

Ал. Саткевичъ

*Военный Инженеръ, Преподаватель Николаевской
Инженерной Академіи и Училища.*

РУКОВОДСТВО

КЪ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

СИСТЕМЪ ВОДОСНАБЖЕНІЯ



Собрание основныхъ правилъ проектированія системъ водоснабженія городовъ и населенныхъ районовъ вообще и расчетныхъ формулъ и таблицъ.



Составлено для слушателей

Дополнительнаго Отдѣленія Старшаго класса

Николаевской Инженерной Академіи



ЧАСТЬ I

ОБЩИЕ РАСЧЕТЫ И СООБРАЖЕНІЯ.

1900.

С-П Е Т Е Р Б У Р Г Ъ.

Скоропечатня Цѣлова, Клинискій просп., № 21.

1900.

Печатано по распоряженію Николаевской Инженерной Академіи и Училища.

Предисловіе.

Издаваемое мною руководство предназначено для облегченія труда по проектированію системъ водоснабженія собраніемъ всѣхъ нужныхъ справочныхъ свѣдѣній въ одномъ мѣстѣ. Предполагаемая первая часть его обнимаетъ собою общіе расчеты при проектированіи, касающіеся размѣщенія частей системъ, общихъ подсчетовъ ихъ размѣровъ и соображеній о стоимости; предполагаемая вторая часть должна заключать въ себѣ нѣкоторые, нужные при подробномъ проектированіи, детальные расчеты, какъ-то вычисленіе размѣровъ конструктивныхъ частей бака, бассейновъ, фильтровъ, толщины стѣнокъ трубъ и т. п., а также примѣры существующихъ устройствъ водоснабженія. Основаніемъ для первой части послужили мои статьи по водоснабженію въ „Техническомъ Ежегодникѣ“ 1899 и 1900 года и матеріалы, собранные мною для слушателей Дополнительнаго Отдѣленія Николаевской Инженерной Академіи.

Руководство это отъ обыкновенныхъ статей по водоснабженію, помѣщаемыхъ въ техническихъ справочныхъ книгахъ, отличается тѣмъ, что всѣ приводимыя въ немъ расчетныя формулы, по возможности, обоснованы теоретически и снабжены выводами, за исключеніемъ данныхъ чисто эмпирическаго характера; отъ курсовъ же гидравлики и водопроводнаго дѣла оно отличается пропускомъ тѣхъ теоретическихъ соображеній и выкладокъ, которыя не нужны для практическихъ приложеній и разумнаго примѣненія расчетныхъ формулъ и которыя лишь утомляютъ и затрудняютъ проектирующаго при пользованіи объемистыми курсами, а также дополненіемъ свѣдѣніями практическаго свойства. Въ руководство введены соображенія о стоимости различныхъ частей водопроводнаго устройства, весьма важныя при проектированіи, особенно для лицъ, впервые имѣющихъ дѣло съ проектами водопроводовъ, и отсутствующія вообще говоря, во всѣхъ справочныхъ книжкахъ. Для слушателей Инженерной Академіи руководство это является дополненіемъ къ теоретическому курсу гидравлики, читаемому въ Старшемъ классѣ Академіи. Вообще, основанное на высказанныхъ соображеніяхъ, оно является едва-ли не первымъ въ своемъ родѣ.

Относительно самостоятельной переработки нѣкоторыхъ матеріаловъ для руководства, надо замѣтить слѣдующее: 1) Всѣ формулы и данныя, приведенныя одновременно въ русскихъ и въ метрическихъ мѣрахъ, отнесены въ русскихъ мѣрахъ къ наиболѣе нагляднымъ единицамъ—расходу воды въ вед-

рахъ въ часъ, діаметру въ дюймахъ и т. д., для чего коэффициенты всѣхъ формулъ подсчитаны при условіи совершеннаго освобожденія отъ другихъ способовъ выраженій тѣхъ же количествъ, напр. расхода воды въ куб. фут. въ сек., діаметровъ въ футахъ, употребляемыхъ во всѣхъ курсахъ гидравлики и водопроводовъ и затрудняющихъ ихъ примѣненіе необходимою постояннаго перевода мѣръ изъ однѣхъ въ другія. 2) Отсутствіе въ литературѣ числовыхъ таблицъ для облегченія расчета потери напора въ водопроводныхъ трубахъ, составленныхъ въ русскихъ мѣрахъ по достаточно точнымъ формуламъ, вынудило меня подсчитать такую таблицу по формулѣ проф. д-ра Лампе съ коэффициентомъ, наиболѣе отвѣчающимъ работѣ городскихъ водопроводовъ, такъ какъ удваиваніе коэффициента формулы Дарси для старыхъ трубъ и увеличеніе результатовъ, получаемыхъ по формулѣ Вейсбаха, на 20% являются, конечно, слишкомъ грубыми и произвольными дѣйствіями, для того чтобы ими довольствоваться при составленіи расчетной таблицы, не говоря уже объ устарѣлости таблицъ, составленныхъ по формулѣ Прони и проч. первоначальнымъ формуламъ потери напора въ трубопроводахъ. 3) Подробныя таблицы стоимости одной погонной сажени свинцовыхъ, желѣзныхъ и чугуновыхъ водопроводныхъ трубъ, съ укладкой ихъ на мѣста и перестилкою мостовой (для двухъ послѣднихъ сортовъ трубъ) составлены для возможности быстрого соображенія о стоимости сѣти трубъ, примѣнительно къ цѣнамъ разнѣчныхъ вѣдомостей. 4) Для облегченія формальной стороны расчета выработана особая форма бланка для послѣдовательнаго записыванія всѣхъ результатовъ подсчета. 5) Для опредѣленія потребности въ водѣ подробно сопоставлены данныя многихъ наиболѣе компетентныхъ авторовъ, русскихъ и иностранныхъ, и детальныя нормы, выработанныя Обществомъ Германскихъ газо-и водо-проводчиковъ, приведенныя въ таблицѣ № 1 въ русскихъ и метрическихъ мѣрахъ, пополнены многими недостающими въ нихъ свѣдѣніями. 6) Въ особыхъ приложеніяхъ приведенъ сводъ наиболѣе часто примѣняемыхъ въ различныхъ странахъ формулъ для опредѣленія потери напора въ трубопроводахъ и указаніе на сочиненія и статьи, содержащія средства для облегченія этого расчета, а также показано примѣненіе принципа наименьшей стоимости въ общихъ случаяхъ расчета. 7) Нѣкоторыя приводимыя формулы расчета мною значительно переработаны.

Все это, взятое вмѣстѣ, несомнѣнно, заставляетъ меня искренне желать безпристрастнаго мнѣнія лицъ, компетентныхъ въ дѣлѣ проектированія водопроводныхъ устройствъ, для совмѣстнаго выясненія желательныхъ дополненій и измѣненій въ руководствѣ.

Ал. Саткевичъ.

С.-Петербургъ
Январь 1900 года.



Руководство къ проектированію системъ водоснабженія.

Расчетъ и основныя условія проектированія системъ водоснабженія населенныхъ районовъ.

Схема современного устройства системъ водоснабженія.

Питаніе водопровода водой.

Если мѣстность не представляетъ естественныхъ водоемовъ, расположенныхъ настолько высоко, что можно воду непосредственно по трубамъ, самотекомъ, направлять къ пунктамъ ея потребленія, то надлежащій напоръ для движенія воды по системѣ получается искусственно, механически—при помощи насосовъ. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ, почти исключительно встрѣчающемся на практикѣ, существуетъ два типичныхъ способа образованія напора:

1) *Устройство системы съ водонапорнымъ резервуаромъ.* При этой системѣ насосы накачиваютъ воду въ специальный резервуаръ, располагаемый на такой высотѣ, чтобы вода самотекомъ изъ этого резервуара доставлялась во всѣ пункты ея разбора. Резервуаръ этотъ можетъ быть расположенъ или непосредственно на поверхности земли, если имѣется соответствующее возвышеніе, или-же на вершинѣ особой *башни*, обыкновенно каменной или даже желѣзной. Надо, впрочемъ, помнить, что устройство такихъ башенъ вообще дорого и по возможности ихъ слѣдуетъ избѣгать.

2) *Устройство системы безъ водонапорнаго резервуара.* За послѣднее время многіе водопроводы, преимущественно въ С.-Американскихъ Штатахъ, стали устраиваться безъ водонапорныхъ резервуаровъ, при чемъ вода нагнетается насосами непосредственно въ сѣть водопроводныхъ трубъ (система Голи). Однако, неблагоприятныя условія работы машинъ, заставляющія ихъ постоянно соразмѣрять свою работу съ расходомъ въ сѣти и потому претерпѣвать всѣ случайныя его измѣненія, а также требованіе трубъ большей прочности, въ большинствѣ случаевъ, заставляютъ отказываться отъ примѣненія этой системы въ чистомъ ея видѣ и располагать въ качествѣ посредника между насосами и сѣтью такъ наз. *водонапорную колонну*, оставляя непосредственное нагнетаніе воды въ сѣть лишь на время пожаровъ для ихъ тушенія (система Биркинбине) или даже и вовсе отъ него отказываясь. Водонапорная колонна состоитъ обыкновенно изъ двухъ трубъ, сверху соединенныхъ на высотѣ, соответствующей требуемому въ сѣти напору; вода накачивается насосомъ въ одну изъ трубъ и, передвигаясь, направляется по другой въ сѣть. Въ частности, обѣ трубы могутъ быть замѣнены одной большаго діаметра, къ которой внизу примыкаютъ и нагнетательная труба отъ насоса, и начальная расходная труба. Это послѣднее устройство представляетъ ту выгоду, что вода поднимается въ трубѣ только на такую высоту, которая въ данную минуту необходима для сѣти, а не на постоянную высоту соединительнаго колѣна, соответствующую наибольшему напору; за то, и сѣть, и машины въ этомъ случаѣ терпятъ нѣсколько болѣе отъ переизбытка въ расходѣ воды. Наконецъ, можно водонапорную колонну или трубу замѣнить *воздушнымъ колоколомъ*, менѣе подверженнымъ замерзанію и болѣе дешевымъ. Примеры послѣдняго устройства представляютъ Петербургскій водопроводъ на Васильевскомъ Островѣ и на Петерб. и Выборг. Сторонахъ (давленіе въ трубахъ $3\frac{1}{2} \div 4\frac{1}{2}$, атм.) и

водопроводы Н.-Новгорода, Астрахани, Харькова и Одессы. Воздушный колоколь устанавливается вначалѣ главной магистрали, непосредственно за насосомъ, и снабжается предохранительнымъ клапаномъ, для предупрежденія чрезмѣрнаго повышенія работой насосовъ давленія въ сѣти трубъ, особенно при непостоянствѣ въ потребленіи воды.

Вообще, ввиду измѣненія потребленія воды въ различные часы дня, полезно имѣть возможность нѣсколько регулировать напоръ воды въ системѣ. Въ случаѣ системы съ водонапорнымъ резервуаромъ это приводитъ или къ расположенію двухъ и даже болѣе резервуаровъ (баковъ) одного надъ другимъ для дневного и ночного расхода, а также для работы водопровода при пожарѣ и въ прочее время. (Двѣ водонапорныя башни Царскосельскаго водопровода), или-же къ устройству *запасныхъ уравнивательныхъ резервуаровъ (дополнительныхъ водоемовъ)*, располагаемыхъ по близости мѣстъ наибольшаго потребленія воды и вообще мѣстъ, снабжаемыхъ водопроводомъ съ наибольшою трудностью (возвышенныхъ; въ частяхъ города, наиболѣе удаленныхъ отъ напорнаго резервуара). Эти запасные водоемы въ періодъ наименьшаго потребленія воды въ сѣти наполняются при ея посредствѣ водой, въ часы-же наибольшаго расхода обращаются сами въ напорные резервуары, возвращая сѣти полученный запасъ воды и тѣмъ содѣйствуя главному водонапорному резервуару. Въ случаѣ устройства системы съ водонапорной колонной, желаніе соразмѣрить напоръ воды съ ея потребленіемъ въ сѣти приводитъ къ устройству нѣсколькихъ соединительныхъ колѣнъ между трубами колонны—на различныхъ высотахъ, соотвѣствующихъ потребнымъ напорамъ; при этомъ, всѣ колѣна, кромѣ верхняго, должны быть снабжены кранами, препятствующими теченію по нимъ воды.

Иногда двухъ-ярусное расположение баковъ въ водонапорной башнѣ вызывается условіями мѣстности, не позволяющими устройству одного общаго резервуара, который снабжалъ бы самыя высокія части города и вмѣстѣ съ тѣмъ не усиливалъ бы бесполезно напора въ трубахъ низменныхъ частей города. Примѣры такихъ конструкцій—Лондонъ (давленіе въ низм. част. не превышаетъ $3 \div 4\frac{1}{2}$ атм.), Парижъ, Вѣна, Брюссель, Генуя и т. д.; у насъ—въ Н.-Новгородѣ сдѣланы раздѣленія бака для различныхъ районовъ. При такомъ раздѣльномъ *водоснабженіи по районамъ* или *поясамъ* можно устроить въ удобныхъ мѣстахъ соединеніе между собою отдѣльныхъ поясовъ особыми трубами со створными кранами, что дастъ возможность усиливать временно давленіе въ низовыхъ частяхъ города, напр. на время пожаровъ (Примѣръ—Вѣна).

Соображенія объ устройствѣ (конструкціи) напорныхъ резервуаровъ (водоемовъ).

Всѣ входящіе въ систему напорные резервуары — и главные, и запасные — представляютъ изъ себя резервуары уравнительные, т. е. такіе, которые регулируютъ работу машинъ при неравномъ расходѣ воды, являясь посредниками водоснабженія.

Если вблизи снабжаемой мѣстности имѣется возвышенность, то выгодно располагать *водоемъ въ землѣ на возвышенности*. Конструкція такого водоема: стѣны изъ каменной кладки по цементу; дно изъ слоя утрамбованной глины, толщиной до 12 дюймовъ (или бетона), перекрытаго двумя рядами кирпичей на цементѣ; перекрытіе сводиками на желѣзныхъ балкахъ или рельсахъ, поддерживаемыхъ чугунными или каменными столбами; сверху слой земли отъ 3 до 4 футъ. Для свободнаго сообщенія съ наружнымъ воздухомъ въ замкахъ сводиковъ дѣлаются отдушины.

При невозможности устройства резервуара въ землѣ на горѣ, его располагаютъ *на вершинѣ башни* и ограждаютъ отъ замерзанія стѣнками и крышею. Такіе резервуары дѣлаются металлическими, преимущественно желѣзными, цилиндрическими, съ плоскимъ или сферическимъ дномъ. Плоское днище дѣлается изъ листовъ толщиной до $\frac{3}{8}$ дюйма (9 мм.) и поддерживается системою желѣзныхъ балокъ, располагаемыхъ черезъ $2 \div 2\frac{1}{2}$ фута. Сферическое днище не требуетъ поддержки, и резервуаръ опирается на чугунное кольцо посредствомъ угольника, приклепаннаго къ нижнему ребру резервуара. Цилиндрическіе резервуары разсчитываются по правиламъ строительной механики, причемъ нижніе листы получаютъ толще верхнихъ. Въ среднѣ большихъ резервуаровъ слѣдуетъ оставлять мѣсто (обыкновенно тоже цилиндрическое) для лѣстницы.

При системахъ безъ резервуаровъ, съ *напорными колоннами*, колонны эти проще всего устанавливать у дымовой трубы машиннаго зданія, окружая дымовую трубу и трубы напорной колонны башнею небольшого діаметра, съ устройствомъ вокругъ нихъ (внутри башни) несгораемой лѣстницы.

Соображенія объ устройствѣ приемниковъ воды.

Для устройства системъ водоснабженія можетъ быть примѣняема вода: 1) *рычная* (или *озерная*), 2) *ключевая*, 3) *атмосферныхъ осадковъ* и 4) *грунтовая*, чѣмъ характеризуются четыре основныхъ типа водопроводовъ. Встрѣчаются, конечно, и типы смѣшанные.

Водоснабженіе изъ рѣкъ и озеръ представляетъ наибольшія гарантіи неизсякаемости источника питанія водой и работы водопровода въ сухое и жаркое время года. Вода рѣкъ и большихъ озеръ обыкновенно удовлетворяетъ гигиеническимъ требованіямъ, хотя по чистотѣ, вкусу и другимъ качествамъ уступаетъ ключевой. Брать воду изъ рѣки слѣдуетъ, по возможности, дальше отъ берега и ближе къ фарватеру рѣки. Водопріемная труба укладывается, въ большинствѣ случаевъ, на сваяхъ по ростверку и ограждается отъ ударовъ судовъ и твердыхъ тѣлъ. Пріемное отверстіе ея прикрывается чугунною коробкою съ отверстіями.

Ключевая вода признается для питья болѣе здоровою, чѣмъ рѣчная, главнымъ образомъ вслѣдствіе меньшаго содержанія въ ней органическихъ тѣлъ. Для водоснабженія ее обыкновенно собираютъ въ отдѣльные ключевые колодцы и изъ нихъ направляютъ трубами или галлереями, смотря по обилію ключей, въ сборный резервуаръ. Изъ сборнаго же резервуара воду или поднимаютъ машинами въ водонапорные резервуары, или, если сборные резервуары находятся на надлежащей высотѣ для снабженія всего города водою, разводятъ ее по городу непосредственно.

Воду атмосферныхъ осадковъ — дождевую собираютъ въ специально устраиваемые бассейны, получаемые при помощи загражденія достаточно широкой долины съ крутыми откосами поперечной земляной или каменной водоудержательной дамбой. Если такой бассейнъ лежитъ въ низменной части, потребуется устройство напорныхъ резервуаровъ на возвышенностяхъ или въ башнѣ и насосовъ, для перекачиванія воды. Этотъ типъ водопроводовъ распространенъ больше всего въ Англіи; у насъ ирригаціи этого типа мѣшаетъ климатъ.

