

# В О Д О С Т О К И.

Канализація городская и домовая.

Гражданскій Инженеръ

Н. К. Чижовъ,

преподаватель Института Гражданскихъ Инженеровъ

Императора Николая I.

ВЫПУСКЪ I.

—oXoTIToXo—

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Е. А. Евдокимова, Троицкая улица, № 18.

1895

Печатано по распоряженію Института Гражданскихъ Инженеровъ Императора Николая I-го.

# СОДЕРЖАНИЕ I ВЫПУСКА.

СТРАНИЦЫ.

## Глава I.

Введение. — Общія понятія о водостокахъ. — Вещества, подлежащія удаленію. — Различныя системы канализаціи. — Значеніе канализаціи . . . . . 1

## Глава II.

Предварительныя изысканія и работы. — Планъ канализируемаго района. — Количество и густота народонаселенія. — Домовыя, общественныя и промышленныя сточныя воды — Изверженія людей и животныхъ. — Атмосферныя осадки. — Коэффициенты плотности и замедленія. — Допускаемая степень разжиженія домовыхъ сточныхъ водъ ливневыми. — Грунтовыя воды. — Составъ сточныхъ водъ . . . . . 10

## Глава III.

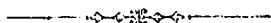
Системы расположенія сѣти: перпендикулярная, пересѣченная, вѣрная, поляная и радиальная. — Скорость теченія и уклоны коллекторовъ. — Глубина заложенія коллекторовъ. Промывка водосточной сѣти. — Устья водосточной сѣти . . . . . 61

## Глава IV.

Законы движенія воды въ открытыхъ каналахъ. — Различныя выраженія коэффициента тренія: Эйфельвейна, Прони, Вейсбаха, Дарси и Базена, Гапгильо и Куттера, Диндлея, Маннинга . . . . . 82

## Глава V.

Примѣненіе законовъ движенія воды въ открытыхъ каналахъ къ сѣченыямъ, употребительнымъ въ канализаціонной техникѣ. — Сѣченія: трапециoidalное, прямоугольное, круглое, обыкновенное, овоидальное, овоидальное Филлипса, овоидальное уширенное, лотковое о трехъ центрахъ и лотковое о двухъ центрахъ . . . . . 96



## ГЛАВА I.

**Введение. — Общія понятія о водостокахъ. — Вещества, подлежащія удаленію. — Различныя системы канализаціи. — Значеніе канализаціи.**

Правильное устройство и организація способа удаленія изъ населенныхъ центровъ нечистотъ и атмосферныхъ осадковъ составляетъ едва-ли не одну изъ наиболее важныхъ задачъ городского хозяйства и въ дѣлѣ общественнаго здравоохраненія должно быть поставлено рядомъ съ вопросомъ о снабженіи городовъ доброкачественною водою въ достаточномъ количествѣ. Санитарныя условія жизни въ населенныхъ центрахъ зависятъ главнымъ образомъ отъ слѣдующихъ двухъ факторовъ:

1) отъ качества и количества воды, предоставляемой жителямъ для питья и домашнихъ потребностей, т. е. отъ правильно устроеннаго водопровода, и

2) отъ сохраненія въ чистотѣ городского воздуха, почвы и водныхъ протоковъ, что достигается рациональнымъ способомъ удаленія нечистотъ, образующихся въ городахъ, воды, бывшей въ употребленіи, и атмосферныхъ осадковъ, загрязненныхъ отбросами.

Неправильное скопленіе въ домахъ, на дворахъ, или улицахъ нечистотъ и отбросовъ, образующихся отъ домашняго обихода, не должно быть допускаемо. Органическія вещества, всегда находящіяся въ нечистотахъ и отбросахъ, отъ дѣйствія тепла и влаги быстро переходятъ въ гніеніе и разлагаются при этомъ на свои составныя части, которыя образуютъ между собою новыя соединенія въ видѣ вредныхъ для чловѣка веществъ, заражающихъ городскую почву и воздухъ, приходящіе съ ними въ непосредственное соприкосновеніе. Полуразложившіеся жидкіе отбросы могутъ стекать въ городскіе водные протоки и тѣмъ самымъ заражать ихъ. Наконецъ грунтовая вода, двигаясь по отра-

вленными слоями почвы, вносить еще большую заразу в водные потоки и разносить ее по всей городской почве. Одновременно с этим органические вещества, содержащиеся в нечистотах и отбросах, представляют из себя среду, благоприятствующую развитию вредных для человека болезнетворных микроорганизмов, так называемых патогенных бактерий, которые еще более усиливают общую картину отравы городского воздуха, почвы и воды. Во избежание этого, удаление нечистот и отходов, содержащих в себе вещества органического происхождения, должно производиться возможно быстро и совершенно, пока процесс разложения еще не начался и притом без вреда для здоровья, не нарушая эстетического чувства обывателей и, ради облегчения осуществления, — при возможно меньших денежных издержках.

Сооружения, имеющие целью отведение жидких нечистот из населенных центров, называются водостоками, или канализацией. Сооружения эти состоят из сети закрытых в землю труб и каменных галлерей, по которым и текут жидкие отбросы. Задача устройства правильной и удовлетворяющей вышеуказанным общим условиям системы водостоков является особенно сложной в многочисленных городах и вместе с тем составляет для них вопрос первой важности. Тем не менее отведение нечистот и отходов из отдельно стоящих зданий: заводов, казарм, больниц, скотобоен и т. п. заслуживает также полного внимания техников, так как необходимость, а равно и денежная возможность устройства подходящих приспособлений встречается здесь гораздо чаще, чем возможность проектирования и постройки целой сети городских водостоков.

Задача правильного устройства водостоков не ограничивается одним быстрым удалением жидких отходов из предельно города, или отдельного здания: необходимо так удалять отбросы, чтобы пункты, куда они удаляются, не служили источниками заразы для окрестных городов, селений, или зданий. Незабывая при устройстве водостоков возникает вопрос, куда направить из города грязные сточные воды, или какие меры принять для их обезвреживания?

Объ задачи находится между собою в связи и приемы для обезвреживания сточных вод кроме климатических и иных местных условий зависят отчасти от способов, принятых для их удаления. При этом следует заметить, что, если первая задача, т. е. быстрое и безвредное удаление жидких отходов всегда разрешается вполне удовлетворительно существующими системами водостоков, то вторая задача пока еще не всегда может быть решена безусловно правильно.

*Вещества, подлежащая удалению* изъ городовъ и отдѣльныхъ зданій, суть слѣдующія:

- 1.— *Соръ и твердые отбросы* изъ жилыхъ помѣщеній, промышленныхъ и фабричныхъ заведеній, со дворовъ, улицъ и изъ садовъ; кухонные твердые отбросы, зола, навозъ отъ животныхъ, трупы палыхъ животныхъ и т. п. (такъ назыв. сухіе отбросы).
- 2.— а) *Домовыя грязныя воды*, происходящія изъ водопроводной воды, бывшей уже въ употребленіи, а именно: кухонныя воды отъ мытья пищевыхъ продуктовъ и посуды, вода отъ мытья жилыхъ помѣщеній, изъ умывальниковъ, отъ промывки ватер-клозетовъ, изъ домовыхъ прачешныхъ и т. п.
- б) *Общественныя грязныя воды* изъ общественныхъ сооружений, какъ то: загрязненная уличной пылью липня, непотребленная жителями вода уличныхъ водоразборныхъ крановъ, отработавшая вода уличныхъ фонтановъ, вода бывшая въ употребленіи при мытьѣ и поливкѣ улицъ и т. п.
- в) *Промышленныя*, или заводскія *воды*, происходящія отъ промышленнаго потребленія воды въ различнаго рода фабрикахъ, заводахъ и мастерскихъ.
3. — *Человѣческія изверженія* (экскременты) твердыя и жидкія.
4. — *Атмосферныя осадки*, выпадающіе на крыши построекъ и на поверхность дворовъ и улицъ.
5. — *Грунтовыя воды* (пониженіе и закрѣпленіе ихъ уровня на одной постоянной высотѣ).

Быстрое удаленіе всѣхъ перечисленныхъ веществъ, кромѣ главной своей цѣли—общественнаго здравоохраненія, преслѣдуетъ еще и другія, изъ которыхъ можно указать на слѣдующія: содержаніе въ чистотѣ и опрятности домовъ и дворовъ, что ведетъ къ возможности болѣе полной ихъ утилизаціи; облегченіе движенія по улицамъ вслѣдствіе ихъ чистоты и сухости; болѣе дешевое устройство оснований построекъ въ осушенной почвѣ и т. п.

Что касается до способовъ удаленія перечисленныхъ отбросовъ, то:

*сухіе и твердые отбросы*, означенные въ п. 1—всегда удаляются отвозкою лопадми, т. наз. вывознымъ способомъ, причемъ накопленіе ихъ въ большомъ количествѣ въ особыхъ, отве-

денныхъ для этого мѣстахъ, помойныхъ и мусорныхъ ящикахъ и ямахъ, не должно быть допускаемо;

*жидкіе отбросы*, означенные въ п. 2 и 4, могутъ быть удаляемы или по поверхности земли въ открытыхъ канавахъ и лоткахъ вдоль улицъ, или въ подземныхъ водосточныхъ галлерейхъ;

*человѣческія изверженія* жидкія и твердыя могутъ быть удаляемы вывознымъ способомъ, или же въ открытыхъ канавахъ и лоткахъ по поверхности земли вмѣстѣ съ другими сточными водами, или, наконецъ, въ подземныхъ водосточныхъ галлерейхъ; при этомъ твердыя изверженія (каль) можетъ быть выдѣлеть и удаляемъ отдѣльно вывознымъ способомъ;

*грунтовая вода*, означенныя въ п. 5, могутъ быть удаляемы исключительно лишь сътыю подземныхъ проводовъ.

Отличіе водостоковъ, или канализацій различныхъ системъ заключается въ томъ, какіе именно изъ перечисленныхъ отбросовъ и нечистотъ поступаютъ въ общую сътыю подземныхъ галлерей и какіе удаляются особо. На этомъ основаніи водостоки можно раздѣлить на 2 главные системы: 1) *обще-сплавную*, въ сътыю подземныхъ галлерей которой поступаютъ все вышепоименованныя жидкія вещества и 2) *раздѣльную*, подземныя галлерей которой отводятъ лишь часть поименованныхъ жидкихъ отбросовъ. Иначе системы канализацій могутъ быть раздѣлены на системы *свободнаго стока*, или *сплавныя*, въ которыхъ стокъ нечистотъ происходитъ самъ собою въ силу данныхъ подземнымъ галлереймъ уклоновъ, и на системы, дѣйствующія *искусственной механической* силой (обыкновенно сжатымъ, или разрѣженнымъ воздухомъ). Такимъ образомъ одновременно одна и та же система канализація можетъ быть сплавною въ силу того, что дѣйствуетъ само-сплавомъ, и раздѣльною, такъ какъ принимаетъ въ себя лишь часть жидкихъ отбросовъ.

Болѣе детальное отличіе системъ другъ отъ друга и ихъ наименованіе видно изъ нижепомѣщенной таблицы; здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что удаленіе грунтовой воды или, вѣрнѣе, пониженіе ея уровня, не служитъ характернымъ признакомъ для различія системъ. Наименованія различныхъ системъ канализацій пока еще установлены не достаточно точно и нѣкоторыя системы получили по мысли ихъ изобрѣтателей произвольныя и вмѣстѣ съ тѣмъ не вполне ясныя наименованія. Такъ напр. раздѣльная система Шона съ перекачиваніемъ нечистотъ сжатымъ воздухомъ носитъ названіе гидро-пневматической, система Лирнура—дифференціальной и т. д.

Атмосферные осадки (п. 4).	Домовыя, промышлен. и обществен. сточныя воды (п. 2 а, б и с).	Человѣческіе экскременты (п. 3).		Наименованіе системъ.
		Моча.	Калъ.	
Открытыя канавы.		Вывозъ.		Старинный способъ.
Подземные каналы.		Вывозъ.		Сплавная система съ выдѣленіемъ экскрементовъ.
Подземные каналы.		Вывозъ.		Сплавная система съ выдѣленіемъ твердыхъ экскрементовъ (съ сепараторами).
Открытыя канавы или подземн. каналы.	Подземные каналы.	Пневматическія трубы.		Дифференціальная система (раздѣльная) (системы Лирнура, Берлие и др.).
Открытыя канавы или подземн. каналы.	Подземные каналы.		Раздѣльная (или закрытая) система. (Системы Уэринга, Шона и др.).	
Подземные каналы.			Обще-сплавная система.	

Примѣненіе той, или другой системы водостоковъ зависитъ главнымъ образомъ отъ мѣстныхъ условій и обстоятельствъ и въ различныхъ случаяхъ каждая система можетъ имѣть свои преимущества.

Сравненіе различныхъ системъ между собою по степени приносимой ими пользы едва-ли возможно внѣ мѣстныхъ данныхъ, тѣмъ болѣе, что и безотносительныя основы для оцѣнки системъ теоретически еще далеко не достаточно обоснованы.

Способъ отведенія сточныхъ водъ (п. 2, а, б и с) по поверхности улицъ въ открытыхъ канавахъ, или лоткахъ примѣнимъ лишь въ умѣренномъ климатѣ, при условіи обильной и непрерывной промывки канавъ чистою водою, доставляемой водопроводомъ, или инымъ источникомъ водоснабженія. Этотъ способъ рѣшительно не удовлетворяетъ требованіямъ общественной гигіены, и поѣтому не долженъ быть примѣнимъ для удаленія грязныхъ сточныхъ водъ. Что касается до удаленія дождевой воды при помощи открытыхъ лотковъ и канавъ, то оно, принадлежа къ числу старѣйшихъ способовъ удаленія изъ городовъ атмосферныхъ осадковъ, весьма часто примѣняется и въ настоящее время и, хотя представляетъ извѣстнаго рода несовершенства и неудобства, тѣмъ не менѣе въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ быть допущено къ примѣненію.

Способъ удаленія жидкихъ отбросовъ помощью подземныхъ водосточныхъ галлерей существовалъ еще въ глубокой древности. Существовать свидѣтельства древнихъ писателей, по большей части подтвер-



жденныя раскопками, что въ Вавилонѣ, Карфагенѣ, Иерусалимѣ и многихъ другихъ городахъ древняго міра, совмѣстно съ водопроводами, существовали подземныя галлерей для отвода грязной воды. Такъ напр. вполнѣ доказано, что въ Иерусалимѣ въ 4-мъ вѣкѣ до Р. Х. кровь жертвенныхъ животныхъ вмѣстѣ со сточными водами храма, а можетъ быть и всего города, стекала по галлерей въ 2 расположенныя на различной высотѣ бассейна, соединенныя между собою подземною трубою; въ первомъ осыдали твердые отбросы, которые затѣмъ шли въ качествѣ удобренія въ продажу окрестнымъ садовникамъ долины Кедрона, а жидкими нечистотами изъ втораго бассейна орошались царскіе сады. Въ Римѣ при Тарквиніи Прискѣ (616—578 г. до Р. Х.) была начата постройка знаменитой Cloaca Maxima, на что была употреблена часть добычи отъ войны съ Сабинянами. Первоначальное назначеніе клоака было—осушеніе римскаго Форума; она состояла изъ подземной галлерей, перекрытой сводомъ, идущей къ р. Тибру. Впослѣдствіи при Тарквиніи Гордомъ (534—509 до Р. Х.) клоака была расширена боковыми, впадавшими въ главную, галлерейми и уже предназначалась для отвода нечистотъ. Маркъ Агриппа (63—12 г. до Р. Х.) еще болѣе расширилъ ея водостокъ и для цѣлей промывки выпустилъ въ нее воду изъ 7 ручьевъ. Съ поверхностью земли клоака сообщалась помощью многочисленныхъ колодцевъ, которые служили для вливанія въ нихъ грязной воды, для освѣженія воздуха внутри клоакъ и для очистки подземныхъ галлерей. Надзоръ за исправнымъ дѣйствіемъ и чистотою клоака былъ самый тщательный, способъ-же постройки настолько солидный, что и въ настоящее время Римъ пользуется частью древнихъ стоковъ для цѣлей канализаціи города. Подобныя примѣры пользованія древними сооруженіями водостокъ можно видѣть, кромѣ Рима, еще въ нѣкоторыхъ городахъ Италіи, остатки же канализаціонныхъ сооруженій были найдены не только въ Италіи, но и во многихъ странахъ, бывшихъ подъ римскою властью.

Если изъ древняго міра можно привести еще много другихъ примѣровъ сознанія древними народами пользы водосточныхъ сооруженій, то въ настоящее время можно привести много фактическихъ данныхъ, доказывающихъ санитарное значеніе канализаціи.

Заболѣваемость и смертность городского населенія уменьшается по мѣрѣ увеличенія чистоты города, и статистическія данныя доказываютъ это весьма ясно. Такъ напр. въ Берлинѣ, когда въ немъ не была устроена канализаціи и нечистоты частью собирались въ выгребяхъ, частью стекали по уличнымъ лоткамъ, умирало 32<sup>0</sup>/<sub>00</sub>—36<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, въ настоящее же время съ введеніемъ канализаціи (и улучше-

пиемъ водоснабженія) смертность понизилась до 26<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Въ Данцигѣ послѣ устройства канализаціи и (водоснабженія) смертность понизилась съ 36,8<sup>0</sup>/<sub>00</sub> на 27<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Въ Лондонѣ при тѣхъ-же обстоятельствахъ (улучшеніе водоснабженія и канализаціи) смертность упала съ 36<sup>0</sup>/<sub>00</sub> (конецъ прошлаго столѣтія) до 22<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Особенно замѣтно при этомъ уменьшеніе тифозныхъ заболѣваній. Такъ въ Гамбургѣ послѣ устройства канализаціи тифозныя заболѣванія уменьшились приблизительно въ 3 раза, въ Данцигѣ—въ 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> разъ.

Нѣтъ никакого сомнѣнія, что на пониженіе заболѣваемости и смертности вліяло улучшеніе всѣхъ сторонъ санитарныхъ условій жизни, тѣмъ не менѣе важнѣйшую роль при этомъ играло проведеніе въ города чистой воды и отведеніе изъ нихъ загрязненной.

Особенно сильное движеніе въ пользу санитарныхъ мѣропріятій по очисткѣ городовъ можно замѣтить съ первой половины настоящаго столѣтія, сначала въ Англіи, а затѣмъ въ Германіи, Франціи, Америкѣ и другихъ государствахъ. Правительства всѣхъ этихъ странъ помощью различныхъ законоположеній старались установить прочныя основанія тѣхъ идей, которыя подлежатъ осуществленію, и тѣхъ цѣлей, которыхъ слѣдуетъ достигать при различныхъ способахъ удаленія отбросовъ. Въ одной изъ подобныхъ инструкцій, изданныхъ въ Англіи, между прочимъ говорится, что привычка даннаго народа къ опрятности и въ особенности заботливость его о предохраненіи жилищъ отъ зараженія нечистотными отдѣленіями, представляютъ вѣрный масштабъ образованности и развитія народа. Печальнымъ, но вѣрнымъ доказательствомъ недостатка знанія и неумѣнія вѣрно оцѣнить условія, на которыхъ основывается прогрессъ физическаго и моральнаго состоянія населенія, служитъ то обстоятельство, что на присутствіе нечистотъ въ домахъ и городахъ, на неряшество среди населенія и на попытки устранить или ослабить дурныя послѣдствія, связанныя съ этимъ, часто смотрятъ съ полнымъ равнодушіемъ, какъ будто этотъ предметъ не важенъ, безразличенъ, или годенъ лишь для возбужденія отвращенія. Моральныя и санитарныя условія жизни требуютъ немедленнаго удаленія всѣхъ нечистотъ изъ соосѣдства съ жилищами, поэтому эти вещества должны быть удаляемы во всякомъ случаѣ; экономическія условія съ своей стороны требуютъ, чтобы необходимыя для этого сооруженія были устроены такъ, чтобы удаленіе происходило наиболее дешевымъ и цѣлесообразнымъ способомъ. Въ заключеніе инструкція говоритъ, что ни религіозный долгъ, ни существующій законъ, ни общественная мораль не признаютъ существованія такихъ частныхъ правъ, которыя вредятъ здоровью, или благосостоянію другихъ людей.

Поэтому невозможно дозволить кому-бы то ни было сохранять на своемъ участкѣ земли въ городѣ, или среди тѣсно скученныхъ жилищъ фекальныя массы, или нечистоты иного рода, такъ какъ въслѣдствіе этого портителъ общій для всѣхъ воздухъ и, слѣдовательно, причиняется вредъ сосѣдямъ. Хотя каждый можетъ располагать своимъ собственнымъ здоровьемъ по своему благоусмотрѣнію, однако, еслибъ онъ жилъ даже въ отдѣльно стоящемъ домѣ, онъ все-таки не имѣетъ никакого права причинять вредъ здоровью своихъ дѣтей, или прислуги.

Основываясь на многочисленныхъ изслѣдованіяхъ, инструкция даетъ слѣдующее заключеніе: удаленіе нечистотъ помощью канализаціи представляеть лучшей способъ для достиженія санитарныхъ цѣлей. Все приводимыя въ этой инструкціи мысли не потеряли, да и не могутъ потерять значенія и въ настоящее время, хотя и были впервые высказаны почти полъ-столѣтія тому назадъ \*).

Польза, приносимая канализаціей, въ настоящее время настолько ясно проникла въ Западной Европѣ въ сознаніе народа, что заграничныя инженерныя считаютъ себя уже вправѣ говорить слѣдующее: «въ настоящее время подземные сточныя каналы получили въ глазахъ народа такое серьезное значеніе, что въ обязанность не только каждаго техника и каждаго врача, но едва-ли не каждаго человѣка входитъ изученіе главнѣйшихъ правилъ, на основаніи которыхъ возводятся подобнаго рода сооруженія» \*\*). Къ сожалѣнію у насъ, въ Россіи, канализаціонное дѣло пока стоитъ еще далеко не въ такихъ благоприятныхъ условіяхъ и, говоря о канализаціи, весьма часто приходится не только доказывать ея пользу, но даже пояснять, что подразумѣвается подъ этимъ словомъ.

Удаленіе сухихъ и вообще твердыхъ отбросовъ производится всегда, какъ это было указано выше, вывознымъ способомъ, причеиъ предварительно отбросы эти собираются въ особыхъ пріемникахъ. Во многихъ городахъ, въ Россіи же почти повсемѣстно, дозволяется, а иногда и предписывается собирать вмѣстѣ съ твердыми и жидкіе отбросы въ пріемники, вырытые въ землѣ и обдѣланные деревомъ, или камнемъ \*\*\*). При этомъ жидкіе отбросы почти всегда просачиваются въ землю, оставшіеся же твердые время отъ времени вывозятся лошадьми на свалочныя мѣста. Уже давно извѣстно всѣмъ, что

\*) См. В. Карловичъ, Санитарно-Инженерныя очерки. 1882.

\*\*\*) См. О. König. Ueber die Kanalisation kleinerer Städte, Halle a. S. 1894.

\*\*\*\*) Пріемники иногда бываютъ углублены до пронцаемаго слоя почвы, или уровня грунтовыхъ водъ и даже не снабжаются дномъ—получается родъ поглощающихъ колодецьевъ. Подобныя устройства весьма обычны не только въ Россіи, но и за границей.

вмѣстѣ съ просочившимися въ землю отбросами въ почву вносятся вредные элементы, что слѣдствіемъ ея отравы является распространіе различныхъ болѣзней (тифъ, холера, диссентерія и т. п.), тѣмъ не менѣе, предлагая нѣкоторыми способами предупредить зараженіе почвы, немногочисленные сторонники вывознаго способа считаютъ, что вопросъ: «канализація или вывозъ» научно еще не рѣшенъ вполне удовлетворительно. Не входя въ разсмотрѣніе этого вопроса, что и завело-бы слишкомъ далеко, и не можетъ входить въ программу настоящей книги, должно замѣтить, что на практикѣ вопросъ разрѣшается тѣмъ, что естественность и удобство канализаціоннаго способа побуждаютъ почти повсемѣстно переходить отъ вывоза къ устройству водостоковъ.

Дѣйствительно, разъ признано, что для цѣлей здравоохраненія въ населенныхъ центрахъ необходима водопроводная сѣтъ, при помощи которой каждый житель имѣетъ возможность получать чистую воду въ достаточномъ для него количествѣ, то естественнѣе всего дать ему въ распоряженіе и вторую сѣтъ трубчатыхъ проводовъ, при помощи которой загрязненная отбросами, потребленная водопроводная вода могла-бы отводиться изъ предѣловъ города по возможности также быстро, какъ быстро доставляется чистая.

Организмъ цѣлаго города имѣетъ полную аналогію съ организмомъ отдѣльныхъ составляющихъ его членовъ—городскихъ жителей: ни одна изъ естественныхъ потребностей человѣка, а значитъ и города, не можетъ оставаться неудовлетворенной безъ того, чтобы организмъ не сталъ хворать. Человѣкъ долженъ пить, ѣсть и извергать переваренныя, излишнія и вредныя для него вещества, такъ точно и городъ, разъ онъ долженъ имѣть водопроводъ, долженъ имѣть и свою водосточную сѣтъ: водостоки сѣтъ необходимѣйшая принадлежность города, имѣющаго водопроводъ.

## ГЛАВА II.

**Предварительныя изысканія и работы.—Планъ канализуемаго района.—**  
**Количество и густота народонаселенія.—Домовыя, общественныя и**  
**промышленныя сточныя воды.—Изверженія людей и животных.—**  
**Атмосферныя осадки.—Коэффициенты плотности и замедленія.—До-**  
**пускаемая степень разжиженія домовыхъ сточныхъ водъ ливневыми.—**  
**Грунтовыя воды.—Составъ сточныхъ водъ.**

Городскими водостоками, или канализаціею, называется сѣтъ уложенныхъ вдоль улицъ города подземныхъ трубъ и галлерей, въ которыхъ стекаютъ грязныя сточныя воды изъ домовъ и дворовыхъ участковъ, съ поверхности улицъ и т. п. Эти уличныя трубы и галлерей, иначе называемыя уличными коллекторами, укладываются въ землю съ нѣкоторымъ уклономъ, такъ что сточная вода движется по нимъ исключительно въ силу дѣйствія тяжести и притомъ, очевидно, всегда въ сторону уклона. Проходи вдоль улицъ, многочисленныя отдѣльные коллектора соединяются между собою и уже въ видѣ одного, или нѣсколькихъ проводовъ выходятъ изъ предѣловъ города. Подобная система устройства, дѣйствующая въ силу данныхъ коллекторамъ уклономъ, носитъ названіе, какъ это было указано выше, системы *сплавной*, или системы *свободнаго стока* (независимо отъ состава сточныхъ водъ) въ отличіе отъ другихъ системъ, въ которыхъ движеніе сточной жидкости обуславливается какою-нибудь иною силою, а не силой тяжести, напр. сжатымъ, или разрѣженнымъ воздухомъ. Въ настоящей книгѣ разсматриваются почти исключительно системы свободнаго стока, описанію же иныхъ системъ посвящена особая глава.

**Предварительныя изысканія**, необходимыя при составленіи проекта водосточной сѣти, заключаются въ подробномъ ознакомленіи съ границами, планомъ и строеніемъ поверхности канализуемаго участка города, послѣ чего намѣчаются на планѣ линіи и направленія буду-

щихъ подземныхъ водосточныхъ проводовъ и затѣмъ уже опредѣляются количества сточной воды, которая будетъ протекать по каждому изъ проектируемыхъ водосточныхъ трубъ, или галлерей. Окончивъ эти предварительныя работы, можно приступать къ расчету и окончательному проектированію водосточной сѣти.

**Планъ города.** Для предварительныхъ изысканій и работъ по составленію проекта водостоковъ необходимо имѣть точный планъ всего города съ его ближайшими окрестностями въ достаточно крупномъ масштабѣ, самое удобное—50 саж. въ 1 дюймѣ (minimum 75 саж. въ 1 дюймѣ). На этомъ планѣ должны быть обозначены застроенные и незастроенные участки города, всѣ площади и улицы, не только существующія, но и проектируемыя для устройства въ будущемъ, чтобы при проектированіи водостоковъ и эти послѣднія могли быть приняты во вниманіе; кромѣ того на планѣ должны быть нанесены сады, общественныя фонтаны, крупныя общественныя учрежденія, промышленныя заведенія и фабрики, большія бани и т. п., а также всѣ рѣчки, каналы, озера и вообще водныя резервуары съ непремѣннымъ обозначеніемъ высшаго, средняго и низшаго горизонта стоянія ихъ водъ.

Изъ окрестностей города особенно важно имѣть подробный планъ той мѣстности, въ которую предполагается направить грязныя сточныя городскія воды, собранныя канализаціонною сѣтью, а такъ какъ часто бываетъ затруднительно заранѣе намѣтить подобный пунктъ (или подобные пункты), то для предварительныхъ соображеній надо имѣть планъ всѣхъ ближайшихъ городскихъ окрестностей. На этомъ планѣ должны быть обозначены всѣ водныя протоки и резервуары (съ обозначеніемъ высотъ стоянія ихъ водъ), границы владѣній, строенія, дороги и т. п., на планѣ-же той мѣстности, куда будетъ окончательно рѣшено направить сточныя воды, всѣ указанныя обозначенія должны быть сдѣланы возможно болѣе подробно и точно. Если городъ подвергается наводненіямъ ливневой воды съ примыкающихъ къ нему холмовъ или горъ и если эта вода должна поступать въ городскую сточную сѣть, то и планъ всей соответственной мѣстности стока ливневой воды долженъ быть исполненъ возможно точно. Словомъ—чѣмъ болѣе подробныя планы будутъ въ распоряженіи лица, составляющаго проектъ, тѣмъ болѣе шансовъ получить отъ него обдуманый, удобный исполнимый для данной мѣстности проектъ.

Кромѣ подробной ситуаціи на планѣ города должны быть вполне точно обозначены *отмѣтки поверхности улицъ и площадей* и, хотя бы приблизительно, *отмѣтки поверхности дворовыхъ застроенныхъ участковъ* города. Обозначеніе отмѣтокъ всего удобнѣе достигается

нанесеніемъ на планъ горизонталей; послѣднія должны быть начерчены возможно чаще, однако безъ затемненія самаго плана. Что касается до отмѣтокъ на планѣ окрестностей города, то ихъ точное и подробное нанесеніе важно лишь для мѣстностей, по которымъ пройдутъ водосточныя галлерей и которыя такъ, или иначе будутъ связаны съ городскою канализаціонною сѣтью, для предварительныхъ же соображеній достаточно имѣть лишь общее представленіе о степени повышения, или пониженія главнѣйшихъ пунктовъ окрестностей (берега водныхъ протоковъ, большіе овраги, значительныя холмы и т. п.).

Ясное представленіе о склонахъ канализируемой мѣстности важно потому, что при распредѣленіи водосточной сѣти ее слѣдуетъ комбинировать такимъ образомъ, чтобы уклоны отдѣльныхъ проводовъ по своему направленію совпадали съ уклонами улицъ, по которымъ проходятъ: этимъ облегчается и удешевляется производство работъ. Такимъ образомъ скаты улицъ опредѣляетъ направленіе стока канализаціонныхъ водъ, а общій скатъ мѣстности тотъ пониженный пунктъ, или тѣ пониженныя пункты, къ которымъ сводятся сточныя воды. Наибольшія, наименьшія и среднія высоты стояція воды въ городскихъ водныхъ протокахъ и резервуарахъ весьма часто влияют на глубину заложенія водосточныхъ коллекторовъ, идущихъ вдоль набережныхъ, а такъ какъ коллектора всегда бываютъ связаны между собою, то глубина заложенія хотя-бы одного коллектора отражается на глубинѣ заложенія и уклонахъ всѣхъ остальныхъ соединенныхъ съ нимъ коллекторовъ водосточной сѣти. Вотъ почему при проектированіи и важно имѣть точныя свѣдѣнія о горизонтахъ воды въ городскихъ рѣкахъ, каналахъ и озерахъ, если же городъ приморскій—то и моря.

Кромѣ указанныхъ плановъ для составленія проекта водостоковъ необходимо имѣть *данныя о горизонтѣ и колебаніи грунтовыхъ водъ*, а также, по возможности, и о направленіи ихъ теченій \*). Свѣдѣнія о грунтовыхъ водахъ необходимы для того, чтобы при проектированіи сточной сѣти можно было въ случаѣ надобности принять мѣры къ пониженію ихъ уровня. Глубина грунтовой воды можетъ отчасти вліять и на глубину заложенія водосточной сѣти.

Къ необходимымъ для составленія проекта свѣдѣніямъ слѣдуетъ также отнести *данныя о поверхностномъ строеніи почвы и о ея температурѣ въ зимнее время*, такъ какъ отъ нихъ зависитъ выборъ системы устройства сточныхъ коллекторовъ и глубина заложенія: водосточныя

\*) Производство изысканій см. *Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Wasserbau, I Abth., 1 Hälfte (III Auflage). 1892.*

трубы и галлерей должны непременно находиться ниже глубины промерзания грунта \*).

Имѣя въ рукахъ подробные планы, а также и все вышепонимованныя данныя, можно приступить къ распредѣленію по улицамъ коллекторовъ проектируемой водосточной сѣти, но, такъ какъ послѣдняя служитъ для приѣма сточныхъ водъ, то предварительно будетъ не лишнимъ ознакомиться съ тѣмъ, какія нечистоты и въ какомъ объемѣ могутъ въ нее поступать.

Количество нечистотъ, стекающихъ въ уличные коллектора изъ жилыхъ домовъ (домовыя, промышленныя и общественныя сточныя воды) зависитъ отъ густоты городского населенія и отъ расхода воды жителями.

Количество водъ, стекающихъ въ коллектора съ поверхности улицъ, площадей, дворовъ и крышъ построекъ (атмосферные осадки) зависитъ главнымъ образомъ отъ степени интенсивности атмосферныхъ осадковъ и размѣровъ той площади, съ которой они стекаютъ.

**Густота населенія.** При опредѣленіи густоты городского населенія, принимаемой въ основу расчета водосточной сѣти, слѣдуетъ всегда имѣть въ виду, что проектируемая сѣть должна удовлетворять не только всеѣмъ потребностямъ удобнаго и быстрого снѣва нечистотъ въ данное время, но и въ будущемъ, при болѣе густомъ населеніи. Вслѣдствіе этого за основную проектную цифру густоты принимается не современная составленію проекта, а иная, большая, именно та, которая будетъ существовать хотя-бы въ близкомъ будущемъ. При этомъ не слѣдуетъ также и черезчуръ преувеличивать цифру населенія, такъ какъ всякое увеличеніе вызываетъ увеличеніе размѣровъ уличныхъ коллекторовъ, а слѣдовательно и сумму потребныхъ на сооруженіе расходовъ, въ дѣйствительности-же этой слишкомъ увеличенной по размѣрамъ сѣтью въ полномъ ея объемѣ будутъ пользоваться лишь весьма отдаленныя будущія поколѣнія. За среднюю норму можетъ быть принята въ основу проекта канализаціи современная составленію проекта густота населенія, увеличенная на 30<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—50<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, а за maximum — увеличеніе на 100<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Приростъ народонаселенія въ городахъ зависитъ отъ перевѣса числа рожденій надъ числомъ смертей, а также отъ прилива деревенскаго населенія, и можетъ быть выраженъ въ видѣ  $\frac{1}{k}$  процентовъ, на которые ежегодно увеличивается общая цифра  $S$  городского населенія.

\*) Образцомъ весьма подробной группировки указанныхъ данныхъ можетъ служить проектъ инженер. *Линдлея*: Водостоки столичнаго города С.-Петербурга, изданный Спб. городской управою въ 1884 году.



По формулѣ сложныхъ процентовъ черезъ  $n$  лѣтъ цифра городского населенія:

$$S_1 = S \left( 1 + \frac{k}{100} \right)^n$$

Обратно, если изъ статистическихъ данныхъ за періодъ въ  $n$  лѣтъ, извѣстны  $S$  и  $S_1$ , то можно узнать  $k$ :

$$k = 100 \left( \sqrt[n]{\frac{S_1}{S}} - 1 \right).$$

зная же  $k$ , можно опредѣлить и будущее населеніе  $S$  черезъ любое число лѣтъ. Помощью дѣленія общаго числа жителей  $S_1$  на величину площади, занятой городомъ, опредѣляется искомая густота населенія.

Недостаточность статистическихъ данныхъ для русскихъ городовъ не позволяетъ судить, насколько близко дѣйствительность подходит къ результатамъ вышеприведенной формулы, весьма часто встречаемой въ иностранныхъ руководствахъ. Во всякомъ случаѣ слѣдуетъ замѣтить, что быстрота прироста населенія подвержена значительнымъ колебаніямъ и въ громадной степени зависитъ отъ экономическаго состоянія города: вмѣстѣ съ его улучшеніемъ растетъ и цифра населенія, между тѣмъ въ приведенной формулѣ эта зависимость почти ничѣмъ не выражается.

