестовая
II	Горная и горно-заводская	1. Каменно-угольная 2. Железо-рудная 3. Марганцево-рудная 4. Медно-рудная 5. Серебро-свинцово-рудная 6. Соляная	—	1. Нефтедобывающая 2. Нефтеперерабатывающая 3. Углехимическая	—
II-а	Металлургия	1. Металлургия черных металлов 2. Металлургия цветных металлов	—	—	—
III	Обработка металлов	1. Машинное производство массовых изделий. из черных металлов 2. Произв. проч. изделий из черн. металлов 3. Обработка цветных металлов	—	—	—
IV	Машиностроение	1. Жел.-дор. и автотранспорт 2. Судостроение 3. Сел. хоз-во 4. Производственное 5. Электростроительное пр-во	—	—	—
V	Деревообрабатывающая	—	—	1. Смолокуренно-дегтярная	1. Леосплавофанерное 2. Производство разных изделий
VI	Химическая	1. Основная 2. Калийная 3. Резиновая	1. Мыловаренная	1. Химико-фармацевтическая 2. Лако-красочная 3. Искусствен. волокно	1. Спичечная
VII	Пищевкусовая	—	1. Свекло-сахарная и рафинадная 2. Винокуренво-дрожжевая 3. Пиво-медоваренная 4. Крахмально-паточная 5. Молочные 6. Сыроварни 7. Салотопенная	1. Кондитерско-конфектная	1. Мукомольно-крупная 2. Маслобойная 3. Табачная 4. Махорочная
VIII	Обработка твердых материалов животного происхождения	—	—	1. Костеобрабатывающая	—
IX	Кожевенно-меховая	—	1. Кожевенная 2. Меховая	—	—
IX-а	Произв. кожан. обуви	—	1. Обувь	—	—

Продолжение таблицы 160

№ групп	Группы промышленности [1]	Отрасли промышленности, сточные воды которых имеют загрязнения			
		гл. образ. минеральные	гл. образ. органические	смешанные	не имеющие производственных вод
X	Обработка хлопка	—	1. Хлопчатобумажная (отбельпп, красильни, печатпи)	—	1. Хлопко-очистительная
XI	Обработка шерсти	—	1. Шерстомойная 2. Шерстяная	—	—
XII	Обработка шелка	—	1. Шелкомотальная 2. Шелкокрутильная	—	—
XIII	Обработка льна	—	1. Первичная обработка	1. Льняная	—
XIV	Обработка пеньки и джута	—	1. Первичная обработка	1. Пспько-джутовая	—
XV	Обработка смешанных волокнистых материалов	—	—	1. Производство смешанных волокнистых материалов	—
XVI	Одежда и туалет	—	—	—	Швейная, трикотажная
XVII	Бумажная	—	1. Бумажная и целлюлозная 2. Производство бумаги и картона	—	1. Папиросно-гильзовая 2. Прочие пр-ва
XVIII	Полиграфическая	—	Карандашная	—	1. Словолительная 1. Типографская
XIX	Научно-художественная	—	—	Художеств. производство	—
XX	Производство физических опыт и водоснабжение	Электростанции	—	Водопроводы, газовые з-ды	—

Данные таблицы имеют непосредственно практическое значение, так как пользуясь ими можно решить вопрос о том, для каких сточных вод невозможно применение биологической очпотки (сточные воды, имеющие главным образом минеральные загрязнения).

лены материалы, с достаточной полнотой указывающие на возможность такого отступления. Для получения таких материалов в некоторых случаях необходимо провести гидротехнические, гидро-биологические, химические и санитарно-статистические обследования.

в) Для разрешения основных вопросов проектирования канализаций и очистки сточных вод должны быть установлены данные о количестве сточных вод каждой категории и состава их. В отношении производственных сточных вод для одних предприятий достаточно иметь сведения о количестве и составе общего стока; это относится к тем предприятиям, у которых производственные сточные воды целесообразно соединять вместе в общий сток с тем, чтобы проводить совместную их обработку. Для других предприятий необходимо устанавливать количество и состав воды каждого стока или группы их для того, чтобы возможно было производить групповую обработку сточных вод.

г) Количество сточных вод, приходящихся на единицу продукции, весьма различно по отдельным отраслям промышленности. Кроме того даже для предприятий одного и того же производства оно подвержено значительным колебаниям; необходимо поэтому получать эти данные от производственников, проверяя их в подлежащих случаях по фактическому расходу на аналогичных предприятиях; тоже относится к составу воды и коэфициенту неравномерности стока.

д) На основании данных о составе и количестве сточных вод всех категорий представится возможным решить вопрос о том, надлежит ли все воды очищать совместно и следовательно иметь одну канализационную сеть или очистку нужно производить раздельную и в соответствии с этим иметь несколько канализационных сетей. В общем следует стремиться устраивать возможно меньшее число сетей, переходя к увеличению их в случае несомненной рациональности такого решения вопроса.

е) В большинстве случаев атмосферные воды с территории заводских площадок отводятся самостоятельно дождевой сетью труб, если эти воды не могут быть отведены по естественному скату местности; в эти же во-

[1] Классификация групп и отраслей промышленности, принятая б. Центральным статистическим управлением с небольшими изменениями.

достоки могут быть отводимы тоже воды конденсационно-охладительные и те „практически-чистые“ воды, отходящие от производственных процессов с таким составом и свойствами, которые удовлетворяют вышеупомянутым санитарным правилам.

Мыльные (банно-прачечные) воды могут быть присоединяемы к водам хозяйственным, если количество мыльных вод не превышает 25% и если для хозяйственных вод требуется применить биологическую очистку. В случае превышения означенного процента мыльных вод — они или должны быть присоединены к водам производственным, если такое присоединение, в зависимости от состава и количества последних вод является рациональным или же мыльные воды должны быть подвергнуты специальной обработке.

Хозяйственные воды не следует присоединять к водам, содержащим много твердых веществ минерального происхождения, так как для обработки осадков тех и других вод требуется применить различные приемы. В некоторых случаях совместная очистка хозяйственных и производственных под является полезной для получения должного результата очистки производственных вод (фабрики сернистого крашения); для отдельных видов производственных сточных вод примесь хозяйственных вод необходима (воды вискозных фабрик, фенольные воды).

ж) Ранее чем приступить к установлению способов очистки сточных вод надлежит проработать вопрос о возможности их утилизации. Необходимость последней может вызываться различными соображениями и между прочим: а) стремлением извлечь пользу от ценных веществ, находящихся в сточных водах; б) использовать теплоту сточных вод; в) наряду с извлечением пользы — облегчить работу очистных сооружений; г) путем широкого применения оборота воды в производстве — уменьшить количество требующейся свежей водопроводной воды.

При экономическом обосновании утилизации сточных вод надлежит учитывать уменьшение стоимости строительных затрат и эксплоатационных расходов на очистные сооружения. При применении оборота воды в производстве необходимо учесть возможные влияния применения такой воды на выход продукции, на изменение ее качества, стоимости и пр.

з) В целях уменьшения затрат необходимо выяснить возможность отделения практических чистых производственных вод для выпуска их без обработки кратчайшим путем в водоем или в дождевые водостоки.

и) Особое внимание следует уделить выяснению местных условий, способствующих применению менее совершенных, а следовательно и более дешевых способов обработки сточных вод, чем те способы, которые следовало бы применять руководясь нормальными санитарными правилами. Проведение этих работ, требующих узкой специализации, целесообразно проводить через соответствующие научно-исследовательские институты.

3) Совместное канализование городских и производственных сточных вод

Многие существующие промпредприятия расположены в городах; с устройством новых мощных промпредприятий одновременно устраиваются и города. Приводимые ниже положения дают современный подход к решению вопроса о совместном канализовании городских и производственных сточных вод.

1. При решении вопроса о способе канализования промышленных предприятий, расположенных в городах, имеющих канализацию, необходимо в первую очередь учесть, что по санитарным соображениям, а во многих случаях по соображениям техническим и экономическим наиболее рациональным разрешением вопроса является присоединение сточных вод промышленных предприятий к городским канализациям.

2. При решении вопроса о канализации промышленных предприятий, расположенных в городах или в других населенных местах, не имеющих канализации или вблизи их, необходимо в первую очередь выяснить с санитарной, технической и экономической сторон вопрос о возможности и целесообразности совместной канализации городских хозяйственных сточных вод и сточных вод промышленных предприятий.

3. Осуществление присоединений сточных вод промышленных предприятий к городским канализациям в настоящее время затруднено тем, что многие существующие городские канализации не рассчитаны на их присоединение полностью, а могут принять лишь сравнительно ограниченные количества этих сточных вод. При проектировании новых городских канализаций следует исходить из необходимости присоединения к городской канализации всех сточных вод промышленных предприятий, расположенных в канализуемом районе, а в надлежащих случаях расположенных и вне этого района.

4. Городам, имеющим канализации, необходимо всемерно содействовать присоединению сточных вод промышленных предприятий к городской канализационной сети. Для облегчения этого надлежит:

а) Не допускать спуска в городскую канализацию конденсационных и охлаждающих вод с городских и промышленных предприятий и использовать таким образом отводоспособность городской канализационной сети для присоединения грязных промышленных вод.

б) В этих же целях наилучшего использования городской канализационной сети — широко применять принцип разделения производственных стоков: а) на „практически чистые“ воды, которые могут быть отведены в водный проток кратчайшим путем непосредственно без всякой обработки или могут быть присоединены к каналам дождевой сети, если таковая имеется в городе и б) на воды грязные, которые должны быть присоединены к городской канализационной сети.

в) При недостаточной пропускной способности сети в обычных условиях ее работы — прораб тать вопрос о возможности присоединения сточных вод промышленных предприятий, при условии устройства регулирующих резервуаров с выпуском сточных вод в городскую канализационную сеть, смотря по надобности равномерно в течение 24 час. или же периодически в часы наиболее облегченной работы канализационной сети.

г) При невозможности дальнейшего использования канализационных устройств для приема сточных вод промышленных предприятий (сети, насосных станций и сооружений для очистки сточных вод) необходимо проработать вопрос о частичном расширении соответствующих канализационных устройств (насосная и очистная станции) или об их добавочном усилении (прокладка труб для отвода промышленных сточных вод до того места городской канализационной сети, в котором отводоспособность их является достаточной).

5. Промышленные сточные воды, присоединенные к городской канализационной сети, должны удовлетворять некоторым общим требованиям, согласно которым эти воды ни сами по себе, ни в смеси со сточными водами городской канализационной сети не должны: 1) служить причиной разрушения или порчи материала канализационной сети; 2) закупоривать канализационную сеть; 3) образовывать или усиливать отложение осадков в сети; 4) выделять в сети дурнопахнущие вредные газы, осложняющие уход за сетью или создающие неблагоприятную санитарную обстановку для окружающего населения; 5) оказывать неблагоприятное влияние на материал металлических труб, насосов, арматуры и прочего оборудования насосных станций; 6) затруднять или делать невозможной очистку сточных вод; неблагоприятно влиять с хозяйственной стороны на сельскохозяйственную продукцию полей орошения, если таковые применены для очистки сточных вод.

6. Оберегая городские канализационные сооружения и исправную работу их от вредного воздействия некоторых видов промышленных сточных вод, необходимо в то же время стремиться к приему общего стока вод промышленного предприятия в городскую канализационную сеть по возможности без всякой предварительной обработки этого стока на территории промышленного предприятия; такая предварительная обработка, проводимая распоряжением промышленного предприятия, не всегда бывает удовлетворительна и потому не достигает цели; требует со стороны города регулярного надзора, во многих случаях приводит к накоплению на территории промышленного предприятия задержанных при предварительной обработке сточной воды в большем количестве отбросов и осадков, часто органического характера, создавая тем антисанитарную, обстановку работы на территории предприятий и в соседстве с ним, требует организации транспорта для отвозки через город отбросов и создает другие неудобства.

Если предварительная обработка сточных вод на территории промышленного предприятия является действительно необходимой, то к такой обработке должны быть предъявлены со стороны города возможно более умеренные требования, исходящие из существа дела, во избежание упомянутых выше неудобств, являющихся следствием предварительной обработки сточных вод на территории промышленного предприятия.

7. В некоторых случаях, когда сточные воды промышленных предприятий без предварительной обработки действительно ухудшают и удорожают эксплоатацию городской канализационной сети или осложняют и удорожают стоимость очистки сточных вод — может оказаться целесообразным не требовать с промышленного предприятия предварительной обработки сточных вод, допуская непосредственный спуск их в городские каналы, но взамен этого взимать с промышленного предприятия за такой спуск плату по повышенному тарифу, обоснованному надлежащими экономическими расчетами, исходящими из повышенных расходов по содержанию сети в порядке или расходов по осложненной очистке сточных вод.

4) Очистка производственных сточных вод предприятий различных отраслей промышленности [1]

а) Производства, сточные воды которых содержат главным образом минеральные загрязнения

I. Стекольные заводы. Стекольные заводы, вырабатывающие оконное, техническое и бутылочное стекло, имеют не вредные в санитарном отношении воды, загрязненные лишь незначительными примесями минерального происхождения (от цехов шлифовального и полировального). Температура производственного стока — 30 — 70°. Охладительные сточные воды (от машин Фурко) используются как воды оборотные. Количество сточных вод на тонну продукции: а) оконного стекла ~0,3 $м^3$ и б) техстекла ~3,6 $м^3$.

В зависимости от местных условий может потребоваться механическая обработка стоков, содержащих повышенное содержание нерастворимых веществ; количество осадка и динамика его выпадения зависят от условий производства и определяются соответственными лабораторными исследованиями.

В хрустальных заводах сточные воды отходят из всех 4 производственных отделений: 1) из отделения гутта — только незагрязненная вода от охлаждения формовок; спуск периодический по мере нагревания; 2) из шлифовального отделения количество нерастворенных веществ весьма большое ~12 000 $мг/л$, из них свыше 90% минеральных; осаждение почти заканчивается в течение 30 мин.; осадок ~2,5% по объему воды 3) из притирочного отде-

[1] За недостаточностью отведенного места приводятся краткие данные только для некоторых отраслей промышленности без описания технологических процессов производства и без чертежей установок.

л е н и я; количество нерастворенных веществ ~ 2 500 *мг/л*; из них 70% минеральных; осаждение заканчивается в течение 30 мин., осадок ~ 0,66%; 4) и з м а т и л ь н о г о отделения — сточные воды после промывки изделий, предварительно погруженных в слабый раствор плавиковой кислоты; самая кислота в сток никогда не выпускается; если в стоке обнаруживается плавиковая кислота (от промывных вод), то должна быть применена нейтрализация ее известью.

Отстойники для производственных сточных вод должны быть устроены раздельные от отстойников для фекально-хозяйственных и мыльных вод.

Относительно весьма вредных сточных вод от газо-генераторных на торфу установок, работающих на многих стекольных заводах смотри ниже. Хозяйственные сточные воды должны очищаться раздельно от производственых стоков завода.

II. К а м е н н о у г о л ь н а я п р о м ы ш л е н н о с т ь. а) Ш а х т н ы е в о д ы — выкачиваемые при добыче угля на поверхность земли отличаются весьма разнообразным составом, даже в шахтах одного и того же каменноугольного района; поэтому в одних случаях они используются для технических целей, в других — за непригодностью для использования спускаются в водоемы; количество сточных вод зависит от местных условий. Сточные воды обычно содержат большое количество хлоридов, особенно хлористого натрия, хлористого калия, сернокислые соли железа и кальция, карбонаты и свободные кислоты (серная).

Если по местным условиям требуется очистка воды, то таковую производят в отстойниках для удаления нерастворимых частиц, а затем нейтрализуют известью. Устранение хлоридов практически является неосуществимым, и с неизбежностью попадания их со сточной водой в проток приходится считаться.

Если шахты не оборудованы надлежаще устроенными и в порядке содержимыми уборными для рабочих, то в шахтных сточных водах, кроме минеральных загрязнений, будут и загрязнения органические.

б) С т о ч н ы е в о д ы о т п р о м ы в к и у г л я. Сточные воды загрязнены огромным количеством нерастворимых веществ (51 000 *мг/л* до 280 000 *мг/л*) минерального характера; по солевому составу воды сильно концентрированы (до 3500 *мг/л*); загрязнение органическими веществами весьма малое.

Сточные воды идут в оборот вновь на моечную машину после обработки в отстойниках; через 2 часа отстаивания осаждается до 5,7% осадка по объему от воды; в отстойниках задерживается до 95—98%.

Имеются специальные типы отстойников системы Имхофа (плоские земляные отстойники с периодически выключаемым[1] дренажем) системы „ОМС“ и др.

Задержанный в отстойниках ил используется после подсушки как топливо.

Хозяйственные сточные воды должны быть очищаемы самостоятельно или совместно с мыльными водами.

в) С т о ч н ы е в о д ы о т г а ш е н и я к о к с а — являются загрязненными; идут после отстаивания как воды оборотные вновь на гашение кокса: количество их на 1 *т* кокса 0,5—0,8 *м*³. Если сточные воды необходимо спускать в водоем, то применяется механическая обработка стоков в отстойниках тех же типов, что и для обработки сточных вод от промывки угля.

г) А т м о с ф е р н ы е в о д ы, с т е к а ю щ и е с о т в а л о в, могут содержать значительное количество сернокислых солей; такая вода опасна для сохранности и долговременной работы кирпичных (швы), а особенно бетонных и железобетонных труб, что и должно быть учтено при выборе материалов для трубопроводов, укладываемых вблизи мест возможного омывания таких трубопроводов просачивающейся водой с отвалов.

III. З а в о д ы ч е р н о й м е т а л л у р г и и — имеют от отдельных цехов сточные воды, отличающиеся по своему составу и по возможностям их использования; канализация устраивается обычно раздельная: а) для вод от промывки колошниковых газов, б) для вод от грануляции шлака, в) для загрязненных вод прокатных цехов, г) для чистых вод мартеновского цеха, д) для вод хозяйственных и мыльных, е) для вод от гашения кокса, если коксовые печи расположены на самом заводе.

А) С т о ч н ы е в о д ы о т п р о м ы в к и к о л о ш н и к о в ы х г а з о в. Доменный газ при выходе из печи уносит с собой значительное количество твердых веществ, так называемую колошниковую пыль (от 5 до 30 *г* на 1 *м*³ газа). Перед дальнейшим использованием газ должен быть очищен от пыли; особо тщательная очистка требуется для газа, идущего к газомоторам; ранее довольствовались доведением количества пыли до 0,24 *г* в 1 *м*³, в настоящее же время требования строже и доходят до 0,02 *г* в 1 *м*³ и менее. Очистка газа ведется: а) ч и с т о с у х и м п у т е м, как очистка грубая, предварительная, б) тонкая очистка по э л е к т р о с т а т и ч е с к о м у м е т о д у, в) сухим путем с применением в о д я н ы х з а т в о р о в, г) м о к р ы м п у т е м и д) к о м б и н и р о в а н н ы м из предыдущих способов.

Для проведения очистки газа по тем способам, при которых образуются сточные воды, имеются много систем различных аппаратов. Во всех них вода, соприкасаясь с газом или вбрызгиваемая в него тонкими струями, поглощает имеющиеся в нем загрязнения.

К о л и ч е с т в о воды, расходуемой на газоочистку, зависит не только от типа аппарата, от той степени чистоты газа, которую необходимо получить, но также и от установленного режима работы всей газоочистной установки; поэтому данные о количестве воды показывают значительные колебания.

Для отдельных аппаратов количество воды на 1 *м*³ газа составляет:

а) в мокрых очистителях системы Körting для каждого брызгала—0.41 *л*;

[1] B ö h m, Промышленные сточные воды. Перевод под редакцией проф. П. С. Белова. М 1932 г.

б) то же системы Schwarz от 4 до 6 *л*;
в) в скрубберах разных систем—от 6 до 13 *л*;
г) в вентиляторах системы Schiele при установке 2 последовательных аппаратов—до 5.5 *л*;
д) в приборе Biap—от 3 до 3,5 *л*,
е) аппарате Theisen—от 1 до 1,5 *л*;
ж) в дезинтеграторе Theisen—от 0,45 до 0,70 *л*.

В полных газоочистительных установках расход воды составляет:

а) при доведении содержания пыли до 0,25 *г* в 1 *м*³—от 3,5 до 4 *л*;
б) при доведения содержания пыли до 0,14 *г* на 1 *м*³ и частью до 0,02 *г*—от 8 до 14 *л*.

По результатам обследования южных металлургических заводов институтом водоснабжения расход на газоочистку, включающую дезинтеграторы Theisen, составлял 8 *л* воды на 1 *м*³ газа.

По заводским данным расход воды по цехам распределяется следующим образом:

а) скруббера дают	90%
б) дезинтеграторы	6%
в) водоотделители	3%
г) уносится с газом	1%
	100%

По проекту Магнитогорского завода при условии очистки газа до 0,01 *г* в 1 *м*³ по способу Theisen расход воды был принят 5 *л* на 1 *м*³ газа.

По данным института водоснабжения для аппаратов Гольдбергер-Вета (сухая очистка с водяными растворами) фактический расход составляет:

а) 0,085 *л* воды на 1 *м*³ газа в летнее время;
б) 0,180 *л* „ „ 1 *м*³ „ в зимнее „

По проекту Магнитогорского завода при очистке газа до 0,01 *г* в 1 *м*³ по способу Гольдбергер — расход воды был принят в 0,9 *л* на 1 *м*³.

По тому же проекту для очистки газа по электростатическому способу Elg принят расход вод в 1,3 *л* на 1 *м*³ газа.

Состав сточных вод. Характерными загрязнителями воды являются:

а) большое количество нерастворимых частиц ~1500 *мг/л* при мокрой газоочистке и до 6000 *мг/л* при сухой с водяными затворами;
б) значительное количество растворимых веществ — до 2500 *мг/л*;
в) значительное количество аммиака (до 26 *мг/л*) и сероводорода (наличие свободного и многосвязанного);
г) большое количество окиси кальция (до 235 *мг/л*);
д) роданистые соединения — во всех пробах (до 17 *мг/л*), цианистые соединения (до 14 *мг/л*) и фенол (следы) встречаются в стоках лишь некоторых заводов.

Выпуск сточных вод — не обработанных в общественные водоемы ведет к загрязнению большим количеством нерастворимых веществ.

Использование сточных вод. Эти воды должны подвергаться обработке в целях повторного их использования для очистки колошниковых газов; в сток они могут поступать или периодически, в случае сильного увеличения их концентрации или же выпуск вод может быть сделан регулярным в таком количестве, чтобы сохранить концентрацию сточной воды на определенной ступени.

Обработка сточной воды ведется механическая, реже с добавлением химических реактивов. Из сооружений чаще всего применяются нейштадтские баки и отстойники системы Дорра. Для расчета могут служить данные: 1) процесс осаждения способных осаждаться нерастворимых веществ заканчивается в течение 1 — 2 час.; поэтому обычно отстойник рассчитывается на время пребывания в нем воды в 1,5 — 2 часа; 2) нерастворимые частицы различаются двух видов: а) черные, грубо взвешенные 94%; б) серые трудно осаждающиеся 6%; 3) в отстойниках нейштадского типа задерживается нерастворимых веществ 90 — 95%; 4) удельный вес сырого осадка 1,40.

Имеются данные о хороших результатах механической обработки сточной воды в отстойниках, рассчитанных так, что на 1 *м*³ сточной очищаемой воды в час приходится 0,8 *м*² зеркала воды в отстойниках.

При добавлении извести эффект очистки может быть повышен, потребная площадь сооружения уменьшена, но взамен этого количество удаляемого осадка возрастает.

Для удаления осадка на отведенные для него места рекомендуется пользоваться пневматическим способом с установкой подъемников „Маммут".

Б) Сточные воды от грануляции шлака. В зависимости от степени обеспеченности завода водою грануляция ведется: 1) на проточной свежей воде, по большей части поступающей от домны после охлаждения фурм, стенок горна и пр.; 2) в одной и той же воде с периодическим добавлением свежей воды в возмещение расхода на испарение, потери и пр.; 3) в проточной оборотной воде, возвращаемой в грануляционные бассейны после надлежащей обработки.

Выпуск шлака в грануляционные бассейны, устраиваемые при каждой домне производится через периоды в 2 часа, продолжительность выпуска и грануляции — 15 мин.

Количество сточных вод зависит от того, применяется свежая вода или оборотная, и какую часть воды, идущую от охлаждения отдельных частей домен, пропускает грануляционный бассейн; при недостатке воды на некоторых заводах — никакого стока от грануляционного бассейна не устраивается. На собственно грануляцию шлака необходимо расходовать свежей воды по 1 *м*³ на *т* шлака; при устройстве центральной грануляции требуется добавочно ~3 *м*³ воды на 1 *т* шлака для транспортировки его к сборнику.

Состав сточных вод. Концентрация сточных вод зависит от того количества воды, которое пропускается через грануляционные бассейны и потому числовые данные по со

ставу воды подвержены весьма большим колебаниям.

Характерными загрязнителями являются: а) шлак и шлаковый песок (от 35 до 700 *мг/л*); б) сероводород (*S* от 100 до 2500 *мг/л*); в) окись кальция (от 90 до 650 *мг/л*).

В некоторых случаях отмечается наличие роданистых соединений (3—4 *мг/л*); цианистых соединений и фенола не обнаруживается.

Выпуск необработанных вод в водоемы ведет к образованию отмелей.

Обработка сточной воды из грануляционных бассейнов, желобов и с площадок при гранулировании в вагонах — обычно ведется в отстойниках механическим путем; при проектировании необходимо учесть, что шлаковый песок благодаря примеси воздуха частью будет находиться в воде отстойника во взвешенном состоянии и может всплывать на поверхность воды. Имеются специальные конструкции отстойников (см. Böhm).

Количество выпадающего осадка зависит от концентрации воды и колеблется в широких пределах от 0,1 до 2,5%, считая по объему воды.

Главная масса осадка выпадает в сосуде высотою 40 *см* в течение 5 мин; в продолжение следующих 1 ч. 25 м. процент осадка увеличивается лишь на 0,1%.

Использование сточных вод. Сточные воды грануляционных бассейнов и работающих на проточной воде могут быть вновь поданы для использования при грануляции.

В) Сточные воды прокатных цехов содержат в качестве загрязнителей масло и окалину; температура воды 30 — 40°. Эти воды поступают в колодцы, расположенные непосредственно под прокатными станами. Количество окалины от 100 до 200 *мг/л* выпадает в осадок черно-бурого цвета через 20 — 30 мин. Очистку воды, откачиваемой из колодцев надлежит вести в отстойниках; имеются специальные типы отстойников для одновременного осаждения мелких частиц окалины и удаления масла (см. Böhm). Вода может вновь подаваться в оборот на прокатные станы; в этом случае рекомендуется проводить более тщательную дополнительную обработку ее, пропуская через пруды для осаждения от остатков окалины.

IV. Сточные воды металлической промышленности. Наиболее характерным загрязнением сточных вод заводов по обработке металлов являются кислоты, употребляемые для протравки изделий на гвоздильных и проволочных заводах, эмалировальных производствах, цинковальных заводах и пр.

Гвоздильные заводы[1]. В сток могут поступать: 1) отработанные растворы серной кислоты; количество их — 0,4 $м^3$ на 1 *т* продукции; 2) промывные воды после травления (0,6 $м^3$ на 1 тонну); 3) отработанные известковые воды (0,1 $м^3$ на 1 *т*); 4) воды от охлаждения проволоки, протягиваемой через волочильные доски (0,12 $м^3$ на 1 *т*).

[1] С. А. Ивомеянов, „О сточных водах гвоздильных заводов и их утилизации". „Санитарная техника" № 4 1931 г.

Общий сток имеет кислую реакцию. Лишь при наличии мощного протока и благоприятных местных условиях, возможен спуск сточных вод без обработки. В большинстве случаев требуется нейтрализация путем добавления окиси кальция (35 — 40 *г* на литр); в результате—выделение огромного количества гидрата закиси; отстаивание медленное; по объему осадок занимает около 75% объема воды.

Возможно применение раздельного метода обработки сточной воды: 1) отработанные растворы кислоты с целью утилизации ее надлежит выпаривать; 2) оставшийся маточный раствор надлежит подвергать нейтрализации совместно с водами от охлаждения проволоки и 3) промывные воды нужно нейтрализовать отдельно, причем для этой нейтрализации могут быть использованы известковые воды.

Этот метод утилизации сточных вод является особенно целесообразным для тех производств, сточные воды которых содержат в себе соли ценных металлов.

V. Сточные воды содово-аммиачных заводов. В кальцинированном цехе (при работе по способу Сольве) получаются: 1) сточные воды от охлаждения аммиака; 2) сточные воды от процесса промывки углекислого газа.

Количество всех сточных вод на 1 *т* продукции ~ 52 $м^3$, в том числе количество грязных вод на 1 *т* составляет ~ 11,5 $м^3$.

Отбросом производства, подлежащим также удалению с территории завода, является сток, содержащий хлоро-кальциевый щелок, известь и поваренную соль; количество этого щелока ~ 15 $м^3$ на 1 тонну продукции.

В каустическом цехе получаются сточные воды: 1) при получении феррита; используются как оборотные; 2) при выпарке в вакуум-аппаратах; поступают в сток; 3) из вакуум-аппаратов воды от охлаждения; д) конденсат от компрессоров и 4) сток от операция красного каустика.

Количество сточных вод на 1 *т* продукции составляет ~ 34 $м^3$.

Все стоки от производства соды (за исключением хлоро кальциевых щелочей) по химическому своему составу являются чистыми; высокая стабильность, почти нейтральная реакция, количество нерастворимых веществ — все это удовлетворяет нормам Наркомздрава; не удовлетворяет лишь малая прозрачность.

Сток хлоро-кальциевого щелока сильно загрязнен; количество нерастворенных веществ ~ 68 460 *мг/л*, сухой остаток 163 600 *мг/л*, окись кальция 40820 *мг/л*, хлориды—87 150 *мг/л*, осадок через 2 часа—от 10 до 15% по объему.

Канализация устраивается раздельная: 1) сеть для всех производственных вод кроме хлоро-кальциевых щелоков; при благоприятных условиях спуск в реку без обработки; 2) коллектор для хлоро-кальциевых щелоков; способ утилизации их не разработан; способ очистки также; щелока спускаются в особые накопные бассейны (так называемое „Белое море"), служащие вместе с тем и отстойниками.

В настоящее время в больших химических комбинатах будут применяться такие технологические процессы производства, при которых хлоро-кальциевых щелоков получаться не будет.

3) Канализационная сеть для хозяйственно-фекальных вод с утилизацией или очисткой их до той степени чистоты, которая диктуется местными условиями.

б) Производства, сточные воды которых содержат главным образом органические загрязнения

I. Мыловаренные заводы. Сточные воды отходят из отделений: 1) салото-пенного—конденсат от растапливания жиров острым паром, после отстаивания и слива слоя жира; 2) расщепительного—иногда применяют предварительную промывку жиров 3—5%-ным раствором серной кислоты; в этом случае промывные воды идут в сток; туда же направляется конденсат пара от процесса выпаривания глицериновых и промывных вод; холодильные и конденсационные воды из вакуум-аппаратов; 3) мыловаренного—маточный раствор щелоков при изготовлении ядрового мыла путем высаливания клеевого мыла в растворе поваренной соли; эти воды наиболее загрязнены; жироподобных веществ 0,5—1%; поваренной соли—10%; соды, едкого натра ~1% и много белковых веществ; 4) холодильного—чистые воды от охлаждения.

Коэфициент неравномерности общего стока ~1,7. Общее количество сточных вод на 1 *т* продукции ~11 $м^3$ за исключением количества сточных вод от холодильного отделения—остальных вод 3 $м^3$ на 1 *т* продукции.

Воды характеризуются данными: 1) объем осадка из стока за исключением вод холодильного отделения ~0,2% от объема воды через 1 час отстаивания; 2) общее количество перастворенных веществ в тех же водах—200 *мг/л*, большая часть летучих; 3) реакция щелочная; 4) окисляемость в фильтрованной воде 214 *мг/л*, потребление кислорода 12 *мг/л*.

Очистка сточных вод ведется в отстойниках с добавлением химических реактивов; дозировка устанавливается в зависимости от состава и концентрации сточной воды.

II. Сахарные заводы. Применяется раздельная обработка для трех групп сточных вод [1].

А. Барометрические конденсационные воды; количество 600—900% от веса свеклы; температура 40—60°. По составу мало отличается от водопроводной воды; неиспользуемая часть отводится в проток.

Б. Транспортирно-моечные воды; количество 500—700% при однократном использовании; при многократном—в сток 200% и менее. Загрязнены главным образом нерастворенными веществами (до 2000 *мг/л*), большая часть минеральных (~80%).

В Германии (Böhm, стр. 144 и далее) обработка раздельная: а) на специальных аппаратах для удаления травы и соломы (отбросов ~0,5% по весу свеклы); б) на других аппаратах для улавливания свекловичных хвостиков (по 1—2% по весу свеклы) и в) в отстойниках контактного и проточного типа специальных конструкций; иногда из сточной воды до поступления в отстойник удаляется особыми аппаратами песок (~1/3 общего грязового осадка). Эффект осветления 98—99%. На заводах СССР транспортирно-моечные воды пропускают через решетки с просветами 10—20 *мм* в земляные отстойники; количество осадка через 2 часа отстаивания 5%; объем грязевой части отстойников рассчитывается на всю производственную кампанию (120 дней), глубина отстойников 1,5 — 2 *м*. Удаление осадка вывозом и помощью подъемников „Мамут".

В. Диффузионные (количество 140% от веса перерабатываемой свеклы), жомовые (30%), прессовые (60%), лаверные (20%), фильтр-прессная грязь (12%), воды отмойки мешков, салфеток, лабораторные и проч. (13%)—всего в количестве 280%, как воды сильно загрязненные органическими веществами очищаются на полях орошения. В Германии диффузионные и прессовые воды предварительно очищаются на специальных аппаратах от пульпы (Böhm, стр. 150). Распространенная схема очистки в СССР: сточные воды поступают в сборник; применяемые механические мешалки уравнивают состав; емкость сборника рассчитывается на 3—5-минутный приток воды с коэфициентом не равномерности ~1,2; глубина—2 *м*. Из сборника воды насосом подаются в отстойник для предварительной обработки; вместе с этими водами иногда перекачивается осадок транспортно-моечной грязи (~10%); для проточной части емкость рассчитывается на 3-суточный приток воды; глубина отстойников 2 *м*. По данным инж. Слясского считают, что для переработки свеклы 4000 *ц* необходимо иметь площадь полей при песчаной почве 9 *га* и при суглинистой—17 *га*: при переработке 5000 *ц*—соответственно 11—22 *га*; при переработке 6000 *ц* соответственно 13—26 *га* и при переработке 8000 *ц*—соответственно 17—34 *га*.

Эти данные соответствуют примерно нагрузке 80—90 $м^3$ на 1 *га* для песчаной почвы и 40—45 $м^3$ для суглинистой почвы; данные близко подходят к германским (Böhm, стр. 155).

Общее количество всей расходуемой воды на 1 *ц* свеклы равно 1—1,5 $м^3$; в сток всего поступает до 0,90—1 $м^3$. Хозяйственные сточные воды целесообразно присоединять к водам, направляемым на поля орошения.

III. Чесальные фабрики [1]. Сточные воды получаются от горячей промывки шерсти водой с омыляющими растворителями (сода, мыло, углекислый алюминий и др.).

Цель промывки: 1) удалить с шерсти естественный жиро-пот, состоящий из жиро-

[1] По исследованиям Инотитута водоснабжения и данным проф. И. Е. Душкого и инж. Б. В. Колесико, Материалы к устройству приспособлений для очистки сточных вод на сахарных заводах. Киев 1929.

[1] Разработано при ближайшем участии хим. З. А. Арон.

вого вещества (ланолин в соединении с поташом и хлористым кальцием), и 2) удалить загрязнения в виде песка, глины и пр.

Количество сточных вод зависит от способа мойки, сорта шерсти, степени ее загрязненности; в среднем количество сточных вод равно:

1) Для грязной мериносовой шерсти: а) при заварке и промывке ~ 0,015 $м^3$ на 1 $кг$ шерсти и б) при промывке без заварки ~ 0,024 $м^3$.

2) Для полумытой мериносовой шерсти — при промывке без заварки ~ 0,012 $м^3$.

3) Для грубой шерсти—при промывке без заварки ~ 0,006 $м^3$. Содержание жира в 1 $м^3$ сточной воды—от 0,7% до 4,5%; содержание поташа—от 0,20 до 0,27%. На 1 $кг$ шерсти содержится жира от 0,012 до 0,150 $кг$ и поташа от 0,013 до 0,050 $кг$.

Ланолин представляет большую ценность; регенерация его необходима как в целях охраны водоемов, так и для извлечения выгоды; регенерацию (по лабораторным исследованиям) возможно проводить: а) механическим вспениванием или продуванием воздуха; выход жира 40%, стоимость добычи 8,3 коп. за 1 $кг$: б) сепарированием при содержании жира в воде 0,75%, выход жира 60%, стоимость добычи 51 коп. за 1 $кг$; в) то же при содержании жира в воде—4,5%, стоимость 1 $кг$—11,69 коп., выход жира 60%; г) при химической обработке хлористым кальцием при содержании жира 0,75% стоимость равна 7,8 коп. без очистки и 17,03 коп. с очисткой, выход жира—100%; д) то же при содержании жира в 4,5%—стоимость 1 $кг$—5,4 коп. без очистки и 14,6 коп. с очисткой, выход жира—100%.

Регенерация поташа рентабельна на больших чесальных и в местах заготовки шерсти.

Для очистки сточных вод применимы: а) механическая обработка (решетки, щетки, валы и другие специальные приборы), отстаивание в течение 16 — 24 час., продувание воздуха; б) химическая обработка—добавление извести и в) биологическая очистка после предварительной химической обработки.

IV. Суконные фабрики [1]. Сточные воды получаются: 1) от промывки сукон водою с омыляющими растворителями или сукновальной глиной с целью удаления жира, нанесенного на волокно при смеске и 2) от промывки сукон после крашения и карбонизации.