Грунтовую воду приходится привлекать къ водосборнымъ сооруженіямъ искусственно — при помощи подземныхъ трубъ или колодцевъ. Горизонтальныя подземныя трубы (чугунныя или цементныя) располагаются ниже уровня грунтовыхъ водъ, перпендикулярно къ направленію теченія послѣднихъ, снабжаются небольшими отверстіями по своей длинѣ для принятія воды и кончаются въ сборномъ колодцѣ, куда онѣ и приводятъ воду; сверху того отъ мѣста до мѣста на нихъ располагаются смотровые колодцы. (Примѣры — Ганноверъ, Дрезденъ, Галле, Мюльгаузенъ). Колодцы большого діаметра располагаются на разстояніи 100 — 200 саж. одинъ отъ другого, получаютъ воду, главн. обр., черезъ открытое дно, и сборной трубой, видѣ сифона, отводятъ ее въ главный колодецъ. (Примѣры — Самара, Крефельдъ, Кольмаръ). При значительной глубинѣ грунт. водъ дѣлаютъ колодцы изъ участковъ, постепенно все меньшаго и меньшаго діаметра, — телескопическіе; верхній самый широкій участокъ кирпичный или металлическій, прочіе всѣ металлическіе. Воду изъ этихъ колодцевъ приходится, вообще, брать насосами, при чемъ, въ случаѣ глубины залеганія грунт. водъ, болѣе 3½ саж., насосъ приходится устанавливать внутри колодца. (Примѣры — Kensington Garden, на глуб. 46 саж.; много на ж.-дор. станціяхъ въ Екатеринбургской и Таврической губ., напр. на станціи Мелитополь, на глуб. 127 саж.). Иногда колодцы, ради дешевизны, дѣлаются трубчатыми, такъ наз. бруклинскими, причѣмъ только верхняя часть колодца (кирпичная или металлическая) дѣлается широкой; со дна же ея начинается желѣзная труба діам. отъ 2 до 5 дюйм. съ рядомъ отверстій на концевомъ участкѣ, окруженномъ мелкой мѣдной сѣткой и поверхъ тонкимъ металлическимъ листомъ съ мелкими отверстіями, для предупрежденія прониканія песчинокъ грунта при значит. скорости протеканія воды по узкимъ трубамъ. (Примѣры — водосборы новаго Московскаго водопровода, водопровода Лейпцигскаго и др.). Грунтовая вода, обыкнов. (если только не имѣетъ непріятнаго вкуса и запаха и не очень жестка), по качеству выше рѣчной; однако, этотъ источникъ водоснабженія недостаточно надеженъ въ количественномъ отношеніи, да и трудно, вообще, вайти грунтовую воду въ размѣрѣ, достаточномъ для питанія города, потребляющаго сотни тысячъ и миллионы ведеръ, особенно, помня при этомъ о постоянномъ ростѣ этого потребленія въ будущемъ.

Сооруженія для очистки воды отъ механическихъ примѣсей.

Вода, проводимая для городского водоснабженія, должна быть чиста (т. е. прозрачна, безпѣтна и безъ запаха) и не содержать органическихъ веществъ болѣе 0,000035 (по вѣсу); жесткость ея не должна превосходить 20° и по возможности даже 16° гидрометра (1° жесткости соответствуетъ содержанію 0,00001 — по вѣсу — щелочныхъ земель); температура ея должна быть лѣтомъ не выше 9½°, зимою не ниже 7° Ц. *).

Очистить воду отъ вредныхъ для здоровья примѣсей, находящихся въ ней въ растворѣ, не

*) Кроме того вода не должна содержать ни амміаку, ни азотноватой кислоты и можетъ заключать въ себѣ лишь небольшія количества азотной кислоты, хлоритовъ и сульфатовъ (именно — сернистаго калія).

представляется возможным при значительных водоснабжениях, вследствие дороговизны. Очищение же от механических примесей (мутной воды) почти всегда производится двумя удобными на практикѣ способами: отстаиваніемъ и фильтрованіемъ. Вода проходитъ послѣдовательно черезъ $2 \div 3$, а иногда и болѣе, смотря по степени ея мутности, *отстойныхъ резервуара*. (Надо имѣть всегда одинъ запасной, на случай чистки или исправленія одного изъ действующихъ резервуаровъ). Отстаиваніемъ вода очищается отъ примесей большаго, чѣмъ она сама, удѣльнаго вѣса. Для освобожденія же ея отъ болѣе легкихъ, механическихъ примесей она фильтруется, т. е. пропускается съ большою скоростью черезъ особо устрояемые *фильтры*, состоящіе изъ слоевъ пористыхъ и сыпучихъ веществъ, не растворимыхъ въ водѣ, преимущественно песка и гравія (ради дешевизны), при чемъ гравій обыкновенно представляетъ изъ себя постель (нижній слой) для песка. Нормальнаго типа фильтр не установлено, конструкція и размѣры существующихъ сооружений этого рода весьма разнообразны, но вообще можно принимать за болѣе распространенную среднюю толщину самаго фильтра въ $3\frac{1}{2} \div 6$ футъ. При этомъ, изъ общей толщины фильтра на долю мелкаго промытаго песка (собственно фильтрующаго слоя) приходится $1\frac{1}{2} \div 2$ фут. и болѣе. Слѣдующая таблица указываетъ на составъ фильтровъ водоснабженій Варшавы, С.-Петербурга и Лондона:

		Ф и л ь т р ы:		
		Варшавы.	С.-Петербурга.	Лондона.
Слой песка	{ мелкаго. . .	24 дюйма	24 дюйма	30 дюйм.
	{ крупнаго. . .	2 "	3 "	— "
Слой гравія	{ мелкаго. . .	3 "	3 "	6 "
	{ крупнаго. . .	6 "	4 "	
Кирпичная выстилка		— "	— "	6 "
Слой булыж- ника	{ мелкаго. . .	6 "	8 "	— "
	{ крупнаго. . .	11 "		
Общая толщина =		52 д.=4 ¹ / ₂ ф.; 42 д.=3 ¹ / ₂ ф.; 42 д.=3 ¹ / ₂ ф.		

При замѣчаемомъ уменьшеніи производительности фильтра, онъ подвергается *очисткѣ* снятіемъ верхняго засорившагося слоя песка, толщиною отъ $\frac{3}{8}$ до $\frac{1}{2}$ дюйма (одинъ разъ въ $2 \div 3$ недѣли и рѣже, смотря по мутности воды). Когда толщина слоя мелкаго песка постепенными снятіями сократится примѣрно на половину, добавляютъ свѣжій песокъ до полной толщины. Послѣ каждой очистки лучше первую воду пропускать черезъ фильтръ снизу вверхъ, и, кромѣ того, первую порцію, полученную фильтраціей, слѣдуетъ удалять, не пуская въ сѣть трубъ.

Бассейны для фильтровъ имѣютъ, обыкновенно, бетонное дно около 8 дюймовъ толщиною и каменные стѣны, возведенныя на цементѣ, высотой около 2 саж.; лучше всего, если фильтры сверху покрываются сводами и поверхъ ихъ землею,—тогда вода въ нихъ лѣтомъ предохраняется отъ солнечныхъ лучей, а зимою отъ покрытія льдомъ. Своды опираются на ряды столбовъ—лучше гранитныхъ, чѣмъ кирпичныхъ, для уменьшенія площади, занимаемой ими отъ фильтровъ; при пролетахъ въ $1\frac{1}{2} \div 2$ саж. эти гранитные столбы выходятъ размѣрами 1 арш. $\times$ 1 арш.

Изъ фильтра вода поступаетъ въ *сборные* резервуары, тоже крытые (сводъ + 4 фута земли).

Относительное расположеніе всѣхъ этихъ устройствъ зависитъ всецѣло отъ мѣстныхъ условій. Желательно сдѣлать соединеніе трубъ, позволяющее водѣ изъ подъ фильтра поступать прямо въ сѣть городскихъ трубъ или къ машинамъ, на случай починки сборнаго резервуара (особенно, если онъ состоитъ изъ одного отдѣленія), а также непосредственно соединить насосы съ приемной трубой, для возможности спѣшной подачи большихъ количествъ воды, хотя бы не фильтрованной, напр. въ случаѣ пожара и т. п.

Машины для поднятія воды и накачиванія ея въ резервуары (или непосредственно въ сѣть городскихъ трубъ).

Для подъема воды въ бакъ напорнаго резервуара (или для нагнетанія ея въ сѣть въ системахъ безъ резервуара) примѣняются обыкновенно насосы. Насосы эти встрѣчаются двухъ системъ: *поршневые* и *центробѣжные*. Чаше всего въ настоящее время примѣняется система

поршневых насосов (почему здесь на ней только и остановимся) и, при томъ, въ соединеніи съ паровой машиной; впрочемъ, встрѣчается уже значительное число водоснабженій, замѣнявшихъ паровые насосы *газовыми* или *гидравлическими* (турбины, водяныя колеса) *).

Поршневые насосы, до сихъ поръ все же предпочитаемые другимъ для постоянной службы, бываютъ *одиночнаго* или *двойного дѣйствія*, смотря по тому, доставляютъ ли они воду на одномъ изъ каждаго двухъ ходовъ поршня (прямою или обратною) или на обоихъ. Второй типъ значительно предпочитается первому, такъ какъ насосы одиночнаго дѣйствія при одинаковыхъ размѣрахъ даютъ вдвое меньшее количество воды или, иначе, при одинаковой производительности требуютъ большихъ размѣровъ и, къ тому же, дѣйствуютъ менѣе равномерно, чѣмъ насосы двойного дѣйствія. При этомъ, почти всѣ применяемые нынѣ паровые насосы представляютъ изъ себя насосы *непосредственнаго* или *прямого* дѣйствія. т. е. такіе, у которыхъ поршень паровой машины и поршень насоса имѣютъ общій стержень. Строятся они или съ *маховымъ колесомъ* или *безъ него* (универсальные); послѣдніе отличаются легкостью, компактностью и дешевизною, но первые работаютъ экономичнѣе и правильнѣе и должны предпочитаться въ случаяхъ, когда ограниченность помѣщенія и легкость машины не имѣютъ существеннаго значенія.

Забирная высота насоса, т. е. наибольшая высота расположенія поршневого насоса надъ уровнемъ поднимаемой воды, при самомъ тщательномъ его устройствѣ, не выше 4 сажень, безопаснѣе же принимать ее въ $3\frac{1}{2}$ саж. (въ крайнемъ случаѣ $3\frac{3}{4}$ саж.).

Расположеніе трубъ при насостъ и воздушныхъ резервуаровъ. Ниже насоса располагается всасывающая или подъемная труба, а выше—напорная или восходящая. Всасывающая труба (нормально, не выше $3\frac{1}{2}$ саж. надъ уровнемъ воды источника питанія) должна быть возможно прямою и вертикальною, ибо при этомъ достигимѣе ея тщательное устройство безъ скважинъ и въ значительной степени устраняются безполезныя сопротивленія движенію воды.

Такъ какъ *скорость поршня въ началѣ и въ концѣ хода равна 0, то и скорость движенія воды въ трубахъ, напорной и всасывающей, не можетъ быть равномерною*. Неравномерность движенія воды вредно дѣйствуетъ на машины, которымъ, вслѣдствіе этого, приходится преодолевать инерцію массы воды, находящейся въ трубахъ и особенно въ напорной трубѣ. Для устранения этого на обѣихъ трубахъ вблизи насосовъ устанавливаютъ воздушные резервуары.

Изъ паровыхъ поршневыхъ насосовъ у насъ болѣе всего распространены теперь американскіе насосы системы Воррингтона.

Доставленіе воды къ пунктамъ ея расходванія. Сѣть водопроводныхъ трубъ.

При всѣхъ указанныхъ выше способахъ образованія напора, всякая система водоснабженія требуетъ устройства сѣти водопроводныхъ трубъ, начинающейся у мѣста полученія напора одной или нѣсколькими трубами и постепенно все болѣе и болѣе развѣтвляющейся. Принципы начертанія этой сѣти должны разсматриваться въ связи съ вопросомъ о выборѣ мѣста для водонапорной башни, при чемъ они приводятъ къ слѣдующимъ главнымъ условіямъ:

1) Высота подъема воды изъ источника въ бакъ (резервуаръ) должна быть возможно меньшей, такъ какъ всякое увеличеніе ея вызываетъ постоянныя излишнія затраты на топливо и требуетъ болѣе сильныхъ машинъ.

2) Распределеніе давленій въ сѣти должно быть по возможности равномернымъ.

3) Начертаніе всей сѣти должно отвѣчать наименьшей стоимости ея устройства и эксплуатаціи.

и 4) Въ случаяхъ поврежденія одной изъ главныхъ линій въ какомъ-либо пунктѣ ея, водоснабженіе сѣти не должно разстраиваться сколько-нибудь замѣтнымъ образомъ.

Условія первое и второе опредѣляютъ мѣсто для водонапорной башни; именно,—эту башню слѣдуетъ въ большинствѣ случаевъ располагать въ срединѣ города, въ чертѣ наиболѣе торговой или промышленной его части, хотя бы при этомъ высота башни получалась и нѣсколько большею, чѣмъ при помѣщеніи ея въ какомъ-либо другомъ пунктѣ, напр. на возвышенной окраинѣ города. Требованіе болѣе равномернаго и цѣлесообразнаго распределенія давленій въ сѣти приводитъ тоже къ желанію располагать башню возможно ближе къ центру городского потребленія воды. Только въ частныхъ случаяхъ, особенно удобныя возвышенныя мѣста на окраинѣ города, близкія къ источникамъ водоснабженія, могутъ заставить отнести башню къ одному изъ краевъ района водоснаб-

*) Гидравлическія машины служатъ для накачиванія воды въ водопроводахъ Тифлиса, Цюриха, Филадельфіи, Монреаля и др. Но Fanning'у, стоимость накачиванія воды при гидравлическихъ машинахъ примѣрно въ 5—8 разъ меньше, чѣмъ при паровыхъ. Газовыя машины применяются въ водопроводахъ городовъ—Кобленца, Геттингена, Фюрта и др.

женія. Вообще же, при рѣшеніи вопроса о выборѣ мѣста для башни не слѣдуетъ придавать особеннаго значенія ея высотѣ, помня, что излишнія затраты на высокую, но рационально расположенную башню вознаграждаются сбереженіями на сооруженіи сѣти трубъ и на ежегодно сжигаемомъ топливѣ.

Второе, третье и четвертое изъ перечисленныхъ выше условій влияют въ мѣстѣ на начертаніе самой сѣти трубъ. Въ послѣднее время, при такомъ начертаніи особенно заботятся о томъ, чтобы сѣть получалась возможно болѣе сомкнутой во всѣхъ своихъ частяхъ и чтобы каждый отдѣльный пунктъ водоснабженія могъ получать воду съ обѣихъ сторонъ, для обезпеченія его питанія въ случаяхъ мѣстной порчи или ремонта трубъ. Сѣть состоитъ изъ *основныхъ* или *магистральныхъ* *линій*, возможно сомкнутыхъ самихъ въ себѣ, и отходящихъ отъ нихъ *линій 1-го, 2-го* и слѣдующихъ порядковъ, представляющихъ постепенныя развѣтвленія до послѣднихъ, такъ называемыхъ, *уличныхъ* трубъ. При этомъ, условія наименьшей стоимости и равномерности давленій въ сѣти приводятъ къ слѣдующимъ требованіямъ:

а) Магистраль проводить по участкамъ наибольшаго потребленія воды и по наиболѣе возвышеннымъ частямъ города; при невозможности пройти магистралью всѣ такія части города прокладывать по нимъ линіи 1-го порядка, преимущественно передъ линіями порядковъ слѣдующихъ.

б) Магистраль, а за ними и линіи 1-го порядка вести по возможности по уклону внизъ.

и в) Уличные трубы дѣлать не очень длинными, не болѣе $200 \div 250$ саж. при питаніи съ двухъ сторонъ ($100 \div 150$ саж. при питаніи съ одной стороны), такъ какъ въ противномъ случаѣ, при обыкновенныхъ діаметрахъ уличныхъ трубъ ($4 \div 6$ дюймовъ) получается довольно значительная разность между напорами у концовъ трубы и въ ея срединѣ, и слѣдовательно большая неравномѣрность давленій въ сѣти. Большая длина уличныхъ трубъ не можетъ представлять особенныхъ неудобствъ только въ томъ случаѣ, когда паденіе мѣстности почти соответствуетъ потерѣ напора въ трубѣ.

Кромѣ всѣхъ указанныхъ выше соображеній, при выборѣ мѣста для резервуара и начертаніи сѣти, необходимо имѣть въ виду и постепенный ростъ города, требующій возможности увеличенія расхода воды съ наименьшими затратами на передѣлку системы. Особенно важно обращать при этомъ вниманіе на усиленіе проводимости сѣти, которое можетъ быть достигнуто или увеличеніемъ высоты расположенія напорнаго бака и силы машинъ, или прокладкой новыхъ линій трубъ большаго діаметра, или, наконецъ, и тѣмъ и другимъ способомъ вмѣстѣ. При этомъ полезно имѣть въ виду, что, если городъ разбросанъ, населеніе возрастаетъ довольно быстро и топливо дешево, то увеличеніе проводимости сѣти экономичнѣе произвести не прокладкой новыхъ линій трубъ, что при большой ихъ длинѣ обойдется дорого, а увеличеніемъ высоты расположенія бака. Если же городъ густо застроенъ, населеніе возрастаетъ медленно и топливо дорого, то проводимость сѣти выгоднѣе усиливать укладкой новыхъ линій трубъ.

Укладка водопроводныхъ трубъ производится на глубинѣ, болѣе глубины промерзанія грунта, — у насъ на $6 \div 7$ футъ отъ поверхности земли; эту цифру (около 1 сажени) надо имѣть въ виду при расчетѣ дѣйствія пожарныхъ крановъ и фонтановъ.

Таковы общія основанія современнаго устройства системъ водоснабженія.

Общій ходъ расчета системъ водоснабженія.