Въ общемъ замѣчено, что быстрота прироста наиболее значительна въ городахъ средней величины, затѣмъ въ большихъ, и менѣе всего въ маленькихъ; въ послѣднихъ даже часто замѣчается уменьшеніе населенія вслѣдствіе переселенія жителей въ ближайшіе большіе центры.

При опредѣленіи проектной цифры густоты населенія необходимо знать и принимать во вниманіе мѣстные условія жизни и возможность измѣненій этихъ условій въ будущемъ. Такъ напр. городъ, гдѣ проектируется устройство сѣти водосточковъ, предполагается связать съ сѣтью желѣзныхъ дорогъ, устроить бухту, портъ и т. п. — всѣ эти случаи въ связи съ извѣстнымъ строемъ мѣстныхъ условій жизни могутъ дать основаніе для предположенія, что въ будущемъ городъ станетъ увеличиваться значительно быстрее, чѣмъ это замѣчалось ранѣе, и цифра густоты, полагаемая въ основу проекта канализаціи, должна быть больше, чѣмъ, еслибъ не предвидѣлось измѣненій условій экономическаго строя жизни.

Въ болѣе или менѣе значительныхъ городахъ за расчетную цифру густоты населенія можетъ быть также принята та цифра, которая

соотвѣтствуетъ крайнему предѣлу населенности даннаго города. Этотъ предѣлъ зависитъ отъ характера и густоты построекъ и въ многочисленныхъ столицахъ, гдѣ цѣнность земли высока и дома строятся въ 5 и болѣе этажей при наименьшихъ допускаемыхъ закономъ размѣрахъ дворовъ, выражается болѣею цифрою, нежели въ губернскихъ, или большихъ уѣздныхъ, гдѣ имѣется возможность распространять постройки въ ширину, а не въ высоту. Дѣйствительная густота населенія опредѣляется путемъ статистическихъ данныхъ и наиболѣе населенный городской кварталъ можетъ быть принятъ за норму, превышеніе которой въ будущемъ не предвидится.

Во многихъ случаяхъ оказывается весьма умѣстнымъ для пригорода, или для тѣхъ участковъ, гдѣ живутъ преимущественно состоятельные люди, въ обширныхъ домахъ съ садами и просторными дворами, вводить въ расчетъ цифру меньше наивысшей нормы въ виду того, что эта норма, въ зависимости отъ условій жизни, въ такихъ участкахъ города въ дѣйствительности никогда не можетъ быть достигнута. Въ этомъ случаѣ въ расчетъ входятъ, вмѣсто одной, двѣ цифры густоты населенія, различныя для разныхъ частей города.

Принятая за норму густота населенія предполагается размѣщенной равномерно по извѣстнымъ частямъ, или по всему городу и выражается обыкновенно числомъ людей, живущихъ на опредѣленной площади городской земли (чаще всего на 100 кв. саж.). При этомъ за площадь городской земли принимаютъ поверхность дворовыхъ участковъ (или ея горизонтальную проекцію на планѣ города) вмѣстѣ съ окружающими улицами и площадями, или же поверхность однихъ дворовыхъ участковъ, безъ улицъ и площадей. Последний способъ слѣдуетъ считать безусловно болѣе правильнымъ, особенно, если въ городѣ существуютъ большія незастроенныя площади и улицы различной ширины.

Ниже, въ таблицѣ № 1, приведены данныя относительно густоты народонаселенія, принятыя въ основу устроенныхъ и спроектированныхъ канализацій различныхъ городовъ, причемъ также указаны по возможности и цифры густоты населенія, современныя времени проектированія.

**Домовыя, общественныя и промышленныя сточныя воды.** Количество домовыхъ грязныхъ сточныхъ водъ, протекающихъ по водосточной сѣти, прямо пропорціонально густотѣ народонаселенія и количеству воды, потребленной каждымъ жителемъ. Домовыя сточныя воды состоятъ, какъ извѣстно, изъ: кухонныхъ водъ отъ мытья щипцовыхъ продуктовъ и посуды, воды отъ мытья жилыхъ помѣщеній и бѣлья (пра-

чешныя воды), воды изъ умывальниковъ, ваннъ, отъ промывки ватер-клозетовъ и т. п., слѣдовательно въ полномъ своемъ объемѣ представляютъ изъ себя всю воду, потребленную жителями на свои потребности. Количество воды, расходуемое каждымъ жителемъ въ теченіе сутокъ, зависитъ отъ условій жизни и въ особенности отъ удобства и дешевизны добыванія воды. Съ постройкою водопроводовъ расходъ воды значительно возрастаетъ, такъ какъ, разъ вода проведена внутрь жилыхъ помѣщеній, является возможность устройства при квартирахъ ваннъ и ватерклозетовъ, что всегда сопряжено съ большими расходами и неудобствами, если воду приходится доставлять и разносить ручною работою, въ кадкахъ и ведрахъ. Кромѣ того количество расходуемой жителями воды увеличивается вмѣстѣ съ облегченіемъ и удешевленіемъ способа удаленія грязной, потребленной, а такъ какъ это упрощеніе и удешевленіе весьма часто доставляютъ именно правильно устроенные водостоки, то потребленіе воды можетъ возрасти послѣ постройки канализаціонной сѣти \*).

Къ количеству домовыхъ сточныхъ водъ при расчетѣ водостоковъ весьма часто присоединяютъ общественныя сточныя воды, а именно: отработавшія воды общественныхъ фонтановъ, воду отъ мытья улицъ, воду, стекающую на мостовую изъ уличныхъ водоразборныхъ крановъ, и т. п., а также и промышленныя воды съ фабрикъ и заводовъ.

Для расчета количества домовыхъ сточныхъ водъ (— общественныя + фабричныя) обыкновенно принято брать цифру расхода чистой воды, доставляемой водопроводомъ, или ту цифру, которая будетъ доставляема послѣ устройства, или усиленія такового, хотя, строго говоря, количество домовыхъ водъ, отводимыхъ сѣтью водостоковъ, не вполне соответствуетъ количеству чистой, доставляемой водопроводомъ: часть послѣдней теряется на испареніе и впитываніе въ землю (особенно много теряется при поливкѣ улицъ, пожарахъ, мытьѣ экипажей) \*\*), но зато недостатокъ той же водопроводной воды весьма часто пополняется водою, добываемой вручную изъ городскихъ колодезевъ, рѣкъ и озеръ; послѣднее обстоятельство имѣетъ особое значеніе у насъ въ Россіи, гдѣ большинство городскихъ водопроводовъ пока еще не охватываютъ цѣликомъ всего города. Грѣмъ не менѣе, такъ какъ цифра расхода воды вообще можетъ колебаться въ весьма большихъ

\*) Это можетъ имѣть особенно большое значеніе во многихъ городахъ Россіи; такъ напр. въ Казани удаленіе грязной воды (дозволеннымъ путемъ, т. е. вывозомъ) обходится до 10 разъ дороже доставленія чистой водопроводной.

\*\*) Инженеръ М. Поповъ въ своемъ почтенномъ трудѣ «Искусство оздоровленія городовъ» считаетъ эту потерю при обще-сплавной системѣ—29%, а при раздѣльной—23,5%.

предѣлахъ и такъ какъ ея безусловно точное опредѣленіе довольно гадательно, то слѣдуетъ считать болѣе правильнымъ, что: количество воды, протекающей въ водосточной сѣти равно количеству, доставляемому водопроводомъ, или даже тому количеству, которое должно имъ доставляться для удовлетворенія всѣхъ потребностей всѣхъ городскихъ жителей.

Точное опредѣленіе предѣловъ количества воды, которое можетъ потребляться жителями для своихъ домашнихъ, общественныхъ и промышленныхъ цѣлей, вообще довольно затруднительно. Для расчета водосточныхъ надобности въ особой точности этого опредѣленія и не встрѣчается \*), такъ какъ цифра населенности города всегда принимается съ большимъ запасомъ на будущее приращеніе. За приближительныя нормы для русскихъ городовъ можно принять: при населеніи города до 50000 жителей—2 до 4 ведеръ на 1 человѣка въ сутки, при населеніи отъ 50000—100000 жителей—4 до 5 ведеръ, при населеніи 100000—200000 жителей—5 до 7 ведеръ, при населеніи болѣе 200000 жителей—7 до 13 ведеръ. Превышеніе этихъ цифръ обыкновенно связано съ особенно усиленной фабричною дѣятельностью города, что для Россіи составляетъ почти исключеніе. Количество потребляемой воды зависить въ весьма значительной степени отъ способа ея продажи жителямъ: при обязательности водомѣровъ потребление воды значительно меньше, чѣмъ при ея продажѣ за оптовую плату. Комиссія при Императорскомъ Русскомъ Техническомъ Обществѣ, разсматривая первоначальные проекты канализацій Москвы и С.-Петербурга, нашла, что количество домовыхъ сточныхъ водъ въ столицахъ Россіи должно быть назначено въ 18,43 ведра (8 куб. футъ) на 1 человѣка въ сутки. Эту послѣднюю цифру нельзя не считать за преувеличенную и къ ней, какъ къ предѣльному maximum'у, можетъ быть примѣненъ учетъ части воды на потерю испареніемъ и просачиваніемъ въ землю, причемъ (по М. В. Понову) \*\*) вмѣсто 18,43 должно принять 13,11 ведра на 1 человѣка въ сутки.

Тѣже нормы для городовъ западной Европы мало отличаются отъ вышеприведенныхъ. Такъ по Grahn'у \*\*\*) суточный расходъ воды на 1 жителя въ среднемъ колеблется между 2 и 12 ведрами, причемъ на домашнія потребности (за вычетомъ общественнаго и промышленнаго потребленія) идетъ отъ 3,25 до 4 ведеръ. Въ основу новѣйшихъ про-

\*) См. *Hobrecht*, Die Canalisation von Berlin.

\*\*) Искусство оздоровленія городовъ, стр. 73.

\*\*\*) *E. Grahn*, Die Atr Wasserversorgung der Städte des deutschen Reiches.

ектовъ водоснабженій и канализацій въ Германіи назначаютъ по большей части 12 ведеръ (150 литровъ) воды; въ Англии при проектированіи общесплавной системы канализаціи считаютъ достаточнымъ назначать 10,3 ведра (28 галлоновъ) домовою сточной воды; въ Америкѣ, по большей части вслѣдствіе сильно развитой фабричной дѣятельности, потребление воды доходитъ иной разъ до весьма большихъ цифръ: 30—40 ведеръ на 1 жителя въ сутки.

Приведенныя цифры среднего суточного расхода воды недостаточны для проектированія водосточной сѣтки: расходъ воды никогда не бываетъ равномернымъ, а всегда измѣняется въ болѣе или менѣе значительныхъ предѣлахъ, и водосточная сѣтка должна быть въ состояніи отводить maximum расхода сточной воды. *Колебанія* расхода воды въ городахъ замѣчаются а) *по временамъ года*: лѣтомъ, въ жаркую погоду, суточный расходъ бываетъ больше, нежели зимою; б) *по днямъ недѣли*: въ Россіи, въ такъ называемые банные дни, особенно по субботамъ и наканунѣ большихъ праздниковъ, потребление воды бываетъ больше, чѣмъ въ остальные дни, и, наконецъ, в) *часовыя колебанія* расхода: днемъ въ обѣденное время потребляется воды гораздо больше, чѣмъ ночью. Размѣры колебаній зависятъ отчасти отъ климатическихъ условий, главнымъ же образомъ отъ мѣстныхъ условий и привычекъ жителей.

Въ среднемъ можно считать, что наибольшій суточный расходъ (колебанія по времени года и днямъ недѣли) бываетъ въ  $1\frac{1}{2}$  раза болѣе среднего суточного (самое большее въ 3 раза), а наибольшій часовой расходъ въ обѣденное время (часовое колебаніе) составляетъ  $1\frac{1}{2}$  раза (maximum 2 раза) взятый средний часовой расходъ. Тогда maximum часового расхода воды равенъ

$$\frac{1\frac{1}{2} \cdot 1\frac{1}{2}}{24} = \frac{1}{11} \text{ среднего суточного расхода,}$$

$$\text{а maximum maximum} = \frac{3 \cdot 2}{24} = \frac{1}{4} \text{ среднего суточного расхода.}$$

Наиболѣе правильнымъ слѣдуетъ считать принятіе во вниманіе не абсолютныхъ, наибольшихъ колебаній, а лишь среднихъ. Это становится яснымъ, если обратить вниманіе на слѣдующее. Часовыя колебанія расхода воды нѣсколько сглаживаются въ водосточной сѣткѣ: вода, взятая изъ водопроводной сѣтки въ часы ея наибольшаго разбора, не поступаетъ въ водостоки тотчасъ же въ полномъ своемъ объемѣ; кромѣ того вода, поступившая въ верховья водосточныхъ каналовъ въ часы ея наибольшаго разбора, дойдя черезъ нѣкоторый промежутокъ времени до главныхъ коллекторовъ, смѣшивается съ водами, только что поступившими въ эти послѣдніе изъ ближайшихъ домовъ въ другое время, не совпадающее съ временемъ maximum'a. Помимо этого водостоки,

спроектированные по обще-сплавной системѣ, должны быть въ состояніи отводить кромѣ домовыхъ и ливневыхъ воды, объемъ которыхъ несравненно больше объема домовыхъ, слѣдовательно въ сухую погоду для отведенія однихъ домовыхъ водъ имѣется громадный запасъ въ сѣченіяхъ подземныхъ галлерей. Такъ какъ трудно допустить, что ливень, который былъ принятъ въ расчетъ, по времени своего выпаденія какъ разъ совпадетъ съ максимумомъ расхода домовой воды, то при проектированіи обще-сплавной системы имѣется еще одно основаніе для того, чтобы не принимать во вниманіе полныхъ, наибольшихъ колебаній расхода водопроводной воды.

На этихъ основаніяхъ въ большинствѣ существующихъ и спроектированныхъ канализацій въ основу расчета принято, что  $\frac{1}{2}$  всего *средняго* (а не наибольшаго) суточного расхода домовой сточной воды расходуется въ теченіи отъ 4 до 9 часовъ предъобъденнаго и обѣденнаго времени, или иначе: наибольшій часовой расходъ равенъ отъ  $\frac{1}{2 \cdot 4} = \frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{2 \cdot 9} = \frac{1}{18}$  средняго суточного расхода, въ среднемъ  $\frac{1}{11}$ , т. е. уже указанная выше цифра.

Въ таблицѣ № 1 приведены данныя о среднихъ наибольшихъ расходахъ домовыхъ водъ, принятыхъ въ основу канализацій въ некоторыхъ городахъ. Въ послѣдней графѣ этой таблицы помѣщены расчетные наибольшіе секундные расходы домовыхъ водъ, отнесенные къ 1000 кв. саж. поверхности города и выраженные въ куб. футахъ.

ТАБЛИЦА № 1.

Расходъ домовыхъ сточныхъ водъ въ канализаціяхъ различныхъ городовъ.

НАЗВАНІЕ ГОРОДА.	ЧАСТИ ГОРОДА.	Число жителей на 100 кв. саж.		Число вѣдеръ домо- выхъ водъ на 1 жи- теля въ сутки.	Число часовъ, въ те- чен. которыхъ расхо- дится $\frac{1}{2}$ всего коли- чества домов. водъ.	Расходъ домов. водъ въ куб. фут. съ 1000 кв. саж. площади города.
		Среднее, су- щественно шее во время проектиров.	Принятое въ основу проекта.			
С.-Петербургъ (проектъ Линдлея).	Централн. части города (между Навою и Фонтап.).	14,3	20	11,5	9	0,0170
»	Внѣшнія части города . .	8,6	15	11,5	9	0,0128
Варшава . . . .	—	—	17	18,4	8	0,0236

НАЗВАНИЕ ГОРОДА.	ЧАСТИ ГОРОДА.	Число жителей на 100 кв. саж.		Число вёдер домо- вых водъ на 1 жи- теля въ сутки.	Число часовъ, въ те- чен. которыхъ расхо- дуются $\frac{1}{2}$ всего коли- чества домов. водъ.	Расходъ домов. водъ въ куб. фут. съ 1000 кв. саж. площади города.
		Среднее, су- щественно ице во время проектиров.	Принятое въ основу проекта.			
Москва . . . . .	Центральныя части города (въ чертѣ Садовой ул.) . .	—	20	7	9	0,0094*)
»	Внѣшнія части города . .	—	10	7	9	0,0047*)
Кіевъ . . . . .	—	5	10	7	7 $\frac{1}{2}$	0,0056
Казань (проектъ Н. Ч.) . . . . .	Центральныя части города	8	16	6	9	0,0064
»	Внѣшнія части города . .	4	8	6	9	0,0032
Берлинъ . . . . .	Центральныя части города	отъ 9 до 23	36	10,4	9	0,0251
»	Участки, занятые особня- ками, окружен. садами . .		18	10,4	9	0,0126
Бреславль . . . . .	—	—	11	10	8	0,0088
Висбаденъ . . . . .	Густо застр. части города	—	18	8,1	9	0,0098
»	Рѣдко застр. части города	—	11,4	8,1	9	0,0062
»	Участки, заняты богатыми вилами. . . . .	—	3,4	8,1	9	0,0018
Виттень . . . . .	—	7,5	14	9,8	6	0,0138
Данцигъ . . . . .	Центральныя, старинныя части города . . . . .	22	24	7,3	8	0,0132
»	Нижнія, болѣе рѣдко засе- ленные части города. . .	8	16	7,3	8	0,0081
Дортмундъ . . . . .	—	3	4,3	11	8	0,0036
Дюссельдорфъ . . . . .	Старин. густозаселен. части	27,3	45,5	10,4	9	0,0317
»	Внѣшнія части города . .	7 до 11,4	18	10,4	9	0,0126
Карлсруэ . . . . .	—	отъ 4 до 18	18	12,2	4	0,0332
Кельнъ . . . . .	Старин. густозаселенныя части города . . . . .	18	—	11,4	6	—
»	Новыя части города . .	11,4	—	11,4	6	—
Кенигсбергъ . . . . .	—	до 22	34,5	12,2	8	0,0318
Лондонъ . . . . .	Часть канализацион. сѣти	4,5 до 19,5	—	11,4	6	—
Мангеймъ . . . . .	Центральныя части города	14	18	13	9	0,0157
»	Пригородъ . . . . .	—	12	8,1	9	0,0065

\*) Кроме того вся сѣть принимаетъ 6.000.000 вёдеръ фабричныхъ водъ, расходуемыхъ равномерно въ теченіи сутокъ.

НАЗВАНІЕ ГОРОДА.	ЧАСТИ ГОРОДА.	Число жителей на 100 кв. саж.		Число ведеръ домо- выхъ на 1 жителя въ сутки.	Число часовъ, въ те- чен. которыхъ расхо- дится $\frac{1}{2}$ всего коли- чества домов. водъ.	Расходъ домов. водъ въ куб. фут. съ 1000 кв. саж. площади города.
		Среднее, су- ществовав- шее во время проектиров.	Принятое въ основу проекта.			
Мюльгаузенъ . . .	Центральныя части города	отъ 0,2 до 16,6	23	8,1	9	0,0125
»	Рабочіе кварталы . . . . .		18	8,1	9	0,0098
»	Пригородъ . . . . .		4,5 до 14	8,1	9	отъ 0,0024 до 0,0076
Мюнхенъ . . . . .	—	2,5 до 22	3,6 до 32	12,2	8	отъ 0,0033 до 0,0295
Нюрнбергъ . . . . .	Часть канализ. сѣти . . .	—	24,6	7,3	8	0,0136
Цемтъ . . . . .	»	—	23	12,8	10	0,0178
Франкфуртъ на М.	—	—	10	12,2	6	0,0123
Хемницъ . . . . .	—	11,4 до 23	—	8,1	9	—
Эмденъ . . . . .	—	9	—	6,5	6	—

Имѣя планъ города и зная плотность населенія и наибольшее количество потребляемой жителями воды, можно опредѣлить и то количество (расходъ) домовыхъ, общественныхъ и фабричныхъ водъ, на которое долженъ быть рассчитанъ любой изъ проектируемыхъ уличныхъ коллекторовъ. Каждому коллектору соответствуетъ нѣкоторая площадь стока; изъ домовъ, расположенныхъ на улицѣ, по которой онъ проложенъ, нечистоты будутъ стекать непосредственно въ разсматриваемый коллекторъ, кромѣ того въ этотъ послѣдній могутъ еще поступать нечистоты изъ другихъ, впадающихъ въ него коллекторныхъ вѣтвей, которымъ въ свою очередь соответствуетъ свои площади стока. Такимъ образомъ, суммируя площади, можно для разсматриваемаго коллектора получить его полную площадь стока. Для примѣра пусть она=564800 кв. сажень; плотность населенія=16 человекъ на 100 кв. саж.; средній суточный расходъ домовыхъ водъ=10 ведеръ (=4,34 куб. фута), на 1 человекъ, причемъ  $\frac{1}{2}$  этого количества расходуется въ теченіе 8 часовъ. Расчетный наибольшій секундный расходъ (расчетъ коллекторовъ обыкновенно ведется на секундный расходъ) домовыхъ водъ для разсматриваемаго коллектора будетъ равенъ:

$$\frac{564800 \cdot 16 \cdot 4,34}{100 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60} = 6,809 \text{ куб. фута.}$$



Для площади стока въ 1000 кв. саж. тотъ же секундный расчетный расходъ будетъ равенъ:

$$\frac{1000 \cdot 16 \cdot 4,34}{100 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60} = 0,01206 \text{ куб. ф.}$$

Иногда при расчетѣ канализаціи въ количество домовыхъ водъ не включаютъ промышленныя воды: такъ поступаютъ въ большинствѣ случаевъ, когда въ городѣ существуютъ многочисленные фабрики и заводы и когда притомъ они сосредоточены въ извѣстныхъ городскихъ участкахъ. Въ этомъ случаѣ расходъ промышленныхъ водъ вычисляется отдѣльно по истиннымъ его размѣрамъ, или, правильнѣе, по тому количеству, которое можетъ ожидаться въ будущемъ при извѣстномъ усиленіи промышленной дѣятельности. Получившійся расходъ прибавляется къ расходу домовыхъ водъ.

Домовыя, общественныя и промышленныя сточныя воды состоятъ, какъ было указано выше, изъ водопроводной (колодезной, рѣчной) воды, загрязненной при пользованіи ею для различныхъ потребностей. Опрежденіе отдѣльныхъ, частныхъ количествъ воды, необходимыхъ для удовлетворенія этихъ потребностей, не можетъ входить въ составъ проекта городскихъ водостоковъ, но при проектированіи частныхъ канализацій въ этомъ иногда можетъ встрѣтиться надобность; въ виду этого ниже приведена таблица № 2 расхода воды, необходимаго для различнаго рода потребностей. Такъ какъ русскія нормы пока еще не выработаны, то въ таблицѣ помѣщены по преимуществу нормы, выработанныя 1884 году Германскимъ обществомъ газо и водопроводчиковъ \*), получившія заграничей большое распространеніе.

## ТАБЛИЦА № 2.

**Расхода воды нужной для удовлетворенія различныхъ потребностей.**

	Ведра.
<i>А. Частное потребленіе.</i>	
1. — <i>Въ жилыхъ помѣщеніяхъ на 1 человека въ сутки:</i>	
а) для питья, варки пищи, мытья съветныхъ припасовъ и проч. . . . .	1,6— 2,4
б) для мытья бѣлья . . . . .	0,8— 1,2

\*) См. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1884, стр. 543; Kalender für Gas- und Wasserfach Techniker, 1895, а также большинство новѣйшихъ нѣмецкихъ руководствъ по водопроводамъ и водостокамъ.

	Ведро.
2.—Промывка <i>ватерклозета</i> , за 1 разъ . . . . .	0,4— 0,8 <sup>1)</sup>
3.—Промывка <i>мочовина</i> :	
а) прерывная, на 1 мѣсто въ 1 часъ . . . . .	2,4
б) непрерывная, на 1 пог. аршинъ промывной трубы, въ 1 часъ . . . . .	11,6
4.— <i>Ванны</i> :	
а) обыкновенная (полная) ванна . . . . .	28,5
б) сидячая ванна . . . . .	2,4
в) струйный душъ, при однократномъ поль- зованіи имъ . . . . .	1,6— 2,4
5.— <i>Поливка сада, поверхности двора, или тротуара</i> на 1 кв. саж. за 1 разъ политой площади . . . . .	0,55 до 1
6.— <i>Лошадь</i> , ея питье и чистка (кромѣ очистки стойлъ) въ 1 сутки . . . . .	4 <sup>2)</sup>
7.— <i>Скотъ</i> , питье и чистка 1 головы (кромѣ очистки стойлъ), въ 1 сутки:	
а) крупный скотъ . . . . .	4
б) мелкій       » . . . . .	0,8 <sup>3)</sup>
(теленокъ, или овца—0,65 ведра, свинья—1 ведро).	
8.— <i>Экипажъ</i> для передвиженія людей, его мытье, въ 1 сутки . . . . .	16
9.— <i>Экипажъ</i> (фура) для перевозки тяжестей, смотря по величинѣ . . . . .	3—8
10.— <i>Маленькіе садовые фонтаны</i> при діаметрѣ резер- вуара въ 1—1,5 саж. въ 1 часъ . . . . .	15—50

<sup>1)</sup> Согласно большинству заграничныхъ устройствъ при хорошей конструкціи ватерклозета для его обмывки потребно 0,65—0,8 ведра воды за 1 разъ, согласно же изслѣдованіямъ специальной комиссіи, учрежденной въ концѣ 1893 года при лондонскомъ Sanitary Institute, для достаточной промывки ватерклозета (конструкція ?) надо отъ 1,1 до 1,3 ведра за 1 разъ.

<sup>2)</sup> По инымъ даннымъ 5—8 ведеръ.

<sup>3)</sup> По инымъ даннымъ 1,5—2 ведра.

	Ведро.
<i>В. Общественныя учрежденія.</i>	
1.— <i>Школы</i> , на 1 ученика въ учебный день (безъ расхода на увлажненіе воздуха) . . . . .	0,16
2.— <i>Казармы</i> :	
а) на 1 солдата въ 1 служебный день . . . . .	1,6 <sup>1)</sup>
б) на 1 лошадь       »       »       » . . . . .	3,25
3.— <i>Болницы и богадѣльни</i> , на 1 призрѣваемого чело- вѣка въ сутки . . . . .	8—12
4.— <i>Гостиницы</i> , на 1 постояльца въ 1 прожитые имъ сутки (кромѣ водяныхъ двигателей и гидравлич. подъемниковъ) . . . . .	8
5.— <i>Ванны</i> , на 1 взятую ванну (если будетъ взята лишь ванна и душъ) . . . . .	40,6
6.— <i>Общественныя прачешныя</i> , на 1 пудъ бѣлья . . . . .	5,3 <sup>2)</sup>
7.— <i>Скотобойни</i> , общее потребленіе воды на 1 убитую голову:	
а) крупнаго скота . . . . .	24—32,5
б) мелкаго скота . . . . .	12—16
8.— <i>Рынки</i> , на 1 кв. саж. застроенной площади въ 1 торговый день . . . . .	1,85
9.— <i>Железнодорожныя станціи</i> , вода для питанія 1 па- ровоза въ сутки . . . . .	500—700
<i>С. Общественное потребленіе.</i>	
1.— <i>Полвка улицъ</i> , на 1 кв. саж. 1 разъ политой площади:	
а) вымощенныхъ . . . . .	0,37
б) посесированныхъ . . . . .	0,55

<sup>1)</sup> По инымъ даннымъ на 1 солдата въ 1 день потребно 2,5—3 ведеръ, а на 1 ло-  
шадь—4 ведра.

<sup>2)</sup> Или по 100 ведеръ на 1 прачку въ 1 рабочий день.

	Ведро.
2.— <i>Общественные сады</i> , въ сухой день на 1 кв. саж. 1 разъ политой площади . . . . .	0,55 до 1
3.— <i>Общественные мочевники</i> :	
а) прерывная промывка на каждое мѣсто въ 1 часть . . . . .	4,9
б) непрерывная промывка на 1 погон. аршинъ промывной трубы въ 1 часть . . . . .	11,6
4.— <i>Общественные фонтаны</i> , смотря по величинѣ, въ 1 секунду примѣрно . . . . .	0,1—30 )
<i>D. Промышленное потребленіе.</i>	
1.— <i>Пивоварни</i> , потребленіе воды (кромѣ льда) на 1 ведро свареннаго пива . . . . .	5
2.— <i>Паровые котлы</i> , неподвижныхъ паровыхъ машинъ; воды для питанія ихъ на 1 индикаторную паровую силу въ 1 часъ . . . . .	0,5—2,5
(Количество потребляемой воды уменьшается съ увеличеніемъ размѣровъ котла и давленія пара. Для конденсаціи пара въ холодильникъ нужно отъ 25 до 30 разъ больше свѣжей воды, чѣмъ для питанія котла).	
3.— <i>Газовые двигатели</i> , на 1 куб. саж. потребленнаго газа . . . . .	30—50
4.— <i>Небольшіе водяные двигатели</i> ( $\frac{1}{8}$ —1 лошади. сила); расходъ воды въ 1 часъ опредѣляется изъ уравненія: $Q = \frac{A}{H\eta}$ гдѣ А—производимая двигателемъ часовая работа, H—давленіе воды и $\eta$ —коэф. полезн. дѣйствія (обыкновенно въ поршневыхъ двигателяхъ $\eta=0,80$ ; въ турбинныхъ $\eta=0,55—0,60$ ) . . . . .	35—1000

<sup>1)</sup> Последняя цифра принадлежитъ къ исключительнымъ (фонтанъ на Piazza S. Pietro in Montorio въ Римѣ).

**Изверженія людей и животныхъ.** Къ домовымъ и общественнымъ сточнымъ водамъ слѣдуетъ присоединить твердые и жидкіе человѣческіе экскременты, которые могутъ также попадать въ сѣть водосточныхъ проводовъ, но, такъ какъ ихъ количество ничтожно сравнительно съ количествомъ остальныхъ жидкихъ отбросовъ, то по большей части при проектированіи городской канализаціи экскременты вовсе не вводятся въ расчетъ. Это тѣмъ болѣе имѣетъ основанія, что одна изъ ихъ главныхъ составныхъ частей представляетъ изъ себя воду, которая въ видѣ питьевой воды уже была засчитана въ массу домашнего отброса. Опредѣленіе количества выдѣляемыхъ людьми и животными экскрементовъ и введеніе этого количества въ расчетъ можетъ оказаться необходимымъ лишь при проектированіи стоковъ отдѣльныхъ зданій и то по преимуществу спеціальнаго назначенія, какъ-то: фермъ, постоянныхъ дворовъ, скотобоенъ, кавалерійскихъ казармъ и т. п.

Объемъ и вѣсъ экскрементовъ, выдѣляемыхъ людьми, зависятъ, кромѣ ихъ возраста, пола и сложенія, главнымъ образомъ отъ свойствъ пищевыхъ веществъ.

Количество твердыхъ изверженій (кала), согласно даннымъ различныхъ изслѣдователей, колеблется между 0,2 и 0,32 (фунта \*) на 1 человѣка въ сутки, или, въ среднемъ, для взрослого мужчины равно 0,3 фунта. Принимая (по Эрисману) вѣсъ 1 куб. фута кала равнымъ 66 фунтамъ, объемъ, въ среднемъ, равенъ 0,0045 куб. фута на 1 человѣка въ сутки, или 1,64 куб. фута въ годъ. Твердые человѣческія изверженія состоятъ изъ 75% воды и 25% твердыхъ веществъ; въ числѣ послѣднихъ около 20% органическихъ нерастворенныхъ и 5% неорганическихъ веществъ, находящихся въ растворѣ. Количество азота въ твердыхъ человѣческихъ экскрементахъ—около 2%.

Количество жидкихъ изверженій (мочи) по даннымъ различныхъ изслѣдователей варьвируетъ отъ 1,9 до 3,7 (фунта \*) на 1 человѣка въ сутки, или, въ среднемъ, для взрослого мужчины=3 фунтамъ. Принимая (по Эрисману) вѣсъ 1 куб. фута мочи равнымъ 63,5 фунта, объемъ, въ среднемъ, равенъ 0,047 куб. фута на 1 человѣка въ сутки, или 17,24 куб. фута въ годъ. Моча содержитъ въ своемъ составѣ около 3% неорганическихъ и 2% органическихъ веществъ по большей части въ растворенномъ видѣ. Азота содержится въ мочѣ—около 1,2%.

Человѣческіе экскременты не въ полномъ своемъ объемѣ поступаютъ въ сточные каналы: нѣкоторая ихъ часть, будучи извергаема

\*) Комиссія, образованная при Имп. Рус. Техн. Обществѣ, занимавшаяся вопросомъ объ ассенизаціи г. С.-Петербурга, приняла за среднюю норму, что 1 человѣкъ въ сутки выдѣляетъ твердыхъ изверженій 0,32 фунта и 3,18 фунта жидкихъ.

на поверхность земли, впитывается ею и такимъ образомъ теряется для канализаціи. Величина этой потери зависитъ отъ привычекъ обывателей и бываетъ тѣмъ больше, чѣмъ меньше число городскихъ общественныхъ отхожихъ мѣстъ и писсуаровъ. Для вполне благоустроенныхъ городовъ, согласно иностраннымъ даннымъ, можно принимать, что все твердые экскременты и до  $\frac{3}{4}$  жидкихъ будутъ попадать въ водосточную сѣть. Для большинства русскихъ городовъ едвали возможно придерживаться такой крупной цифры.

Если канализаціонная сѣть устроена такъ, что въ нее не должны вовсе попадать человѣческія изверженія, то на практикѣ оказывается, что послѣднія всетаки частью въ нее попадаютъ \*), несмотря на все запрещенія: горшки, наполненные мочою, выливаются въ домовые и дворовые пріемники, совсѣмъ не назначенные для ея пріема; выгребы, служащіе для пріема экскрементовъ, соединяются потайными проводами съ уличными каналами (ибо подобные способы удаленія изверженій и удобнѣе и дешевле вывоза) и т. д. Можно считать, что до  $\frac{1}{2}$  всего количества мочи можетъ попадать при этомъ въ канализацію.

Къ числу сточныхъ водъ, удаляемыхъ по системѣ канализаціонныхъ проводовъ, слѣдуетъ отнести также изверженія животныхъ. Твердые изверженія отъ лошадей и домашнего скота обыкновенно собираются въ особыхъ навозныхъ ямахъ, такъ какъ представляютъ изъ себя цѣнный удобрительный матеріалъ, жидкія же изверженія могутъ или стекать въ навозохранилища, или поступать въ водосточную сѣть. Въ послѣднемъ случаѣ при проектированіи общей городской канализаціи онѣ никогда не вводятся въ расчетъ по тѣмъ же причинамъ, какъ и человѣческіе экскременты. Опредѣленіе ихъ количества можетъ понадобиться лишь въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ, указанныхъ выше.

Количество навоза и мочи, выдѣляемыхъ животными, зависитъ, кромѣ породы, отъ многихъ причинъ: пищи, возраста, жизненной обстановки, количества производимой работы и т. п. Положительныя данныя и изслѣдованія по этому вопросу почти совершенно отсутствуютъ, имѣющіяся же настолько разнообразны, что едвали къ нимъ можно относиться съ особымъ довѣріемъ. Въ общемъ, для приблизительныхъ подсчетовъ, можно принять, что въ годъ лошадь и крупный скотъ выдѣляютъ около 300 куб. футъ навоза и 90 куб. футъ мочи, а мелкій скотъ въ 2—3 раза меньше. И здѣсь слѣдуетъ принимать во внима-

\*) Въ послѣднее время подобный фактъ былъ подтвержденъ для города Мюнхена проф. Петтенкоферомъ, отчасти слѣдствіемъ этого явилось разрушеніе спуска экскрементовъ въ городскіе водостоки.

пие, что часть извержений выдѣляется животными виѣ назначенныхъ для нихъ помѣщеній, а слѣдовательно теряется для учета. Съ другой стороны, навозъ въ большинствѣ случаевъ смѣшивается съ подстилкой, лежащей на полу хлѣбовъ и конюшенъ, вслѣдствіе чего общій объемъ твердаго отброса увеличивается болѣе или менѣе значительно.

**Атмосферные осадки.** Количество атмосферныхъ осадковъ, выпадающихъ въ данной мѣстности, зависитъ отъ климатическихъ условій и отъ географическаго ея положенія. Оно опредѣляется путемъ наблюденій на метеорологическихъ станціяхъ \*) и, помощью ихъ, можетъ быть получена средняя цифра количества осадковъ, выпадающихъ въ данной мѣстности, какъ въ теченіи цѣлаго года, такъ и въ теченіи одного мѣсяца. Последнее, т. е. мѣсячное количество осадковъ, не бываетъ одинаковымъ, а мѣняется вмѣстѣ съ временемъ года: въ большей части Россіи (за исключеніемъ западныхъ ея береговъ, Крыма, Кавказа, Закавказья и Туркестана) наибольшее количество осадковъ приходится на лѣтніе мѣсяцы, а наименьшее—бываетъ зимою. Точно также и количество осадковъ, выпадающихъ въ теченіи сутокъ, не одинаково: одинъ день осадковъ очень много, другой же—ихъ совсѣмъ нѣтъ, или очень мало. Въ нижепомѣщенной таблицѣ помѣщены среднія цифры: годоваго количества осадковъ \*\*), наибольшаго мѣсячнаго количества и наибольшаго количества, выпадающаго въ теченіи 24 часовъ, для нѣкоторыхъ мѣстностей Россіи и западной Европы \*\*\*).