Количество сточных вод: а) от промывки тонких сукон ~ 0,50 $м^3$ на 1 $кг$; б) от промывки грубых сукон ~ 0,012 — 0,037 $м^3$, в) от карбонизации ~ 0,0002 $м^3$ и г) от крашения ~ 0,110 $м^3$.

Состав сточных вод зависит от сорта жира и волокна, употреблявшихся при смеске, от способов удаления жира (сода или глина) и от природы красителей. Содержание жира в 1 $м^3$ в сточной воде от обработки: а) грубых сукон ~ 0,2 — 0,8% (по весу); б) тонких сукон ~ 0,3 — 0,9% (по весу). Содержание соды от обработки: а) грубых сукон ~ 0,05 — 1,3% (по весу); б) тонких сукон ~ 0,05 — 0,1% (по весу); содержание шерстяного сбоя от обработки: а) грубых сукон ~ 0,004% (по весу) и б) тонких сукон ~ 0,070% (по весу).

Регенерация целесообразна только олеина, если он употребляется в производстве, и шерстяного сбоя — для фетровой промышленности и для смесок.

Для очистки сточных вод применимы те же методы, что и для вод чесальных фабрик; если необходимо вести биологическую очистку сточных вод и в производстве употреблялась глинка, то предварительную обработку можно проводить механическим отстаиванием сточной воды в течение 20 — 30 мин., так как сама глинка является хорошим коагулянтом.

V. Первичная обработка льна [1]. Сточные воды при тепловой мочке льна получаются в 1) мочильном и 2) в отжимном отделениях завода.

Количество сточных вод, приходящееся на 1 $т$ перерабатываемой соломы, колеблется от 10 до 30 $м^3$; в отдельных случаях это количество значительно выше (до 50 $м^3$).

Состав сточных вод: количество нерастворимых веществ сильно колеблется от ~ 146 $мг/л$ до ~ 1320 $мг/л$; объем осадка от 0,5 до 2,0% в течение 2 час.; летучая часть нерастворимых веществ 80 — 90%; количество растворимых веществ от 1480 до 2200 $мг/л$, из них 60% приходится на органическую часть; характерные загрязнители: кислоты жирного ряда, соли фосфора, кальция и калия.

Спуск сточных вод в водоем без обработки недопустим ввиду высокой потребности их в кислороде (от 1900 до 2400 $мг/л$).

Утилизация сточных вод возможна для агрикультурных целей; необходимо добавление азотистых удобрений; в некоторых случаях может потребоваться предварительная нейтрализация сточных вод.

Очистка — только механическая помощью отстаивания, а также с добавлением химических реактивов (известь, железный купорос, сернокислый глинозем) не дает удовлетворительных результатов — вода загнивает.

По лабораторным исследованиям на контактных окислителях биологическая очистка возможна; необходимо предварительно нейтрализовать органические кислоты сточной воды добавлением к ней извести с таким расчетом, чтобы после нейтрализации pH было бы равно около 8; при начальном pH = 4,8 — 6,3 количество добавляемой CaO ~ 250 $мг/л$; при начальном pH = 3,75 — 4 — количество требующейся CaO должно быть около 600 $мг/л$.

После нейтрализации — отстой в течение 2 час.

Отношение объема окислительного материала к суточному количеству очищаемой воды бралось 6:1; очистка облегчается: а) при продувании окислителя воздухом; б) при раз-

[1] Разработано при ближайшем участии химика З. А. Арон.

[1] Разработано при ближайшем участии химика Л. В. Евлаиовой.

бавлении чистой водой сточной воды после нейтрализации и отстаивания; в) при добавлении фекальной воды в количестве не меньшем 10% от количества очищаемой воды; прибавление хлористого аммония тоже весьма полезно (около 70 *мг/л*); среднее понижение окисляемости от 80 до 84%.

Использование сточной воды для технологического процесса мочки льна по аэрационному способу, предложенному инж. Д. И. Шпилевым, дает вполне удовлетворительные результаты в отношении получения волокна надлежащего качества; по этому способу мочка льна ведется в течение всей кампании в одной и той же воде в особых аппаратах; сточных вод при этом почти не получается; лишь в конце кампании необходимо удалить концентрированную жидкость от мочки вывозкою или перекачкою ее на поля.

VI. Целлюлозно-бумажное производство [1]. Целлюлозные заводы. Основная масса сточных вод получается при: 1) варке щепы — 10 $м^3/т$ продукции; 2) обработке сырья и получении целюллозы — 400 $м^3/т$.; 3) получении варочной кислоты — воды главным образом охлаждающие, количество их весьма непостоянно, так как зависит от климатических условий, времени года и т. д.; 4) паросиловом хозяйстве — воды конденсационно-охладительные.

Количества сточных вод на единицу продукции весьма различны по заводам Союза и даже в пределах одного и того же завода подвержены значительным колебаниям. Объясняется это различием установленной на заводах аппаратуры, сырьем, использованием в различной мере оборотных вод и пр. По данным практики на 1 *т* продукции получается от 200 до 550 $м^3$ сточной жидкости.

По проекту Союзбумаги расход воды на 1 *т* продукции должен быть:

при выработке сульфатной — небеленой целлюлозы	200 $м^3$
при выработке сульфатной — беленой целлюлозы	350 „
при отбелке сульфатной целлюлозы	200 „

Коефициент неравномерности общего стока 2—2,5 (для небольших заводов); загрязненными являются стоки 1 и 2, причем особо сильное загрязнение имеют стоки варочных котлов. Основными загрязнителями являются отработанные варочные щелока, кислоты, волокна целлюлозы, SO_2 в связанном и отчасти в свободном состоянии и пр. Именно эти стоки при их обезвреживании вызывают наибольшие трудности.

Обработка сточных вод варочного цеха принципиально возможна механическим, химическим и биологическим методами. Практического осуществления ни один из этих методов в заводском масштабе в Союзе не получил благодаря чрезвычайно высокой стоимости их устройства и особенно вксплоатации.

Утилизация ценных веществ из сточных вод варочных котлов (использование щелоков как топлива; применение их для гудронирования дорог; получения спирта; получение из щелоков заполнителей при дублении кожи и пр.) хотя и возможна, но широкого практического применения в Союзе еще не получила. (В настоящее время находится в работе опытный завод по получению из щелоков дубителей.)

Нормально на некоторых заводах утилизируется из сточных вод варочного цеха крупные отбросы-сучки и волокно из стока отжимной машины.

Для улавливания сучков применяют обычные горизонтальные отстойники, со временем протока в них сточной жидкости 10—15 минут при $v = 50—75$ *мм/с*. Средняя глубина отстойников до $\sim 2—2{,}5$ *м*. Эффект задержания достигает 90—95%. Уловленные сучки из отстойника удаляются обычно вручную.

Наиболее ценным и в то же время легко улавливаемым отбросом в сточных водах целлюлозных заводов является целлюлозное волокно. Количество его в воде подвержено значительным колебаниям от 430 до 4700 *мг/л*. Волокно крупное (длина 2500—3300 микр., толщина 24—49 микр). Задержано оно может быть сооружениями, работающими или по принципу отстаивания или по принципу фильтрования. Более компактные вторые, поэтому они чаще и применяются.

Наиболее распространенными сооружениями, работающими под вакуумом 100—350 *мм* рт. ст., являются ячейковые фильтры [1] Вольфа. Основная рабочая деталь фильтра — сетчатый барабан, погружен в ванну со сточной водой, поступающей сюда беспрерывно. Барабан вращается со скоростью 1,5—2,0 об/мин.; Производительность фильтра характеризуется 50 $м^3$ *в час* на 1 $м^2$ фильтрующей поверхности барабана. (По данным фирмы — производительность ~ 100 $м^3/час$ на 1 $м^2$.)

Эффект задержания волокна весьма высок, до 99,3 % (при сетке барабана № 65). Фильтры работают тем лучше, чем выше концентрация (по волокну) сточных вод. Задерживающаяся на сетке барабана масса волокна отжимается обрезненным валиком и снимается металлическим ножем.

Бумажные фабрики. Основная масса сточных вод получается от: 1) корообдирки; 2) древесномассного цеха; 3) сортировок; 4) бумажных машин; 5) по большинству цехов получаются всякого рода смывные и промывные сточные воды и 6) от паросилового хозяйства — конденсационно-охладительные воды.

Количество сточных вод, не включая сточные воды корообдирки и конденсационные-охладительные, на единицу продукции по бумажным фабрикам, составляет в среднем 200 $м^3$ на 1 *т*, при колебании от 83 до 293 $м^3$, из них сточные воды от бумажных машин составляют 50%.

[1] Этот отдел составлен инж. А. П. Жуковым.

[1] Гутман Б. Б. и Грибов Б. П., „Ноцользование сточных вод“ — журн. „Бумажник-практик“ № 2—3, 1931. Жуков А. И., „Работа и расчет ловушек Фойта и фильтров Вольфа“ — Труды ВНИИ Вод. и Сан. Техн., 1932.

По проекту Союзбумаги расход воды на 1 *т* продукции должен быть:

При выработке оберточной бумаги — ~316 *м*³
„ „ газетной „ — ~311 „
„ „ печатной „ — ~316 — 336 *м*³
(в зависимости от сорта).

Значительное колебание в количестве сточных вод на 1 *т* продукции объясняется главным образом тем или иным относительным количеством производственных вод, используемых в качестве оборотных.

Коэфициент неравномерности общего стока производственных вод ~1,0.

Загрязненными являются стоки 1; 2; 3 и 4.

По своему характеру загрязнения 1-го стока отличаются от загрязнений остальных, которые между собою весьма близки.

Основными загрязнителями сточных вод корообдирки являются: древесная кора (в большом количестве), щепки древесины, смола, песок, ил и пр.

Загрязнители остальных стоков — главным образом волокно, каолин, минеральные кислоты, остатки красителей, смола и пр. Концентрация сточных вод по взвешенным веществам колеблется от 1000 до 1750 *мг/л*, из них органическая часть составляет 65 — 80%.

Обработка сточных вод бумажной промышленности производится механическим способом в отстойниках или на фильтрах. И в том и в другом случаях наряду с санитарным моментом стоит момент утилизационный. Утилизируется на большинстве фабрик только лишь волокно из сточных вод от бумажных машин как самое ценное.

Волокно стоков древесномассного отдела утилизируется реже, а кора стока корообдирки не утилизируется вовсе. Попытки применить ее на топливо, строительный материал, получение дубителей и пр. в практическом масштабе не осуществлены.

Отстойники применяются горизонтальные, вертикальные и комбинированные. Расчетные нормы диктуются свойствами осадка сточной жидкости. При 2-часовом отстаивании выпавший осадок составляет 20% от объема воды. Около 90% всего осадка выпадает через 15 мин. Скорость падения частиц осадка — 0,23 — 1,12 *мм/сек*.

Горизонтальные отстойники (по опытам Института водоснабжения и санитарной техники) небольшой глубины могут дать эффект осветления сточной жидкости 90% при времени протока 30 мин. и скорости протока до 10 *мм/сек*.

Вертикальные отстойники. Конусные ловушки Фюльнера расчитываются на время протока 1,5 часа (на 1 *м*³/*мин*. сточных вод — 100 *м*³ объема ловушки), но удовлетворительный эффект осветления получается только лишь при 2,5-часовом протоке.

Комбинированные отстойники-ловушки Фойта рассчитываются (по данным фирмы) на время протока 2,5 часа. Однако удовлетворительный эффект осветления ~90% дают только лишь при протоке ~6 час.

Расчет ловушек Фойта следует вести по принципу вертикальных отстойников, с тем, чтобы на 1 *м*³/*сек* притока сточных вод рабочая поверхность ловушки (площадь в плане) составляла 4000 *м*³.

Осадок из комбинированных ловушек собирается скребками и удаляется для утилизации центробежными насосами. В конических ловушках осадок сползает по наклонным стенкам самопроизвольно.

Осветленная сточная жидкость используется обратно в производстве, где заменяет свежую воду.

Фильтры для бумажных сточных вод применяются тех же конструкций, что и для сточных вод целлюлозных заводов.

Пропускная способность фильтров не свыше 20 *м*³/*час* на 1 *м*² рабочей поверхности сетки (по данным фирмы ~50 *м*³/*час* на 1 *м*²). Эффект работы фильтров при сетке № 100 всего лишь ~60% и при особо тщательном уходе за ними — до 80%.

Фекально-хозяйственные стоки с территорий целлюлозно бумажных предприятий обрабатываются отдельно.

Конденсационно-охладительные воды могут быть выпущены в водоем без очистки.

в) Производства, сточные воды которых содержат смешанные загрязнения, частью органические, частью минеральные

I. Углехимические заводы. Сточные воды получаются во всех пяти основных цехах: 1) обогатительной фабрике (вода после мойки угля), 2) коксовых печах (вода от гашения кокса), 3) аммиачном заводе, 4) бензольном заводе и 5) смолоперегонном заводе.

Сточные воды первых двух цехов обычно используются как воды оборотные.

Количество остальных сточных вод (аммиачного, бензольного и смолоперегонного заводов), приходящееся на 1 *т* перерабатываемого кокса, подвержено большим колебаниям в зависимости от свойств кокса, от технологических процессов, применяемых на заводах, от системы аппаратуры, режима производств и тех продуктов, которые получаются на аммиачном заводе, а также какое количество отходящих вод используется в качестве вод оборотных; по этим соображениям количество сточных вод и их состав должны быть задаваемы производственниками. Для ориентировки приводятся данные по проекту одного из последних по постройке заводов: 1) при работе на аммиачную воду общее количество отходящих вод составляет ~12,5 *м*³ на 1 *т* перерабатываемого в сутки кокса; большая часть воды используется как вода оборотная; по одному варианту использования воды в качестве оборотной — количество вод, идущих в сток, составляет ~3,6 *м*³ на 1 *т* кокса; по другому ~0,6 *м*³; 2) при работе на сульфат — общее количество сточных вод ~15,2 *м*³ на 1 *т* кокса; количество воды, поступающей в сток, ~0,4 *м*³.

Характерными загрязнителями сточных вод являются фенол, цианистые и роданистые соединения; сточные воды отличаются высокой потребностью в кислороде и в поглощении иода. По характеру загрязнений

сточные воды могут быть разбиты на две группы: 1) загрязненные фенолами и 2) не загрязненные фенолами.

Содержание специфических загрязнений для сточных вод отдельных заводов сильно колеблется: а) по фенолам — от 200 до 1650 *мг/л*; б) по цианистым соединениям от 0 до 80 *мг/л* и в) по роданистым соединениям от 40 до 650 *мг/л*. Сточные воды содержат большое количество смолы. Сточные воды, не содержащие фенола, загрязнены незначительно и если не используются в производстве, то служат водами, разжижающими фенольные стоки.

Влияние выпуска сточных вод в водоем резко отрицательное; ничтожные доли содержания фенолов в воде (1 : 100 000 000) после хлорирования дает водопроводной воде неприятный вкус; тело рыбы получает запах, делающий ее несъедобной.

Борьба с фенолами в сточных водах идет двумя путями: а) использованием фенолов путем устройства обесфеноливающих установок; удаление фенола при этом не идет далее 80 — 90 %; для заводов в условиях СССР вопрос целесообразности применения обесфеноливания в настоящее время находится в стадии разработки; б) разрушение фенолов — на биологической станции после основательного удаления смолы.

Смолоуловители устраиваются в форме простейших типов проточных отстойников; скорость движения воды ~ 2 *мм/сек*; длина отстойника 30 *м*; что соответствует теоретическому времени протока воды через отстойник в ~ 4 час; процент задержания смолы 90%; смола возвращается на производство используется для нужд заводов и для других целей (по данным Украинского института сооружений).

Лабораторные исследования Института водоснабжения указали, что:

1. Окисление фенола, при содержании его в сточной воде в количестве около 80 *мг/л* на всех системах проточных окислителей, происходит полностью с одинаковой интенсивностью, выражающейся примерно 10 *г* фенола в один час одним кубометром материала окислителя; контактные трехгупенные окислители дают меньший эффект: около 3 *г* в час на один кубометр окислителя. Наиболее высокий эффект очистки до незагниваемости и 99 % стабильности при максимальном содержании фенола в 200 *мг/л* дают вращающиеся биофильтры системы инженера Шпилева.

2. Распад фенола и очистка воды идут в условии проточного пруда при скорости течения 0,046 *м/сек* в течение 96 час.

3. Песчаные фильтры (поля фильтрации) высотой в 1 *м* при нагрузке из расчета 500 $м^3$ на 1 *га* в сутки воды, содержащей по 100 *мг/л* фенола, давали удовлетворительный результат в течение 7 мес.; в дальнейшем очистка ухудшилась.

4. Процесс самоочищения водоемов, содержащих фенол в количестве около 80 *мг/л* до десятых и сотых долей *мг/л* происходит в течение 3 — 4 суток.

Н. Газификация торфа и бурого угля [1]. Сточные воды получаются в процессе очистки получаемого газа: 1) при сухой очистке от конденсации смолы и воды и 2) при мокрой очистке от нейтрализации воды после охлаждения газа.

Все означенные воды носят название вод подсмольных.

Количество и состав их зависят от сорта и состава топлива, степени влажности его, аппаратуры и режима работы газогенераторных установок.

Приводимые ниже данные являются ориентировочными.

Количество конденсата и подсмольной воды на 1 *т* топлива: а) при газификации торфа (при фактически наблюдавшейся влажности его в 50 — 53%) — от 0,29 до 0,40 $м^3$; количество смолы при газификации торфа на 1 *т* — от 0,07 до 0,10 $м^3$; удельный вес 1,028.

Состав конденсата и подсмольных вод от газификации торфа характеризуется: а) значительным количеством тяжелой смолы по всему ходу газоотвода, б) содержанием фенола в количестве от 7000 до 12 000 *мг/л*, в) содержанием жирных кислот от 2 000 до 15 000 *мг/л*.

Метод определения реакции этих вод ввиду совместного присутствия пиридиновых оснований и органических кислот жирного ряда до настоящего времени не разработан.

Характерными данными по составу сточных вод от газификации бурого угля являются: а) большое количество легко отделяющихся полужидких смол; б) большое количество сульфатов и в) содержание фенолов от 1000 до 2000 *мг/л*.

Методы использования ценных веществ находятся в стадии проработки.

По отношению к малоизученному и находящемуся также в стадии проработки вопросу об очистке сточных вод от газификации торфа до настоящего времени выяснено, что:

1) наилучшим способом удаления тяжелых смол является отстаивание; 2) благоприятным фактором для отстаивания является смешение всех стоков и некоторое разбавление их холодильными водами; 3) при отстаивании выделяется от 50 до 60% смолы по объему; 4) время полного отстаивания для суточной смеси от 10 до 12 часов; 5) обработка известью неотстоенной воды не дает положительных результатов; 6) биологическая очистка возможна после хорошего отстаивания и после разбавления фекальной и холодильной водами в отношении 1 : 500 с нагрузкой по фенолу от 90 до 30 *мг/л*; 7) биологическая очистка подсмольных вод от газификации бурого угля возможна после удаления смолы и разбавления стока фекальной водой в отношении 1 : 25 при нагрузке по фенолу до 70 *мг/л*; 8) для очистки на биологических шлаковых окислителях необходима предварительная и длительная подготовка фильтров фекальной водой и потом постепенное привыкание их к фенолу.

---

[1] Составлено при ближайшем участии химика З. А. Арон.

Ш. Химико-фармацевтическая промышленность. Отдельные заводы этой отрасли промышленности весьма отличны друг от друга как по характеру вырабатываемой продукции, так и по ассортименту ее; все это отражается на количестве сточных вод и на их составе.

На одном из группы заводов СССР вырабатывается свыше 700 отдельных препаратов и среди них: виннокислые соли, щавелевокислые соли, красная и желтая кровяные соли, борная кислота, уротропин, висмутовые препараты, ртутные препараты (сулема, каломель, амидо-хлорная ртуть), фосфорные препараты, соли бария, алюминия, хрома, хлорное железо, сернистый натр, сальварсан, фитин, сульфат калия и натрия, молочная кислота и пр.

Количество сточных вод на 1 *кг/л* общей продукции составляет от 0,084 до 0,097 $м^3$, коэфициент неравномерности стока ~ 2; значительную часть сточных вод составляют воды, чистые от охлаждения; остальные воды получаются от мытья аппаратуры, так как весьма часто одна и та же аппаратура служит для производства различнейших препаратов и должна быть тщательно промыта при перемене изготовляемого продукта; в сток поступают также остатки различных химических соединений, в том числе соединения ртутные, висмутовые соли, фосфорные препараты и пр.

Состав вод общего стока характеризуется данными: реакция щелочная (от 10 до 14 $см^3$ нормальной кислоты); количество нерастворенных веществ очень большое, от 360 до 980 *мг/л*; летучая часть осадка от 30 до 50%; объемный процент осадка через 1 час — от 0,6 до 1,7%, но в отдельных случаях повышается до 3,5 — 4,5%, через 2 часа объемный процент осадка несколько спускается и составляет от 0,60 до 1,50%, повышаясь в отдельных случаях до 2,80 — 4,40%; по сухому остатку сточные воды очень концентрированы (от 2000 до 3000 *мг/л*); почти всегда в наличии сероводород, фосфор и нитраты; иногда обнаруживается присутствие тяжелых металлов.

Лабораторные исследования указали, что при механическом отстаивании достигается хороший эффект в отношении удаления нерастворенных веществ, в том числе тяжелых металлов; сероводород остается; время отстаивания для удовлетворения нормам Наркомздрава по нерастворенным веществам должно быть равно ~ 6 час.; при 2-часовом отстаивании удаляется от 20 до 70% нерастворенных веществ.

Для удаления сероводорода из сточной воды после отстаивания может быть применена аэрация, при одночасовой аэрации удаляется 60% сероводорода; при двухчасовой — сероводород удаляется полностью; на 1 $м^3$ воды расход 42 — 44 $м^3$ воздуха.

Для той же цели удаления сероводорода возможно применить химический способ (обработка путем добавления сернокислого железа) ~ 320 *мг/л*.

После 6-часового отстаивания и удаления сероводорода сточная вода может удовлетворять нормам Наркомздрава.

Характеристика сточных вод некоторых производств:

1) хлороформ — сточные воды отходят: а) при получении хлороформа (холодильные и воды содержащие известь — хлор, спирт и хлороформ); при очистке хлороформа (воды холодильные).

2) вискозные колпачки; сточные воды: 1) от отработанной восстановительной ванны (сернокислый цинк, глюкоза, серная кислота в слабом растворе), 2) воды, содержащие остатки тех веществ, которые входили в состав восстановительной ванны;

3) перекись-водорода воды от промывки сернокислого бария; реакция слабокислая;

4) органо-препаративное производство (изготовление препаратов из желез животных); сточная вода от промывки желез; содержит мелкое количество органических веществ и минеральных солей;

5) производство пластырей, настоек, парафинированной бумаги и пр.; сточные моечные воды содержат незначительное количество растворенных и нерастворенных веществ (остатки сырья, трав и пр.);

6) производства: ампульное, таблеточное, сапожного крема — сточных вод не дают.

IV. Фабрики [1] искусственного волокна. Сточные воды вискозного производства получаются в отделениях: 1) содовом 100 *л/кг* готовой продукции; 2) ксантатном 130 *л/кг*; 3) вискозном 20 *л/кг*; 4) прядильном 60 *л/кг*; 5) моечном 130 *л/кг*; 6) отбельно-красильном 580 *л/кг* и 7) паро-силового хозяйства — воды конденсационно-охлаждающие.

Общее количество сточных вод на 1 *кг* готовой продукции — 1000 — 1500 *л*, коэфициент неравномерности колеблется от 1,25 до 2,5 в зависимости от оборудования отбельно-красильного отделения.

Все перечисленные выше стоки, за исключением стока 7 загрязнены, основными загрязнителями являются: 1) целлюлоза ~ 112 *мг/л*; 2) едкий натр ~ 106 *мг/л*; 3) серная кислота ~404 *мг/л*; 4) сульфат натра ~ 115 *мг/л*; 5) сульфат цинка; 6) сероводород ~ 20 *мг/л*.

Примечание. Количество сточных вод, характер загрязнителей и их количество всецело зависят от технологического процесса и оборудования производственных цехов. В каждом отдельном случае они должны быть указаны технологами. Приведенные выше цифры являются ориентировочными.

Обычно на фабриках получается некоторое, ~ 17%, количество практически чистых производственных сточных вод, однако выделять их не следует, так как они являются разбавителем общего стока, обычно сильно концентрированного.

Обрабатываются производственные сточные воды биологическим способом. Только механическая или механо-химическая обработки не дают положительных результатов, хотя и применяются в практике.

По лабораторным исследованиям Института водоснабжения и санитарной техники биологическая обработка сточных вод идет на всех

[1] Этот отдел составлен инж. А. П. Жуковым.

видах очистных сооружений для биологической очистки при условиях надлежащей предварительной обработки сточной жидкости. Последняя достигается или химически (прибавление $CaO \sim 200$ *мг/л* и $FeSO_4 \sim 40$ *мг/л*) и затем отстаиванием, или прибавлением к производственным сточным водам — фекально-хозяйственных сточных вод в количестве 10 — 25% с последующим отстаиванием. Лучшие результаты получаются в последнем случае — с фекально-хозяйственными сточными водами, прибавленными в количестве 25%.

Полученные результаты характеризуются следующими цифрами понижения основных ингредиентов: окисляемость на 71 — 91% для контактных окислителей и 89—91% для аэротанков; потребление кислорода 82 — 96% для контактн. окислит. для аэротанков 91 — 95%. Стабильность в приведенных случаях — 99%.

Вопросы нормативных данных для определения размеров очистных сооружений и допустимых нагрузок на них в настоящее время еще окончательно не установлены, а лабораторные данные проверяются на опытной станции полузаводского масштаба.

ЛИТЕРАТУРА ПО ОЧИСТКЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД [1]

I. Общие данные

1. Проф. П. С. Белов, Промышленные сточные воды и их очистка (Труды II Всес. (XIV) Вод. и С. Т. съезда, 1927).
2. М. М. Калабина, Влияние щелочности промышленных сточных вод на развитие организмов (Там же и Труды III Всес. (XV) Вод. и С. Т. съезда, 1929).
3. Проф. В. А. Дроздов, Применение активного ила для очистки промышленных сточных вод „Сан. тех." № 3, 1929).
4. Проф. П. С. Белов, Совместное канализование и очистка производственных и хозяйственных сточных вод (Докл. IV Всес. Вод. и С. Т. съезду, 1931).
5. Его же, Центральный ком. по охране водоемов от загрязнения промышленными сточными водами, его задача и деятельность (Москва, 1926).
6. Его же, Работа Всес. научно-исследовательского института Вод. и С. Т. в области водоснабжения, канализации и очистки сточных вод за период 1930/31 г.; (Докл. на IV Всес. Вод. и С. Т. Съезде в Свердловске, 1931 г. (печатается).
7. „Исследование реки Москвы" (Отчет Комитета по охране водоемов от загрязнения; Москва 1913, стр. 539—600; то же, Отчет 1014 г., отр. 322—390).
8. „Исследование реки Яузы" (Отчет 1913 г., отр. 601—606; Отчет 1915 г. отр. 189).
9. „Обзор иностранного законодательства по охране водоемов и почвы от загрязнения" (Отчет 1915 г. стр. 263—277).
10. „Обзор иностранного законодательства по охране водных источников от загрязнения" (Отчет 1913 г., стр. 609—679).
11. А. К. Клепиков, О результатах обследования количества и характера сточных вод промышленных предприятий Москвы и пригородных земских районов (Труды Сов. по очистке сточных вод при канализац. МКХ, Москва 1980).
12. В. М. Сафронова. Значение прибавления сточных хозяйственных вод при биологической очистке промышленных сточных вод (Труды Сов. по очистке сточн. вод при Управлении канализац. Москвы. Москва 1930).

II. Сточные воды текстильной промышленности

1. Проф. А. И. Россолимо, Сточные воды сернистого крашения и их очистка, (Труды 2 Всес. (XIV) Вод. и С. Т. съезда).
2. Об очищении сточных вод от крашения хлопка и бумажной пряжи серистыми красками (там же, стр. 103—113).
3. Инж. С. Несмеянов, К вопросу об очистке сточных вод Иваново-Вознесенска („Сан. Тех." № 4, 1929).
4. Инж. А. М. Архангельский и инж. П. Ф. Богомолов, О задачах оздоровления Твери в связи с возможными методами очистки и отвода фабричных текстильных и городских фекальных вод с весьма значительным преобладанием фабричных вод (Труды 1 Всес. Вод. и С. Т. съезда, 1925).
5. и 6. Инж. Ф. А. Данилов, Сточные воды, получаемые при белении хлопчатобумажных тканей („Сан. Тех." № 4, 1927). Очистка сточных вод, содержащих анилиновые краски (там же).
7. Инж. Г. Г. Либау, Очистка сточных фабричных вод по способу Прейбиша в Саксонии (Отч. Врем. комитета по изысканию мер к охране водоемов от загрязнения, Москва 1913, стр. 3).
8. Опытная очистная установка сист. Прейбиша для очищения красильных сточных вод (Отчет 1914 г., стр. 116—167; Отчет 1915 г., стр. 43—83; там же. стр. 153).
9. „Очистная установка красильно-отделочной фабрики по сист. Вналя" (там же, стр. 119; Отчет 1914 г., стр. 85—104).
10. „Очищение сточных вод отбельно-красильно-ситцепечатной фабрики химическим осаждением" (там же, стр. 182).
11. „Поля фильтрации для очистки сточных вод бумажной фабрики" (там же, отр. 202; Отчет 1914 г., стр. 168—226).
12. „Поля фильтрации для очищения красильных сточных вод шерстоткацкой фабрики" (там же, стр. 134—151).
13. „Исследование фабричных сточных вод" (там же, стр. 226—307).
14. „Исследование сточных вод шелкокрутильной и шелкокрасильной фабрики"; (Отчет Врем. комитета по охране водоемов от загрязнения, 1915, отр. 163—173).
15. „Исследование сточных вод суконной фабрики" (там же, стр. 173—183).
16. „Исследование р. Уводи, принимающей сточные воды ивановознесенских фабрик" (там же, стр. 316—518).
17. „Исследование р. Вязьмы" (там же, стр. 519—530).
18. „Исследование р. Тьмаки (там же, стр. 607).
19. „Исследование р. Клязьмы" (Отчет 1915 г., стр. 239—280).
20. „Исследование р. Серой" (Отчет 1914 г., стр. 247—296).
21. „Исследование р. Сетуни" (Отчет 1914 г., стр. 313—331).
22. Отчет постановлений I Всесоюзной конференции по очистке сточных вод текстильной промышленности под редакцией проф. П. С. Белова (Москва 1930).
23. Инж. В. А. Бараш, Егорьевская опытная очистная станция.
24. Его же, Опыты ототанвания смеси производственных и хозяйственных вод (Труды Сов. по очистке сточных вод при управлении канализ. Москвы, М. 1930).
25. „Санитарно-гигиеническое обследование реки Клязьмы в пределах Богородского и Орехово-Зуевского уездов Моск. губ." (Труды сан. инст. Мосздрав. им. Ф. Ф. Эрисмана. Вып. III. М. 1928. Статьи Г. П. Долгова,— В. Н. Кононова, С. В. Уотинова, М. Г. Пышкина. С. В. Бруевич, М. А. Суражевского и И. Р. Хецрова).

III. Сточные воды кожевенной промышленности

1. Проф. П. С. Белов, Сточные воды кожевенных заводов и различные методы очистки этих вод (Труды I Всес. Вод. и С. Т. съезда, 1925).
2. „Биологический фильтр для очистки сточных вод кожевенного завода" (Отчет Врем. комитета по изысканию мер к охране водоемов от загрязнения, Москва. 1913).
3. Инж. Ф. А. Данилов, Сточные воды кожевенных заводов („Сан. тех." № 3, 1927).

[1] Опубликованная на русском языке. Список не является полным.

4. Проф. В. Ф. Пвапов, Опыты по добыванию газа из осадка сточных вод 3 кожзавода в Одессе („Сан. тех." № 4, 1929).
5. Л. Ф. Кабакова, Лабораторные опыты по добыванию газа из общего стока кожевенного завода красного дубления (Доклад IV Всес. Вод. и С. Т. съезда, Свердловск, 1931 (печатается), Труды Всес. научно-исследоват. инст. водоснабж. и сантехники).
6. „Сборник материалов по очистке сточных вод кожевенных заводов" под редакцией проф. П. С. Белова (Москва 1927).
7. То же, выпуск II (Москва 1930).
8. „Материалы по очистке промышленных сточных вод" (Труды Всеукраинского комитета по охране водоемов от загрязнения, Одесса 1930 г.).
9. Инж. А. И. Жуков, Вертикальные отстойники для сточных вод („Сан. тех." № 4, 1931).

IV. Сточные воды бумажной промышленности

1. И. П. Храмцов, Сточные воды сульфит-целлюлозных заводов (журн. „Бумажная промышленность" № 2, 1922),
2. Инж. Ф. А. Данилов, Очистка сточных вод от производства целлюлозы, писчебумажных и карточных фабрик („Сан. Тех." № 2, 1927).
3. М. М. Калабина, Сульфит-целлюлозные щелока как питательный субстракт для плесневых грибов Труды III Всес. Вод. и С. Т. съезда, 1925).
4. „Материалы по очистке сточных вод бумажной промышленности" (Труды Центр. комитета водохранения, вып. I; Москва 1928).
5. То же (Выпуск II; Москва 1930).
6. Инж. А. И. Жуков, Удаление волокон из сточных вод бумажных и целлюлозных фабрик (Доклад IV Всес. Вод. и С. Т. съезда; (Труды Всес. научно-исследоват. Инст. водоснабжения и сан. техники. 1931).
7. Инж. А. И. Жуков, Работа и расчет ловушек Фойта и фильтров Вольфа (очистка сточных вод бумажной промышленности) (Труды Всес. научно-исследов. Инст. водоснабж. и санит. техники под общей редакцией проф. П. С. Белова, 1932).

V. Сточные воды угле-химической промышленности

1. Проф. Л. М. Горовиц-Власова, К вопросу о способах устранения фенолов из сточных вод в связи с хлорированием речных вод (Труды III Всес. (XV) Вод. и С. Т. съезда, 1929).
2. Проф. П. С. Белов, Современное положение вопроса о способах устранения сточных вод коксо-химического производства (Доклад IV Всес. Вод. и С. Т. съезду, 1931 (печатается); Труды Всес. научно-исследовательск. ин-та водоснабжения и сан. техники).
3. Р. М. Иоффе и А. И. Комарова-Рыбникова, (ответствен. руководитель Л. Ф. Кабакова под редакц. пр ф. С. А. Вознесенского), Исследования состава и очистки в лабораторных условиях сточных вод коксобензольных заводов (Доклад IV Всес. В д. и С. Т. ъезду, 1931 (печатается); Труды Всес. научно-исследоват. ин-та водоснабжения и сан. техники).
4. Проф. П. П. Данилов, Вредное ли от применения сточных фенольных Вод для гашения кокса (Доклад IV Всес. вод. и С. Т. съезду, 1931 (печатается); Труды Всес. научно-исследовательского ин-та водоснабжения и сав. техники).
5. М. М. Калабина, Распад фенола в отоячих и текущих водоемах (Доклад IV Всес. год. и С. Т. съезду, 1931 (печатается); Труды Всесоюзного научно-исследовательского ин-та водоснабжения и сап. техники).
0. М. М. Калабина, Природа распада фенола (Доклада IV Всес. Вод. и С. Т. съезду, 1931 (печатается). Труды Всесоюзного научно-исследовательского ин-та водоснабжения и сап. техники).
7. Проф. В. А. Углов, К вопросу об очистке фенольных сточных вод („Гиг. и впид. № 4—5, 1930).
8. Инж. Кондратьев, Як очищати водостоки вiд фенолу („Проф. мед." № 3—4, 1929).
9. П. П. Фадеев, Результаты санитарно-биологического осмотра р. Донца и некоторых связанных с ним водоемов в районе станций: Рубежная, Переезднал — Юго-пост. ж. д. (Труды Донецкой научн. экспедиции № 1, 1930).

VI. Сточные воды металлургических заводов

1. Р. М. Горкови, А. М. Гольденберг, Б. М. Шкляр, К вопросу о влиянии сточных вод металлургических заводов им. Ленина в Петровского на загрязнение реки Днепра Труды III Всес. (XV) Вод. и С. Т. съезда, 1929).

VII. Сточные воды заводов по обработке металлов

1. Инж. С. Шесмеянов, О сточных водах гвоздильных заводов и их утилизации („Сан. тех." № 4, 1931).
2. „Исследование р. Шкин" Отчет 1914 г., стр. 297—314).

VIII. Сточные воды сахарных заводов

1. П. Г. Душский, О деятельности экспертной комиссии по очистке сточных вод сахарных заводов (Труды VIII Русского Вод. съезда, 1907 г.).
2. Отчет о деятельности экспертной комиссии, Киев, 1912.
3. Инж.-техн. Ф. А. Данилов. Биологическая очистка сточных вод сахарных заводов (Записки Киевск. Отдел. русск. техн. о-ва, т. XXXVII, № 5, Киев 1907).
4. Проф. П. Г. Душский и В. В. Коленко, Материалы к устройству приспособлений для очистки сточных вод на сахарных заводах (Киев 1929).

IX. Сточные воды заводов первичной обработки льна

1. „Материалы по очистке сточных вод заводов первичной обработки льна" (Труды Пен р. Ком. Вод. под общей редакцией проф. П. С. Белова и спец. редакц. проф. А. И. Россолимо статьи П. С. Белова, А. И. Россолимо, А. И. Евлановой. Москва 1928).

X. Сточные воды фабрик искусственного шелка

1. „Очистная установка для очистки сточных вод фабрики для приготовления искусственного шелка" (Отчет Ррем. комитета по охране водоемов от загрязнения, Москва 1915, стр. 126—133).