Основаніемъ для расчета системы водоснабженія служить *опредѣленіе потребности воды* для всего района, захватываемаго водопроводомъ. Самый расчетъ такой системы распадается на два отдѣльныхъ вопроса: 1) *расчетъ сѣти водопроводныхъ трубъ*, въ связи съ опредѣленіемъ высоты уровня воды въ напорномъ резервуарѣ, и 2) *вычисленіе основныхъ размѣровъ машинъ*, питающихъ резервуаръ водой, и всѣхъ *вспомогательныхъ сооруженийъ*. Разсмотримъ послѣдовательно эти основныя части расчета *).

*) Въ изложеніи хода расчета сдѣлано слѣдующее упрощеніе по отношенію ко всѣмъ существующимъ его изложеніямъ: всюду для однихъ и тѣхъ же количествъ, при выраженіи ихъ въ русскихъ мѣрахъ, выдержаны однѣ и тѣже единицы. Такъ: расходъ воды выраженъ въ ведрахъ въ часъ (обозн. $\frac{\text{ведр.}}{\text{час.}}$) всюду — и при расчетѣ потребленія воды, и при расчетѣ діаметровъ трубъ. — для избѣжанія совершенно излишнихъ и утомительныхъ переводовъ мѣръ, неизбѣжныхъ при принятіи до сихъ поръ способъ выраженія потребности воды въ $\frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$ (рѣже въ $\frac{\text{куб. фут.}}{\text{сутки}}$) и расчета трубъ на расходъ воды въ $\frac{\text{куб. фут.}}{\text{секунду}}$ (или въ минуту). Ведро — мѣра наиболѣе паглядная, отнесеніе же расхода къ часу скорѣе содѣйствуетъ, чѣмъ вредитъ точности, такъ какъ рѣче идетъ лишь или о среднемъ, или о наибольшемъ расходѣ воды.

Определение потребности воды.

Сопоставление данных различных авторов, исходивших из многочисленных указаний практики, показывает, что для современного города средней величины (снабженного ватер-клозетами), можно принимать при условии надлежащего надзора за расходованием воды (водомеры) *) средний расход воды на 1-го жителя $8 \frac{\text{ведеръ}}{\text{сутки}}$, т. е. $\frac{1}{3}$ ведра **), Однако, въ условиях жизни русских городов вѣрнѣе будетъ придерживаться, применяясь къ даннымъ Проф. Чижева *** и Проф. Максименко ****) слѣд. нормъ:

Для город. съ насел. до 50.000 жит.	по 3 — 4	ведр. въ сутки, т. е. ок. $\frac{1}{7}$ в. въ ч. на чел.
" " " " отъ 50.000 до 100.000 жит.	" 4 — 5	" " " " " " " " " "
" " " " " 100.000 до 200.000	" 5 — 7	" " " " " " " " " "
" " " " " свыше 200.000	" 7 — 13	" " " " " " " " " "
		" больше.

Причина нѣсколько меньшаго потребления воды въ русскихъ городахъ лежитъ въ отсутствіи системъ городскихъ водостоковъ и зачастую малой распространенности даже ватеръ-клозетовъ; отчасти же, на это сокращеніе приходится идти по недостатку денежныхъ средствъ. Въ этомъ убѣждаетъ насъ сопоставленіе таблицъ М.М. 2, 3 и 4.

По числамъ приведенныхъ нормъ должна разсчитываться годовая потребность топлива для водоподъемныхъ машинъ. Вместимость напорныхъ баковъ и работа насосовъ должна быть разсчитана на средний часовой расходъ въ день наибольшаго потребления, если только насосы качаютъ воду не непосредственно въ сѣть трубъ. Что же касается самой сѣти трубъ, то она должна вычисляться не на средний, а на наибольший часовой расходъ воды въ день наибольшаго потребления (чтобы и въ этотъ часъ снабженіе водой было обезпечено). А такъ какъ наибольшій дневной расходъ воды раза $1\frac{1}{2}$ превосходитъ средний дневной за весь годъ, наибольшій же часовой расходъ въ этотъ день (какъ вообще и во всякій другой) приблизительно въ $1\frac{1}{2} \div 2$ раза болѣе среднего часового, то стало быть, расчетъ сѣти долженъ вестись на расходъ воды, въ $2\frac{1}{4} \div 3$ раза болѣе среднего, т. е., при принятыхъ нормахъ для русскихъ городовъ, въ среднемъ равный ****):

*) При отсутствіи надзора за потребленіемъ воды расходъ можетъ въ $3 \div 4$ и болѣе разъ превосходить указанную выше норму, достигая $25 \div 30 \frac{\text{ведеръ}}{\text{сутки}}$ на жителя. (Примѣръ — Петербургъ за послѣдніе годы).

**) Приводимъ нѣкоторые изъ мѣстныхъ. Проф. Максименко — $6 \div 8 \frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$ (Гидравлика, стр. 347).

Бихеле — $150 \frac{\text{литр.}}{\text{сутки}} = \text{ок. } 12 \frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$ (Спр. кн., Отд. VIII, стр. 10), Мальцевъ — $120 \div 130 \frac{\text{литр.}}{\text{сутки}} =$
 $= \text{около } 10 \frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$ (Спр. кн., Т. I, стр. 370), Проф. Тиме — $50 \div 150 \frac{\text{литр.}}{\text{сутки}} = 4 \div 12 \frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$,

(Курсъ гидравлики, Т. I, 1894, стр. 177), Rheinhard — $130 \div 150 \frac{\text{литр.}}{\text{сутки}} = 10 \div 12 \frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$ (Kalend. für. Str.—u. Was.—bau u. Cult. Jng., 1900, Abth. I, S. 55), Dariès — $150 \frac{\text{литр.}}{\text{сутки}} = \text{ок. } 12 \frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$ (Calcul

des cond. d'eau, p. 147), Lueger — $100 \div 120 \frac{\text{литр.}}{\text{сутки}} = 8 \div 9 \frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$ (Die Wasserversorgung der Städte,

1895, S. 609), Frühling — $55 \div 135 \frac{\text{литр.}}{\text{сутки}} = 4\frac{1}{2} \div 11 \frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$ и, какъ среднее, $95 \frac{\text{литр.}}{\text{сутки}} = 7\frac{3}{4} \frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$

(Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III Bd., 1 Abt., 2 Hälfte, IV Kapitel, 1893, S. 72), Kresnik —
 $100 \div 150 \frac{\text{литр.}}{\text{сутки}} = 8 \div 12 \frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$ (Oesterreichischer Ingenieur- und Architekten-Kalender, I Theil,

1899, S. 231), Mazzocchi — $150 \frac{\text{литр.}}{\text{сутки}} = 12 \frac{\text{ведр.}}{\text{сутки}}$ (Memoriale tecnico, Milano, 1899, S. 340).

*** Н. К. Чижевъ. Водостоки, 1895. Вып. I, Стр. 17.

**** Литогр. записки, Стр. 41.

*****) Большинство французскихъ инженеровъ разсчитываютъ сѣть трубъ на четверной противъ средняго расходъ воды (Dariès. Calc. des cond. d'eau, p. 149); Rheinhard (Kalend. für. Str.—u. Was.—bau Jng., 1900, Abt. I, S. 55) даетъ правило (по нѣмецкимъ источникамъ) считать на тройной расходъ; Otto Lueger (Die Wasserversorgung der Städte, 1895, S. 609) принимаетъ наибольшій (онъ же — расчетный) расходъ равнымъ $1,5 \times 1,5 = 2,25$ раза болѣе средняго; по Deutscher Bankalender, 1899 (Theil I, S. 48) наибольшій расходъ въ часъ можетъ въ пять разъ превзойти средний; проф. Максименко (Курсъ гидравлики, 1891, стр. 348) ведетъ расчетъ на двойной средний расходъ въ часъ; по Бихеле (Спр. кн., 1898, Отд. VIII, стр. 11) наибольшій часовой разборъ воды въ $1\frac{1}{2} \div 2\frac{1}{4}$ раза, по Frühling'у (Handb. d. Jng.-wissensch., III Bd., 1 Abt, IV Kap., S. 80) въ 2,4 раза, по Oesterr. Jng.-u. Arch.-Kalender, 1899, S. 237) въ $2\frac{1}{4}$ раза болѣе нормальнаго.

Для городовъ съ насел. до 50,000 жит.	по $\frac{2}{5}$ ведра въ часть на человѣка.
" " " " отъ 50,000 до 100 000 жит.	" $\frac{1}{2}$ " " " " "
" " " " " 100,000 до 200,000 "	" $\frac{3}{4}$ " " " " "
" " " " " свыше 200,000 "	" 1 " " " " "
	и болѣе.

Въ принятую выше цифру средняго расхода, кромѣ воды, потребляемой домашними хозяйствомъ жителей (питье, варка пищи, мытье, чистка, ват.-клозеты и т. д.), входитъ также и количество ея, уходящее на общественныя нужды, какъ-то: поливку улицъ и площадей, промывку водостоконъ и проч., но не введена вода, питающая фонтаны (въ частности—каскады, водометы), и вода, расходующая различными промышленными, торговыми и фабричными заведениями, входящими въ районъ водоснабженія.

Фонтаны, каскады и прочіе искусственные водяные эффекты, вообще говоря, поглощаютъ громадное количество воды и тѣмъ сильно удорожаютъ стоимость всей системы водоснабженія, почему, при ограниченности въ средствахъ, число ихъ желательно, по возможности, сокращать. Надо впрочемъ оговориться, что всѣ эти сооруженія дѣйствуютъ обыкновенно не круглый годъ, да и въ періодъ дѣйствія часто не каждый день и не полныя сутки; поэтому возрастаетъ собственно лишь стоимость съѣти трубъ да отчасти резервуара; сила же машинъ мало мѣняется. При расчетѣ потребления воды фонтанами, слѣдуетъ принимать во вниманіе, что большіе фонтаны расходуютъ 20.000 $\frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$ и болѣе, фонтаны средней величины около 10.000 $\frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$ и малые 5.000 $\frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$

и менѣе *) и что, при устройствѣ фонтановъ для освѣженія воздуха, на городъ съ населеніемъ до 40.000 жителей, по Бюркли, можно считать 1 средний и 4 малыхъ фонтана, расходующихъ въ часъ до 30.000 ведеръ воды.

На тушеніе пожаровъ особаго количества воды (для расчета машинъ) не считается, такъ какъ при относительной ихъ кратковременности снабженіе водой гарантируется объемомъ водонапорнаго резервуара; при существованіи же въ городѣ фонтановъ, они останавливаются лѣтомъ (въ періодъ наибольшаго расхода воды) на время значительныхъ пожаровъ. Для полученія воды въ случаѣ пожара служатъ *пожарныя краны*, располагаемые на улицахъ вдоль всѣхъ линій трубъ черезъ каждыя 60 ÷ 80, а при возможности даже черезъ каждыя 40 ÷ 50 сажень.

Каждый пожарный кранъ расходуетъ отъ 1500 до 3000 $\frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$ (въ часы дѣйствія) — вообще

около 2000 $\frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$, при обыкновенномъ его устройствѣ. Но существуютъ краны хорошаго устрой-

ства, которые при достаточномъ напорѣ выбрасываютъ 5000 и 6000 $\frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$ **) Пожарные краны служатъ и поливными для поливки улицъ.

Въ послѣднее время преимущественно въ С.-Америк. Соед. Штатахъ, водопроводы устраниваются часто *противопожарными*, т. е. съ такимъ напоромъ, чтобы при навивчиваніи рукава на пожарный кранъ возможно было прямо тушить огонь, безъ посредства пожарныхъ насосовъ. Для того чтобы струя могла съ достаточной силой пронизывать горящую массу, необходимо, чтобы она была, при выходѣ изъ наконечника, по вертикальному направленію на высоту 12 саж., а для этого необходимо, чтобы напоръ ея передъ выходомъ былъ около 1-4 саж.; прибавляя по-

*) Нѣсколько примѣровъ потребления воды фонтанами въ $\frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$ (въ кругл. числахъ):	
Римъ—Piazza S. Pietro (въ Montorio)	100.000
Парижъ—Place du Trocadéro	70.000
Вѣна Schwarzenberg. Brunnen	44.000
Штутгартъ—Schlossgarten (gross. Beck).	30.000
Дрезденъ—Zwingerteich	16.500
Парижъ—Place de la Concorde	15.000
Штутгартъ—Schlossplatz (каждый)	11.000
Парижъ—Gr. bassin des Tuileries (водометъ)	7.500
Парижъ—Rond point des Champs Elysées (каждый)	по 7.000
Парижъ—Palais Royal	
Дрезденъ—Alberts platz (каждый)	5.000
Парижъ—Parc de Montsouris (каскады)	4.500
Парижъ—Place Richelieu	2.500
Римъ—Piazza del Popolo, font. del Nettuno	2.500
Карлсруэ—(Баденъ)—Schlossgarten (водопадъ)	1 800
Карлсруэ—(Баденъ)—Vordere Schlosshof (каждый)	1.500
Парижъ—Place St. George	700
Карлсруэ (Баденъ)—Schlossgarten, передъ памятникомъ Hebel'ю	300
Московскіе фонтаны въ средн.	1.400

**) Для успѣшной борьбы съ большимъ пожаромъ необходимо имѣть около 600 вед. воды въ минуту (ок. 36000 вед. въ часъ), чѣмъ определяется число нужныхъ для тушенія крановъ.

теру напора при движеніи воды по рукаву діаметромъ въ $2\frac{1}{2}$ дюйма и длиною 30 саж., составляющую $7\frac{1}{2}$ саж., затѣмъ, высоту 5-ти этажнаго дома, равную 11 саж., и, наконецъ, глубину укладки водопроводныхъ трубъ подъ поверхностью улицы, принявъ ее въ 1 саж., найдемъ, что свободный напоръ у основанія пожарнаго крана долженъ быть равнымъ: $14 + 7\frac{1}{2} + 11 + 1 = 33\frac{1}{2}$ саж. = ок. 7 атмосферъ.

Въ обыкновенныхъ же водопроводахъ, не приспособленныхъ къ тушенію пожаровъ непосредственно изъ пожарныхъ крановъ, свободный напоръ значительно меньше: онъ опредѣляется тѣмъ условіемъ, чтобы и во время пожаровъ вода могла не только подниматься по домовымъ трубамъ въ верхніе этажи самыхъ высокихъ домовъ, сосѣднихъ съ пожаромъ, но и вытекать съ нѣкоторою скоростью, и слѣд. зависить отъ высоты домовъ въ каждой части города; для центральныхъ частей города напоръ долженъ быть не менѣе 3 атмосферъ ($14\frac{1}{2}$ саж.), а для окраинъ въ два раза меньше.

Что касается до потребностей промышленныхъ заведеній, фабрикъ, заводовъ, рынковъ, большихъ желѣзнодорожныхъ станцій и т. п., то онѣ должны быть подсчитаны отдѣльно, какъ не зависяція отъ числа жителей города. Указать точныя нормы для такого подсчета трудно, ввиду того, что расходъ на нужды промышленности зависить не только отъ рода и качества продукта, но также отъ размѣровъ ежегодной выдѣлки или годового торговаго оборота и отъ принятыхъ способовъ фабрикаціи; опредѣленіе этой потребности должно основываться на соотвѣствующихъ статистическихъ данныхъ. (Желательно, чтобы учрежденія, расходующія весьма большія количества воды, имѣли свои спеціальныя водопроводныя системы, а не заставляли всю требуемую ими воду прогонять черезъ сѣть городскихъ трубъ, сильно удорожая послѣднюю; въ такомъ случаѣ, городской водопроводъ рассчитывается лишь по числу людей, занятыхъ въ промышленныхъ учрежденіяхъ, въ указанныхъ выше общихъ нормахъ). Среднія употребляемыя практикою нормы для нѣкоторыхъ заводовъ и фабрикъ приведены въ таблицѣ № 1. Таблица эта содержитъ въ себѣ нормы расхода воды на различныя потребности, выработанныя Обществомъ Германскихъ газо- и водо-проводчиковъ и дополненные данными по другимъ источникамъ, и можетъ служить для болѣе подробнаго исчисленія потребленія городовъ воды. *)

Въ общемъ, для весьма промышленнаго города нормы среднего и наибольшаго часового расхода могутъ возрасти — первая до $\frac{3}{4}$ и вторая до $1\frac{1}{2} \div 2 \frac{\text{вед.}}{\text{часъ}}$ на жителя. **)

Такимъ образомъ, *общій расходъ воды* получится умноженіемъ числа жителей города (или снабжаемаго водой района) на принятые коэффиціенты для среднего и наибольшаго часового потребленія. При расчетѣ числа жителей слѣдуетъ принимать во вниманіе вѣроятный приростъ населенія за нѣсколько лѣтъ впередъ (лѣтъ за 10 ÷ 15), по даннымъ статистики города. Вообще, можно принимать ежегодный приростъ населенія русскихъ городовъ въ 2,5%, причемъ, взявъ во вниманіе при расчетѣ водопровода приростъ за 10 ÷ 15 лѣтъ, придется общую потребность воды, вычисленную по указаннымъ выше нормамъ, увеличить на $28 \div 45\%$.

Расчетъ водопроводной сѣти трубъ.

Приступая къ расчету сѣти трубъ, слѣдуетъ имѣющійся планъ города разбить на отдѣльные участки, возможно меньшіе, и по соображенію съ населеніемъ всего города назначить число жителей въ каждомъ изъ нихъ. Исходя изъ этихъ чиселъ и пользуясь принятымъ коэффиціентомъ для наибольшаго часового расхода (напр., $1 \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$) на человѣка, легко опредѣлить потребный наибольшій объемъ водоснабженія для каждого пункта плана, на которомъ и слѣдуетъ сдѣлать соотвѣствующія помѣтки. Одновременно съ этимъ надо выбрать и обозначить мѣста фонтановъ съ указаніемъ идущей на ихъ питаніе воды, намѣтить пожарные краны, а также надписать потребленіе воды всѣми промышленными и торговыми заведеніями, получающими воду для своихъ специальныхъ цѣлей отъ городского водопровода.

*) Вообще, расходъ воды современнаго города распределяется такимъ образомъ:

для хозяйственныхъ потребностей жителей	$40 \div 50\%$	} всего расхода.
для промышленныхъ цѣлей	$10 \div 30\%$	
для поливки улицъ и промывки волостоковъ	$20 \div 25\%$	
для питанія фонтановъ и тушенія пожаровъ	$10 \div 15\%$	

(Мальцевъ. Справочная книга, часть I, 1890, стр. 370).