Приведенными въ таблицѣ № 3 цифрами при проектированіи городской канализаціи приходится, однако, пользоваться въ очень рѣдкихъ случаяхъ, именно, когда устье водосточковъ по временамъ заливается водою и, желая предупредить наводненіе городской сѣти, это устье на время плотно запирають цитами: тогда канализаціонная сѣть (или особые резервуары) въ теченіе извѣстнаго промежутка времени должна быть въ состояніи вмѣстить въ себя безъ переполненія нѣкоторое количество сточной воды домовой и дождевой. Такъ въ г. Эмденѣ емкость резервуаровъ водосточной сѣти разсчитана на 8-дневное количество дождевыхъ и домовыхъ сточныхъ водъ.

\*) Способы наблюденій и описаніе соответствующихъ приборовъ см. Метеорологическій сборникъ Главной Физической Обсерваторіи; Repertorium für Meteorologie; Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Wasserbau, I Abth., I Hälfte (III Auflage), 1892.

\*\*) Подъ осадками подразумѣвается: дождь, градъ и снѣгъ, причемъ послѣдніе обращены въ воду. Одинъ объемъ воды соответствуетъ отъ 5 до 20 объемамъ снѣга, смотря по степени его плотности.

\*\*\*) Дальнѣйшія данныя помѣщены: *Вильдъ*, Объ осадкахъ въ Россіи, 1888 г., и въ сборникахъ Главной Физической Обсерваторіи.

ТАБЛИЦА № 3.

Количество осадковъ: наибольшее мѣсячное и наибольшее суточное для нѣкоторыхъ городовъ Россіи и западной Европы.

М Ъ С Т О (цифры, поставлен. въ скобкѣ хл., показываютъ число лѣтъ наблюдений).	Средняя годовая толщина слоя атмосф. осадковъ въ миллиметр.	Средній максимум осадковъ, выпавшій въ теченіи одного мѣсяца.		Абсолютный максимум осадковъ, выпавшій въ теченіи сутокъ.	
		въ какомъ мѣсяцѣ.	миллиметр.	въ какомъ мѣсяцѣ и году.	миллиметр.
Астрахань (33) . . . . .	156	Іюнь . . . . .	18	Мартъ 1878 . . . . .	57
Баку (20) . . . . .	253	Январь . . . . .	35	Январь 1875 . . . . .	102
Барнаулъ (43) . . . . .	257	Іюль . . . . .	45	Августъ 1842 . . . . .	56
Варшава (40) . . . . .	569	Августъ . . . . .	80	Іюль 1851 . . . . .	87
Екатеринбургъ . . . . .	356	Іюль . . . . .	77	Іюль 1848 . . . . .	93
Златоустъ (44) . . . . .	469	Іюль . . . . .	91	Іюнь 1865 . . . . .	88
Кемь (18) . . . . .	359	Іюль . . . . .	49	Августъ 1869 . . . . .	46
Кіевъ (23) . . . . .	528	Іюль . . . . .	77	Августъ 1858 . . . . .	104
Кострома (12) . . . . .	512	Іюль . . . . .	66	Іюнь 1861 . . . . .	40
Кронштадтъ (34) . . . . .	515	Августъ . . . . .	80	Іюль 1851 . . . . .	71
Либава (21) . . . . .	584	Сентябрь . . . . .	80	Августъ 1879 . . . . .	81
Москва (27) . . . . .	536	Іюль . . . . .	71	Августъ 1870 . . . . .	44
Нерчинскъ (42) . . . . .	412	Августъ . . . . .	112	Августъ 1854 . . . . .	154
Николаевъ (23) . . . . .	365	Іюль . . . . .	52	Іюль 1878 . . . . .	60
Ново-Архангельскъ (25) . . . . .	2154	Октябрь . . . . .	307	Августъ 1859 . . . . .	110
Оренбургъ (32) . . . . .	395	Іюнь . . . . .	53	Май 1860 . . . . .	44
Ревель (27) . . . . .	501	Августъ . . . . .	70	Августъ 1880 . . . . .	50
Рига (30) . . . . .	508	Августъ . . . . .	63	Августъ 1876 . . . . .	43
Севастополь (16) . . . . .	385	Декабрь . . . . .	52	Іюль 1875 . . . . .	54
Симбирскъ (12) . . . . .	408	Іюль . . . . .	69	Іюль 1877 . . . . .	88



М Ы С Т О (цифры, поставлен. въ скобкахъ, показываютъ число лѣтъ наблюденій).	Средняя годовая толщина слоя атмосф. осадковъ въ миллиметр.	Средній максимум осадковъ, выпавшій въ теченіи одного мѣсяца.		Абсолютный максимум осадковъ, выпавшій въ теченіи сутокъ.	
		въ какомъ мѣсяцѣ.	миллиметр.	въ какомъ мѣсяцѣ и году.	миллиметр.
С.-Петербургъ (44) . . . . .	471	Іюль, Августъ . . . . .	66	Августъ 1861 . . . . .	59
Афины (12) . . . . .	382	Ноябрь . . . . .	80	?	?
Берлинъ (23) . . . . .	597	Іюль . . . . .	?	Іюль 1858 . . . . .	67
Будапештъ (28) . . . . .	527	Май . . . . .	61	Іюль 1878 . . . . .	108
Вѣна (34) . . . . .	595	Августъ . . . . .	72	Іюль 1882 . . . . .	104
Галле на З. (20) . . . . .	545	Іюль . . . . .	?	Іюль 1882 . . . . .	89
Ганноверъ (16) . . . . .	574	?	?	Іюль 1861 . . . . .	62
Дрезденъ (23) . . . . .	698	Іюль . . . . .	80	Іюль 1863 . . . . .	84
Карлсруэ (54) . . . . .	723	Іюль . . . . .	78	Сентябрь 1877 . . . . .	92
Кельнъ (23) . . . . .	596	Іюль . . . . .	?	Августъ 1881 . . . . .	63
Кенигсбергъ (32) . . . . .	611	Іюль . . . . .	64	Сентябрь 1876 . . . . .	69
Константинополь (38) . . . . .	718	Декабрь . . . . .	120	?	?
Копенгагенъ (20) . . . . .	559	Іюль . . . . .	67	?	?
Мадридъ (20) . . . . .	380	Октябрь . . . . .	49	?	?
Миланъ (68) . . . . .	967	Апрѣль . . . . .	178	?	?
Нагасаки (6) . . . . .	1970	Іюль . . . . .	301	?	?
Неаполь (26) . . . . .	826	Ноябрь . . . . .	120	?	?
Парижъ (84) . . . . .	471	Іюль . . . . .	50	?	?
Пекинъ (31) . . . . .	624	Іюль . . . . .	213	Іюль 1848 . . . . .	251
Римъ (85) . . . . .	800	Октябрь . . . . .	118	?	?
Стокгольмъ (36) . . . . .	434	Августъ . . . . .	60	?	?
Тріестъ (28) . . . . .	1093	Май . . . . .	101	Октябрь 1849 . . . . .	140
Франкфуртъ на М. (23) . . . . .	614	Іюль . . . . .	?	Августъ 1839 . . . . .	69
Штутгартъ (45) . . . . .	611	Іюль . . . . .	77	Августъ 1851 . . . . .	71

При проектированіи водосточной сѣтки, ее слѣдуетъ во всякомъ случаѣ разсчитывать такимъ образомъ, чтобы она была въ состояніи отводить наибольшее количество атмосферныхъ осадковъ, которое можетъ выпасть въ данной мѣстности хотя бы въ теченіе очень короткаго промежутка времени. Эти наиболѣе интенсивные осадки, носящіе названіе ливней, обыкновенно длятся непродолжительное время, рѣдко болѣе 1 часа, причемъ степень ихъ силы часто мѣняется во время выпаденія въ весьма большихъ предѣлахъ. Получить вполне точное представленіе о силѣ и колебаніяхъ интенсивности ливня можно лишь помощью самопишущихъ, автоматическихъ дождемѣровъ \*), которые пока еще, къ сожалѣнію, получили очень малое распространеніе не только въ Россіи \*\*), но и за границей. Имбюціея о ливняхъ свѣдѣнія обитываютъ, сравнительно, небольшой промежутокъ времени и не отличаются особо точностью. Ниже приведена таблица № 4, въ которой помѣщены данныя относительно наиболѣе сильныхъ ливней для Петербурга, Павловска и нѣкоторыхъ городовъ западной Европы \*\*\*).

Въ таблицѣ приведены лишь періоды наибольшей интенсивности ливней, хотя во многихъ изъ указанныхъ случаевъ ливню предшествовало, или непосредственно за нимъ слѣдовало выпаденіе менѣе сильнаго дождя.

Метеорологическія свѣдѣнія о наиболѣе сильныхъ ливняхъ въ данномъ мѣстѣ, собранныя за нѣкоторый промежутокъ времени, не даютъ еще полной гарантіи того, что въ будущемъ не случится ливень, который по своей силѣ превзойдетъ наблюдавшіеся раньше. Въ виду этого при собраніи подобнаго рода данныхъ слѣдуетъ обратить вниманіе не только на данную мѣстность (городъ), но и на другія, сосѣднія, находящіяся въ одинаковыхъ климатическихъ условіяхъ: этимъ какъ бы расширяется періодъ времени наблюденій.

Для сѣверной Германіи Нейманъ \*\*\*\*) считаетъ, что наиболѣе сильныя ливни соответствуютъ слою воды отъ 60—70 миллиметровъ въ 1 часъ, а для горныхъ Альпійскихъ и приальпійскихъ странъ—до 110 миллим., хотя должно замѣтить, что подобные ливни во всякомъ слу-

\*) Впервые были примѣнены въ 70-хъ годахъ.

\*\*\*) Въ настоящее время въ Россіи дѣйствуетъ пока лишь одинъ омбро-атмографъ (системы Гаслера) въ обсерваторіи г. Павловска.

\*\*\*\*) Для Петербурга и Павловска по даннымъ Главной Физической Обсерваторіи, для городовъ зап. Европы главнымъ образомъ по Handbuch der Ingenieurwissenschaften; къ даннымъ зап. Европы нельзя относиться съ полнымъ довѣріемъ въ виду того, что многія изъ нихъ получены при посредствѣ обыкновенныхъ омброметровъ.

\*\*\*\*\*) *Grösste Niederschlagsmengen in Deutschland* въ Zeitschrift des K. preussisch. statist. Bureau, за 1884 годъ.

ТАБЛИЦА № 4.

Количество осадковъ, выпавшихъ во время наиболѣе сильныхъ ливней.

М Ъ С Т О.	В Р Е М Я.	Продолжи- тельность ливня въ минутахъ.	Толщина выпав- шаго слоя въ миллиметрахъ.	
			ВСЕГО.	Въ 1 часъ.
С.-Петербургъ . . . . .	10 Мая 1874 . . . . .	40	16,9	25,3
Павловскъ . . . . .	18 Июля 1893 . . . . .	—	—	23,5
Берлинъ . . . . .	6 Октября 1883 . . . . .	15	17	68
Вернь . . . . .	19 Июня 1877. . . . .	45	66	88
Бреславль . . . . .	6 Августа 1858 . . . . .	90	95	63
Брюссель . . . . .	4 Июня 1839. . . . .	180	113	38
Будапештъ . . . . .	26 Июня 1875. . . . .	60	66	66
Дрезденъ . . . . .	13 Июня 1876. . . . .	30	41	82
Женева . . . . .	30 Мая 1827 . . . . .	180	162	54
Карлсруэ . . . . .	29 Июня 1885. . . . .	60	100	100
Кенигсбергъ . . . . .	16 Июня 1864. . . . .	45	55	69
Лондонъ . . . . .	1 Августа 1846 . . . . .	60	100	100
Дугано . . . . .	8 Сентября 1873. . . . .	36	79	130
Марсель . . . . .	15 Сентября 1872 . . . . .	120	240	120
Мюнхенъ . . . . .	12 Августа 1873 . . . . .	30	51	102
Палермо . . . . .	21 Октября 1867 . . . . .	75	76	61
Парижъ . . . . .	20 Сентября 1867. . . . .	20	41	123
Франкфуртъ на М. . . . .	6 Июля 1873 . . . . .	60	31	31
Цюрихъ . . . . .	9 Сентября 1876. . . . .	10	21	127
Штутгартъ . . . . .	23 Июля 1883. . . . .	3	7,5	150

часть принадлежать къ числу весьма рѣдкихъ явленій. Повидимому для большей части Европейской Россіи (за исключеніемъ Кавказа, Крыма, Туркестана и Урала) слѣдуетъ принять цифры нѣсколько меньшія указанныхъ выше для сѣверной Германіи.

Городская водосточная съѣтъ, которая должна отводить дождевую воду, не можетъ быть однако разсчитываема на исключительные, очень рѣдко случающіеся, необыкновенные ливни, такъ какъ размѣры всѣхъ коллекторовъ получаются при этомъ весьма большихъ размѣровъ, влѣдствіе чего сточная съѣтъ будетъ стоить очень дорого и будетъ затруднено ея содержаніе въ чистотѣ. Съ другой стороны, коллектора слишкомъ малаго сѣченія могутъ часто переполняться во время сильныхъ ливней, что въ свою очередь можетъ послужить причиною образованія въ нихъ трещинъ влѣдствіе давленія переполняющей ихъ воды, такого давленія, на которое они не были разсчитаны. При малыхъ сѣченіяхъ коллекторовъ особенно слѣдуетъ опасаться того, что сточная ливневая вода, переполнив смотровые и дождевые колодцы, а также и дворовыя трубы, легко можетъ залить, какъ улицы, такъ и подвалы жилыхъ домовъ, загрязнить ихъ, промочить почву и произвести подмывы, чѣмъ будутъ нанесены убытки, какъ городу, такъ и городскимъ жителямъ. Сравнить между собою, что дешевле стоить: исправленіе поврежденій, причиняемыхъ во время сильныхъ ливней узкими коллекторами, или постройка водосточной съѣти съ галлереями большаго сѣченія—едва ли возможно, тѣмъ не менѣе во всякомъ случаѣ необходимо чрезвычайно осторожно выбирать то количество ливневой воды, которое должно совершенно свободно стекать по водосточной съѣти, чтобы ея переполненіе могло случаться лишь очень рѣдко, въ случаѣ дѣйствительно необыкновенно сильнаго ливня. Во многихъ изъ существующихъ канализацій это количество взято слишкомъ малымъ, что доказывается частыми переполненіями съѣти.

Въ среднемъ можно принять, что въ большей части европейской Россіи канализаціонная съѣтъ должна быть разсчитываема на ливень соответствующій часовому слою воды въ 25 — 40<sup>мм</sup>, причемъ желательно придерживаться высшихъ предѣловъ; для южной полосы Россіи этотъ высшій предѣлъ долженъ быть увеличенъ до 60<sup>мм</sup> (Кавказъ).

Для сѣверной Германіи (Fruhling \*) даетъ 54<sup>мм</sup>, для средней и южной 61<sup>мм</sup>, а Knauff \*\*) считаетъ достаточнымъ — 40<sup>мм</sup> для большей части Германіи; для Швейцаріи Bürkli \*\*\*) считаетъ необходимымъ увеличить эту цифру до 70<sup>мм</sup>. Англійскіе и американскіе инженеры при проектированіи водостоковъ часто придерживались нормы въ 25<sup>мм</sup> \*\*\*\*), но въ послѣднее время они предпочитаютъ придерживаться болѣе вы-

\*) *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*, Wasserbau, I Abth., 2 Hälfte, (III Auflage), 1893 годъ.

\*\*) *Knauff*, Stadregen und ihre Beseitigung, въ *Gesundheits-Ingenieur* за 1894 годъ.

\*\*\*) *Bürkli*, Grösste Abflussmengen bei städtischen Abzugskanälen, 1880.

\*\*\*\*) *Adams*, Sewers and Drains for populous Districts, 1889.

сокихъ нормъ въ виду случившихся переполненій стоковъ (въ городахъ: Бруклинъ, Чикаго и др.).

Осадки, выпавшіе на поверхность земли, частью испаряются, частью впитываются въ землю, частью же, стекая по поверхности земли, попадают въ отверстія дождеприемниковъ, а оттуда въ водосточную сѣть. Какая доля всей выпавшей воды испарится, впитается въ почву, или стечетъ по поверхности—зависитъ въ весьма сильной степени отъ мѣста, времени и обстоятельствъ, сопровождающихъ ливень. Такъ напр. количество впитавшейся въ землю воды, въ зависимости отъ различныхъ факторовъ (видъ и родъ поверхности, степень сухости и т. п.) можетъ измѣняться отъ 1 до 100% всего количества выпавшей. Метеорологическія данныя относительно размѣровъ поглощенія осадковъ почвой и ихъ испаренія не могутъ быть приняты во вниманіе при проектированіи водостоковъ, такъ какъ онѣ касаются лишь длинныхъ періодовъ (годового слоя осадковъ), тогда какъ въ канализаціонномъ дѣлѣ приходится считаться съ наиболее сильными, но весьма кратковременными выпаденіями. Точно такъ же не могутъ быть приняты во вниманіе и гидрологическія изслѣдованія о соотношеніи между площадью стока дождевой воды и количествомъ воды, протекающей въ рѣкахъ. Между тѣмъ прямыхъ наблюденій падъ стокомъ ливневыхъ водъ въ существующихъ водостокахъ—немного, да и кромѣ того правильное ихъ производство довольно затруднительно \*).

Сдѣланныя наблюденія показали, что въ водосточные каналы попадаетъ примѣрно отъ 0 до 70% всего количества выпадающихъ въ городахъ осадковъ. Изслѣдованія Haywood'a, Roe, Bidder'a, Hawskey и Bazalgette'a въ различныхъ участкахъ Лондона, застроенныхъ весьма густо и почти сплошь хорошо вымощенныхъ, показали, что въ канализаціонную сѣть попадали 41, 52, 53, 54, 64,5, 74, 78 и 94,5% \*\*) всей массы выпавшей ливневой воды, причѣмъ время, необходимое для того, чтобы эти количества успѣли протечь по сточнымъ каналамъ, было въ 3—4 раза (въ среднемъ въ 3, 5 раза) больше времени продолжительности самаго ливня, а наибольшій секундный расходъ воды (объемъ, протекающій въ 1 секунду) въ каналахъ былъ въ 2,4 раза больше того секунднаго расхода, который получился, еслибы всю массу выпавшей во время ливня воды раздѣлили на число секундъ продол-

\*) Подробности см. *Kaichling*, Report on the Trunk Sewer of Rochester (неполный переводъ помѣщенъ въ: *Wochenschrift d. österr. Ing. und. Arch.-Vereins* за 1889 годъ); статьи: *Hüttasch'a* въ *Leipzig und seine Bauten*, 1892 и *Zwengart'ha* въ *Deutsche Bauzeitung* за 1888 годъ.

\*\*) Последняя цифра подлежитъ большому сомнѣнію.

жительности стока. Если принять, что, в среднем, в Лондонѣ стекало въ водостоки 50%, то значить его канализационная сѣть должна быть разсчитана на секундное количество  $\frac{0,5,2,4}{3,5} = 1/3$  того количества осадковъ, которое выпадаетъ въ 1 секунду во время сильнаго ливня. Болѣе точныя новѣйшія изслѣдованія Kuichling'a надъ стокомъ ливневой воды въ различныхъ частяхъ города Рочестера (штатъ Нью-Йоркъ) \*) показали, что въ 45 случаяхъ въ водостоки стекало не болѣе 20% выпавшей воды, въ 14-ти случаяхъ—отъ 20% до 30%, въ 12-ти—отъ 30% до 40%, въ 2-хъ—41,2% и 41,6%, въ 2-хъ—52,1% и 58,2% и въ одномъ—64,8%, \*\*) причѣмъ сила ливня повидимому не вліяла на указанные величины.

Приимая во вниманіе эти изслѣдованія, а также наблюденія надъ водосточными сѣтями другихъ городовъ, въ среднемъ можно принять, что наибольшій секундннй расходъ ливневой воды (на который и должны быть разсчитаны водосточные коллектора) измѣняется отъ  $1/6$  до  $1/2$  среднего секунднаго количества, падающаго во время ливня.

Разберемъ болѣе подробно, отъ какихъ обстоятельствъ можетъ зависѣть столь значительное уменьшеніе расхода ливневой воды въ сточныхъ коллекторахъ. На это уменьшеніе можетъ вліять степень сырости воздуха и почвы. Чѣмъ суше воздухъ и поверхность земли и крыши городскихъ построекъ, тѣмъ большее количество дождевой воды можетъ испариться, или пропитать почву и, слѣдовательно, тѣмъ меньшее ея количество попадетъ въ водостоки. Наоборотъ, вмѣстѣ съ увеличеніемъ сырости воздуха и почвы количество стекающей въ водосточныя галлерей воды возрастаетъ. Во время продолжительнаго и вмѣстѣ съ тѣмъ постояннаго по своей интенсивности дождя количество воды, стекающей въ водостоки, тотчасъ послѣ выпаденія первыхъ дождевыхъ капель бываетъ ничтожно, но по мѣрѣ того, какъ почва и воздухъ насыщаются водою и водяными парами, количество это возрастаетъ все больше и больше, пока не достигнетъ нѣкоторой предѣльной величины, которая и остается постоянной во все остальное время выпаденія дождя; лишь послѣ его прекращенія количество стекающей въ водостоки воды начинаетъ уменьшаться, пока, наконецъ, не станетъ равнымъ нулю. Особое значеніе при этомъ могутъ имѣть поверхности, покрытыя пескомъ, или гравіемъ (пѣшеходныя дорожки, дороги для верховой ѣзды, пло-

\*) Условія заселенности города и его замощенія довольно близко подходятъ къ условіямъ русскихъ городовъ; при постройкѣ водостоковъ въ г. Рочестерѣ была принята густота населенія=5,7 чел. на 100 кв. саж.

\*\*) По Kuichling'у вѣрность этой послѣдней цифры подлежитъ сомнѣнію.

падают для учения солдатъ и т. п.), которые въ сухомъ состояніи поглощаютъ очень много воды.

Хотя сильные ливни, на которые должны быть рассчитаны водостоки, по большей части случаются послѣ продолжительной засухи, когда мостовыя и крыши сильно накалены солнцемъ и когда, слѣдовательно, процентъ испаренія долженъ быть довольно большимъ, но на подобныя обстоятельства разсчитывать при устройствѣ водосточныхъ шпакъ нельзя, такъ какъ сильный ливень можетъ случиться и послѣ, или во время сырой и прохладной погоды, когда городской воздухъ до известной степени насыщенъ влагой. Въ виду этого, а также и того, что сильные ливни длится недолго, при разсчетѣ водосточной сѣтки *не слѣдуетъ принимать во вниманіе испаренія ливневой воды.*

На количество ливневой воды, попадающей въ водостоки, вліяетъ соотношеніе между плотными, до известной степени непроницаемыми для воды площадями стока (крыши построекъ, хорошо мощеные дворы, улицы, тротуары и т. п.); съ которыхъ дождевая вода быстро и почти въ полномъ объемѣ стекаетъ въ водосточную сѣтку, и пористыми поверхностями (газоны, немощеные дворы и площади и т. п.), которые задерживаютъ и впитываютъ болѣе или менѣе значительную часть выпавшей воды. Для разсчета водосточной сѣтки можно принимать, что отношеніе количества ливневой воды, наполняющей водостоки, къ выпадающему количеству, равно отношенію плотныхъ поверхностей ко всей площади стока, или, иначе говоря, при разсчетѣ водосточныхъ *сильно пористыя*, (покрытыя травой, пескомъ, гравіемъ, необработанныя) *поверхности могутъ не быть принимаемы въ разсчетъ.*

Этому правилу съ перваго взгляда противорѣчитъ вышесказанное, а именно то, что ливень, на который разсчитываютъ водостоки, можетъ случиться послѣ сырой погоды, когда вся почва уже пропитана влагой настолько, что о дальнѣйшемъ сколько нибудь значительномъ всасываніи воды пористыми ея поверхностями, повидимому, не можетъ быть и рѣчи. На самомъ дѣлѣ это не такъ. Какъ бы ни были, на первый взглядъ, пропитаны влагой необработанныя поверхности, всетаки во время сильныхъ выпаденій часть ливневой воды поглощается почвой; кромѣ того пористыя, необработанныя или покрытыя травой поверхности въ значительной степени замедляютъ быстроту стока ливневой воды къ ближайшему дождеприемнику, а слѣдовательно и въ самую водосточную сѣтку, такъ что въ большинствѣ случаевъ ливневая вода начинаетъ поступать съ нихъ въ сѣтку уже послѣ прекращенія, или ослабленія самаго интенсивнаго періода ливня. И здѣсь особое значеніе могутъ имѣть поверхности, покрытыя пескомъ, или гравіемъ, ко-

торыя, благодаря отсутствию сколько-нибудь значительных скатовъ (иначе весь песокъ, или гравій были бы смыты первымъ сильнымъ дождемъ) и канавъ, способны поглощать и удерживать на себѣ значительные слои воды. Исключеніемъ изъ указанного правила могутъ служить *весьма сильно покатыя задернованныя поверхности*, которыя при неблагоприятныхъ обстоятельствахъ (водонепроницаемость подпочвы, предшествовавшая продолжительная сырая и прохладная погода) могутъ во время самаго ливня отдавать много воды ближайшимъ дождеприемникамъ.

Такъ какъ при расчетѣ водостоковъ затруднительно высчитывать отдѣльно всѣ пористыя незамощенные, покрытыя травой или пескомъ поверхности, да и кромѣ того ихъ размѣры могутъ измѣняться вмѣстѣ съ ростомъ города и увеличеніемъ плотности - народонаселенія, то принято вводить въ расчетъ особый, такъ называемый *коэффициентъ  $\psi$  плотности застройки и замощенія* города (всегда  $< 1$ ), на который надо помножить количество выпадающей ливневой воды, чтобы получить то количество, которое дѣйствительно будетъ стекать къ дождеприемникамъ. Величина этого коэффициента  $\psi$  зависитъ отъ плотности населенія города и есть ничто иное, какъ отношеніе поверхностей до известной степени водонепроницаемыхъ (крыши построекъ, хорошо замощенныхъ дворовъ, тротуаровъ, улицъ и т. п.) къ поверхности всего города. Нижесприведенныя значенія коэффициента  $\psi$  представляютъ собою *среднія* значенія этого отношенія.

Принятая въ основу проекта плотность населенія (на 100 кв. саж.).

	до	5	человѣкъ . . .	$\psi = 0,3 - 0,4.$
отъ	5	до	10 » . . .	$\psi = 0,4 - 0,6.$
»	10	»	20 » . . .	$\psi = 0,6 - 0,8.$
»	20	»	30 и болѣе . . .	$\psi = 0,8 - 0,9.$

Если ливневая вода течетъ въ городскіе каналы съ задернованныхъ поверхностей (луга, сады, парки), не включенныхъ въ общую городскую площадь стока, то въ подобномъ случаѣ  $\psi$  — смотря по виду и уклону поверхности = 0,05 до 0,2.

При расчетѣ водостоковъ отдѣльныхъ строеній (дворовые водостоки), занимающихъ небольшую площадь ( $< 1$  десятины), за площадь стока безопаснѣе всего принимать полную площадь участка за вычетомъ задернованныхъ поверхностей (сады, газоны) и полагать при этомъ  $\psi = 1$ .

До послѣдняго времени считали, что на количество ливневой воды, попадающей въ водостоки, весьма сильно вліяютъ также размѣры и



уклонъ площади стока. Чѣмъ эта площадь больше и положе, тѣмъ больше будетъ промежутокъ времени, пока вся выпавшая ливневая вода достигнетъ пріемника. При дождѣ постоянной и одинаковой силы количество воды, попадающей въ водостоки, въ первые моменты послѣ начала дождя будетъ ничтожно (соотвѣтствуетъ ближайшей площади стока), затѣмъ оно постепенно увеличивается до тѣхъ поръ, пока съ наиболѣе отдаленныхъ пунктовъ вода дотечетъ до пріемника. Послѣ этого количество воды, стекающей въ канализаціонную сѣть, сдѣлается постояннымъ для всего остальнаго времени выпаденія дождя; съ его ослабленіемъ, или прекращеніемъ, и количество это спадаетъ все болѣе и болѣе, пока наконецъ не станетъ равнымъ нулю. Оставшаяся на поверхности земли дождевая вода, задержанная углубленіями и неровностями мостовой, ея швами, слѣдами копытъ и повозокъ (на мягкомъ грунтѣ) и т. п., постепенно впитывается землею и испаряется, не попадая, слѣдовательно, въ водостоки. Если дождь длится подолгое время, что и имѣетъ мѣсто при сильныхъ ливняхъ, принимаемыхъ въ основу расчета, то лишь при небольшихъ площадяхъ стока можетъ явиться періодъ увеличенія притока въ водосточную сѣть, періодъ его постоянства, и затѣмъ, послѣ прекращенія ливня, періодъ уменьшенія притока; при большихъ же площадяхъ стока обыкновенно замѣчается, что за періодомъ увеличенія притока непосредственно слѣдуетъ періодъ его уменьшенія (что легко объяснимо, если принять во вниманіе значительность размѣровъ площади стока).

Въ виду подобныхъ соображеній полагали правильнымъ вводить въ расчетъ такъ называемый *коэффициентъ замедленія* \*), т. е. уменьшать при расчетѣ каналовъ количество ливневой воды, выпадающей на плотныя поверхности города (вычитая по предыдущему пористыя, необработанныя поверхности), въ зависимости отъ величины площади стока. Такимъ образомъ, если обозначить секундное количество выпадающей во время ливня воды черезъ  $P$ , то секундное количество воды, которое можетъ упасть въ водостоки, по предыдущему  $\psi \cdot P$ , а то количество, на которое должны быть рассчитаны водостоки, принимали  $= \varphi \cdot \psi \cdot P$  гдѣ  $\varphi$  коэффициентъ замедленія  $< 1$ .

По Bürkli \*\*):

$$\varphi = \frac{1}{4 \sqrt{F}}$$

\*) Подробности см. *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*. Wasserbau, I Abth., 2 Hälfte, III Auflage, 1893 u. *Baumeister*, Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung, 1890.

\*\*) *Bürkli*. Grösste Abflussmengen bei städtischen Abzugskanälen, 1880.

По Brix'y \*):

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[6]{F}}$$

гдѣ F—площадь стока, выраженная въ гектарахъ. \*\*).

По Mank'y \*\*\*):

при F = 1 гектару	$\varphi = 0,85$
» 10 »	$\varphi = 0,58$
» 20 »	$\varphi = 0,43$
» 40 »	$\varphi = 0,29$
	и. т. д.

При небольшихъ площадяхъ стока указанныя выраженія для коэффициента замедленія еще соответствуютъ до известной степени дѣйствительности, при большихъ же площадяхъ онѣ даютъ едвали правдоподобныя результаты.

Въ дѣйствительности замедленіе стока ливневой воды весьма мало зависитъ отъ размѣровъ площади стока. Если принять во вниманіе, что по всему городу разбросаны весьма многочисленныя дождеприемники, расположенныя на небольшихъ разстояніяхъ другъ отъ друга, то станетъ яснымъ, что каждый дождеприемникъ, имѣя небольшую площадь стока, станетъ весьма быстро послѣ начала ливня получать почти всю массу падающей ливневой воды, а слѣдовательно также быстро она будетъ поступать въ водосточные каналы, съ которыми соединены дождеприемники. При взаимныхъ разстояніяхъ между дождеприемниками=5—25 саж. и средней скорости теченія ливневой воды по поверхности мостовой=0,025 саж. въ 1 секунду, наиболѣе отдаленныя отъ дождеприемниковъ капли ливневой воды достигнуть ихъ въ 3—10 минутъ, слѣдовательно съ этого момента все, что можетъ попадать въ дождеприемники—начнетъ въ нихъ вливаться и влияніе наземной площади стока на коэффициентъ замедленія исчезаетъ. Такъ какъ ливень, на который рассчитываются водостоки, можетъ во всякомъ случаѣ длиться болѣе 10 минутъ, что, слѣдовательно, мы смѣло можемъ для расчета пренебречь этимъ влияніемъ.

Однако замедленіе всетаки будетъ происходить. Разсмотримъ поперечное сѣченіе подземнаго водосточнаго канала съ момента начала ливня. Въ первые моменты въ немъ протекаетъ ничтожное количество

\*) Brix, Die Canalisation von Wiesbaden, 1887.

\*\*) 1 гектаръ=2196 кв. сажень.

\*\*\*) Mank, Welche Maximalwassermenge haben städtische Kanäle abzuführen? помѣщено въ Deutsche Bauzeitung за 1884 годъ.

ливневой воды, но уже по прошествіи, примѣрно, 3—10 минутъ ближайшіе дождепріемники начинаютъ доставлять свое полное количество, затѣмъ, съ дальнѣйшимъ теченіемъ времени количество протекающей въ разсматриваемомъ сѣченіи воды пополняется все больше и больше водою изъ болѣе отдаленныхъ дождепріемниковъ, пока, наконецъ, не достигнетъ своего абсолютнаго максимум'а въ тотъ моментъ, когда вода изъ наиболѣе отдаленнаго дождепріемника достигнетъ сѣченія. Наступленіе момента максимум'а произойдетъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ короче коллектора, расположенные выше разсматриваемаго пункта, и чѣмъ больше ихъ скорость теченія, а такъ какъ эта скорость въ данномъ случаѣ зависитъ главнымъ образомъ отъ уклона \*) коллекторовъ, то, слѣдовательно, наступленіе момента максимум'а произойдетъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ больше уклонъ вышележащихъ вѣтвей сточной сѣтки и чѣмъ эти вѣтви короче. Съ момента наступленія максимум'а расхода начинается періодъ равновѣсія для всего остального промежутка времени выпаденія ливня; съ его ослабленіемъ, или прекращеніемъ, максимум расхода начинаетъ мало по малу, сбывать: наступаетъ періодъ послѣливневого стока, который, давая всегда расходъ воды меньшій, чѣмъ во время ливня, для расчета сѣтки значенія не имѣетъ. Если ливень длится меньшій промежутокъ времени, чѣмъ тотъ, который необходимъ для протока ливневой воды изъ наиболѣе отдаленнаго дождепріемника до разсматриваемаго сѣченія уличнаго коллектора, то абсолютный максимум расхода ливневой воды въ разсматриваемомъ пунктѣ не будетъ имѣть мѣста и за періодомъ возрастанія расхода (до нѣкоторой величины меньшей, чѣмъ абсолютный максимум) непосредственно наступитъ періодъ послѣливневого, уменьшающагося стока. Изъ этого слѣдуетъ, что на величину максимум'а вліяетъ *продолжительность ливня*.

Водосточная сѣтка должна быть рассчитана на максимум расхода ливневой воды, который въ самомъ невыгодномъ случаѣ (абсолютный максимум) будетъ по предыдущему  $=\psi.P$ , гдѣ  $\psi$ —коэффициентъ плотности застройки города и  $P$ —количество ливневой воды, выпадающей въ 1 секунду на 1000 кв. саж. площади города. Однако, если мы рассчитаемъ всю сѣтку на количество  $\psi.P$ , то многіе коллектора получатъ ненужно большіе размѣры (слѣдовательно будутъ непроизводительно затрачены лишніе деньги на ихъ сооруженіе), такъ какъ, благодаря значительной длинѣ вѣтвей водосточной сѣтки и имѣетъ съ тѣмъ не продолжительности сильныхъ ливней, во многихъ коллекторахъ абсолютный максимум стока ( $=\psi.P$ ) никогда не будетъ достигнутъ. Въ виду этого въ расчетъ слѣдуетъ

\*) и, при сильномъ ливнѣ, весьма мало отъ величины площади стока.

вести еще коэффициент  $\varphi$  замедления стока, который, хотя и раньше часто принимался во внимание, но быть не совсемъ правильно выражень Бюркли, Бриксомъ и Манкомъ въ зависимости отъ величины площади стока. Коэффициентъ замедленія долженъ, строго говоря, представлять собою, согласно вышеизложенному, функцию отъ длины и уклоновъ коллекторовъ, лежащихъ выше разсчитываемаго сѣченія, и отъ продолжительности ливня. \*) Что касается до размѣровъ площади стока, то ея влияние на величину  $\varphi$ —довольно проблематично.