Инж. *А. Н. НЕКЛЮДОВ*

V. СТОИМОСТЬ НАРУЖНЫХ КАНАЛИЗАЦИЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ [1]

1. Стоимость канализаций в целом

1. Канализации фекально-хозяйственные с расходом от 6000 до 100 $м^3$ в сутки.

На 1 $м^3$ суточного расхода . . от 250 до 600 руб.

2. Канализации промышленно-ливневых вод при площади бассейна стока от 25 до 150 *га*.

На 1 *га* площади [2] стока от 10 000 до 5 000 руб.

Примечания: 1. В означенную стоимость не входит стоимость очистных сооружений.
2. Меньшие цифры стоимости относятся к более крупным сооружениям канализации, большие — к более мелким.

2. Стоимость очистных сооружений

1. Механическая очистка в зависимости от числа последовательных процессов очистки и размеров сооружений на суточную производительность от 6000 до 500 $м^3$ в сутки.

На 1 $м^3$ суточной производительности . . . . . от 75 до 200 руб.

2. Биологическая и смешанная (биологическо-механическая) очистка в зависимости от числа последовательных процессов очистки, местных условий и размеров сооружений на суточную производительность от 6000 до 400 $м^3$ в сутки.

На 1 $м^3$ суточной производительности. . . . . от 80 до 500 руб.

3. Стоимость отдельных элементов (сооружений)

1) Сети канализации

1. Прокладка труб и капалов (см. таблицы 161 и 162).
2. Колодцы сетей
а) круглые, кирпичные и бетонные (см. соседний столбец);
б) Колодцы прямоугольные, при заглублении лотка на 2,5 *м* от поверхности земли, внутренней кубатурой от 4 до 30 $м^3$, в зависимости от материала (кирпич, бетон, железобетон) грунтов и размеров колодца.

За 1 $м^3$ внутренней кубатуры. от 50 до 190 руб.

Примечание. Меньшая стоимость соответствует бо́льшим размерам и сухим грунтам, бо́льшая стоимость — малым размерам и слабым грунтам (плывун).
в) Дождеприемники кирпичные с железными решетками

На один дождеприемник . . . . . 200 руб.
3. Основания под коллекторы:
а) песчаные
за 1 $м^3$ основания . . . . . 15 руб.
б) бетонные
за 1 $м^3$ основания . . . . . 55 руб.
в) щебеночные
за 1 $м^3$ основания . . . . . 40 руб.

2) Насосные станции канализации

1. Здания насосных станций канализации см. здания насосных станций водоснабжения.
2. Оборудование зданий насосных станций агрегатами и трубопроводом с фасонными частями и задвижками см. оборудование насосных станций водоснабжения.

Таблица 161

Стоимость смотровых колодцев

Внутр. диаметр колодца	Конструкция стен колодца	Глубина лотка от поверхн. земли 2,50 *м*		Стоимость углубления колодца на каждые 0,50 *м*	
		в сухом грунте	в плывуне	в сухом грунте	в плывуне
0,70 *м*	Кирпичные толщ. 1/2 кирп.	150,00	—	25,00 [1]	—
	Кирпичные толщ. 1 кирп.	180,00	350,00	30,00 [1]	90,00 [1]
	Бетонные кольца	140,00	300,0	30,00 [1]	75,00 [1]
1,00 *м*	Кирпичные толщ. 1/2 кирп.	210,00	—	30,00 [1]	—
	Кирпичные толщ. 1 кирп.	335,00	530,00	35,00 [1]	115,00 [1]
	Бетонные кольца	200,00	445,00	35,00 [1]	100,00 [1]

3. Оборудование насосных станций механическими приспособлениями (решетка, грабли, дробилка, подъемники) в зависимости от величины насосной станция и сложности оборудования:

для одной станции . . . . . от 50 до 15 000 руб. [2]

3) Приемные резервуары при насосных станциях канализации (отдельно стоящие)

1. Железобетонные резервуары без жел.-бет. перекрытия, внутренней кубатурой от 38,0 до 380,0 $м^3$.

За 1 $м^3$ внутренней кубатуры . . . . от 150 до 35 руб.

2. Надстройки (шатры) над резервуарами:
а) кирпичные и бетонные, внешней кубатурой от до 600 $м^3$

на 1 $м^3$ внешней кубатуры шатра . . от 100 до 30 руб.

б) деревянные каркасовой системы с двухсторонней обшивкой тесом и засыпкой между ним термолитовой изоляцией, внешней кубатурой от 20 до 150 $м^3$

на 1 $м^3$ наружной кубатуры . . . . . от 40 до 32 руб.

Примечание: При односторонней обшивке без термолитовой засыпки на 30% дешевле.

3. Оборудование резервуаров в зависимости от сложности их

на один резервуар . . . . . от 1000 до 20000 руб.

4) Эмшерские колодцы

1. Эмшерские колодцы железобетонные, емкостью (внутренней кубатурой) от 140 до 300 $м^3$ в сухом оредней плотности грунте с земляными работами:

На 1 $м^3$ емкости . . . . . от 80 до 40 руб.

[1] По данным производственных омет Водоканалпроекта.
[2] По данным производственных омет Металлострой-проекта.

[1] Цифры стоимости средние, считая заглубление до 5 *м*.
[2] Ввиду крайнего разнообразия оборудования не представляется возможным сообщить более точные цифровые сведения.

Таблица 162

Стоимость прокладки каналивационных труб и каналов в сухих грунтах средней плотности на глубине 2,5 *м* до лотна трубы со всеми земляными работами

Материал труб	H/d	125	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Коллекторы из гончарных труб	2,5	11,10	12,3	14,8	17,2	20,4	23,6	27,1	33,3	37,9	43,5	51,1	61,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3,0	13,3	14,2	16,7	19,1	22,3	25,7	29,2	35,4	40,3	45,9	53,5	64,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4,0	17,5	18,4	21,2	23,6	26,8	30,5	34,0	40,2	45,8	51,4	59,0	69,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5,0	22,1	28,0	26,1	28,5	31,7	35,7	39,2	45,4	51,5	57,1	64,7	75,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6,0	27,3	28,2	31,6	34,0	37,2	41,5	45,0	61,2	58,1	60,0	71,3	81,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7,0	32,9	34,8	37,6	40,0	43,2	47,9	51,4	57,6	65,4	71,0	78,6	89,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Коллекторы из бетонных (d = 125—450 *мм*) и жел. бет. труб (d = от 500 до 2000)	2,5	10,80	12,0	13,8	14,3	16,8	19,5	22,0	24,6	28,6	—	36,0	—	43,5	52,9	60,9	69,40	90,4	112,0	204,0	222,0	317,0
	3,0	12,7	13,9	15,7	16,2	18,7	21,3	24,1	26,7	32,3	—	38,4	—	45,9	55,6	63,6	72,0	93,6	116,0	208,0	227,0	322,0
	4,0	16,9	18,1	20,2	20,7	23,2	26,4	28,9	31,5	37,8	—	43,9	—	51,4	62,0	70,0	78,8	101,8	126,0	219,0	239,0	334,0
	5,0	21,5	22,7	25,1	25,6	28,1	31,6	34,1	36,7	48,5	—	49,6	—	57,1	68,5	76,5	85,9	110,2	137,0	230,0	253,0	348,0
	6,0	26,7	27,9	30,6	31,1	33,6	37,4	39,9	42,5	50,1	—	56,2	—	63,7	78,5	86,5	96,6	123,1	153,0	247,0	272,0	367,0
	7,0	32,3	33,5	36,6	37,1	39,6	43,8	40,3	51,0	67,4	—	63,50	—	71,0	82,5	93,5	107,0	134,8	168,0	259,0	291,0	386,0
Каналы из кирпича	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	124,5	136,2	160,0	185,0	210,0	238,0	257,0
	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	127,9	139,6	163,6	188,0	215,0	243,0	262,0
	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	136,4	148,1	173,1	198,0	226,0	255,0	275,0
	5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	145,2	156,9	183,0	208,0	237,0	268,0	288,0
	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	158,6	170,3	198,0	223,0	254,0	288,0	308,0
	7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	170,9	182,6	212,0	236,0	262,0	306,0	325,0

Примечание. Жел.-бет. трубы диам. от 500 до 1400 *мм* — звеновые, от 1600 *мм* и более — непрерывные.

Таблица 163

Для ориентировочного перехода и другим грунтам (твердый, сухой, мокрый, плывун)

Материал труб	H/d	125	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	800	900	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000
Стоимость прокладки труб без земляных работ: гончарные	—	3,60	4,5	6,5	9,0	12,2	15,0	18,2	24,7	27,8	33,5	41,1	51,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
бет. и ж.-б.	—	3,00	4,2	5,6	6,1	8,6	10,9	13,4	16,0	18,6	—	26,0	—	33,5	41,5	49,5	58,7	75,2	92,9	183,3	198,5	293,5
кирпичные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	108,6	120,4	142,2	166,8	190,1	214,3	233,8
Коэфиц. перехода к иным грунтам: тверд. сух.	—	1,12	1,12	1,15	1,15	1,15	1,15	1,18	1,18	1,18	1,2	1,2	1,2	1,22	1,22	1,22	1,25	1,25	1,25	1,3	1,4	1,5
мокрый	—	1,25	1,25	1,25	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,35	1,35	1,38	1,38	1,4	1,4	1,5	1,6
плывун	—	4,9	4,9	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,50	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,2

Примечание. Для грубого перехода к другому грунту твердому, сухому, мокрому или плывуну), следует из стоимости по табл. 162 вычесть стоимость труб по табл. 163, разность умножить на коэфициент перехода для соответствующего грунта и снова добавить стоимость прокладки труб без земляных работ по табл. 163.

2. Оборудование эмшерских колодцев в зависимости от размеров колодца

На один колодец . . . . . от 400 до 2500 руб.

5) Биофильтры

1. Биофильтры со шлаковой загрузкой в кирпичных ажурных стенках между кирпичными столбами на бетонном полу с бетонными решетками с железобетонным разводящим лотком.

На 1 $м^3$ шлаковой загрузки . . . . . от 40 до 30 руб.

2. То же, но с жел.-бет. столбами и стенками:

На 1 $м^3$ шлаковой загрузки . . . . . от 40 до 50 руб.

3. Оборудование биофильтра оросителями:

а) системы „Фиддпан" в зависимости от пролета (от 3,0 до 6,0 $м$)

на каждый „Фиддпан" . . . . . от 4500 до 8700 руб.

б) спринклерами

На 1 $м^2$ орошаемой поверхности . . . от 10 до 15 руб.

4. Оборудование биофильтров трубопроводом в зависимости от сложности его:

На один биофильтр . . . . . от 300 до 1000 руб.

5. Здания над биофильтрами (шатры)

а) кирпичные и жел.-бетонные-каркасные с заполнением кирпичом, наружной кубатурой от 200 до 2000 $м^3$.

На 1 $м^3$ наружной кубатуры . . . . . от 60 до 18 руб.

б) деревянные-каркасные с обшивкой с двух сторон тесом и термолитовой засыпкой, кубатурой от 200 до 2000 $м^3$.

На 1 $м^3$ наружной кубатуры . . . . . от 30 до 12 руб.

6) Поля фильтрации и иловые площадки

1. Поля фильтрации в зависимости от количества земляных работ и системы дренажа (канавы, трубы) с устройством валов и разводящих лотков с задвижками.

За 1 *га* площади полей . . . . . от 8000 до 45000 руб.

2. Иловые площадки в зависимости от количества земляных работ, качества верхнего грунта, густоты сети дренажа, материала разводящих лотков, системы удаления ила (узкоколейки) и т. д. со всеми земляными и другими работами.

За 1 $м^2$ карты:

а при естественно-фильтрующем верхнем слое (песчаная почва) . . . . . от 1 до 5 руб.

б) при искусственном фильтрующем слое (привозной песок, привозной гравий) . . . . . от 10 до 25 руб.

7) Дезинфекторы

1. Устройство железобетонных дезинфекторов, внутренней полезной емкостью от 40 до 200 $м^3$.

На 1 $м^3$ емкости . . . . . от 180 до 60 руб.

2. Реагентные хозяйства канализации при очистных сооружениях:

а) здания см. насосные станции и шатры.

б) оборудование реагентных хозяйств

большие . . от 1000 до 15000 руб.
малые . . . „ 800 до 1000 „

в) оборудование хлораторами

на один хлоратор около . . . . . 3000 руб.

ВНУТРЕННИЕ И НАРУЖНЫЕ ВОДОСТОКИ

Инж. *А. И. ШНЕЕРОВ*

А. ВНУТРЕННИЕ ВОДОСТОКИ

1. Общая часть

Современная строительная техника допускает подведение под общую крышу значительных площадей. Имеется целый ряд промышленных корпусов, где в силу происходящего технологического процесса площадь пола достигает нескольких гектаров. Разрешение задачи надлежащей освещенности требует устройства дополнительного освещения, так называемого верхнего света, достигаемого устройством специальных световых фонарей. Это приводит к специальным конструкциям крыши и перекрытий. Следует отметить следующие наиболее распространенные типы:

1) Перекрытие понд, иначе называемое „бабочка" (от американского butterfly), известное также под именем перекрытия с М-образным фонарем.

2) Перекрытие с так называемым А-образным фонарем. По своей конструктивности и ряду преимуществ по сравнению с другими типами перекрытия этот вид начинает все шире внедряться в строительную практику.

3) Шедовые перекрытия, фонари которых в разрезе представляют повторяющиеся двускатные крыши, со стронами (скатами), наклоненными под различными углами к горизонту.

4) Перекрытие, так называемое русский понд, конструкция которого состоит из фонарей с перемежающимися элементами, имеющими скат то в одну, то в другую сторону.

5) Перекрытия, называемые в силу своего малого наклона к горизонту плоскими.

Из наиболее употребляемых, для устройства кровли промышленных зданий, материалов следует указать: дерево руберойд, кровельный толь, гольцемент и пр. (значительно реже железо). Выбор конструкции перекрытия зависит от производственного процесса, конструктивных особенностей и экономических соображений.

Одним из основных требований, предъявляемых к кровле, является обеспечение быстрого и надежного отвода воды, достигаемого устройством желоба или соответствующим наклоном кровли. Особого внимания требует конструктивное разрешение сопряжения кровли с световым фонарем и устройство желоба, так как в этих местах создается опасность водонепроницаемости. Застой воды на кровле приводит к ее разрушению. В силу конструктивных особенностей ряда перекрытий практикуемый у нас способ отвода атмосферных осадков помощью водосточных наружных желобов не всегда может быть применен. В нашу строительную практику все шире начинает внедряться отвод атмосферных осадков системой внутренних водостоков. Имеются мнения отдельных специалистов и учреждений (Брудняк А. Б., инж., К вопросу об устройстве водоспусков в зданиях. „Бюллетень Л. О. ВИС" № 17) за полное применение системы внутренних водостоков во всех производственных корпусах с бесчердачным перекрытием.

При проектировании внутренних водостоков требуется:

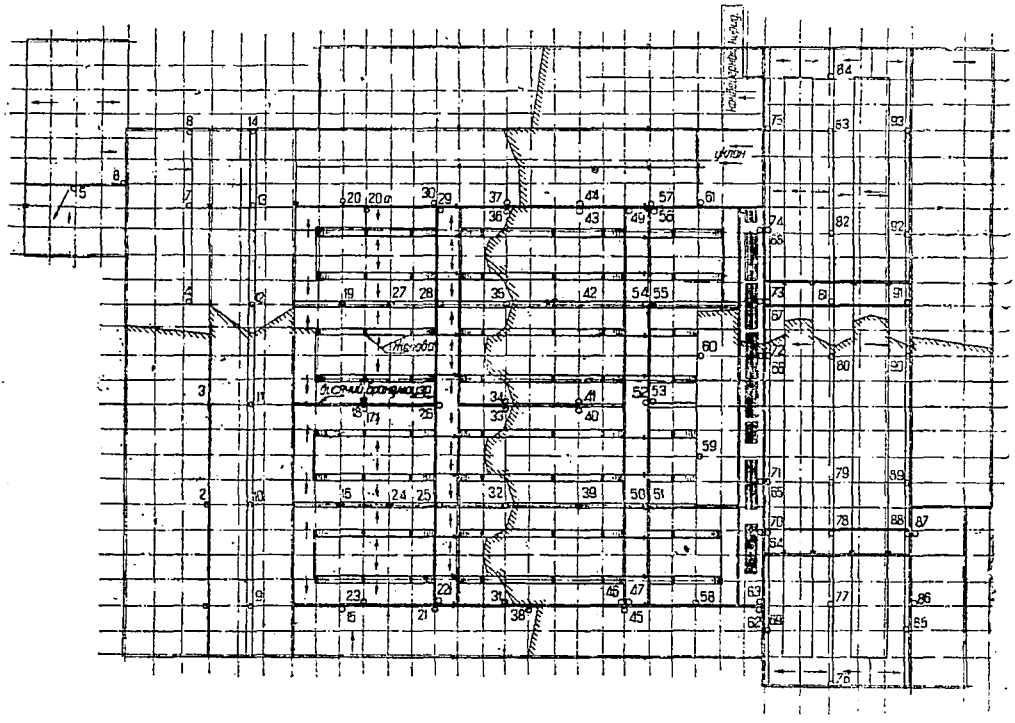
а) определить площадь стока крыши;
б) определить количество выпавших и принятых сетью осадков;
в) расставить приемники дождевой воды — водосточные воронки и протрассировать сеть внутри здания;
г) рассчитать систему по одному из рациональных, оправдавших себя на практике методов.

Область внутренних водостоков требует совместной работы санитарного техника и архитектора в проектной конторе, а на производстве соответствующих производителей работ.

При проектировании основной упор должен быть сделан на рациональное размещение водосточных воронок на крыше, на обеспечение водонепроницаемости в месте прохода воронки

через перекрытие, на целесообразную расстановку внутренних водосточных стояков, на прокладку подземной сети (увязанную с технологическим процессом в здании) и на возможность надлежащей эксплоатации системы в будущем.

Принимаемые водостоками атмосферные осадки должны быть удалены за пределы здания. Это достигается путем присоединения внутренней водосточной сети к подземной сети наружных (дворовых) водостоков. Когда, в силу конструктивных особенностей крыши, требуется внутренний отвод воды, при отсутствии наружной сети, выпуск может быть осуществлен в поверхностные лотки, отводящие ливневые воды. В случае неблагоприятных топографических условий, не позволяющих



Фиг. 448. План крыши с водосточными воронками.

спуск атмосферных осадков непосредственно в наружные лотки, и при отсутствии внешней сети прибегают к устройству скопных бассейнов с последующим удалением из них воды.

Внутри здания независимо от того, какая применена наружная система—общесплавная или раздельная—требуется наличие двух отдельных сетей, одной для фекальных и промывных вод и другой для приема атмосферных осадков. Воспрещается использование одной из внутренних систем для обслуживания нужд другой. Так, внутрь здания к ливневой сети не может быть присоединен ни один санитарный прибор; водосточные стояки не могут быть использованы в качестве вытяжных труб фекальной канализации, и сеть фекальной канализации не должна принимать атмосферные осадки. Следовательно при общесплавной системе наружной канализации внутри корпуса все же имеется полная раздельная система. Внутренняя сеть водостоков, до присоединения к наружной, часто требует установки гидравлического затвора (сифона), препятствующего проникновению газов в систему. В тех случаях, когда в силу местных условий приходится осуществлять выпуск осадков, принятых внутренней системой, в поверхностные лотки, установка сифонов не применяется.

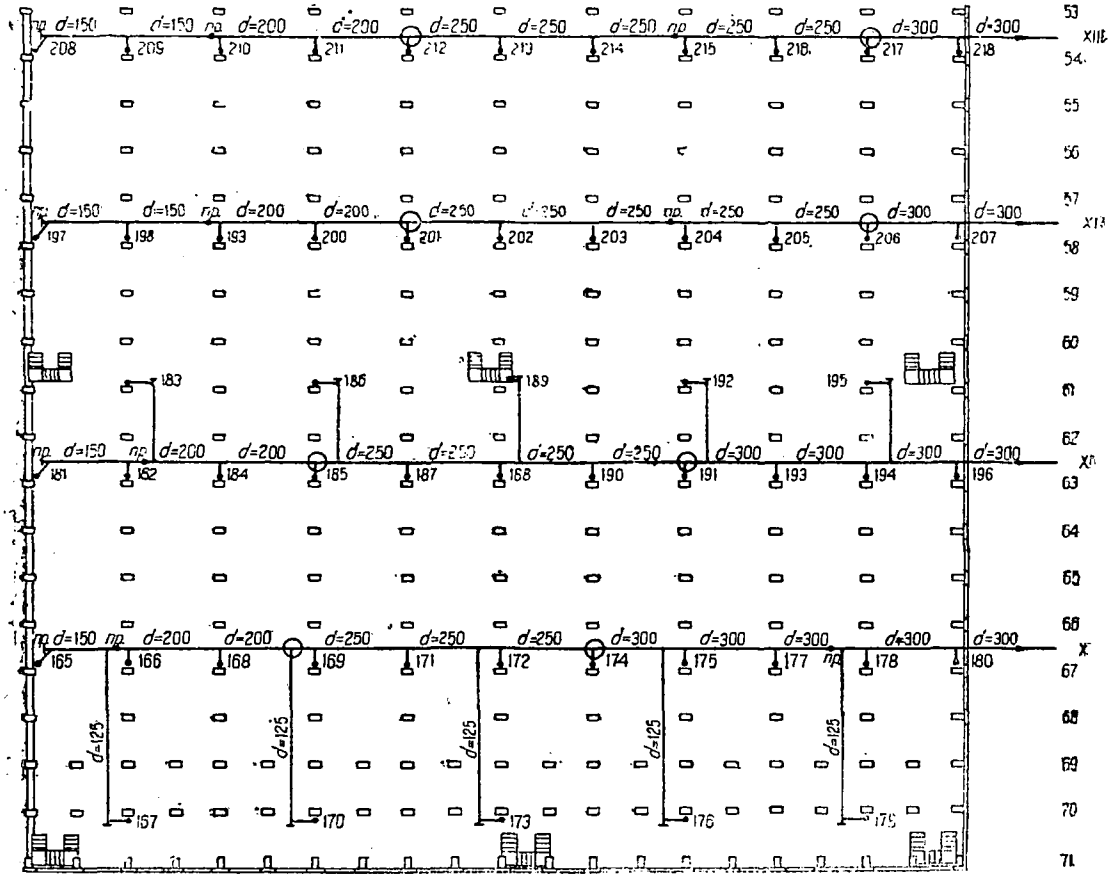
При наличии внутренней водосточной сети следует рекомендовать отвод сравнительно чистых промышленных вод (конденсационных и им подобных) производить по этой сети, но не спускать в канализационную или устраивать для них отдельную систему. Количество чистых отработанных вод нередко значительно превышает расчетные расходы хозяйственно-фекальных стоков и следовательно осуществление их сброса в хозяйственно-фекальную канализацию потребовало бы значительного увеличения диаметров труб этой сети. Устройство для этих вод специальной сети при наличии водосточной нецелесообразно. Определение количества выпадающих на поверхность атмосферных осадков и принятых водосточной сетью представляет довольно сложную задачу (см. раздел „Внешние водостоки“). Количество промстоков, принимаемых водосточной сетью, определяется обычными способами без всякого труда вследствие строгой зависимости этого рода вод от технологического процесса. Наряду со спуском „практически“ чистых вод

практикуется присоединение к подземной сети отводных труб питьевых фонтанчиков, устанавливаемых в здании. Экономическая выгодность такого решения подтверждается разбросанностью питьевых фонтанчиков по корпусу и концентрацией канализационной сети.

2. Схема водостоков

Основная схема устройства водостоков внутри здания представляется в следующем виде. На крыше здания устанавливаются приемники дождевых и талых вод (водосточные воронки) (фиг. 448). Расстановка воронок на крыше происходит на определенном расстоянии друг от друга, продиктованном уклоном кровли, длиной пути, по которому вода потечет к воронке, конструктивными соображениями и типом самой воронки. Воронки помощью вертикально установленных труб (спусков), называемых водосточными стояками, присоединяются к подземной линии, укладываемой с уклоном в полу здания. Подземные линии присоединяются к наружной водосточной сети или к поверхностным лоткам путем устройства специальных выпусков из зданий. На внутренней подземной водосточной сети устраиваются смотровые колодцы и устанавливаются прочистки.

В обязанность проектировщика входит размещение отдельных элементов на соответствующих планах: воронок — на плане крыши: стояков и трубопровода, проходящего под полом междуэтажных перекрытий, — на плане здания и подземной сети труб — на плане фундамента. Трассировка внутренней водосточной сети зависит от местных условий (топографических, климатических, геологических и т. п.), от конструктивных особенностей здания и от происходящего в нем технологического процесса. Существенную роль играет местоположение, заглубление и направление наружной водосточной сети, в которую осуществляется присоединение. При проектировании часто вследствие наличия большого числа других подземных сооружений, каналов, дымоходов, фундаментов под оборудование и пр. приходится отказываться от решения, продиктованного местными топографическими условиями. В некоторых же случаях разработка проекта внутренних водостоков ведется при отсутствии каких-либо данных о наружных сетях. В этих случаях трассировка внутренней сети и направление выпусков должны быть



Фиг. 449. Перпендикулярная схема.

увязаны с топографическими условиями местности, возможностью обслуживания наружной сетью соседних корпусов, присоединением дождеприемников.

Применяются следующие устройства внутренних водостоков:

а) Первая схема (фиг. 449) предусматривает обслуживание отдельным коллектором ряда водосточных стояков, установленных по одной линии колонн или вдоль стен. Каждый из коллекторов обслуживает одну или две симметрично расположенных линий стояков и присоединяется непосредственно к наружной сети. Эта схема известна под именем перпендикулярной системы канализации.

б) Вторая схема может быть названа „пересечной". Особенность ее (фиг. 450) заключается в наличии внутри здания одного или нескольких сборных коллекторов I порядка, соединенных с наружной сетью и принимающих в себя коллекторы II порядка. В зависимости от местных условий указанные схемы могут иметь некоторое отклонение, причем в отдельных цехах могут быть применены комбинированные схемы, основанные на сочетании „перпендикулярной" и „пересечной" системы, обслуживающих отдельные площади одного здания[1]. Как „перпендикулярная", так и „пересечная" системы имеют ряд достоинств и недостатков, из которых необходимо отметить следующие:

А. Перпендикулярная система. К положительным сторонам этой системы следует отнести:

а) меньший диаметр внутренней водосточной сети, позволяющий производить укладку труб на меньшей глубине;

б) наличие внутри здания ряда независимых систем, что особенно важно для эксплоатации;

в) относительная прямолинейность линии, наикратчайшее расстояние от первого стояка до выпускного колодца и как следствие этого наименьшее заглубление выпуска.

К недостаткам этой системы относятся:

а) частота установки выпускных колодцев на наружной сети, вызывающая излишнюю стоимость водосточных устройств;

б) прокладка наружной линии вдоль всей стены (диктуемая целым рядом выпусков), что в некоторых случаях мешает укладке и присоединению трубопроводов другого назначения.

Б. Пересечная система. К положительным сторонам относятся:

а) меньшее количество выпусков по сравнению с перпендикулярной системой;

б) наиболее рациональное (в большинстве случаев) использование сечения трубопроводов.

К недостаткам этой системы относятся:

а) наличие объединенного выпуска, что при засоре может привести к выключению всей системы в целом;

б) применение внутри здания труб большого диаметра.

Можно считать наиболее рациональным вместо устройства внутри здании единой системы с общим выпуском—устройство нескольких систем как в целях уменьшения сечения внутреннего трубопровода, так и в целях независимости эксплоатации каждой, что особенно важно при засорах в сети.

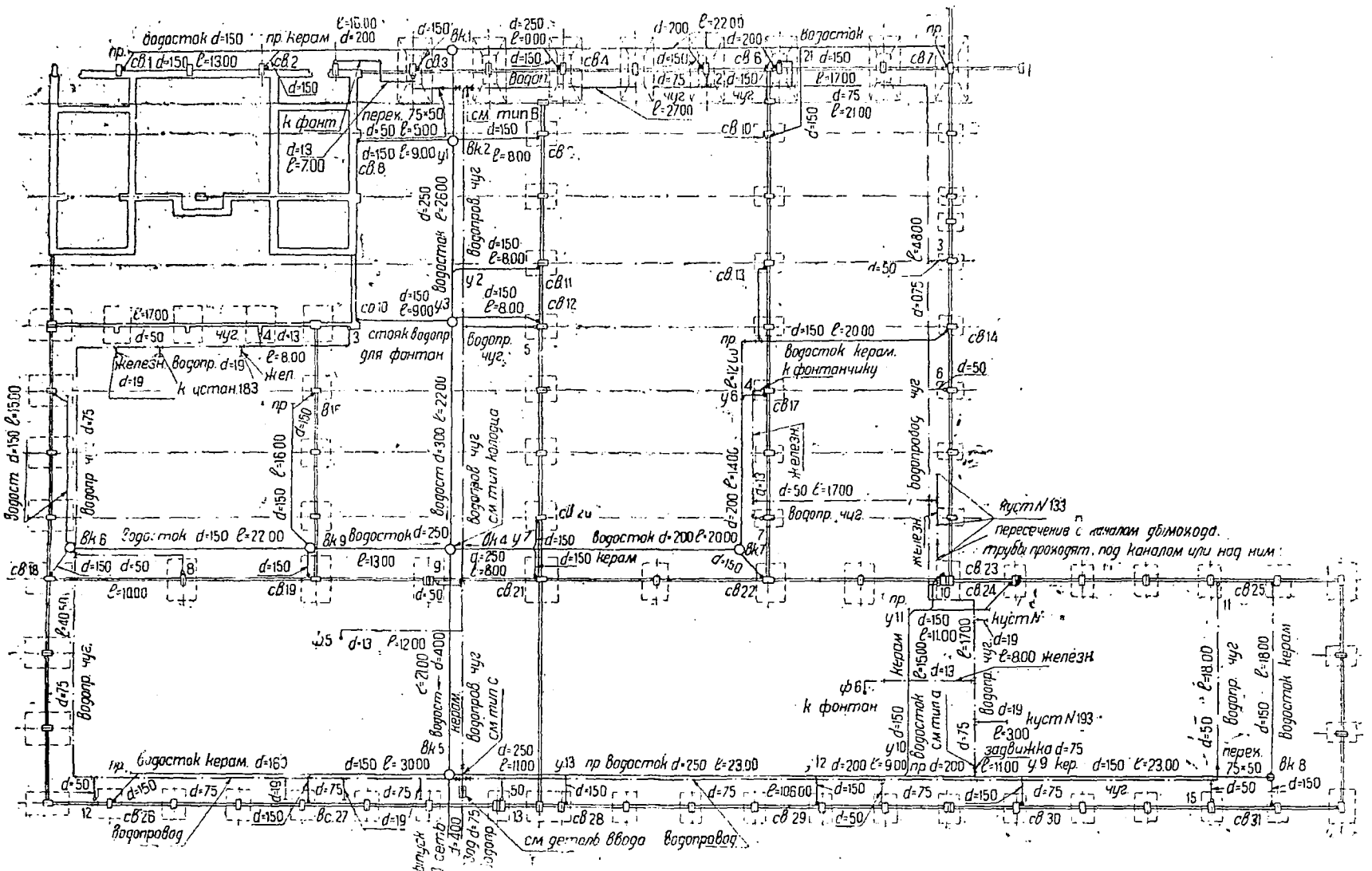
Проектирование промышленных корпусов предусматривает их расширение в дальнейшем. Расширение цехов обычно идет за счет непосредственного примыкания (пристройки) к основному зданию, с сохранением в большинстве зданий типовой строительной ячейки. Этот вопрос при выборе схемы водостоков играет немаловажную роль. При решении схем подземных внутренних водостоков не следует давать такого направления выпускных линий, которое требовало бы прокладку выпусков в зоне расширения. Неудобство прокладки в зоне расширения выпусков, достигающих значительной длины (не говоря уже о прокладке в границах расширения внешней сети), опасность повреждения труб при производстве работ и выключение из строя отдельных сетей требуют применения такой схемы сети, по которой водосточные стояки площади расширения являлись бы верховыми участками сети.

При проектировании можно столкнуться с двумя положениями: а) увеличение сечения внутренней сети основной части корпуса и соответствующее ее заложение, диктуемое последующим присоединением выпуска от площади расширения; б) независимая система для площади расширения.

В последнем случае верховыми участками сети являются крайние стояки основного корпуса, и никаких запасов ни в сечении, ни в заглублении для приема стояков от зоны расширения не требуется. Значительные площади зданий и устройство в связи с этим ряда пожарных зон и пожарных оградительных стен (брандмауеров) высотой 0,70 *м*[2] заставляют часто устанавливать ряд дополнительных воронок, не вызываемых величиною площади их предельного обслуживания. При установке воронок с обеих сторон брандмауерной стены в большинстве случаев приходится прибегать к проходу отводной трубой внутри здания через пожарную стену. Этот вопрос в каждом отдельном случае требует обязательного согласования с органами пожарной охраны, воспрещающими, как правило, иметь какие-либо отверстия в брандмауерных и пожарных защитных стенах. Обслуживание водосточными устройствами зоны температурного шва может потребовать установку на одной колонне двух отдельных стояков от каждой воронки или вызвать постановку на стояке специального компенсатора. Проект должен предусматривать защиту трубопроводов от повреждения в тех местах, где такое повреждение может иметь место. В этих случаях может быть допущена замена одного материала, подверженного опасности поломки, другим. При проходе подземной сети под тяжелым оборудованием, под путями, в пролете со значительной подвижной нагрузкой,

[1] До введения четкой классификации систем внутренних водостоков определения, принятые в наружной канализации, могут быть рекомендованы и для внутренних систем водостоков.

[2] „Правила и нормы по промышленному строительству", Раздел „Здания", пункт 4, примечание 2.



Фиг. 480. Пересечная схема.

керамиковые и бетонные трубы могут быть заменены железобетонными или металлическими.

3. Элементы водостоков

Определения отдельных элементов внутренней системы водостоков даются на основе номенклатуры канализационных труб, изложенной в „Правилах устройства домовой канализационной сети“ [1].

Трубы, отводящие атмосферные осадки (в виде дождя и талого снега, иногда вместе с промышленными „практически“ чистыми водами) носят название водосточных стояков и дождеотводных или ливнеотводных труб [2].

а) Водосточными стояками называются все вертикальные трубы, к которым помощью вспомогательных дождеотводных труб или непосредственно присоединяются приемники атмосферных осадков (водосточные воронки).

б) Дождеотводными или ливнеотводными трубами называются все остальные, положение которых более или менее подходит к горизонтальному.

в) Выпуском называется труба, отводящая атмосферные осадки из здания в ближайший смотровой колодец наружной сети или в наружный лоток.

г) Отводными трубами „чистых“ промышленных вод называются сточные трубы внутри здания, положение которых более или менее близко подходит к горизонтальному, и служащие для отвода „чистых“ отработанных вод, по своему составу допускаемых к спуску в ливневую сеть и в водоем без какой-либо очистки.

д) Отводными трубами питьевых фонтанчиков называются трубы внутри здания, положение которых более или менее близко к горизонтальному, и служащие для отвода воды, стекающей в результате периодического или непрерывного действия питьевого фонтанчика.

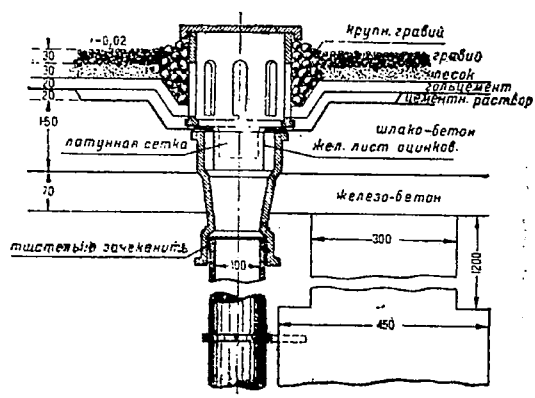
4. Воронки

Водосточная воронка непосредственно воспринимает выпавшие на поверхность крыши атмосферные осадки. От типа ее конструкции зависят быстрота и надежность приема выпавшей на крышу дождевой воды или талого снега. Конструкция ее должна также обеспечить задержание крупных частиц и предметов, как например: листья деревьев, бумага, ветки, мусор и пр., способных засорить внутреннюю сеть. Конструкция воронок в основном должна отвечать требованиям, предъявляемым к приемникам сточных вод (правила устройства домовой канализационной сети, § 70 и 71). Согласно этим правилам приемники должны быть из непроницаемого для воды материала, форма их особенно внутри, должна быть закругленной, не иметь выступов или острых углов. Каждый приемник должен быть снабжен решеткой для предохранения труб и самого приемника от засорения. В соответствии с вышеизложенным воронки могут быть классифицированы по следующим признакам:

1. По роду материала, идущего на их изготовление (железо, чугун, латунь и пр.).
2. По внешнему очертанию (круглые, прямоугольные и квадратные).
3. По конструкции, связанной с местом установки, в свободных и затесненных местах, вертикальные, наклонные.
4. По характеру их соединения с трубопроводом: с внутренней резьбой, для раструбного соединения, помощью патрубка из кровельного железа.
5. По конструкции приемной решетки: неподвижная, съемная и по ее форме: купольная, шаровая, плоская.

Для выработки союзного стандартного типа воронки необходимо: наблюдение над работой различного типа приемников, тщательное изучение отдельных элементов их конструкции, приспособляемости воронки к месту установки (кровле) и выявление результатов их работы, при сильных ливнях, при отложениях мусора, в частности при сильных морозах.

Распространенные в Америке типы водосточных воронок изготовляются с диаметром выпуска 100, 125, 150 и 200 *мм* (в некоторых случаях изготовляются воронки с выпуском 75 *мм*). Расстановка воронок зависит от ряда конструктивных особенностей кровли, принятой длины от водораздела до воронки и размера воронки, обусло-



Фиг. 451. Водосточная воронка для железобетонных перекрытий.