**) Для соображеній о колебаніяхъ въ расходѣ воды городовъ къ статьѣ приложена таблица № 5.

Имѣя такимъ образомъ подготовленный планъ съ обозначенными всюду расходами воды, слѣдуетъ выбрать мѣсто водонапорной башни, возможно ближе къ центру района наибольшаго потребленія, въ частныхъ случаяхъ—мѣста запасныхъ резервуаровъ, и затѣмъ намѣтить последовательно всю сѣть трубъ, располагая магистрали возможно сомкнутой фигурой на возвышенныхъ мѣстахъ большого потребленія (наиболѣе густонаселенныхъ, промышленныхъ районахъ и т. п.) и постепенно ихъ развѣтвляя до послѣднихъ «уличныхъ трубъ», при постоянномъ наблюдении за тѣмъ, чтобы по возможности всякій пунктъ могъ питаться водой съ двухъ сторонъ. При расположеніи башни и начертаніи сѣти слѣдуетъ руководствоваться приведенными выше общими о томъ соображеніями.

Когда нанесеніе трубъ такимъ образомъ закончено, слѣдуетъ перейти къ выбору діаметровъ всѣхъ входящихъ въ сѣть вѣтвей, для чего производится расчетъ сѣти. Вообще, расчетъ сѣти трубъ имѣетъ цѣлью повѣрить, соответствуетъ ли высота водонапорной башни (точнѣе—высота уровня воды въ ея резервуарѣ), или, такъ называемый, напоръ, выбраннымъ діаметрамъ всѣхъ трубъ въ совокупности, т. е. достаточенъ ли этотъ напоръ для преодоленія, текущей по трубамъ въ часъ наибольшаго разбора водой, встрѣчаемыхъ сопротивленій. При такомъ расчетѣ до сихъ поръ проектирующему предоставляется нѣкоторый произволъ либо въ выборѣ высоты напора, либо въ назначеніи діаметровъ трубъ. Приходится чѣмъ-либо задаваться отъ себя. Обыкновенно, или исходя изъ того соображенія, чтобы израсходовать высоту напора (если есть основанія для приблизительнаго выбора высоты башни) возможно равномернѣе по длинѣ трубъ, задаваясь потерей высоты напора въ предѣлахъ отъ 0,001 до 0,01 длины соответствующихъ вѣтвей, или же стремятся выдержать скорость теченія воды приблизительно одинаковою для всѣхъ участковъ и равною $2 \div 3 \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}}$. (Вообще, обыкновенная скорость теченія воды въ водо-

проводныхъ трубахъ заключается въ границахъ $1\frac{1}{2}$ и $4\frac{1}{2} \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}}$ *). Въ большинствѣ же случаевъ, ведутъ расчетъ сѣти, придерживаясь, сколько возможно, обоихъ принциповъ сразу и дѣлая различные варианты. Единственнымъ критеріемъ для сужденія о преимуществахъ одного варианта передъ другимъ служить стоимость сооруженія, которая должна быть наименьшею **). Такъ какъ стоимость P водопроводныхъ трубъ, съ укладкой ихъ въ землю, соединеніемъ стыковъ и прочими работами, выражается приближенной формулой: $P = k \cdot d \cdot L$, гдѣ L —длина трубы, d —ея діаметръ, а k —постоянный коэффициентъ ***), то надо стараться, чтобы ΣdL для всей сѣти была наименьшей, что и служитъ для предварительнаго выбора діаметровъ.

Въ *приложеніи № 1*, изъ условія наименьшей стоимости сооруженія и эксплуатаціи водопровода, выведена, при выборѣ нѣкоторыхъ частныхъ условий, наиболѣе выгодная средняя расчетная скорость для трубъ сѣти въ $2,3 \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}}$ и для напорной и всасывающей трубъ въ $2,4 \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}}$.

При веденіи расчета необходимо обращать вниманіе на то, съ какимъ остаточнымъ напоромъ доставляется вода къ пунктамъ потребленія; при этомъ надо имѣть ввиду слѣдующее:

*) По Тиме (Гидравлика, томъ I, стр. 174) нормальныя скорости теченія равны:

$$\begin{aligned} \text{для трубъ діаметра } d = 4 \div 8 \text{ дюйм. скорость } v &= 1 \div 2 \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}} \\ d = 8 \div 19 \text{ дюйм. } & \dots v = 1,3 \div 1,6 \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}} \\ d = 19 \text{ дюйм. и выше } & \dots v = 1,6 \div 3,3 \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}} \end{aligned}$$

**) Собственно, при расчетѣ сѣти, ввиду произвольности нѣкоторыхъ элементовъ расчета, слѣдовало бы исходить изъ условія наименьшей стоимости; однако, до сихъ поръ такая постановка вопроса мало разработана. Предлагаемая нѣкоторыми нѣмецкими авторами (Forschheimer, Mehnke, Willner, Smreker...), по почину Дюпона и Бреса, весьма сложныя формулы, опредѣляющія при данномъ начертаніи сѣти наиболѣе выгодные діаметры, въ смыслѣ наименьшей затраты на трубы и машины, и внесенныя въ русскую литературу профессорами Евневичемъ, Максименко и Чижовымъ, пока едва ли оправдываютъ свое примѣненіе, такъ какъ два основныхъ элемента, весьма существенно влияющихъ на стоимость—начертаніе сѣти и направленіе теченія воды по отдѣльнымъ вѣтвямъ—подвергаются при этомъ произвольному выбору. Конечно, впрочемъ, вопросъ этотъ весьма серьезенъ и удачное его рѣшеніе составляетъ сущность будущаго развитія теоріи водопроводнаго дѣла. (Примѣненіе указанныхъ методовъ см. въ *приложеніи № 1*).

***). Приблизительно, при нашихъ цѣнахъ $k = 4$ руб. (для d въ дюймахъ и L въ саженьяхъ), считая стоимость трубъ вѣстѣ съ ихъ доставкой, укладкой, земляными работами и перемосткой мостовой вдоль линий укладки (см. въ отдѣлѣ стоимости).

1) Напоръ на концахъ уличныхъ разборныхъ вѣтвей долженъ быть достаточенъ для того, чтобы поднять до самыхъ верхнихъ этажей, приходящейся на ихъ долю, объемъ воды съ остаткомъ напора въ $1\frac{1}{2} \div 1$ саж., дѣйствующимъ непосредственно на разборный кранъ и гарантирующимъ хорошую его работу. Для современныхъ городовъ это приводитъ къ желанію имѣть на концахъ уличныхъ вѣтвей напоръ въ $10 \div 15 \div 20$ саж. (приблизительно — $2 \div 3 \div 4$ атм.), причемъ большія числа относятся къ центральнымъ районамъ съ болѣе высокими постройками, меньшія же къ окраинамъ.

2) Напоръ на концахъ отвѣтвленій (обыкновенно, съ діаметр. $d=2$ дюйм.) къ пожарнымъ кранамъ (см. выше), если для тушенія пожаровъ пользуются специальными помпами, достаточенъ въ $8 \div 10$ саж. надъ уровнемъ земли (надо при этомъ заботиться, чтобы дѣйствіе пожарныхъ крановъ не приостановило доставку воды въ верхніе этажи прилегающихъ домовъ). Если же пожарный кранъ долженъ самъ, безъ посредства насосовъ, давать струю достаточно сильную для тушенія пожара, то напоръ на концѣ его отвѣтвленія долженъ достигать 30 и болѣе саж. (6 атм. и выше).

3) Напоръ на концахъ отвѣтвленій для фонтановъ долженъ соразмѣряться съ требуемой высотой ихъ дѣйствительнаго дѣйствія. Связь эта, въ наиболѣе простомъ видѣ, дана D'Aubuisson'омъ и приближенно можетъ быть въ русскихъ мѣрахъ выражена такъ:

$$h_0 = h (1 - 0,02 h),$$

гдѣ h_0 саж. — дѣйствительная высота фонтана, а h саж. — требующійся напоръ. Въ послѣднее время Lueger, исходя изъ опытовъ (1884 г.), далъ болѣе точную формулу:

$$h_0 = \frac{h}{1 + \alpha h},$$

гдѣ коэффициентъ α зависитъ отъ діаметра δ отверстія насадки на трубу. При этомъ, для h_0 и h , выраженныхъ въ саженахъ, можно принять, что:

при	$\delta =$	$1/2$	$3/4$	1	$1\frac{1}{4}$	дюйм.
	$\alpha =$	0,040	0,022	0,013	0,011	
и	$h_0^{\max} =$	25	50	75	100	саж.

Здѣсь $h_0^{\max}$ выражаетъ наибольшую достижимую при данномъ діаметрѣ насадки высоту фонтана.

Основываясь на всѣхъ высказанныхъ соображеніяхъ, легко получить для каждаго участка сѣти количество воды, доставляемое втеченіе часа къ его концу, такъ наз. расходъ на концѣ, и количество воды, расходуемое по пути — на длинѣ участка. Всѣ расчетныя формулы, однако, включаютъ въ себѣ лишь расходъ на концѣ; поэтому расходъ по пути для каждаго участка долженъ быть замѣненъ эквивалентнымъ, съ расчетной точки зрѣнія, расходомъ на концѣ, который, при неизмѣнномъ діаметрѣ всего участка, можно принимать, вообще, равнымъ 0.55 перваго.

Имѣя, такимъ образомъ, расходъ на концѣ трубы $Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$ и длину участка L саж. можно опре-

дѣлить или потерю напора на участкѣ, — абсолютную H саж. или относительную $J = \frac{H}{L}$ — по его діаметру d дюйм. или обратно, d по H и J .

Для такого расчета существуетъ много различныхъ эмпирическихъ формулъ, приводимыхъ въ приложеніи № 2. Изъ формулъ этихъ выберемъ двѣ: одну — формулу Dupuit, какъ самую удобную и простую по формѣ, хотя и не вполне точную, и другую — формулу Lampe, представляющую, при коэффициентахъ Wehner'a и проф. Чижова, одну изъ наиболѣе точныхъ формулъ, при сохраненіи удобнаго для вычисленій (по логарифмамъ) вида:

А) Формула Dupuit можетъ быть написана въ слѣд. видахъ:

а) Для метрическихъ мѣръ $\left(Q \frac{\text{куб. метр.}}{\text{сек.}}, d \text{ метр. и } v \frac{\text{метр.}}{\text{сек.}} \right)$:

$$J = 0,001542 \frac{v^2}{\partial} = 0,0025 \frac{Q^2}{\partial^5} = \left(\frac{1}{20} \right)^2 \frac{Q^2}{\partial^5};$$

$$\text{и } v = 1,27 \frac{Q}{\partial^2}$$

б) Для русских мѣръ $\left(Q \frac{\text{вед. час.}}{\text{сек.}}, \partial \text{ дюйм. и } v \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}} \right):$

$$J = 0,00564 \frac{v^2}{\partial} = 0,000002776 \frac{Q^2}{\partial^5} = \left(\frac{1}{600} \right)^2 \frac{Q^2}{\partial^5};$$

$$\text{и } v = 0,02212 \frac{Q}{\partial^2} = \frac{1}{45,2} \frac{Q}{\partial^2}.$$

Формула эта не представляет при расчетѣ особенныхъ удобствъ по сравненію съ формулой *Lamre*, такъ какъ также требуетъ примѣненія логарифмовъ, но для общихъ соображеній она много удобнѣе.

Б) Формула *Lamre*, съ коэффициентами *Wehner*'а *) и проф. *Чижова* **) имѣетъ видъ:

$$J = m \frac{v^{1,8}}{\partial^{1,25}},$$

гдѣ коэффициентъ m , въ зависимости отъ состоянія и матеріала стѣнокъ трубъ, равенъ ($m = k \cdot 4^{1,25}$, если k есть коэф., даваемый *Wehner*'омъ для формулы нѣсколько иного вида):

	При метрич. мѣрахъ (v метр. и ∂ метр.):	При русск. мѣрахъ (v фут. и ∂ дюйм.):
Для трубъ:		
соверш. новыхъ, асфальтиров. и чистой воды .	0,00075	0,0087
чугун., нѣск. худшаго сост., или мутной воды .	0,00085	0,01
чугун. съ осадками (инкрустированныхъ) . . .	0,0010—0,0011	0,0116—0,0128
очень старыхъ плохихъ	0,0017	0,02
водосточныхъ керамиковыхъ	0,001	0,012
Для водосточныхъ каналовъ	0,0011—0,0022	0,013—0,025
Для большихъ каналовъ и рѣкъ	0,0022—0,0055	0,025—0,065

Принимая наиболѣе подходящимъ для расчета городской водопроводной сѣти значеніе $m = 0,00102$, при метр. мѣрѣ (соответствующее *Wehner*'овскому $k = 0,00018$ ***), получимъ расчетную формулу *Lamre* ввидѣ:

а) Для метрическихъ мѣръ $\left(Q \frac{\text{куб. метр.}}{\text{сек.}}, \partial \text{ метр. и } v \frac{\text{метр.}}{\text{сек.}} \right):$

$$J = 0,00102 \frac{v^{1,8}}{\partial^{1,25}} = 0,00158 \frac{Q^{1,8}}{\partial^{4,85}}$$

$$\text{и } v = 1,27 \frac{Q}{\partial^2}.$$

*) *Wehner*. „Ein Beitrag zur Berechnung des Rohrwiderstandes in der Praxis“. Ges.-Jng., 1897, № 17.

**) Проф. *Чижовъ*. „Механическій способъ вычисленія потери напора“. Строитель, 1897, № 21—22.

***) См. А. Саткевичъ. Отвѣтъ на критич. замѣчанія Проф. *Чижова* по поводу статьи: „Расчетъ водопр. сѣти трубъ при помощи логар.—графич. таблицы“. Строитель 1899, № 11—12.

и б) Для русских мѣръ $\left(Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}, \partial \text{ дюйм. и } v \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}} \right)$:

$$J = 0,0118 \frac{v^{1,8}}{\partial^{1,25}} = 0,0000121 \frac{Q^{1,8}}{\partial^{4,85}}$$

$$\text{и } v = 0,02212 \frac{Q}{\partial^2} = \frac{1}{45,2} \frac{Q}{\partial^2}.$$

Чтобы облегчить веденіе расчета, свѣдя его до возможнаго минимума, составлена мной по этой формулѣ, полученной изъ формулы Лампре, прилагаемая къ руководству таблица № 6 для вычисленія относительной потери напора $J = \frac{H}{L}$ по расходу воды $Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$ и внутр. діаметру трубы ∂ дюйм. (и для обратнаго нахожденія ∂ по J и Q).

Таблица № 7 даетъ зависимость скорости $v \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}}$ отъ Q и ∂ и рѣшаетъ вопросъ при данной v .

Иногда необходимо произвести повѣрку способности весьма стараго водопровода, трубы котораго находятся въ гораздо худшемъ состояніи. При этомъ, въ формулѣ Лампре долженъ быть лишь измѣненъ коэффициентъ; того-же самаго можно достигнуть надлежащимъ измѣненіемъ J или L (смотря потому, съ чего начинается расчетъ), и именно, какъ видно изъ сравненія коэффициентовъ m , увеличеніемъ того или другаго на 10—70%, т. е. процентовъ на 50 при плохихъ трубахъ; легко опредѣлить прибавку или скидку и для другихъ случаевъ, для которыхъ даны значенія коэффициентовъ m .

Для ускоренія и упрощенія формальной стороны работы полезно примѣнять заранѣе приготовленный бланкъ. Для этой цѣли я могу предложить составленную мной прилагаемую его форму, отличающуюся отъ общепринятыхъ тѣмъ, что на правой сторонѣ листа расчерчены графы для различныхъ діаметровъ трубъ. Въ графы эти для каждаго расчитываемаго участка (горизонтальная строка) выписывается, по вычисленіи, длина трубы соответствующаго діаметра. Послѣ заполненія бланка подводятся итоги по каждому изъ діаметровъ, почему, вмѣстѣ съ расчетомъ, получается сразу же и весь заказъ трубъ для сѣти. Сумма итоговъ длинъ всѣхъ трубъ должна соответствовать итогу графы лѣвой стороны „длина (участка сѣти)“, что служить повѣркой того, все ли выписано и сосчитано. Последняя графа правой стороны бланка заключаетъ въ себѣ всѣ добавочныя части и водопроводныя принадлежности для сѣти трубъ. Однимъ словомъ, бланкъ этотъ весьма просто сочетаетъ въ себѣ расчетъ трубъ сѣти съ данными для ея смѣты.