Зависимость коэффициента  $\varphi$  отъ вышеуказанныхъ величинъ (уклонъ, длина, продолжительность ливня) едвали можетъ быть выражена въ видѣ какой либо формулы, удобной для практическаго примѣненія, да, еслибы подобная формула и могла существовать, то она вестакъ не охватила бы всей массы явленій, влияющихъ на величину  $\varphi$ . \*\*)

Не входи въ дальнѣйшій разборъ этихъ явленій, должно замѣтить что принятіе одной величины коэффициента  $\varphi$  для цѣлаго города—весьма ошибочно и должно повести или къ переполненію нѣкоторыхъ коллекторовъ ливневою водою, или къ непроизводительнымъ затратамъ по сооруженіи излишне большихъ сѣченій.

Для практическихъ цѣлей намъ кажется наиболѣе правильнымъ и простымъ выразить коэффициентъ замедленія стока  $\varphi$  въ зависимости отъ длины  $l$  наиболѣе длинной сточной вѣтви, лежащей выше разсчитываемаго разсчетнаго пункта, \*\*\*) и принимать:

при $l=$ отъ	0	до	200	саж.	$\varphi=$ 1
» $l=$ »	200	»	300	»	$\varphi=0,9$
» $l=$ »	300	»	400	»	$\varphi=0,8$
» $l=$ »	400	»	500	»	$\varphi=0,7$
» $l=$ »	500	»	1000	»	$\varphi=0,6$
» $l=$ »	1000	»	2000	»	$\varphi=0,5$
» $l$ болѣе	2000	саж.			$\varphi=0,4$

Резюмируя все вышеизложенное о ливневой водѣ и о порядкѣ ея поступленія въ водосточную сѣть, можно вывести слѣдующія общія основанія для опредѣленія того количества ливневой воды, на которое должна быть разсчитана канализаціонная сѣть.

\*) Kuichling полагаетъ  $\varphi=at$ , гдѣ  $t$ —продолжительность ливня и  $a$ —нѣкоторая постоянная величина. Одинъ изъ способовъ теоретическаго изслѣдованія величины  $\varphi$  см. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Wasserbau, I Abth., 2 Hälfte, III Auflage, 1893.

\*\*) Величина коэф.  $\varphi$  зависитъ также часто въ значительной степени отъ мѣста расположенія и конструціи дождеприемниковъ, размѣровъ трубъ, соединяющихъ послѣдніе съ сточною сѣтью, отъ диаметра дворовыхъ и уличныхъ коллекторовъ и т. п.

\*\*\*) Выводъ этой зависимости не можетъ входить въ программу настоящей книги.

Избравъ на основаніи метеорологическихъ данныхъ въ основу расчета ливень известной интенсивности, выраженный числомъ  $m$  миллиметровъ толщины слоя воды, выпадающей въ теченіи 1 часа ( $=3600$  секундъ), слѣдуетъ выразить эту толщину въ видѣ числа кубическихъ единицъ (для Россіи въ видѣ кубическихъ футовъ) воды, падающей въ теченіе 1 секунды на какую-нибудь площадь (примемъ на 1000 кв. сажень) поверхности города. Тогда на 1000 кв. сажень въ 1 секунду будетъ падать:

$$P = \frac{m, 0,0032809. 100. 7. 7.}{3600.} = 0,04466. m \text{ куб. футъ.}$$

гдѣ  $m$ — часовое число миллиметровъ слоя ливневой воды.

Затѣмъ слѣдуетъ избрать величину коэффиціента  $\phi$  плотности застройки (см. стр. 37) всего города, или различныхъ его частей: тогда мы будемъ имѣть одну, или нѣсколько величинъ  $\phi, P$ , представляющихъ собою тѣ количества ливневой воды, которыя могутъ попадать въ водосточную сѣть.

Послѣ того, какъ проектируемая канализаціонная сѣть намѣчена на планѣ города, слѣдуетъ измѣрить длину коллекторовъ, выбрать нѣсколько значений коэффиціента  $\varphi$  замедленія стока (см. стр. 41): тогда для извѣстныхъ группъ спроектированныхъ коллекторныхъ вѣтвей мы получимъ величины  $\varphi. \phi. P$ , представляющія собою тѣ наибольшіе секундные расходы ливневой воды, на которые должны быть рассчитаны соответствующіе коллектора. Если черезъ  $F$  обозначить (въ тысячахъ квадр. сажень) полную площадь стока данного коллектора, то расчетный наибольшій расходъ ливневой воды будетъ для него  $= F. \varphi. \phi. P. *$ )

**Разжиженіе домовыхъ сточныхъ водъ ливневыми.** Дождевая вода, стекающая въ водостоки, въ началѣ дожди всегда бываетъ весьма сильно загрязнена пылью и различнаго рода органическими отбросами, смываемыми ею съ поверхности мостовой и крышъ построекъ, такъ что по своему составу она весьма часто оказывается значительно болѣе вредной, чѣмъ вода, стекающая въ водостоки изъ жилыхъ домовъ. Последующіе слои дождевой воды, падая на поверхности, уже омывыя

\*) Мы позволили себѣ остановиться далѣе, чѣмъ, казалось бы, слѣдовало, на разсмотрѣніи вопроса о расчетномъ количествѣ ливневой воды, но сдѣлали это, такъ какъ правильное его разрѣшеніе влияетъ въ весьма значительной степени на целесообразность и стоимость всей проектируемой канализаціи. При неправильныхъ коэффиціентахъ  $\phi$ , или  $\varphi$  легко можетъ произойти то, что отводоспособность верхнихъ и нижнихъ частей сточной сѣти не будутъ гармонировать между собою и во время сильнаго ливня одни изъ коллекторовъ будутъ быстро переполняться, тогда какъ другіе ни при какихъ условіяхъ не будутъ сплошь заполнены сточною водою, ибо верховыя вѣтви слишкомъ малы по своей проводимости.

первыми ся слоями, поступаютъ въ водостоки въ значительно болѣе чистомъ видѣ; такимъ образомъ, чѣмъ продолжительнѣе дождь, или чѣмъ онъ сильнѣе (ливень), тѣмъ чище и та вода, которая поступаетъ изъ дождеприемниковъ въ канализаціонную сѣть. Вступая въ водостоки и протекая затѣмъ по нимъ съ значительною скоростью, ливневая вода весьма быстро сплавляетъ и разжижаетъ домовыя сточныя воды, постоянно текуція въ сточной сѣти. Съ усиленіемъ ливня, очевидно, увеличивается и разжиженіе домовыхъ сточныхъ водъ чистыми ливневыми, такъ что наступаетъ наконецъ моментъ, когда, будучи по своему составу достаточно чистой, сточная вода можетъ быть выпущена въ ближайшіе городскіе водные протоки безъ всякаго опасенія ихъ зараженія. Такимъ образомъ въ каждой канализаціонной сѣти (общесплавной системы) могутъ быть, если условія мѣстности это позволяютъ, устроены особые ливнеспуски, черезъ которые часть водъ ливней отводится кратчайшимъ путемъ (галлереею, трубою) въ ближайшій водный протокъ (рѣку, каналъ, озеро, море). Отверстія ливнеспусковъ должны находиться на опредѣленной высотѣ надъ подонною коллектора и дѣйствіе ихъ начинается съ того момента, какъ сточная вода въ коллекторѣ подымется выше порога отверстій, т. е. съ того момента, какъ установится извѣстная степень разжиженія сточной воды.

Если часть ливневой воды можетъ быть выпущена изъ водосточной сѣти, то, слѣдовательно, при расчетѣ тѣхъ коллекторовъ, которые лежатъ ниже ливнеспусковъ, за расчетное количество ливневыхъ сточныхъ водъ должно быть принимаемо не полное, указанное выше количество, а только извѣстная его часть: вслѣдствіе этого значительно уменьшаются сѣченія коллекторовъ, лежащихъ ниже ливнеспусковъ, а также и понижаются денежныя издержки на сооруженіе всей канализаціонной сѣти.

Степень разжиженія домовыхъ сточныхъ водъ ливневыми, при которой является возможность допустить стокъ излишней, обременяющей сѣть, воды въ ближайшіе водные протоки безъ опасенія ихъ зараженія, принято обозначать въ видѣ извѣстнаго объема ливневой воды, съ которымъ долженъ быть смѣшанъ 1 объемъ домовой сточной воды и притомъ въ тѣ часы, когда послѣдняя протекаетъ въ наибольшемъ количествѣ. Такъ напр., если степень разжиженія  $\mu=2$ , то это значитъ что количество (объемъ) домовыхъ сточныхъ водъ, протекающихъ въ часы ихъ наибольшаго расхода по уличнымъ коллекторамъ, должно быть разжижено двумя такими же количествами (объемами) ливневыхъ водъ, прежде чѣмъ ливнеспуски начнутъ свое дѣйствіе.

Степень допустимаго разжиженія  $\mu$  зависитъ отъ многихъ причинъ и должна быть наиболѣе значительной при: сильно загрязненной домовою сточной водою, плохомъ содержаніи сточныхъ каналовъ, густомъ населеніи, маломъ расходѣ того воднаго потока, въ который полагаютъ направить воду изъ ливнепусковъ и т. п., словомъ, зависитъ отъ чисто мѣстныхъ условий. Степень разжиженія можетъ быть неодинаковой даже и въ одномъ и томъ же городѣ: такъ для коллекторовъ съ ливнепусками, направленными въ небольшие городскіе водные протоки, бѣдные водою, величина  $\mu$  должна быть болѣе, чѣмъ для коллекторовъ, ливнепуски которыхъ идутъ къ рѣкамъ обильнымъ водою, съ большою скоростью теченія. Точно также при ливнепускахъ, находящихся въ чертѣ города, степень разжиженія  $\mu$  должна быть болѣе, чѣмъ, когда ливнепуски находятся на рѣкѣ ниже черты города \*), ибо въ этомъ случаѣ нѣкоторое (незначительное) загрязненіе рѣчной воды въ большинствѣ случаевъ не имѣетъ особаго значенія.

Въ виду нѣкоторой неопредѣленности данныхъ относительно допустимой (въ мѣстныхъ весьма разнообразныхъ условияхъ) степени разжиженія ниже приведена таблица № 5, въ которой указаны среднія значенія  $\mu$ , принятыя въ основу нѣкоторыхъ спроектированныхъ и исполненныхъ канализацій.

**ТАБЛИЦА № 5.**

**Величины степени разжиженія въ канализаціяхъ различныхъ городовъ.**

НАЗВАНІЕ ГОРОДА.	Кoeffиц. $\mu$ .	НАЗВАНІЕ ГОРОДА.	Кoeffиц. $\mu$ .
С.-Петербургъ (пр. Лицдея) . . . . .	1,5—2	Дюссельдорфъ . . . . .	1—2
Варшава . . . . .	0,5	Кольнъ (проектъ) . . . . .	2—3,5
Берлинъ . . . . .	6,4	Кеннигсбергъ . . . . .	1,5
Бреславль . . . . .	3	Мюнхенъ . . . . .	4—7
Висбаденъ . . . . .	4—5	Франкфуртъ на М. . . . .	4
Гамбургъ . . . . .	3—4	Фрейбургъ (Баденъ) . . . . .	3,5
Данцигъ . . . . .	2—3	Штеттинъ . . . . .	0,5

\*) Последнее имѣетъ мѣсто главнымъ образомъ при перекачкѣ сточныхъ водъ.

Здѣсь должно замѣтить, что указанныя въ этой таблицѣ величины  $\mu$  не вездѣ одинаковы для всего города. Такъ напр., въ Берлинѣ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ (ниже города) допущено  $\mu=1$ .

Какъ было указано выше, величина  $\mu$  означаетъ объемъ ливневой воды, смѣшанный съ однимъ объемомъ домовой, взятый при ея наибольшемъ расходѣ, но, такъ какъ ливень можетъ весьма часто совпадать съ временемъ наибольшаго расхода домовыхъ сточныхъ водъ, то слѣдовательно въ дѣйствительности степень разжиженія  $\mu$  будетъ часто больше проектной и выбрасываемая ливнепускami вода — болѣе чистой, чѣмъ предполагалось при составленіи проекта. Степень чистоты выбрасываемой изъ сѣти ливнепускami воды бываетъ тѣмъ большая, чѣмъ сильнѣе ливень, такъ какъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ въ водостоки поступаетъ каждую секунду значительно большія массы ливневой, весьма чистой воды (грязь съ поверхности мостовой уже смыта первыми ея слоями), чѣмъ во время продолжительнаго, но не столь интенсивнаго дождя, между тѣмъ секундное количество домовыхъ сточныхъ водъ остается постояннымъ \*) въ обоихъ случаяхъ.

Въ виду указаннаго очевидно, что степень разжиженія  $\mu$ , принимаемая въ основу проекта, представляетъ собою нѣкоторую предѣльную, болѣе неблагоприятную степень загрязненія стекающей черезъ ливнепуски воды, вслѣдствіе чего и нѣтъ надобности назначать въ проектѣ канализаціи величину  $\mu$  особенно большою, все же, наименьшее значеніе должно быть, по нашему мнѣнію, принято (въ чертѣ города)  $\mu=2$ .

Разъ степень разжиженія  $\mu$  назначена въ видѣ одной, или нѣсколькихъ (въ зависимости отъ мѣстныхъ условий) значеній, то могутъ быть опредѣлены и всѣ расчетныя величины расхода различныхъ коллекторовъ, какъ выше, такъ и ниже ливнепусковъ.

Вообще всѣ коллектора канализаціонной сѣти такой системы, при которой она назначена отводить кромѣ домовыхъ и ливневыхъ воды, должны быть рассчитываемы на наибольшій расходъ домовыхъ и ливневыхъ водъ. Опредѣленіе каждой изъ этихъ двухъ величинъ отдѣльно уже было указано въ своемъ мѣстѣ, такъ что, если въ сѣти не могутъ быть устроены ливнепуски, то расчетный наибольшій секундный расходъ опредѣляется простымъ суммированіемъ этихъ двухъ величинъ. Тоже самое суммированіе будетъ имѣть мѣсто и когда въ сѣти устроены ливнепуски, именно для всѣхъ коллекторовъ, расположен-

\*) Если пренебречь ея колебаніями въ теченіи сутокъ, которые вообще ничтожны въ сравненіи съ колебаніями расхода дождевой воды.



ныхъ выше перваго ливнеспуска. За этимъ послѣднимъ наибольшее количество протекающей воды, а слѣдовательно и наибольшій секундный расходъ будетъ равенъ  $(\mu + 1)$  разъ взятому наибольшему расходу домовыхъ водъ \*), стекающихъ со всей площади стока коллекторовъ, расположенныхъ выше ливнеспуска,  $+ \mu$  полные наибольшіе расходы домовыхъ и ливневыхъ водъ съ площади стока: отъ ливнеспуска до разсматриваемаго пункта. За вторымъ, третьимъ и т. д. ливнеспускомъ наибольшій расчетный расходъ любого коллектора  $= (\mu + 1)$  разъ взятому наибольшему расходу домовыхъ водъ, стекающихъ со всей его площади стока до послѣдняго ливнеспуска  $+ \mu$  полные наибольшіе расходы домовыхъ и ливневыхъ водъ съ площади стока: отъ послѣдняго ливнеспуска до разсматриваемаго пункта.

Изъ вышесказаннаго слѣдуетъ, что, чѣмъ чаще будутъ расположены ливнеспуски, тѣмъ менѣе будутъ расчетные расходы отдѣльныхъ коллекторовъ съйти; въ тоже время, чтобы то излишнее количество воды, которое должны отводить ливнеспуски, или дѣйствительно отводилось, необходимо дѣлать ихъ возможно болѣе широкими и притомъ съ достаточною отводоспособностью. \*\*)

Кромѣ ливневой воды, выпадающей на поверхность занятую городомъ, водосточная сътъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ должна отводить также ливневую воду, текущую въ городъ съ окрестныхъ возвышенныхъ пунктовъ. Въ подобныхъ, правда рѣдкихъ, случаяхъ слѣдуетъ при помощи планировки мѣстности сосредоточить ее поступленія въ сътъ въ извѣстныхъ пунктахъ и при опредѣленіи ея количества принять во вниманіе коэффициенты, какъ  $\psi$ , такъ и  $\varphi$ . Послѣдній долженъ быть опредѣленъ не такъ, какъ было указано на стр. 41 (ибо въ данномъ случаѣ коллекторовъ на площади стока не имѣется), а въ зависимости отъ величины и угла на площади стока, а также отъ средней продолжительности сильнаго ливня \*\*\*). Получившійся расходъ долженъ быть прибавленъ къ расходу тѣхъ коллекторовъ, по которымъ будетъ протекать собранная вода.

Слѣдуетъ замѣтить, что подобный проводъ ливневой воды черезъ городскіе сточные коллектора слѣдуетъ во всякомъ случаѣ стараться избѣгать, такъ какъ при этомъ могутъ значительно повѣдаться размѣры

\*) объемъ домовыхъ сточныхъ водъ  $+ \mu$  объемовъ ливневой воды; остальная часть ливневой воды уходитъ черезъ ливнеспускъ.

\*\*\*) Дальнѣйшія подробности о мѣстахъ расположенія и расчетѣ ливнеспусковъ см ниже, въ главѣ объ ихъ устройствѣ.

\*\*\*\*) Примѣръ опредѣленія величины  $\varphi$  указанъ въ *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*, Wasserbau, I Abth., II Hälfte, III Auflage, 1893, стр. 88—92.

**ТАБЛИЦА № 6.**

**Расходъ ливневыхъ водъ, принятый въ основу канализаций различныхъ городовъ.**

Названіе города.	Части города.	Выше ливнепускотвъ.				Количество воды, отводимое водостоками ниже ливнепускотвъ.
		Ливневая вода.		Коэффици- центы	Количество ф. ф. Р отно- димое подо- стоками.	
		Миллимет- ровъ въ 1 часъ.	Куб. фут. въ 1 с. съ 1000 кв. с. = Р.			
С.-Петербургъ (проектъ Линдлея).	Густо заселенныя, центральныя части города	—	—	—	0,284	0,024
»	Внѣшнія части города.	—	—	—	0,213	0,024
Варшава.	Внутреннія части города . . . . .	—	—	—	0,213	0,012
»	Внѣшнія части города .	—	—	—	0,142	0,012
Берлинъ.	Центральныя части города . . . . .	23	1,028	$\frac{1}{3}$	0,313	—
»	Части города съ многочисленными садами и парками . . . . .	23	1,028	$\frac{1}{6}$	0,174	—
	Среднее для радиальныхъ системъ I—	23	1,028	—	0,314	0,043 (0,022)
Брауншвейгъ	—	21	0,933	$\frac{1}{2}$	0,466	—
Бреславль.	Второстепенные коллектора . . . . .	6,5	0,289	$\frac{1}{3}$	0,096	—
»	Главные коллектора	6,5	0,289	$\frac{1}{6}$	0,048	(0,021)
»	Вновь построенные коллектора . . . . .	—	—	—	0,322 до 0,402	—
Висбаденъ.	Густо застроенныя части города . . . . .	35	1,560	По Бриксу.	отъ 0,338 до 1,190	0,042
»	Рѣдко застроенныя части города . . . . .	35	1,560		отъ 0,257 до 0,888	0,026
»	Части города, застроенныя виллами, окруженными садами .	35	1,560		отъ 0,177 до 0,379	0,010

Название города.	Части города.	Выше ливнепускотвъ.				Количество воды, отводимое водостокими ниже ливнепускотвъ.
		Ливневныя воды.		Коэффициенты φ ψ.	Количество φ. ψ. Р отводимое водостокими.	
		Миллиметровъ въ 1 часъ.	Куб. фут. въ 1 кв. с. = Р.			
Виттенб.	Рѣдкая застройка (за площадь стока ливнев. водъ принята длина коллектора, умноженная на среднюю ширину улицъ=60 м.)	13	0,579	1/2	0,290	—
Вѣна.	Нѣкоторыя коллектора (старая норма) . . .	25	1,126	3/8	0,422	—
»	Главные коллектора (новая норма) . . . . .	20	0,884	1/2	0,295	0,045
Гамбургъ.	—	28	1,254	1/2	0,627	0,080
Ганноверъ.	Густо застроенныя старинныя части города.	—	—	—	0,643	—
»	Рѣдко застроен. части .	—	—	—	0,402	—
»	Пригородъ . . . . .	—	—	—	0,133 до 0,201	—
Данцигъ.	Густо застроенныя старинныя части города.	13	0,579	1/2	0,285	0,024 (0,012)
»	Рѣдко застроен. части города . . . . .	13	0,579	1/2	0,193	0,024 (0,008)
Дортмундъ.	Верхняя коллект. вѣтви.	9	0,402	2/3	0,268	—
»	Средняя > >	9	0,402	1/2	0,201	—
»	Нижняя (конечныя) >	9	0,402	1/2	0,134	—
Дюссельдерфъ.	—	41	1,817	1/2	0,606	0,027
Карлсруэ.	—	13	0,579	1/2	0,285	—
Кельнъ.	Главные коллектора въ густо застроенныхъ частяхъ города . . . . .	25	1,126	3/8	0,676	0,045
»	Главные коллектора въ въ рѣдко застроенныхъ частяхъ . . . . .	25	1,126	около 1/2	0,402	0,045
»	Второстепенныя коллектора въ густо застроенныхъ частяхъ города . . . . .	25	1,126	1/2	0,901	—

Название города.	Части города.	Выше ливнеспусковъ.				Количество воды, отводимое водостоками ниже ливнеспусковъ.
		Ливневая вода.		Коэффициенты φ. ψ.	Количество φ. ψ. Р отводимое водостоками.	
		Миллиметровъ въ 1 часъ.	Куб. футъ въ 1 с. съ 1000 кв. с. = Р.			
Кельнъ.	Второстепенные коллектора въ новыхъ, рѣдко застроенныхъ частяхъ города . . .	25	1,126	около 1/2	0,531	—
Кеннигсбергъ.	Новый проектъ . . .	60	2,701	отъ 0,25 до 0,6 по формулѣ: $\frac{1}{\sqrt{F}}$	0,643 до 1,608	0,170
						—
						—
Лейпцигъ.	—	12	0,535	1/2	0,268	—
Линцъ.	—	—	—	—	0,884	—
Лондонъ.	Смотря по величинѣ площади стока и плотности застройки . .	25	1,126	отъ 1/3 до 1/2	0,375—0,563	—
Львель.	—	22	0,981	1/3	0,327	—
Мангеймъ.	Центральныя, густо застроенныя части города . . . . .	45	2,010	По Бюркли.	max.=1,351	—
	» Части занятыя особняками, окруженными садами . . . . .	45	2,010		max.=1,013	—
	» Рѣдко застроенныя пригородныя части . .	45	2,010		max.=0,675	—
Майнцъ.	—	40	1,785	1/2	0,893	—
Мюльгаузенъ.	Центральныя части города . . . . .	18	0,804	0,6	0,482	—
	» Рабочіе кварталы и пригородъ . . . . .	18	0,804	0,4	0,322	—
Мюнхенъ.	Рѣдко застроен. части города. . . . .	16	0,724	отъ 1/5 до 1/2	0,145—0,362	—
	» Главный отводной коллекторъ четырехъ сточныхъ системъ .	16	0,724	около 1/3	0,265	0,024 до 0,129
Нюрнбергъ.	Смотря по величинѣ площади стока . . . . .	13	0,579	отъ 1/3 до 1/2	0,193—0,290	—
Парижъ.	Главные коллектора .	45	2,010	1/3	0,670	—

Название города.	Части города.	Выше ливнепусковъ.			Коэффициенты	Количество ф. ф. Р отводимое водостоками.	Количество воды, отводимое водостоками ниже ливнепусковъ.
		Ливневая вода.	Куб. фут. в 1 часъ.	Куб. фут. в 1 с. съ 1000 кв. с П. Р.			
Пештъ.	Главные коллектора, смотря по густотѣ застройки города	25	1,126	отъ 0,15 до 0,3	0,169—0,339	—	
Позенъ.		36	1,608	По Бриксу	въ среднемъ = 0,804	—	
Франкфуртъ на М.	Смотри по размѣрамъ, уклонамъ поверхности и густотѣ населения различныхъ кварталовъ . . . . .	—	—	—	0,193 до 0,482	0,045	
Фрейбургъ (въ Баденѣ).	Густо застроенныя части города . . . . .	—	—	—	0,643—0,804	—	
»	Рѣдко застроенныя части города . . . . .	—	—	—	0,322	—	
»	Вновь проложенные коллектора . . . . .	65	2,894	По Манку.	тах. 1,737	—	
Хемницъ.	Смотри по густотѣ застройки и уклону поверхности земли . . . . .	25	1,126	По Манку.	0,273 до 0,804	0,032—0,056	
Штеттинъ.	—	13	0,579	1/2	0,290	—	
»	Вновь построенные коллектора . . . . .	—	—	По Бриксу	тах. 0,804.	—	
Штутгартъ.	Второстепен. коллектора	—	—	—	0,193 до 0,273	—	
»	Главный водоспускъ . . . . .	—	—	—	—	0,051	
Эмденъ.	—	23	1,028	1/2	0,343	0,015	
Многіе города Англіи и Америки.	—	25	1,126	1/2	0,563	—	

коллекторовъ, а слѣдовательно и стоимость всей сѣти. Несравненно правильнѣе отвести отъ города окрестную нагорную ливневую воду, или же, если это неудобно, или сопряжено съ большими издержками, то отвести ее черезъ городъ отдѣльной самостоятельной сточной галлереею, которал, благодаря тому, что текущая по ней вода не загрязнена городскими отбросами, можетъ быть продолжена по кратчайшему пути къ водному городскому протоку съ небольшимъ уклономъ и ближе къ поверхности земли, чѣмъ канализаціонные проводы, которые часто

укладываются на значительную глубину вследствие того, что должны принимать въ себя сточную воду изъ подваловъ окружающихъ домовъ \*).

Въ заключеніе разсмотрѣнія вопроса о количествѣ ливневой воды, отводимою канализационною сѣтью, приведена таблица № 6, въ которой указаны соответственные расчетныя данныя для различныхъ исполненныхъ и спроектированныхъ канализаций. Величина степени разжиженія  $\mu$  получается изъ этой таблицы дѣленіемъ цифръ послѣдней ея графы на соответственные цифры таблицы № 1. Въ 5-й графѣ таблицы № 6-й, гдѣ стоитъ одно числовое значеніе, подразумѣвается, что коэффициентъ  $\varphi$  замедленія стока принять  $=1$ , т. е. въ этихъ случаяхъ число указываетъ лишь на принятое значеніе коэффициента  $\psi$ . Въ Льежѣ для большихъ коллекторовъ допущено еще большее уменьшеніе стока ливневой воды (меньшая величина  $\varphi, \psi$ ), чѣмъ указано въ таблицѣ, вследствие чего въ этомъ городѣ, особенно въ нѣкоторыхъ частяхъ, замѣчалось частое переполненіе сѣти. Числа послѣдней графы таблицы показываютъ средніе расходы ливневыхъ водъ ниже ливне-спусковъ, причемъ цифры, поставленныя рядомъ въ скобкахъ, означаютъ наибольшее секундное количество воды, которое можетъ быть перекачиваемо насосами на поля орошенія, излишекъ же выходитъ черезъ ливнепускъ. Въ будущемъ, когда расходъ сточныхъ водъ при увеличившемся народонаселеніи достигнетъ расчетной цифры, указанной въ послѣдней графѣ таблицы № 1, предполагается установить вторую серію машинъ, которыя были бы въ состояніи перекачивать полностью весь расходъ, указанный въ послѣдней графѣ таблицы № 6.

**Грунтовая вода.** Возможность понизить уровень грунтовыхъ водъ въ низменныхъ, сырыхъ частяхъ города и тѣмъ самымъ осушить почву, оздоровить ее и облегчить возможность постройки сухихъ, здоровыхъ зданій.— составляетъ немаловажное преимущество глубоко заложеной въ землю канализационной сѣти. Однако употребить для сбора грунтовой воды самые водосточные коллектора не слѣдуетъ, для этой цѣли несравненно лучше окружить ихъ водопроницаемымъ матеріаломъ (песокъ, гравій), а въ иныхъ случаяхъ кромѣ того уложить надъ, или по бокамъ коллекторовъ совершенно особыя дренажныя трубы \*\*), при этомъ можно не опасаться того, что грязная сточ-

\*) О собираніи дождевой воды для промывки водосточковъ см. ниже въ главѣ о промывкахъ.

\*\*) Дальнѣйшія подробности см. ниже въ главѣ объ осушеніи почвы. Даже не дѣлая никакой дренажной сѣти уровень грунтовой воды въ канализованномъ городѣ обыкновенно нѣсколько понижается вследствие того, что грунтовая вода стекаетъ вдоль стѣнокъ коллекторовъ къ пониженному устью сѣти.

ная вода залетается въ дренажныя трубы и черезъ это заразить городскую почву.

Если сточныя воды по выходѣ изъ города должны быть перекачиваемы насосами, то тоже надо дѣлать и съ собранною дренажными трубами грунтовой водою. При этомъ можетъ лишь явиться вопросъ, слѣдуетъ ли отвести грунтовую воду къ насосной станціи совершенно самостоятельнымъ проводомъ, или соединить дренажную сѣть въ нѣсколькихъ пониженныхъ пунктахъ съ водосточною? Рѣшеніе этого вопроса вполне зависитъ отъ мѣстныхъ условій глубины заложения и уровня сточной воды коллекторовъ, причемъ во всякомъ случаѣ слѣдуетъ предупредить возможность заливанія дренажной сѣти грязною сточною водою. Такъ какъ при перекачиваніи сточной воды всякое увеличеніе ея количества отзывается на стоимости перекачки, то во всѣхъ тѣхъ пунктахъ, гдѣ это возможно, слѣдуетъ отвести собранную дренажемъ грунтовую воду въ ближайшіе водные протоки.

Что касается до количества грунтовыхъ водъ, которое должно быть отводимо сѣтью въ единицу времени, то оно весьма неопредѣленно, тѣмъ болѣе, что подлежація изысканія передъ составленіемъ проекта канализаціи весьма рѣдко производится достаточно тщательно. Въ виду неопредѣленности данныхъ водосточная сѣть въ большинствѣ случаевъ не рассчитывается на грунтовые воды, а если и рассчитывается, то по весьма гадательнымъ даннымъ. Тѣмъ не менѣе при общепринятыхъ въ сырыхъ грунтахъ устройствахъ водосточной сѣти, а въ особенности при устройствѣ дренажа можно быть во многихъ случаяхъ увѣреннымъ въ регулирующемъ ея дѣйствіи на пониженіе и закрѣпленіе на постоянной высотѣ уровня грунтовой воды, степень же понижения вполне зависитъ отъ обилія притока и источниковъ грунтовой воды.

Если притокъ грунтовой воды очень великъ, что во многихъ случаяхъ имѣетъ мѣсто при непосредственномъ просачиваніи воды изъ большой рѣки, или озера, тамъ не можетъ быть и рѣчи о глубокомъ ея пониженіи; дѣйствительно, какаѣ дренажная, или канализаціонная сѣть въ состояніи принять и отвести всю массу воды, идущей изъ подобныхъ водныхъ резервуаровъ? При такихъ обстоятельствахъ заложение дренажныхъ трубъ и водосточныхъ на весьма большой глубинѣ исключительно съ цѣлью осушенія глубокихъ слоевъ подпочвы, не приводя къ желаемымъ результатамъ, лишь напрасно удорожаетъ производство работъ. Вслѣдствіе этого подвалы низменныхъ участковъ нѣкоторыхъ хорошо канализированныхъ городовъ, расположенныхъ у большихъ рѣкъ (Эльба, Рейнъ), не вполне освобождены отъ грунтовой

воды и пользуются лишь временною сухостью, когда уровень грунтовых водъ понижается вслѣдствіе пониженія уровня рѣчной воды.

Постоянная регулировка уровня грунтовой воды вполне удается въ тѣхъ городахъ, гдѣ она представляетъ собою результатъ просачиванія части атмосферныхъ осадковъ, выпадающихъ въ самомъ городѣ и его ближайшихъ окрестностяхъ. \*) Въ этихъ случаяхъ для приближительныхъ подсчетовъ можно принимать, что пористыя незамощенные поверхности впитываютъ примѣрно 0,3—0,4 части годового количества осадковъ. Даже тамъ, гдѣ обширныя пространства окрестностей вліяютъ на образованіе грунтовой воды и гдѣ онѣ постоянно текутъ подземнымъ потокомъ подъ городомъ (пока не достигнутъ ближайшей большой рѣки), даже въ подобныхъ случаяхъ можно рассчитывать, что подземный дренажъ окажетъ свое осушающее дѣйствіе: въ плоскости уровня грунтовыхъ водъ подъ дренированнымъ городомъ образуется блюдечкообразное углубленіе, похожее на пониженіе грунтовой воды близъ колодца, изъ котораго выкачиваютъ воду.

При тщательномъ выполненіи работъ по постройкѣ водостоконъ можно допустить, что черезъ кладку коллекторовъ, или стѣнки трубъ почти вовсе не будетъ происходить фильтраціи грунтовой воды. Это подтверждается и наблюденіями надъ существующими канализаціями во многихъ городахъ, преимущественно въ тѣхъ случаяхъ, когда не вся сѣтъ находится ниже горизонта грунтовыхъ водъ, а часть таковой (что почти неизбѣжно) и когда коллектора исполнены вполне тщательно, изъ хорошихъ матеріаловъ, на прочномъ основаніи. Если коллектора приходится строить ниже уровня грунтовыхъ водъ, то вслѣдствіе трудности работы, въ обширной сѣти водостоконъ, имѣющей обыкновенно протяженіе въ нѣсколько десятковъ верстъ, всетаки могутъ встрѣтиться мѣста, гдѣ грунтовая вода найдутъ доступъ непосредственно во внутрь галлерей черезъ неплотности кладки, или стыковъ; подобный случай предвидѣлъ инж. Линдлей при составленіи проекта канализаціи для г. С.-Петербурга и количество грунтовыхъ водъ, просачивающихся въ коллектора сквозь швы и щели, было имъ принято въ 0,5 куб. фута въ 1 минуту съ каждаго милліона кв. футовъ площади города (предположеніе весьма гадательное). Въ нѣкоторыхъ городахъ Англій путемъ наблюденія было обнаружено, что водостоки отводятъ значительно большее количество грунтовыхъ водъ, чѣмъ сточныхъ, но причина этого явленія была найдена исключительно въ небрежности и непрочности

\*) Небольшіе водные притоки внутри города рѣдко имѣютъ вліаніе на уровень грунтовыхъ водъ.



устройства, а также въ дурной конструкціи принятыхъ системъ постройки коллекторовъ. Просачиваніе грунтовой воды внутрь сточныхъ галлерей при хорошей ихъ конструкціи и таковомъ же исполненіи, если и можетъ происходить благодаря пористости нѣкоторыхъ матеріаловъ (напр. кирпича), то въ весьма ничтожномъ количествѣ, которое нельзя вводить въ расчетъ вслѣдствіе, какъ его незначительности, такъ и полной неопредѣленности.

Если существуетъ нѣкоторая возможность просачиванія хотя бы и малыхъ количествъ грунтовой воды внутрь коллекторовъ благодаря нѣкоторой пористости матеріала, то невольно является вопросъ: не могутъ ли и нечистоты изъ коллекторовъ просачиваться въ окружающій грунтъ и тѣмъ самымъ заразить его? Опытныя и научныя \*) данныя позволяютъ отвергать это явленіе. Химическія изслѣдованія и сравненія образцовъ грунта, взятаго рядомъ съ коллекторами и далече отъ нихъ въ гг. Мюнхенѣ, Гамбургѣ, Альтопѣ и нѣкоторыхъ городахъ Англіи, показали, что при хорошемъ исполненіи и конструкціи коллекторовъ, тамъ, гдѣ, конечно, не было сквозныхъ трещинъ, загрязненія сколько нибудь значительнаго, а во многихъ случаяхъ и какого бы то ни было вблизи коллекторовъ замѣчено не было. При новомъ изслѣдованіи, спустя 6 лѣтъ, произведенномъ въ г. Мюнхенѣ, едва замѣтное при первомъ изслѣдованіи загрязненіе—почти совсѣмъ исчезло, что и было объяснено закупоркою поръ стѣнокъ коллекторовъ тѣми грязевыми частицами, которыя несетъ сточная вода. Тѣмъ не менѣе, разъ можетъ существовать возможность даже ничтожнаго просачиванія—коллектора должны строиться лишь хорошихъ, выработанныхъ практикой конструкцій, достаточной толщины, изъ плотнаго и хорошаго матеріала и исполняться самымъ тщательнымъ образомъ \*\*).

**Составъ сточныхъ водъ.** Вода, стекающая въ канализаціонную сѣтъ изъ домовъ (водопроводная вода) частью бываетъ почти чиста, какъ напр. вода изъ ваннъ, отъ фонтановъ, паровыхъ котловъ и т. п., частью же загрязнена различнаго рода веществами: мыломъ, остатками съѣстныхъ припасовъ, пескомъ (чистка посуды), пылью, экскрементами и отбросами всевозможныхъ сортовъ, какъ домашняго, такъ и промышленнаго происхожденія (бойни, фабрики, заводы). До-

\*) При движеніи жидкости вдоль пористой стѣнки (въ коллекторѣ), за которой находится другая жидкость въ спокойномъ состояніи (грунтовая вода), явленіе экзосмоса уменьшается, а эндосмоса увеличивается съ увеличеніемъ скорости теченія и увеличеніемъ (до нѣкотораго предѣла) пористости стѣнки.