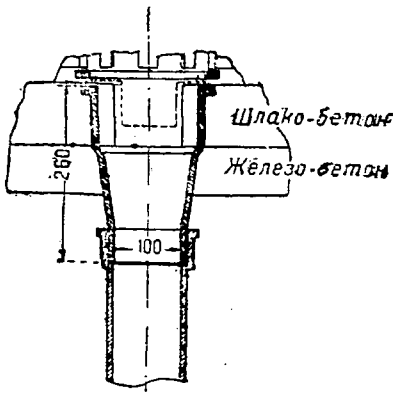
вливающего обслуживание воровкой той или иной площади крыши. При проектировании в наших условиях длина пути, по которому потечет вода от водораздела до приемной воронки, принимается от 10 до 12,50 *м*. Размер водосточной воронки зависит от площади обслуживаемой ею крыши. Практика проектирования показывает, что сами конструктивные соображения ограничивают в большинстве случаев зону возможного обслуживания воронкой в 300—400 *м*². Это позволяет в наших

[1] Правила устройства наружных водопроводной и канализационной сети в поселках городского типа и городах с числом жителей до 25 000 человек и домового водопровода и канализации (Кос СТО, изд. Госплана, 1929).

[2] Дождеотводные трубы для удобства определения разделяются на основные и вспомогательные. Основными называются дождеотводные трубы, которые принимают воду от стояков. Условимся их называть дождеотводными. Вспомогательными называются те дождеотводные трубы, которые отводят воду от воронок к стоякам, когда непосредственное присоединение воронок к стояку не может иметь места.

условиях применение одного размера воронки с выпуском в 100 *м.м.* Случаи применения воронок с бо́льшим диаметром выпуска настолько редки, что иметь для них стандартный тип воронки не оправдывается никакими соображениями.

Простейшим приемником атмосферных осадков с крыши может служить железная труба, снабженная отверстиями для приема воды. На фиг. 451 приведена чугунная воронка, принятая в нашей практике, установленная на железобетонном перекрытии [1]. Конструкция воронки состоит из четырех частей, из которых наиболее ответственной является специальная фасонная часть в виде перехода, заделываемая в перекрытие. При установке воронок этого типа названная часть может быть заменена обычной канализационной переходной муфтой. Изготовляемые у нас муфты имеют два раструба или раструб со стороны меньшего диаметра, что вызывает неудобство заделки раструба, соединяющего муфту с трубой. На фиг. 452 дан вариант,

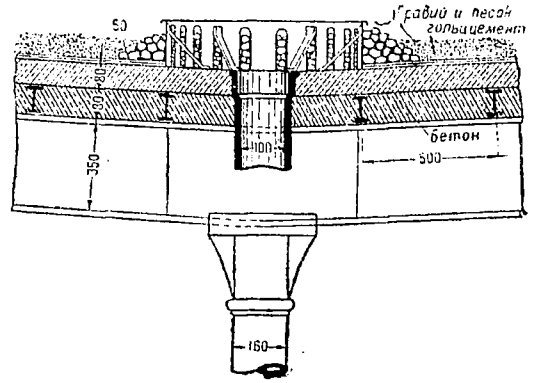


Фиг. 452. Чугунная муфта специальной отливки.

изображающий переходную муфту 150×100 *м.м*, требующую особого заказа и снабженную раструбом у верхнего сечения. На муфту устанавливается чугунный колпак, обкладываемый со всех сторон гравием, для фильтрации стекающей воды. Колпак перекрыт съемной чугунной крышкой для возможности прочистки стояка сверху. В целях водонепроницаемости в месте установки должна быть предусмотрена прокладка (между цементным раствором и гольцементом) оцинкованного листа. Внутри воронки устанавливается съемная проволочная сетка (латунная) для задержания мелких взвешенных веществ, прошедших решетку воронки. Данная воронка требует для своей установки обязательную прокладку металлической водоизоляции. Вследствие трудности соединения с кровельным материалом и создания водонепроницаемости в месте установки на кровлях промышленных предприятий, покрытых руберойдом, этот тип воронки широкого применения до сих пор не имеет. К недостаткам его следует отнести отсутствие

[1] Рубинштейн И. Г., инж., Внутренние водостоки, журн. „Строит. промышленность" № 8—9, 1930.

укрепления колпака, а в связи с этим и опасность засора. При необходимости установки водосточных воронок на плоской гольцементной кровле может быть применен тип, показанный на фиг. 453 [2]. В бетонный слой перекрытия заделывается патрубок чугунной раструбной трубы таким образом, что верх раструба заподлицо с поверхностью бетона. Над патрубком устанавливается колпак из



Фиг. 453. Водосточная воронка на гольцементной кровле.

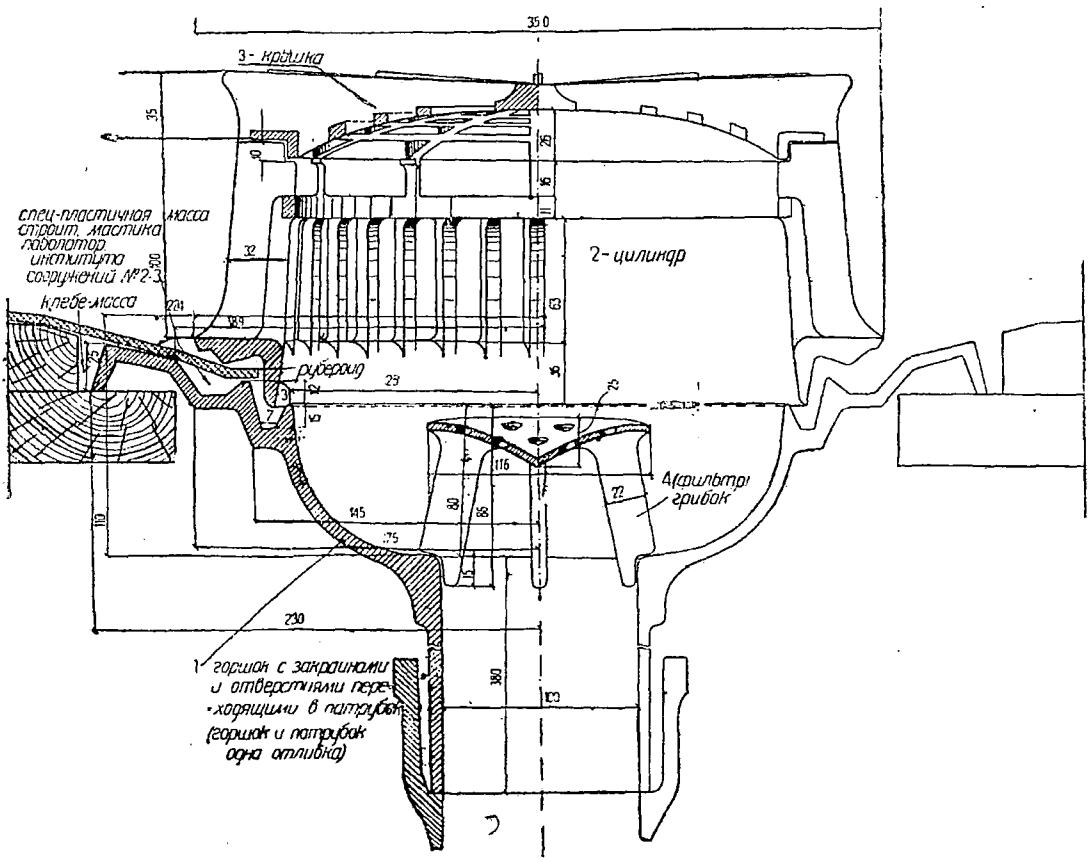
оцинкованного железа с рядом прорезей, укрепленный в бетоне особыми подкосинами из полосового оцинкованного железа, прикрепленными одним концом к колпаку и другим заделанными в перекрытие. Для удержания нижнего слоя от уноса вместе с осадками через отверстия в цилиндре, вокруг последнего требуется насыпка гравия или щебня, пропускающего воду, но задерживающего песок.

На фиг. 454 представлен тип водосточной воронки, получивший широкое распространение в Америке и несколько видоизмененный трестом Металлстройпроект, внедрившим установку этих воронок на ряде наших гигантских заводов (Коломенский, Харьковский тракторный, Челябинский тракторный и др.). Воронка этого типа у нас отливается из чугуна (вместо изготовления из ковкого чугуна, как это принято в Америке) и приспособлена для раструбного соединения, тогда как в Америке выпуск имеет внутреннюю резьбу для соответствующего соединения [3]. К недостаткам ее следует отнести относительную трудность отливки и отсутствие готовых изделий на рынке, что делало этот тип для ряда сверхударных строительств нежизненным.

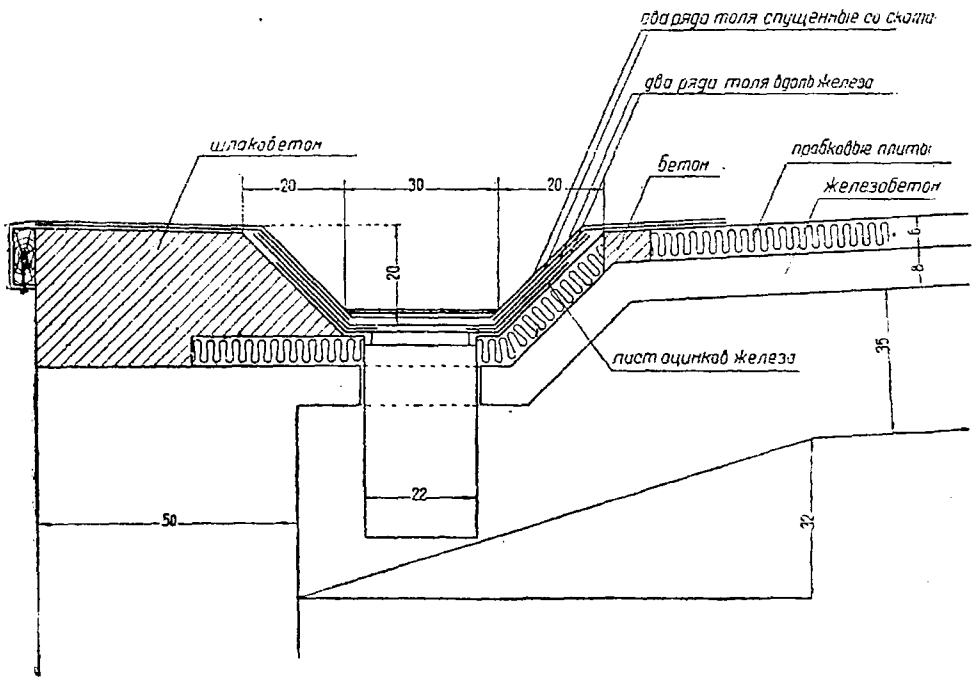
Металлстройпроектом предложен тип временной водосточной воронки из кровельного железа.

За последнее время надо отметить ряд предложений о замене чугунной воронки воронкой из оцинкованного железа. Фиг. 455 изображает воронку, предложенную инж. А. Б. Брудняк [4]. Воронка изготовляется на месте работ

[2] Гофман, проф., Фабрично-заводская архитектура. Описание см. ниже, в разделе американских воронок. Чертеж заимствован из „Бюллетеня Л. О. ВИС" № 17.



Фиг. 454. Чугунная воронка треста Металлостройпроекта.



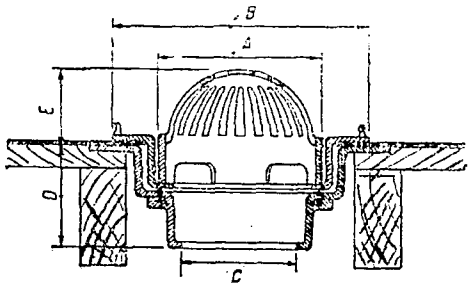
Фиг. 455. Водосточная воронка из оцинкованного железа.

кровельщиком, и установка ее не представляет каких-либо затруднений. Толевое покрытие кровли помощью специальной мастики прочно сопрягается с горизонтальным листом из оцинкованного железа, прокладываемого для водоизоляции и соединенного с патрубком. К недостаткам этой воронки следует отнести отсутствие над ней решетки, так что в данном случае имеется опасение пропуска отверстием мусора, бумаги и листьев, в результате чего может иметь место засор в сети. Над воронкой должна быть установлена решетка в виде вытянутой дырчатой конструкции (колпака, цилиндра, купола и т. п.). Описанными выше типами воронок в основном исчерпываются все конструкции, получившие распространение в нашей практике.

5. Американские воронки

Знакомство с распространенными в Америке водосточными воронками позволяет разбить их на три категории:

1) Воронки, требующие при своей установке укладки в месте соединения с кровлей, металлического листа, для создания водоизоляции. 2) Воронки, не требующие прокладки водоизоляционного металлического листа, и соединяемые с кровельным покрытием помощью прижимных устройств, укрепляемых винтовыми и болтовыми соединениями. 3) Воронки, не нуждающиеся в прокладке металлической водоизоляции, но взамен болтовых и винтовых соединений, соединяемые помощью специальных закраин и пластичных мастик.

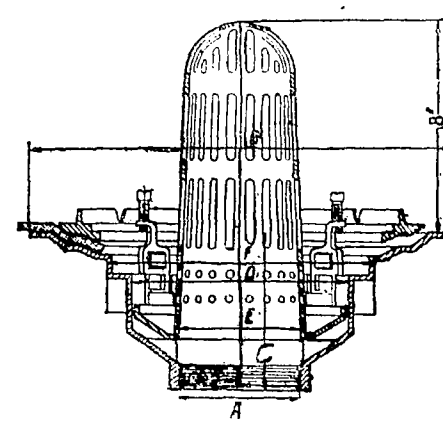


Фиг. 456. Американская воронка „Boosey" для непосредственного соединения с кровельным материалом.

Когда требуется непосредственное соединение кровельного материала с корпусом воронки, без прокладки изоляция, употребляется воронка, изображенная на фиг. 456. Конструкция этой воронки, для гравиальных крыш, экономична и легко соединяема. Кровельный материал присоединяется к верху воронки, и настолько прижимается, что образуется водонепроницаемое соединение, делающее прокладку металлической изоляции излишней.

К положительным качествам этой воронки можно отнести то, что все соединения на виду, легко доступны к осмотру и водонепроницаемы.

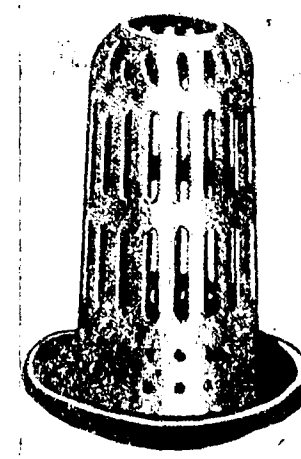
Следующие дождевые приемники имеют съемную купольную решетку, комбинированную с осадочвиком, и применяются для бетонных, деревянных и других перекрытий. На фиг. 457 изображена воронка для плоской кровли различной конструкции, обусловливающей укладку кровельного материала поверх подготовки. Воронки имеют тяжелый чугунный корпус—глубиной 150 *мм*, определяемой ходовыми размерами толщины перекрытия. Купольная решетка воронки представляет одно целое с осадочником. В элементы конструкции во-



Фиг. 457. Американская воронка для плоских перекрытий и с купольной решеткой.

ронки входит усовершенствованное прижимное кольцо, одновременно служащее для удержания слоя гравия и помощью 4 тяжелых схваток (скоб) прижимающее кровельный материал к корпусу воронки. Схватки имеют по две вертикальных направляющих, в которые ввертываются латунные винты, чем достигается соответствующее укрепление кровельного материала и создание водонепроницаемости в месте соединения. Такого рода соединение делает излишним употребление металлической водоизоляции.

Тип соединения на резьбе (для чего выпуск имеет внутреннюю нарезку для стандартных труб) или помощью внутреннего раструба

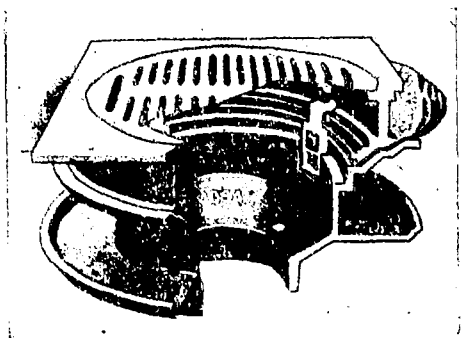


Фиг. 458. Американская воронка с отверстием для перепуска.

Тот же тип применяется с выпуском под углом в 90°. Когда желают перепустить воду с верхней крыши на нижнюю, на которой установлена воронка, применяют специальную

воронку, представленную на фиг. 458. Верхнее отверстие в куполе сделано с таким расчетом, чтобы принимать стояки на 50 *мм* меньшие в диаметре по сравнению с диаметром выпуска воронки.

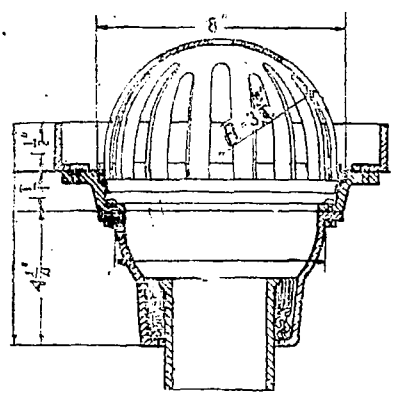
На фиг. 459 показана воронка с двойным круговым приемом воды. Конструкция — как



Фиг. 459. Американская воронка „Josam" с двойным приемом воды.

описано выше, но в этом случае не применяется устройство выпуска под углом в 90°. Не рекомендуется применение этого типа воронки в конструкциях перекрытий, запроектированных без учета установки приемника с двойным приемом воды.

На фиг. 460 показана водосточная воронка, применяемая для плиточных и гравиальных перекрытий. Решетка в виде купола принимает металлическую изоляцию, пропущенную для создания водонепроницаемости внутрь чаши.



Фиг. 460. Американская воронка „Brayman" для плиточных перекрытий.

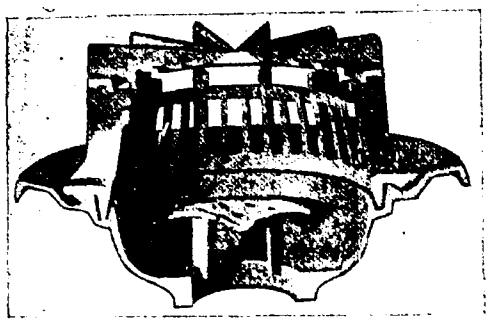
Этот тип воронок выделывается из чугуна, ковкого чугуна или бронзы с выпуском диаметром от 75 до 150 *мм*. Выпуски приспособлены для раструбного соединения или соединения в резьбе. Эти воронки требуют укладки свинцового листа, являющейся составной частью установки. Конструкция раструбного соединения воронки такова, что позволяет зачеканку производить сверху. Этим конструкция отличается от старых типов раструбного соединения, где конец выпуска приемной коробки иногда входит в раструб таким образом, что не остается места для заделки. Отсюда не может быть соединений, которые нельзя бы было зачеканить. При таком соединении могут быть использованы любые куски канализационных труб (шампола), так как раструб находится в корпусе воронки. Слесарь может зачеканить все раструбы лежащей линии (в полу) и затем проложить линию кверху, пропустив ее через отверстие приемника, зачеканив его последним. Согласно американским данным применение этого типа раструбного соединения позволяет прижимать трубопровод к перекрытию, что дает экономию от 2 до 4 фут. трубы на место и сокращает труд. Тип воронки (фиг. 461), получивший за последнее время в практике Америки широкое распространение, применен на ряде наших строительств. Конструкция его, как видно из фотографии, сильно отличается от обычных типов воронки, с дырчатыми с гладкой поверхностью куполо- и шарообразными решетками. Приемная часть воронки имеет целый ряд прорезей, обеспечивающих необходимую скорость протока и производительность, достаточную для полной нагрузки водосточной трубы. Главнейшими особенностями этой воронки являются: а) Устранение дорогой медной или свинцовой водоизоляции и необходимости зачеканки (что обыкновенно дает бугорки и выступы вокруг воронки). б) Легкость и быстрота установки и абсолютно прочное сопряжение с конструкцией. в) Отсутствие болтовых соединений, ломающих литье и саморазрушающихся. г) Возможность при прочистке легко снять верх корпуса или крышку. д) Устанавливаемый внутри дефлектор не собирает грязь, которая должна смываться вниз стекающей водой. Конструкция воронки состоит из чугунной чаши, грибка (дефлектора), цилиндра и крышки.

Крышка воронки чугунная, с прорезями, легко снимается, открывая доступ для прочистки. Даже при отсутствии крышки воронка представляет собой рабочую единицу. Крышка снабжена выступающими над поверхностью системы ребрами, так что воронка будучи покрыта мусором, все же сможет отводить необходимое количество воды. Благодаря конструкции воронки листья очень мало влияют на ее работу, а бумага будет рваться о ребра воронки, раздуваясь и прижимаясь ветром и дождем. Цилиндр имеет кольцевое основание с выступами для заделки.

Тяжелые глубокие ребра, сужающиеся кверху, сконструированы с целью препятствовать прохождению стружек, веток, бумаги и грубых материалов, в то же время давая воде возможность протекать без препятствия к следующему ряду ребер и выемок. Приемная чаша (горшок) имеет закраины для водонепроницаемого соединения кровельного материала с воронкой, помощью специальных мастик. Грибок (дефлектор) устанавливается в чаше, над выпуском. Назначение его — задерживать случайные предметы, проскочившие через приемный цилиндр. Очистка производится по снятии крышки воронки.

Наиболее целесообразным следует признать такой тип воронки, который, допуская легкость установки, одновременно давал бы водо-

непроницаемое соединение и обеспечивал надлежащую работу. К такому типу приближается больше других тип воронки Sump (фиг. 461). Это позволило в свое время применить его

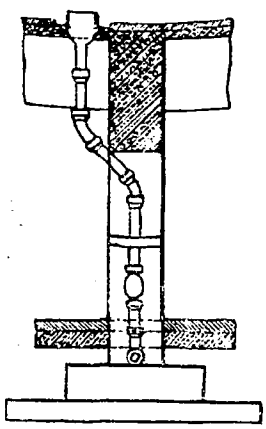


Фиг. 461. Американская воронка (Sump Harco).

установку на некоторых промпредприятиях Союза, причем предварительно конструкция его была несколько переработана (см. выше).

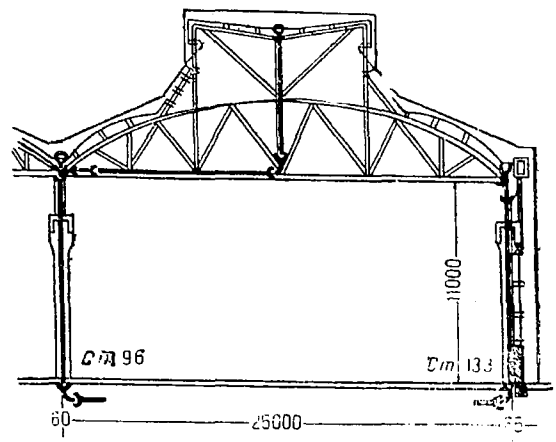
6. Стояки

Водосточные стояки имеют непосредственное соединение с воронкой (фиг. 462), или последняя присоединяется к стояку помощью подвесной отводной трубы, когда это вызывается конструктивными и экономическими соображениями. Расположение стояков должно быть запроектировано таким образом, чтобы оно обеспечивало наикратчайшую длину трубопровода от воронки до стояка (когда отсутствует непосредственная постановка воронки на стояке) и от стояка до подземной сети.



Фиг. 462. Водосточный стояк из чугунных труб.

При проектировании не исключена возможность влияния рационального расположения стояков на расстановку воронок. При условии надлежащего сечения водосточного стояка, последний допускает присоединение к нему ряда воронок. При обычной расстановке воронок весьма часто, считаясь с высотой здания, может оказаться целесообразной установка отдельных стояков, чем прокладка одного и присоединение к нему подвесной длины (соотношение высоты стояка и длины линии), не говоря уже о конструктивных неудобствах последнего. Обслуживание одним стояком нескольких воронок, помимо описанных случаев, весьма нередко имеет место при установке воронок на отдельных частях перекрытий, находящихся на различной высоте. В этих случаях, как и при расположении воронки в верхней впадающей конструкции фонаря (например Попд) и установке стояка у колонны, приходится прокладывать подвесные линии (фиг. 463) иногда значительной длины (свыше 10 *м*), укрепляемые крючками и кронштейнами или подвешенные к несущей конструкции. Здесь помимо основного водосточного стояка в качестве элемента отводной линии часто применяется вертикальный отросток трубы, соединенный с воронкой и на соответствующей высоте переходящий в подвесную (близко к горизонтальному положению) линию, присоединяемую в основной стояк. При длине „горизонтальной" части отводной линии свыше 8 *м* в начале ее рекомендуется установка прочистки в виде обычной фасонной части.



Фиг. 463. Подвесная линия труб внутри здания.

Присоединение к стояку ряда воронок приводит к изменению его диаметра по высоте, что осуществляется установкой переходных муфт.

Прокладка подвесных труб, равно как и стояков должна быть увязана с технологическим процессом, конструктивными особенностями, монтажными соображениями и пр.

Существенную роль для подвесных „горизонтальных" линий представляет оборудование корпуса кранами. При наличии кранов и пролете укладка трубопровода должна быть тщательно увязана с ними. Установка водосточных стояков внутри здания должна отвечать следующим требованиям. Стояки устанавливаются вертикально сверху донизу или с небольшими отклонениями, свободно по колоннам или у стены, причем не исключена возможность установки стояков в специальных углублениях, соответствующих размерам устанавливаемых труб.

Когда технологический процесс требует предохранения стояков от возможности случайной порчи и поломки, прибегают к устройству специальных футляров или чехлов. Глухую заделку стояков в стены следует избегать.

На стояках, в местах, доступных к осмотру, увязанных с производственным процессом и допускающих производство необходимых манипуляций (осмотр, прочистка), устанавли-

ваются ревизии обычного типа, применяемого в канализационной практике, с соблюдением тех же требований к герметичности соединения крышки.

При установке воронок на холодной крыше и служащих для приема в зимнее время талого снега надо избегать прокладки трубопровода в помещениях с температурой ниже нуля или применять утепление.

Надлежащее укрепление стояка к поверхности, на которой он монтируется, должно гарантировать от возможности провисания, оседания и от каких-либо движений, исключая в местах установки компенсаторов.

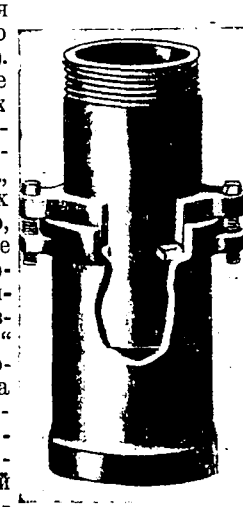
Укрепление стояков к кирпичным стенам и железобетонным колоннам производится обычным способом. В случае установки стояка у железных колонн, собираемых из таврового или двутаврового железа, укрепление происходит следующим образом. В теле колонны просверливаются две небольшие дыры на расстоянии, диктуемом размерами скобы (хомута), охватывающей трубу. У колонны устанавливается стояк, на него надевается скоба из круглого железа с нарезкой на концах, которые пропускаются через отверстия. Подвертыванием гаек на концах скобы труба вплотную прижимается к колонне и удерживается в требуемом положении.

Водосточные стояки монтируются из железных и чугунных труб. Американская практика отдает предпочтение железным или из ковкого чугуна трубам, в соответствии с чем большинство водосточных воронок имеет выпуск с внутренней резьбой. Преимущество этих труб перед чугунными — большая сопротивляемость случайным ударам и в связи с этим большая сохранность.

В наших условиях применение газовых оцинкованных труб на резьбе из практики внутренних водостоков надо исключить. Наряду с этим не должно быть рекомендовано использование для прокладки водосточных стояков патентованных (дымогарных) труб на сварке, применяемых на некоторых предприятиях Союза. В нашей практике, так же как и в американской, для сборки стояков и подвесных линий получили распространение чугунные канализационные трубы. Этому в значительной мере способствовало их экономическое преимущество по сравнению с железными трубами на резьбе и их пригодность в условиях периодической работы. Для стояков употребляются трубы среднего и легкого веса, с вырабатываемыми у нас фасонными чугунными частями. Соединяются трубы помощью раструба, с заделкой цементом. Распространенные в нашей практике диаметры канализационных труб в 100, 125 и 150 *мм* вполне удовлетворяют требованиям внутренних водостоков.

Считаясь с дефицитностью чугунных труб, в настоящее время в нашу практику начинает внедряться применение труб из кровельного железа. В целях лучшей сохранности следует рекомендовать применение труб из листового оцинкованного железа. Считаясь с новизной этого вопроса, следует вести наблюдения за их работой, избегая до выявления окончательных результатов сборку из этих труб стояков, проходящих рядом с ценным оборудованием. При устройстве водосточных стояков из листового железа на уровне 1,50 *м* от пола (до присоединения к подземной сети) требуется установка чугунных труб. При устройстве внутренних водостоков в зданиях со значительной высотой (20—25 *м*), где образование засора может создать давление внутри трубопровода свыше 2 *ат*, не исключена возможность, считаясь с местными условиями, применения чугунных канализационных труб. Некоторыми строительными конторами, в частности трестом Моспроект, рекомендуется установка стояков из 2-*мм* железа со сваркой швов и окраской с обеих сторон во избежание ржавления.

Почти во всех случаях непосредственного сопряжения воронки со стояком концентричное расположение стояка по отношению к выпуску конструктивно не получается, и это приводит к установке, у места соединения, соответствующего отступа. При наличии в пролете кранов и как следствие их подкрановой балки для пропуска стояка через плиту необходимо заблаговременно оставить отверстие нужного диаметра. Обслуживание внутренними водостоками зоны температурного шва приводит к установке отдельного стояка для каждой воронки. В Америке в этих случаях применяется установка специального компенсатора (фиг. 464). Надлежащее соединение получается помощью двух чугунных отливок и асбестового кольца, прижимаемого болтами. Иногда, в силу климатических условий, в целях того, чтобы добиться в зимнее время наилучшего эффекта работы водосточной воронки, установленной на „холодной" кровле, может потребоваться установка на стояке у самого перекрытия специального металлического футляра, обогреваемого варом. Такой конструкцией были оборудованы стояки московского автосборочного завода имени КИМ. Эксплоатация показала ненадобность этого устройства, и в настоящее время футляры бездействуют.



Фиг. 464. Американский компенсатор для стояков.

Согласно существующим у нас правилам при устройстве общесплавной системы канализации наружные водосточные желоба, установленные по фасаду здания, выходящего на улицу, присоединяются к подземной сети. Часть этих труб, определяемая соответствующими органами, служит для вентиляции сети, заменяя в этом случае употребляемые при раздельной системе канализации приточные вентиляционные тумбы. Наружные водосточные стояки, как правило, не требуют обязательной установки гидравлического затвора.

исключая те из стояков, верхние устья которых расположены вблизи окон или отверстий, сообщающихся с внутренними помещениями. В этом случае на глубине, диктуемой линией промерзания, устраиваются водяные затворы. При необходимости отвода дождевой воды с небольших балконов, навесов и т. п. допускается присоединение отводной трубки к сети хозяйственно-фекальной канализации, но при обязательной установке сифона с предохранением его от замерзания.

Наружные водосточные стояки (желоба), присоединяемые к сети общесплавной системы канализации и принимающие стоки с черепичных и других крыш, своей конструкцией представляющих опасность засорения трубопровода, снабжаются специальными устройствами (ведерки и решетки) для грязи, устанавливаемыми у основания наружного водоспуска.

Эти стояки устраиваются из кровельного железа. На высоте 1,50 *м* от поверхности земли стояк переходит из железного в чугунный; этим родом труб осуществляются и присоединения к подземной сети. Существующими у нас правилами диаметр стояков в этом случае рекомендуется принимать от 100 до 200 *мм*, допуская при небольших площадях, балконах, навесах и т. п. применение диаметра 75 и даже 50 *мм*. Американская практика в случае общесплавной системы требует соблюдения следующих условий.

Все замощенные площади, дворы и внутренняя водосточная сеть должны быть присоединены к основной сточной линии здания, снаружи домового разделительного сифона, под соответственным углом и присоединением, допускающим прочистку, для чего применяется особая фасонная часть, сходная с примененной у нас косой крестовиной (Y). В месте присоединения к главной трубе устанавливается сифон, чугунный или первосортный керамиковый. Один сифон может служить для всех таких присоединений и должен быть установлен ниже линии промерзания или внутри здания; но в этом случае сифон должен быть тяжеловесный, чугунный. В случае, если здание своим фасадом выходит непосредственно на улицу или проезд, сифон должен быть установлен внутри здания. Когда внутренние водосточные стояки присоединяются к подземной канализационной сети внутри здания, они должны быть такого же материала, как и канализационные. Как правило, водосточные стояки не должны употребляться для отвода грязных или промывных вод, канализационные трубы (в свою очередь) не могут быть использованы для отвода атмосферных осадков.

В условиях общесплавной системы практика Германии (по Гюрхнеру) предъявляет следующие требования. Водосточные трубы располагаются свободно перед стеной, не допуская их заделку в стену. Трубы должны быть собраны вертикально и присоединяться к подземной линии помощью специальной фасонной части. Соединение водосточной трубы с трубой отводящей хозяйственно-фекальные стоки недопустимо, за исключением случаев отвода воды с небольших балконов. В этом случае требуется установка гидравлического затвора. Водосточные трубы монтируются из оцинкованного железа толщиной $^2/_3$ *мм*. Для водосточных стояков, устанавливаемых со стороны улицы до высоты 1,75 *м* над землей и 0,25 *мм* ниже линии земли, применяются чугунные трубы. Главная дождевая линия не требует установки разделительного сифона и грязесобирателя. Только в случае установки водосточного стояка таким образом, что он своей верхней устьевой частью располагается на расстоянии 2 *м* от окон жилых зданий и т. п., у подошвы стояка может быть установлен сифон конструкции, обеспечивающей стойкость в отношении замерзания. Этот сифон, будучи смонтирован под землей, требует наличия доступа к нему в любое время. Для задержания грязи, листьев, кусочков шифера и т. п. имеются специальные устройства в виде ведер, решеток и корзин, которые устанавливаются у подножья водосточной трубы.

При переходе стояков в лежачую (отводную) линию они должны изменять свои диаметры, увеличивая их на 25 *мм* (1″).

В случае присоединения к подземной сети отводных труб от питьевых фонтанчиков или отводящих незагрязненные промстоки, когда это не вызывает значительной протяжимости трубопровода, желательно присоединение их осуществлять в подземную часть стояка. Непосредственного присоединения к коллекторам больших диаметров нужно избегать.

7. Подземная сеть

Трассировка подземной сети дождеотводных труб зависит от местоположения стояков, причем надо всегда стремиться, чтобы зона обслуживания коллектором сетью была наибольшей. Исключение составляют лишь весьма значительные по площади цеха, в которых в силу вышесказанных причин целесообразно устройство ряда независимых систем. Прокладка подземной сети находится в полной зависимости от технологического процесса и должна быть увязана с наружной сетью водостоков. Для прокладки под полами здания употребляются канализационные гончарные (керамиковые) или бетонные трубы и фасонные части. Трубы соединяются помощью раструбов с заделкой стыков асфальтом. Наряду с трубами имеет распространение устройство подземной сети каналов-лотков. В условиях скверных насыпных грунтов и опасности порчи трубопровода должны быть применены чугунные трубы тяжелого веса, хотя следует отметить, что условия их применения весьма редки, и в этих случаях целесообразнее устраивать защитные футляры или применять укладку железобетонных труб.

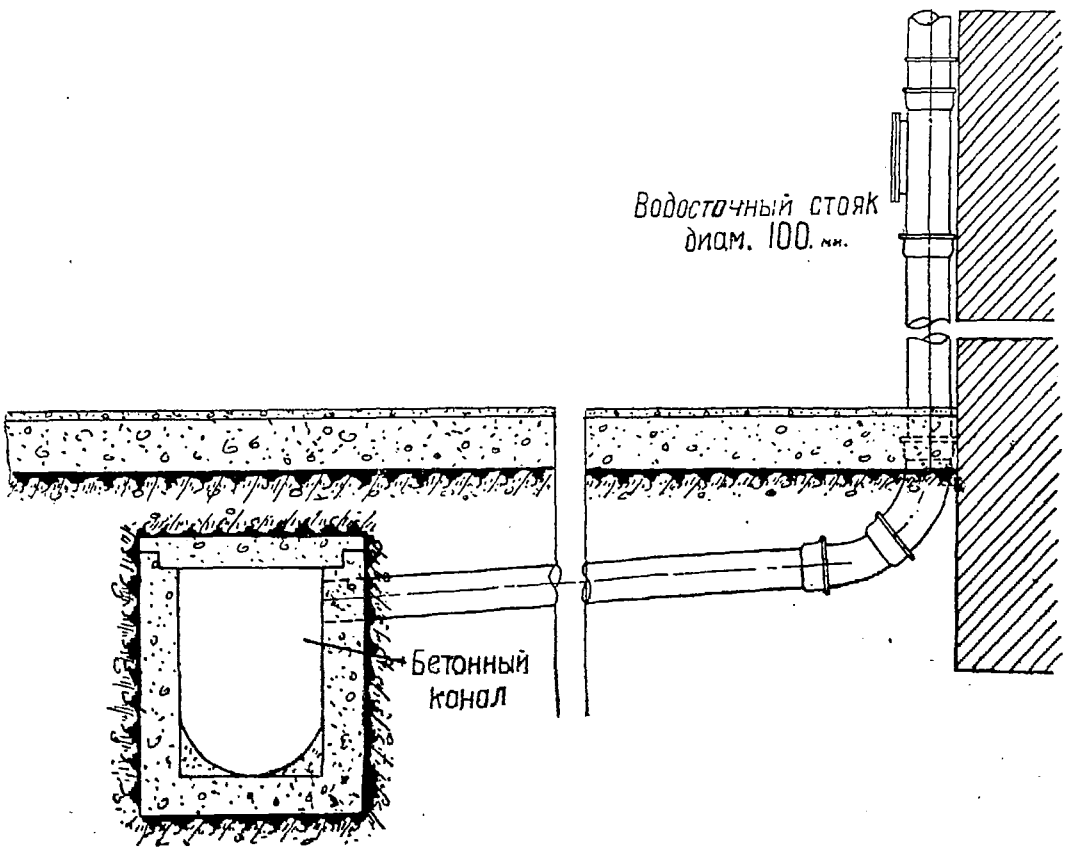
Сечение укладываемых труб — круглое, что обеспечивает наилучшие гидравлические условия их работы и что отчасти диктуется размерами трубопровода, применяемого в практике внутренних водостоков. При наличии под зданием подвала и прокладки наружной водосточной сети, выше линии его пола, приходится прибегать к прокладке „лежачей“ линии

по степам подвального помещения с выпуском, проходящим через отверстие в стене. Фасонные части для керамиковых труб обычного применяемого типа заводского изготовления, для бетонных труб фасонные части могут быть изготовлены на месте работ.