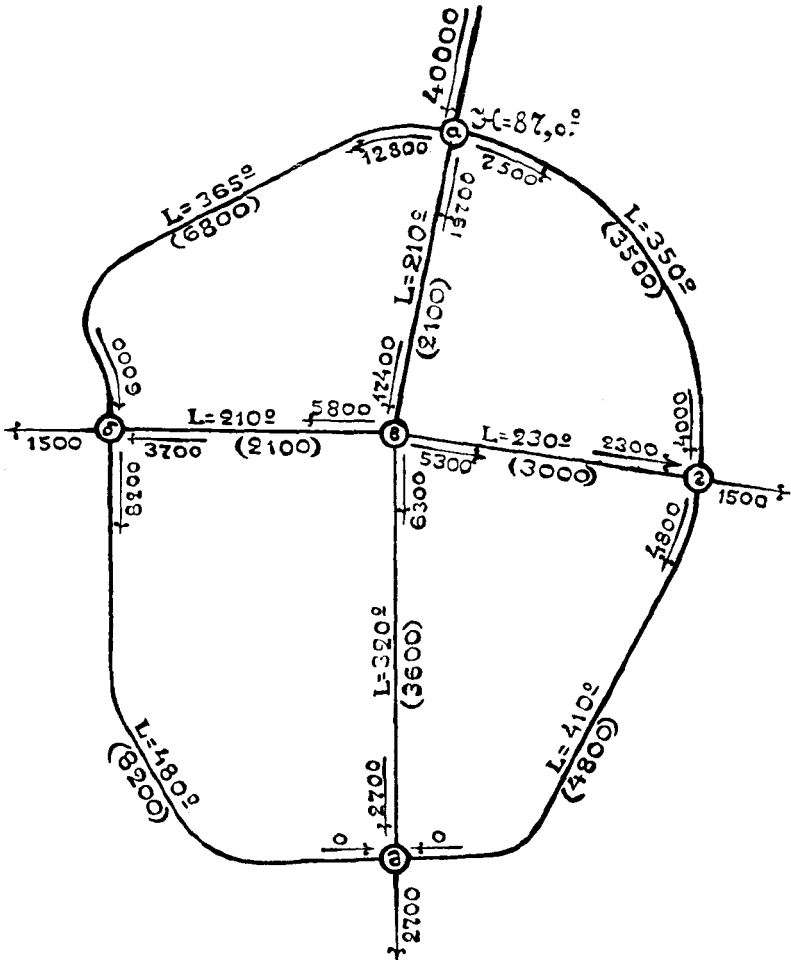
Для поясненія правилъ пользованія таблицей и бланкомъ, привожу здѣсь примѣрный расчетъ сѣти магистральныхъ трубъ, показанной на прилагаемой схемѣ. Сѣть эта соединяетъ 5 главныхъ точекъ, обозначенныхъ буквами *a, б, в, г* и *д*, восемью магистральными участками. Всѣ цифры заданія прописаны на схемѣ; въ скобкахъ поставленъ расходъ воды по длинѣ трубъ (по пути), принимаемый за равномерно распределенный для каждаго участка сѣти. Направленіе теченія воды показано стрѣлками.

Цифры самаго расчета вписаны въ приложенный бланкъ и по нимъ безъ труда можно прослѣдить весь ходъ этого расчета.

Последняя графа бланка, заключающая въ себѣ перечисленіе „соединительныхъ частей для трубъ и различныхъ водопроводныхъ принадлежностей“, не заполнена, такъ какъ для этой цѣли надо имѣть на чертежѣ всѣ отвѣтвленія отъ магистралей, но заполненіе ея не представляетъ особыхъ трудностей. При заполненіи ея надо имѣть въвиду, что въ водоводную сѣть входятъ слѣд. краны: *створные*—при началѣ каждаго отвѣтвленія; *спускные сточные*— между каждыми двумя створными и на нисходящихъ углахъ; *водомѣрные*— при началѣ каждаго домового рукава; *воздушные* или *душники*— при восходящихъ углахъ водовода (на случай необходимости выпуска воздуха) и *поливные* (они же *пожарные*) для поливки улицъ.

По окончаніи расчета сѣти трубъ полезно, для наглядности, вычертить *кривыя давленій въ сѣти* по направленіямъ главныхъ магистралей. Съ этою цѣлью, составляютъ по выбраннымъ направленіямъ профили мѣстности, обозначаютъ положеніе трубъ, откладываютъ отъ различныхъ

точекъ трубъ по вертикальнымъ линиямъ высоты потребныхъ въ нихъ напоровъ и, соединяя сплошной линіей верхнія точки отложенныхъ высотъ, получаютъ *кривую требуемыхъ напоровъ* для каждаго направленія; съ другой стороны, проводя горизонтальную прямую на высотѣ уровня воды въ напорномъ резервуарѣ (или соответствующую напору, производимому насосами, — при



непосредственномъ нагнетаніи воды въ сѣтъ) и откладывая отъ нея по вертикальной линіи внизъ, для каждой точки плана сѣти, сумму потерянныхъ до этой точки напоровъ, получаютъ, послѣ соединенія сплошной линіей нижнихъ концовъ откладываемыхъ длинъ, для каждаго направленія *кривую действительныхъ давленій или напоровъ въ трубахъ*. Очевидно, что для обезпеченія работы водопровода необходимо, чтобы кривая действительныхъ напоровъ лежала выше кривой требуемыхъ напоровъ, нигдѣ ея не пересѣкая.

Относительно самаго расчета потери напора въ трубахъ, надо прибавить еще слѣдующее: при расчетѣ напора пренебрегаютъ мѣстными сопротивленіями въ трубахъ, отъ суженій, поворотовъ и т. п., а также потерей напора на образованіе скорости въ начальномъ участкѣ, ввиду незначительности такихъ потерь, по сравненію съ потерей напора на внутреннее треніе жидкости въ трубахъ, и вслѣдствіе того, что новѣйшія расчетныя формулы, основанныя на опытахъ съ действительными водопроводами, уже заключаютъ въ себѣ нормальныя величины этихъ добавочныхъ напоровъ. Однако, могутъ встрѣчаться случаи, гдѣ такое пренебреженіе уже отзывается на результатѣ: подобные случаи имѣютъ мѣсто, главнымъ образомъ, при расчетѣ трубъ малой длины, напр., трубъ соединяющихъ между собой резервуары. Для принятія во вниманіе сопротивле-

ній при входѣ воды въ трубу изъ резервуара, считая въ томъ числѣ и напоръ на образование скорости, достаточно дѣйствительную длину трубы увеличить при расцѣтѣ на 45 діаметровъ ея, въ случаѣ устройства запорнаго шлюза, и на 34 діаметра при отсутствіи запора. (При выраженіи длины трубъ въ саженихъ, а діаметровъ въ дюймахъ, надо числа 45 и 34 замѣнить числами 0,54 и 0,40; такъ, при діам. въ 12 дюйм. и устройствѣ запора увеличеніе длины равно $0,54 \times 12 = 6,5$ саж.).

Иногда при сооружеініи системъ водоснабженія приходится подводить воду къ центральнымъ водосборнымъ бассейнамъ изъ-за значительнаго разстоянія; при этомъ, ради дешевизны, чугунныя трубы замѣняются обыкновенно керамиковыми трубами, а при большихъ количествахъ воды закрытыми каналами овоидальной (яйцевидной) или иной формы, работающими неполнымъ сѣченіемъ, и даже каналами открытыми. При примѣненіи керамиковыхъ трубъ, проводящихъ воду всѣмъ сѣченіемъ, коэффициентъ въ формулѣ Лампе остается тѣмъ же самымъ и расцѣтъ этихъ трубъ можетъ производиться при посредствѣ тѣхъ же таблицъ №№ 6 и 7. Что же касается каналовъ, работающих не всѣмъ сѣченіемъ, то для нихъ приведенная выше зависимость J отъ Q , а слѣд., и обѣ таблицы № 6 и № 7 становятся не примѣнимыми. Однако, для случаевъ этихъ остается справедливой основная формула Лампе:

$$J = m \frac{v^{1,8}}{d^{1,25}},$$

при условіи замѣны діаметра d учетверенной средней гидравлической глубиной R . Здѣсь подъ гидр. глубиной R разумѣется отношеніе площади живого сѣченія F потока (поперечное его сѣченіе) къ смачиваемому периметру канала P . И такъ, въ указанную формулу для J придется вмѣсто d поставить $4R = 4 \frac{F}{P}$. Значенія коэффициента m приведены выше; такъ, для каналовъ кирпичныхъ можно m считать равнымъ 0,015.

Относительно вида поперечной профили кирпичныхъ каналовъ, слѣдуетъ замѣтить, что наиболѣе распространена форма овоидальная (яйцевидная); форма эта обыкновенно вычерчивается двумя взаимно касающимися кругами: верхнимъ—большимъ, радіуса r , и нижнимъ—меньшимъ, радіуса $\frac{r}{2}$, сопряженными по сторонамъ дугами радіуса $3r$. При этомъ, вычисленіе показываетъ, что:

1) при работѣ канала полнымъ сѣченіемъ:

$$\text{жив. сѣч. } F = 4,59 r^2, \text{ смач. пер. } P = 7,92 r \text{ и } 4R = 2,32 r;$$

и 2) при заполненіи сѣченія потокомъ лишь до высоты центра верхняго круга (на $\frac{2}{3}$ высоты канала, что чаще всего и принимается при расцѣтѣ:

$$\text{жив. сѣч. } F = 3,02 r^2, \text{ смач. пер. } P = 4,78 r \text{ и } 4R = 2,52 r.$$

Для иллюстраціи расцѣта въ подобныхъ случаяхъ, приведемъ примѣръ *):

Положимъ, имѣется кирпичный овоидальный каналъ высотой въ 3 фута, т. е. съ радіусомъ верхняго свода $r = 1$ футу = 12 дюйм. Уклонъ его $J = 0,0013$; требуется опредѣлить часовой расходъ воды въ немъ, при условіи заполненія его потокомъ до $\frac{2}{3}$ высоты.

Находимъ: $4R = 2,52 \cdot 12 = \approx 30$ дюймамъ;

$$J = 0,015 \frac{v^{1,8}}{(4R)^{1,25}}, \text{ т. е. } v = \sqrt[1,8]{\frac{J \cdot (4R)^{1,25}}{0,015}}, \text{ т. е.}$$

$$v = \sqrt[1,8]{\frac{0,0013 \cdot (30)^{1,25}}{0,015}} = 2,73 \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}}$$

$$\text{и расходъ воды } Q \frac{\text{куб. фут.}}{\text{сек.}} = \text{жив. сѣч. } F \text{ кв. футъ} \times v \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}} = 3,02 r^2 \times v = (\text{см. стр. 22}).$$

*) Примѣръ взятъ изъ статьи Проф. Н. Чижова въ «Строителѣ» 1897 г. № 21—22.

РАС ЧЕТЪ
СЪТИ ТРУБЪ

[illegible]

$$(\text{см. стр. 19}). = 3,02r^2 \times 2,73 = 8,24 \frac{\text{куб. фут.}}{\text{сек.}},$$

$$\text{или } Q = 8,24 \times 8288,1^*) = 68300 \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$$

Определение основных размѣровъ водоподъемныхъ машинъ.

Расчетъ основныхъ размѣровъ поршневого насоса, его характеризующихъ, заключается въ опредѣленіи діаметра его поршня и силы машины. Выведемъ основныя формулы для такого расчета.

1) *Определение діаметра d поршня насоса* (въ дюймахъ) по количеству поднимаемой имъ воды $Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$ и скорости хода поршня $v \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}}$ (или по длинѣ хода поршня l дюйм. и числу n ходовъ—двойныхъ—или оборотовъ въ минуту).

$$\text{Площадь поршня: } P = \frac{\Pi d^2}{4} \text{ кв. дюйм.} = \frac{\Pi . d^2}{4.12.12} \text{ кв. фут.}$$

$$\text{Объемъ, проходящий поршнемъ въ часъ: } V = P . v . 60.60 . \frac{k}{2} \text{ куб. фут.,}$$

гдѣ $k = 1$ для насосовъ одиночнаго дѣйствія, т. е. работающихъ одною стороною поршня, и $k = 2$ для насосовъ двойного дѣйствія.

Объемъ воды, поднимаемой въ часъ:

$$Q = \mu . P . v . 60.60 . \frac{k}{2} \text{ куб. фут.} = \mu . P . v . 60.60 . \frac{k}{2} 2,30226 \text{ вед.} = \\ = \frac{60 . 60 . 2,30226}{4 . 12 . 12 . 2} \Pi . k . \mu . v . d^2 \text{ ведеръ,}$$

гдѣ μ — коэффициентъ полезнаго дѣйствія насоса.

Слѣдовательно:

$$d \text{ дюйм.} = \sqrt{\frac{4 . 12 . 12 . 2}{60 . 60 . 2,30226} \cdot \frac{Q}{\Pi k \mu v}} = \sqrt{0,04424 \frac{Q}{k \mu v}}$$

И такъ, основная формула расчета:

$$d \text{ дюйм.} = \sqrt{0,044 \frac{Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}}{k . \mu . v \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}}}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{гдѣ коэффициенты:} \\ k = \begin{cases} = 1 \text{ для насосовъ одиночнаго дѣйствія,} \\ = 2 \text{ для насосовъ двойного дѣйствія.} \end{cases} \\ \text{и } \mu = \begin{cases} = 0,85 \div 0,95 \text{ для насосовъ хорошаго устройства,} \\ = 0,75 \div 0,85 \text{ для насосовъ обыкновен. устройства.} \end{cases} \end{array} \right.$$

Обыкновенно, діаметръ d поршня не выше $5 \div 6$ дюймовъ, а въ сильныхъ насосахъ около 12 и не выше $16 \div 20$ дюймовъ. Скорость v поршня ($v \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}} = \frac{n \text{ обор. въ мин.} \times l \text{ дюйм.}}{360}$) равна:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{для насосовъ хорошаго устройства отъ } \frac{2}{3} \text{ до } 1 \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}} \\ \text{для насосовъ обыкновеннаго устройства отъ } 1 \text{ до } 1\frac{2}{3} \text{ и не выше } 2\frac{1}{2} \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}} \end{array} \right.$$

*) По таблицѣ VIII.

Ходъ поршня l въ ручныхъ насосахъ отъ 6 до 12 дюймовъ, а въ сильныхъ, движимыхъ неодоушвленными двигателями:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{одиночнаго дѣйствія} \left\{ \begin{array}{ll} \text{всасывающихъ отъ } 1\frac{1}{2} \text{ до } 2 & d \\ \text{нагнетающихъ отъ } 2 \text{ до } 4 & d \end{array} \right. \\ \text{двойного дѣйствія} \text{отъ } 1\frac{1}{2} \text{ до } 2\frac{1}{2} & d \end{array} \right.$$

Для быстраго приближеннаго (предварительнаго) подбора діаметра насоса можно руководствоваться слѣд. формулами:

$$\partial \text{ дюйм.} = \frac{1}{3} \sqrt[5]{\left(Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}\right)^2} \dots \text{ для насосовъ одиночнаго дѣйствія,}$$

$$\text{и } \partial \text{ дюйм.} = \frac{1}{4} \sqrt[5]{\left(Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}\right)^2} \dots \text{ для насосовъ двойного дѣйствія.}$$

Вычисленный по этимъ формуламъ діаметръ слѣдуетъ нѣсколько округлять въ сторону увеличенія.

2) *Опредѣленіе силы (работоспособности) машины T по количеству поднимаемой насосомъ воды $Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$ и высотѣ ея поднятія H саж.*

Всѣхъ воды, поднимаемой въ часъ: $W = \frac{3}{4} Q$ пуд., такъ какъ 1 ведро воды вѣситъ 30 фунт. $= \frac{3}{4}$ пуда.

Работа поднятія $Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$ на высоту H саж., равную $7H$ фут.:

$$N_1 = \frac{3}{4} Q \cdot 7 \cdot H \text{ пудофут. въ часъ} = \frac{3.7}{4.60.60} Q H \text{ пудофут. въ сек.,}$$

или въ паровыхъ лошадиныхъ силахъ:

$$N = \frac{3.7}{4.60.60.15} Q H = \frac{97.2}{1.000.000} Q H \text{ лш. силъ.}$$

Индикаторная же работа машины, при коэффициентѣ ея полезнаго дѣйствія η , равна:

$$N \text{ лш. силъ} = \frac{97.2 Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}} H \text{ саж.}}{10^6 \cdot \eta} \left\{ \begin{array}{l} \text{гдѣ коэффициентъ } \eta \text{ равенъ:} \\ \eta = 0.8 \div 0.9 \text{ для насосовъ хорош. устройства,} \\ \eta = 0.65 \div 0.7 \text{ для насосовъ обыкн. устройства.} \end{array} \right.$$

3) *Опредѣленіе размѣровъ всасывающей и нагнетающей трубъ насоса и объема воздушныхъ резервуаровъ (колпаковъ).*

Всасывающая и нагнетающая трубы насоса разсчитываются по скорости v протеканія по нимъ воды, которая должна быть, нормально, около $2 \div 3 \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}}$ и вообще не свѣше $4\frac{1}{2} \frac{\text{фут.}}{\text{сек.}}$.

Зная объемъ воды $Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$, можно по скорости v опредѣлить діаметръ трубы d дюйм. съ помощью таблицы № 7, какъ для трубъ сѣти. Чѣмъ трубы длиннѣе, тѣмъ надо скорость выбирать меньшей. (Вычисленіе невыгоднѣйшей скорости см. въ приложеніи № 1).

Объемы резервуаровъ должны быть равны — на напорной трубѣ отъ 3 до 8 и на всасывающей отъ 5 до 10 объемовъ насоса (точнѣе — объемовъ одного размаха поршня).

Размѣры фильтровъ и общая вмѣстимость входящихъ въ систему водоснабженія резервуаровъ (водоемовъ).

Для проектированія фильтра надо задаться количествомъ воды, профильтровываемымъ въ единицу времени единицей песчанной поверхности фильтра. Вообще, эту данную надежнѣ всего опредѣлять предварительнымъ опытомъ. Однако, при общихъ соображеніяхъ можно принимать, что при полной толщинѣ фильтрующихъ слоевъ отъ $3\frac{1}{2}$ до 6 футъ и при глубинѣ фильтруемой

воды надъ фильтромъ въ $2\frac{1}{2} \div 3\frac{1}{2}$ фут., въ сутки проѣживается на 1 кв. сажени отъ 700 до 1300 ведеръ *) или въ среднемъ 1000 ведеръ. (Скорость протеканія отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ фута въ часть). Тогда, если Q ведеръ есть суточный расходъ воды, то полезная площадь фильтра S должна быть равна: S кв. саж. = $Q/1000$, или иначе равна суточному расходу воды, выраженный въ тысячахъ ведеръ. Эту площадь разбиваютъ на n равныхъ частей, по числу отдѣленій фильтра, и прибавляютъ $1 \div 2$ отдѣленія запасныхъ на случай чистки и починокъ. Очевидно, чѣмъ больше число n , тѣмъ меньше этотъ добавокъ площади фильтра; однако, и чрезмѣрное дробленіе тоже удорожаетъ устройство. Поэтому, берутъ n нѣкоторое среднее: для малыхъ городовъ $3 \div 4$ и для большихъ $6 \div 7$. (Въ Варшавѣ взято сначала 5 отдѣленій, но число ихъ увеличено до 11 и съ запаснымъ до 12; въ С.-Петербургѣ $n = 10 + 1$ запасное).