\*\*\*) Образцомъ тщательности исполненія могутъ служить водостоки гг. Варшавы и Франкфурта на М.

ждевая вода, стекающая въ канализаціонную сѣть, особенно въ началѣ дождя, случившагося послѣ продолжительной засухи, бываетъ также болѣе, или менѣе загрязнена различнаго рода веществами, какъ органическаго, такъ и неорганическаго происхожденія, смываемыми съ крышъ построекъ, со дворовъ и улицъ. Степень загрязненія сточныхъ водъ можетъ измѣняться въ весьма широкихъ предѣлахъ и зависеть отъ образа жизни и привычекъ городскихъ жителей, отъ большой, или меньшей обильности водоснабженія, отъ степени развитія уличнаго движенія, отъ способа мощенія улицъ, отъ способа и степени тщательности очистки послѣднихъ, отъ размѣровъ промышленной и фабричной дѣятельности и, наконецъ, отъ системъ канализаціонныхъ устройствъ \*).

Исслѣдованіе сточныхъ водъ домовыхъ, или дождевыхъ, взятыхъ въ отдѣльности (кухонная вода, прачешная вода и т. п.), не представляютъ для цѣлей канализаціи ни интереса, ни значенія, такъ какъ ихъ составъ подъ вліяніемъ временныхъ, случайныхъ обстоятельствъ можетъ измѣняться почти до безконечности.

Несравненно болѣе постоянными и важными являются результаты анализовъ сточной воды, взятой въ полномъ ея составѣ, въ томъ видѣ, какъ она протекаетъ по коллекторамъ канализаціонной сѣти. Будучи составною жидкостью, сточная вода различныхъ городовъ подъ вліяніемъ мѣстныхъ условій (см. выше) можетъ по анализамъ оказаться различной. Точно также, если брать для анализа сточную воду изъ различныхъ частей сѣти одного и того же города, или брать ее въ различное время, напр. въ дождь и въ сухую погоду, то ея составъ можетъ также оказаться нѣсколько различнымъ, что понятно само собою. Къ сожалѣнію произведенные анализы сточной воды различныхъ городовъ весьма часто носятъ именно этотъ характеръ случайности и къ тому же выполнены различными способами, такъ что далеко не всегда могутъ быть сравнены между собою ни въ мѣстныхъ (пунктъ сѣти), или временныхъ обстоятельствъ. Результаты нѣкоторыхъ наиболѣе достовѣрныхъ, сравнимыхъ между собою анализовъ приведены ниже въ таблицѣ № 7, составленной главнымъ образомъ по *Baumeister's* (*Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung*, 1890).

Въ первой графѣ этой таблицы указано количество экскрементовъ, попадающихъ (законнымъ путемъ) въ водосточную сѣть, выраженное въ видѣ процентовъ отъ полнаго ихъ количества, производимаго горо-

\*) Какъ домовыхъ, такъ и уличныхъ: при однихъ устройствахъ сточная вода можетъ задерживаться и поступать въ сѣть уже въ періодѣ загниванія, при другихъ—прямо въ сѣть въ свѣжемъ видѣ, или: при однихъ устройствахъ твердые вещества задерживаются, а при другихъ вмѣстѣ съ водою въ сточную сѣть попадаетъ песокъ и т. п. вещества.

ТАБЛИЦА № 7.

Анализы сточных водъ.

НАЗВАНИЕ ГОРОДА.	Количество экскрементовъ, попадающихъ въ водостоки (въ процентахъ). Количество сточной воды на 1 жителя въ сутки (въ куб. метрахъ).		Количество веществъ, находящ. въ сточной водѣ, въ граммахъ на 1 куб. метръ.					Количество азота въ граммахъ.	
			Нерастворенныхъ.		Растворенныхъ.		ВСЕГО.	Въ 1 куб. метрѣ.	На 1 человѣка въ сутки.
			Минеральныхъ.	Органическихъ.	Минеральныхъ.	Органическихъ.			
Берлинъ, среднее годовое . . . . .	100	0,100	217	453	506	249	1425	70	7
Висбадегъ, р. Зальпбахъ въ качествѣ приѣмнаго канала.	20	0,345	40	34	1780	93	1947	23	8
Галле, среднее годовое . . . . .	0	0,090	600	500	1200	700	3000	140	13
Данцигъ, » » . . . . .	100	0,180	216	379	499	171	1265	65	12
Дортмундъ, » » . . . . .	60	0,190	162	235	670	337	1404	55	10
Лондонъ, » » . . . . .	100	0,200	354	258	645		1257	80	16
» во время ливней	100	—	1828	514	631		2973	71	—
Мюнхенъ, пригородъ . . . . .	20	0,465	40	80	361	190	671	—	—
Парижъ, среднее годовое . . . . .	30	0,150	1050	515	572	258	2395	45	7
Франкфуртъ на М. въ сух. погоду . . . . .	70	0,100	76	72	573	285	1006	47	5
» » » въ дождь.	70	0,320	797	203	238	250	1488	67	21
» » » у очист. бассейновъ (среднее за годъ) . . . . .	70	0,180	377	919	364	581	2241	115	21
Цюрихъ, среднее . . . . .	80	0,400	36	92	298	182	608	114	45
Эссенъ . . . . .	0	0,190	105	213	613	230	1161	106	20
Среднее для 16 английскихъ городовъ . . . . .	100	0,180	242	205	722		1169	85	15
Среднее для 15 другихъ английскихъ городовъ . . . . .	40	0,150	178	213	824		1215	73	11
Гатчина, анализъ 13 апрѣля 1890 г. . . . .	—	—	52	21	324	112	509	—	—

домъ. Такъ какъ въ водостоги попадаютъ экскременты почти исключительно при посредствѣ ватерклозетовъ, то указанное процентное количество до известной степени соответствуетъ количеству устроенныхъ въ городѣ ватерклозетовъ. Въ тѣхъ городахъ, противъ названія которыхъ въ 1-й графѣ стоитъ менѣе 100% частью ватерклозеты устроены не во всемъ городѣ, частью практикуются раздѣлители нечистотъ (Парижъ), при помощи которыхъ твердые экскременты задерживаются отъ попаданія въ сѣтъ и удаляются отдѣльно вывознымъ способомъ. Такъ напр., въ Висбаденѣ около 1/5 жителей пользуются ватерклозетами, содержимое которыхъ поступаетъ въ выгребъ, и только изъ этихъ послѣднихъ болѣею частью стекаетъ въ канализаціонную сѣтъ; въ Мюнхенѣ во время производствъ анализовъ существовала система обязательнаго вывоза нечистотъ почти изъ всѣхъ выгребовъ, \*) тѣмъ не менѣе въ весьма многихъ домахъ существовали незаконныя переливные трубы, помощью которыхъ экскременты могли поступать въ водосточную сѣтъ.

Во второй графѣ таблицы указано количество сточной воды, которое дѣйствительно протекало въ водосточной сѣти во время производствъ анализовъ, причемъ это количество отнесено на 1 жителя.

Остальныя графы таблицы указываютъ на результаты анализовъ. Количество растворенныхъ и нерастворенныхъ веществъ выражено въ граммахъ на 1 куб. метръ воды (=миллиграммовъ на 1 литръ). Пробы сточной воды были взяты въ конечныхъ, выводныхъ коллекторахъ канализаціонной сѣти въ различные дни и часы, влѣдствіе чего до известной степени сравнялись мѣстные и временныя различія въ составѣ сточныхъ водъ. Большинство приведенныхъ цифръ представляютъ среднія годовыя нормы.

Во время сильнаго дождя сточныя воды разжижаются дождевыми, но, такъ какъ влѣдствіе притока дождевой воды увеличивается высота струи, протекающей по коллекторамъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивается и скорость теченія, то тѣ вещества, которыя въ сухую погоду при небольшой скорости теченія успѣли осѣсть на дно коллекторовъ, снова забудораживаются, примѣшиваются къ общей массѣ текущей воды и ея общій составъ оказывается худшимъ, чѣмъ можно было бы ожидать при существующей степени разжиженія. Къ этому присоединяется еще то, что дождевая вода смываетъ грязь съ поверхности дворовъ и улицъ, внося новые элементы загрязненія въ сточную воду. Лишь по прошествіи нѣкотораго промежутка времени, когда

---

\*) Въ настоящее время введена обще-сплавная система.

грязь съ улицъ смыта и когда забудораженные въ коллекторахъ осадки сплавятся въ нижележащія участки сѣти, дождевыя воды, вступаая въ чистомъ видѣ, разжижаютъ сточныя все болѣе и болѣе. Наибольше сильное разжиженіе и улучшеніе состава сточной воды замѣчается во время дождей въ верхнихъ концахъ сѣти, въ конечныхъ же, выводныхъ, коллекторахъ это улучшеніе замѣтно не въ столь сильной степени, такъ какъ въ то время, когда съ поверхности земли въ нихъ вливается уже сравнительно чистая дождевая вода, изъ вышележащихъ верхнихъ коллекторовъ сѣти все еще поступаетъ очень грязная вода, соответствующая первому періоду выпаденія дождя.

Если принять во вниманіе все вышензложенное, а также и то, что часть, сравнительно, чистой сточной воды уходитъ черезъ ливне-спуски и что первые слои дождевой воды при сильно развитомъ уличномъ движеніи бывають загрязнены болѣе, чѣмъ домовыя сточныя воды, то станетъ яснымъ, что средній (годовой) составъ суточныхъ водъ во время дождей можетъ быть худшимъ, чѣмъ въ сухое время, какъ это и показываютъ въ вышеприведенной таблицѣ примѣры Лондона и Франкфурта на М.

Совершенно инымъ является вліяніе промывной и грунтовой воды на составъ сточныхъ водъ: поступаая въ сѣть почти въ чистомъ видѣ, онѣ всегда дѣйствуютъ разжижающимъ и улучшающимъ составъ сточныхъ водъ образомъ. Такъ въ Данцигѣ, примѣрно  $\frac{1}{3}$ , а въ Мюнхенѣ до  $\frac{1}{2}$  всего количества домовыхъ сточныхъ водъ составляютъ промывныя (и часто грунтоваыя) воды, слѣдовательно, для полученія истиннаго представленія о составѣ собственно *домовыхъ* водъ, цифры ихъ состава, стоящія въ таблицѣ, должны быть соответственно увеличены въ  $1\frac{1}{2}$  и 2 раза.

Анализъ въ г. Висбаденѣ (см. таблицу) былъ сдѣланъ не надъ сточною водою, протекающею по коллекторамъ, а надъ водою р. Зальбаха, въ которой протекаетъ примѣрно  $\frac{2}{3}$  рѣчной воды и  $\frac{1}{3}$  домовой сточной: этимъ и объясняется сравнительно хорошей ея составъ. Присутствіе громаднаго количества растворенныхъ минеральныхъ веществъ въ сточной водѣ этого города объясняется тѣмъ, что въ нее стекаетъ также и вода мѣстныхъ теплыхъ минеральныхъ источниковъ.

Чтобы составить себѣ представленіе о вліяніи экскрементовъ, вводимыхъ въ канализаціонную сѣть, на общій составъ сточныхъ водъ, слѣдуетъ обратить вниманіе на количество содержащихся въ нихъ органическихъ веществъ, особенно же *азота*, причемъ содержаніе послѣдняго правильнѣе относить не на единицу объема сточной воды, которая можетъ быть разжижена въ различной степени, а на 1 жи-

тели. Последняя графа таблицы, полученная перемножением цифръ 2-й графы на цифры предпоследней, показываетъ содержаніе азота, приходящееся въ сутки на 1 жителя.

Изъ приведенныхъ анализовъ видно, что ни количество органическихъ веществъ вообще, ни содержаніе азота въ частности далеко не пропорціонально количеству экскрементовъ, попадающихъ въ водостоки, мало того: въ сточныхъ водахъ нѣкоторыхъ городовъ количество азота оказывается значительно большее, когда въ стоки экскременты не попадаютъ вовсе. Неожиданность полученныхъ результатовъ, кромѣ вѣроятія нѣкоторой доли неточности анализовъ, можно объяснить тѣмъ, что нѣкоторыя промышленныя воды, стекающія въ сѣтъ изъ фабрикъ и заводовъ, содержатъ въ себѣ вещества, которыя, находясь въ смѣси со сточными водами, выдѣляютъ осадокъ, содержащій въ себѣ азотъ; этотъ осадокъ обыкновенно удаляется изъ сѣти помощью промывки и ручнымъ способомъ, а потому и ускользнулъ отъ анализа. Такъ напр. изъ таблицы видно, что въ Берлинѣ на 1 человѣка въ сутки въ сточной водѣ приходится 7 граммовъ азота, между тѣмъ въ суточномъ же количествѣ экскрементовъ (мочи и кала), выдѣляемыхъ 1 человекомъ, содержится около 12—15 граммовъ азота; \*) очевидно (это подтвердили и анализы грязи извлекаемой изъ стоковъ), что часть азота перешла въ какія нибудь вещества, ускользнувшія отъ анализа. Во всякомъ случаѣ, какъ изъ приведенныхъ въ таблицѣ № 7 анализовъ, такъ и изъ анализовъ сточной воды другихъ городовъ, можно вывести заключеніе, что дѣйствительное содержаніе органическихъ веществъ и азота въ сточной водѣ далеко не въ такой степени зависитъ отъ количества попадающихъ въ стоки экскрементовъ, какъ это, казалось, должно быть при теоретическомъ изслѣдованіи вопроса. Разъ на улучшеніе состава сточныхъ водъ вліяетъ очень мало большее или меньшее количество экскрементовъ, то полное запрещеніе ихъ стока въ городскую канализацію не имѣетъ подъ собою правильной основы, тѣмъ болѣе, что, не смотря ни на какія запрещенія, часть экскрементовъ всетаки будетъ поступать въ водосточную сѣтъ различными нелегальными путями.

Въ заключеніи обзора состава канализаціонныхъ водъ слѣдуетъ замѣтить, что количество микроорганизмовъ, находящихся въ сточной водѣ, колеблется, въ среднемъ, отъ 3 до 250 милліоновъ въ 1 куб. сантиметрѣ. Ихъ количество бываетъ тѣмъ большимъ, чѣмъ болѣе застойный характеръ носятъ стоки, слѣдовательно, чѣмъ хуже они устроены.

\*) Изъ нихъ въ одной мочѣ отъ 11 до 13 граммовъ.

Въ числѣ микроорганизмовъ, конечно, могутъ быть и патогенныя бактеріи, но количество этихъ послѣднихъ зависитъ очень мало отъ того, попадаютъ ли въ сточную сѣть экскременты, или нѣтъ, такъ какъ мнѣніе, будто послѣдніе должны содержать въ себѣ большее количество болезнетворныхъ организмовъ, чѣмъ остальные сточныя воды—ошибочно. \*) Слѣдовательно и съ этой точки зрѣнія запрещеніе выпуска въ сточную сѣть экскрементовъ не имѣетъ достаточныхъ основаній.

Число микроорганизмовъ не можетъ служить причиною признанія сточныхъ водъ болѣе, или менѣе вредными: необходимо кромѣ числа знать и ихъ свойства. Въ иныхъ, правда рѣдкихъ, случаяхъ большое число микроорганизмовъ можетъ оказаться даже благопріятнымъ, такъ какъ нѣкоторые изъ нихъ способствуютъ минерализаціи органическихъ веществъ.

Мнѣніе, будто патогенные микроорганизмы могутъ легко освобождаться изъ сточной воды и тѣмъ заражать воздухъ—въ настоящее время сильно оспаривается и едва ли можетъ быть признано правильнымъ \*\*).

---

\*) См. *Flügge*. Grundrisse der Hygiene, III Auflage. 1894.

\*\*\*) См. *Arnould*. Nouveaux éléments d'hygiène, 2<sup>ed</sup>. 1889, а также: *Büsing*. Die Kanalisation, 1894 (Handbuch der Hygiene von *Th. Weyl*, II Band, 1 Abth.).

## ГЛАВА III.

**Система расположенія сѣти: перпендикулярная, пересѣченная, вѣрная, поясная и радіальная. Скорость теченія и уклоны коллекторовъ. Глубина заложенія коллекторовъ. Промывка водосточной сѣти. Устья водосточной сѣти,**

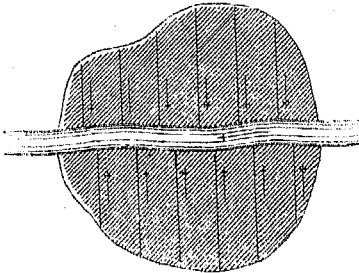
Вслѣдствіе громаднаго разнообразія мѣстныхъ условій для проектированія расположенія коллекторовъ канализаціонной сѣти нельзя дать строгихъ безотносительныхъ правилъ, а могутъ быть даны однѣ лишь общія основанія. Эти основанія въ главныхъ своихъ чертахъ совершенно независимы отъ того, для какой комбинаціи сточныхъ водъ (см. стр. 4 и 5) предназначена водосточная сѣть. Въ виду этого въ нижеизложенномъ за типъ принята полная общесплавная система, принимающая всѣ сточныя воды въ ихъ полномъ объемѣ.

Городская канализаціонная сѣть состоитъ, какъ это было указано выше, изъ отдѣльныхъ сточныхъ галлерей-коллекторовъ, которые, проходя вдоль улицъ и, по возможности, слѣдуя за уклонами поверхности земли, принимаютъ въ себя грязныя сточныя воды и выводятъ ихъ за черту города. Всѣ городскіе коллектора принимаютъ въ себя различныя количества сточныхъ водъ, имѣютъ различныя уклоны и, слѣдовательно, могутъ имѣть различныя размѣры поперечнаго сѣченія; вслѣдствіе этого всѣ коллектора сточной сѣти могутъ быть раздѣлены на: главные, въ которые направлены сточныя воды изъ значительнаго числа остальныхъ коллекторовъ сѣти, и второстепенные, которые собираютъ и подводятъ воду къ главнымъ. Сообразно съ расположеніемъ главныхъ коллекторовъ могутъ быть рассмотрѣны нѣсколько различныхъ системъ расположенія канализаціонной сѣти.

а) **Перпендикулярная система** можетъ быть примѣнена лишь въ такихъ городахъ, въ которыхъ имѣется болѣе или менѣе значи-



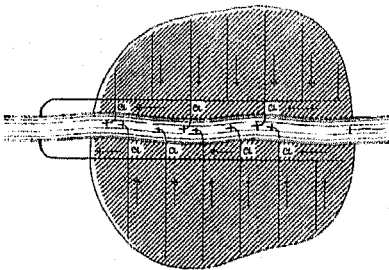
тельная рѣка, или иной водный потокъ и притомъ, если общій скатъ городской поверхности направленъ къ рѣкѣ. По этой системѣ главные сборные коллектора сточной сѣти, не будучи связаны другъ съ другомъ, направляются по ближайшему пути къ рѣкѣ, слѣдовательно перпендикулярно къ ся направленію (чер. 1), насколько это можетъ быть соблюдено при существующемъ расположеніи улицъ. По этой системѣ были устроены канализаціи въ городахъ: Вѣнѣ, Ульмѣ, Зальцбургѣ, Галле на З., Бернѣ и др. \*). Достоинства этой системѣ расположенія заключается въ томъ, что отдѣльныя части города могутъ быть канализированы совершенно самостоятельно, что удобно для постепенной постройки сѣти, а также въ томъ, что размѣры коллекторовъ, благодаря ихъ незначительной длинѣ, выходятъ по расчету небольшими, а слѣдовательно и дешевыми въ исполненіи. Недостатки системѣ гораздо болѣе существенны и заключаются главнымъ образомъ въ томъ,



Чер. 1.

что рѣчная вода загрязняется и отравляется сточною водою въ чертѣ самаго города, что особенно рѣзко замѣтно въ небольшихъ, или медленно текущихъ рѣкахъ, а также, если на рѣкѣ устроены плотины ниже устья коллекторовъ, какъ напр. въ городахъ: Прагѣ, Вюрцбургѣ, Эмсѣ. Въ виду указаннаго, весьма существеннаго недостатка, перпендикулярная система расположенія стоковъ въ настоящее время болѣе не примѣняется къ новымъ устройствамъ.

б) **Пересѣченная система** (чер. 2) представляетъ собою какъ бы поправку предыдущей, перпендикулярной, системы. Для предупрежденія попаданія грязныхъ сточныхъ водъ въ рѣку въ чертѣ города, вдоль берега устраивается коллекторъ, который, пересѣкая всѣ главные коллектора перпендикулярной системы, перехватываетъ сточныя воды до попаданія въ рѣку и отводитъ ихъ за городскую черту. Здѣсь, ниже города, сточныя воды могутъ быть выпущены непосредственно въ рѣку, если то позволяютъ мѣстныя условія, или должны быть предвари-



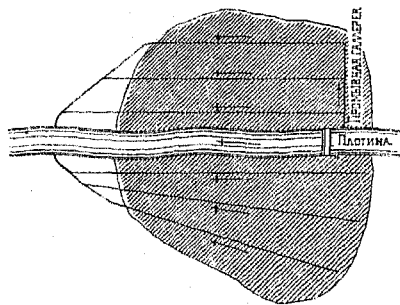
Чер. 2.

если то позволяютъ мѣстныя условія, или должны быть предвари-

\*) Къ этой же системѣ относится большинство существующихъ въ настоящее время въ С.-Петербургѣ деревянныхъ пластинчатыхъ стоковъ.

тельно очищены, или, наконец, могут перекачиваться на поля орошения. Если глубина заложения пересекающего коллектора может быть по местным условиям сделана такой, что уровень сточной воды в нем будет выше уровня воды в рѣкѣ, то устьями старыхъ перпендикулярныхъ коллекторовъ можно воспользоваться для устройства ливнеспусковъ (а на чер. 2). Пересекающій коллекторъ въ большинствѣ случаевъ обходится весьма дорого, такъ какъ, благодаря большому количеству протекающей въ немъ сточной воды и, обыкновенно, малому имѣющемуся въ распоряженіи уклону, его сѣченія выходятъ очень большимъ, устроить же ливнеспуски и тѣмъ уменьшить количество сточныхъ водъ часто не представляется возможнымъ вслѣдствіе значительной глубинѣ заложенія; къ этому присоединяется еще то, что работа по его прокладкѣ обыкновенно бываетъ затруднительна вслѣдствіе просачиванія воды изъ рѣжки и плохого качества берегового грунта. Пересекающая система примѣнена въ городахъ: Данцигѣ (въ частяхъ города, расположенныхъ на лѣвомъ берегу р. Мотлау), Дрезденѣ, Касселѣ, Магдебургѣ, Страсбургѣ, Пептѣ, частью въ Лондонѣ и Парижѣ и въ др. городахъ.

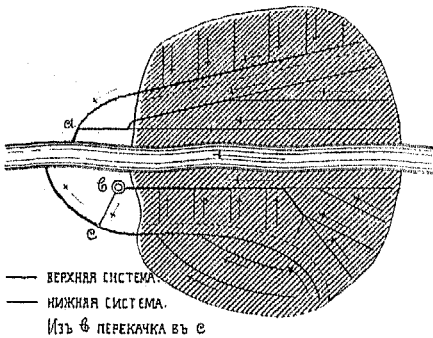
с) **Вѣрная система** (называемая также параллельной) представлена въ схемѣ на чер. 3. Исходи изъ одного пункта, который представляетъ изъ себя сточной пунктъ для всего города, или значительной его части, главные коллектора пересекаютъ весь городъ, проходя до самыхъ отдаленныхъ его границъ, причемъ эти коллектора могутъ идти, какъ параллельно (правая половина города на чер. 3), такъ и подѣлывая другъ къ другу (лѣвая половина города на черт. 3). Если паденіе рѣжки очень велико, или имѣется искусственный подъемъ съ уровня помощью



Чер. 3.

плотины, то въ подобномъ случаѣ можетъ быть весьма удобно производится промывка сѣтки помощью специальной промывной галлерей, проводящей воду изъ рѣжки въ верховья коллекторовъ (см. правую половину города на чер. 3). При отсутствіи въ городѣ рѣжки въ вѣрной системѣ обыкновенно имѣется одинъ наиболѣе длинный главный коллекторъ, пересекающій весь городъ диаметрально. Вѣрная система примѣнена въ городахъ: Брюсселѣ, Бреславлѣ, Карлсруэ, Висбаденѣ, Эмденѣ, Дортмундѣ, Бременѣ и др.

б) **Поясная система** применима в тех случаях, когда город расположен на местности с большими неровными покатоностями, или когда он занимает несколько отдельных террас. В подобных случаях весь город разбивается на отдельные округа, кварталы, или пояса с одинаковым характером привеллировочных отстойков и канализация каждого из этих поясов устраивается и функционирует независимо друг от друга (чер. 4), имея свои собственные главные сборные коллекторы, расположенные по пересеченной или по вверной системѣ, смотря по условиямъ ската каждого пояса. По выходѣ изъ города устья стоковъ отдельныхъ поясовъ могутъ соединиться между собою (а на чер. 4). Если устья нижней поясной системы приходится заложить такъ глубоко, что требуется перекачка сточной жидкости, то часто можетъ оказаться возможнымъ перекачивать ихъ въ коллектора верхнихъ системъ, откуда все сточная воды уже самостоятельно направляются къ назначенному мѣсту стока, или очистки (см. а и с на чер. 4). Наоборотъ, вь иныхъ случаяхъ, при изобилии сточныхъ водъ верхнихъ системъ, часть ихъ можетъ быть направлена для цѣлей промывки въ коллектора нижнихъ системъ. Благодаря тому, что при примененіи поясной системы городъ разбивается на отдельные не-

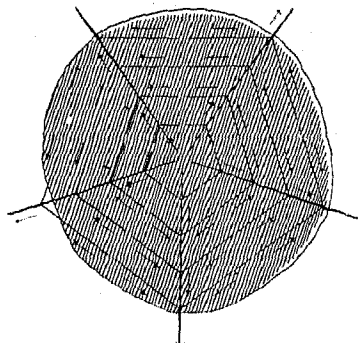


Чер. 4.

большіе и до известной степени самостоятельные сточные участки, размеры коллекторовъ получаются сравнительно небольшіе, что удешевляетъ постройку сѣти и позволяетъ уменьшить одновременныя затраты, такъ какъ канализация отдельныхъ системъ (арусовъ) можетъ быть исполнена черезъ известные промежутки времени. Поясная система применена вь городахъ: Варшавѣ, Франкфуртѣ на М., Майнцѣ, Дюссельдорфѣ, Штуттгартѣ, Мюнхенѣ, Кельнѣ, Гейдельбергѣ, Эльберфельдѣ, Кеннигсбергѣ, Мюнгеймѣ, Базелѣ, Льежѣ, Неаполѣ, отчасти вь Парижѣ, Лондонѣ и др. городахъ. По этой же системѣ были составлены инж. Линдлеемъ проектъ канализации для С.-Петербурга, причемъ обѣ, верхняя и нижняя, системы развиты вѣрообразно. \*)

\*) Должно замѣтить, что по мѣстнымъ условиямъ С.-Петербурга подобная система расположенія стоковъ не совсемъ удачна.

е) **Радіальна система** заключается въ томъ, что весь городъ разбивается на рядъ отдѣльныхъ участковъ, изъ которыхъ каждый канализуется совершенно самостоятельно по направленію отъ густо заселеннаго центра города къ его окраинамъ. Въ схематическомъ видѣ каждый изъ отдѣльныхъ канализаціонныхъ участковъ можетъ быть изображенъ въ видѣ сектора (чер. 5), причемъ его главный коллекторъ будетъ направленъ радіально отъ центра города къ окраинѣ. Сообразно съ подобнымъ расположеніемъ вокругъ города получается нѣсколько отдѣльныхъ пунктовъ, въ которые направлены сточныя воды; здѣсь можетъ производиться ихъ очистка, или перекачка въ болѣе отдаленную отъ города мѣстность, на поля орошенія и т. п. Радіальная система весьма удобно позволяетъ расширять сточную сбѣ при разростаніи городскихъ предѣловъ, такъ какъ это расширеніе будетъ производиться по направленію теченія главныхъ коллекторовъ, причемъ сточныя каналы внутри города остаются нетронутыми и ихъ сбѣченія годными, какъ бы далеко ни отодвинулись городскія границы. При пересѣченной и вѣрной системахъ главные коллектора должны быть устроены часто весьма значительныхъ размѣровъ для удовлетворенія будущихъ потребностей увеличивающагося города, чтобы къ ихъ верховымъ частямъ можно было впоследствии присоединить новые коллектора, слѣдовательно приходится дѣлать непроизводительную для настоящаго времени затрату, чего нельзя сказать про радіальную систему, въ которой къ верховыхъ коллекторовъ, лежащихъ въ центрѣ города, никогда не придется пристраивать новые. Указанное преимущество радіальной системы выказывается тѣмъ рельефнѣе, чѣмъ городъ больше и чѣмъ большее его разростаніе предвидится въ будущемъ. Радіальная система примѣнима главнымъ образомъ при плоской мѣстности. Примѣнена эта система въ Берлинѣ: городъ разбитъ на 12 отдѣльныхъ радіальныхъ системъ, изъ коихъ 7 уже исполнены; сточныя воды перекачиваются помощью паровыхъ насосовъ на поля орошенія, расположенныя частью на сѣверо-востокъ, частью на югъ отъ Берлина.

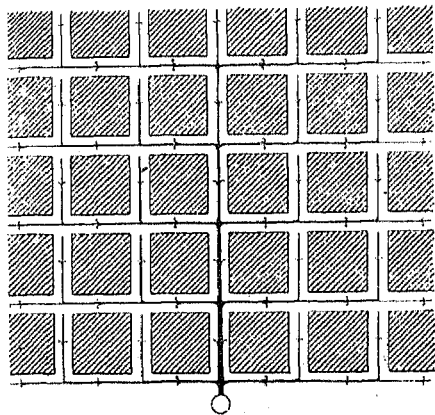


Чер. 5.

Кромѣ перечисленныхъ системъ расположенія канализаціонной сбѣти, очевидно, возможно одновременное сочетаніе различныхъ системъ между собою, что по большей части и замѣчается въ существующей

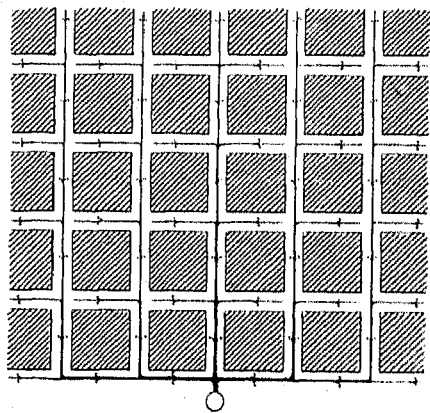
щих водостокахъ; вышеупомянутые примѣры примѣненія той, или другой системы относятся къ городамъ съ возможно болѣе ясно выраженнымъ характеромъ расположенія сточныхъ проводовъ.

Какимъ бы образомъ ни были расположены главные коллектора сточной сѣти, во всякомъ случаѣ



Чер. 6.

въ ихъ размѣрахъ и формѣ не было чрезчуръ большого разнообразія, такъ какъ это можетъ неблагоприятно отозваться на размѣрахъ коллекторовъ, слѣдовательно и на стоимости всей сѣти.



Чер. 7.

При распределеніи канализаціонной сѣти въ каждомъ отдѣльномъ сточномъ участкѣ слѣдуетъ также избѣгать большого числа небольшихъ, равнозначныхъ по отводоспособности, коллекторовъ, такъ какъ одинъ коллекторъ, отводоспособность котораго  $\equiv n$ , стоитъ дешевле, чѣмъ  $n$  коллекторовъ, съ отводоспособностью равной единицѣ. Поэтому, напр., расположеніе, указанное на чер. 6, предпочтительнѣе, чѣмъ расположеніе на чер. 7. Тоже правило можетъ быть выражено такимъ образомъ: проектируя направленіе небольшихъ проводовъ канализаціонной сѣти, слѣдуетъ взаимно комбинировать ихъ такъ, чтобы вся сточная вода всего разсматриваемого участка не была разбита на отдѣльнымъ и одинаковымъ трубамъ небольшого сѣченія, а напротивъ,

во всякомъ случаѣ каждому изъ нихъ соответствуетъ своя площадь стока, съ которой сточная вода помощью боковыхъ второстепенныхъ коллекторовъ попадаетъ въ разсматриваемый главный коллекторъ. Относительно выбора размѣровъ и очертаній этихъ площадей стока главныхъ проводовъ не можетъ быть дано опредѣленныхъ точныхъ правилъ въ виду громаднаго разнообразія мѣстныхъ условий, но во всякомъ случаѣ должно стремиться къ тому, чтобы

въ ихъ размѣрахъ и формѣ не было чрезчуръ большого разнообразія, такъ какъ это можетъ неблагоприятно отозваться на размѣрахъ коллекторовъ, слѣдовательно и на стоимости всей сѣти.

чтобы возможно быстрее была сконцентрирована въ одномъ коллекторѣ данного участка.

Для облегченія промывки и вентиляціи сѣти слѣдуетъ проектировать возможно меньшее число такъ называемыхъ слѣвыхъ концовъ (начальныхъ пунктовъ сѣти), а тѣ изъ нихъ, которые неизбежно должны быть устроены, надо по мѣрѣ возможности группировать вмѣстѣ, особенно, если вода для промывки (слѣвые концы сѣти всегда должны быть промываемы) подводится къ нимъ особымъ проводомъ.

Кромѣ вышепрiloженныхъ, общихъ, правилъ распредѣленія сточныхъ проводовъ, слѣдуетъ непремѣнно придерживаться еще одного, основнаго: всѣ коллекторы должны быть уложены съ уклонами, идущими по возможности въ ту же сторону, какъ и уклонъ поверхности земли, такъ какъ при этомъ уменьшается количество земляныхъ работъ и вся сѣть не зарывается слишкомъ глубоко въ землю.

**Скорость теченія и уклоны коллекторовъ.** Одно изъ главныхъ условий правильнаго дѣйствія водосточной сѣти заключается въ самоочищеніи галлерей. Для этого необходимо, чтобы скорость теченія сточной воды въ коллекторахъ была на столько значительна, чтобы текущею водою уносились тяжелыя твердыя частицы, неизбежно попадающія въ водостоки и могущія, при меньшей скорости, образовать осадки на днѣ коллекторовъ.

По опытамъ, произведеннымъ въ Лондонскихъ водостокахъ Bazalgette омъ, найдено, что:

глина.	сплавляется водою при средней скорости теченія=0,25 ф. въ сек.
мелкій песокъ	» » » » » » =0,5 »
крупный песокъ.	» » » » » » =0,67 »
хрящъ, мелкій гравій.	» » » » » » = 1 »
крупн. гравій, велич. въ	» » » » » » = 2 »
щебень, величина. съ яйцо.	» » » » » » = 3 »

По англійскимъ же изслѣдованіямъ оказалось, что для сплава всѣхъ твердыхъ веществъ, попадающихъ въ водостоки (не смотря на всѣ предохранительныя мѣры), достаточна средняя скорость теченія въ 2—2,5 фута въ 1 секунду. Эта цифра признается правильною всеми извѣстными строителями водостоковъ и слѣдуетъ стараться проектировать новыя сѣти такъ, чтобы скорости теченій во всѣхъ галлерейхъ не сильно отклонялись отъ указанной нормы. Въ небольшихъ коллекторахъ (верховьяхъ сѣти), въ которыхъ теченіе сточной воды можетъ по временамъ, особенно ночью въ сухую погоду, прерываться, средняя скорость протока должна быть нѣсколько повышена, а именно должна быть отъ 2,5—3,5 фута въ 1 секунду. Наконецъ, въ сточныхъ тру-

бахъ, идущихъ со дворовыхъ участковъ (домовые проводы) въ уличную канализацію, гдѣ перерывы стока могутъ случаться еще чаще, средняя скорость теченія должна быть отъ 3,5—4,5 футъ въ 1 секунду \*).