Заполнение для водосточных сетей обычно принимается равным D.

Минимальная допускаемая скорость должна быть не менее 0,70 *м/сек.* Максимальная скорость не должна превышать 3—4 *м/сек.* Наименьший диаметр подземной сети 125 *мм.*

Применения внутри здания труб больших 500 *мм* должно избегать, так как это приводит к неудобству присоединения боковых участков и вызывает значительное заглубление. Отсюда может быть рекомендовано обслуживание одним выпуском площадей не свыше 2 *га.* Начальное заглубление подземной сети диктуется условиями технологического процесса, конструктивными соображениями, а также заложением дворовой сети. Заглублений меньших 0,60 — 0,70 *м* следует избегать, так как при меньших глубинах может создаться



Фиг. 465. Подземный водосточный канал из бетона.

Допускаемые уклоны для подземной сети при заполнении 0,75D, близких к 0,7 *м/сек.* для:

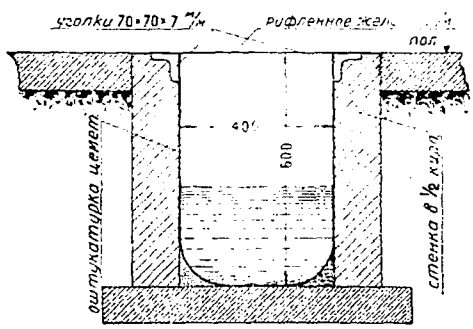
125 *мм* — 0,008;	150 *мм* — 0,005;	200 *мм* — 0,004;
250 „ — 0,003;	300 „ — 0,002;	350 „ — 0,002;
400 „ — 0,0015;	450 „ — 0,001.	

При сравнительно небольших длинах подземной сети и в условиях, когда это не вызывает никаких неудобств для присоединения к наружной сети, может быть рекомендована прокладка труб с равномерным уклоном и применение среднего уклона в 0,005 — 0,010. Воспрещается переход из большего диаметра на меньший, хотя бы это вызывалось уклоном трубопровода и обеспечивало требуемые гидравлические данности.

опасность разрушения трубы от действия временной нагрузки. При определении глубины заложения таковую следует принимать от линии пола до верха трубы. На линии подземной сети труб устраиваются смотровые колодцы. Помимо их назначения как мест для осуществления прочистки сети, смотровые колодцы служат для перехода из одного диаметра трубы в другой.

В нашей практике наряду с укладкой подземной сети труб получило распространение устройство подземной сети лотков-каналов. Конструкция каналов допускает в некоторых случаях перекрытие их на уровне пола помощью специальных съемных плит, устанавливаемых по всей длине канала или через

определенное расстояние. К достоинствам такой конструкции можно отнести возможность осмотра в любое время подземной сети. Каналы могут иметь применение главным образом в случаях отсутствия труб требуемого диаметра и когда их устройство может в некоторых случаях дать эффект по срокам окончания работ. Трубы, являясь готовым продуктом (заводского изготовления), обеспечивают быструю сборку с минимальной затратой рабочей силы по сравнению с каналами, в большинстве случаев изготовляемыми на месте, и поэтому во всех случаях должны быть предпочитаемы, не говоря уже об их преимуществах с гидравлической стороны. Тип канала, запроектированного для главного завода Шарикоподшипника, представлен на фиг. 465. Канал бетонный; для лучшей гидравлической его работы дно канала устроено в виде лотка. Перекрытие канала осуществляется съемными железобетонными плитами. Увеличение сечения канала, диктуемое изменением количества протекающей по нем воды, происходит в смотровых колодцах, местоположение коих и вызвано указанным обстоятельством. При устройстве каналов этого вида желательно сохранение их ширины по всей длине, допуская в местах переходов изменение рабочей высоты. Материалом для устройства каналов служит бетон, железобетон и кирпич. Фиг. 466



Фиг. 466. Кирпичный водосточный канал.

представляет кирпичный канал, разработанный трестом Промсантехстрой для одного из промцехов. Толщина стенок $^1/_2$ кирпича. Внутренняя поверхность оштукатурена цементом, дно канала обделано полукругом.

При использовании каналов для отвода чистых промстоков прием воды может происходить помощью специальных трапов — решеток, устанавливаемых в полу здания. Присоединение водосточных стояков, а равно отводных труб осуществляется путем заделки трубы в стенку канала и пробивки для этой цели отверстия необходимого диаметра.

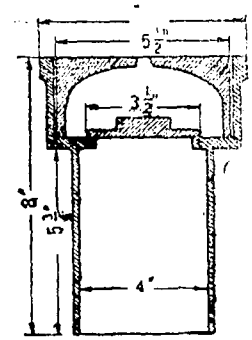
8. Детали подземной сети

Американская практика не допускает частого расположения колодцев, заменяя их прочистками. Разумная экономия к числу устраиваемых колодцев является весьма правильной, так как колодец представляет собой целое сооружение, требующее для своего устройства относительно большое количество материалов и рабочей силы.

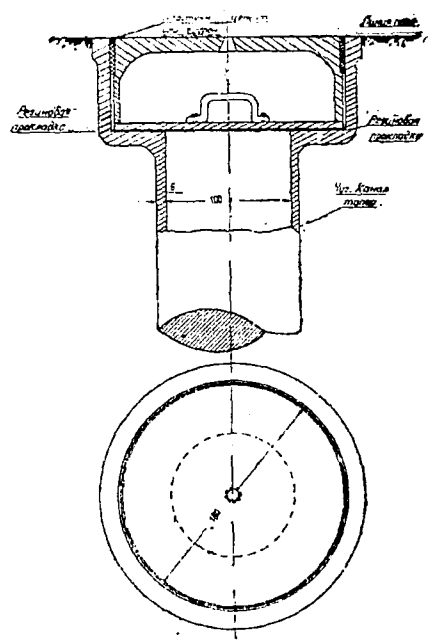
Смотровые колодцы должны быть установлены лишь в местах изменения сечения трубопровода и то на диаметре труб свыше 300 *мм*. Во всех прочих условиях колодцы должны быть заменены прочистками и специальными переходами, сохраняя их устройство в последнем пролете сети перед выпуском из здания.

Применение на водосточной сети обычно употребляемых в канализационной практике чугунных ревизионных устройств в колодцах не может иметь места, поскольку подземная сеть прокладывается из гончарных или бетонных труб.

В американской практике получила широкое распространение установка специальных прочисток cleanouts (фиг. 467), представляющих собою чугунный патрубок определенных размеров, устанавливаемый на фасонную часть подземной сети и закапчивающийся раструбом с крышкой, монтируемым заподлицо с полом. Установка прочисток вместо устройства колодцев удешевляет и ускоряет прокладку подземной сети, что позволяет широко рекомендовать их применение.



Фиг. 467. Американская прочистка.



Фиг. 468. Чугунная прочистка треста Металлостройпроект.

Фиг. 468 представляет тип прочистки, предложенный к установке на ряде наших предприятий. Считаясь с отсутствием в насто-

ящее время стандарта прочистки, что повлекло бы специальную отливку в каждом отдельном случае, для прочистки используется чугунный тапер, применяемый в канализационной практике. Установка прочисток рекомендуется при глубине сети не более 1,50 *м* (подземная сеть идет обычно на этой глубине), перед выходом из здания может быть устроен перепад с постановкой на нем прочистки.

Устройство перепадов может быть допущено при значительной разности отметок наружной сети и последнего участка внутренней сети (1,20 — 1,80 *м*), в противном случае сеть должна быть проложена с уклоном, обеспечивающим нормальное присоединение.

9. Расчет сети

Для расчета водосточной сети необходимо определение того количества атмосферных осадков, которое из общего количества выпавшего на поверхность земли принимается ливневой сетью. Для этой цели существует ряд способов. Одни из них предусматривают для всей сети один средний расчетный дождь; другие базируются на расчете отдельных участков сети, причем каждый участок должен быть рассчитан на дождь, расчетная продолжительность коего равна времени протока от наиболее удаленной точки площади стока до рассматриваемого сечения. Последние способы, основанные на так называемом американском рациональном методе, получили широкое распространение в водосточной практике Союза, где хорошо известен метод предельных интенсивностей, предложенный проф. П. Ф. Горбачевым и изложенный в разделе „Внешние водостоки".

Определив расчетную интенсивность *л/га*, отнесенную к секунде и зная расчетную площадь *га*, с которой производится сток (с учетом коэфициента стока — застройки), легко определить расход воды с указанной площади в *л/сек*.

Дальнейший расчет ничем не отличается от обычных расчетов канализационных сетей и сводится к определению диаметра, скорости и заполнения, которые в отличие от принятого для хозяйственно-фекальных сетей принимается в пределах, близких к полному.

Основные принципы для расчета систем водостоков, изложенные в главе „Внешние водостоки", остаются в силе и для расчета внутренних водосточных устройств. В условиях населенного пункта или промышленной территории проектировщику приходится иметь дело с различными поверхностями, отличающимися своими коэфициентами стока и в свою очередь зависящими от характера покрытия той или иной поверхности, характера застройки и назначения, но в данном частном случае проектировщик имеет дело лишь с одной поверхностью, а именно с крышей. Расчетная площадь может быть легко определена по геометрическим размерам проекции крыши (исходя из размеров в плане), умноженным на коэфициент стока.

Различные авторы дают значение φ в зависимости от типа кровли, продолжительности ливня и т. п., давая его значение в величинах, близких к 1. Проф. Ушаков в своем труде „Канализация населенных мест" приводит следующую таблицу, характеризующую значение коэфициента стока для крыш. Эта таблица дает значение φ в зависимости от продолжительности ливня в минутах, причем характер этой зависимости виден из следующего:

Таблица 164

Значение коэфициента стока для крыш

Род поверхности	Уклон 0,01	Уклон 0,01	Уклон более 0,01			
	Продолжительность ливня в мин.					
	менее 5	5—30	бол. 30	менее 5	5—30	бол. 30
1. Железные крыши						
а) соединенные с канализацией	0,95	1,00	1,00	не зависят от уклона поверхности		
б) спускающие воду в лотки	0,83	0,91	0,95			

Считаясь с тем обстоятельством, что рассматриваемые нами крыши с внутренним отводом воды имеют необходимое количество приемных устройств, что вся стекающая на крышу вода принимается этими воронками и что самая конструкция крыши обеспечивает прием воды внутренними водостоками, при расчете внутренних водостоков можно рекомендовать применение коэфициентов стока равным единице (в целях упрощения расчета).

Само собой разумеется, что ряд основных элементов, входящих в формулы расчета водостоков, имеет численные значения, разнящиеся при пользовании ими для наружных сетей и при расчете внутренних водосточных устройств. Так, поправочный коэфициент на неравномерность распределения дождя по территории, выражающийся по Фрюлингу в виде $W=1-0{,}005\sqrt{L}$ (где L — длина рассчитываемого канала), при расчете внутренних систем, обслуживающих все же относительно небольшую площадь, принимается равным 1,00.

В условиях работы внутренней сети, обслуживающей одну крышу, время поверхностной концентрации, выражаемое для наружных сетей в минутах (от 3 до 6 мин.), может быть принято равным 0,5 мин.

Период переполнения должен быть принят в соответствии с величиной, принятой при расчете наружных (внешних) сетей.

Рациональный метод, давая весьма точные результаты, все же в силу его громоздкости и необходимости ряда вычислений не всегда может быть применен при расчете внутренних водосточных устройств. Если этот метод отвоевал себе место при расчете внешних сетей, то это объясняется теми экономическими выгодами, которые выявляются в результате тщательной проверки требуемых размеров каналов, зачастую достигающих громадных величин и в соответствии с этим требующих первоначальных крупных капиталовложений.

Приводимая ниже таблица 165 применяется в Америке при расчете внутренних водосточных устройств и предложена фирмой Альберт Каи.

Данных об интенсивности и продолжительности ливней не имеется. Представлены данные за ряд лет, характеризующие годовой слив выпавших осадков. На основе этих данных можно определить средний годовой слой осадков. В нашем случае он равен 385 *мм*.

Таблица 165

Подбор диаметров горизонтальных трубопроводов внутренних водостоков по площади крыши
(по американским данным)

дм	*мм*	При дожде 3 *дм/час*		При дожде 2 *дм/час*	
		площади крыши в квадратных метрах			
		Уклон 0,01	Уклон 0,005	Уклон 0,01	Уклон 0,005
6	150	215— 467	150— 467	467— 1 402	337— 981
8	200	468— 1 262	468— 1 028	1 403— 3 084	982— 2 150
10	250	1 263— 2 710	4 029— 1 963	3 085— 5 608	2 151— 3 738
12	300	2 711— 4 487	1 964— 3 178	5 609— 8 879	3 739— 6 355
14	350	4 488— 6 400	3 179— 4 200	8 880— 12 600	6 356— 9 300
16	400	6 401— 8 411	4 201— 5 981	12 601— 15 888	9 301—11 215
18	450	8 412—12 019	5 982—10 280	15 889— 26 168	11 216—18 691
20	500	12 020—19 000	10 281—13 000	26 169— 36 000	18 692—24 000
22	550	19 001—25 000	13 001—18 000	36 001— 44 000	24 001—32 890
24	600	25 001—30 841	18 001—21 869	44 001— 56 075	32 891—39 720
26	650	30 842—38 750	21 870—27 500	56 076— 74 875	39 721—50 000
28	700	38 751—47 000	27 501—33 500	74 876— 92 675	50 001—63 000
30	750	47 001—56 072	33 501—39 720	92 676—112 150	63 001—74 766
32	800	56 073—66 000	39 721—47 500		
34	850	66 001—78 000	47 501—56 000		
36	900	78 001—93 458	56 001—65 420		

Эта таблица устанавливает зависимость между диаметром подземных (лежачих) линий и площадью обслуживаемой ими крыши. Таблица составлена на два основных климатических пояса, характеризуемых высотой слоя осадков, выпадающих в 1 час (2″=50 *мм* и 3″=75 *мм*). Таблица дает зависимость площади обслуживаемой трубой от уклона последней, причем уклоны в пределах от 0,005 и 0,01 (наиболее употребительные для внутренних водосточных сетей в Америке).

Диаметры стояков определяются аналогично вышеизложенному и сведены в отдельную табл. 166.

Таблица 166

Подбор диаметров вертикальных трубопроводов

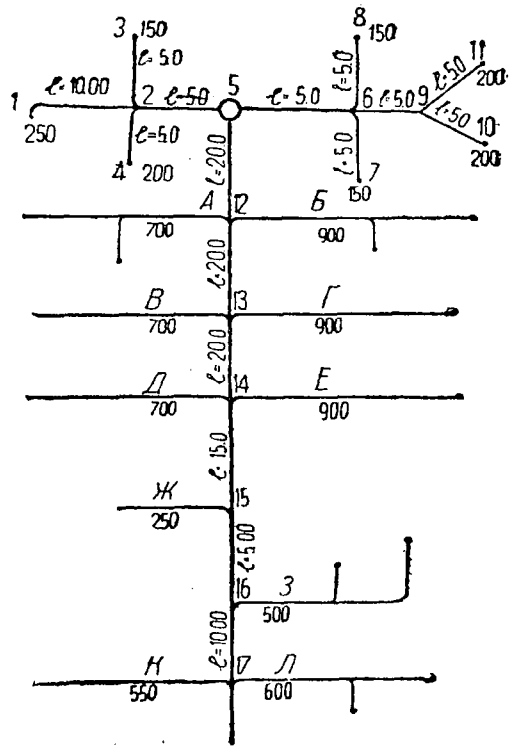
Стояк 100 *мм*	площадь	0	337 *м*²
125 „	„	338	467 „
150 „	„	468	811 „

Таким образом, зная для той или иной местности максимальный слой осадка, выпадающий в течение часа, можно на основании этой таблицы весьма быстро и без всякого труда рассчитать внутреннюю водосточную сеть.

В американской практике применяются и номографические способы для расчета сети внутренних водостоков. Как на пример можно указать на монограмму, вычисленную по формуле Куттера с коэфициентом n=0,013 при половинном заполнении трубы.

10. Пример расчета

Требуется рассчитать систему внутренних водостоков для одноэтажного здания. Дана схема сети (фиг. 469) с нанесением стояков, и определено количество несомой ими воды.



Фиг. 469. Схема внутренней водосточной сети.

Расчет ведем по методу предельных интенсивностей, предложенному проф. Горбачевым.

p = период допускаемого переполнения принят равным 3 годам;

μ (климатическая постоянная) =

$$= 0{,}041 \sqrt[3]{385^2} = 0{,}0041 \sqrt[3]{148225} =$$
$$= 0{,}041 \times 53 = 2{,}17;$$

$$\Delta \text{ (сила дождя)} = \mu \sqrt[3]{p} = 2{,}17 \sqrt[3]{3} =$$
$$= 2{,}17 \times 1{,}44 = 3{,}13;$$

(интенсивность) определяется по формуле

$$i = \frac{\Delta}{\sqrt{T}} = \frac{\Delta}{\sqrt{t + t_n}}$$

где t_n (начальная критическая продолжительность) принята равной 0,5 мин.

Величина q определится из формулы

$$q = \frac{166{,}7\,\Delta}{\sqrt{T}}.$$

Для удобства расчета составляем вспомогательную таблицу значений t (по времени).

Таблица 167

t	T	q	t	T	q
0,00	0,5	735	0,80	1,30	457
0,10	0,6	669	0,90	1,40	438
0,20	0,7	621	1,00	1,50	425
0,30	0,8	579	1,10	1,60	410
0,40	0,9	545	1,20	1,70	399
0,50	1,00	522	1,30	1,80	389
0,60	1,10	497	1,40	1,90	378
0,70	1,20	474	1,50	2,00	368

Результаты вычислений сведены в следующую таблицу 168:

сведены в нижеследующую табл. 169, в которой для удобства сравнения приведены диаметры, полученные по методу предельных интенсивностей.

Таблица 169

№ по порядку	Метод предельных интенсивн.	Американские таблицы	№ по порядку	Метод предельных интенсивн.	Американские таблицы
1	150	150	10	200	200
2	125	125	11	250	250
3	150	150	12	350	300
4	200	200	13	400	350
5	150	150	14	450	350
6	150	150	15	450	400
7	200	150	16	450	400
8	125	125	17	500	400
9	125	125			

Как видно из рассмотренного примера, результаты получились весьма близкие. Имеющееся расхождение объясняется приближенностью ряда величин, введенных при расчете по методу предельных интенсивностей (поверхностная концентрация и пр.).

Интерполяция показывает, что более правильным следует считать укладку на участок № 13 и 14 труб, равных 375 *мм*. Это заставляет перейти на диаметр 400 *мм*, что в свою очередь уменьшает расхождение в полученных результатах.

II. Расчетные таблицы

Из применяемых в американской практике таблиц для расчета внутренних водостоков в зданиях необходимо ознакомиться с таблицей, приведенной в „Recomended minimum requir

Таблица 168

Расчетная таблица по методу предельных интенсивностей

№ по пор.	Наименов. участка с пут. расход.	Наименование участка с трансит. расход.	Площ. крыши в $м^2$	Характ. поверхности крыши	Коэф. стока	Расч. площ. крыши $м^2$	Суммар. площ. крыши $м^2$	Уклон	Длина участ.	Предв. скор.	Критич. скор.	Продол. мин.	Интенс. *л/га/сек*	Расч. расх. *сек/л*	D в *мм*	Скорость *м/сек*	Заполнение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1— 2	—	250	—	—	250	250	1%	10,00	60	0,17	0,67	640	16,00	150	1,02	0,78
2	2— 3	—	150	—	—	150	150	—	5,00	54	0,09	0,59	675	10,12	125	0,89	0,85
3	2— 4	—	200	—	—	200	200	—	5,00	60	0,08	0,58	685	13,70	150	1,02	0,70
4	2— 5	1—2; 2—3; 2—4	—	—	—	—	600	—	5,00	70	0,07	0,74	605	36,30	200	1,20	0,875
5	10— 9	—	200	—	—	200	200	—	5,00	60	0,08	0,58	685	13,70	150	1,01	0,70
6	11— 9	—	200	—	—	200	200	—	5,00	60	0,08	0,58	685	13,70	150	1,01	0,70
7	9— 6	10—9; 11—9	—	—	—	—	400	—	10,00	66	0,15	0,73	610	24,40	205	1,16	0,60
8	7— 6	—	150	—	—	150	150	—	5,00	54	0,09	0,59	675	10,12	125	0,89	0,85
9	8— 6	—	150	—	—	150	150	—	5,00	54	0,09	0,59	675	10,12	125	0,89	0,85
10	5— 6	9—6;7—6; 8—6	—	—	—	—	700	—	5,00	72	0,07	0,80	522	36,54	200	1,19	0,90
11	5—12	2—5; 5—6	—	—	—	—	1 300	—	20,00	80	0,25	1,05	510	66,30	250	1,38	0,90
12	12—13	5-12 *А* и *Б*	—	—	—	—	2 900	—	20,00	100	0,20	1,25	465	134,85	350	1,74	0,73
13	13 -14	12—13; *В* и *I*	—	—	—	—	4 500	—	20,00	105	0,19	1,44	432	194,40	400	1,88	0,72
14	14 -15	13—14 *Д* и *Е*	—	—	—	—	6 100	—	15,00	115	0,13	1,57	414	248,40	450	2,03	0,70
15	15—16	14—15 *Ж*	—	—	—	—	6 350	—	5,00	115	0,04	1,61	408	259,08	450	2,03	0,72
16	16—17	15—16 *З*	—	—	—	—	6 850	—	10,00	115	0,09	1,70	399	273,31	450	2,03	0,75
17	17—18	16—17, *К* и *Л*	—	—	—	—	8 000	—	5,00	120	0,01	1,74	395	316,00	500	2,15	0,70

Подбор диаметров водосточной сети по американским таблицам не представляет никакого труда. Полученные результаты (рассмотрен случай дождя 75 *мм* и уклона в 1 %) for plumbing“ Эта таблица, прокорректированная и дополненная (Progress revision), рекомендуется для применения. Таблица предусматривает полное заполнение сечения трубы и базн-

руется на высоте слоя осадков в 100 *мм/час*. Когда необходимо учесть местные условия, для которых высота приведенного слоя осадков является преуменьшенной или преувеличенной, эта таблица может быть использована путем умножений площадей крыши на коэфициент, определяемый из формулы

$$a = 4/x,$$

где 4—высота слоя осадков в дюймах, для которого составлена таблица; x — высота слоя осадков в дюймах в данном месте.

Эти таблицы для подбора диаметров горизонтального (лежачего) трубопровода внутренних водостоков, по площади крыши, при высоте слоя дождя 100 *мм* (табл. 170); 75 *мм* (табл. 171); 50 *мм* (табл. 172) приводятся ниже:

Таблица 170

При дождевых осадках 4″=100 *мм*

d в *мм*	*i* = 0,01	*i* = 0 02	*i* = 0,04
100	0—172	0—245	0—361
125	173—315	246—435	362—654
150	316—487	436—698	655—1000
200	488—1026	699—1483	1001—2059
250	1027—1812	1484—2551	2060—3710
300	1813—3020	2552 - 4220	3711—6076
375	3021—5390	4221—7514	6077—10667

Таблица 171

При дождевых осадках 3″=75 *мм*

d в *мм*	*i* = 0,01	*i* = 0,02	*i* = 0,04
100	0—229	0—326	0—480
125	230—119	327—579	481—870
150	420—648	580—928	871—1330
200	649—1398	929—1972	1331—2783
250	1399—2410	1973—3393	2784—4394
300	2411—4017	3394—5613	4935—7465
375	4018—7169	5614—9994	7466—13292

Таблица 172

При дождевых осадках 2″=50 *мм*

d в *мм*	*i* = 0,01	*i* = 0,02	*i* = 0,04
100	0—344	0—490	0—722
125	345—630	491—870	723—1308
150	631—974	871—1396	1309—2000
200	975—2052	1397—2966	2001—4118
250	2053—3624	2967—5102	4119—7420
300	3625—6040	5103—8440	7421—12152
375	6041—11780	8441—15020	12153—21334

Применению этих таблиц в значительной степени способствуют допускаемые ими уклоны.

При небольших длинах подземной сети и в случае благоприятных топографических условий рекомендуемые этими таблицами уклоны в значительной степени увеличивают отводную способность сети, что может привести к меньшим диаметрам по сравнению с результатами, получаемыми при пользовании таблицами фирмы Кан. Сопоставление результатов, полученных при пользовании таблицами „Recomended minimum“ и таблицами фирмы Кан при одних и тех же уклонах, дает для слоя осадков 75 *мм* весьма близкие результаты, в случае же слоя осадков, равного 50 *мм*, таблицы Кан допускают значительно большие площади на один и тот же диаметр по сравнению с таблицами „Recomended minimum“.

Объясняется это неточностью вычисления для этого случая таблиц Кан, что видно из допускаемой нагрузки на трубы при различном слое осадков (при одном и том же диаметре и уклоне), где имеет место превышение в 2—2⅓ раза, тогда как соотношение слоя выпадающих осадков равно 1,50.

На основе этого можно сделать заключение о вероятном преуменьшении таблиц Кан в этой части на один размер.

Анализируя могущие возникнуть последствия и учитывая работу водосточной сети под напором (метод расчета предложен Н. Н. Беловым), можно до создания союзных таблиц, пользоваться наряду с таблицами „Recomended minimum“ и таблицами Кан.

Инж. *Б. С. ТИКУНОВ*

12. Укрупненные измерители внутренней водосточной сети

Для ориентировочного исчисления необходимого для устройства внутренних водостоков количества водосточных воронок и труб ниже (табл. 173 и 174) приводятся данные по

Таблица 173

Число и диаметр выпусков

Наименование цеха	Площадь *м²*	Число воронок	Число выпусков	Диам. выпусков *мм*	Число воронок на 1 выпуск
Сенокосилок. . . .	10 300	74	2	300 350	37
Литейный	14 700	69	3	1D 200 2D 350	33
Гл. корпус механическ. зав. .	12 800	36	8	3D 200 5D 250	4,5
Деревообделочный.	16 800	119	7	4D 250 1D 300 2D 350	17
Железозагот. . . .	17 700	151	2	400 450	75,5
Котельный.	23 400	88	3	450	29
Гл. корпус карб. зав.	21 100	75	4	300 350 400 450	18,8
Фасонолитейный. .	30 000	158	4	2D 300 2D 500	34,5
Литейный	41 100	109	5	2D 300 2D 400 1D 450	22
Мех. сборн.	55 800	420	40	250	10,5
Мех. сборочный . .	92 300	360	17	9 D300 3 D350 4 D400 1 D450	21
Гл. корпус зав. Шариконодш. .	95 100	414	27	4D 250 2D 300 6D 350 15D 400	15
Главн. корпус мех. зав.	71 600	237	2	450 700	118,5

Таблица 174

Количество воронок и длина водосточных труб

Наименование цеха	Площ. цеха $м^2$	Воронки: число	Воронки: площ. на 1 воронку	Стояки: диам. мм	Стояки: длина м	Стояки: длина на 1 $м^2$	Стояки: Вес мет. труб т	Стояки: Вес	Отводные трубы: диам. мм	Отводные трубы: длина м	Отводные трубы: длина на 1 $м^2$
а) Цеха площадью до 10 000 $м^2$											
Кузнечный	6 400	28	228	100—150	520	0,08	8,6	1,35	200	250	0,010
Рем.-механ.	5 200	27	193	100	360	0,07	4,8	0,92	150—250	280	0,054
Обрубн.	8 300	42	198	100—125	465	0,056	6.4	0,77	150—400	560	0,067
Обжига и обдирки	8 500	60	142	100—125	415	0,05	6,0	0,70	125—300	510	0,064
В среднем:	—	—	190	—	—	0,064	—	0,94	—	—	0,056
б) Цеха площадью 10 000—30 000 $м^2$											
Сенокосилок	10 300	74	140	100	355	0 035	4,7	0,46	125—350	820	0,08
Инструмент.	10 600	90	118	100—125	665	0 063	8,9	0,84	125—350	530	0,01
Литейный	14 700	69	213	100	500	0,034	6 6	0,45	125—350	930	0.064
Главн. корп. мех. зав.	12 800	36	356	100—150	180	0,014	3,5	0.28	200—250	440	0,035
Деревообдел.	16 800	119	141	100—150	910	0,056	13,7	0,82	125—350	840	0,05
Железозаг.	17 700	151	117	100—150	910	0,052	13,2	0,75	125—150	820	0,047
Буровой	20 600	97	212	100—150	670	0,032	12.4	0,60	150—400	920	0,044
Котельн.	23 400	88	265	100	1180	0,05	15,6	0,66	150—450	1200	0,051
Главн. корп. карбюр. зав.	24 400	75	325	100	550	0,023	7,3	0,30	150—450	650	0,026
Литейный	24 800	100	248	100—150	735	0.03	11	0,45	125—450	1070	0,043
Комбайнов	25 100	132	190	100	690	0.03	9,2	0,37	125—400	2010	0,08
Кузнечный	27 200	186	146	100—150	3280	0,12	57	2,10	125—250	1425	0,05
Фасоносталелитейн.	30 000	158	190	100—150	1315	0.044	19.2	0.64	150—500	1300	0,043
В среднем:	—	—	205	—	—	0,045	—	0.67	—	—	0,051
в) Цеха площадью более 40 000 $м^2$											
Литейный	41 100	109	375	100—150	1130	0,028	17,4	0,42	150—500	1550	0,038
Паровозостроительн.	45 830	236	194	—	—	—	—	—	—	—	—
Литейный	58 000	268	216	100—150	3350	0,058	52,7	0,90	125—450	2850	0.05
Главн. корп. мех. зав.	71 600	287	302	100—150	2650	0,037	46,3	0.65	125—700	2670	0,038
Мех. сбор. тракт зав.	55 800	420	133	100	2250	0.04	29,7	0,53	125—250	4900	0,088
Мех. сбор. тракт. зав.	92 300	360	257	100—150	4150	0,045	60	0,65	125—350	4300	0,047
Глав. корп. зав. Шарикоподш.	95 100	414	230	100—150	3200	0,034	43,2	0,45	125—400	2425	0,026
В среднем:	—	—	244	—	—	0,04	—	0,60	—	—	0.048

Примечание. В графе гертикальные стояки подсчитан вес металла из расчета применения чугунных канализационных труб легкого веса (подсчитанный по длине труб вес увеличен на 20% на фасонные части).

отдельным цехам нескольких заводов (из практики Металлостройпроекта), причем все цеха подразделены на 3 группы:

а) Площадью до 10 000 $м^2$ (обычные и большие цеха).

б) Площадью более 10 000 $м^2$ (укрупненные цеха).

в) Площадью более 30 000 $м^2$ (цеха-гиганты).

13. Укрупненные измерители стоимости

Стоимость устройства внутренних стояков на 1 воронку составляет от 152 до 465 руб., в среднем 250 — 350 руб.

Стоимость устройства водостоков на 1 $м^2$ площади цеха является более устойчивой цифрой. Она равняется:

а) Цеха площадью 1450—13 475 $м^2$ (по данным Моспроекта)[1] при площади стояка на 1 воронку в среднем 146 $м^2$ от 1,31 до 2,45, в среднем 2 р.

б) Цеха площадью 6 400—30 000 $м^2$ (по данным Металлостройпроекта) при площади стока на 1 воронку от 190 — 205 $м^2$

Таблица 175

Стоимость устройства внутренних водостоков[2]

№ по пор.	Наименование цеха	Площ. $м^2$	Число воронок	Стоимость: Общ. стоим.	Стоимость: на 1 вор.	Стоимость: на 1 $м^2$ площади	% от стоим. здания
1	Кузнечный	6 400	28	6 444	230	1,01	1,30
2	Главный. корп. мех. зав.	12 800	36	13 500	375	1,05	
3	Деревообдел.	16 800	119	24 325	204	1,45	2,60
4	Железозаготовительн.	17 700	151	22 870	152	1,29	1,90
5	Буровой	20 600	97	24 400	251	1,18	
6	Котельный	23 400	88	41 042	465	1,75	1,30
7	Главный корп. карбюр. зав.	24 400	75	20 750	276	0.85	1,20
8	Литейный	24 800	100	28 942	289	1,17	
9	Комбайн	25 100	132	32 194	244	1,28	
10	Фасоносталелитейный	30 000	158	34 485	218	1,15	
11	Паровозостр.	45 830	236	70 855	300	1,55	1,30
12	Главный корп. мех. зав.	71 600	237	87 418	368	1,22	
13	Мех.-сбор.	55 820	420	107 908	257	1,94	
14	Главный корп. зав. Шарикоподш.	95 100	414	184 068	443	1.94	

Примечание. Стоимость водостоков подсчитана при выполнении стояков из чугунных канализационных труб легкого веса, а подземной сети — из керамиковых и бетонных труб.

[1] Рубинштейн, Внутренние водостоки в промышленных зданиях („Стр. пром." № 8, 1931). Стоимость подсчитана при вертикальных стояках из чугунных канализационных труб и подземной сети в виде бетонных лотков.

[2] По данным производственных смет Металлостройпроекта (6. Госпроектетрой 1).

от 0,85 до 1,75, в среднем 1 р. 20 к.

в) Цеха площадью более 40 000 $м^2$ (по данным Металлостройпроекта) при площади стока на 1 воронку 244 $м^2$;

от 1,22 до 1,94, в среднем 1 р. 65 к.

По отношению к строительной стоимости здания стоимость внутренних водостоков составляет от 1,2 до 2,6, в среднем около 2% (по данным Моспроекта для небольших зданий до 3,6%).

На стоимость устройства водостоков влияет конструкция здания, в особенности конструкция кровли, размещение воронок, возможность объединения нескольких воронок одним стояком и система подземной водосточной сети. При применении пересечной системы и объединении внутренней сети в 2—3 выпуска (№ 4, 7, 12 в табл. 175) стоимость внутренних водостоков снижается.

По отдельным элементам стоимость внутренних водостоков распределяется следующим образом:

Водосточные воронки от 12 до 24, в среднем 16%.

Вертикальные стояки (чугун. канализац. трубы) от 15 до 26%, в среднем 22%.

Земляные работы и смотровые колодцы от 16 до 22%, в среднем 22%.

Подземная отводная сеть (керамиковые и бетонные трубы от 30 до 45%, в среднем 40%).

Инж. *Е. Д. ШВЕЦОВ*

Б. НАРУЖНЫЕ ВОДОСТОКИ

I. СПОСОБЫ ОТВОДА ЛИВНЕВЫХ ВОД

1. Общая часть

Отвод атмосферных осадков, а также весенних талых вод с поверхности улиц, крыш зданий необходим для предохранения от затопления дорог и зданий. Без надлежащего отвода ливневые воды могут служить источником поднятия уровня грунтовых вод выше нормального горизонта, что влечет за собой просачивание, а порой и затопление подвалов зданий.

Устройство водостоков требует больших затрат, чем и объясняется их слабое развитие в городах СССР, но в связи с реконструкцией городского хозяйства, устройством усовершенствованных мостовых в городах и постройкой заводов-гигантов оно приобретает все большее развитие.

В водостоки принимаются кроме атмосферных вод промышленные воды фабрик и заводов, загрязненные механическими примесями, песком, опилками и др., а также конденсационные воды, которые могут быть направлены без очистки в водный поток; в этом случае в эксплоатации возникают некоторые затруднения: каналы требуют постоянного наблюдения и прочистки, так как достигнуть в каналах скоростей самоочищения при спуске одних промышленных вод в водостоки затруднительно.

2. Системы водостоков

Различают открытую и закрытую систему водостоков. Открытой называется система с устройством для отвода воды лотков, канав и каналов. Закрытой системой водостоков называется система с устройством подземных труб и каналов для отвода воды. Последняя в своей верховой части до первого приемника всегда имеет элементы открытой системы.

а) Открытая система водостоков предусматривает первоначальную планировку площади отвода воды к сборным лоткам-канавкам. Через сборные лотки вода поступает в канавы с укрепленным дном и откосами. При больших площадях стока через канавы вода поступает в сборный канал и далее в естественный водоем. Устройство открытых водостоков требует наличия достаточных и умеренных уклонов местности. При отсутствии уклона местности или его недостаточности открытые каналы получаются глубокими, требуют укрепления вертикальных стенок или откосов.

При устройстве канав с откосами канавы имеют большую ширину по верху, требуют устройства специальных ограждений, переходов или сплошного перекрытия для безопасности уличного движения. Кроме того небольшие скорости течения вызывают осаждение взвешенных веществ и их последующее разложение вызывает зловоние, так как первые порции уличных стоков не менее загрязнены, чем фекальные воды. При избыточных уклонах требуется устройство перепадов и быстротоков, а также прочное укрепление дна и откосов. Наллежащее постоянное наблюдение, очистка и ремонт канав и каналов затруднительны.