При заданномъ числѣ отдѣленій фильтра, m —дѣйствующихъ и n —запасныхъ, условіе наименьшей стоимости сооруженія опредѣляетъ наивыгоднѣйшіе размѣры — длину отдѣленій фильтра l и ширину каждаго отдѣленія b . Въ самомъ дѣлѣ, общая длина ограждающихъ отдѣленія стѣнокъ получается въ такомъ случаѣ равной:

$$L = l(m + n + 1) + 2b(m + n),$$

и, стало быть, слѣдуетъ лишь отыскать минимумъ L при томъ условіи, что площадь фильтра задана, т. е. что:

$$mb l = F.$$

Отысканіе это сведется къ опредѣленію значенія l , обращающаго въ нуль производную отъ L по l , т. е.:

$$\frac{dL}{dl} = (m + n + 1) - \frac{2F(m + n)}{ml^2} = 0$$

А слѣдовательно, наивыгоднѣйшая длина—

$$l = \sqrt{\frac{2F}{m} \cdot \frac{m + n}{m + n + 1}}.$$

(Вторая производная отъ L по l покажетъ, что при полученномъ (положительномъ) l стоимость стѣнокъ фильтра выйдетъ наименьшей, а не наибольшей).

Обыкновенно форма бассейновъ фильтра прямоугольная, съ отношеніемъ сторонъ 1:2 или 1:3. При вычисленіи рабочей площади фильтра не слѣдуетъ забывать о площади, отнимаемой столбами сводовъ, располагающимися въ разстояніяхъ отъ $1\frac{1}{2}$ до 2 саж. одинъ отъ другого.

Расчета фильтровъ, работающих подъ напоромъ, иногда соединяемыхъ съ коагуляціей, т.е. съ химической очисткой воды, и примѣняемыхъ въ С.-Амер. Соед. Штатахъ, ввиду нераспространенности ихъ въ Европѣ, здѣсь не будемъ касаться, тѣмъ болѣе потому, что водозимѣненія наиболѣе часто примѣняемой формы фильтровъ относится уже къ вопросу о проектированіи деталей системъ водоснабженія, а не къ общимъ расчетамъ.

Размѣры *отстойныхъ бассейновъ*, въ которые вода попадаетъ передъ поступленіемъ на фильтръ, вычисляются по количеству потребляемой городомъ воды $Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$, по допускаемой скорости

ея перемѣщенія (теченія) v , равной отъ $1\frac{2}{3}$ до $3\frac{1}{3} \frac{\text{саж.}}{\text{час.}}$, по допускаемой глубинѣ стоянія воды (обык., отъ 1 до 2 саж.) и по продолжительности пребыванія воды въ бассейнѣ (отъ 12 до 30 час.). Расчетъ сводится при этомъ къ слѣд. формуламъ:

Общая площадь поперечнаго сѣченія дѣйствующихъ отдѣленій бассейновъ, при непрерывной работѣ бассейновъ:

$$F \text{ кв. саж.} = \frac{0,43436 \cdot Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}}{343 v \frac{\text{саж.}}{\text{час.}}}.$$

(множитель 0,43436 обращаетъ Q изъ ведеръ въ куб. футы, а дѣлитель 343 въ куб. сажени).

*) Отъ 2000 до 3500 литр. на 1 кв. метрѣ въ сутки.

Принимая v равнымъ отъ $1\frac{2}{3}$ до $3\frac{1}{3} \frac{\text{саж.}}{\text{час.}}$, получимъ:

$$F_{\text{кв. саж.}} = (\text{отъ } \frac{3}{4} \text{ до } \frac{3}{8}) \frac{Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}}{1000} = \text{въ среднемъ} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}}{1000} = \frac{1}{2} Q \frac{\text{тыс. вед.}}{\text{час.}}$$

Общая ширина всѣхъ дѣйствующихъ отдѣленій:

$$B \text{ саж.} = \frac{F_{\text{кв. саж.}}}{T \text{ саж.}},$$

гдѣ T —есть принятая средняя глубина воды въ бассейнахъ.

$$\text{При } T = 1\frac{1}{2} \text{ саж.: } B \text{ саж.} = \frac{1}{3} Q \frac{\text{тыс. вед.}}{\text{час.}}$$

Длина всѣхъ отдѣленій L равна:

$$L \text{ саж.} = v \frac{\text{саж.}}{\text{час.}} \cdot t \text{ часовъ},$$

гдѣ t часовъ—продолжительность отстаиванія (отъ 12 до 30 час.).

$$\text{При } v = 1\frac{2}{3} \text{ до } 3\frac{1}{3} \frac{\text{саж.}}{\text{час.}}:$$

$$L \text{ саж.} = (\text{отъ } 1\frac{2}{3} \text{ до } 3\frac{1}{3}) t \text{ час.} = \text{въ среднемъ} = 2\frac{1}{2} \cdot t \text{ часовъ}.$$

При непостоянной работѣ бассейновъ, напр. при работѣ ихъ втеченіе r часовъ въ сутки, формулы расчета поперечнаго сѣченія бассейновъ, содержащія часовой расходъ Q воды городомъ, должны умножаться на отношеніе $\frac{24}{r}$.

По Линдлею, наилучшая длина отдѣленій отъ 38 до 56 саж., ширина каждого отъ $2\frac{1}{2}$ до $4\frac{1}{2}$ саж., глубина воды при входѣ ок. 1 саж., при выходѣ ок. $1\frac{1}{2}$ саж., уклонъ дна—1 вершокъ на 5 саж.

Сборные бассейны, требующіеся ради медленности фильтрованія воды черезъ фильтръ, по площади соразмѣряются съ колебаніями въ потребленіи воды городомъ.

Общая вмѣстимость входящихъ въ систему водоснабженія *напорныхъ и уравнительныхъ резервуаровъ* не должна быть меньше $\frac{1}{3}$ суточного расхода + около 1 милліона ведеръ (для города значительной величины) на случай пожаровъ. Распределеніе этого объема между отдѣльными резервуарами зависитъ отъ мѣстныхъ условій.

Въ случаяхъ устройства резервуаровъ въ землѣ, на возвышенности, вмѣстимость такихъ бассейновъ, ввиду ихъ простоты, дѣлается на полный суточный и даже до трехъ—суточного запаса воды; глубина воды въ нихъ колеблется между $\frac{1}{5}$ и $\frac{1}{10}$ боковой длины при квадратномъ основаніи и между $\frac{1}{5}$ и $\frac{1}{8}$ меньшей стороны при основаніи прямоугольномъ.

Соображенія о стоимости водоснабженія города.

Сужденіе о *стоимости стѣи* водопроводныхъ трубъ можетъ быть составлено на основаніи *таблицъ № 8 и 9*, содержащихъ въ себѣ цѣну 1-й пог. сажени водопроводныхъ трубъ (въ первой таблицѣ—чугунныхъ, соединяемыхъ муфтами, во второй—желѣзныхъ), съ полною укладкою на глубинѣ 1-й саж. подъ поверхностью уличной мостовой. Слѣдуетъ, стало быть, лишь длины всѣхъ трубъ сѣти по діаметрамъ, полученныя въ итогѣ правой стороны расчетнаго бланка, умножить каждую на соотв. ей цѣну, и произведенія сложить. Для еще большаго упрощенія можно принять, что стоимость L пог. саж. трубы діаметра d дюйм. съ укладкою равна: KdL , причѣмъ коэффициентъ K считать постояннымъ для всѣхъ d и равнымъ въ среднемъ (см. таблицу № 8) для чугунныхъ трубъ 4 рублямъ (или, если вычислять цѣну трубъ болѣе 16 дюйм. отдѣльно, то для трубъ діаметра d —отъ 2 до 16 дюйм. $K = 3$ р. 80 к.). Тогда придется длины всѣхъ трубъ въ саженяхъ умножить на соотв. діаметры ихъ въ дюймахъ, результаты сложить и умножить сумму на K .

Къ полученной стоимости трубъ слѣдуетъ прибавить цѣну пожарныхъ крановъ, створныхъ

крановъ и поливныхъ тумбъ, для чего можно руководствоваться приложенными въ самомъ концѣ статьи *средними цѣнами*. При болѣе грубомъ подсчетѣ слѣдуетъ общее число всѣхъ этихъ крановъ и тумбъ умножать на 75 рублей.

Стоимость центральныхъ устройствъ водоснабженія можетъ измѣняться въ весьма широкихъ предѣлахъ, въ зависимости не только отъ размѣровъ но и отъ выбранныхъ системъ и конструкций. Вообще, считая стоимость сѣти трубъ равной отъ $\frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}$ всего устройства водоснабженія, можно къ полученной стоимости сѣти трубъ прибавлять на центральныя устройства отъ 50 до 100%.

Для болѣе детальныя соображеній служить слѣд. данныя:

А) *Стоимость котловъ, машинъ и насосовъ.* *)

Вѣсъ паровой машины, для маш. безъ балансира и махового колеса, $20 \div 25$ пуд. на 1 лощ. силу.

Вѣсъ паровой машины, въ маш. съ махов. колес. типа Вульфа, $30 \div 40$ пуд. на 1 лощ. силу.

Стоимость одного пуда машинъ: большихъ—3 руб., среднихъ—4 руб. и малыхъ—5 руб.

Средняя стоимость машинъ на 1 лощ. силу 120 руб. (30 пуд. по 4 руб.), а считая устройство фундамента и установку машины, $120 \times 1,5 = 180$ рублей.

Стоимость паровыхъ котловъ съ фундаментами, дымовую трубою и установкой (при вѣсѣ металлич. частей на 1 л. силу въ 10 пуд.) по 100 руб. на 1 лощ. силу работы машины. (Стоимость пуда метал. частей котла съ принадлежностями $5 \div 6$ рублей).

Вѣсъ насосныхъ ставовъ на силу $20 \div 50$ пуд. (первая цифра относится къ большимъ, а вторая къ малымъ насосамъ),—среднимъ числомъ $35 \div 40$ пуд.

Средняя стоимость 1 пуда металлич. частей става:

при діам. насосовъ до 12 дюйм. . . 2 р. 50 к. $\div$ 3 р. — к.

” ” ” до 24 ” . . 2 р. — к. $\div$ 2 р. 50 к.

” ” ” до $30 \div 40$ ” . . 1 р. 75 к. $\div$ 2 р. — к.

Средняя стоимость насосныхъ ставовъ на силу: (40 пуд. по 2 р. 50 к.) . . 100 р.

Средній вѣсъ металлич. частей на силу: $30 + 10 + 35 = 75$ пуд.

Средняя стоимость пуда металлич. частей:

$$(120 + 50 + 100) : 75 = 3 \text{ руб. } 60 \text{ к.}$$

Полная стоимость водоподъемнаго устройства на 1 лощ. силу: $180 + 100 + 100 =$ до 400 рублей, включая паропроводныя трубы. Принимая въ соображеніе стоимость строеній, эта цифра возрастетъ, *по меньшей мѣрѣ* до 500 рублей.

Правильнѣе-же подсчитывать строенія для машинъ и котловъ отдѣльно по объему строительныхъ работъ.

По размѣрамъ стронт. работъ должно быть подсчитываемо и устройство всякаго рода резервуаровъ, водоемовъ, а равно и фильтровъ.

Относительно фильтровъ можно замѣтить, что стоимость ихъ (вмѣстѣ съ зданіями для нихъ) выходитъ при большихъ устройствахъ около $140 \div 180$ рублей на каждую квадр. саж. полезной поверхности фильтра (напр., въ С.-Петербургскомъ фильтрѣ—ок. 185 руб., въ Варшавскомъ, по проекту Линдлея,—ок. 140 руб.).

Стоимость водоемовъ въ землѣ, въ зависимости отъ конструкцій, получается отъ 50 до 150 руб. на каждыя 1000 ведеръ вмѣстимости и дороже.

Въ случаяхъ устройства, для проведенія воды, открытыхъ каналовъ или подземныхъ кирпичныхъ галлерей большого діаметра, стоимость ихъ должна быть разсчитываема по количеству и цѣнѣ стронт. работъ.

При всѣхъ расчетахъ стоимость 1 куб. саж. кирпичной кладки на цементномъ растворѣ можетъ быть принимаема въ 110 руб. и стоимость обмазки 1 кв. саж. поверхности цементомъ въ 1 р. 75 коп.

Для большей наглядности относительной стоимости различныхъ частей водопроводныхъ устройствъ къ статьѣ приложены краткія *сметы I, II и III*. Изученіе чиселъ этихъ и другихъ сметъ показываетъ, что стоимость всего устройства водоснабженія выходитъ обыкновенно около 1 рубля 25 коп. на каждое 1 ведро суточной доставки воды водопроводомъ. (См. также *таблицу № IV*).

*) По „Справочной книгѣ“ Тиме, 1899, стр. 206.

Стоимость эксплуатации водопровода при топкѣ котловъ углемъ можно опредѣлить, считая затрату угля въ часъ на 1 инд. лошад. силу работы машинъ: большихъ (свыше 150 силъ) $2\frac{1}{2}$ фунта, среднихъ—3 фунта и малыхъ $4 \div 5$ фунтовъ и стоимость 1 пуда угля (въ С.-Петербурѣ) около $20 \div 22$ коп., что составляетъ расходъ ок. 2 коп. на 1 инд. лош. силу въ часъ. Если къ расходу на топливо прибавить ежегодные проценты и погашенія капитала, затраченнаго на первонач. устройство водопровода, и еще процентовъ 10 отъ того же капитала на содержаніе и ремонтъ сооружений и на управленіе и надзоръ, то полученный результатъ даетъ возможность вывести норму *платы за воду*. Норма эта выходитъ въ различныхъ городахъ разная. Въ С.-Петербурѣ (въ 8 незарѣчн. частяхъ) взимается:

а) съ обыкн. обывательскихъ домовъ (безъ водомѣровъ) по числу кв. саж. жилыхъ помѣщений (не влюч. стѣнъ и лѣстницъ) по 22 коп., если вода проведена въ домъ, и по 17 коп., если вода проведена лишь на дворъ, за кажд. кв. саж. и сверхъ того въ 1 годъ по 2 р. 43 к. за каждую ванну и клозетъ и по 1 р. 22 к. за каждое стойло (при прачешныхъ плата на 10% больше).

б) при отпускѣ черезъ водомѣръ за 100 ведръ—7 коп. (въ Москвѣ за 100 ведръ—12 коп., въ Варшавѣ—11 коп., въ Одессѣ— $17\frac{1}{2}$ коп., въ Харьковѣ—25 коп., въ Ялтѣ—10 к.).

Общій характеръ и стоимость устройствъ для раздачи воды потребителямъ.

Водоснабженіе частныхъ зданій (домовый водопроводъ).

Существуетъ 3 способа *отпуска воды потребителямъ*: 1) *непрерывный, но ограниченный отпускъ*, при которомъ установленный управленіемъ водопроводовъ калиброванный кранъ пропускаетъ къ зданію въ каждую единицу времени лишь опредѣленное количество воды, соразмѣрное среднему ея расходу; 2) *срочный отпускъ*, доставляющій потребителю весь его суточный расходъ втеченіе нѣсколькихъ часовъ и послѣ того останавливаемый, и 3) *способъ неограниченнаго пользованія водою*, расходъ которой зависить отъ воли потребителя. Два первыхъ способа, вообще, неудовлетворительны: при непрерывномъ способѣ скорость притока мала и потому полученіе воды потребителемъ крайне медленно, при срочномъ отпускѣ является необходимость въ резервуарѣ для накопленія и храненія воды. Вообще, при обоихъ этихъ способахъ желательно устройство баковъ, обыкновенно располагаемыхъ на чердакахъ домовъ. Устройство этихъ баковъ и охраненіе ихъ отъ дѣйствія морозовъ сильно повышаетъ стоимость домового водопровода; при срочномъ отпускѣ прибавляется еще стоимость спускной изъ бака трубы (отъ которой отходятъ трубы, разносящія воду по этажамъ), кромѣ трубы напорной отъ уличной вѣтви къ баку. При непрерывномъ ограниченномъ отпускѣ развѣтвленія по этажамъ можно отводить отъ самой этой напорной трубы. Всѣ эти удорожанія и неудобства лишаютъ многихъ желанія пользоваться водопроводомъ, и потому, въ результатѣ, оказывается даже часто и болѣе выгоднымъ, несомнѣнно болѣе рациональнымъ, способъ неограниченнаго пользованія водопроводомъ, почти исключительно и применяемый въ наст. время.

При способѣ этомъ потребности въ бакахъ вообще нѣтъ (въ частныхъ случаяхъ—при большихъ зданіяхъ и т. п.—они полезны), и напорная труба, отведенная отъ уличной вѣтви, поднимаясь въ этажи, непосредственно развѣтвляется. Развѣтвленіе напорной вѣтви дѣлается или внизъ—во дворѣ, въ подвалѣ, —или же въ полу верхняго этажа; въ послѣднемъ случаѣ трубами не слѣдуетъ пересѣкать холодныхъ помѣщеній (напр. лѣстничныхъ клѣтокъ), въ предупрежденіе замерзанія воды въ трубахъ. Для этой же цѣли, водопроводныя трубы укладываются во дворѣ на глубинѣ, не меньшей 1 саж. отъ поверхности, и въ холодномъ подвалѣ на глубинѣ, не меньшей $\frac{1}{3}$ саж. отъ поверхн. пола; затѣмъ, вертикальная часть, при проходѣ по высотѣ подвала, должна быть обернута двумя слоями войлока и заключена въ двойной досчатый футляръ изъ 2" досокъ, съ заполненіемъ промежутковъ какимъ-либо нетеплопроводнымъ матеріаломъ, или ограждена отъ охлажденія инымъ способомъ, вплоть до входа въ теплое помѣщеніе. Проведеніе трубъ въ кладкѣ камен. стѣнъ должно быть запрещено, т. к. трубы не обезпечены отъ мороза, и въ случаѣ течіи мѣсто ея трудно найти. Для охраненія воды отъ замерзанія ночью, при отсутствіи разбора воды, самое рациональное выпускать на ночь всю воду изъ стѣи, для чего система должна быть снабжена специальными спусковыми кранами (или выпускать ночью воду изъ этихъ крановъ узкой струей).