Скорость теченія въ водосточныхъ коллекторахъ зависить, какъ это указано ниже (въ слѣдующей главѣ), отъ количества протекающей воды и отъ уклона ея поверхности. Въ коллекторѣ, который уже уложенъ въ землю, уклонъ его подошвы есть величина постоянная, точно также и уклонъ поверхности протекающей въ немъ воды можетъ быть разсматриваемъ, какъ величина постоянная (точнѣе: какъ величина, измѣняющаяся въ небольшихъ предѣлахъ), слѣдовательно въ существующемъ коллекторѣ скорость теченія зависить лишь отъ количества протекающей въ немъ сточной жидкости и увеличивается вмѣстѣ съ ея увеличеніемъ. Изъ предыдущаго (см. главу II) мы видѣли, что количество стекающей въ водостоки, а слѣдовательно и протекающей въ нихъ воды колеблется въ довольно большихъ предѣлахъ, значитъ и скорость теченія постоянно измѣняется. Спрашивается, къ какому количеству воды относится вышеуказанныя среднія скорости теченія? Очевидно, что не къ наибольшему стоку во время ливня, такъ какъ ливня можетъ не быть весьма долгое время (напр. зимою) и, если въ періодъ бездождія скорость теченія будетъ очень мала, то всѣ водостоки могутъ быть забиты осадками. Однако и въ сухую погоду количество сточныхъ водъ измѣняется довольно сильно, по зато эти измѣненія происходятъ регулярно изо дня въ день и тѣ тяжелыя вещества, которыя успѣли осѣсть на дно галлерей въ ночное время, могутъ быть смыты дневнымъ протокомъ домовыхъ водъ, когда количество ихъ, а слѣдовательно и скорость, возрастуть до указаннаго предѣла, достаточнаго для сплава осадковъ. Нѣтъ никакого сомнѣнія въ томъ, что благоприятѣе для самоочищающаго дѣйствія сѣти было бы, еслибы скорость потока, достаточная для смыва осадковъ, существовала даже при наименьшемъ, ночномъ, или по крайней мѣрѣ при среднемъ расходѣ домовыхъ сточныхъ водъ, но, такъ какъ достигнуть этого на практикѣ не всегда бываетъ возможно, то за наименьшій предѣлъ требованія должно принять: средняя скорость теченія *въ сухую погоду при наибольшемъ секундномъ расходѣ* сточныхъ водъ должна быть въ коллекторахъ болѣе, или менѣе значительныхъ размѣровъ

\*) По Beardmore'y и Phillips'y наимыгоднѣйшая скорость теченія въ водостокахъ==2,5'; по Rankin'y наименьшая допускаемая скорость==1', а въ домовыхъ сточныхъ трубахъ==4,5'; по Adams'y при діаметрѣ сточной трубы отъ 12" до 24" скорость д. быть==3', при большихъ размѣрахъ скорость==2', въ домовыхъ стокахъ скорость==5' и т. д.

не менше 2—2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> футъ., въ небольшихъ коллекторахъ—не менше 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> футъ., и въ домовыхъ трубахъ—не менше 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> футъ.

Какъ было указано выше, скорость теченія зависитъ отъ уклона поверхности воды, протекающей въ водостогахъ, и, очевидно, чѣмъ больше будетъ уклонъ, тѣмъ больше будетъ и скорость. Но вмѣстѣ съ увеличеніемъ уклона уменьшается глубина слоя протекающей въ галлерейхъ воды, такъ что при чрезмѣрно крутомъ уклонѣ (или очень маломъ количествѣ воды) можетъ образоваться столь мелкій потокъ, что плавающія вещества (особенно бумага и нѣкоторые отбросы) станутъ прилипать ко дну; въ тоже время при неравномерномъ притокѣ сточныхъ водъ, онѣ станутъ слишкомъ быстро сбѣгать по галлерей и оставлять ея дно сухимъ и покрытымъ плавучими отбросами. Такимъ образомъ для правильнаго дѣйствія сѣти желательно придавать каналамъ (слѣдовательно и поверхности воды въ нихъ) такіе уклоны, чтобы одновременно скорость потока была не менше вышеуказанныхъ предѣловъ и чтобы глубина потока была не слишкомъ мала (не менше, напримѣръ, 1 дюйма). Для соблюденія подобныхъ условій наиболѣе благоприятны, какъ показала практика, слѣдующія уклоны: въ домовыхъ проводахъ—1 : 30 до 1 : 50, minimum 1 : 100; въ небольшихъ (начальныхъ) уличныхъ трубахъ—1 : 100 до 1 : 150, minimum 1 : 200. При этихъ уклонахъ провода остаются чистыми отъ осадковъ, такъ какъ вещества, осѣвшіе во время случайныхъ перерывовъ въ стоѣ, выносятся при наибольшемъ потокѣ (тѣмъ не менше болѣе безопасно по временамъ промывать уличные трубы небольшого сѣченія, если же уклоны приходится дѣлать менше указанныхъ цифръ, то ихъ регулярная промывка необходима).

Чѣмъ больше, постояннѣе и однообразнѣе потокъ сточной воды, что имѣетъ мѣсто въ коллекторахъ отдаленныхъ отъ слѣпыхъ концовъ сѣти, слѣдовательно въ коллекторахъ значительныхъ размѣровъ, тѣмъ, очевидно, менше можетъ быть уклонъ. Такимъ образомъ является общее правило: чѣмъ значительнѣе размѣры коллектора, тѣмъ меньше можетъ быть его уклонъ \*); конечныя участки главнаго коллектора могутъ имѣть самые слабые уклоны. Примѣры существующихъ водостоговъ

\*) Скорость теченія (см. ниже главу IV)  $v=c\sqrt{RJ}$ ; изъ этой формулы видно, что для достиженія заданной средней скорости теченія  $v$ , уклонъ  $J$  поверхности воды долженъ быть тѣмъ больше, чѣмъ меньше средняя гидравлическая глубина  $R$ , которая при однообразномъ наполненіи сѣти тѣмъ меньше, чѣмъ меньше само сѣченіе. Отсюда также слѣдуетъ тоже самое правило: коллекторамъ малаго сѣченія придавать большіе уклоны, а большаго сѣченія—меньше.



показали, что вполне благоприятные результаты относительно самоочищения коллекторов получались, когда:  
 при диаметре круглого коллектора до 12", уклонъ = 1:100 до 1:200  
 » » » » отъ 12"—24" » 1:200 до 1:500  
 при большихъ размахъ уклонъ по возможности не менѣе 1:800, минимум 1:1000.

Болѣе точно величину болѣе благоприятнаго уклона можно вычислить по формуламъ, помѣщеннымъ ниже въ главѣ V, при условіи, чтобы при нѣкоторой степени наполненія коллектора, продолжающейся ежедневно въ теченіи нѣсколькихъ часовъ, скорость теченія была равна вышеуказаннымъ предѣламъ. Такъ напр., при проектированіи водосточковъ въ г. Висбаденѣ инж. Врих \*) положили въ основу расчета, чтобы уклоны проводовъ удовлетворяли условію скорости теченія = 2 футамъ при глубинѣ протока =  $\frac{3}{4}$  дюйма; инж. Кнауфф \*\*) при расчетѣ уклона дворовыхъ сточныхъ трубъ предлагаетъ принимать, что при наполненіи трубъ до  $\frac{1}{4}$  всей высоты сѣченія скорость теченія должна быть =  $2\frac{1}{3}$  фута.

Тамъ, гдѣ нельзя придать коллекторамъ такихъ значительныхъ, достаточныхъ для ихъ самоочищенія уклоновъ, или гдѣ они, хотя и достижимы, но вызвали бы слишкомъ большіе расходы по устройству (значительность земляныхъ работъ, высокія и обильныя грунтовыя воды), или по эксплуатаціи (перекатка сточныхъ водъ съ большой глубины), тамъ приходится укладывать коллектора съ меньшими уклонами, но при этомъ слѣдуетъ озаботиться правильной и энергичной ихъ промывкой. При подобныхъ обстоятельствахъ въ нѣкоторыхъ канализаціяхъ, дѣйствующихъ вполне удовлетворительно благодаря промывкѣ и прочисткѣ галлерей, существуютъ очень пологіе уклоны: въ небольшихъ, второстепенныхъ коллекторахъ отъ 1:500 до 1:1000, въ главныхъ—отъ 1:1000 до 1:1500, въ главныхъ, сборныхъ съ большей части города—отъ 1:1500 до 1:4000. Подобные уклоны существуютъ въ Парижѣ, Лондонѣ, Брюсселѣ, Льежѣ, Берлинѣ, Гамбургѣ, Мангеймѣ, Дюссельдорфѣ и др. городахъ и были спроектированы Липдсеємъ для С.-Петербурга; въ Гамбургѣ есть даже каналъ, расположенный совершенно горизонтально и стокъ происходитъ при помощи попеременнаго закрыванія выходнаго щита, нагналиванія воды и послѣдующаго открытія щита.

Для опредѣленія наименьшихъ предѣльныхъ уклоновъ, которыхъ всетаки желательно придерживаться при проектированіи сѣти, если

\*) *Brix*, Die Canalisation von Wiesbaden, 1887.

\*\*) *Gesundheits-Ingenieur* за 1888 годъ.

нельзя выполнить вышеуказанных, достаточных для самоочищения, может быть предложена слѣдующая эмпирическая формула \*):

$$\text{Уклонъ} = \frac{1}{2 d^2}$$

гдѣ d—ширина сѣченія (=діаметру при кругломъ сѣченіи и діаметру верхняго свода при овоидальномъ), выраженная въ дюймахъ.

Если въ виду возможности самосплава осадковъ желательно придавать коллекторамъ довольно значительные уклоны, то съ другой стороны существуютъ и максимальныя границы, уходя за которыя, можно получить и слишкомъ мелкую струю и слишкомъ большую скорость, при которой твердыя и тяжелыя частицы, содержащіяся въ сточной водѣ, стануть царапать и бороздить стѣнки и дно каналовъ, дѣйствуя на нихъ разрушающимъ образомъ. Въ виду послѣдняго обстоятельства стараются такъ проектировать уклоны стоковъ, чтобы скорость теченія была не болѣе 6—10 футъ въ 1 секунду (въ зависимости отъ матеріала стѣнокъ). Опасаясь мелкости струи и перерывовъ въ стокахъ, въ Берлинѣ прежде дѣлали уклоны уличныхъ коллекторовъ не круче 1 : 500; въ настоящее время этотъ предѣлъ не соблюдается, такъ какъ онъ давалъ слишкомъ малую скорость. Въ крутыхъ улицахъ Любека существуютъ уклоны=1 : 25, въ Парижѣ—1 : 14, въ Штутгартѣ и Майнцѣ—1 : 12. Во многихъ заграницныхъ городскихъ обязательныхъ постановленіяхъ за наибольшій предѣлъ уклона дворовыхъ сточныхъ трубъ принято 1 : 20. При слишкомъ большихъ уклонахъ поверхности улицъ уклоны проложенныхъ подъ ними водостоковъ правильнѣе дѣлать по возможности не круче тѣхъ, которые соотвѣтствуютъ наибольшей скорости теченія въ 6—7 футъ, устраивая въ нихъ затѣмъ перспады \*\*).

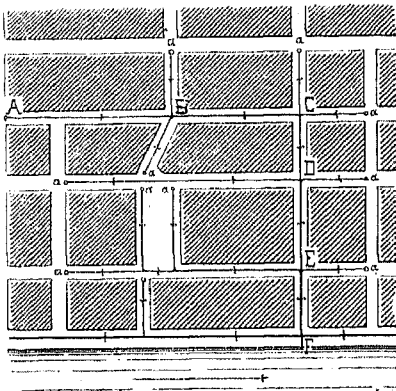
Въ виду того, что всякая задержка въ теченіи можетъ способствовать появленію осадковъ, уклоны коллекторовъ дѣлають по возможности одинаковыми на всемъ протяженіи отъ одного угла улицы до другого, сохраняя въ тоже время на всемъ этомъ протяженіи однообразное сѣченіе.

При распредѣленіи уклоновъ всѣхъ уличныхъ коллекторовъ водосточной сѣти слѣдуетъ руководствоваться, кромѣ стремленія удовлетворить вышеуказаннымъ условіямъ скорости теченія, еще главнымъ образомъ мѣстными условіями: скатомъ мѣстности, потребной глубиной

\*) См. также: *Н. Чижовъ*: О наименьшихъ уклонахъ поверхности воды въ сточныхъ каналахъ въ «*Зодичъ*» за 1893 годъ

\*\*\*) Дальнѣйшія подробности см. ниже въ главѣ объ устройствѣ соединительныхъ колодезь.

заложенія, пунктомъ истока, глубиной стоянія уровня воды въ рѣкѣ и т. п. Такъ наприкладь, пусть въ совершенно горизонтальномъ участкѣ, изображенномъ на чер. 8, требуется распредѣлить уклоны коллекторовъ, причемъ ихъ наименьшая глубина заложенія = 1,5 саж. и наивысшій уровень воды въ рѣкѣ въ точкѣ F лежитъ на 3,4 саж. ниже поверхности набережной. Если въ точкѣ F желательнѣе устроить ливнепускъ, то уровень воды коллектора въ этой точкѣ долженъ лежать, немного (положимъ на 0,1 саж.) выше наивысшаго горизонта воды въ рѣкѣ, следовательно на глубинѣ  $3,4 - 0,1 = 3,3$  сажени отъ поверхности земли;



Чер. 8.

въ тоже время всѣ коллектора, а значить и ихъ наивысшіе слѣбые концы А, а, а, а и т. д. должны быть заложены не менѣе 1,5 саж. Взвѣтъ наиболѣе удаленную отъ пункта F точку А данной сѣтки коллекторовъ, имѣемъ, что (при условіи горизонтальности мѣстности) величина общаго паденія линіи ABCDEF равна  $3,3 - 1,5 = 1,8$  саж. Если же длина линіи = 400 саж. то, общій уклонъ ея =  $\frac{1,8}{400} = 1 : 222$ . Остается

распредѣлить этотъ уклонъ обусловленный мѣстными данными, между отдѣльными коллекторами АВ, ВС, CD, DE и EF такимъ образомъ, чтобы наиболѣе крутые припался въ малыхъ коллекторахъ, т. е. въ улицахъ ближайшихъ къ точкѣ А, а наиболѣе пологіе — въ большихъ, т. е. близъ точки F. При длинѣ АВ = 130 саж. и уклонъ въ 1 : 150, имѣемъ его паденіе =  $\frac{130}{150} = 0,87$  саж.; при длинѣ ВС = 100 саж. и уклонъ въ 1 : 200 — паденіе  $BC = \frac{100}{200} = 0,5$  саж.; при длинѣ CD = 50 саж. и уклонъ въ 1 : 300 — паденіе  $CD = \frac{50}{300} = 0,165$  саж.; при длинѣ DE = 70 саж. и уклонъ въ 1 : 400 — паденіе  $DE = \frac{70}{400} = 0,175$  саж.; при длинѣ EF = 50 саж. и уклонъ въ 1 : 500 — паденіе  $EF = \frac{50}{500} = 0,1$  саж.; общее паденіе при указанныхъ уклонахъ =  $0,87 + 0,5 + 0,165 + 0,175 + 0,1 = 1,8$  саж., т. е. имѣющаяся въ распоряженіи величина. Разъ подобнымъ способомъ опредѣлены уклоны отъ точки F до самой отдаленной А, то для всѣхъ остальныхъ, указанныхъ на чер. 8 второстепенныхъ коллекторовъ, примыкающихъ къ линіи ABCDEF, очевидно, можно полу-

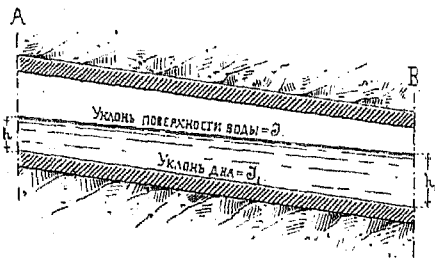
чить уклоны большіе, нежели вышепоказанные, такъ какъ длина этихъ коллекторовъ меньше длины АГ, а разность глубины заложения точки Г и любой изъ точекъ *a* остается одна и таже.

Въ разсмотрѣнномъ примѣрѣ ради простоты не обращалось вниманія на наибольшую глубину заложения коллекторовъ, которая для точки Г была = 3.3 саж.: между тѣмъ мѣстными условіями часто ставится для нея нѣкоторый предѣлъ (трудность и дороговизна работъ на слишкомъ большой глубинѣ, особенно въ узкихъ улицахъ), поэтому слѣдуетъ и на нее обращать должное вниманіе при распредѣленіи уклоновъ. Точно также въ приведенномъ примѣрѣ предполагалась совершенно горизонтальная мѣстность, тогда какъ въ большинствѣ случаевъ она имѣетъ скаты, что весьма благоприятствуетъ полученію такой высоты паденія, которая необходима для достаточныхъ уклоновъ коллекторовъ. Безъ сомнѣнія пивеллировочныя отмѣтки поверхности земли должны быть приняты во вниманіе при распредѣленіи уклоновъ: наиболее удобнымъ способомъ слѣдуетъ считать нанесеніе положенія уклона поверхности воды будущихъ трубъ на продольные профили соответственныхъ улицъ города, наиболее же удачнымъ будетъ такое расположеніе, при которомъ эти уклоны идутъ почти параллельно уклону поверхности улицъ.

Распредѣленіе уклоновъ отдѣльныхъ коллекторовъ въ зависимости отъ ихъ длины и имѣющагося въ распоряженіи общаго паденія должно производиться руководствуясь вышеизложенными соображеніями, т. е. такимъ образомъ, чтобы скорость теченія была по возможности не меньше нѣкоторой предѣльной величины, для чего надо знать, кромѣ количества протекающей воды, еще и размѣры коллекторовъ. Между тѣмъ намѣтка уклоновъ производится до расчета размѣровъ канализациі—слѣдовательно первоначальное распредѣленіе уклоновъ можетъ лишь производиться до нѣкоторой степени оцупно; по этимъ намѣченнымъ оцупно уклонамъ и имѣющимся расходамъ воды подсчитываются приблизительные размѣры проводовъ, послѣ чего вторичное болѣе правильное распредѣленіе (исправленіе уклоновъ) можетъ быть произведено вполне сознательно. Лишь при нѣкоторомъ навыкѣ въ проектированіи можно съ перваго же раза правильно распредѣлить уклоны проектируемой сѣти.

Во всемъ вышеизложенномъ шла рѣчь объ уклонахъ поверхности воды въ проектируемыхъ коллекторахъ, но для постройки слѣдуетъ знать уклоны дна; спрашивается: совпадаютъ ли величины этихъ уклоновъ, или разнятся другъ отъ друга?

Водосточные коллектора принимаютъ въ себя сточныя воды, входящіяся изъ всѣхъ домовъ, мимо которыхъ они проходятъ, слѣдовательно количество воды будетъ постепенно увеличиваться по мѣрѣ удаленія отъ разсматриваемаго пункта. Если въ разсматриваемый коллекторъ АВ (чер. 9) въ начальномъ пунктѣ А поступало  $Q$  куб. единицъ сточной воды въ 1 секунду, то въ конечномъ его сѣченіи В въ немъ будетъ протекать уже иное, большее количество, а именно  $Q+P$  куб. единицъ въ 1 секунду, гдѣ  $P$ —количество, поступившее въ коллекторъ на участкѣ отъ А до В. Очевидно, что при одинаковой формѣ и размѣрахъ поперечнаго сѣченія всего коллектора глубина слоя  $h$  протекающей воды въ точкѣ А будетъ меньше, нежели  $h_1$  въ точкѣ В и, если уклонъ поверхности воды былъ равенъ  $J$ , то уклонъ дна  $J_1$ , будетъ больше  $J$ . Поэтому при проектированіи водосточныхъ слѣдуетъ, строго говоря, намѣтивъ направленія коллекторовъ будущей сѣти и распредѣливъ уклоны  $J$  ихъ поверхности воды, рассчитать размѣры по



Чер. 9.

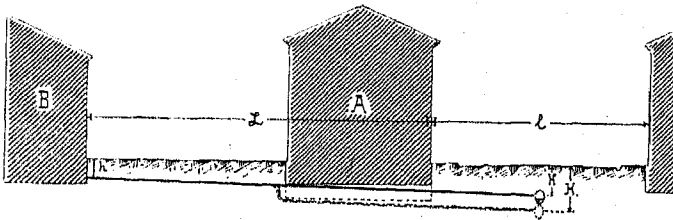
даннымъ:  $J$  и наибольшему секундному расходу въ концѣ каждаго отдѣльнаго коллектора; затѣмъ, опредѣливъ наибольшій секундный расходъ въ начальныхъ пунктахъ каждаго коллектора, рассчитать глубину протока воды, какъ въ началѣ, такъ и въ концѣ участка и по этимъ даннымъ опредѣлить уклонъ дна, котораго и придерживаться

при постройкѣ сѣти. Такимъ образомъ и слѣдуетъ поступать при расчетѣ главныхъ, основныхъ коллекторовъ болѣе или менѣе значительныхъ размѣровъ \*): они отводятъ воду съ большихъ участковъ города и отъ ихъ правильнаго дѣйствія зависитъ отводоспособность всей сѣти, поэтому большая точность расчета послужитъ лишь въ пользу всего устройства; что же касается до небольшихъ коллекторовъ, второстепенныхъ и мелкихъ отвлѣченій, то обыкновенно принимаютъ съ достаточной для практическихъ цѣлей точностью, что у нихъ уклонъ поверхности воды равенъ уклону дна, т. е. пренебрегаютъ разницей этихъ двухъ величинъ и укладываютъ ихъ дно по уклону  $J$  поверхности воды.

**Глубина заложения коллекторовъ.** Изъ экономическихъ видовъ обыкновенно стараются закладывать коллектора на возможно мень-

\*) Особенно, если они длинны.

шей глубинѣ. Минимум глубины заложения получается изъ условія возможности отвести сточныя воды изъ наиболее глубокаго двороваго участка въ уличную трубу, причемъ дворовая труба должна имѣть достаточный для самоочищенія уклонъ и лежать на глубинѣ не меньшей, чѣмъ глубина промерзанія грунта. Кроме того должно быть обращено вниманіе на глубину подваловъ построекъ, примыкающихъ къ улицѣ, такъ какъ желательнo, чтобы сточныя трубы проходили подъ нихъ поломъ. Наконецъ желательнo имѣть возможность не только отвести домовыя сточныя воды изъ подваловъ всѣхъ строеній, но, что еще важнѣе въ гигиеническомъ отношеніи, избавить ихъ отъ излишней грунтовой влаги \*). При опредѣленіи глубины заложения уличнаго коллектора можно, а въ иныхъ случаяхъ и должно, не принимать во вниманіе нѣкоторыя *исключительно* глубокіе подвалы, которые въ такомъ случаѣ должны быть сдѣланы непроницаемыми для грунтовой воды, или имѣть приспособленія для ея откачки, хотя при этомъ не слѣдуетъ упускать изъ виду и того, что весьма часто подвалами тѣмъ болѣе пользуются для домашнихъ и промышленныхъ цѣлей, чѣмъ они глубже. Принимая все это во вниманіе, обыкновенно оказывается достаточнымъ принять наименьшую глубину заложения уличнаго коллектора отъ 12 до 15 футовъ, если же не принимать въ расчетъ осушеніе подваловъ, то—отъ 9 до 12 футовъ.



Чер. 10.

На чер. 10 изображенъ поперечный разрезъ улицы съ примыкающимъ къ нему наиболее глубокимъ дворовымъ участкомъ, причемъ мѣстность предполагается совершенно горизонтальной. Дворовая сточная труба, идущая изъ надворнаго строенія В, должна быть заложена близь него на глубину  $h$ , не меньшую глубины промерзанія грунта (для

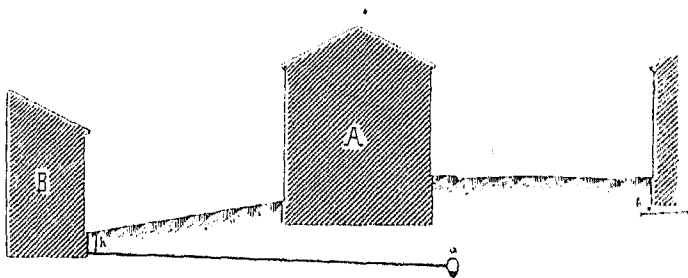
\*) Препятствіемъ къ достаточному для осушенія подваловъ пониженію уровня грунтовыхъ водъ можетъ служить иногда способъ устройства фундаментовъ построекъ на деревянныхъ лежняхъ: будучи лишены влаги, они могутъ загнить, причемъ само зданіе осадетъ и дастъ трещины.

Петербурга и может быть принято = 6 футовъ \*\*); принимая для возможности самоочищенія уклонъ дворовой трубы = 1:50 и полагая глубину дворового участка = L и ширину улицъ = l, имѣемъ глубину заложения данного коллектора (полагая, что онъ идетъ по срединѣ улицы).

$$H = h + \frac{1}{50} \left( L + \frac{l}{2} \right)$$

Если надо осушить подвалы флигеля В, полъ которыхъ лежитъ глубже h, то вмѣсто h въ формулу слѣдуетъ подставить ихъ глубину. Если подвалы лицевого дома А, не принадлежа къ числу исключительно глубокихъ, имѣютъ очертанія, показанныя на чер. 10 пунктиромъ, то для возможности отведенія изъ нихъ сточной воды слѣдуетъ, оставивъ уклонъ трубы J=1:50, углубить дворовую трубу ниже (см. двойной пунктиръ), причемъ глубина заложена H уличного коллектора также увеличится до H<sub>1</sub>.

Въ приведенномъ примѣрѣ разсмотримъ случай горизонтального дворового участка, въ дѣйствительности же онъ можетъ имѣть скатъ, такъ къ улицѣ, какъ и отъ нея. Самый невыгодный случай (въ смыслѣ большой глубины заложения уличного коллектора) очевидно будетъ тотъ, когда надворный строенія въ глубокомъ дворовомъ участкѣ расположены выше поверхности улицъ (см. чер. 11). Въ подобномъ случаѣ, а также



Чер. 11.

при очень значительной ширинѣ улицы, часто оказывается болѣе выгоднымъ вмѣсто одного коллектора, проходящаго по срединѣ ея, углублять два съ боковъ: этимъ уменьшается глубина заложения; въ большинствѣ случаевъ одинъ изъ коллекторовъ (а) (расположенной ниже)

\*) Глубина заложения сточныхъ трубъ въ зависимости исключительно отъ глубины промерзанія грунта можетъ быть принята нѣсколько меньшей, чѣмъ таковая же для водопроводныхъ трубъ, такъ какъ температура сточной воды бываетъ всегда выше 0 и материалъ сточныхъ трубъ (камень) менѣе теплопроводенъ, чѣмъ водопроводныхъ (металлы).

представляет собою основной водостокъ, а другой  $\sigma$ —боковой, меньшаго сѣченія, причемъ изъ этого послѣдняго его сточныя воды отводными трубами переводятся, черезъ извѣстныя разстоянія, въ основной каналъ  $\alpha$ .

Если въ продольномъ профилѣ улицы, по которой проходитъ коллекторъ, уклоны поверхности мостовой постоянно измѣняются, то коллекторъ, имѣя однообразный уклонъ, конечно, не можетъ быть уложенъ на одной постоянной глубинѣ и эта послѣдняя въ иныхъ неблагоприятныхъ случаяхъ можетъ доходить до 5 и болѣе сажень, причемъ приходится примѣнять туннельный способъ постройки \*), или же, при волнообразной мѣстности, — способъ перевода сточныхъ водъ черезъ возвышенность помощью сифона.

Въ очень крутыхъ улицахъ, уклоны которыхъ болѣе самыхъ крутыхъ уклоновъ, возможныхъ для укладки коллекторовъ, послѣдніе располагаютъ, какъ это было указано выше, ступенчатой линіей и ставятъ въ пунктахъ перепадовъ по колодезю.

Такимъ образомъ изъ вышеизложеннаго видно, что наименьшая глубина заложения уличныхъ водостоконъ можетъ быть вполне точно опредѣлена для всѣхъ коллекторовъ сѣти лишь при близкомъ знакомствѣ съ мѣстными условіями, которыя для наглядности могутъ быть сгруппированы на планѣ города, исполненномъ въ достаточно въ большемъ масштабѣ (50 саж. въ 1 дюймѣ) съ точнымъ обозначеніемъ всѣхъ скатовъ мѣстности (помощью горизонталей), обычныхъ и наибольшихъ глубинъ существующихъ подваловъ, глубины уровни грунтовыхъ водъ и водъ рѣчныхъ протоковъ (послѣднее для опредѣленія наибольшей возможной глубины заложения коллекторовъ, имѣющихъ истоки въ водные протоки).

**Промывка водосточной сѣти.** Какъ было указано выше (стр. 70) нѣкоторые пункты сточной сѣти нуждаются въ промывкѣ, которая необходима для пополненія недостатка сточной воды и усиленія скорости теченія. Къ такимъ пунктамъ принадлежатъ прежде всего всѣ слѣпые концы сѣти (такъ какъ расходъ воды въ нихъ = 0), а затѣмъ въ иныхъ случаяхъ и другіе участки сѣти, страдающіе недостаткомъ, какъ скорости теченія, такъ и расхода воды. Однако помимо необходимости періодическая промывка сточныхъ проводовъ можетъ оказаться весьма полезной во многихъ случаяхъ: ею обмываются стѣнки каналовъ и освѣжается воздухъ внутри сѣти; въ существующихъ ка-

---

\*) Туннельный способъ можетъ обходиться дешевле выкапыванія рововъ для укладки коллекторовъ при глубинѣ заложения болѣе 4—5 сажень.



нализацияхъ замѣчено, что хотя бы изрѣдка промываемые коллектора имѣютъ лучшій воздухъ, чѣмъ никогда не промываемые. Не касаясь способовъ производства промывокъ (напр. способа промывки сточною водою помощью цитонъ), а также и мѣстъ ихъ расположенія, что изложено ниже въ главѣ объ устройствѣ промывныхъ приборовъ, здѣсь разсмотрѣны лишь въ общихъ чертахъ тѣ обстоятельства, которыя могутъ вліять, какъ на общее расположеніе сточной сѣти, такъ и на глубину ея заложения.

Вода, служащая для промывки водостоконъ, вступая въ верхніе (по большей части въ слѣпые) участки сѣти, протекаетъ по коллекторамъ, усиливая протокъ и смывая со дна и стѣнокъ осѣвшую грязь, и изливается изъ сѣти вмѣстѣ со сточными водами.

Кромѣ воды, доставляемой городскимъ водопроводомъ, для цѣлей промывки могутъ служить всякіе водные протоки, озера и т. п., находящіеся, какъ внутри города, такъ и въ его ближайшихъ окрестностяхъ, вода ключевая, дождевая (въ умѣренномъ климатѣ), грунтовая, фабричная, если не слишкомъ загрязнена и т. д., но только въ томъ случаѣ, если высота расположенія всѣхъ перечисленныхъ промывныхъ источниковъ достаточна велика для того, чтобы вода могла поступать въ канализаціонную сѣть самотекомъ. При опредѣленіи количества воды, необходимой для промывки, должны быть приняты во вниманіе всѣ обстоятельства, могущія вліять на обѣдненіе источниковъ въ будущемъ. Сточные коллектора или вплотную примыкаютъ къ источникамъ промывной воды, или же, что бываетъ чаще, промывная вода подводится къ нимъ помощью особой галлерей, соединенной съ источникомъ: изъ нея вода поступаетъ прямо въ сточные коллектора (см. чер. 3), или же черезъ посредство особыхъ промывныхъ камеръ. Такъ, наприимѣръ, въ проектѣ водостоконъ для С.-Петербурга Линдлей предлагаетъ провести промывную воду въ коллектора нижней системъ изъ Невы и въ коллектора верхней—изъ Лиговскаго канала; въ канализаціи г. Данцига устроена промывная галлерей, огибающая почти весь городъ и примыкающая къ слѣпымъ концамъ сѣти, вода въ нее проведена изъ рѣки Радаунъ; въ г. Франкфуртѣ на М. для промывки большей части коллекторовъ верхней системы устроенъ резервуаръ въ 140 саж. длины, 0,8 саж. вышины и 0,75 саж. ширины, который питается водою одного ручья, а также и дождевою, отъ этого резервуара въ двѣ стороны расходятся трубы къ промываемымъ каналамъ. Всѣ подобнаго рода устройства могутъ, очевидно, вліять на глубину заложения верхнихъ концовъ сѣти, принимающихъ промывную воду.

При нѣкоторыхъ неблагоприятныхъ мѣстныхъ условіяхъ можетъ оказаться болѣе выгоднымъ (въ денежномъ отношеніи) перекачивать

промывную воду въ какой-нибудь резервуаръ, расположенный на достаточной высотѣ, и изъ него уже провести галлерей къ верхнимъ концамъ сѣти. При этомъ источникъ водоснабженія можетъ быть какого угодно сорта, лишь бы его вода не была чрезчуръ грязна. Наконецъ во многихъ случаяхъ источниками воды для промывной галлерей могутъ служить специально для этой цѣли устроенные артезианскіе колодцы.

Если устье водосточной сѣти расположено такъ, что изъ него сточныя воды самотекомъ изливаются въ водный потокъ, (непосредственно, или послѣ прохода черезъ освѣтительные бассейны), то количествомъ впускаемой въ сѣть промывной воды можно до известной, конечно, степени не стѣсняться, если же сточныя воды по выходѣ ихъ изъ города приходится перекачивать, то количество промывной воды должно быть ограничено до существенно необходимыхъ размѣровъ, такъ какъ иначе перекачка большаго объема промывной воды будетъ обходиться дорого. Еще болѣе слѣдуетъ экономить промывную воду, если по мѣстнымъ условіямъ ее можетъ доставить одинъ лишь городской водопроводъ, вода котораго часто стоитъ довольно дорого. Для г. Берлина на промывку канализаціонной сѣти идетъ 3,66% всей воды, доставляемой водопроводомъ, что составляетъ около 0,2 ведра на человѣка въ сутки. Эта цифра можетъ быть принята, какъ одна изъ наименьшихъ нормъ потребнаго количества промывной воды и, при данной стоимости 1 ведра, можетъ служить мѣриломъ для сравненія степени выгоды иныхъ способовъ полученія промывной воды. Гдѣ водопроводная вода недорога, то правильнѣе за среднюю норму принимать для промывки каналовъ по 0,5 до 0,8 ведра на 1 человѣка въ сутки \*). Примѣромъ наибольшаго потребленія водопроводной воды для промывки каналовъ (и мытья улицъ) можетъ служить Парижъ, который тратитъ на это ежедневно до 11 милліоновъ ведеръ, что составляетъ 38% всей воды, доставляемой водопроводами. Такая исключительная цифра можетъ быть объяснена лишь способами мытья улицъ, нераціональностью формъ сѣчей водосточной сѣти, ея уклонами и т. д.

При расположеніи сѣти по поясной системѣ, для промывки каналовъ нижней системы можетъ служить сточная вода верхней, но передъ ея впускомъ въ качествѣ промывной, къ ней полезно прибавить небольшое количество иной, болѣе чистой, напр. водопроводной, чтобы достигнуть нѣкотораго разжиженія.

\*) Такъ напр. въ Эльберфельдѣ и Висбаденѣ тратится ежедневно по 0,5 ведра на 1 жителя въ сутки, что составляетъ для перваго города 5,9%, а для втораго 7,7%; въ Брауншвейгѣ на тоже идетъ 0,6 ведра на 1 чел. въ сутки (11,3%). Подробности см. *Otto Luеger, Die Wasserversorgung der Städte, 4 Heft, 1895.*

**Устья водосточной сѣти.** Приёмниками сточныхъ водъ всей канализаціонной сѣти могутъ служить: море, озеро, рѣка, которая пересѣкаетъ, или соприкасается съ городомъ, промышленные и судоходные каналы и т. п. Можетъ ли быть спущена сточная вода по нѣмъ подобныя водные протоки непосредственно, или послѣ предварительнаго осветленія и очистки—представляетъ серьезный вопросъ, разобранный ниже въ главѣ о самоочищеніи рѣкъ и способахъ очистки, но какъ бы онъ ни былъ разрѣшенъ—во всякомъ случаѣ для выпуска сточныхъ водъ болѣе подходитъ проточная вода, нежели стоячая, причемъ устье сѣти должно быть расположено ниже черты города. Если, наконецъ, выпускъ сточной воды не можетъ быть устроенъ въ водный потокъ, то въ иныхъ случаяхъ она можетъ быть помощью перекачки направлена на поля орошенія.

Устье канализаціонной сѣти въ большинствѣ случаевъ слѣдуетъ стараться расположить на такой высотѣ, чтобы свободный стокъ могъ происходить при всякомъ уровнѣ воды въ приёмномъ водномъ потокѣ. Выходное отверстіе часто опускаютъ подъ воду ниже горизонта рѣчной воды, что, при крутомъ уклонѣ конца выводнаго коллектора не служитъ большимъ препятствіемъ для правильности стока.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда вслѣдствіе необходимости значительной глубины заложенія сѣти нельзя достигнуть свободного стока въ рѣку, при благоприятныхъ мѣстныхъ обстоятельствахъ выводной коллекторъ можетъ быть продолженъ параллельно ея теченію съ уклономъ меньшимъ, чѣмъ уклонъ рѣки, и этимъ способомъ достигнуто такое положеніе устья, что высокая рѣчная вода не будетъ заливать его вовсе, или лишь на непродолжительное время. Подобный способъ примѣняютъ напр. во Франкфуртѣ, гдѣ сточныя воды вышущены въ р. Майнъ (послѣ предварительной очистки въ бассейнахъ) ниже плотины, устроенной на рѣкѣ.