б) Закрытая система водостоков предусматривает отвод ливневых вод трубами или перекрытыми каналами и до первого приемника в верховых частях системы уличными открытыми лотками, размеры которых зависят исключительно от принятого поперечного профиля улицы. Там, где слой воды в уличных лотках и на самых мостовых превышает проектный слой (не более 10—13 *см*), предусматривается устройство приемных колодцев, перекрытых решеткой, называемых дождеприемни-

камп. Из дождеприемников вода поступает через соединительную линию в водосток.

Для наблюдения и для прочистки сети водостоков устраиваются смотровые колодцы, которые располагаются на большем расстоянии, чем в канализации, что вызывается, во-первых, большими сечениями каналов и, во-вторых, сравнительно чистыми водами. Интервалы между колодцами на участках без боковых присоединений могут быть от 100 до 300 *м* в зависимости от размеров каналов. Ввиду того что устройство закрытой системы всегда дороже, чем открытой, в местах, где можно отказаться от закрытых каналов, например за городом или в малонаселенных пунктах, следует переходить на открытые каналы, особенно в устьевых участках сети, так как стоимость больших каналов сильно возрастает, кроме того подход канала к водному протоку закрытым каналом требует высоких берегов, а часто и регулировки русла водного протока (например переход поймы реки).

3. Выбор системы водостоков

При выборе системы водостоков местные условия имеют решающее значение. Малонаселенный пункт, не имеющий благоустроенных улиц и усовершенствованных мостовых, дозволяет остановиться на открытой системе водостоков, а усовершенствованные мостовые требуют устройства водостоков закрытого тина. С ростом города и развитием его благоустройства открытую систему необходимо перестраивать на закрытую. Наличие фабрик и заводов, использующих водостоки для выпуска своих чистых производственных вод, ускоряет переход на закрытую систему частично или полностью для данного населенного пункта.

Грунтовые условия часто заставляют отказаться от открытых водостоков, например в условиях легко проницаемых грунтов, так как таковые ведут к загрязнению почвы, а также к ее заражению. Высокий горизонт стояния вод требует устройства закрытых водостоков, так как при этих условиях неизбежен постоянный застой воды в канавах, ее зацветание и запах из канав.

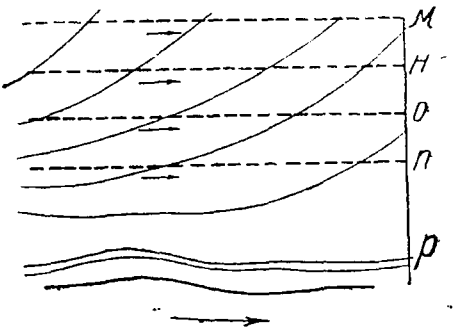
Трасса улиц при наличии больших уклонов заставляет переходить на закрытую систему труб и каналов, так как устройство перепадов и открытых канав при больших скоростях течения воды затруднительно. Вымыв замощения, размыв русла открытых водостоков — постоянно наблюдаемое явление в этих условиях.

Наличие местных условий оказывает влияние на выбор системы водостоков, так например, при каменистых грунтах естественно устраивать открытую систему водостоков (вырубание в грунтах) с перекрытием канав и каналов досками, плитами камня либо сводиками.

4. Схемы сети водостоков

Схема сети водостоков должна решаться в границах района, ограниченного водоразделом и разделенного местными водоразделами на бассейны, причем должна предусматриваться возможность отвода вод со всего бассейна, учитывая количество отводимых ливневых вод сообразно с будущей планировкой и застройкой района, а также замощением и озеленением.

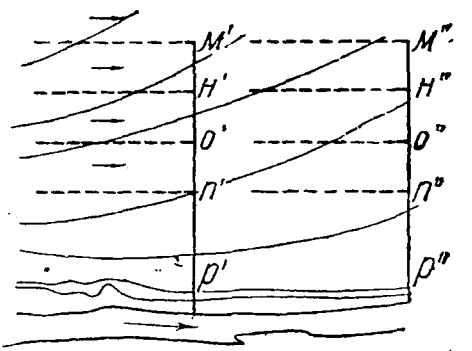
Как общее правило, ливневые воды кратчайшим путем должны отводиться в водный приток, причем следует избегать собирать



Фиг. 470. Схема водосточной сети *а*.

воды с большого района в один выпуск, так как направление больших масс воды в одно место при переполнении водостоков должно вызвать опасные последствия для построек и сооружений.

Схема *а* (фиг. 470) дает экономию в диаметрах труб, но схема *б* (фиг. 471) является



Фиг. 471. Схема водосточной сети *б*.

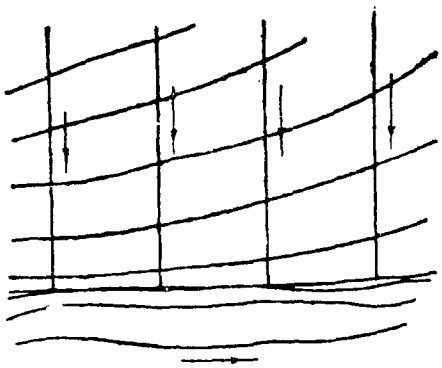
более надежной и как более равномерно отводящая воду и как имеющая больший запас отводоспособности, чем схема *а*.

Схема *в* (фиг. 472) дает еще большие преимущества, чем схема *б*, так как обеспечивает наиболее быстрый отвод воды в водный проток с поверхности; кроме того переполнение одного водостока или его засор не оказывают влияния на работу сети в целом, но схема требует устройства ряда выпусков в водный проток.

Схема *г* (фиг. 473) лишает некоторых преимуществ схему *в* введением берегового коллектора, необходимость которого вызывается иногда требованиями санитарного характера, к берегу водного протока (например пляж). В этих случаях переполнение берегового коллектора предупреждают запасные ливнеспуски.

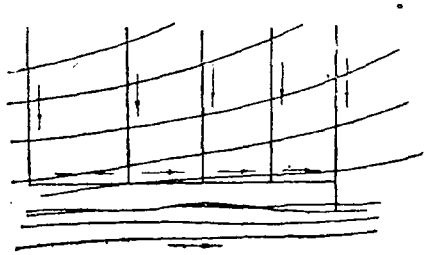
Схема сети должна предусматривать полное развитие таковой, и расчет сети должен производиться на полное ее развитие. Полное развитие сети дает согласно расчету сети по методу предельных интенсивностей наиболее неблагоприятный случай работы сети. Кроме того только при наличии полной схемы сети водостоков таковая полностью может быть увязана с другими подземными сооружениями.

Влияние других систем и отдельных подземных сооружений чрезвычайно велико на



Фиг. 472. Схема водосточной сети *в*.

схему и трассировку сети. Поскольку водопровод лежит обычно глубже водостоков и имеется возможность сравнительно легко обойти водопроводом другие трубы (за исключением главных магистралей водопровода), водопровод очень редко влияет на трассировку и схему сети. Канализация, не влияя на схему, существенно влияет на трассировку сети водостоков, так как в верховых участках сети пересекаются в одинаковых уровнях и лишь в низовых частях сеть канализации не влияет на водостоки, так как обычно вследствие больших уклонов она уходит на большую

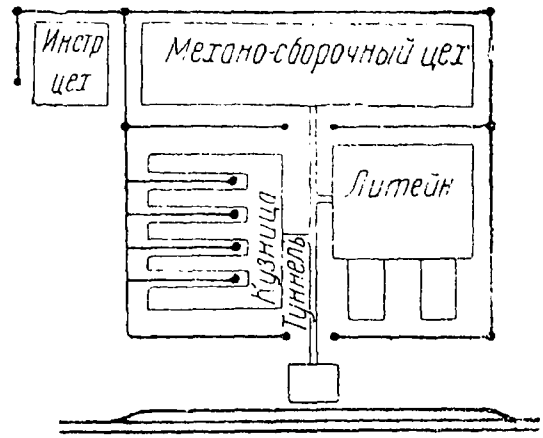


Фиг. 473. Схема водосточной сети *г*.

глубину и проходит в местах пересечений ниже водостоков.

Наличие теплофикационных тоннелей, особенно в заводских условиях, при разветвленной сети тоннелей имеет часто решающее значение не только на трассы коллекторов, но и на схему, так как подход под тоннели не дает возможности выйти самотеком водостоку в водный проток. Например на Челябинском тракторном заводе схема сети в значительной мере определялась тоннелем (фиг. 474).

При проектировании водостоков следует проверить все места пересечений водостоков с другими сетями труб, каналов и других под-



Фиг. 474. Схема водосточной сети Челябинского тракторного завода.

земных сооружений, ни в коем случае не допуская непосредственного соприкосновения стенок труб, так как при малейшей осадке линий, таковая ведет к разрушению швов и повреждению труб. Следует также учитывать не только существующие, но и возможные в будущем прокладки линий труб, намечая их ориентировочно, либо фиксируя их трассы при трудных условиях, как например при наличии в малом проезде нескольких сетей.

5. Начертание сети

Начертание сети должно всегда производиться по возможности прямолинейно и параллельно стенам корпусов, осями проездов, причем присоединение боковых коллекторов желательно также производить под прямым углом, избегая пересекать свободные площади в заводских условиях ради экономии длинных линий по диагонали, так как в дальнейшем свободная площадь может быть использована под застройку и тогда потребуется перекладка линий и с меньшим уклоном, чем существовавшая линия. Кроме того ломаная линия водостоков может привести к пересечению с трубами других сетей под острыми углами, что чрезвычайно затруднительно при производстве работ. Проектировщик должен принять за правило составление совмещенного плана сетей. Американская практика рекомендует для этой цели проекты сетей исполнять только на совмещенных планах.

6. Выбор водоемов для спуска вод

Выбор водоема в случае спуска одних ливневых вод определяется рельефом местности. В случае, если рельеф местности позволяет произвести выпуск в несколько водоемов (например озеро и река), то следует иметь в виду водный баланс водоема, особенно

в районах с ограниченными водными ресурсами (например Туркестан, Урал). Кроме того, если с атмосферными водами производится выпуск промышленных вод, то в этом случае необходимо сравнить условия и характер течения, расположение нижележащих селений, а в случае замкнутых водоемов (озер, прудов и т. д.) принять во внимание их глубину, зеркало воды и зарастаемость. При выпуске воды в пруд или озеро в месте выпуска воды неизбежно выпадение осадков и их загнивание. На дне водоема образуется слой ила. Поэтому желательно иметь в месте выпуска достаточную глубину, чтобы иметь возможность реже производить очистку водоема в месте выпуска.

На выбор водоема водостоков особо большое влияние оказывают промпредприятия, спускающие свои воды в водостоки. Если в ливневых водах являются наиболее загрязненными первые порции ливневых вод, то при наличии промышленных стоков загрязнение вод постоянно, а потому имеет более серьезный характер. В этих условиях часто выбирают более удаленный водоем с тем, что дополнительные затраты против выпуска в ближайший водоем покрываются полностью теми предприятиями, которые спускают воды, либо выдвигается требование предварительной очистки промышленных вод перед выпуском их в водостоки.

Выпуск в водоем производственных вод промпредприятий через водостоки требует согласования с санитарным надзором.

7. Расчет сети водостоков

Проблема отвода воды с данного участка была бы полностью разрешена, если бы имелись данные о количестве могущих выпасть осадков в данный промежуток времени в данном месте. Между тем мы имеем для данного места климатические условия, которые претерпевают изменения в течение ряда лет, и даже многолетние наблюдения не дают уверенности для определения количества выпадающих осадков в течение предстоящего периода лет на тот срок службы, на который рассчитываются сооружения.

Кроме того необходимо считаться с тем фактом, что мы не имеем полных наблюдений о выпадении осадков и для Союза, мы имеем лишь данные о количестве выпадавших осадков по дням, месяцам и годам. Последнее обстоятельство зависит от оборудования метеорологических станций, оборудованных лишь простыми дождемерами. В последнее время в Союзе на некоторых метеорологических станциях были установлены автоматические дождемеры, дающие возможность определять кроме общего количества осадков их интенсивность и продолжительность.

При этих условиях нет возможности ориентироваться в ливневых осадках, влияющих на сечение каналов, и для определения расчетного дождя приходится пользоваться существующими многолетними наблюдениями и некоторыми данными, носящими эмпирический характер.

Сила дождя. Для любого случая дождя имеем общее количество осадков, которое обозначается h, продолжительность дождя — t. Отношение $i = \frac{h}{t}$ называется интенсивностью дождя. Для равновозможных дождей, которые могут выпасть в данной местности, всегда существуют (по Горбачеву) следующие соотношения.

$$i_1\sqrt{t_1} = i_2\sqrt{t_2} = \ldots i_n\sqrt{t_n} = \Delta \qquad (1)$$

$$h_1 : \sqrt{t_1} = h_2 : \sqrt{t_2} = \ldots h_n : \sqrt{t_n} = \Delta \qquad (2)$$

где Δ — сила дождя.

Проф. Горбачев для классификации дождей и их практической оценки предложил следующую скалу (табл. 178).

Климатическая постоянная. Наблюдения показывают некоторую периодичность метеорологических условий для данной местности. Цикл такой периодичности примерно равен 35 годам. Проф. Горбачев считает, что если нанести наблюдавшиеся силы дождя Δ как ординаты, а за абсциссы принять период однократного превышения осадков p, то полученные кривые для разных местностей являются кубическими параболами, имеющими уравнение $\Delta = \mu\sqrt[3]{p}$; параметр μ Горбачев называет „климатической постоянной" данной местности, выражающей совокупность климатических и географических условий ее.

Американская практика рекомендует, если есть записи интенсивности дождей для некоторого периода, скажем 20 лет, построить кривые, на абсциссах которых отложены продолжительности в минутах, а на ординатах — интенсивность ливня (*мм* в минуту или *дм* в час) для серии дождей за период времени в 3, 5, 10, 20 лет; соединив точки, которые равны или превышают средние интенсивности, получаем кривые, которые принимаются как основа для проектирования водостоков. Бюро погоды USA дает определение чрезмерных дождей, как дожди превышающие $(0{,}01t+0{,}20)$, где t — время в минутах, а осадки в *дм*. Таким образом исключительными дождями являются 0,25 *дм* в 5 мин.; 0,80 *дм* в 60 мин.; 1,40 *дм* в 120 мин.

8. Условия, влияющие на величину стока

Количество воды, котоое отводится через водосток, зависит от интенсивности и продолжительности дождя, а также характера, уклона и площади, на которую дождь выпал. Часть выпавшего дождя теряется на испарение, часть задерживается капиллярностью почвы, часть просачивается медленно через землю, увеличивая грунтовые воды, часть поглощается зеленью, часть задерживается в углублениях и неровностях почвы.

Доля стекающей воды от выпавших осадков на данной поверхности кроме того изменяется со степенью напитанности земли влагой перед дождем, а также от состояния поверхности грунта, так например от промерзания,

Данные об осадках[1] *Таблица 176*

Среднее количество осадков в год в *мм*

№ по порядку	Местоположение	Количество осадков	№ по порядку	Местоположение	Количество осадков
1	Астрахань	120	52	Мехонское	348
2	Арзамас	440	53	Мариинск	398
3	Арск	375	54	Минусинск	307
4	Артинский завод	553	55	Н. Сибирск	384
5	Ачинск	422	56	Н. Новгород	531
6	Балахна	475	57	Н. Тагил	466
7	Бакланское	324	58	Ножовка	484
8	Большепесчанское	279	59	Нижнеудинск	336
9	Барабинск	183	60	Орел	545
10	Барнаул	337	61	Оханск	489
11	Воткинск	538	62	Овчинниково	503
12	В. Сергиевский завод	513	63	Омск	314
13	В. Синячиха	443	64	Починки	429
14	В. Уфалейский завод	467	65	Порецкое	498
15	Елатьма	547	66	Полевой Сундырь	407
16	Елабуга	423	67	Пермь	596
17	Енисейск	429	68	Петропавловск	381
18	Днепропетровск	472	69	Ростов-на-Дону	435
19	Златоуст	511	70	Ревда	435
20	Змиев	334	71	Рязань	474
21	Звериноголовск	357	72	Семенов	549
22	Зима	414	73	Спасск	303
23	Залари	376	74	Сарапул	433
24	Иваново-Вознесенск	579	75	Свердловск	411
25	Ирбит	443	76	Ст. Сидорово	350
26	Ишим	298	77	Талица	397
27	Иркутск	369	78	Тюмень	385
28	Ковров	492	79	Тара	428
29	Княгинино	501	80	Татарская	120
30	Курмыш	401	81	Тайга	594
31	Козьмодемьянск	460	82	Томск	478
32	Казань	431	83	Тисуль	517
33	Кунгур	458	84	Тулун	338
34	Красноуфимск	477	85	Уржум	499
35	Курган	358	86	Уфа	491
36	Кипельское	366	87	Фокино	504
37	Красноярск	363	88	Челябинск	362
38	Сталинск	489	89	Чебоксары	460
39	Казачинское	393	90	Чулым	149
40	Канск	307	91	Шадринск	241
41	Клюквенная	320	92	Шито	351
42	Луганск	465	93	Ялуторовск	351
43	Ленинград	472	94	Пенза	483
44	Людиново	630	95	Ярославль	582
45	Лукоянов	509	96	Вышний Волочек	578
46	Лаишев	345	97	Вологда	603
47	Леонидово	453	98	Кострома	524
48	Москва	544	99	Порецкое	516
49	Меленки	518	100	Золотчино	449
50	Малмыж	419	101	Мещерское	473
51	Мензелинск	415			

Таблица 177

Средние интенсивности ливней для центрального района Европейской части СССР (по Бергу)

Продолжительность в минутах	1—5	6—15	16—30	31—45	46—60	60—120	120—180	180—360
Средняя интенсивность в *мм*	3,50	2,94	1,50	0,95	0,87	0,70	0,45	0,47

Скала осадков по силе дождя *Таблица 178*

№ по порядку	Категория осадков	Характеристика	Сила дождя Δ
1	Мелкие дождики	Поверхностного стока нет	до 1,0
2	Обыкновенные дожди	Сток по замощенной поверхности	1,1— 3,0
3	Умеренные проливные дожди	Сток по естественным склонам	3,1— 5,0
4	Большие проливные дожди	Сильные потоки	5,1— 7,0
5	Значительные ливни	Затопление улиц в городе	7,1— 9,0
6	Сильные ливни	Наводнение в небольших реках	9,1—12,0
7	Горные ливни	Только в горах. Превращение горных ручьев в реки	12,1—16,0
8	Техасские ливни	Чрезвычайное количество осадков	16,1—20,0
9	Тропические ураганные ливни	Только у тропиков, чрезвычайно интепенвны	20,1—26,0
10	Тропические муссонные осадки	Только у тропиков, чрезвычайно продолжительные	26,1—35,0

[1] Метеорологическая часть изысканий воздушных путей (изд. УВВС, на правах рукописи).

покрытия снегом и льдом, застройки и замощения.

Сток от данной площади при данной интенсивности продолжительности ливня должен быть больше, когда он со всех частей данной площади достигает места наблюдений стока. Для соблюдения этих условий требуется некоторый промежуток времени не только для пробега воды от наиболее удаленной части поверхности до места наблюдений стока, но также и для полного поглощения и напитывания почвы. Наибольший сток в этих условиях получается при наибольшем ливне.

Зависимость между дождем и стоком выражается формулой:

$$Q = \psi \cdot i \cdot F,$$

где ψ — коэфициент, представляющий отношение стока к выпавшему дожлю,

i — интенсивность дождя в литрах-секунду с гектара,

F — площадь стока в гектарах.

Период концентрации слагается из двух частей: из времени притока к трубе и времени пробега по трубе. Последнее быстро определяется гидравлическим расчетом, если условия работы водостока, уклоны и сечение водостока известны. Важно различать минимум времени концентрации от того, что может быть названо „действительным" временем концентрации. Водостоки рассчитываются на „минимальный" период концентрации, когда скорости стока с поверхностей, крыш и улиц являются наибольшими, и соответствующий дождь является наибольшим. Минимальное время концентрации для данного района в обычных условиях является постоянным. Время притока к трубе с момента начала дождя разделяется на: 1) момент смачивания поверхности; 2) заполнения углублений; 3) установление стока и протекания воды по поверхности до приемного отверстия от наиболее удаленной точки.

Время концентрации должно быть вычислено из различных данных, либо определено наблюдениями, причем следует иметь в виду, что таковое больше для плоских, чем для поверхностей с крутыми уклонами; больше для участков с глубокой застройкой, чем при единичных зданиях, и меньше для правильно спланированной поверхности, чем для неспланированной. Расстояние между дождеприемниками также влияет на время концентрации. Не следует смешивать время концентрации со временем протока при установившихся условиях стока (последнее всегда менее чем первое).

Отношение количества воды, притекающей к расчетной точке, для которой рассчитывается или измеряется сток с площади стока к количеству выпавшей воды в виде осадков на той же площади, называется коэфициентом стока и обозначается ψ.

Коэфициент стока зависит главным образом от: 1) плотности и характера застройки, соотношения площадей, крыш, дворов, улиц, газонов, характера замощений, уклонов, улиц и дворов, характера почвы; 2) климатических условий и времени года и 3) продолжительности и интенсивности дождей и сильно изменяется с малейшими изменениями в характере поверхности (замощения и т. д.).

При проектировании водостоков необходимо учесть условия, которые будут в будущем при замощении и благоустройстве, так как например при увеличении или усовершенствовании замощения коэфициент стока увеличивается.

Коэфициент стока менее единицы, так как всегда имеет место испарение и потеря влаги на смачивание и задержка воды в углублениях почвы.

Примечание. После начала дождя коэфициент стока постепенно увеличивается до тех пор, пока почва совершенно насытится водой и пока непроницаемые поверхности не будут смочены и углублении заполнены водой, после чего коэфициент стока остается постоянным для данной площади. Для расчета водостоков имеет значение — прошел ли критический ливень близко от начала дождя или после малого дождя. В то время, когда снег или лед покрывают землю, коэфициент стока может быть более, чем единица, хотя эти условия являются такими весьма неприятными для проектирования водостоков, что их обыкновенно не учитывают.

Коэфициент стока зависит главным образом от факторов, которые могут быть учтены и названы коэфициентом непроницаемости, коэфициентом распределения дождя, коэфициентом поглощения, задержания и коэфициентом замедления.

В практике проектирования нет необходимости учитывать эти факторы отдельно, исключая коэфициент непроницаемости, но для проектировщика чрезвычайно важно иметь в виду составную природу коэфициента стока и знать об условиях, влияющих на его составные части.

Коэфициент непроницаемости первоначально был основан на вычислении части поверхности, которая замощена, покрыта кровлей, и на вычислении относительной непроницаемости почвы, которая не застроена и не замощена. Позднее эти два коэфициента были соединены и представляются в настоящее время одним средним коэфициентом непроницаемости для данной площади.

Коэфициент распределения дождя. Данные о распределении дождя на площади водостоков немногочисленны и неточны. Американский инж. Марстон (Marston) изучал распределение дождя и вывел, что для малых канализуемых поверхностей коэфициент очень близок к единице. Для площади 400 *га* коэфициент равен около 0,95; для 1000 *га* — 0,90 и для 2000 *га* — 0,85 для дождя продолжительностью около 60 мин.

Коэфициент поглощения показывает отвошение количества воды, требуемого ва смачивание поверхности, на испарение во время дождя, задерживаемого в углублениях и неровностях поверхности земли зеленью, а также количество воды, поглощаемое порами земли, т. е. того количества воды, которое не находит пути в водосток, ко всему количеству выпавших осадков за данный промежуток времени.

Примечание. Все указанные факторы больше в начале дождя, чем через некоторое время после начала дождя. Кроме того климатические условия сильно влияют на их величину, так что значения коэфициентов далеки от постоянных. Кроме того следует иметь в виду, что в растущих городах площади крыш и непроницаемых замощений непрерывно увеличиваются, а потому приводимые коэфициенты служат для ориентировки.

Коэфициент замедления стока. Если продолжительность ливня менее, чем время, необходимое для пробега воды от наиболее удаленной точки поверхности стока до точки, для которой рассчитывается или измеряется сток, то максимум притекшего стока был бы меньше, чем, если бы вся площадь стока давала воду, так как выпавшая вода в наиболее удаленных точках не успеет достичь рассматриваемой точки и в расчетном расходе не будет участвовать весь бассейн стока F, а лишь некоторая часть его, равная $\varphi \cdot F = F_1$, откуда $\varphi = \frac{F_1}{F}$.

Отношение поверхности стока при продолжительности ливня менее времени, необходимого для пробега воды от наиболее удаленной точки поверхности стока до точки, для которой рассчитывается или измеряется сток, ко всей поверхности стока называется коэфициентом замедления стока.

Если продолжительность дождя равна времени концентрации для данной поверхности, то замедления стока не имеется.

Если продолжительность дождя будет менее времени концентрации, это равносильно соответствующему уменьшению интенсивности дождя в единицу времени (Горбачев). Степень этого уменьшения или коэфициент замедления обозначают через φ, а действительное количество стекающих вод выражается формулой

$$Q = \psi \cdot \varphi \cdot Q_0 = Fq_0.$$

Следует помнить, что время концентрации для данной поверхности имеет разное значение для малых и больших дождей. В последнем случае получаются наибольшие скорости и минимальное время концентрации и коэфициент замедления играет роль лишь при изучении и сравнении стоков, водостоки же должны проектироваться из условий максимального стока. Американские инженеры обыкновенно пренебрегают при проектировании водостоков замедлением стока.

Для некоторых периодов концентрации до 50% всего количества воды находится в транзите в сети в конце периода концентрации. В большинстве случаев следует проектировать водостоки, не учитывая емкости сети, учитывая полезность дополнительного запаса в диаметрах труб по случаю исключительных сильных ливней. Но влияние емкости всегда должно приниматься при изучении стока ливневых вод и сравнениях наблюдений дождей для получения однородных результатов.

9. Значения коэфициента стока

Коэфициент стока широко колеблется в своих значениях по данным различных исследователей (см. табл. 179).

Таблица 179

Род поверхности	Американские данные	По Горбачеву			По Фрюлингу	По Нмгофу
		при уклоне				
	от — до	до 0,01	0,01—0,05	более 0,05	от — до	от — до
Водонепроницаемые крыши	0,70—0,95	—	—	—	0,95	
Асфальтовое замощение	0,85—0,90	0,75	0,85	0,95	0,85—0,90	
Каменное и торцовое замощение с непроницаемыми цементными швами	0,75—0,85	0,65	0,75	0,85	0,80—0,85	
То же, с открытыми нецементными швами	0,50—0,70	0,40	0,50	0,60	0,50—0,70	
Булыжная мостовая	0,40—0,50	0,30	0,40	0,50	0,40—0,50	
Дороги Макадама	0,25—0,60	0,25	0,30	0,35	0,25—0,40	
Дороги из гравия	0,15—0,30	—	—	—	0,15—0,30	
Незамощенные поверхности и незастроенные участки	0,10—0,30	0,20	0,25	0,30	—	
Парки и сады	0,05—0,25	0,10	0,15	0,20	0,05—0,25	
По характеру застройки:						
Очень плотная застройка	0,70—0,90	0,60	0,70	0,80	0,70—0,90	0,80
Жилые кварталы с плотной застройкой	0,50—0,70	0,50	0,60	0,70	0,50—0,70	0,60
Жилые кварталы с неплотной застройкой	0,25—0,50	—	—	—	0,25—0,30	0,25
Пригороды	0,10—0,25	0,20	0,25	0,30	—	0,15
Леса	—	—	—	—	0,01—0,20	—
Незаселенные районы	—	—	—	—	—	0,15

В наших условиях рекомендуется брать коэфициенты стока по проф. Горбачеву.

Изменения коэфициента стока в зависимости от продолжительности ливня давно замечены. Hering на основании изучений стока дает следующую зависимость между коэфициентом стока и продолжительностью дождя для непроницаемых поверхностей: $C = 0{,}175\ t^{1/3}$, где C — коэфициент стока и t — продолжительность в минутах, и дает следующие значения для C:

t —	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	186
C —	0,25	0,30	0,38	0,43	0,48	0,55	0,72	0,68	0,79	0,86	0,99	1,00

W. C. Hoad[1] для коэфициента стока дает формулу:

$$C = \frac{at}{b + t}$$

при следующих значениях a и b:
для непроницаемых поверхностей $a = 1$ и $b = 8$, для уплотненных проницаемых поверхностей

$$a = 0{,}5 \text{ и } b = 15.$$

[1] Eng. N. R. 1919.

для песчаных и сильно проницаемых поверхностей $a = 0{,}3$ и $b = 20$.

10. Влияние снега и льда на сток

Бывают случаи, когда дождь падает на снег, покрывающий землю, или когда грунт покрыт льдом, так что практически представляет собою непроницаемую поверхность и, растаяв, стекает вместе с дождем. В этом случае общий сток может быть равен 100% или даже более. Приблизительный эквивалент слоя снега или льда на земле в выражении слоя воды Американское бюро погоды считает равным $^1/_{10}$ глубины снега, лежащего на открытом месте. Дальнейшие исследования показали, что эта зависимость может широко изменяться в зависимости от сухости снега и может колебаться от $^1/_7$ до $^1/_{34}$ и зависит от того, как давно выпал снег.

Horton считает, что для слежавшегося снега эквивалент равен $^1/_3$—$^1/_5$ и вдвое менее для свежевыпавшего снега.

Зависимость между толщиной льда и соответствующим слоем воды. Практически принимается, что 1 *см* льда соответствует 9 *мм* дождя. Дождь большой интенсивности сравнительно редок в периоды снежного покрова. Далее снег действует как губка и замедляет сток, но возможен случай дождя после того, как снег напитан водой, и такой случай должен учитываться.

II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОСТОКОВ

Проектирование требует, во-первых, определения количества ливневых вод и, во-вторых, выбора размеров водостоков в зависимости от количества воды, уклонов и других топографических условий.

Количество ливневых вод, как и размеры потребных водостоков, определялись ранее по эмпирическим формулам, в настоящее же время — теоретически более обоснованными методами (американский рациональный способ, предельных интенсивностей и др.).

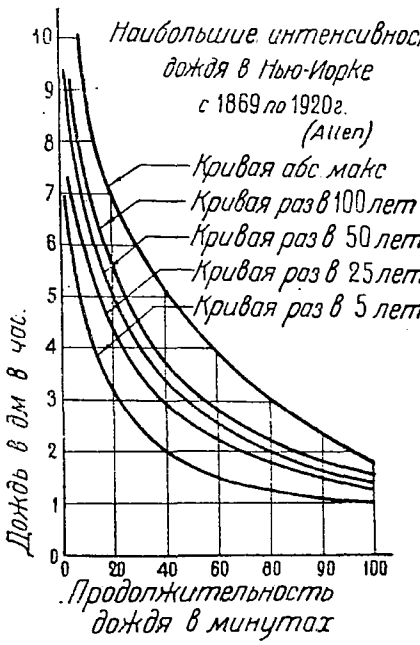
1. Определение расчетного дождя

Американский рациональный метод в основу проектирования водостоков кладет кривые интенсивности дождей в данной местности, построенные на основании обработки многолетних метеорологических записей. Для построения кривых, на абсциссах отложено время продолжительности наибольших ливней, а на ординатах — их интенсивности. Если нанесем на диаграмму наблюдения за 20 лет и возьмем наибольшие наблюдавшиеся интенсивности для разных продолжительностей, которые наблюдались раз в 20 лет, получим кривую интенсивностей, период повторяемости которых равен или более 20 лет. Таким же образом можем построить кривые интенсивностей, период повторяемости которых в среднем равен или превышает например 15, 10, 5 и 3 года.

На фиг. 475 показаны кривые интенсивностей для разных периодов повторяемости для Нью-Йорка и на фиг. 476 показана построенная такая же кривая интенсивностей для Ленинграда для 15-летнего периода повторяемости.

Если для расчета водостоков принят ливень, средняя повторяемость которого раз в 3 года, то всякий ливень, который случается реже чем раз в 3 года, вызовет переполнение водостоков, а потому водостоки считаются рассчитанными на „период переполнения“ раз в 3 года.

При отсутствии данных об интенсивности и продолжительности ливней, имея лишь го-



Фиг. 475. Кривые интенсивностей для Нью-Йорка.

довой слой осадков для данной местности, проф. П. Ф. Горбачев дает метод определения интенсивности ливней для разных периодов переполнения водостоков.

Сила дождя для данной местности может быть выражена (по П. Ф. Горбачеву) следующим образом:

$\Delta = \mu \sqrt[3]{p}$, где μ есть климатическая постоянная, а p — период переполнения водостоков. Среднегодовое количество осадков теоретически выражается уравнением $H = S \sqrt{\mu^3}$; для средней полосы Европы Горбачев дает (с запасом до 10%) значение $S = 100$; откуда получается уравнение:

$$H = 100 \sqrt{\mu^3} \quad \text{или} \quad \mu = 0{,}046 \sqrt[3]{H^2}$$

2. Выбор периода переполнения водостоков

Период переполнения водостоков выбирается из экономических условий. Длительный период переполнения водостоков вызывает увеличение их стоимости; с другой стороны, следует учитывать возможные убытки от остановки производства и затопления территорий. Иногда выбор зависит также от относительного положения кривых дождей различных повторяемостей: так, если кривая 15-летней повторяемости лежит немного ниже 25-летней кривой, то лучше применять 25-летнюю кривую. Так как сила дождя зависит от выбранного периода переполнения, и количество отводимой воды будет находиться для двух данных периодов переполнения водостоков в отношении

$$\sqrt[3]{p_2} : \sqrt[3]{p_1},$$

то будем иметь следующее отношение:
для проводимости водостоков

p лет	0,25	0,5	1	3	5	10	15	25
$\sqrt[3]{p}$	0,642	0,795	1	1,42	1,71	2,25	2,47	2,92

На выбор периода переполнения водостоков сильно влияют топографические условия расположения участка, от которого требуется отвести ливневые воды. Участки, расположенные в низине, имеющей большой бассейн стока, требуют период переполнения 5—10, даже 25 лет. Для участков, расположенных на водоразделе,- раз в 3 года и даже раз в 1 год. Меньший период переполнения водостоков не может быть рекомендован, для больших бассейнов в особенности, и таковой применим лишь для расчета открытых водостоков. Американская практика указывает, что во многих случаях период переполнения водостоков менее раз в 5 лет не может быть рекомендован.

Наличие больших подвальных помещений, а также недопустимость остановки производства на промышленных предприятиях требуют увеличения срока безопасности и увеличения периода переполнения водостоков, так как затраты на водостоки по сравнению со стоимостью оборудования и сооружений сравнительно невелики.

Рекомендуется принимать следующие периоды переполнения:

Период переполнения водостоков p лет	Характеристика
25—20	Для городов и предприятий, расположенных в котловине (исключительно неблагоприятное расположение)
10	Усиленный для весьма неблагоприятно расположенных предприятий и городов
5	Усиленный для благоприятно расположенных предприятий и городов и нормальный для неблагоприятно расположенных предприятий
3	Нормальный для благоприятно расположенных предприятий, усиленный для поселков и городов
1	Нормальный для предприятий, кратковременная остановка которых не влечет значительных убытков, нормальный для городов и поселков
Менее 1 года	При открытых водостоках городов и поселков

3. Критическая продолжительность

Критическая продолжительность ливня определяется из времени пробега воды от наиболее удаленной точки бассейна до расчетного сечения. Время пробега воды от наиболее удаленной точки до первого приемника исчисляется из средних скоростей протока воды, таковые Горбачев дает (время концентрации).

Таблица 180

№ по порядку	Типы водостока	Средние уклоны	Скорости м/мин
1.	Земляные ложбины	0,01—0,02	10—14
2.	За городом с растительностью	0,03	16
3.	Земляные русла (овраги и грунтовые канавы) 0,20 — 0,60 м по дну	0,001	32
		0,0015	40
		0,02	44
4.	Замощенные канавы	0,02	70
	Малые (0,50—1,20 м по дну)	0,0025	80
		0,003	90
5.	Большие (1,20—2,00 м по дну)	0,001	90
		0,0015	100
6.	Лотки в бордюрной мостовой	0,005	36
		0,01	48
		0,02	56
		0,03	64
		0,04	72
		0,05	80
		0,06	88
		0,08	96
		0,10	100

Скорости в трубах определяются по расчетным таблицам.

4. Расчет сети

Определение сечений водостоков производится по секундному расходу стока. При определении диаметров водостоков таковые следует считать на полное наполнение. При спуске в водостоки чистых промышленных вод сечения водостоков, рассчитанные на пропуск ливневых и промышленных вод, следует проверить на пропуск одних промышленных вод, определяя получаемые скорости.

Стремление уменьшить сечение водостоков выдвинуло мысль (инж. Н. Белов) рассчитывать водостоки как напорные, что увеличивает расчетную пропускную способность водостоков. Уклоны водостоков ввиду больших сечений могут приниматься минимальными, не допуская однако понижения скорости менее 0,60 *м/сек*.

Минимальные уклоны водостоков следует считать:

$d = 300$ *мм* . . . $i = 0{,}005$—$0{,}002$,
$d = 350$—1000 *мм* $i = 0{,}002$—$0{,}0005$,
$d =$ более 1000 *мм* $i =$ до $0{,}0001$.

При открытых водостоках минимальным уклоном для грунтовых канав следует считать $i = 0{,}001$ и для мощеных $i = 0{,}004$.

Скорости в грунтовых канавах и трубах не следует допускать выше следующих:

в рыхлых грунтах	0,80	*м/сек*
„ обыкновенных грунтах	1.00	„
„ плотном грунте	1,30	„
„ мостовых	2,00	„
„ мостовой на мху или соломе или заливке цементом швов	4,00	„
трубы гончарные, кирпичные и бетонные	6.00	„
чугунные трубы и деревянные лотки	8,00	„

Минимальным диаметром водостоков следует считать для веток присоединения дождеприемников $d = 300$ *мм*, дворовых линий водостоков $d = 300$ *мм*, магистральных линий $d = 350$ *мм*.