Вообще, надо принять за правило, что всё домовыя водопр. трубы должны быть такъ расположены, чтобы въ необходимомъ случаѣ изъ всѣхъ ихъ можно было выпустить воду сквозь выпускной кранъ, помѣщенный въ самой пониженной точкѣ. Поперемѣннаго проведенія каждой изъ трубъ то вверхъ, то внизъ надо избѣгать (въ верхнихъ колѣнахъ собирается воздухъ, въ нижнихъ послѣ выпуска остается вода, могущая причинить разрывъ при замерзаніи). При отведеніи домовой вѣтви отъ уличной трубы устанавливается створный кранъ, которымъ можетъ дѣйствовать лишь управленіе водопроводовъ.

Для домового водоснабженія употребляются трубы: чугуныя и желѣзныя гальванизованныя—для подземной вѣтви и иногда для напорной магистрали въ зданіи, и свинцовыя— для всѣхъ домовыхъ вѣтвей. Чугуныя трубы соединяются раstrубами или флянцами, желѣзныя— навинтованными муфтами, а свинцовыя—просто спайкой; первые 2 сорта требуютъ специальныхъ колѣнъ, отводовъ и тройниковъ, свинецъ же трубы легко сгибаются въ колѣна.

Размѣры трубъ домового водоснабженія слѣд.: Напорная вѣтвь, отдѣляемая отъ городской вѣтви, имѣетъ обыкн. діам. отъ $1\frac{1}{2}$ до $3''$, въ зависимости отъ давленія въ трубахъ и размѣровъ дома. При развѣтвленіи напорной трубы, сумма сѣченій разводныхъ трубъ не должна быть больше сѣченія этой напорной магистрали. Разводныя къ квартирамъ свинцовыя трубы имѣютъ діам. $1\frac{1}{4}''$ и оканчиваются онѣ отростками въ $\frac{3}{8}'' \div \frac{3}{4}''$ къ ваннамъ, клозетамъ и раковинамъ.

Трубы должны быть такъ прокладываемы, чтобы быть доступными осмотру, и снабжаемы кранами для изоляціи частей водопровода, на случай починокъ (не прерывая остального водоснабженія въ домѣ). Устройство бака полезно при непостоянномъ напорѣ въ системѣ. Постановка крана съ колодцемъ на городской трубѣ съ отросткомъ къ дому въ С.-Петербургѣ обходится въ общей суммѣ за мѣсто до 100 руб. (во время устройства водопров. уличной сѣти рублей 75). Стоимость прокладки домовыхъ водопр. трубъ и главныхъ водопроводныхъ принадлежностей въ домахъ приведены въ *таблицѣ № 10 и среднихъ цѣнахъ*, приложенныхъ въ концѣ статьи. Кромѣ того, для соображеній о стоимости устройства водопроводовъ въ домахъ приложены примѣры смѣтъ такого устройства (*Смѣты V и VI*).

Водоразборныя устройства на улицахъ города.

Въ городахъ, гдѣ вода проведена не во всѣ дома, необходимо устраивать на улицахъ и площадяхъ общественныя водоразборныя краны, ввидѣ колоннъ, будокъ, небольшихъ бассейновъ, колодцевъ и т. п., съ постояннымъ протокомъ воды или доставленіемъ ея при отрываніи крана.

Стоимость этихъ устройствъ зависитъ всецѣло отъ ихъ размѣровъ и конструкціи.

Расходъ воды черезъ краны для питья съ постояннымъ истокомъ можно считать равнымъ отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{3}{8}$ ведра въ минуту, т. е. отъ 15 до 22 вед. въ часъ, или въ среднемъ около 20 вед. въ часъ. Принимая время полезнаго дѣйствія крана за весь день (общій разборъ воды) равнымъ 2 часамъ, а въ остальное время считая расходъ воды краномъ потеряннымъ и полагая на 1 человѣка $\frac{1}{8}$ ведра въ сутки, получимъ, что 1 кранъ достаточенъ на 300 человѣкъ (при безполезной потерѣ воды на человѣка въ $1\frac{1}{2}$ ведра въ сутки). Это можетъ служить основаніемъ для расчета нужнаго числа крановъ; при рѣдкомъ населеніи надо его увеличивать.

Краны для наполненія водою бочекъ должны давать въ минуту отъ 5 до 12 ведеръ, т. е. отъ 300 до 720 вед. въ часъ, для возможности быстрого наливаія воды въ бочки, и должны быть закрываемы на время бездѣйствія, во избѣжаніе чрезмѣрной траты воды.

Кромѣ того, на улицахъ располагаются, въ большинствѣ случаевъ, водопойныя колоды для лошадей, (съ проточной водою), поливыя тумбы и пожарныя краны.

Водоснабженіе заводовъ, фабрикъ, рудниковъ и т. п. *)

Вода въ заводахъ употребляется *для различныхъ цѣлей*: для питанія паровыхъ котловъ, для холодильниковъ паровыхъ машинъ, промывки угля, гашенія кокса, охлажденія стѣнокъ (горновъ) нѣкоторыхъ металлургическихъ печей, механизмовъ и инструментовъ, употребляемыхъ при горячей обработкѣ металловъ, для дѣйствія гидравлическихъ подъемовъ, крановъ и другихъ гидравлическихъ приборовъ, для питья и жизненныхъ потребностей рабочаго населенія и проч.

*) По „Справочной книгѣ“ И. Тиме. 1899, стр. 654, гдѣ могутъ быть найдены дальнѣйшія подробности о водоснабженіи заводовъ.

Источниками воды служат: рѣки, рѣчки и колодцы, а въ рудниках шахтная вода. Вода для снабженія самаго завода не должна быть ни слишкомъ известковой, дающей много накипи въ котлахъ, ни слишкомъ кислотной (рудничная, купоросная вода), ихъ разъѣдающей. Колодезная вода обыкновенно жесткая. Впрочемъ, свойства ея, какъ и рѣчной воды, зависятъ отъ свойствъ окружающихъ породъ: известковыхъ и песчаныхъ. Въ послѣднемъ случаѣ, даже рудничная вода бываетъ вполне чистою, не дающею накипи. Во всякомъ случаѣ, если допускать воду кислотную или дающую накипь, то не иначе, какъ при примѣненіи лучшихъ способовъ очищенія ея, напр. приборами Дерво и т. п. *).

Когда воды недостаточно для дѣйствія завода, слѣдуетъ пользоваться *обратною водою*, т. е. нагрѣтую воду изъ холодильниковъ паровыхъ машинъ и воду, служившую для охлажденія горновъ доменныхъ печей, и проч., заставляють стекать трубами и бетонными каналами въ особые выложенные камнемъ, цементованные бассейны или просто пруды для охлажденія и отстаиванія и затѣмъ ее снова накачиваютъ въ напорный резервуаръ для вторичнаго и слѣд. пользованія. Насосы забираютъ воду съ конца (пруда или бассейна), противоположнаго тому, куда доставляется нагрѣтая вода. Для ускоренія охлажденія воды, при бассейнахъ небольшой величины, примѣняютъ различныя механическія средства, напр. ввидѣ струйныхъ приборовъ фирмы бр. Кертингъ (распылителей) и т. п. Вслѣдствіе неизбежныхъ потерь воды испареніемъ, черезъ зазоры и т. д., въ количествѣ до 30⁰/о, можно имѣть при надлежащихъ устройствахъ 70⁰/о обратной воды, и слѣд. свѣжей воды потребуется всего $\frac{1}{3}$ часть полного расхода воды заводомъ.

Количество воды, потребляемой различными заводами и фабриками, (среднее) указано въ *таблицѣ № 1, Отд. Г.*

Общее устройство заводскаго водопровода: При водоснабженіи изъ небольшой рѣчки, ее подпрудиваютъ помощью деревянной или каменной плотины, образуя прудъ,—по возможности, большой емкости. При недостаткѣ воды, иногда въ оврагахъ (балкахъ) устраиваютъ еще запасныя водоемѣстности для скопа родниковой и дождевой воды, а иногда и воды изъ рудничныхъ шахтъ. Чѣмъ болѣе емкость этихъ прудовъ, тѣмъ болѣе обезпечено правильное дѣйствіе завода во время засухи. При большихъ рѣкахъ (безъ плотинъ), въ приемномъ колодцѣ устраиваются фильтры, для предохраненія отъ заноса пескомъ. Приемная насосная станція помѣщается вблизи плотины.

Всасываемая вода или гонится скалковыми насосами непосредственно въ водопроводную сѣть или, иногда, помощью центробѣжныхъ насосовъ нагнетается въ промежуточный резервуаръ и уже изъ него, скалковыми насосами, часть воды гонится къ заводу въ напорные резервуары или баки. Если мѣсто гористое, то напорные каменные резервуары располагаются на возвышенномъ мѣстѣ, а при плоской мѣстности желѣзные клепаные баки помѣщаются на верху каменной или желѣзной башни. Другая часть воды распределяется по заводу въ подземныхъ бетонныхъ каналахъ, откуда она непосредственно всасывается холодильниками паровыхъ машинъ; здѣсь напорной воды не требуется. Изъ напорнаго резервуара (объемъ его равенъ $1\frac{1}{2} \div 2$ — часовому расходу воды заводомъ), находящагося, нормально, на высотѣ отъ 5 до 15 саж. надъ заводскою площадью, вода доставляется сѣтью водопроводныхъ трубъ къ мѣстамъ потребления: къ доменнымъ и другимъ печамъ, къ вспомогательнымъ цехамъ, въ конторы, жилые дома, углепромышленныя фабрики и проч. Эта сѣть трубъ разсчитывается, въ связи съ высотой напорнаго резервуара, по общимъ правиламъ. Насосы разсчитываются (съ запасомъ) на 20-ти-часовое точное дѣйствіе и, кромѣ того, при 2 и 3 насосахъ ставится одинъ запасной. Бетонные каналы, отводящіе нагрѣтую воду, располагаются параллельно и возлѣ такихъ же каналовъ, доставляющихъ холодную воду къ паровымъ машинамъ или въ другія мѣста. Уклонъ тѣхъ и другихъ каналовъ 0,1⁰/о. Иногда, при отсутствіи вблизи завода источниковъ водоснабженія, приходится подводить воду къ заводу издалека, помощью спеціальнаго водопровода: чугунаго или бетоннаго.

Стоимость полного устройства водопроводовъ (съ плотиною) на нашихъ большихъ южныхъ горныхъ заводахъ = 200000 до 300000 руб.

Въ *таблицѣ № 10* приведены главныя данныя, относительно 5-ти южныхъ заводовъ **).

*) О различныхъ способахъ очищенія воды можно найти въ соч. И. Тиме: „Новости механич. Отдѣла Парижской всемірной выставки 1889 г.“ § 6.

**) Детальныя свѣдѣнія о водоснабженіи нѣкоторыхъ южно-русскихъ заводовъ можно найти въ „Горномъ Журналѣ“ за 1889 ÷ 1893 и за 1897 года.

Водоснабженіе желѣзнодорожныхъ станцій.

Количество воды, потребной для снабженія станцій различной величины (русскихъ жел. дор.) приведено въ таблицѣ № 1, Отд. Б. Болѣе точный расчетъ, не прибѣгая, однако, къ сложнымъ формуламъ, можетъ быть произведенъ на основаніи слѣдующихъ соображеній *):

1) *Расходъ воды паровозами* съ достаточною точностью равенъ $11\frac{1}{2}$ ведр. (5 куб. фут.) на каждую виртуальную поѣздо-версту **) полезного пробѣга паровозовъ. При исчисленіи особо расхода воды на маневры, слѣдуетъ принимать на версту пробѣга паровоза по 9,2 вед. (4 куб. фута), причѣмъ каждый часъ работы паровоза принимается за 5 верстѣ. Расходъ воды на промывку и наполненіе каждаго паровоза принимается отъ 800 до 1200 вед. ($1\div 1\frac{1}{2}$ куб. саж.), на промывку и наполненіе тендера 800 вед. (1 куб. саж.), а всего, на паровозъ и тендеръ до 2000 вед. Промывка паровозовъ и тендеровъ полагается послѣ пробѣга 500 до 1500 верстѣ, въ зависимости отъ качества воды.

Расходъ станціонной воды паровозами проходящихъ поѣздовъ можетъ быть вычисленъ очень просто по формулѣ: Расходъ воды Q вед./сутки $= \alpha (b + b_1)$, гдѣ b — число поѣздовъ прямого и b_1 — число поѣздовъ обратнаго направленія въ сутки, а коэффициентъ α равенъ:

а) для перегоновъ усиленнаго водоснабженія: $\alpha = 800$ вед. (1 куб. саж.) = объемъ тендера;

б) для перегоновъ слабаго водоснабженія: $\alpha = 400 \div 600$ вед. ($1\frac{1}{2} \div \frac{3}{4}$ куб. саж.).

2) *Расходъ воды въ мастерскихъ, депо и въ станціонныхъ постройкахъ.*

а) На станціяхъ съ коренными депо (при существованіи мастерскихъ) въ сутки по 8000 вед. (10 куб. саж.);

б) На станціяхъ съ оборотными депо (для стоянки паровозовъ и мелкихъ починокъ) въ сутки по 3200 вед. (4 куб. саж.);

в) На всѣхъ прочихъ станціяхъ, для маневрированій и потребности служащихъ, въ сутки по 800 вед. (1 куб. саж.).

3) *Расходъ воды для потребностей перевозимыхъ войскъ* въ сутки:

а) На станціяхъ конечныхъ и съ паровозными депо—2000 вед. ($2\frac{1}{2}$ куб. саж.);

б) на прочихъ станціяхъ—800 вед. (1 куб. саж.).

4) *Добавочный расходъ на спеціальныя потребности* въ сутки:

а) на каждаго человѣка $1\frac{2}{3} \div 2\frac{1}{3}$ вед. ($0,71 \div 1$ куб. фута);

б) на каждое животное 6 вед. (2,65 куб. фут.);

в) на машины—въ зависимости отъ системы, размѣровъ и рода топлива (см. Таблицу № 1.

Отд. Г).

Полный расходъ воды вычисляется какъ сумма расходовъ по этимъ 4-мъ пунктамъ. При усиленномъ водоснабженіи иногда его принимаютъ равнымъ:

Полный расходъ Q вед. въ сутки $= 16 F$, гдѣ F число виртуальныхъ поѣздо-верстѣ полезного пробѣга паровозовъ.

Общее устройство станціоннаго водопровода. При отсутствіи обильныхъ рѣкъ, ручьевъ, озеръ, дѣлаютъ искусственныя водохранилища, рассчитывая ихъ объемъ на шестимѣсячный запасъ воды для станцій (кромѣ притока отъ ключей) и, если суточный притокъ воды изъ ключей въ самое сухое время меньше суточной потребности станцій, то и еще больше на 50⁰/. Плотины для запруды дѣлаются обыкн. земляныя съ глинянымъ ядромъ и снабжаются водосливами или руслами. На берегахъ всякаго рода источниковъ для очистки воды устраиваются отстойники, велич. отъ 5 до 20 кв. саж., въ завис. отъ качества воды. Отстойники ограждаются шпунтовыми рядами изъ 2 вершк. досокъ съ направл. сваями, снабжаются досчатымъ поломъ и сверху досчатымъ же настиломъ. Притекающая вода источника фильтруется черезъ каменную засыпку. Для облегченія всасыванія между отстойниками и водоподъемными зданіями устраиваются, въ 5÷10 саж. отъ послѣднихъ, приемные колодцы, каменные на цементѣ или бетонные, діам. ок. 1 саж., соединяем. съ отстойниками 6'' трубами (съ сѣткой на концѣ у отстойн. и створи. крапомъ у колодца). Всасыв. трубы имѣютъ діам. 5'', напорныя — 4'', разводныя же, при нормальн. условіяхъ, отъ 3 до 6''.

Паровые котлы обыкнов. горизонт. трубчатые, съ нагрѣват. пов. ок. 100 кв. футъ (10 кв.

*) По брошюрѣ „Формулы для опред. расхода воды на ж.-д. станціяхъ и т. д.“ Изд. В. Э. Смита, Предст. комп. Вортингтонъ, П.-Сбургъ, 1898, стр. 8.

**) Виртуальная длина есть длина пути горизонт. и прямого, равнаго по сопротивленію данному ж.-дор. пути съ уклонами и кривыми.

метр.) и вертикальные съ нагр. пов. ок. 130 кв. ф. (12 кв. м.). Насосы наиболѣе употребительны сист. Вортингтона (дуплексъ *)), состоящіе изъ 2-хъ спаренныхъ насосовъ двойн. дѣйствія (плавность работы и непрерывность дѣйствія): они развиваютъ скорость въ 80 фут. въ минуту (80 двойныхъ ходовъ поршня при длинѣ хода въ 6"). Насосы эти примѣняются различныхъ типовъ: 1) подающіе $Q=8000$ вед. (до 10000 вед.) въ часъ на высоту $H=33$ саж., при скорости поршня $v=48$ фут. въ мин.; 2) при: $Q=16000$ вед., $H=25$ саж. и $v=60$ фут.; 3) при: $Q=10000$ вед., $H=50$ саж. и при давленіи въ трубахъ $p=10\frac{1}{2}$ атм. (давленіе p при этомъ составляетъ $\frac{2}{3}$ высоты подачи воды H въ саж.). Вообще, насосы разсчитываются на доставленіе ими полнаго суточного расхода воды на станціи при работѣ отъ 10 до 16 час. въ сутки. Обыкновенное давленіе въ нагнет. трубахъ ок. 5 атм.