Если устье приходится расположить ниже горизонта высокихъ водъ рѣки, то вслѣдствіе образованія подпора стокъ будетъ прерванъ на все время подъема уровня воды. Такъ напр. въ Дрезденѣ подобный перерывъ въ стокѣ длится въ среднемъ 152 дня въ году, въ Кельнѣ въ теченіи 20 дней, въ Крефельдѣ—въ теченіи 16 дней, во многихъ приморскихъ городахъ—все время морскихъ приливовъ. Въ это время или вода изъ приёмника (рѣки, моря) входитъ въ канализаціонную сѣть, или, если это не можетъ быть допущено вслѣдствіе возможности затопленія всей сѣти, устье должно быть наглухо закрыто и тогда нижняя часть сточной сѣти выполняетъ роль приёмника нечистотъ, причемъ емкость сѣти должна, очевидно, соответствовать количеству сточной

воды за весь періодъ закрытія устья. Такъ какъ подобный объемъ можетъ вызвать увеличеніе размѣровъ сѣти, да и кромѣ того послѣ выпуска стоячей воды сѣть обыкновенно оказывается сильно загрязненной осадками, которые приходится удалять кропотливымъ и дорогимъ ручнымъ способомъ, то, при необходимости заперать на время устье, правильнѣе направлять стокъ водъ въ какой либо вспомогательный пріемникъ—резервуаръ, откуда послѣ спада воды спускать въ рѣку, или море. Подобнымъ резервуаромъ въ г. Гамбургѣ служитъ судоходный каналъ, запираемый шлюзовыми воротами.

Если періодъ высокихъ водъ въ рѣкѣ очень продолжителенъ, или, если по мѣстнымъ обстоятельствамъ устье сѣти можетъ быть выведено въ рѣчное русло лишь на значительной глубинѣ, или, наконецъ, если сточныя воды должны быть направлены на поля орошенія, лежащія выше города—то во всѣхъ этихъ случаяхъ приходится прибѣгать къ искусственному подъему—перекачиванію сточныхъ водъ. Чтобы расходы на устройство и эксплуатацію насосной стціи были меньшими, иногда устраиваютъ уравнительные резервуары, при помощи которыхъ достигается болѣе равномерная работа машинъ (несмотря на неравномѣрность притока изъ города). Подобные бассейны (открытые, съ каменною обдѣлкой) устроены въ Лондонѣ.

---

## ГЛАВА IV.

**Законы движенья воды въ открытыхъ каналахъ.—Различныя выраженія коэффициента тренія: Эйтельвейна, Прони, Вейсбаха, Дарси и Базена, Гангилье и Куттера, Линдлея, Маннинга.**

Водосточные каналы, уложенные въ землѣ съ нѣкоторымъ уклономъ, обыкновенно бываютъ наполнены сточными водами не сплошь во все сѣченіе, а лишь до известной его высоты; остальное, не занятое водою пространство подземнаго канала находится въ свободномъ сообщеніи съ наружнымъ воздухомъ, слѣдовательно условія стока въ водосточныхъ каналахъ будутъ совершенно одинаковы съ таковыми же для открытыхъ каналовъ, вырытыхъ съ нѣкоторымъ уклономъ на поверхности земли. Поэтому, прежде чѣмъ приступить къ способу расчета водосточной сѣтки, должно ознакомиться съ законами движенья воды въ открытыхъ каналахъ, изложенными ниже.

Въ дальнѣйшемъ приняты слѣдующія обозначенія:

*площадь живаго сѣченія*  $F$  называется та часть площади поперечнаго сѣченія канала, которая занята текущею жидкостью, напр. на чер. 13 площадь живаго сѣченія есть  $abdc$ ;

*расходомъ* ( $Q$ , или  $q$ ) называется тотъ объемъ или то количество жидкости, которое протекаетъ черезъ данную площадь живаго сѣченія въ одну секунду времени;

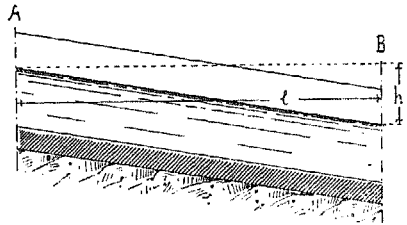
*орошаемымъ, смачиваемымъ, мокрымъ или подводнымъ периметромъ*  $p$  называется та часть периметра площади живаго сѣченія, которая прилегаетъ къ стѣнкамъ и ко дну русла, напр. на чер. 13 подводный периметръ есть линія  $ab+bc+cd$ ;

*среднюю скорость*  $v$  обозначают ту скорость течения жидкости, которая получается дѣленіемъ величины секунднaго расхода  $Q$  на величину площади живаго сѣченія  $F$ , т. е.

$$v = \frac{Q}{F} \quad *)$$

Если вода движется въ какомъ нибудь открытомъ руслѣ, дно котораго имѣетъ опредѣленный и постоянный уклонъ, то, при постоянномъ расходѣ воды, скорость течения въ началѣ и въ концѣ разсматриваемаго канала будетъ одинакова. Проходя по руслу канала отъ  $A$  до болѣе пониженной точки  $B$  (чер. 12), вода совершаетъ работу,

выражаемую произведеніемъ  $Q \cdot h \cdot \gamma$ , гдѣ:  $Q$  — расходъ воды въ 1 секунду,  $h$  — разность нивелировочныхъ отмѣтокъ поверхности воды въ точкахъ  $A$  и  $B$  и  $\gamma$  — вѣсъ кубической единицы воды. Если бы не существовало постороннихъ причинъ и вода находилась исключительно подъ вліяніемъ силы тяжести, то совершенная водою работа  $Q \cdot h \cdot \gamma$  обнаружилась бы въ точкѣ  $B$  приращеніемъ живой ея силы  $\frac{Q \cdot \gamma}{2g} (v_1^2 - v^2)$ , т. е. увеличеніемъ скорости течения  $v$ .



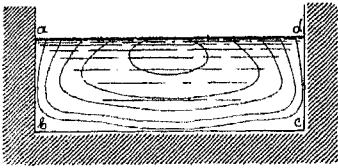
Чер. 12.

Между тѣмъ, разъ скорость течения не измѣняется между точками  $A$  и  $B$ , что показываютъ непосредственныя измѣренія, то значить вода встрѣчаетъ нѣкоторыя препятствія въ своемъ движеніи, отрицательная величина работы которыхъ на участкѣ русла отъ  $A$  до  $B$  равняется поглощаемой ими работѣ текущей воды  $Q \cdot h \cdot \gamma$ . Эти препятствія движению заключаются въ треніи частицъ воды между собою и о стѣнки и дно русла.

Сопротивленіе движению воды отъ стѣнокъ и дна русла понятно безъ особыхъ объясненій: шероховатая поверхность ихъ, представляющая болѣе или менѣе мелкіе выступы и впадины, задерживаютъ частицы воды и препятствуютъ ихъ свободному теченію. Треніе частицъ воды между собою объяснить гораздо труднѣе. Въ грубомъ видѣ оно можетъ быть объяснено тѣмъ, что скорость течения отдѣльныхъ струекъ воды въ какомъ либо сѣченіи не одинакова: она наименьшая около стѣнокъ и дна русла и наибольшая въ центрѣ сѣченія близъ поверх-

\*) Во всемъ послѣдующемъ изложеніи, если особо не упомянуто, то скорость  $v$  обозначаетъ среднюю скорость течения.

ности. Линіи одинаковыхъ скоростей (т. наз. изотакхи) въ поперечномъ сѣченіи изображены на чер. 13 и можно себѣ представить, что струи одинаковыхъ скоростей образуютъ цилиндры, которые скользятъ одинъ внутри другого. Это относительное передвиженіе частицъ воды вызываетъ треніе, величину котораго до настоящаго времени не удалось еще опредѣлить путемъ теоретическихъ изысканій. Если вода, движущаяся въ руслѣ, загрязнена илстыми или мелкими грязевыми веществами, песоными текущею водою, то, повидимому, треніе частицъ воды нѣсколько увеличивается сравнительно съ тѣмъ, если бы вода была совершенно чистою. Величина этого увеличенія тренія до сихъ поръ гидравликой также еще не опредѣлена.



Чер. 13.

Треніе происходитъ, очевидно, по всей площади соприкосанія воды къ руслу, слѣдовательно оно должно быть прямо пропорціоально орошаемому периметру  $p$  и длинѣ  $l$  разсматриваемаго участка русла, т. е. произведенію  $p \cdot l$ ; но, такъ какъ на каждую единицу площади живаго сѣченія  $F$  приходится тѣмъ меньшая доля подводнаго периметра, чѣмъ больше самая площадь живаго сѣченія, то слѣдовательно величина тренія будетъ также обратно пропорціоальна величинѣ  $F$ . Кроме того замѣчено, что треніе зависитъ отъ скорости теченія  $v$ , т. е. будетъ нѣкоторой функціей  $f(v)$ .

Если  $h$  обозначаетъ разность горизонта воды въ разсматриваемыхъ сѣченіяхъ  $A$  и  $B$  (черт. 12), т. е. высоту наденія воды, поглощаемую треніемъ на протяженіи  $l$  отъ  $A$  до  $B$ , то на основаніи вышеизложеннаго можно положить

$$h = \zeta \frac{p \cdot l}{F} f(v),$$

гдѣ  $\zeta$  обозначаетъ нѣкоторый численный коэффициентъ, называемый коэффициентомъ тренія, опредѣляемый путемъ опытовъ; видъ и численное значеніе этого коэффициента зависитъ, кромѣ известной обстановки опытовъ, отъ того, какого вида будетъ предположенъ множитель  $f(v)$ .

Эйтельвейнъ предложилъ  $f(v)$  замѣнить величиной  $\frac{v^2}{2g}$  (высотой, соотвѣтствующей скорости теченія  $v$ ), гдѣ  $g$ —ускореніе силы тяжести. Тогда формула принимаетъ видъ:

$$h = \zeta \frac{d \cdot l}{F} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

или, если постоянную величину  $\frac{1}{2g}$  включить въ численное значеніе коэффициента  $\zeta$ , т. е. положить, что  $\frac{r}{2g} = \zeta_1$ , то:

$$h = \zeta_1 \frac{p \cdot l}{F} \cdot v^2$$

откуда:

$$v = \sqrt{\frac{1}{\zeta_1}} \cdot \sqrt{\frac{F}{p}} \cdot \frac{h}{l}$$

Ради сокращенія величину  $\frac{F}{p}$  обозначаютъ буквою  $R$  и называютъ ее *подводнымъ радиусомъ* или, вѣрнѣе, *среднею гидравлическою глубиною* русла \*) и вводятъ отношеніе  $\frac{h}{l} = J$ , *уклонъ поверхности воды* канала, или, иначе, величину паденія воды на единицу длины русла. Если кромѣ того положить, что  $\sqrt{\frac{1}{\zeta_1}} = c$ , то формула принимаетъ весьма простой видъ:

$$v = c \sqrt{RJ} \dots \dots \dots (I) **)$$

гдѣ  $c$ —нѣкоторый эмпирическій численный коэффициентъ тренія.

Выше было указано, что средняя скорость теченія  $v = \frac{Q}{F}$ ; вводи это значеніе въ формулу (I), а также замѣняя въ ней величину средней гидравлической глубины  $R$  обратно черезъ  $\frac{F}{p}$ , можно получить слѣдующую:

$$\frac{Ql}{F} = c \sqrt{\frac{F}{p} J}$$

или:

$$Q = c \sqrt{\frac{F^3}{p} J} \dots \dots \dots (II)$$

и, наконецъ, изъ понятія о средней скорости (см. стр. 83) слѣдуетъ, что:

$$Q = F \cdot v \dots \dots \dots (III)$$

\*) Названіе это взято изъ Англій; англичане первые ввели обозначеніе  $\frac{F}{p} = \text{H. M. D.}$  (hydraulic mean depth, т. е. средняя гидравлическая глубина). Величина  $R = \frac{F}{p}$  есть величина линейная, такъ какъ  $F$  величина втораго измѣренія, а  $p$ —перваго.

\*\*\*) Эта же формула была предложена Шези, поэтому въ нѣкоторыхъ сочиненіяхъ она носитъ названіе формулы Шези—Эйгельвейна.



Формулы (I, II и III) суть основные формулы, которыми болѣе всего приходится пользоваться при расчетѣ водосточной сѣти.

**Выраженія коэффициента с.** Примѣняя формулу (I) къ результатамъ опытовъ, произведенныхъ Дюбуа, Брюннингомъ, Фунгомъ и Вольтманомъ, **Эйтельвейнъ** \*) опредѣлилъ с въ видѣ постоянной величины. По Эйтельвейну:

$$\begin{aligned} \text{для метрической мѣры} & \dots \dots \dots v = 50,9 \sqrt{RJ} \\ \text{для русской (англійской) футовой мѣры} & v = 92,2 \sqrt{RJ} \end{aligned}$$

Эта формула вслѣдствіе ея простоты до сихъ поръ еще часто примѣняется къ расчетамъ \*\*), хотя получаемые результаты бывають вѣрны только при извѣстныхъ условіяхъ размѣровъ русла и уклона, подходящихъ къ тѣмъ условіямъ, которыя существовали при вышеприведенныхъ опытахъ. Для значеній R большихъ существовавшихъ при опытахъ, формула съ постояннымъ значеніемъ с, предложенная Эйтельвейномъ, даетъ величину v меньше дѣйствительной средней скорости, а для малыхъ R—болѣе дѣйствительной, вслѣдствіе чего опредѣленные помощью этой формулы размѣры каналовъ и коллекторовъ далеко не всегда соответвуютъ требуемой отводоспособности.

**Прони** \*\*\*) нашель, что коэффициентъ с измѣняется съ измѣненіемъ величины средней скорости v и положилъ, что въ формулѣ (I):

$$c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{v}}}$$

гдѣ  $\alpha$  и  $\beta$  суть нѣкоторые численные коэффициенты.

$$\begin{aligned} \text{Для метрической мѣры: } \alpha &= 0,0003483 \\ &\beta = 0,0000173 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Для русской (англ.) футовой мѣры: } \alpha &= 0,0001062 \\ &\beta = 0,0000173 \end{aligned}$$

\*) *J. A. Eytelwein*, Handbuch der Mechanik fester Körper und Hydraulik, 1 Aufl. Berlin. 1801.

\*\*\*) Его пользовались для расчета водостоковъ инженеры. Bazalgette (Лондонъ), Hochrecht (Берлинъ), Lindley (Гамбургъ), Wiebe (Данцигъ) и друг.

\*\*\*) *Prony*, Résumé de la théorie et des formules relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux et les canaux. Paris, 1825.

**Вейсбахъ** \*) предложилъ выразить коэффициентъ тренія  $c$  въ формулѣ (I) черезъ:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{v}}}$$

гдѣ  $\alpha$  и  $\beta$  суть также нѣкоторые коэффициенты, численное значеніе которыхъ:

для метрической мѣры:	$\alpha = 0,0001835$
	$\beta = 0,0001208$
для русской (англ.) футовой:	$\alpha = 0,00005593$
	$\beta = 0,00006668$

Объ эти формулы (Прони и Вейсбаха) также не во всѣхъ случаяхъ примѣнимы съ достаточною точностью. Тѣмъ не менѣ послѣдняя изъ нихъ, Вейсбаха, имѣетъ довольно большое распространеніе въ Германіи, и особенно въ Англіи и Америкѣ.

Въ началѣ пятидесятыхъ годовъ французское правительство предоставило инженеру *Дарси* средства для производства опытовъ надъ движеніемъ воды въ каналахъ \*\*). Дарси, посвятившему всю свою жизнь изученію законовъ гидравлики для примѣненія ихъ къ практикѣ, не было дано заключить начатые имъ замѣчательные опыты и наблюденія; послѣ смерти Дарси (1858) работа была закончена его помощникомъ, инженеромъ *Базеномъ* \*\*\*). Уже Дарси нашелъ, что величина коэффициента  $c$  зависитъ не столько отъ скорости  $v$  (формулы Прони и Вейсбаха), какъ отъ величины средней гидравлической глубины  $R$  (иначе говоря отъ размѣровъ, формы и степени наполненія канала), и, главное, отъ степени шероховатости стѣнокъ и дна русла, т. е. отъ рода и вида обработки того матеріала, изъ котораго сдѣлано русло. Выраженіе коэффициента  $c$  въ формулѣ (I) по **Дарси-Базену** имѣетъ видъ:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$$

гдѣ  $\alpha$  и  $\beta$ —численные коэффициенты, зависящіе отъ степени шероховатости. По Базену можно принять слѣдующія категоріи шероховатости:

\*) *Weissbach*, Lehrbuch der Ingenieur und Maschinen-Mechanik. Braunschweig. 1846.

\*\*\*) *Darcy*, Recherches expérimentales relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux. Paris, 1857.

\*\*\*\*) Recherches hydrauliques, entreprises par *H. Darcy*, continués par *H. Bazin*. Paris, 1865.

	Для метрической мѣры.	Для русской (англ.) футовой мѣры.
1. Русло весьма гладкое: притертый цементъ, чисто выстроганные доски:		
$\alpha = \dots\dots$	0,00015	0,00004572
$\beta = \dots\dots$	0,0000045	0,0000044
2. Русло гладкое: тесаный камень, кирпичъ, цементъ съ пескомъ, нестроганные доски:		
$\alpha = \dots\dots$	0,00019	0,00005791
$\beta = \dots\dots$	0,0000133	0,0000133
3. Русло шероховатое: бутовая гладка и пр.:		
$\alpha = \dots\dots$	0,00024	0,00007315
$\beta = \dots\dots$	0,00006	0,00006
4. Русло земляное:		
$\alpha = \dots\dots$	0,00028	0,00008534
$\beta = \dots\dots$	0,00035	0,00035
5. Русло гравелистое, или заросшее травой *):		
$\alpha = \dots\dots$	0,0004	0,00012192
$\beta = \dots\dots$	0,0007	0,0007

Формула Дарси-Базена находитъ себѣ довольно обширное примѣненіе во Франціи. Получающіеся по ней результаты довольно близко подходят къ дѣйствительности, если  $R$  не болѣе 6 метровъ, т. е. при данныхъ, соответствующихъ тѣмъ, которые существовали при опытахъ, послужившихъ основой для ея вывода; при значеніяхъ  $R$  болѣе 6 метровъ, особенно, если уклонъ  $J$  поверхности воды очень малъ (что встрѣчается въ большихъ судоходныхъ рѣкахъ), формула Дарси-Базена дастъ

\*) Пятая категория опредѣлена не Базеномъ, а инженерами Гангилие и Куттеромъ.

результаты, уже далеко не отвѣчающіе дѣйствительности. Зависимость величины коэффиціента  $c$  отъ  $J$  хотя была замѣчена Базеномъ, однако онъ не выразилъ эту зависимость въ своей формулѣ, руководствуясь отчасти тѣмъ, что при данныхъ произведенныхъ опытовъ она выражалась весьма слабо.

Въ 1869 году швейцарскіе инженеры **Гангиле** и **Куттеръ** \*) предложили новое выраженіе для коэффиціента  $c$  въ общей формулѣ (1), внеся въ него зависимость отъ уклона  $J$ , а именно:  
для метрической мѣры:

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

для русской (англійской) футовой мѣры:

$$c = \frac{41,6 + \frac{1,811}{n} + \frac{0,00281}{J}}{1 + \left(41,6 + \frac{0,00281}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

гдѣ:  $J$ —(по предъидущему) уклонъ поверхности воды;

$R = \frac{F}{p}$  — средняя гидравлическая глубина, и

$n$ —коэффиціентъ шероховатости стѣнокъ русла, который имѣеть слѣдующія значенія (для всякой мѣры):

- 1.—Притертый цементъ, тщательно выстроганныя доски .  $n=0,010$
- 2.—Досчатая стѣнка, цементъ съ пескомъ . . . . .  $n=0,012$
- 3.—Тесаный камень, кирпичъ съ тщательно расштукатуренными швами, топкій бетонъ . . . . .  $n=0,013$
- 4.—Обыкновенная кирпичная кладка . . . . .  $n=0,015$
- 5.—Бутовая кладка . . . . .  $n=0,017$
- 6.—Русло въ землѣ (каналы, рѣвки, ручьи) . . . . .  $n=0,025$
- 7.—Русло въ гравелистомъ грунтѣ, или заросшее травой .  $n=0,030$

Изъ всѣхъ извѣстныхъ до настоящаго времени выраженій для  $c$  формула Гангиле и Куттера даетъ самые вѣрные результаты, какъ для маленькихъ трубъ и каналовъ, такъ и для большихъ рѣкъ. Формула

---

\*) *Ganguillet und Kutter*, Neue allgemeine Formel für die gleichförmige Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen; помѣнено въ «Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur und Architekten-Vereines за 1869 годъ. Въ переводѣ на русскій языкъ: *Гангиле и Куттеръ*. Новая общая формула для однообразнаго движенія воды въ рѣкахъ и каналахъ. С.-Петербургъ, 1882.

эта весьма употребительна въ Швейцаріи и Германіи, а также въ Англии, Америкѣ и Россіи.

Непосредственное вычисленіе величины  $c$  по этой формулѣ, несмотря на ея кажущуюся сложность, не представляетъ особыхъ затрудненій, тѣмъ не менѣе возможно облегчить работу, вычисляя ее помощью графическаго построенія по даннымъ  $n$ ,  $R$  и  $J$ ; графическій способъ изложенъ въ сочиненіи Гангиле и Куттера (названіе см. внизу предыдущей стр.), а также у *Luеger*, *Die Wasserversorgung*, 1890, здѣсь же этотъ способъ не приведенъ въ виду того, что для расчетовъ водосточковъ формулой этой въ полномъ ея видѣ пользоваться не приходится.

Если внимательно разсматривать формулу Гангиле и Куттера, то оказывается, что при значеніи  $R=1$  величина  $c$  становится независимой отъ уклона  $J$  (что съ перваго взгляда кажется нѣсколько страннымъ); численное значеніе коэффициента  $c$  возрастаетъ вмѣстѣ съ увеличеніемъ уклона  $J$  при значеніяхъ  $R$  меньше 1 и, наоборотъ, уменьшается съ увеличеніемъ уклона, когда  $R$  больше 1. Вообще, если уклонъ  $J$  имѣетъ большое значеніе (крутой уклонъ), то его вліяніе на величину коэффициента  $c$  крайне незначительно. Такъ какъ при расчетѣ водосточковъ приходится имѣть дѣло съ большими уклонами (maximum 1:2000 рѣдко до 1:4000), то членами, въ которые входитъ дѣлителемъ величина  $J$ , пренебрегаютъ и полагаютъ ихъ равными 0 (иначе говоря, полагаютъ  $J=\infty$ ). Тогда формула Гангиле и Куттера получаетъ иной, упрощенный видъ:

для метрической мѣры:

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{\sqrt{R}}}$$

для русской (англ.) футовой мѣры:

$$c = \frac{41,6 + \frac{1,811}{n}}{1 + \frac{41,6n}{\sqrt{R}}}$$

Для расчета водосточковъ эта упрощенная формула можетъ быть примѣняема съ большою увѣренностью, такъ какъ для практическихъ цѣлей даетъ вполне точные результаты \*). Эта же формула принята

\*) Въ Германіи для расчета водосточковъ чаще примѣняютъ нѣсколько иную также упрощенную формулу Гангиле и Куттера (первоначальный видъ ихъ формулы), а именно:

и въ настоящей книгѣ и по ней вычислены значенія с во всемъ дальнѣйшемъ изложеніи.

Для облегченія вычисленій ниже помѣщена таблица № 8 значеній коэффициента с, округленныхъ до ближайшаго цѣлаго числа (достаточная при расчетахъ точность) для различныхъ величинъ средней гидравлической глубины R и различныхъ значеній коэффициента шероховатости n.

Подставляя значеніе коэффициента с въ основную формулу (1) однообразнаго движенія воды въ капалахъ:  $v = c \sqrt{RJ}$ , можно получить прямую зависимость между 3 величинами: v, R и J. Напр., подставляя вмѣсто с его значеніе для футовой мѣры по сокращенной формулѣ Гангилле и Кутгера, получаемъ:

$$v = \frac{41,6 + \frac{1,811}{n}}{1 + \frac{41,6}{\sqrt{R}}} \sqrt{RJ}.$$

Кромѣ этой и подобной ей формулъ, получающихся подстановкой въ ту же основную нѣихъ выраженій для с, существуетъ цѣлый рядъ другихъ, болѣе или менѣе удачныхъ выраженій, опредѣляющихъ зависимость между величинами v, R и J. Такъ инженеръ **Линдлей** \*) въ своимъ расчетахъ водостоконъ примѣняетъ формулу:

$$R^{1,25} J = Kv^{1,8}$$

въ которой множитель K опредѣленъ имъ въ 0,0003 для метрической мѣры (или K = 0,000156 для русской футовой мѣры) при малыхъ уклонахъ J (просекъ для г. С.-Петербурга), а для болѣе значительныхъ уклоновъ (Варшава)—въ 0,00025 для метровъ (или 0,00013 для футовъ). Удобство этой формулы—возможность вести расчеты помощью логарифмовъ, ея недостатокъ—неопредѣленная зависимость множителя K отъ величины уклона.

$$\text{для метрической мѣры } c = \frac{100\sqrt{R}}{a + \sqrt{R}}$$

$$\text{для русской футовой мѣры } c = \frac{100\sqrt{R}}{a + 0,55\sqrt{R}}$$

гдѣ a—коэффициентъ шероховатости измѣняется (для всякой мѣры) отъ 0,12 до 2,44. (подробности см. *Handbuch der Ingenieurwissenschaften, der Wasserbau*, 1893).

\*) **Линдлей**, Водостоки Варшавы (1879) и С.-Петербурга (1883). Его формула представляеть, повидимому, видоизмѣненіе формулы Лампе (*Lampe, Untersuchungen über die Bewegung des Wassers in Röhren. Civil Ingenieur*, 1873).

ТАБЛИЦА № 8

значений коэффициента  $c$ , вычисленного по сокращенной формуле Гангилье и Куттера для различных величин  $R$  и  $n$ .

$\frac{R}{\text{фут.}}$	при $n=0,010$		при $n=0,012$		при $n=0,013$		при $n=0,015$		при $n=0,017$		при $n=0,025$		при $n=0,030$		Сокращенная формула Гангилье и Куттера принимает вид:
	$c =$	$c =$	$c =$	$c =$	$c =$	$c =$	$c =$	$c =$	$c =$	$c =$	$c =$	$c =$			
0,05	78	60	53	43	36	20	15	при $n = 0,010$ :							
0,1	96	75	67	54	46	27	21	$c = \frac{222,7}{1 + \frac{0,416}{\sqrt{R}}}$							
0,15	107	84	75	62	52	31	24	при $n = 0,012$ :							
0,2	115	91	82	68	57	34	27	$c = \frac{192,517}{1 + \frac{0,4992}{\sqrt{R}}}$							
0,25	122	96	87	72	61	37	29	при $n = 0,013$ :							
0,3	127	101	91	76	65	39	31	$c = \frac{180,908}{1 + \frac{0,5408}{\sqrt{R}}}$							
0,35	131	104	95	79	67	41	33	при $n = 0,015$ :							
0,4	134	108	98	82	70	43	34	$c = \frac{162,333}{1 + \frac{0,624}{\sqrt{R}}}$							
0,45	137	110	100	84	72	45	36	при $n = 0,017$ :							
0,5	140	113	103	86	74	46	37	$c = \frac{148,129}{1 + \frac{0,7072}{\sqrt{R}}}$							
0,6	145	117	107	90	77	49	39	при $n = 0,025$ :							
0,7	149	121	110	93	80	51	41	$c = \frac{148,129}{1 + \frac{0,7072}{\sqrt{R}}}$							
0,8	152	124	113	96	83	53	43	при $n = 0,030$ :							
0,9	155	126	115	98	85	54	44	$c = \frac{148,129}{1 + \frac{0,7072}{\sqrt{R}}}$							
1	157	128	117	100	87	56	45	при $n = 0,030$ :							
1,2	161	132	121	103	90	59	48	$c = \frac{148,129}{1 + \frac{0,7072}{\sqrt{R}}}$							
1,4	165	135	124	106	93	61	50	при $n = 0,030$ :							
1,6	168	138	127	109	95	63	51	$c = \frac{148,129}{1 + \frac{0,7072}{\sqrt{R}}}$							
1,8	170	140	129	111	97	64	53	при $n = 0,030$ :							
2	172	142	131	113	99	66	54	$c = \frac{148,129}{1 + \frac{0,7072}{\sqrt{R}}}$							
2,2	174	144	133	114	100	67	55	при $n = 0,030$ :							
2,4	176	146	134	116	102	68	56	$c = \frac{148,129}{1 + \frac{0,7072}{\sqrt{R}}}$							
2,6	177	147	135	117	103	69	57	при $n = 0,030$ :							
2,8	178	148	137	118	104	70	58	$c = \frac{148,129}{1 + \frac{0,7072}{\sqrt{R}}}$							

$\frac{V}{R} = K$ въ фут.	при $n=0,010$ $c =$	при $n=0,012$ $c =$	при $n=0,013$ $c =$	при $n=0,015$ $c =$	при $n=0,017$ $c =$	при $n=0,025$ $c =$	при $n=0,030$ $c =$	
3	180	149	138	119	105	71	59	при $n = 0,025$ : $c = \frac{114,04}{1 + \frac{1,04}{\sqrt{R}}}$
3,2	181	151	139	120	106	72	60	
3,4	182	152	140	121	107	73	61	
3,6	183	152	140	122	108	74	62	при $n = 0,030$ : $c = \frac{101,967}{1 + \frac{1,248}{\sqrt{R}}}$
3,8	184	153	141	123	109	74	62	
4	184	154	142	124	109	75	63	
4,2	185	155	143	124	110	76	63	
4,4	186	156	144	125	111	76	64	
4,6	187	156	144	126	111	77	64	
4,8	187	157	145	126	112	77	65	
5	188	157	146	127	113	78	65	

Въ последнее время проф. **Маннингъ** \*) предложилъ еще иной, также логарифмическій видъ формулы, а именно:

$$\text{для метрической мѣры: } v = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2}$$

$$\text{или для футовой мѣры: } v = \frac{1,485}{n} R^{2/3} J^{1/2}$$

гдѣ множитель  $n$  имѣеть тѣ же значенія (для всякой мѣры), что и коэффиціенты шероховатости  $n$  формулы Гангиле и Куттера (см. стр. 89). Формулу *Маннинга* \*\*) можно написать въ другомъ видѣ, а именно:

$$\text{для метровъ: } v = \frac{1,485}{n} \sqrt{R} \sqrt{RJ}$$

$$\text{для футовъ: } v = \frac{1,485}{n} \sqrt{R} \sqrt{RJ}$$

т. е. въ видѣ общей формулы (I), причемя коэффиціентъ

\*) *Robert Manning*, On the flow of water in open channels and pipes. Dublin, 1890.

\*\*) Предлагаемая формула есть упрощенный видъ болѣе общей, данной Маннингомъ.



$$c = \frac{1}{n} \sqrt[6]{R} \quad (\text{для метров}).$$

$$c = \frac{1,485}{n} \sqrt[6]{R} \quad (\text{для футов}).$$

По словамъ Маннинга его формула также хорошо, какъ и формула Гангиле и Куттера, сходится съ результатами опытовъ, на основаніи которыхъ она выведена. Вычисленія показываютъ, что дѣйствительно результаты довольно близки къ таковымъ же, вычисленнымъ по сокращенной формулѣ Гангиле и Куттера, почему ея примѣненіе также можетъ быть рекомендовано для расчета водостоковъ.

На основаніи вышеизложеннаго въ основу расчетовъ въ настоящемъ курсѣ приняты слѣдующія основныя формулы:

$$v = c \sqrt{RJ} \quad \dots \dots \dots (I).$$

$$\text{гдѣ: } R = \frac{F}{p};$$

$$Q = c \sqrt{\frac{F^3}{p}} J \quad \dots \dots \dots (II).$$

$$Q = F \cdot v \quad \dots \dots \dots (III).$$

Въ этихъ формулахъ коэффициентъ тренія  $c$  предполагается опредѣленнымъ по сокращенной формулѣ Гангиле и Куттера.

Приведенныя формулы выражаютъ круговую зависимость между: скоростью  $v$ , расходомъ  $Q$ , уклономъ поверхности воды  $J$ , площадью живаго сѣченія  $F$ , мокрымъ периметромъ  $p$  и среднею гидравлическою глубиною  $R$ .

Всѣ задачи, встрѣчаемыя при общемъ расчетѣ сѣти водостоковъ, сводятся къ опредѣленію  $v$ ,  $Q$ ,  $J$  или размѣровъ сѣченія канала, между тѣмъ въ приведенныхъ основныхъ формулахъ размѣры сѣченія не входятъ прямо въ видѣ независимой переменной. Для того, чтобы это можно было сдѣлать, необходимо познакомиться съ формами поперечныхъ сѣченій каналовъ и, остановившись на какой нибудь опредѣленной, выразить ея площадь живаго сѣченія  $F$ , смачиваемый периметръ  $p$  и среднюю гидравлическую глубину  $R = \frac{F}{p}$  въ видѣ функций отъ одной и

той же независимой переменной данного сѣченія. Тогда въ уравненіяхъ I и III (II, какъ производное изъ I и III не можетъ быть принято во вниманіе) останутся 4 неизвѣстныхъ:  $v$ ,  $Q$ ,  $J$  и избранная независимая переменная; зная 2 изъ нихъ, можно опредѣлить остальные двѣ. Въ большинствѣ случаевъ при расчетѣ водостоковъ бываютъ даны: расходъ  $Q$  и уклонъ  $J$ ; тогда изъ уравненія III можно опредѣлить независимую переменную, опредѣляющую размѣры данной формы сѣченія, зная же ихъ, изъ формулы (I или III) — опредѣлить и скорость  $v$ .

Въ водосточной техникѣ, точно также, какъ и при сооруженіи всякихъ искусственныхъ каналовъ, поперечныя сѣченія русла дѣлаются симметричными относительно вертикальной оси, причемъ форма наиболѣе употребительныхъ сѣченій бываетъ простою; вслѣдствіе этого опредѣленіе зависимости между  $F$  и  $p$  не встрѣчаетъ особыхъ препятствій.

## ГЛАВА V.

**Примѣненіе законовъ движенія воды въ открытыхъ каналахъ къ сѣченіямъ, употребительнымъ въ канализаціонной технику. — Сѣченія: трапецидальное, прямоугольное, круглое, обыкновенное овоидальное, овоидальное Филлипа, овоидальное уширенное, лотковое о трехъ центрахъ и лотковое о двухъ центрахъ.**

Хотя отведеніе сточныхъ водъ на поверхности земли открытыми каналами или канавками встрѣчается рѣдко и не должно быть допускаемо въ городской водосточной сѣти, тѣмъ не менѣе этотъ случай подлежитъ разсмотрѣнію въ виду того, что чистая вода, доставляемая какимъ либо источникомъ за городомъ, служащая для промывки водосточныхъ галлерей, иногда проводится въ городъ открытымъ вырытымъ въ землѣ каналомъ и такимъ же способомъ въ умѣренномъ климатѣ могутъ быть отводимы дождевыя воды (канализація г. Карлсруэ); кромѣ того при очисткѣ сточныхъ водъ помощью орошенія распредѣляющія и отводныя канавы располагаются на поверхности земли.

Каналамъ, вырытымъ въ землѣ, обыкновенно придается въ поперечномъ сѣченіи форма: трапецидальная, прямоугольная или полукруглая, смотря по тому, будутъ ли стѣнки и дно укрѣплены, или нѣтъ. Русло трапецидальныхъ каналовъ оставляется безо всякой отдѣлки, или обкладывается дерномъ, или же вымащивается камнемъ на мху; каналы прямоугольнаго сѣченія состоятъ обыкновенно изъ досчатыхъ, или пластинчатыхъ стѣнокъ и дна, связанныхъ шпонками и распорками, врытыми въ землю; русла полукруглаго сѣченія выводятся изъ кирпичной, или каменной кладки, или же изъ бетона.

Изъ общихъ формулъ (I и II) движенія воды въ открытыхъ каналахъ слѣдуетъ, что расходъ

$$Q = F \cdot c \sqrt{RJ}. \dots \dots \dots (A)$$

изъ этой послѣдней формулы видно что при данной площади живаго сѣченія  $F$  (и уклону  $J$ ), то сѣченіе будетъ давать наиболшій расходъ, которому соотвѣтствуетъ наибольшая величина  $R (= \frac{F}{p})$  средней гидравлической глубины, независимо отъ формы поперечнаго сѣченія.

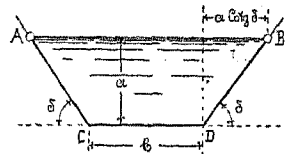
**Трапециoidalное сѣченіе** (чер. 14). Пусть  $a$  обозначаетъ глубину живаго сѣченія,  $b$ —ширину русла по низу и  $\delta$ —уголь наклона откосовъ; тогда площадь живаго сѣченія будетъ:

$$F = a(b + a \operatorname{Cotg} \delta) \dots \dots \dots (a)$$

а смачиваемый периметръ:

$$p = b + \frac{2a}{\sin \delta} = \frac{b \sin \delta + 2a}{\sin \delta} \dots \dots \dots (b)$$

Въ этихъ уравненіяхъ уголь  $\delta$  есть величина опредѣленная, зависящая отъ рода грунта, въ которомъ вырыта канава. Кромѣ угла  $\delta$  надо, чтобы было дано отношеніе между  $a$  и  $b$ , такъ какъ только въ этомъ случаѣ можно опредѣлять размѣры сѣченія при данной площади  $F$  живаго сѣченія.