Для расчета круглых водостоков применимы следующие формулы:

1) Маннинга[1] $v = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2}$, где v — средняя скорость движения жидкости, R — гидравлический радиус сечения коллектора $R = F : P$, где F — площадь живого сечения и P — смачиваемый периметр. n — коэфициент шероховатости, равный 0,013;

2) Шези $V = C\sqrt{RI}$ с коэфициентом C равным по Горбачеву:

$$C = \frac{a\sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}.$$

При $a = 70$ и b равном:

для гончарных, бетонных, кирпичных, деревянных и асфальтовых труб	0,10
для мостовых асфальтовых	0,15
„ „ торцовых и кубиковых	0,20
„ „ брусчатых	0,25
„ „ неправильного мелкого оскола	0,35
„ „ булыжника и крупного камня	0,45
„ грунтовых канав	0,75
„ обнаженных поверхностей земляных склонов	1,00
„ склонов, покрытых растительностью	1,25

Для расчета открытых каналов и канав Bazin дает („новая“ формула) для определения C:

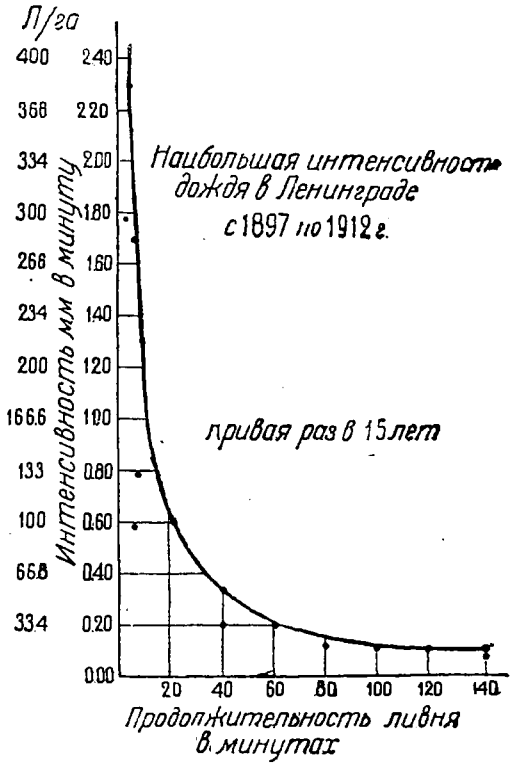
$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$, где γ зависят от шероховатости стенок. Значение γ дают:

[1] Зак, Г. Л., Таблицы для расчета канализационных коллекторов (1932).

№ по порядку	Характер стенок	
1.	Очень гладкие стенки (строганые доски, цемент, штукатурка)	0,06
2.	Гладкие стенки (нестроганые доски, кирпичная кладка, кладка из тесаного камня).	0,16
3.	Негладкие стенки (бутовая кладка)	0,46
4.	Земляные стенки	1,30
5.	Каменистое русло	1,75

5. Примеры расчета водостоков

а) По рациональному американскому методу. В основу расчета принимается кривая наибольших интенсивностей дождя. Имея кривые дождей, повторяющихся раз в 100, 50, 25, 5 лет, принимаем в основу проектирования 15-летнюю кривую (фиг. 476) и коэфициент стока после просачивания и испарения для крыш 0,95, незастроенных участков —0,20, для замощенных участков 0,50. (См. табл. 181).



Фиг. 476. Кривая интенсивностей для Ленинграда.

б) По методу предельных интенсивностей проф. Горбачева.

Для определения расчетного дождя при наличии данных только о слое годовых осадков, например $H = 475$ *мм* в год, получаем (по Горбачеву) $H = S\sqrt{\mu^3}$, при $S = 100$ имеем $H = 100\sqrt{\mu^3}$, или $\mu = 0{,}046\sqrt[3]{H^1}$. Подстав-

Таблица 181

Расчет участка, спланированного под одну общую отметку (фиг. 477)

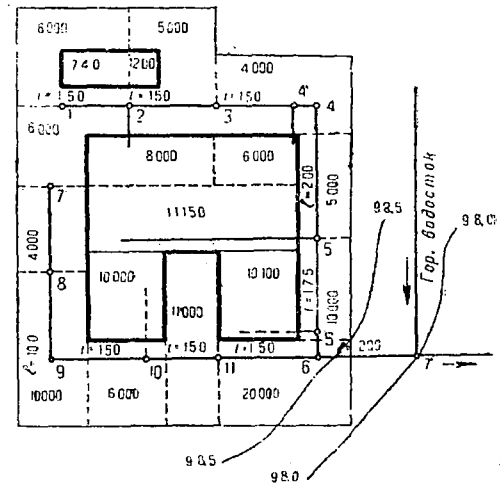
От колодца	До колодца	Площадь стока в м²	Характер участка	Коэффициент стока	Расчет. площадь стока	Суммарная площадь стока	Длина	Время протока: До верхнего конца мин.	Время протока: До расчетного сечения мин.	Время протока: Сток по кривой л/сек с га	Общ. сток в л/сек	Уклон водостока	Скорость	Диаметр	Пропускная способн. коллектора
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			I. В о д о с т о к												
1	2	7 400	Крыша . .	0,95	7 000										
		7 000	Незамощ.	0,20	1 400	8 400	150	2,5	2,35	385	324	0,002	1,08	700	420
2	3	5 000	„	0,20	1 000										
		9 200	Крыша . .	0,95	8 700	18 100	150	4,85	2,35	268	485	0,002	1,10	750	486
3	4	1 000	Незамощ.	0,20	800										
		6 000	Крыша . .	0,95	5 700	21 600	150	7,20	2,25	217	530	0,002	1,17	800	590
4	5	5 000	Незамощ.	0,20	1 000										
		11 150	Крыша . .	0,95	10 600	36 200	200	9,45	2,86	156	562	0,002	1,17	800	590
5	6	10 000	Незамощ.	0,20	2 000										
		10 100	Крыша . .	0,95	9 600										
		2 000	Замощ. .	0,50	1 000	48 800	175	12,31	2,48	133	655	0,002	1,23	900	780
		76 850						14,79							
			II. В о д о с т о к												
7	8	6 000	Замощ. . .	0,50	3 000	3 000	100	2,50	1,66	385	116	0,002	0,80	450	127,8
8	9	4 000	„	0,50	2 000	5 000	100	4,26	2,08	300	150	0,002	0,86	500	169,60
9	10	10 000	„	0,50	5 000	10 000	150	6,21	2,90	234	231	0,002	0,98	600	276,0
10	11	10 000	Крыша . .	0,95	9 500										
		6 000	Замощ. . .	0,50	3 000										
		11 000	Незамощ.	0,20	2 200	24 700	150	9,14	2,55	166	426	0,002	1,08	700	420,0
11	6	20 000	„	0,20	4 000	28 700	150	11,69	2,32	136	101	0,002	1,08	700	420,0
								14,01							
			Г л а в н ы й к а н а л												
6	7	—	—	—	—	77 500	200	14,79	2,70	130	1010	0,004	1,80	900	1144,0
								17,19							

ляя, получаем климатическую постоянную: $\mu = 0{,}046 \sqrt[3]{475^2} = 0{,}046 \times 60{,}80 = 2{,}80$. В действительности ввиду учета малых дождей для Ленинграда имеем $\mu = 2{,}80 \times 0{,}52 = 1{,}43$, — расчетная сила дождя $\Delta = \mu \sqrt[3]{p}$, где p — период переполнения водостоков, в нашем случае $p = 15$. Подставив, получаем $\Delta = 1{,}43 \sqrt[3]{15} = 1{,}43 \times 2{,}46 = 3{,}54$. Предельная интенсивность определяется из уравнения $i = \frac{\Delta}{\sqrt{t}} = \frac{3{,}54}{\sqrt{t}}$ и расчет того же участка водостоков будет произведен в табл. 182.

Из приведенных двух расчетов по американскому методу и способу проф. П. Ф. Горбачева получаем аналогичные результаты для конечных сечений и несколько большие размеры по американскому методу для начальных участков.

Отметки лотков и глубины заложений коллекторов определяются и выписываются на профилях, построение которых производится так же, как и профилей канализационных труб.

При переходе труб меньшего диаметра на больший рекомендуется увязывать таковые шелыги с шелыгой. При необходимости экономить глубину заложения (например затрудненный выход к водному протоку) по линии максимальных скоростей или при переходе, например с овоидального сечения труб на шатровый, увязка может производиться по лотку.



Фиг. 477. План участка водосточной сети.

Таблица 182

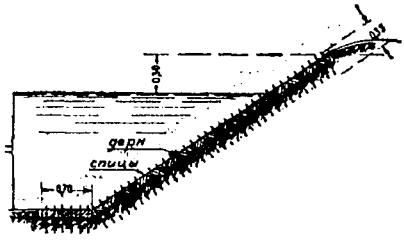
Расчет участка по методу предельных интенсивностей

От колодца	До колодца	Площадь стоков, га	Характеристика участка	Коэффициент стока	Расчетная площадь стока	Суммарная расчетная площадь	Длина	Предварительная скорость в м/мин	Критическ. продолжит. t	Критическ. продолжит. Σt	Критическ. продолжит. $\sqrt{\Sigma t}$	Пределы интенсивности: $i = \frac{A}{\sqrt{\Sigma t}}$ в мм	Расчетная интенсивность л/сек	Расчетный расход л/сек	Уклон	Диаметр	Скорость	Пропускная способность при полном наполнении
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	I. Водосток			Начальное 2,50														
1	2	7 400 7 000	Крыша Незамощ.	0,95 0,20	7 000 1 400	8 400	150	60	2,35	4,85	2,20	1,59	265	223	0,002	600	0,96	276
2	3	5 000 9 200	„ Крыша	0,20 0,95	1 000 8 700	18 100	150	65	2,38	7,23	2,69	1,32	220	400	0,002	700	1,08	420
3	4	4 000 6 000	Незамощ. Крыша	0,20 0,95	800 5 700	24 600	150	65	2,35	9,58	3,09	1,15	191	505	0,002	750	1,14	508
4	5	5 000 11 150	Незамощ. Крыша	0,20 0,95	1 000 10 600	36 200	200	70	2,85	12,43	3,51	1,00	166,6	635	0,002	850	1,23	699
5	6	10 000 10 100 2 000	Незамощ. Крыша Замощ.	0,20 0,95 0,50	2 000 9 600 1 000	48 800	175	80	2,18	14,61	3,83	0,92	153	775	0,002	900	1,28	814
	II. Водосток			Начальное 2,50														
7	8	6 000	Замощ.	0,50	3 000	3 000	100	45	2,20	4,70	2,16	1,61	271	82	0,002	400	0,74	93
8	9	4 000	„	0,50	2 000	5 000	100	45	2,20	6,10	2,52	1,41	235	117	0,002	450	0,80	127
9	10	10 000	„	0,50	5 000	10 000	150	50	3,00	9,40	3,07	1,16	182	182	0,002	550	0,92	218
10	11	10 000 6 000 11 000	Крыша Замощ. Незамощ.	0,95 0,50 0,20	9 500 3 000 2 200	24 700	150	60	2,50	11,90	3,15	1,02	170	435	0,002	7000	1,08	420
11	6	20 000	„	0,20	4 000	28 700	150	65	2,35	14,25	3,78	0,93	156	462	0,002	750	1,14	508
	Главный канал																	
6	7	—	—	—	—	77 500	200	110	1,82	16,43	4,06	0,87	146	1 130	0,001	900	1,80	1 144

6. Отвод воды с участка

Отвод воды с участка производится лотками, трубами или каналами.

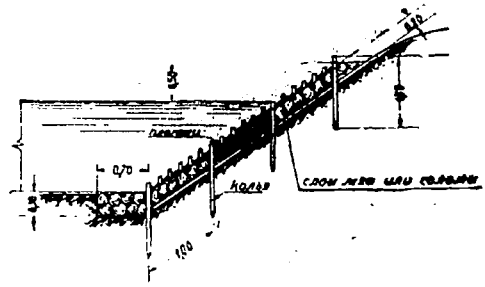
Первоначальные сборные лотки-канавки не рассчитываются и им придается уклон сообразно планируемой местности. Для предотвращения размыва таковые иногда вымащиваются.



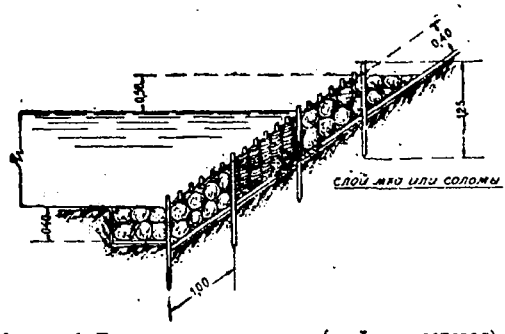
Фиг. 478. Тип укрепления канала (дерновка).

При переустройстве открытых водостоков сборные лотки переходят в канавы, достигающие больших размеров и требующие расчета.

В зависимости от допускаемой скорости откосы канав покрываются дерном (фиг. 478), одинарной (фиг. 478а) или двойной мостовой (фиг. 478б).



Фиг. 478а. Тип укрепления канала (одиночна ямостовая).



Фиг. 478б. Тип укрепления канала (двойная мостовая).

Таблица 183

Способы укрепления русел и откосов водоотводных канав

Скорость в русле в *м/сек*	Укрепление лотка	Укрепление откосов до 0,50 *м* выше подпорного горизонта	Укрепление русла в естественных грунтах	
			в суженной части русла и с низовой стороны искусственных сооружений	с верховой стороны искусственных сооружений
До 1,5	Одиночная мостовая	Одиночная мостовая	Одиночная мостовая	Не укрепляется
1,5—2,25	Одиночная мостовая	Одиночная мостовая	Одиночная мостовая	Сплошная одерновка
2,25—3,00	Двойная мостовая	Одиночная мостовая в плетнях	Двойная мостовая в плетнях	Одиночная мостовая
3,00—5,00	Каменная кладка	Одиночная или двойная мостовая толщиною 0,30 *м* в плетнях	Двойная мостовая в плетнях	Одиночная мостовая в плетнях

Малые канавы в городских и заводских условиях часто не делают с откосами, а придают им вертикальные стенки, укрепляя их либо кладкой из камня, часто без раствора, либо устраивая укрепления боковых стенок из досок в 37 или 50 *мм* толщиной, сколачивая из таковых лоток, либо укрепляя их на небольших сваях.

7. Трубы

Трубы водостоков делаются деревянные, керамиковые, бетонные, железобетонные и кирпичные.

Деревянные трубы имели широкое распространение в системах водостоков, построенных ранее. В последнее время отказывались от устройства деревянных водостоков ввиду необходимости частого ремонта труб, что требовало разрытия и перемощения проездов. В настоящее время следует в фабрично-заводской практике перейти на широкое применение деревянных труб, заменяя ими бетонные и керамиковые трубы, оставив последние лишь под проездами, имеющими усовершенствованные мостовые на бетонном основании (например асфальт). Деревянные трубы могут применяться для водостоков лишь по дворовым и уличным проездам (но не в зданиях и не в выпусках из таковых).

а) Керамиковые трубы

Для наружных водостоков могут применяться керамиковые трубы для присоединений дождеприемников и в начальных участках сети диаметром не более 500 *мм*. При большем диаметре следует брать бетонные трубы ввиду дефицита керамиковых труб. Керамиковые трубы следует лишь применять для выпусков из зданий и под усовершенствованными мостовыми, во всех иных случаях заменяя их бетонными или деревянными.

б) Бетонные трубы

Бетонные трубы еще не имеют стандарта, несмотря на их широкое распространение, и изготовляются в металлических формах набивкой бетона с трамбовкой (набивные) или давлением (прессованные). В последнем случае бетон подвергается большому сжатию, после которого трубы выдерживаются от 48 до 72 час. в камере, которая обогревается и где поддерживается влажность паром низкого давления или разбрызгиванием водой либо и тем и другим.

В наших условиях водосточные бетонные трубы должны быть более массивны, чем канализационные, ввиду более мелкого их уложения, и рекомендуемые нами размеры даны в табл. 184.

Таблица 184

Размеры бетонных труб

Внутренний диаметр	Рабочая длина	Диаметр уширенной части	Глубина раструба	Толщина стенок прямой части	Длина раструбителя	Пар. длина раструба
см	*м*	*см*	*см*	*см*	*см*	*см*
400	0,7—1,0	548	80	60	70	120
450	1,00	608	80	65	95	155
500	1,00	668	80	70	120	190

Состав бетона $1:2:3\frac{1}{2}$.

Бетонные трубы по американским нормам[1] должны выдерживать внутреннее гидравлическое давление 0,3 *ат* в течение 5 мин., 0,6 *ат* в течение 10 мин. и 0,9 *ат* в течение 15 мин. без потения (A. S. T. M.).

Кусок трубы без трещин и совершенно сухой не должен поглощать воды более 8% своего веса после кипячения в течение 5 час. (A. S. T. M.).

Железобетонные трубы. Начиная с 550 *мм* диаметром, бетонные трубы должны армироваться. Звеновые трубы не могут превышать диаметра 1,60 — 1,80 *м*. Трубы больших диаметров должны набиваться на месте. Минимальные размеры безнапорных железобетонных труб, рекомендуемые American Concrete Institute, даны в табл. 185.

В нашей практике (Металлостройпроект) были применены железобетонные водосточные трубы под обыкновенную дорогу (нагрузка на ось 7 *т*) при глубине заложения до 1,7 *м* и глиняном грунте по табл. 186.

[1] Metcalf and Eddy, American sewerage Practice.

Таблица 185

Размеры американских железобетонных труб

Внутренний диаметр трубы в *мм*	Минимальные размеры для труб, изготовляемых на месте: толщина стенок в *мм*	Минимальные размеры для труб, изготовляемых на месте: минимальное сечение железа на 1 пог. *м*/*см*²	Минимальные размеры для труб, изготовляемых фабричным путем: толщина стенок в *мм*	Минимальные размеры для труб, изготовляемых фабричным путем: минимальное сечение железа на 1 пог. *м*/*см*²
600	75	1,21	63	2,85
675	75	1,43	65	3,42
750	88	1,62	69	4,00
825	91	2,00	69	4,55
900	100	2,37	75	6,80
1050	113	2,85	85	8,00
1200	125	4,00	94	8,75
1350	138	4,75	108	9,50
1500	150	5,50	112	10,20
1630	163	6,05	119	11,20
1800	175	6,85	125	11,80

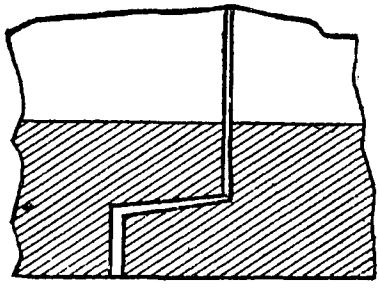
Таблица 186

Размеры железобетонных труб, применяемых в нашей практике

Внутрен. диаметр в *мм*	Толщина стенок трубы в *мм*	Арматура двойная: Диаметр в дюйм.	Арматура двойная: Расстояние между кольцами в *мм*
550	60	1/4	125
600	60	1/4	120
650	65	1/4	100
700	80	1/4	85
750	85	1/4	70
800	85	1/4	70
900	85	1/4	70
1000	95	3/8	125
1200	120	3/8	120
1500	135	3/8	95

Табл. 184, 185, 186 имеют только ориентировочное значение. В каждом отдельном случае должен производиться поверочный статический расчет труб, учитывая местные условия (грунт, глубина заложения, нагрузки).

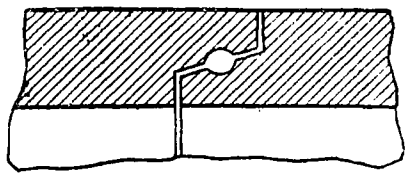
Трубы диаметром до 650 *мм* могут быть раструбные; свыше выполнение труб с раструбами затруднительно и звенья труб выполняются в четверть (фиг. 479) причем тогда



Фиг. 479. Стык бетонных труб (в четверть).

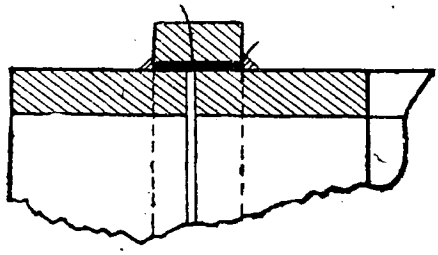
швов плотно законопачивается и заливается асфальтовой мастикой. Для большей плотности в Америке шву придается фигурная форма, дающая возможность более плотной заливки, но выполнение такого раструба затруднительно (фиг. 480).

Хороший стык получается с устройством подвижной муфты; трубы изготовляются тогда



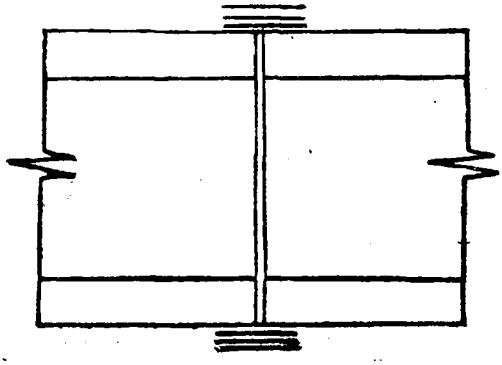
Фиг. 480. Стык бетонных труб (фигурный).

прямыми звеньями (фиг. 481), причем муфта законопачивается и заливается асфальтом с двух сторон. Такой стык отличается гибкостью и хорошей плотностью.



Фиг. 481. Стык бетонных труб (о муфтой).

В последнее время в Москве для водостоков применяется стык следующего устройства. Трубы делаются прямыми звеньями и укладываются вразтык. Конец трубы снаружи осмаливается и по горячей смоле стык обертывается толем в два или три слоя (черт. 482).



Фиг. 482. Стык бетонных труб (толь по горячей смоле).

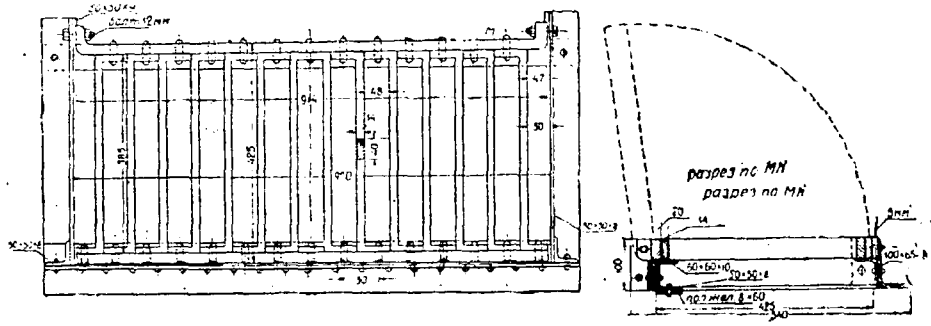
При спуске в водостоки фабрично-заводских вод бетонные и железобетонные трубы с течением времени подвергаются разрушению в нижней части трубы (особенно от сероводорода). Для предохранения труб большого диаметра, в Америке таковые изготовляются с внутренней облицовкой из гончарных эле-

ментов, которыми обкладывается сердечник трубы, и забетонированная труба как при соединении, так и в швах элементов до укладки промазывалась специальной асфальтовой мастикой. При больших сечениях каналов приходится переходить с круглого сечения на овоидальные и другие формы, требующие специального как гидравлического, так и статического расчета.

Кирпичные трубы требуют для своего выполнения хорошего качества кирпича и хорошей тщательной кладки. Швы в трубе затираются цементным раствором; типы кирпичных труб и каналов см. ч. IV.

8. Дождеприемники

Дождеприемники либо прямо соединяются с соединительной линией и преследуют цель, не задерживая ливневых вод, немедленно пропустить их в водосток через трубу, расположенную на такой глубине в земле, которая гарантировала бы опасность от замерзания соединительной ветви трубы, либо имеют приспособления для задержания и улавливания крупных частиц и предметов, могущих служить причиной засора, а также и повреждений магистралей. Ряд заграничных городов имеет дождеприемники с приспособлениями для удержания крупных частиц, но в советской практике ряд городов (Москва, Ростов на Д. и др.) отказался от такого типа ввиду их недостатков при эксплоатации (необходимость частого удаления осадков).



Фиг. 483. Дождеприемная решетка.

Дождеприемники располагаются в пониженной части планируемого участка или в лотке мостовой через определенные интервалы, которые определяются площадью стока, приходящейся на каждый дождеприемник.

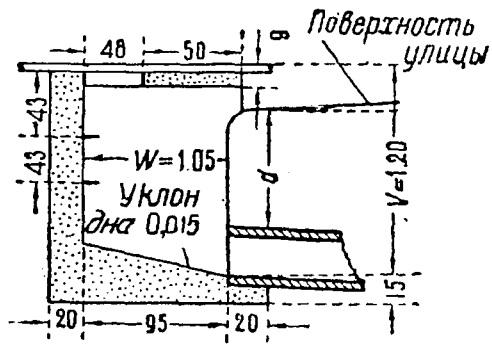
Для городов американская практика рекомендует определять необходимые интервалы для расстановки дождеприемников в зависимости от уклона проезда. Предпочтительно размещение дождеприемников при пересечении улиц, но если расстояние между ними превышает 100—150 *м*, вода может аккумулироваться и достигать глубины, препятствующей движению. В этом случае лучше устроить дополнительные промежуточные дождеприемники. Там же, где уклон к решетке дождеприемника велик для быстрого удаления ливневых вод, необходима постановка дополнительных дождеприемников. В этом случае желательно понижение решетки на 10—15 *см*. Причем вследствие внезапного изменения уклона вода с нормальной скоростью проходит через отверстия решетки. Если возможно, это понижение должно быть сделано на некотором расстоянии от кривой и изменение уклона не должно быть внезапным настолько, чтобы препятствовать движению.

Что касается типов дождеприемников, то последние зависят от климатических, эксплоатационных и местных условий. Теплые климаты допускают устройство мелких дождеприемников; в условиях средней полосы Союза глубина их не должна быть менее 1,5 *м*. Форма дождеприемника бывает круглая и прямоугольная и зависит от материала. При кирпиче почти всегда прямоугольная.

Московский тип дождеприемника представляет собою прямоугольный кирпичный колодец размером 0,60 × 0,90 и глубиной 1,50 *м*, перекрытый открывающейся железной решеткой, укрепленной в раме из углового железа. Решетка сделана из полосового железа с прозорами между прутьями в 48 *мм* (фиг. 483).

Дождеприемник располагается у бордюрного камня мостовой, перекрывающего частично колодец и имеющего вырез для пропуска воды во время ливня через образующуюся щель.

На фиг. 484 дан стандартный дождеприемник г. Los Angelos, Calif, глубина колодца *V* равна

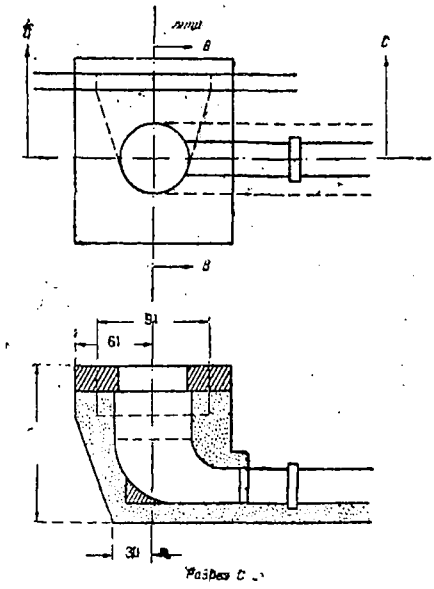


Фиг. 484. Тип дождеприемника Лос Анжелоса.

1,20 *м* и ширина колодца *W* равна 1,05 *м*, если это не требуется специальными условиями. Если размер *d* менее чем 0,60 *м*, керами-

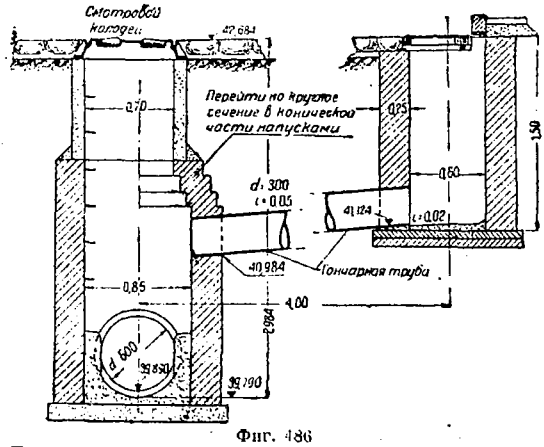
ковая труба заделывается бетоном толщиной 10 *см*.

Стандартный дождеприемник, примененный для части Нью-Йорка, обычно присоединяется к осадочному колодцу, присоединяемому уже к коллектору. Малая глубина колодца объясняется сравнительно теплым климатом города (фиг. 485).



Фиг. 485. Тип дождеприемника Нью-Йорка.

Для приема воды в указанных дождеприемниках устроена у бордюрного камня мостовая щель. Для приема ливневых вод в Америке нередко применяется устройство над дождеприемниками чугунных или железных решеток. Последний тип почти исключительно имеет место у нас в Союзе.



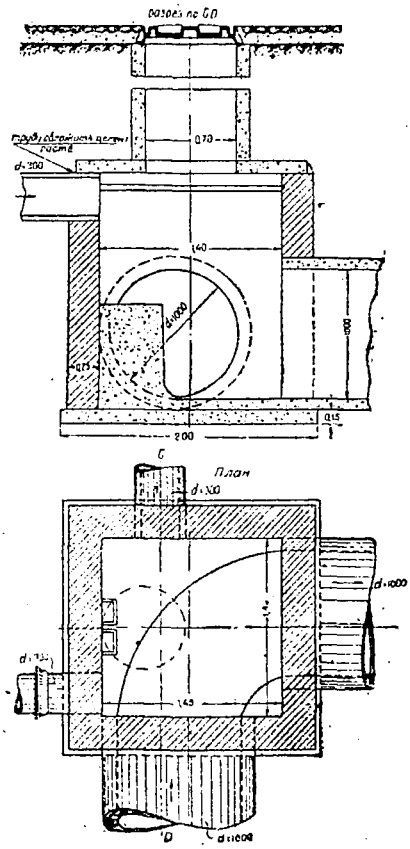
Фиг. 486.
Присоединение дождеприемника к водосточной сети.

Присоединение дождеприемников к каналам производится обычно керамиковой трубой диаметром 300 *мм* (фиг. 486). Меньший диаметр не применяется из эксплоатационных соображений (засор и замерзание). Присоединение отводных труб дождеприемника осуществляется либо в колодцах (при диаметрах водостоков до 700 *мм*), либо (при больших диаметрах) непосредственно к водосточному коллектору. Длину соединительной линии не рекомендуется делать более 25 *м*, так как прочистка такой линии из дождеприемника затруднительна ввиду его малых размеров.

При однообразном уклоне местности дождеприемники расстанавливаются по длине водостока в зависимости от площади стока, причем площадь стока на один дождеприемник не должна превышать 1 *га*, а в заводских условиях не более 7000 $м^2$. В зависимости от положения линии по отношению к проезжей части дороги возможно присоединение двух дождеприемников к одной линии.

9. Смотровые колодцы

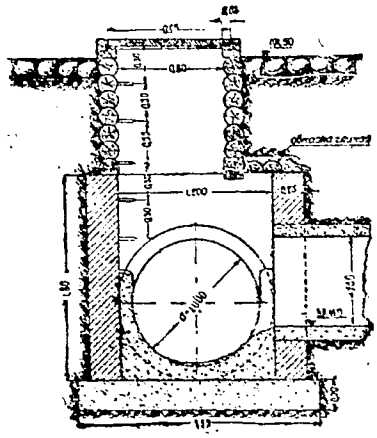
Смотровые колодцы на водосточной сети отличаются от канализационной своими



Фиг. 487. Смотровый колодец с бетонной горловиной

большими размерами. Нижнюю часть колодца, где происходит сопряжение труб большого диаметра, всегда лучше делать прямоугольной кирпичной на бетонном основании, набивая в ней бетонные переходные лотки. Верхняя часть колодца после перекрытия такового железобетонной плитой должна быть выполнена из бетонных колец с устройством чугунного люка с крышкой (фиг. 487), если колодец

расположен в проезжей части дороги или где имеются усовершенствованные мостовые. Вне проезжей части и на обыкновенных дорогах верхняя часть, как это показано на фиг. 488, может быть выполнена из круглого леса с деревянными крышками. Устройство бетонных колодцев возможно лишь в начальных участках сети. Смотровые колодцы вследствие более чистых стоков и больших диаметров водостоков можно ставить на большие интервалы, чем канализационные, допуская расстояния между ними на диаметрах до 1000 *мм* —100—150 *м*. На трубах и каналах более 1000 *мм* — до 300 *м*.



Фиг. 488. Смотровый колодец с деревянной горловиной.

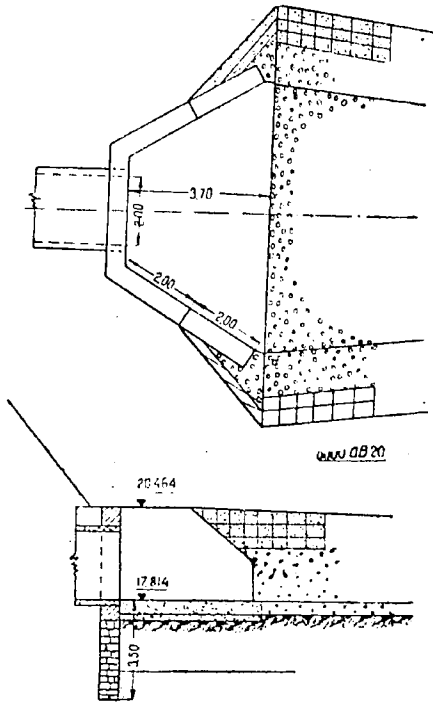
10. Выпуски и отводные каналы

Выпуск водостоков в водоемы или в каналы всегда требует укрепления. При открытых водостоках требуется замощение устья выпускного, а также и отводящего каналов. При выпуске закрытых водостоков в водоем или в водоотводящий канал требуется устройство оголовка трубы ввиде подпорной стенки с устройством перед трубой бетонной площадки для гашения удара падающей воды. При больших трубах площадку лучше разрезать температурными швами, проложив в них толь. Канава, примыкающая к выпуску на расстоянии 10 *м*, должна быть замощена двойной мостовой по мху или соломе.

Тип такого выпуска дан на фиг. 489.

Береговые сооружения. При выпуске водостоков в водный проток требуется укрепление русла канавы и отмостка части берега (бечевника) для предотвращения размыва. При наличии набережной выход водосточных труб обделывается в самих стенках набережной. Для предохранения зимой от сильного движения воздуха по водосточной сети (тяги) в устье иногда устраиваются уравновешенные щиты. Для охраны водостоков устье закрывают чаще простой железной решеткой. Образующиеся у выпуска в зимнее время особенно при выпуске промышленных вод, наледи следует скалывать периодически зимою и обязательно ранней весной очищать выпуск водостока от снега и льда.

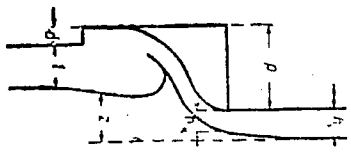
Отводные каналы проектируются так же, как это указано для открытых водостоков, имея в виду лишь их большую отводоспособность, возможно давать им минимальные уклоны — до 0,0001.



Фиг. 489. Выпускное устье водосточного канала.

11. Перепады и быстротоки

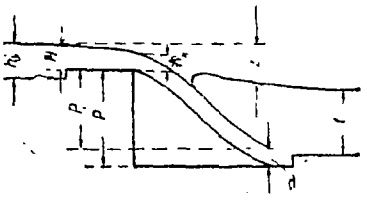
При отводе ливневых вод, если уклон местности велик, открытые канавы даже при предельных уклонах требуют устройства перепадов и быстротоков. Наиболее часто перепады и быстротоки устраиваются из дерева или бетона. Перепадом называется порог с вертикальной или наклонной стенкой для перехода канала на более низкую отметку (фиг. 490 и 491). В случае типа „а“ (широкий порог) на гребне порога[1] установится крити-



Фиг. 490. Тип перепада *а*.

[1] Проф. А. И. Акутин, Рабочая книга по гидравлике, М. 1933 г.

ческая глубина $h_k = {}^2/_3 h_0$; кофициент расхода $m = 0{,}385$. Для типа „б" соответствующей широкому водосливу $h_k = \sqrt[3]{\frac{aq^2}{g}}$ m и H в зависимости от очертания кромки и боковых устоев, a равно при острых кромках $m = 0{,}32$ и $H = 1{,}7h$; при закругленных $m = 0{,}35$ и $H = 1{,}6h_k$



Фиг. 491. Тип перепада *б*.

При значительной высоте перепада часто представляется более выгодным делать многоступенчатый перепад; конструкция последнего должна предусматривать, чтобы падающая струя погашала на каждой ступени, приобретаемую ей при падении, энергию. При расчете устанавливаются размеры P и H на каждой ступени. Разбивая высоту на n равных частей, определяют высоту порога.