Водоподъемныя зданія дѣлаются обыкн. кирпичными съ желѣзн. крышами; помѣщеніе для машинъ зависитъ отъ ихъ размѣровъ; такъ напр., для малыхъ станцій машинное отдѣленіе имѣетъ полезную площадь (безъ стѣнъ) ок. 7,5 кв. саж., для среднихъ она увеличивается до 10,5 кв. саж., и въ обоихъ случаяхъ для жилого помѣщенія отводится сверхъ того полезной площади не менѣе 8 кв. саж. Водоемныя зданія (водонапорныя башни) дѣлаются на 1 или 2 бака (смотря по величинѣ станціи), и помѣщеніе для баковъ (если они не стоятъ внутри каменной башни) обносится деревянными шатрами, иногда обшиваемыми желѣзомъ по сплошн. досчат. обшивкѣ. За нормальный типъ одиночнаго бака слѣдуетъ принять объемъ его въ 6 куб. саж.; возвышеніе дна бака надъ уровнемъ рельсовъ не менѣе 4,10 саж. и до 4,60 саж.; высота бака 1,48 саж., діам. 2,18 саж. Дѣлаются баки также въ 8 куб. саж., 4 куб. саж. и др. Размѣры бака въ 8 куб. саж. — выс. 1,68 саж., діам. 2,44 саж. (размѣры баковъ въ 4 куб. саж. и др. пропорціональны приведеннымъ). Въ водоемн. зданіи (обыкн. въ нижн. эт. выс. 1,75 саж.) устанавливается подогреватель для нагрѣванія воды баковъ.

Среднюю стоимость водоснабженія жел.-дор. станцій можно принять равной 25000 ÷ 45000 рублей на каждую или 900 ÷ 1800 рубл. на версту пути. Для болѣе точныхъ соображеній о стоимости служить прилагаемая *таблица № 12.*



*) Ручные насосы допускаются лишь на полустанкахъ и станц. IV кл. и то въ благопр. условіяхъ.

на полное устройство водоснабженіе большого дома съ болѣе дорогими квартирами съ постановкою ваннъ, напорныхъ баковъ и желѣзныхъ выгребовъ (по даннымъ Товар. Лукашевичъ и К^о *).

Перечисленіе работъ.	Количе- ство.	Стоимость:	
		Единицы количе- ства.	Общая.
		Р у б л е й .	
<i>I. Работы собственно водопроводныя.</i>			
1. Провести воду отъ тройниковъ имѣющихся надворныхъ подземныхъ трубъ желѣз. гальванизир. трубами въ баки лицевого и надворнаго флигелей, съ постановкою тройниковъ для пожарныхъ рукавовъ и запорныхъ крановъ, съ устройствомъ около нихъ закрывающихъ коробовъ: Трубы гальванизиров. съ соединит. частями и укрепленіями:			
диаметромъ 2½ дюйм., пог. саж.	16	16	256
" 2 " " " " " " " " " " " " " "	18	10	180
Крановъ пожарныхъ, діам. 2 дюйм., каждый съ тройникомъ и ящичкомъ къ нему, шт.	5	40	200
Крановъ запорныхъ, діам. 2½ дюйм.	2	30	60
" 2 " " " " " " " " " " " " " "	1	15	15
2. Поставить на чердакахъ лицевого и надворнаго флигелей желѣзные крашенные баки, при готовыхъ основаніяхъ и теплыхъ помѣщеніяхъ для нихъ, съ устройствомъ на нихъ стѣмныхъ крышекъ и постановкою поддонниковъ со сточными трубами и крановъ съ шаровыми поплавками: Баковъ котельнаго желѣза, со стѣнками толщ. ⅓ дм. и двомъ толщ. ¾ дюйма: Диаметромъ 9½ фут. и высотой 6 фут., штукъ.	1	850	850
" 7 " " " 6 " " " " " " " " " "	1	600	600
3. Устроить сообщеніе системы домовыхъ водопроводныхъ трубъ съ магистралію отъ подземныхъ трубъ помимо бака, съ постановкою включительныхъ крановъ.	1	300	300
4. Проложить по чердаку и въ бороздахъ желѣзн. гальванизир. разводящія трубы, съ постановкою крановъ для выдѣленія вѣтвей изъ общей системы:			
а) Трубы гальванизированныхъ:			
диаметромъ 1 1¼ 1½ 2 2½ 3 дюйм.			
число 50 25 46 24 44 1,5 п. саж.	190,5	—	1715
цѣна 1 п. с. " 6 8 10 16 22 руб.			
б) Крановъ запорныхъ:			
диаметромъ " 1¼ 1½ 2 2½ 3 дюйм.			
число " 2 8 4 3 1 шт.	18	—	316
цѣна 1 шт. " 11 13 15 50 40 руб.			
в) Трубы черныхъ, діам. 3 дюйм., пог. саж.	14	16	224
5. Постановитъ въ кухняхъ водоразборные краны, діам. ¾ дюйм. штукъ	31	4	124

Перечисленіе работъ.	Количе- ство.	Стоимость:	
		Единицы количе- ства.	Общая.
		Р у б л е й.	
6. Поставить въ кухняхъ подъ разборными кранами чугу- нные эмалированныя раковины съ мѣдными лужеными сѣтками, съ отводными трубками и металлическими щитами, чугунными застоями, всего штукъ	31	40	1240
7. Проложить желѣзныя сточныя трубы съ постановкою тройниковъ для раковинъ, при диаметрѣ въ 2 дюйма, и съ воздушными трубами отъ баковъ, всего трубъ пог. саж.	95	10	950
8. Поставить мѣдныя или чугуныя эмалированныя откры- тыя ванны, съ соединеніемъ съ водопроводомъ и сточ- ными трубами, съ кранами и надписями, всего мѣстъ.	16	100	1600
9. Поставить ванныя циркуляціонныя печи съ кирпичными топливниками въ чугунномъ или желѣзномъ чехлѣ, съ подводкою къ нимъ воды и прокладкою спускныхъ трубокъ съ кранами на нихъ, всего мѣстъ.	16	140	2240
10. За изолировку трубъ противъ замерзанія (водопровод- ныхъ и сточныхъ) за все	—	—	250
Итого за работы собств. водопроводныя.	—	—	11120
II. Работы ватерклозетныя.			
11. Установить въ подвалахъ 5 желѣзн. выгребовъ изъ котельнаго желѣза, толщ. 1/4 дюйм., съ устройствомъ лаза, фундамента и установкою необходимыхъ чугу- нныхъ колѣнъ, всего мѣстъ, діам. 5 фут. и высоту 5 1/2 фут.	1	450	450
12. Уложить отводныя чугуныя трубы изъ выгребовъ, впу- скающія въ имѣющіяся гончарныя сточныя трубы, всего трубъ, діам. 4 дюйм., пог. саж.	8	13.50	108
13. Проложить чугуныя эмалированныя 6-ти дюйм. фано- выя трубы, съ постановкою необходимыхъ колѣнъ, воздушныхъ трубокъ и тройниковъ, съ прочеткою, съ пробивкою отверстій въ каменныхъ стѣнахъ, всего мѣстъ 12, а пог. саж. трубъ	100	23	2300
14. Поставить въ чистыхъ клозетахъ фаянсовые открытые горшки съ деревянными откидными сидѣньями, съ подведеніемъ воды, постановкою и съ приспособле- ніями для обмыванія, всего мѣстъ	23	110	2530
15. Поставить въ клозетахъ черныхъ лѣсгицъ при служ- бахъ и прачешныхъ чугуныя эмалированныя горшки съ откидывающимися кольцами и автоматическою промывкою, всего мѣстъ	20	50	1000
Итого за ватерклозетныя работы	—	—	6388
Всего	—	—	17508 р.

Всѣхъ приборовъ: 31 раковина, 16 ваннъ и 53 клозета.

Средняя стоимость устройства водопровода на 1 раковину: $(11120 - 3840) / 31 = 235$ р. *)

„ „ установки 1-й ванны: 3840 / 16 = 240 р.

„ „ устройства стоковъ на 1 ват.-клоз.: 6388, 53 = 120 р. **)

*) Безъ устройства баковъ на чердакахъ по 170 руб.

**) Безъ устройства выгребовъ по 112 руб.

VII. СРЕДНІЯ ЦѢНЫ

нѣкоторыхъ принадлежностей водоснабженія.

1. Устройство пожарнаго крана съ колодцемъ, крышкою, тройникомъ и краномъ (при глубинѣ до 1 саж.), но безъ земляныхъ работъ около 75 руб.

Примѣчаніе. Трубы къ крану діам. 2 дюйма—чугунныя или желѣзныя.

2. а) Чугунные створные краны для трубъ:

При діам. трубъ	12	10	8	6	5	4	3	2 ¹ / ₂	2	1 ¹ / ₂	дюйм.
Цѣна самаго крана	196	127	93	58	40,50	35	29	23	20	14	руб.

- б) Рубленый изъ пластинъ колодецъ, глуб. 1 саж., шир. и длин. по 1 арш., съ чугунною крышкою и установкою. около 25 руб.

- в) Установка створныхъ крановъ при устройствѣ сѣти трубъ (съ матеріаломъ для соединеній).

При діам. трубъ	4	3	2	дюйма
Цѣна около	8	7	5	руб.

3. а) Постановка чугунной поливной тумбы съ крышкою, ключемъ, двумя золотн. кранами въ 1¹/₂ дюйма. 55 руб.

- б) Приборъ къ ней: брандспойтъ мѣдный, гальваниз. желѣзи. колѣно, 2 пары соединит. гаскъ, 1 наугольникъ и резиновый, обтянутый холстомъ и обшитый веревкой въ 2 проката поливной рукавъ, діам. въ 1¹/₂ дюйма (съ 2-мя прокладками), около 15 руб.

Примѣчаніе. Трубы къ поливной тумбѣ гальванизир. желѣзи. діам.—1¹/₂ дюйма.

4. Водомѣрные аппараты и соединит. къ нимъ трубки съ предохранит. сѣткою, при напорѣ воды въ 100 футъ и количествѣ ея въ часъ:

	200	350	550	1100	ведеръ,
цѣна	43	53	79	105	рублей.

5. Установка на чердакахъ зданій желѣзныхъ и деревянныхъ баковъ:

- а) Устройство 1 кв. фута поверхности дна и стѣнъ желѣзнаго бака, съ постановкою его на чердакъ безъ окраски и водопроводныхъ работъ:

При бакахъ вмѣстимостью въ 200 ведеръ	1 р. 87 к.
” ” ” отъ 200 до 600 ведеръ	2 р. 48 к.
” ” ” отъ 600 до 2000 ведеръ	2 р. 79 к.

Примѣчанія: а) Дно и стѣны изъ котельнаго желѣза, толщиною, при вмѣстимости до 200 ведеръ, въ ³/₁₆ дм.; при вмѣстимости въ 600 вед. и болѣе, ставятся поперечныя связи изъ углового желѣза въ ¹/₄ дм. Верхнія части стѣнъ, равно и днище съ боками, укрѣпляются всегда углов. желѣзомъ. Углов. желѣзо равностороннее, ширин. въ 2 до 3 дм.; заклепки діам. ¹/₂ дм., при разстояніи 2 дм. между нихъ центрами.

- б) Баки окрашиваются англійскимъ суринкомъ.

в) При бакѣ полагаются трубы: подъемныя (напускныя), діаметромъ не менѣе 1¹/₂ дм.; сточныя, для отвода или выпуска при надобности воды изъ бака, діам. въ 1 дм. и болѣе, и сигнальныя, идущія отъ верхней поверхности воды въ бакѣ до мѣста наблюденія (дворницкая и т. п.), гдѣ находится на трубѣ запорный кранъ.

г) При бакѣ пмѣются краны: шаровые съ золотниками; запорные на подъемной трубѣ, питающей бакъ, и запорн. на сточн. трубахъ, открываемые при надобности очистить бакъ.

- б) Устройство дерев. бака вместимостью до 200 вед. ($5 \times 5 \times 5 = 125$ куб. фут.),
выложенного внутри рольнымъ свинцомъ и спани. оловомъ . . . 111 р. 38 к.
или на 1 кв. фут. поверхности дна и боковъ 89 к.
6. Водоразборныя приспособленія въ квартирахъ:

а) Мѣдные водоразборные краны, діам. отъ $\frac{3}{8}$ до 1 дюйм., за штуку отъ 1 р. 50 к.
до 3 р. 50 к.

б) Раковина подъ краны 12-ти вершковая:

чугунная эмалированная около 8 руб.

черная неэмалированная около 7 руб.

в) За установку раковины и крана и устройство водоспускного трапа со скруг-
лялкой около 8 руб. 50 коп.

г) Сдѣланіе подъ раковиной досчатой трубы съ дверцами . . . 1 руб. 35 коп.
въ общемъ за 1 мѣсто по пункт. а, б, в и г около 20 руб.

7. Комнатные фильтры, сист. Шамберленъ-Пастера, къ водопроводу, при давленіи ок. 45
фунт. на кв. дюймъ (безъ посредства бака):

число свѣчей	1	3	7	13	19	30
вѣсъ съ упаковкою въ фунт.	5	20	35	40	70	90
число вед. въ сутки	5	15	45	90	135	200
цѣны въ рубл.	8	20	33	45	65	90

8. Пожарные краны, внутренніе, въ теплыхъ помѣщеніяхъ съ рѣзбою для навинчиванія
наконечниковъ отъ рукавовъ (безъ установки):

	при діам. трубы	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{3}$	2	дюйма,
а) винтовые мѣдные		5	6,30	8,55	12,60	рубл.
б) конусные		—	8,80	11,20	19,60	рубл.

VIII. Сравненіе мѣръ,

служащихъ для выраженія потребностей водоснабженія.

(На случай сопоставленія чиселъ статьи съ данными другихъ источниковъ).

1 ведро = 0,43436 куб. фут. = 12,2989 литр.

2,30226 вед. = 1 куб. фут. = 28,3153 литр.

0,08131 вед. = 0,03532 куб. фут. = 1 литр.

$$1 \frac{\text{вед.}}{\text{час.}} = 0,0123 \frac{\text{куб. метр.}}{\text{час.}} = 0,205 \frac{\text{литр.}}{\text{мин.}} = 0,045 \frac{\text{англ. галлон.}}{\text{мин.}} =$$

$$= 0,054 \frac{\text{галлон. Соед. Шт.}}{\text{мин.}} = 0,000121 \frac{\text{куб. фут.}}{\text{сек.}}$$

Обратно: $1 \frac{\text{куб. метр.}}{\text{час.}} = 81,3 \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}; 1 \frac{\text{литръ}}{\text{мин.}} = 4,878 \frac{\text{вед.}}{\text{час.}};$

$$1 \frac{\text{англ. гал.}}{\text{мин.}} = 22,165 \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}; 1 \frac{\text{гал. Соед. Шт.}}{\text{мин.}} = 18,466 \frac{\text{вед.}}{\text{час.}};$$

$$\text{и } 1 \frac{\text{куб. фут.}}{\text{сек.}} = 8288,1 \frac{\text{вед.}}{\text{час.}}$$

Оглавленіе.

	СТР.
Предисловіе	3
Схема современнаго устройства системъ водоснабженія	
Питаніе водопровода водой	5
Соображенія объ устройствѣ пріемниковъ воды	6
Сооруженія для очистки воды отъ механическихъ примѣсей	7
Машины для поднятія воды и накачиванія ея въ резервуары (или непосредственно въ сѣть городскихъ трубъ)	8
Доставленіе воды къ пунктамъ ея расходванія. Сѣть водопроводныхъ трубъ.	9
Общій ходъ расчета системъ водоснабженія	
Опредѣленіе потребности воды	11
Расчетъ водопроводной сѣти трубъ	13
Бланкъ для расчета сѣти трубъ	20
Опредѣленіе основныхъ размѣровъ водоподъемныхъ машинъ	22
Размѣры фильтровъ и общая вмѣстимость входящихъ въ систему водоснабженія резервуаровъ (водоемовъ)	23
Соображенія о стоимости водоснабженія города	25
Сбщій характеръ и стоимость устройствъ для раздачи воды потребителямъ	
Водоснабженіе частныхъ зданій (домовой водопроводъ)	27
Водоразборныя устройства на улицахъ города	28
Водоснабженіе заводовъ, фабрикъ, рудниковъ и т. п.	28
Водоснабженіе желѣзнодорожныхъ станцій	30
Приложенія и таблицы къ руководству.	
Приложенія № 1. Опредѣленіе наивыгоднѣйшаго діаметра водопроводныхъ трубъ и соотв. ему расчетной скорости теченія воды	34
» № 2. Наиболѣе употребительныя формулы для расчета сѣти водопроводныхъ трубъ	38
» № 3. Списокъ сочиненій, журнальныхъ статей и справочныхъ книгъ, въ которыхъ имѣются таблицы для расчета водопроводныхъ трубъ	41
Таблица № 1 расхода воды, нужной для удовлетворенія различныхъ потребностей	44
» № 2 потребления воды въ большихъ городахъ Европы и Сѣв. Америки	48
» № 3 потребления воды въ меньшихъ городахъ Европы и Сѣв. Америки	48
» № 4 потребления воды въ Европейской Россіи	49
» № 5 колебаній въ потреблеши воды	49
» № 6 относительной потери напора въ водопроводныхъ трубахъ	50
» № 7 скоростей протеканія воды по трубамъ	54

	стр.
Таблица № 8 стоимости одной пог. сажени чугунныхъ водопроводныхъ трубъ, съ укладкою	56
» № 9 стоимости одной пог. сажени желѣзныхъ гальванизированныхъ водопров. трубъ съ укладкою	57
» № 10 стоимости одной пог. сажени свинцовыхъ напорныхъ водопров. трубъ съ укладкою	57
» № 11 данныхъ о заводскихъ водопроводахъ на южно-русскихъ заводахъ	58
» № 12 стоимости водоснабженія желѣзнодорожныхъ станцій.	59
I. Смѣта на устройство водоснабженія города съ 2000 жителей.	60
II. Краткая смѣта (проектная) водоснабженія гор. Кременчуга . .	61
III. Выборки изъ смѣтъ на устройство водоснабженія города Новочеркасска (1866 г.)	62
IV. Стоимость устройства водопроводовъ въ Россіи	64
V. Раздѣлка водоснабженія 3-хъ-этажнаго дома съ 11-ю квартирами	65
VI. Смѣта на полное устройство водоснабженія большого дома съ болѣе дорогими квартирами	66
VII. Среднія цѣны нѣкоторыхъ принадлежностей водоснабженія .	68
VIII. Сравненіе мѣръ для выраженія потребностей водоснабженія .	69
Оглавленіе	70