Если ширина порога $b > 2$ или $3\,H$, то порог работает как широкий водослив; перед порогом получается напор

$$H = H_0 - \frac{V_0^2}{2g} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{m^2 2g b^2}} - \frac{V_0^2}{2g},$$

где $$V_0 = \frac{Q}{b\,(H+d)}.$$

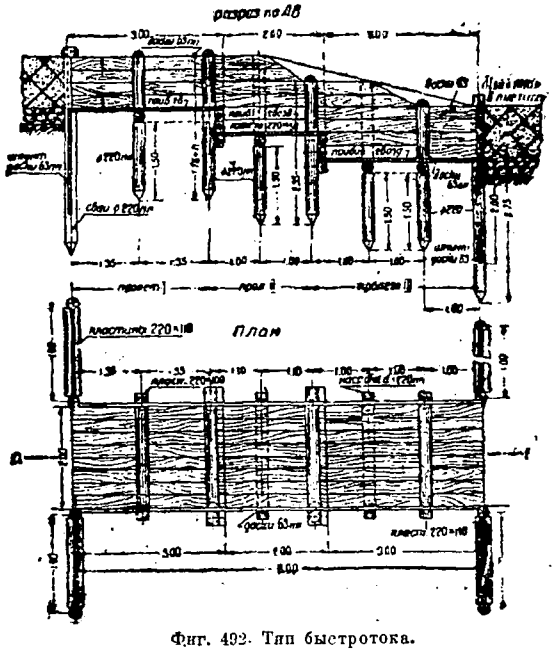
Большое падение преодолевается иногда не перепадом, а лотком крутого уклона, называемого быстротоком (фиг. 492).

Входная часть работает как широкий водослив при $m = 0{,}385$. Средняя часть, собственно, быстроток. Энергия потока возрастает вниз по течению. В нижней части будем иметь либо затопленную струю, отогнанный прыжок или прыжок у подошвы быстротока.

Для верхней части строится кривая спада (метод Бахметьева), что дает возможность вычислить среднюю скорость в каждом сечении $V_0 = \frac{Q_0}{\omega}$, и если скорость превосходит пределы, требуется укрепление верхней части.

Для быстротока выясняется длина кривой спада также по методу Бахметьева; если она менее длины потока, то на остальной части длины лотка будет иметь место равномерное движение. Скорость будет равна

$$V_{max} = \frac{Q}{\omega}$$



Фиг. 492. Тип быстротока.

12. Укрупненные измерители

1) Устройство смотровых колодцев на водостоках	300—400 руб.
2) Устройство дождеприемного колодца	150—200 „
3) Устройство водоотводов на 1 *га* площади (без внутренних водостоков в зданиях)	6000—10000 „
4) Устройство выпуска из трубы в канаву	1800—2000 „
5) Средняя стоимость на 1 *пог. м* при бетонных трубах *d* не более 1200	80—100 „
6) То же, при *d* не более 2000	100—140 „
7) Средняя стоимость кирпичных каналов разм. до 1800 × 2100 и 1200 × 1800 *пог. м*	∞ 200 „
8) Деревянный быстроток	700—1000 „

Из стоимости водосточной сети для заводов обычно приходится на:

1) Смотровые колодцы	6,0%
2) Дождеприемники	2,7%
3) Укладка труб	76%
4) Выпуск	0,5%
5) Открытая канава	2,8%
6) Канавы для труб	12,0%
Всего	100,0%

АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Акселератор 324.
Алюминий серно-кислый 239—241.
Анализ воды 237, 238.
Арматура 294.
Асинхронные моторы 149.
Асфальт 368.
Аэрация сточной жидкости 409.
Аэротэнк 410.
Аэрофильтры 410.
Базена формула 167.
Бакелит 368.
Баки водонапорные 321, 325;—для коагуляции 249; — Интце 220;—нейштадские 421;— открытые 310.
Бактериальное загрязнение 404.
Бактерии 12.
Бактериологический состав воды 12.
Барраж 132.
Бассейны осадочные 252; — с брызгалками 231.
Башенные охладители 226.
Башни водонапорные 207, 214, 280, 325; — деревянные 218, — стоимость.
Бентос 13.
Биля формула 169.
Биологическое изучение воды 13.
Биофильтры 410, 411; — стоимость 433.
Бойлер 306—309.
Борды теорема 376.
Брабе формула 169.
Бромлея всасывающая корзинка 389; — насосы 382.
Брызгалки 231—236.
Б. Х. П. 403.
Быстротоки 470.
Вакуумметры 137.
Вакуум — насос 389.
Вакуум-фильтры (всасывающие) 255.
Вводы 320.
Вейсбаха формула 100, 291.
Вентили 295, 313; — редукционные 295.
Вентиляторы 230.
Вентиляция гидравлических затворов 347;— канализационной сети 379.
Вильямса и Хазена формула 168.
Вливание в грунт воды 133.
Вода, вкус 12; — запах 12; — кипячение 301;— охлаждение 302; — питьевая охлажденная 284; — прозрачность 12; — температура 12;— физические свойства 12; — цвет 12.
Водобой 95.
Водоводы 6.
Водозаборные сооружения, стоимость 279.
Водомеры 153, 154, 159; — Вентури 156, 389;— Вольтмана 154, 155, 156, 335; — дисковые 336; — для горячей воды 335; — комбинированные 156; — крыльчатые 335; — мокроходы 335; — объемные Кеннеди 336; — скоростные 335; — сухоходы 335.
Водоочистные сооружения; — стоимость 279.
Водопитатель 322.
Водоприемники 91; — незатопляемые 103; — ряжевые береговые 102; — эжекторные 106.
Водоприемные сооружения 99; — стоимость 279.
Водопровод внутренний 282; — сеть горячей воды 305;—сеть специальная питьевая 301;— сеть пожарная 317; — сеть производственная 296;—сеть хозяйственно-питьевая 299;— стоимость 329.
Водопровод высокого давления 71; — низкого давления 71;—питьевой 283;—производственный 282; — производственно-противопожарный 317; — проектирование 22; — специальный противопожарный 317; — спринклерно-противопожарный 317;—спринклерный 282;— стоимость 281, 282;—хозяйственно-питьевой 283; — хозяйственно-производственно-противопожарный 317;—хозяйственно-противопожарный 317.
Водораздел 83.
Водородный ион, концентрация 237.
Водосборы 83;—горизонтальные 123, 131.
Водосброс 92.
Водосливные сооружения 92.
Водоснабжение пневматическое 222.
Водоспуск 91.
Водостоки внутренние 434; — расчет 451; — стоимость 455.
Водостоки наружные 454; — закрытая система 454;—открытая система 454; — расчет 463;— стоимость 471.
Водосточная сеть, схема 455; — расчет 457.
Водохранилища 91.
Воды поверхностные 21;—подземные 21, 120.
Воронки водосточные 436, 439;—американского типа 442;—площадь стока 449.
Вспенивание воды 246.
Выкидывание поперечных линий трубопровода, метод 182.
Выпуск сточных вод 380.
Выпуски водостоков 470.
Высота всасывания 137, 389.
Газ бензиновый 63;—генераторный 63; — нефтяной 63; — светильный 63; — растворенный 237; — расход 65, 68.
Газопроводы 63.
Гайки пожарные 318.
Галлерея водосборная 131;—шпунтовая 114.
Гебеля уравнение охлаждения 228.
Гейгера сетки 107.
„Генуя“ унитазы 352.
Гидравлический прыжок 250.
Гидранты 81.
Гидрология речная 80.
Гидротехнические сооружения 97.

Глинозем сернокислый 239—241.
Горбачева формула 167.
Горелка газовая 65.
Горшок сифонный 64.
Горячая вода, нормы расхода 305; — температура 305.
Градирни 226.
Гребенка 293.
Гребни деревянных труб 195.
Гудрон 368.
Гумус-тэнк 412.
Давление в газовой сети 68.
Дарси формула 160.
Дебит колодца 120.
Дезинфекторы, стоимость 433.
Дезинфекция сточных вод 403.
Дефлектор 322, 249.
Диаграмма интегральная 208; — ступенчатая 207.
Диаметры водопроводных труб 172, 289;—труб внутреннего водопровода 300; — труб горячего водопровода 316; — труб спринклерной сети 334; — эквивалентные 180.
Диффузор 381.
Добавки к питьевой воде 302.
Дождеприемник 374, 468.
Дождь расчетный 461; — сила 458.
Дренаж 131, 408; — гребенчатый 258; — малого сопротивления (досчатый) 258;—сосунковый 258;—трубчатый 258;—фильтров 256;—шаровой 258.
Душевые 9;—пропускники 10.
Души 313.
Дюкеры 56, 371, 376.
Дюпюп формула 166.
„Единица тепла“ 305.
Емкость водохранилища 89; — регулирующая резервуара 207.
Желоба водосточные 434.
Жесткость воды 12, 237, 245; — кажущаяся 263;—карбонатная 263;—постоянная 263.
Жироловки 355, 392;—Кремера 394.
Загрязнение воды 12.
Задвижки 294, 313.
Закупорка труб донным льдом 110.
Замок спринклера 322.
Затвор вальцовый 97;—гидравлический 435;—гидравлический невысасываемый 346;—плоский металлический 96;—сегментный 97.
Захват воды см. Каптаж 133.
Змеевик 306, 309;—гребенчатый 310.
Зона „наблюдений“ 14;—„ограничений“ 14;—санитарной охраны 14;—„строгого режима“ 14.
Зонирование вертикальное 162;—горизонтальное 162.
Известь хлорная 15.
Измерители проектной работы 35.
Изолинии нормы стока 84.
Изоляция труб 192, 320; — железобетонных 205;—от замерзания 294.
Ил активный 4, 409, 410, 411.
Интегральные кривые 385;—стока 89.
Инфильтрация грунтовых вод 364.
Испытание деревянного водопровода 198; — труб гидравлическое 190.
Источники водоснабжения 43.
Калибр водомера 153, 337.
Камеры реакции водоворотные 250;—механические 251; — с вертикальной циркуляцией 251.
Канавы поглощающие 133.
Канализация внутренняя, стоимость 355; — наружная 357;—наружная, стоимость 431;—система общесливная 342, 357;—раздельная 342;—полная раздельная 357; — схема пересеченная 357; — веерная 357; — радиальная 357;—зонная 358.
Канализационная сеть 344, 357; — стоимость 431.
Каналы отводные 470; — сборные проходные 132.
Каптаж восходящих ключей 134; — закрытый 134;—нисходящих ключей 137.
Кессон 119.
Кислород растворенный в воде 239.
Кишечная палочка 12.
Клапаны всасывающие 113;—контрольно-сигнальные 323;—насосов 138; — обратные 163, 295, 314;—сигнальные 332.
Климатическая постоянная 457.
Ключи 133.
Клэрка процесс известкования воды 246.
Коагулирование воды 239.
Коагулянт 239, 242.
Коагуляция 248.
Ковш водоприемный 109.
Колебания стока 85.
Коллекторные моторы 150.
Коллекторы кирпичные 370.
Колодцы береговые 113;—бетонные 130;—всасывающие береговые 114; — деревянные 6, 129; — кирпичные 130; — коробчатые 125; — перепадные 374;—поглощающие 133;—сборные 128;—смотровые 7, 373, 448, 469;—трубчатые 123;—шахтные 123, 129.
Колонны водонапорные 219.
Колпаки воздушные 138.
Компенсаторы 221.
Комплексное проектирование 31.
Комплексные задачи водоснабжения и канализации промпредприятий 50.
Компрессоры 144.
Контр-резервуары 160.
Котлы паровые 306.
Коэфициент вариации стока 86, 89; — замедления стока 460; — модульный стока 83; — непроницаемости поверхности 459; — неравномерности притока сточных вод 385; — неравномерности расчетный 4; — поглощения поверхности 459; — пористости 120; — пропускной способности 120; — распределения дождя 459; — расхода 179;—стока 460;—трения газа 66.
К. П. Д. насосов 138, 145.
Краны вентильные 289;—газовые 64;—пожарные 82, 318, 319; — проходные 294;—разборные 295;—туалетные 299;—шаровые 289.
Креозотирование деревянных труб 200.
Кривая депрессии колодца 120, 121;—продолжительности стока 86.
Критическая продолжительность ливня 462.
Крышки „смотровых“ колодцев 374.
Куттера формула 66.
Ламинарное движение 164.
Лампе формула 168, 291.
Лед донный 109, 118;—плавающий 118.

Линдлея прибор 128;—формула 168.
Лошадиная сила 152.
Люгера формула напора у мундштука 184.
Люки чугунные 374.
Максимумы ливневые 87;—снеговые 87.
Маннинга формула 167, 376.
Манометры 137.
Мезосапробная группа 13.
Мезосапробы 405.
Метантэнки 399, 413.
Метод предельных интенсивностей 449.
Мизеса формула расчета водопровода 169.
Микроорганизмы патогенные 13.
Модули наибольших расходов талых вод 88.
Мокрое сожжение 405.
Монтаж внутренней водопроводной сети 296;— сети горячей воды 311.
Мощность полезная окислительная 412.
Мутоянирование 269.
Муфты Жибо 193;—Симплекса 193.
Мыло известковое 246.
Наполнение в трубах 360.
Напор 71, 74, 80, 325, 388;— в сети водопровода 175;—свободный 176.
Нарезка коническая труб 34.
Насосные станции 99;— автоматические 152,— водопроводные 137, 148,— водопроводная стоимость 279, 390 — канализационные 382, 384;— канализационные, стоимость 431;— показатели 390.
Насосы водопроводные 137;— водоструйные 142;— воздушные водоструйные 142;— Вортингтона 144;— затопляемые 147;— многоколесные 145;— паровые 140;— пожарные 81;— поршневые 137;— приводные 140;— центробежные 144;— центробежные вертикальные 147;— штанговые глубоководные 141.
Насосы канализационные 382;— винтовые 383
Незагниваемость очищенной жидкости 404
Нейтрализаторы 275.
Нейтрализация воды 272.
Нефтеловка 394.
Ножи 129.
Нормы водопотребления 4, 74;—пожарные 79;— проектной работы 33;— расхода производственный воды 75;— расчетные для водопроводов 73;— спуска сточных вод 16;— стока 84.
Обезвреживание воды 261.
Обезжелезивание воды 262.
Обозначения условные 26.
Оборот воды 19, 54.
Объединение сетей 325.
Оголовок 99, 127.
Окислители контактные 412.
Окисляемость воды 237.
Окна водоприемные 103.
Олигосапробная группа 13.
Олигосапробы 405.
ОМСа колодцы 399.
Ороситель градирни 227.
Оросительный решетник 227.
Осадка обработка 400.
Осадки 458.
Осветление воды 248.
Отстаивание воды 248, 251; — длительное 254.
Отстойники 420;— горизонтальные 395;— вертикальные 395;— Дорра 421.
Охлаждение воды 225;— эффективность 235.
Очистка биологическая 403;— воды 225, 248;— стоимость 433;— сточных вод предварительная 390;— сточных вод промпредприятий 415.
Павловского формула 167.
Пазы деревянных труб 195.
Пароподогреватели противоточные 308, 311.
Перепады 470.
Период концентрации 459;— переполнения водостоков 462.
Перколяторы 412.
Песколовки 342.
Песок для фильтра 259.
Писсуары 354.
Планктон 13, 407.
Плотины водоподъемные 94;— водосливные 94;— водохранилищные 91;— глухого типа 94;— гравитационные 93, 97; деревянные 96;— земляные 98;— каменные 98;— каменно-набросные 92;— намывные 92;— Поарэ 96;— подземные 132;— разборчатые 95.
Площадки иловые 400;— стоимость 433.
Повторяемость стока 89.
Поддон 288.
Пожарные струи, расчет 183.
Пожарный риск 323.
Полисапробная группа 13.
Полисапробы 405.
Поля орошения 5, 21, 407, 408;— фильтрации 407, 408;— фильтрации, стоимость 433.
Понур 95.
Потеря давления газа 67;— на испарение 90;— напоры 175;— напора в трубах 378.
Потребность в кислороде биохимическая 403.
Почвенные методы очистки 408.
Преаммонизация 53.
Префильтры 254.
Приборы регистрирующие расход воды 158;— санитарные 352.
Прием воды из подруслового потока 117.
Проводимость водопровода 176.
Проект технический 23.
Прокладка труб, стоимость 281.
Промачивание деревянного водопровода 198.
Пропускная способность водопровода 177.
Процессы биохимические 413.
Прочистки 448.
Пруды охлаждающие 230;— очистительные 407.
Прюсса отстойники 399.
„ПЭ-ани“ 272.
Разбавление 406.
Разводка верхняя 285;— нижняя 285.
Расположение подземных сооружений 61.
Распределение водопотребления 171.
Раструбов заделка 189.
Расход воды в приборах 288;— воды рек наименьший и наибольший 87;— питьевой воды 302;— расчетный 172;— реки максимальный мгновенный 87;— характерный 336;— характерный водомера 153.
Расчеты водохозяйственные 89;— сети водопровода 175.
Реаэрация 405.
Ревизия 448.
Регенерирование угля 269
Регулирование речного стока 89.
Регуляторы давления 295;— температуры 315.

Резервуары 206; — надземные 214; — пневматические 223; — подземные 208; — подземные стоимость 280, 431.
Рейнольда критерий 164.
Рейхлера прибор 127.
Ремутонирование 269.
Решетки для очистки сточных вод 391.
Ric-will 57.
Ринша сито 392.
Рисберма 95.
Риска 64.
Рота гайки 318.
Рукава пожарные 183, 185, 186.
Ряж 100.
Самоочищение 405; — фильтра 412.
Самотечные трубы водоприемные 113.
Сапрофиты 12.
Сатуратор 249.
Сепараторы 144.
Септики 397.
Сероводород 12.
Сетка душевая 289.
Сети водопроводные 159, 286; — канализационные 392; — спринклерные 326.
Сжатие воздуха 223.
„Силос" фильтровой 124.
Система воздушно-водяная спринклерного оборудования 323; — наружных водопроводов 72; — пневматическая 321.
Сита для очистки сточных вод 391.
Сифоны 56, 347, 371.
Скобея формула 169.
Скорость движения воды в трубах 174; — расчетная 360; — фильтрации 260.
Слои песка фильтрующий 244.
Смесители 313.
Смешение коагулянта 250.
Снеллена шрифт 12.
Совмещение узлов трубопровода, метод 182.
Соединения водопроводных сетей 163.
Сооружения очистные для сточных вод 21.
Сопротивление в закруглениях 378. — водопровода 176.
Сортамент железных и стальных труб 192; чугунных труб 187.
Сплывание грунта реки 106.
Спринклер 82, 322, 332; — Гриннель 322.
Спринклерная головка 322; — сеть 322, 324; — система 323.
Спринклерное оборудование, стоимость 333
Спринклерные правила 323.
Стендеры 81.
Стоимость воды 54; — очищенной жидкости 404
Сток грунтовой 83; — речной 83.
Стоннея щит 97.
Сточная жидкость 403.
Сточные воды каменноугольной промышленности 420; — металлургической промышленности 422; — мыловаренных заводов 423 — мыльные 418; — при газификации торфа и бурого угля 427; при первичной обработке льва 424; — промпредприятий 416; — расчет количества 359; — сахарных заводов 423; — содово-аммиачных заводов 422; — стекольных заводов 419; — суконных фабрик 424; — углехимических заводов 426; — фабрик искусственного волокна 428; — химико-фармацевтической промышленности 428; — целлюлозно-бумажного производства 424; — черной металлургии 420; — чесальных фабрик 423.
Стояки водопроводные 284; — водосточные 436, 444.
Струевыпрямители 155.
Стык цементный 189.
Схемы водопроводных сетей 161.
Счетчик газа 64.
Тек-Вел сепаратор 394.
Тима колодец 124; — способ 122.
Тоннели для трубопроводов 55; — самотечные 118.
Точность учета водомера 153.
Трапы 355.
Труба промывная 288; — сигнальная 288; — холостая 288.
Трубопроводы 62; — кольцевые 180 — эквивалентные 179.
Трубы водопроводные асбоцементные 6, 192 — бетонные 6; чугунные раструбные и фланцевые 186; — водосборные 132; — всасывающие 113; — деревянные 6; — деревянные клепочные 194; — железные 190; — железобетонные 6; — железобетонные центробежные 203; — звеновые клепочные 6, 199; — клепаные 191; — сварные 191; — стальные 6, 190; — цельнотянутые 190.
Трубы водосточные бетонные 466; — деревянные 466; — железобетонные 466; — керамиковые 466; — кирпичные 468.
Трубы канализационные асфальто-песчаные 372; — бетонные 369; — деревянные 373; — железные 371; — железобетонные 368; — каменно-керамические 366; — чугунные 345, 371.
Уборные 10.
Углекислота агрессивная 240; — связанная 241
Уголь активизированный 53; — активный 269
Удаление газов 273.
Удар гидравлический 294.
Удельное сопротивление трубопровода 177.
Указатели уровня воды 221.
Уклоны гидравлические 170; канализационных труб 360.
Улицы 58.
Умывальники 354.
Умывальные 10.
Умягчение воды 245, 247, 263; — известково-баритовое 265; — каустико-содовое 265; — комбинированное 268; — обменной фильтрацией 266; — содово-известковое 263; — содово-генеративное 266.
Унитазы 352.
Уравнители давления 314; — душевые 313.
Утечка воды 152; из деревянных труб 199, 202.
Учет воды 152; — в цехах 334.
Фактор водоцементный 204.
Фасонные части; потеря напора 292.
Фенол 53.
Фильтра загрузка 259; — промывка 259; — расчет 248.
Фильтрация 248, 243, 254; — из водохранилища 90.
Фильтросы 410.
Фильтрующие сетки, подвижные 108.
Фильтры Вольфа 425; — впускные 123; — Зонне 125; — искусственные 125; — медленные 254; — напорные 255; — открытые 255; — самотечные 255; — Симоне 126; — скорые 255; — угольные 268.

Фитинги 64
Фламана формула 168
Фланец 296
Флюатирование 368
Флюгарки 349
Флютбет 95
Фойта ловушки 425
Фонтанчики питьевые 303
Формулы потери напора 171; — расчета канализационной сети 360; — расчета трубопроводов 164, 177
Форсунки 144
Фотосинтез 405
Фрпмана формула потери напора в рукаве 183
Фрома и Хопфа формула 167
Характеристика насосов 147; — трубопровода 177
Хлор 403;—жидкий 15, 261
Хлорамины 53
Хлораторы 4, 26
Хлорирование воды 15, 261, 269
Хлорная известь 261, 403
Ящики распределительные 149.
Хлор-фенол 53
Цветность воды 237
Цеолиты 266
Циркуляция 316
Чертежи рабочие 24;—техника изображения 26
Чувствительность водомеров 153, 336
Шатер водонапорной башни 216
Шиберы 114
Щухова башня железная 218
Щелочность 237
Эжектор водоструйный 142; — Кертинга 129; паровой 142
Эквивалентность трубопроводов 290
Эксгаустер 324
Эмшерские колодцы 399, 413; — стоимость 431
Эпидемии водные 15
Эрлифты 149
Эсмарха прибор 14
Эффективный размер зерен песка 244
Язычки деревянных труб 195
Якоба и Эрка формула 169
Ясюковича формула потери напора в рукаве 183

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОБЩАЯ

Стр.

I. Реконструкция техники водоснабжения и канализации. Проф. **Н. И. Фальковский** 3

II. Правила и нормы технико-экономического порядка. **И. И. Немыченков.**
1. Общая часть. 6
2. Водоводы и распределительная сеть. 6
3. Водопроводные сооружения. . . 6
4. Канализация. 7
5. Временные сооружения. 7

III. Санитарно-технические требования органов труда. Инж. **А. Е. Королев** . 8

IV. Санитарные правила и нормы. Проф. **А. И. Сысин.**
1. Санитарная оценка питьевых вод. 11
2. Санитарное обследование водоема. 13
3. Санитарные правила взятия проб воды на предмет исследования. 13
4. Санитарные охранные зоны водных источников. 14
5. Санитарный лабораторный контроль за центральным водоснабжением. 15
6. Санитарные правила по хлорированию воды. 15
7. Санитарные мероприятия при водных эпидемиях. 15
8. Санитарные правила при устройстве канализации 16
9. Санитарные правила о спуске сточных вод с территории населенных мест, фабрично-заводских и промышленных предприятий, жилых и других зданий и сооружений. 17

V. Порядок получения промзадания, составления основных положений и разработки проекта. Инж. **Б. С. Тикунов.**
1. Перечень материалов, необходимых для составления основных положений и проектов. . . 18
2. Промзадание на составление проекта. 18
3. Порядок разработки проектов. . 22
4. Основные положения. 22

Стр.

5. Технический проект. 23
6. Рабочие чертежи. 24

VI. Порядок экспертизы и утверждения проектов по промышленному строительству. Инж. **Д. А. Ильин.** . . . 24

VII. Техника изображения чертежей. Инж. **Б. С. Поспелов.**
1. Общая часть. 26
2. Внутренние устройства (водопровод, канализация и водостоки). 26
3. Наружные водопровод, канализация, водостоки. 29

VIII. Комплексное проектирование внутреннего оборудования зданий. Инж. **Э. Хайд.** 31

IX. Нормы проектной работы. Инж. **Б. С. Тикунов** 34

X. Литература по водоснабжению и канализации. Инж. **Б. С. Тикунов.** 38

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

МЕСТНЫЕ УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР СИСТЕМ И КОНСТРУКЦИЙ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

I. Комплексные задачи водоснабжения и канализации промпредприятий и районов. Проф. **Н. А. Кашкаров.**
1. Дебит ближних источников достаточен для промышленного водоснабжения района. 43
2. Дебит ближних источников недостаточен. 50
3. Особые случаи устройства водопроводов. 53
4. Экономические данные. 54

II. Тоннели для трубопроводов. Инж. **Э. Хайд.**
1. Преимущества применения тоннелей 55
2. Выбор трассы 56
3. Размещение труб 56
4. Конструкция каналов и тоннелей 57

III. Дороги, мостовые, тротуары и подземные сооружения. Инж. **Э. В. Кнорре.**
1. Дороги как артерии движения транспорта. 58

Стр.

2. Классификация улиц и дорог 58
3. Составные части улиц 58
4. Покрытие дорог. 60
5. Отвод верховой воды с городских территорий и мостовых. . 61
6. Продольные и поперечные уклоны мостовых 61
7. Расположение и трассировка подземных сооружений 61

IV. Газопроводы. Доц. **Ф. И. Экман**. . . 63

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

НАРУЖНЫЕ И ВНУТРЕННИЕ ВОДОПРОВОДЫ

А. НАРУЖНЫЕ ВОДОПРОВОДЫ

I. Основания для выбора системы водоснабжения. Инж. **Б. С. Тикунов**.
1. Классификация расходуемой воды по характеру ее потребления. 70
2. Влияние местных условий. . . 72
3. Число отдельных водопроводов. 72

II. Расчетные нормы для проектирования водопроводов.
1. Хозяйственно-питьевые водопроводы населенных мест и промпредприятий. Проф. **Н. А. Кашкаров** 73
2. Нормы расхода воды для производства. Проф. **Н. А. Кашкаров**. 75
3. Пожарные нормы. Инж. **Б. С. Тикунов**. 79

III. Речная гидрология. Инж. **С. Н. Крицкий** и инж. **М. Ф. Менкель**.
1. Основные понятия и термины учения о стоке. 82
2. Первичная обработка гидрометрических данных. 83
3. Приемы и порядок изучения речного стока. 84
4. Примерный состав гидрологического описания реки 88
5. Водохозяйственные расчеты. . 89

IV. Гидротехнические сооружения. Инж. **С. Н. Крицкий** и инж. **М. Ф. Менкель**.
1. Водохранилищные плотины и сооружения при них. 91
2. Водоподъемные плотины. . . . 94

V. Устройство водоприемных сооружений. Проф. **Н. А. Кашкаров**.
1. Сооружения для приема воды из рек. 99
2. Водоприемники из озер. . . . 118

VI. Добывание подземных вод. Проф. **Н. А. Кашкаров**.
1. Зависимость дебита колодца или галлереи от их размеров. . 120
2. Определение мощности колодцев путем откачки. 121
3. Способы добывания подземных вод. 122
4. Трубчатые колодцы 123
5. Конструкция трубчатых колодцев. 123

Стр.

6. Шахтные колодцы. 129
7. Добывание подземных вод горизонтальными водосборами. . . 131
8. Искусственное увеличение расхода подземного потока. . . . 132
9. Захват ключевой воды. 133
10. Каптаж нисходящих ключей. . 135

VII. Водопроводные насосы и насосные станции. Доц. **А. А. Лаговский**.
1. Насосы. 137
2. Насосные станции водопроводов. 148

VIII. Учет воды. Проф. **Н. И. Фальковский**
1. Учет воды и его значение. . . 152
2. Основные условия выбора водомеров. 153
3. Водомеры Вольтмана. 154
4. Комбинированные водомеры. . 156
5. Водомеры Вентури. 156
6. Регистрирующие приборы. . . . 158
7. Выбор типа водомера. 159

IX. Водопроводные сети.
1. Схемы водопроводных сетей. Инж. **М. М. Андриашев**. 159
2. Соединение производственных и хозяйственно-питьевых водопроводов. Инж. **А. А. Кирпичников**. 163
3. Сравнение формул для расчета круглых трубопроводов. Инж. **В. Г. Лобачев**. 164
4. Техника расчета водопроводной сети. Инж. **М. М. Андриашев**. 171
5. Методы, упрощающие расчет водопроводных сетей. Инж. **В. Г. Лобачев**. 176
6. Расчет пожарных струй. Инж. **В. Г. Лобачев**. 183

X. Водопроводные трубы.
1. Чугунные трубы. Инж. **Б. С. Тикунов**. 186
2. Заделка раструбов чугунных труб портландским цементом проф. **Н. Н. Гениев** 189
3. Железные и стальные трубы. Проф. **Н. Н. Гениев**. 190
4. Асбоцементные трубы. Проф. **Н. Н. Гениев**. 192
5. Деревянные клепочные трубы. Проф. **Н. Н. Гениев**. 194
6. Железобетонные центробежные трубы. Проф. **Н. Н. Гениев**. . . 203

XI. Резервуары и водонапорные башни. Проф. **Н. А. Кашкаров**.
1. Определение требуемой емкости запасных и водонапорных резервуаров. 206
2. Подземные резервуары. . . . 208
3. Водонапорные башни. 214

XII. Пневматическое водоснабжение. Инж. **Б. С. Тикунов**. 222

XIII. Очистка и обработка воды.
1. Охлаждение циркуляционной воды. 225
1) Башенные охладители (градирни). Инж. **К. И. Корбуш** . . 226

Стр.

2) Охлаждающие пруды. **К. И. Корбуш** 230
3) Бассейны с брызгалками. Инж. **В. И. Радциг** 231
2. Очистка воды (часть химическая). Проф. **С. А. Озеров**. . . 237
3. Очистка воды (часть техническая). Проф. **В. Т. Турчинович**. . 248
4. Угольные фильтры. Проф. **Н. Г Малишевский**. 268
5. Нейтрализация воды. Проф. **Д. П. Козырев**. 272

XIV. Стоимость наружных водопроводов и их элементов. Инж. **А. И. Неклюдов**. 279

Б. ВНУТРЕННИЕ ВОДОПРОВОДЫ

I. Выбор системы и числа отдельных сетей. Инж. **Б. С. Тикунов.**
1. Производственные здания . . . 282
2. Жилые и общественные здания 284

II. Схемы и конструкция внутренних водопроводных сетей. Проф. **Н. И. Фальковский.**
1. Схемы сети. 284
2. Запасные баки. 286
3. Расход воды в приборах . . . 288
4. Диаметры трубопроводов. . . . 289
5. Проектирование внутреннего водопровода. 292
6. Конструкция сети. 294
7. Арматура. 294

III. Производственная сеть. Инж. **Б. М. Оловянишников.**
1. Вводы, учет воды, назначение сети 296
2. Монтаж сети 296

IV. Хозяйственно-питьевая сеть. Инж. **Б. С. Поспелов.**
1. Назначение хозяйственно-питьевой сети, ее конструкция . . . 299
2. Расчет сети 299

V. Специальная питьевая сеть. Инж. **А. И. Шнееров.**
1. Назначение и схемы питьевой сети и расчетные расходы воды 301
2. Описание установки для централизованного приготовления воды 303
3. Питьевые фонтанчики 303
4. Данные для расчета монтажа сети 305

VI. Снабжение горячей водой. Доц. **Ф. И. Экман.**
1. Нормы расхода, температуры и разбора горячей воды. 305
2. Расписание часовых расходов тепла. 305
3. Определение поверхности нагрева паровых котлов. 306
4. Определение размеров бойлера и змеевика. 306
5. Построение кривой суммарных расходов тепла. 306
6. Режим работы паровых котлов. 307
7. Режим работы паровых змеевиков бойлера. 307

Стр.

8. Конструкции бойлеров. 308
9. Противоточные пароводонагреватели. 311
10. Монтаж трубопровода горячей воды. 311
11. Распределительный трубопровод к душам. 313
12. Арматура горячего трубопровода. 312
13. Расчет трубопровода горячей воды. 316

VII. Противопожарная сеть. Инж. **Б. С. Тикунов.**
1. Зависимость конструкции сети от системы противопожарного водопровода. 317
2. Внутренние пожарные краны. . 318
3. Расположение пожарных кранов 318
4. Конструкция противопожарной сети. 319
5. Местные установки для повышения напора. 321
6. Устройства для временного повышения напора сети 322

VIII. Спринклерная сеть. Инж. **В. И. Соломин.**
1. Спринклерная головка. 322
2. Схема спринклерного водопровода. 322
3. Проектирование спринклерного оборудования. 323
4. Водонапорные башни и баки . . 325
5. Внутренняя сеть. 326
6. Стоимость спринклерного оборудования. 333
7. Ориентировочный подсчет количества труб для внутренней спринклерной сети. 334

IX. Учет воды в цехах. Проф. **Н. И. Фальковский.** 334
1. Скоростные водомеры. 335
2. Другие системы водомеров. . . 336
3. Выбор типа и размера водомера. 337
4. Установка водомера 337

X. Стоимость внутренних водопроводов. **А. Н. Лапин**. 338

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

ВНУТРЕННЯЯ И НАРУЖНАЯ КАНАЛИЗАЦИИ

А. ВНУТРЕННЯЯ КАНАЛИЗАЦИЯ

I. Внутренняя канализационная сеть. Проф. **Н. И. Фальковский.**
1. Классификация трубопроводов и сетей. 342
2. Расчет канализационных трубопроводов. 342
3. Материалы и устройство трубопроводов. 345
4. Гидравлические затворы. . . . 346
5. Вентиляция гидравлических затворов. 347
6. Детали и арматура внутренней сети. 349

Стр.

7. Дворовая сеть. 350
8. Проектирование внутренней сети. 351

II. Санитарные приборы. Инж. **Б. С. Тикунов.**
1. Унитазы 352
2. Писсуары 354
3. Умывальники 354
4. Трапы 355
5. Жироловки 355

III. Стоимость внутренней канализации. **А. Н. Лапин.** 355

Б. НАРУЖНАЯ КАНАЛИЗАЦИЯ

I. Канализационная сеть. Инж. **Л. Г. Демидов.**
1. Системы канализации. 357
2. Схемы канализационной сети. . 357
3. Начертание канализационной сети. 358
4. Определение расчетного количества сточных вод. 359
5. Расчет сети. 359
6. Масштабы профилей и планов. 362
7. Инфильтрация грунтовых вод. 364

II. Канализационные трубы. Инж. **Л. Г. Демидов.**
1. Трубы. 365
2. Детали канализационной сети. 373
3. Выпускные сооружения. 380

III. Канализационные насосные станции. Доц. **А. А. Лаговский.**
1. Канализационные насосы . . . 382
2. Канализационные насосные станции 384

IV. Очистка сточных вод.
1. Предварительная обработка хозяйственно-фекальных сточных вод. Инж. **Л. Г. Демидов.** . . . 390
2. Дезинфекция сточных вод .Инж. **Л. Г. Демидов.** 403
3. Естественные и искусственные методы биологической очистки хозяйственно-фекальных сточных вод. Проф. **С. Н. Строганов.** 403
4. Очистка сточных вод промышленных предприятий. Проф. **П. С. Белов** 415

V. Стоимость наружных канализаций и их элементов. Инж. **А. Н. Неклюдов.** 431

Стр.

ЧАСТЬ ПЯТАЯ

ВНУТРЕННИЕ И НАРУЖНЫЕ ВОДОСТОКИ

А. ВНУТРЕННИЕ ВОДОСТОКИ

Инж. **А. И. Шнееров.**
1. Общая часть. 434
2. Схема водостоков. 436
3. Элементы водостоков. 439
4. Воронки. 439
5. Американские воронки. 442
6. Стояки. 444
7. Подземная сеть. 446
8. Детали подземной сети. 448
9. Расчет сети. 449
10. Пример расчета. 450
11. Расчетные таблицы. 451

Инж. **Б. С. Тикунов.**
12. Укрупненные измерители внутренней водосточной сети. . . 452
13. Укрупненные измерители стоимости 453

Б. НАРУЖНЫЕ ВОДОСТОКИ

Инж. **Е. Д. Швецов.**

I. Способы отвода ливневых вод.
1. Общая часть. 454
2. Системы водостоков. 454
3. Выбор системы водостоков. . . 455
4. Схемы сети водостоков. 455
5. Начертание сети. 456
6. Выбор водоемов для спуска вод. 456
7. Расчет сети водостоков. . . . 457
8. Условия, влияющие на величину стока. 457
9. Значение коэфициента стока. 460
10. Влияние снега и льда на сток. 461

II. Проектирование водостоков.
1. Определение расчетного дождя. 461
2. Выбор периода переполнения водостоков. 462
3. Критическая продолжительность 462
4. Расчет сети. 462
5. Примеры расчета водостоков. . 463
6. Отвод воды с участка. 465
7. Трубы. 466
8. Дождеприемники. 468
9. Смотровые колодцы. 469
10. Выпуски и отводные каналы. . 470
11. Перепады и быстротоки. . . . 470
12. Укрупненные измерители. . . . 471

Алфавитно-предметный указатель . 472

ГОСТИЗДАТ СОВЕТ

Техник-конструктор книги Н. С. ОСТРИРОВ

Сдано в набор 19/VIII—1932 г. Заказ № 8101. Подписано к печати 14/III—1933 г.
Индекс С-52—5—5. Колич. печ. листов 30. Колич. зн. в листе 108 тыс.
Формат бумаги 72 × 105/16. Изд. № 191. Главлит № В-40489. Тираж 25.000 экз.

Типография им. Володарского, Ленинград, Фонтанка, 57.