Чер. 14.

Самыми выгодными значеніями  $a$  и  $b$  будутъ тѣ, при которыхъ (на основаніи формулы А)  $R$  достигнетъ наибольшаго значенія при данной площади  $F$ . Для того же, чтобы найти то значеніе хотя бы  $a$ , при которомъ  $R (= \frac{F}{p})$  станетъ наибольшимъ, надо, какъ извѣстно, выразивъ  $R$  черезъ неизвѣстную  $a$ , взять ея первую производную по  $a$  и приравнять нулю. Въ данномъ случаѣ:

$$R = \frac{F}{p} = \frac{F \sin \delta}{b \sin \delta + 2a};$$

подставляя изъ уравненія (а):

$$b = \frac{F}{a} - a \operatorname{Cotg} \delta$$

получаемъ:

$$R = \frac{F \cdot a \cdot \sin \delta}{F \sin \delta + a^2 (2 - \operatorname{Cos} \delta)} \dots \dots \dots (c)$$

Первая производная:

$$\frac{dR}{da} = \frac{[F \sin \delta + a^2 (2 - \operatorname{Cos} \delta)] F \sin \delta - 2 a^2 F \sin \delta (2 - \operatorname{Cos} \delta)}{[F \sin \delta + a^2 (2 - \operatorname{Cos} \delta)]^2} = 0$$

такъ какъ знаменатель не можетъ быть  $=\infty$ , то числитель  $= 0$ ,

откуда:  $F \sin \delta = a^2 (2 - \cos \delta) \dots \dots \dots (d)$

или:  $a = \sqrt{\frac{F \sin \delta}{2 - \cos \delta}} \dots \dots \dots (e)$

При подстановкѣ уравненія (d) въ уравненіе (c) получается:

$$R = \frac{a}{2} \dots \dots \dots (f)$$

Ширина сѣченія по дну:

$$b = \frac{F}{a} - a \operatorname{Cotg} \delta \dots \dots \dots (g)$$

**Численный примѣръ 1.** Заводскій каналъ трапециoidalной формы, вырытый въ твердой почвѣ, которая дозволяетъ дѣлать полуторные откосы ( $\operatorname{Cotg} \delta = 1,5$ , откуда  $\delta = 33^\circ 41'$ ), долженъ доставлять въ 1 секунду времени ( $Q =$ ) 28 куб. футъ воды, причеъ въ предупрежденіе подмывовъ боковыхъ стѣнокъ средняя скорость теченія  $v$  не должна быть болѣе 1 фута. Требуется опредѣлить наивыгоднѣйшіе размѣры канала, а также потребный уклонъ поверхности воды.

Въ общую расчетную формулу (III):

$$Q = F \cdot v$$

подставляемъ данныя величины:  $Q = 28$  куб. ф. и  $v = 1'$  и находимъ, что потребная площадь живаго сѣченія

$$F = \frac{28}{1} = 28 \text{ кв. футовъ.}$$

Искомая глубина  $a$  живаго сѣченія по формулѣ (e):

$$a = \sqrt{\frac{F \sin \delta}{2 - \cos \delta}}$$

гдѣ:  $F = 28$  кв. футъ,  $\sin \delta = \sin 33^\circ 41' = 0,555$ ;  $\cos \delta = \cos 33^\circ 41' = 0,836$ ; подставляя, получаемъ:

$$a = \sqrt{\frac{28 \times 0,555}{2 - 0,836}} = 3,65' = 3' 8''$$

Искомая ширина  $b$  канавы по дну получается изъ уравненія (g):

$$b = \frac{F}{a} - a \operatorname{Cotg} \delta = \frac{28}{3,65} - 3,65 \cdot 1,5 = 2,2' = 2' 2,5''$$

Ширина канавы по верху, или, иначе, ширина поверхности воды будетъ:

$$b' = b + 2 a \operatorname{Cotg} \delta = 2,2 + 2 \cdot 3,65 \cdot 1,5 = 13,15' = 13' 2''$$

Въ дѣйствительности поверхность воды въ канавѣ должна находиться по крайней мѣрѣ на 1' ниже поверхности земли, а потому глубина, на которую должно вырыть канаву, будетъ  $a + 1' = 4' 8''$ , а ширина поверху:  $b + 2 \cdot 1 \cdot 1,5 = 16' 2''$ .

Для опредѣленія уклона  $J$  поверхности воды можно воспользоваться основною формулою (1):  $v = c \sqrt{RJ}$ , изъ которой

$$J = \frac{v^2}{c^2 R}$$

Средняя гидравлическая глубина  $R$  по формулѣ (f):

$$R = \frac{a}{2} = \frac{3,65}{2} = 1,825'$$

Коэффициентъ  $c$  опредѣляемъ по сокращенной формулѣ Гангвалье и Куттера, которая для футовой мѣры имѣетъ видъ:

$$c = \frac{41,6 + \frac{1,811}{n}}{1 + \frac{41,6}{\sqrt{R}}}$$

принимая для землянаго русла коэффициентъ шероховатости  $n = 0,025$  и зная, что  $R = 1,825'$ , получаемъ:

$$c = \frac{114,04}{1 + \frac{1,04}{\sqrt{1,825}}} = 64$$

Тоже значеніе  $c$  можно было опредѣлить прямо по таблицѣ № 8, помѣщенной на стр. 92.

Имѣя такимъ образомъ:  $R = 1,825'$

$$c = 64$$

$$v = 1'$$

получаемъ:

$$J = \frac{v^2}{c^2 R} = \frac{1}{64^2 \cdot 1,825} = \frac{1}{7475}$$

Принимая въ выраженіи (с) за независимую переменную величину  $\delta$ , можно взять первую производную по  $\delta$  и приравнять ее нулю; тогда:

$$\frac{dR}{d\delta} = \frac{[F \sin \delta + a^2 (2 - \cos \delta)] F a \cos \delta - F a \sin \delta (F \cos \delta + a^2 \sin \delta)}{[F \sin \delta + a^2 (2 - \cos \delta)]^2} = 0$$

откуда:

$$\cos \delta = \frac{1}{2}$$

или:

$$\delta = 60^\circ$$

Согласно уравнению (d):

$$F \sin \delta = a^2 (2 - \cos \delta);$$

отсюда слѣдуетъ при  $\delta = 60^\circ$ :

$$F = a^2 \sqrt{3}$$

Вся ширина АВ живаго сѣченія по верху (чер. 14):

$$AB = b + 2a \operatorname{Cotg} \delta$$

но, такъ какъ по уравненію (g):  $b = \frac{F}{a} - a \operatorname{Cotg} \delta$ , то:

$$AB = \frac{F}{a} + a \operatorname{Cotg} \delta.$$

Подставляя сюда:  $F = a^2 \sqrt{3}$  и  $\delta = 60^\circ$ :

$$AB = a \sqrt{3} + \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{4a}{\sqrt{3}}$$

Сторона BD живаго сѣченія (чер. 14):

$$BD = \frac{a}{\sin \delta}$$

при  $\delta = 60^\circ$ :

$$BD = \frac{2a}{\sqrt{3}}$$

Отсюда можно заключить, что при  $\delta = 60^\circ$ :

$$AB = 2 BD$$

что можетъ имѣть мѣсто лишь, если сѣченіе представляетъ собою половину правильнаго шестиугольника. Отсюда слѣдуетъ, что *изъ всѣхъ трапециoidalныхъ степеней то даетъ наибольшее R, а слѣдовательно и (по формулѣ A) наибольшій расходъ Q, которое, имѣя уголъ  $\delta = 60^\circ$ , представляетъ изъ себя половину правильнаго шестиугольника.*

Для **прямоугольнаго русла** получится, подставивъ въ уравненіе (d) значеніе угла  $\delta = 90^\circ$ :

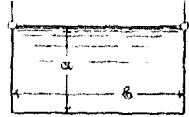
$$F = 2a^2$$

съ другой же стороны въ прямоугольномъ сѣченіи (чер. 15) площадь живаго сѣченія:

$$F = a \cdot b,$$

откуда:  $b = 2a,$

т. е. въ прямоугольныхъ руслахъ наибольшее значеніе  $R$ , а следовательно (по формулѣ  $A$ ) и наибольшій расходъ  $Q$  получается, если ширина живаго сѣченія равна удвоенной его глубинѣ, иначе говоря, если сѣченіе представляетъ изъ себя половину квадрата.



Чер. 15.

Для облегченія вычисленій ниже помѣщена таблица № 9, въ которой для площади живаго сѣченія = 1, вычислены величины:  $a, b, a \text{ Cotg } \delta, b + 2 a \text{ Cotg } \delta, p$  и  $R$ .

### ТАБЛИЦА № 9.

Для расчета трапецидальныхъ сѣченій.

Уголъ $\delta$ .	Уклонъ боко- выхъ стѣнокъ $\text{Cotg } \delta$ .	Глубина живаго сѣченія $a$ .	Ширина живаго сѣченія по дну $b$ .	Проек- ція от- коса $a \text{ Cotg } \delta$ .	Ширина живаго сѣченія по верху $b + 2 a \text{ Cotg } \delta$ .	Смачи- ваемый пере- метръ $p$ .	Средняя гидрав- личе- ская глу- бина $R$ .	Примѣчанія.
90°	0	0,707	1,414	0	1,414	2,828	0,354	Прямоугольное сѣченіе.
63°26'	0,5	0,759	0,938	0,379	1,696	2,634	0,379	Профиль съ $1/2$ откосомъ (каменная кладка).
60°	0,577	0,760	0,877	0,439	1,755	2,632	0,380	Половина правильнаго шестиугольника.
45°	1	0,740	0,613	0,740	2,092	2,704	0,370	Профиль съ одиначнымъ откосомъ (отдѣлка дерномъ, или камнемъ на мху).
33°41'	1,5	0,689	0,417	1,034	2,485	2,900	0,345	Профиль съ полукривымъ откосомъ (твердая почва).
26°34'	2	0,636	0,300	1,272	2,844	3,144	0,318	Профиль съ двойнымъ откосомъ (рыхлая земля, песокъ и пр.).



**Численный примѣръ 2.** Черезъ пластинчатое русло прямоугольнаго сѣченія шириною 4', уложенное съ уклономъ въ 1:1000 протекаетъ струя воды, наполняющая русло на 18" = 1,5'. Определить количество и скорость протекающей воды.

Изъ вышеприведенныхъ данныхъ имѣемъ непосредственно:

$$\text{площадь живаго сѣченія } F = 4 \cdot 1,5 = 6 \text{ кв. футъ.}$$

$$\text{орошаемый перимѣтръ } p = 4 + 2 \cdot 1,5 = 7 \text{ футъ.}$$

$$\text{средняя гидравл. глубина } R = \frac{F}{p} = \frac{6}{7} = 0,857$$

Изъ основныхъ формулъ (I и III) получаемъ:

$$Q = c \cdot F \cdot \sqrt{R J} = c \cdot 6 \cdot \sqrt{\frac{0,857}{1000}} = 0,176 \cdot c.$$

Коэффициентъ  $c$  опредѣляемъ по таблицѣ № 8 (стр. 92), вычисленной по сокращенной формулѣ Гангиля и Куттера, для  $n = 0,012$  (досчатая стѣнка); въ ней для  $R = 0,8$  —  $c = 124$ , для  $R = 0,9$  —  $c = 126$ ; для  $R = 0,857$  полагаемъ  $c = 125$ ; тогда:

$$Q = 0,176 \cdot 125 = 22 \text{ куб. фута.}$$

Средняя скорость теченія будетъ:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{22}{6} = 3,67 \text{ футъ.}$$

Если вычислять скорость  $v$  по формулѣ *Маннинга* (стр. 93):

$$v = \frac{1,485}{n} R^{2/3} J^{1/2}$$

то, принимая  $n = 0,012$  (досчатая стѣнка), получаемъ:

$$v = \frac{1,485 \cdot 0,857^{2/3}}{0,012 \cdot 1000^{1/2}} = 3,53 \text{ фута}$$

и расходъ:

$$Q = F \cdot v = 6 \cdot 3,53 = 21,18 \text{ куб. фута.}$$

**Численный примѣръ 3.** Для отвода 5 куб. футъ воды въ 1 секунду требуется вырыть въ рыхломъ грунтѣ, позволяющемъ лишь двойные откосы, канаву, причемъ для предупрежденія размыва стѣнокъ средняя скорость теченія не должна быть болѣе 0,7 футъ. Определить размѣры канавы и ея уклонъ.

Изъ общей формулы (II) для данного случая ( $Q = 5$  куб. фут.,  $v = 0,7$ ) имѣемъ:

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{5}{0,7} = 7,143 \text{ кв. футъ.}$$

Для опредѣленія размѣровъ сѣченія по таблицѣ № 9 (стр. 101) трапецидальныхъ сѣченій, составленной для  $F = 1$ , слѣдуетъ стоящимъ въ ней цифры помножить на  $\sqrt{F}$ , который въ данномъ случаѣ  $= \sqrt{7,143} = 2,67$ . Изъ шестой строки таблицы видно, что для рыхлаго грунта съ двойными откосами размѣры живаго сѣченія канавы будутъ:

$$\begin{aligned} \text{глубина} &= 0,636 \cdot 2,67 = 1,7 \text{ фута} = 1' 8,4'' \\ \text{ширина по дну} &= 0,3 \cdot 2,67 = 0,8 \text{ фута} = 9,6'' \\ \text{ширина по верху} &= 2,844 \cdot 2,67 = 7,6 \text{ футъ} = 7' 7'' \\ \text{смачиваемый периметръ} &= 3,144 \cdot 2,67 = 8,4 \text{ футъ} = 8' 5'' \\ \text{средняя гидравлическая глубина R} &= 0,318 \cdot 2,67 = 0,85 \text{ футъ.} \end{aligned}$$

Уклонъ  $J$  поверхности воды (этому уклону равенъ уклонъ дна, такъ какъ  $Q$  постоянно) опредѣляется изъ формулы (I):  $v = c \sqrt{RJ}$ , которую можно написать въ видѣ:

$$J = \frac{v^2}{c^2 R}.$$

Въ этой формулѣ по предыдущему  $v = 0,7'$ ;  $R = 0,85'$ ; по таблицѣ № 8 (стр. 92) для  $n = 0,025$  (русло въ землѣ):  $c = 53$ , тогда:

$$J = \frac{0,7^2}{53^2 \cdot 0,85} = \frac{1}{4873}.$$

Въ данномъ случаѣ уклонъ  $J$  получился настолько малый, что его вліяніе должно выразиться болѣе или менѣе замѣтно на величинѣ  $c$ ; въ виду этого опредѣлимъ эту послѣднюю болѣе точно по полной формулѣ Гамгиляе и Куттера, имѣющей для футовой мѣры (стр. 89) видъ:

$$c = \frac{41,6 + \frac{1,811}{n} + \frac{0,00281}{J}}{1 + \left(41,6 + \frac{0,00281}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Эту формулу можно было бы цѣликомъ вставить въ предыдущее уравненіе и вычислить  $J$ , но при этомъ вычисленія были бы довольно сложны. Съ достаточной степенью точности можно положить для вычисленія  $c$ , что  $J = 1 : 5000$ ; тогда:

$$c = \frac{41,6 + \frac{1,811}{0,025} + 0,00281 \cdot 5000}{1 + \left(41,6 + 0,00281 \cdot 5000\right) \frac{0,025}{\sqrt{0,85}}} = \frac{128,10}{2,5125} = 51$$

и уклонъ

$$J = \frac{v^2}{c^2 R} = \frac{0,7^2}{51^2 \cdot 0,85} = \frac{1}{4512}.$$

Численный примеръ 4. Для прохода 50 куб. футъ воды въ 1 секунду требуется устроить кирпичный каналъ трапециoidalнаго сѣченія, причѣмъ по мѣстнымъ условіямъ уклонъ J долженъ быть равенъ 1:3200. Определить размеры канала и скорость теченія.

Изъ всѣхъ трапециoidalныхъ сѣченій наибольшее количество воды даетъ форма половины правильнаго шестиугольника, поэтому, въ виду исполненія изъ кирпичной кладки, придадимъ ее проектируемому каналу.

По общей формулѣ (II):

$$Q = c \sqrt{\frac{F^3}{p} J};$$

для избранной формы сѣченія по таблицѣ № 9 (стр. 101):

$$p = 2,632 \sqrt{F}$$

следовательно:

$$Q = c \sqrt{\frac{F^3 \cdot J}{2,632 \sqrt{F}}}$$

или:

$$\frac{2,632 Q^2}{J \cdot c^2} = \sqrt{F^5};$$

такъ какъ Q = 50 куб. футъ и J = 1 : 3200, то:

$$\frac{2,632 \cdot 50^2 \cdot 3200}{c^2} = \sqrt{F^5}$$

или:

$$\frac{21056000}{c^2} = \sqrt{F^5} \dots \dots \dots (1)$$

Величина c зависитъ отъ неизвѣстной пока величины R =  $\frac{F}{p}$ , поэтому для перваго приближенія примемъ по Эйтельвейпу:

$$c = 92$$

тогда:

$$\frac{21056000}{92^2} = 2488 = \sqrt{F^5}$$

откуда, пользуясь таблицами логарифмовъ:

$$F = 22,82 \text{ кв. фута}$$

этому F по таблицѣ № 9 (стр. 101), соответствуетъ

$$R = 0,38 \sqrt{22,82} = 1,8 \text{ футъ}$$

вслѣдствіе чего, по таблицѣ № 8, для  $n = 0,015$  (обыкновенная кирпичная кладка), для втораго приближенія принимаемъ

$$c = 111$$

Подставляя эту величину въ уравненіе (1), получаемъ:

$$\frac{21056000}{111^2} = 1709 = \sqrt{F^5}$$

откуда, пользуясь таблицами логарифмовъ:

$$F = 19,64 \text{ кв. фута.}$$

Этому  $F$  по таблицѣ № 9 соответствуетъ:

$$R = 0,38 \sqrt{19,64} = 1,68$$

вслѣдствіе чего по таблицѣ № 8 для  $n = 0,015$  принимаемъ:

$$c = 110.$$

Въ виду небольшой разницы этого значенія  $c$  въ сравненіи съ предыдущимъ ( $c = 111$ ), окончательно (по уравненію 1) принимаемъ:

$$\frac{21056000}{110^2} = 1740 = \sqrt{F^5}$$

откуда, пользуясь логарифмами:

$$F = 19,78 \text{ кв. фута.}$$

$$\text{и } \sqrt{F} = 4,44;$$

искомые размѣры живаго сѣченія канала (см. табл. № 9):

$$\begin{aligned} \text{глубина живаго сѣченія} &= 0,760. 4,44 = 3,37' \\ \text{ширина канала по дну} &= 0,877. 4,44 = 3,89' \\ \text{ширина живаго сѣченія по верху} &= 1,755. 4,44 = 7,79' \\ \text{орошаемый периметръ} &= 2,672. 4,44 = 11,86' \\ \text{средняя гидравлическая глубина } R &= 0,380. 4,44 = 1,69' \end{aligned}$$

Ради нѣкотораго запаса сѣченія поверхность воды въ проектируемомъ каналѣ должна находиться немного ниже краевъ самаго канала; положимъ, что для мѣстныхъ условій достаточноъ запасъ въ 0,5 фута въ глубину; тогда:

$$\begin{aligned} \text{глубина канала} &= 3,37' + 0,5' = 3,87' = 3' 10,4'' \\ \text{ширина по дну} &= 3,89' = 3' 10,7'' \\ \text{ширина по верху} &= 7,79' + 0,5'. \text{ Cotg } 60^\circ = 7,79' + 0,29' = 8,08' = 8' 1'' \end{aligned}$$

Скорость теченія:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{50}{19,78} = 2,53'$$

**Численный примѣръ 5.** Требуется опредѣлить секундный расходъ и уклонъ поверхности воды въ каналѣ трапециoidalнаго сѣченія съ одиночными откосами, вымощенномъ камнемъ, по слѣдующимъ даннымъ: глубина протекающей струи=2', ее ширина по верху=6' и средняя скорость теченія=3'.

По имѣющимся даннымъ: формѣ сѣченія и размѣрамъ въ глубину и ширину площади живаго сѣченія:

$$\text{глубина живаго сѣченія} = 2'$$

$$\text{ширина} \quad \gg \quad \gg \quad \text{по верху} = 6'$$

$$\text{ширина} \quad \gg \quad \gg \quad \text{по дну} = 6' - 2 \cdot 2' = 2'$$

$$\text{площадь} \quad \gg \quad \gg \quad F = \frac{(2+6) \cdot 2}{2} = 8 \text{ кв. футовъ}$$

$$\text{смачиваемый периметръ} = 2' + 2 \cdot \frac{2}{\sin 45^\circ} = 7,657$$

$$\text{средняя гидравлическая глубина} = R = \frac{F}{p} = \frac{8}{7,657} = 1,04'$$

По формулѣ (III, стр. 94) имѣемъ:

$$\text{секундный расходъ } Q = F \cdot v = 8,3 = 24 \text{ куб. фута.}$$

По формулѣ (I) имѣемъ:

$$v = c \sqrt{RJ}$$

откуда:

$$J = \frac{v^2}{c^2 R}$$

Въ эту формулу вмѣсто с подставляемъ по таблицѣ № 8 для  $n=0,017$  (бутовая кладка) и  $R = 1,04'$

$$c = 87;$$

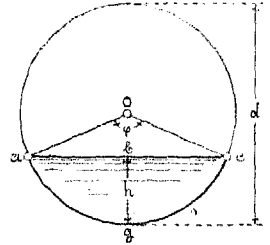
тогда:

$$J = \frac{3^2}{87^2 \cdot 1,04} = \frac{1}{875}$$

**Круглое сѣченіе** принадлежитъ къ числу наиболѣе употребительныхъ въ водосточной (и водопроводной) техникѣ, какъ вслѣдствіе благоприятныхъ условий, которые встрѣчаетъ вода, протекая по круглому сѣченію, такъ и вслѣдствіе того, что трубы и галереи круглаго

сѣченія лучше прямолинейныхъ сопротивляются сдавливающему усилію грунта, въ которомъ уложены.

Круглое сѣченіе, какъ и всякое другое, можетъ быть наполнено протекающею по немъ водою до любой высоты. Положимъ, что въ кругломъ сѣченіи, діаметръ котораго =  $d$ , вода занимаетъ часть абег площади круга (чер. 16); этой площади живаго сѣченія соотвѣтствуетъ глубина  $h$  протока (=  $bg$ ), иначе, *высота наполненія*  $h$ . Какъ степень наполненія, такъ равно и соотвѣтственная площадь живаго сѣченія вполнѣ опредѣляются центральнымъ угломъ  $\varphi$ , называемымъ *угломъ наполненія*.



Чер. 16.

$$bg = h = og - ob = og - oc \cdot \cos \angle boc.$$

но:  $og = oc = \frac{d}{2}$  и  $\angle boc = \frac{\varphi}{2}$ ,

слѣдовательно:  $h = \frac{d}{2} - \frac{d}{2} \cos \frac{\varphi}{2}$ ,

откуда:

$$\cos \frac{\varphi}{2} = \frac{d - 2h}{d}.$$

Помощью этой формулы, имѣя  $d$  и  $h$ , нетрудно найти величину центрального угла  $\frac{\varphi}{2}$ , или  $\varphi$ ; или, наоборотъ, имѣя  $d$  и  $\varphi$ , — отыскать соотвѣтственную высоту наполненія  $h$ .

Пусть даны:  $d$  и центральный уголъ наполненія  $\varphi$ ; тогда:

орошаемый периметръ  $p = arc = \frac{\pi \cdot \varphi}{360} d$  . . . . . (1)

Площадь живаго сѣченія  $F$  = площ. сектора  $oagco$  — площ.  $\triangle oac$ .

$$\text{Площ. сектора } oagco = p \cdot \frac{d}{4} = \frac{\pi \varphi}{360 \cdot 4} d^2 = \frac{d^2 \pi \varphi}{8 \cdot 180}$$

$$\begin{aligned} \text{Площ. } \triangle oac &= \frac{ac}{2} \cdot bo = ab \cdot bo = \frac{d}{2} \sin \frac{\varphi}{2} \cdot \frac{d}{2} \cos \frac{\varphi}{2} = \\ &= \frac{d^2}{4} \sin \frac{\varphi}{2} \cos \frac{\varphi}{2} = \frac{d^2}{8} \sin \varphi \end{aligned}$$

слѣдовательно:

$$F = \frac{1}{8} \left[ \frac{\pi \varphi}{180} - \sin \varphi \right] d^2 \quad . . . . . (2).$$

Пусть  $h > \frac{d}{2}$ , т. е.  $\angle \varphi > 180^\circ$  (чер. 17); в этом случае: площадь живого сечения  $F =$  площ. сектора  $oaoc$  + площ.  $\triangle oac$ .

$$\text{Площ. сект. } oaoc = r \cdot \frac{d}{4} = \frac{d^2 \cdot \pi \varphi}{8 \cdot 180}$$

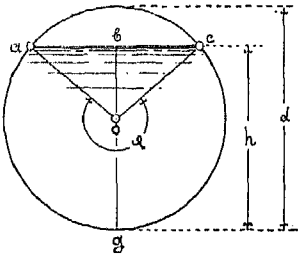
$$\begin{aligned} \text{Площ. } \triangle oac &= \frac{ac}{2} \cdot bo = ab \cdot bo = \frac{d}{2} \sin \left[ 180^\circ - \frac{\varphi}{2} \right] \cdot \frac{d}{2} \cos \left[ 180^\circ - \frac{\varphi}{2} \right] = \\ &= - \frac{d}{2} \sin \frac{\varphi}{2} \cdot \frac{d}{2} \cos \frac{\varphi}{2} = - \frac{d^2}{8} \sin \varphi; \end{aligned}$$

следовательно:

$$F = \frac{1}{8} \left[ \frac{\pi \varphi}{180} - \sin \varphi \right] d^2,$$

т. е. получается та же формула (2).

Отсюда можно заключить, что формула (2) годна для всех значений угла  $\varphi$  в пределах от 0 до  $360^\circ$ , или, иначе, для всякой глубины наполнения от  $h = 0$  до  $h = d$ .



Чер. 17.

$$\begin{aligned} \text{Средняя гидравлическая глубина } R &= \frac{F}{p} = (\text{по уравн. 1 и 2}) \\ &= \frac{\left( \frac{\pi \varphi}{180} - \sin \varphi \right) 360}{8\pi \varphi} d = \left( \frac{1}{4} - \frac{45 \sin \varphi}{\pi \varphi} \right) d \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

Подставляя найденное выражение (3) в основную формулу (I):

$$v = c \sqrt{RJ}$$

получаем:

$$v = c \sqrt{\left( \frac{1}{4} - \frac{45 \sin \varphi}{\pi \varphi} \right) d \cdot J} \dots \dots \dots (4)$$

Maximum  $v$  получится при условии:  $\frac{dv}{d\varphi} = 0$ , или:

$$\frac{-\pi \varphi 45 d \cos \varphi + 45 \sin \varphi \cdot d \cdot \pi}{\pi^2 \varphi^2} = 0$$

после сокращения:

$$\sin \varphi - \varphi \cos \varphi = 0$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \varphi$$

откуда:

$$\varphi = 4,4934 = 257 \frac{1}{2}^\circ,$$

т. е. при центральномъ углу наполненія  $\varphi = 257\frac{1}{2}^{\circ}$  въ кругломъ сѣчениі получается наибольшая скорость теченія.

Подставляя выраженія для  $F$  (ур-ніе 1) и  $p$  (ур-ніе 2) въ основную формулу (II):

$$Q = c \sqrt{\frac{F^3}{p} J}$$

получаемъ:

$$Q = c \sqrt{\frac{\left(\frac{\pi\varphi}{180} - \text{Sin } \varphi\right)^3 d^6 360}{8^3 \cdot \pi \varphi \cdot d} J}$$

или:

$$Q = c \sqrt{\frac{\left(\frac{\pi\varphi}{180} - \text{Sin } \varphi\right)^3 45}{64 \cdot \pi \varphi} d^5 J} \dots \dots \dots (5)$$

Махімум  $Q$  получается при условіи  $\frac{dQ}{d\varphi} = 0$ , или:

$$\frac{\pi\varphi \cdot 3 \left[\frac{\pi\varphi}{180} - \text{Sin } \varphi\right]^2 \left[\frac{\pi}{180} - \text{Cos } \varphi\right] - \left[\frac{\pi\varphi}{180} - \text{Sin } \varphi\right]^3 \cdot \pi}{\pi^2 \varphi^2} = 0$$

послѣ сокращенія:

$$\frac{2\pi\varphi}{180} - 3\varphi \text{Cos } \varphi + \text{Sin } \varphi = 0$$

или, замѣняя:

$$2\pi = 360^{\circ}$$

$$2\varphi + \text{Sin } \varphi = 3\varphi \text{Cos } \varphi$$

откуда:

$$\varphi = 5,379 = 308^{\circ}$$

т. е. при центральномъ углу наполненія  $\varphi = 308^{\circ}$  въ кругломъ сѣченіі получается наиболшій расходъ протекающей жидкости.

Подставляя въ выведенныя формулы (1, 2, 3, 4 и 5) различныя значенія центрального угла  $\varphi$ , соответствующія различнымъ наполненіямъ круглаго сѣченія водою, получаемъ слѣдующую таблицу:



ТАБЛИЦА № 10

для расчета круглого сечения.

При:	$\varphi =$	180°	219°	240°	257 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ° (max. v)	308° (max. Q)	360°
	$h =$	0,5 d	0,667 d ( $\frac{2}{3}$ d)	0,75 d ( $\frac{3}{4}$ d)	0,813 d	0,95 d	d
Орошаемый периметр	$p =$	1,57080 d	1,91113 d	2,09440 d	2,24672 d	2,68925 d	3,14159 d
Площадь живого сечения	$F =$	0,39270 d <sup>2</sup>	0,55645 d <sup>2</sup>	0,63185 d <sup>2</sup>	0,68370 d <sup>2</sup>	0,77059 d <sup>2</sup>	0,78540 d <sup>2</sup>
Средняя гидравлическая глубина	$R = \frac{F}{p} =$	0,2500 d	0,2912 d	0,3017 d	0,3043 d	0,2865 d	0,2500 d
Скорость течения	$V =$	0,500 c $\sqrt{d J}$	0,540 c $\sqrt{d J}$	0,549 c $\sqrt{d J}$	0,552 c $\sqrt{d J}$	0,535 c $\sqrt{d J}$	0,500 c $\sqrt{d J}$
Секундный расход	$Q =$	0,196 c $\sqrt{d^5 J}$	0,300 c $\sqrt{d^5 J}$	0,347 c $\sqrt{d^5 J}$	0,377 c $\sqrt{d^5 J}$	0,412 c $\sqrt{d^5 J}$	0,393 c $\sqrt{d^5 J}$

Численный примѣръ 6. По трубѣ круглаго сѣченія, склепанной изъ кирпичной кладки съ тщательно расшитыми швами, должно протекать 40 куб. футъ воды въ 1 секунду при наполненіи до  $\frac{3}{4}$  ея діаметра, причемъ труба можетъ быть уложена съ уклономъ въ 1 : 1000. Требуется опредѣлить діаметръ трубы и скорость течения.

По формулѣ, помѣщенной въ таблицѣ № 10, имѣемъ, что при наполненіи  $h = 0,75 d$  секундный расходъ

$$Q = 0,347 c \sqrt{d^5 J}$$

Въ этой формулѣ для даннаго случая:  $Q = 40$  куб. футъ и  $J = 1 : 1000$ ; величина же  $c$ , зависящая, какъ извѣстно, отъ величины  $R$ , не можетъ быть опредѣлена, такъ какъ по формулѣ таблицы № 8:

$$R = 0,3017d, \quad . . . . . (a)$$

діаметръ же  $d$  трубы неизвѣстенъ. Въ виду этого для перваго приближенія примемъ по Эйтельвейну, что  $c = 92$ ; тогда:

$$40 = 0,347 \cdot 92 \cdot \sqrt{\frac{d^5}{1000}}$$

откуда:

$$\frac{40 \cdot \sqrt{1000}}{0,347 \cdot 92} = \sqrt{d^5}$$

$$\frac{3645,3}{92} = \sqrt{d^5} \quad . . . . . (b)$$

$$39,62 = \sqrt{d^5}$$

$$d = \text{num} \left( \frac{2}{5} \log 39,62 \right) = \text{num} 0,63919 = 4,357'$$

Этому соответствуетъ согласно формулѣ (a):

$$R = 0,3017 \cdot 4,357 = 1,31',$$

чему въ свою очередь, согласно таблицѣ № 8, для  $n = 0,013$  (кирпичныя стѣнки съ расшитыми швами), соответствуетъ:

$$c = 123.$$

Коэффициентъ  $c$ , принятый по Эйтельвейну, въ данномъ случаѣ оказывается слишкомъ малымъ, слѣдовательно найденный діаметръ  $d$  слишкомъ великъ. Подставляя для втораго приближенія  $c = 122$ , нѣсколько меньше опредѣленной выше величины ( $c = 123$ ), изъ формулы (b) получаемъ:

$$\frac{3645,3}{122} = \sqrt{d^5}$$

откуда:

$$d = \sqrt[5]{29,88}$$

$$d = \text{num} \left( \frac{2}{5} \log 29,88 \right) = \text{num} 0,59015 = 3,892'.$$

Этому диаметру соответствует (по формулѣ а):

$$R = 0,3017 \cdot 3,892 = 1,17',$$

чему для  $n = 0,013$  по таблицѣ № 8 соответствует:

$$c = 121,$$

что довольно близко къ принятой расчетной величинѣ  $c = 122$ .

Окончательно принимаемъ

$$d = 3' 11'' = 3,917'.$$

Площадь живого сѣченія (по формулѣ таблицы № 10):

$$F = 0,63185 \cdot 3,917^2 = 9,69 \text{ кв. фута.}$$

Средняя скорость течения:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{40}{9,69} = 4,13'.$$

Для облегченія и ускоренія вычисленій по формуламъ, помѣщеннымъ въ послѣдней строкѣ таблицы № 10, ниже приведена таблица № 11 величинъ  $\sqrt{d^5}$ , причемъ  $d$  выражено въ дюймахъ и футахъ, величина же  $\sqrt{d^5}$  — въ футахъ. Способъ пользованія этой послѣдней таблицей поясненъ слѣдующими 7 и 8-мъ численными примѣрами.

**Численный примѣръ 7.** Какое наибольшее количество воды можетъ отводить гончарная глазурованная труба диаметромъ въ 19", если ея уклонъ равенъ 1 : 860 и какая при этомъ будетъ скорость течения?

Изъ таблицы № 10 видно, что при наполненіи, соответствующемъ наибольшему расходу ( $\varphi = 308^\circ$ ), секундный расходъ

$$Q = 0,412 \text{ с } \sqrt{d^5 J}$$

въ этой формулѣ:  $d = 19'' = 1,583'$ ; по таблицѣ № 11:  $\sqrt{d^5} = 3,155$ ;  $J = \frac{1}{860}$ ; для опредѣленія величины  $c$  надо знать  $R$ , которое (таблица № 10, стр. 110):

$$R = 0,2865 d = 0,2865 \cdot 1,583 = 0,45.$$

ТАБЛИЦА № 11.

Величинъ  $\sqrt{d^5}$ , выраженныхъ въ футахъ, при данномъ  $d$  въ дюймахъ и футахъ.

d		$\sqrt{d^5}$	d		$\sqrt{d^5}$	d		$\sqrt{d^5}$	d		$\sqrt{d^5}$
Въ дюйм.	Въ футахъ.	Въ футахъ.	Въ дюйм.	Въ футахъ.	Въ футахъ.	Въ дюйм.	Въ футахъ.	Въ футахъ.	Въ дюйм.	Въ футахъ.	Въ футахъ.
1/4	0,0208	0,00006	9	0,7500	0,4871	23 1/2	1,958	5,365	52	4,333	39,13
1/2	0,0417	0,00035	9 1/2	0,7917	0,5577	24	2	5,657	53	4,417	41,02
3/4	0,0625	0,00098	10	0,8333	0,6339	25	2,083	6,264	54	4,500	42,96
1	0,0833	0,0020	10 1/2	0,8750	0,7162	26	2,167	6,909	55	4,583	44,97
1 1/4	0,1042	0,0035	11	0,9167	0,8043	27	2,250	7,593	56	4,667	47,05
1 1/2	0,1250	0,0055	11 1/2	0,9583	0,8990	28	2,333	8,316	57	4,750	49,17
1 3/4	0,1458	0,0081	12	1	1,000	29	2,417	9,079	58	4,833	51,35
2	0,1667	0,0113	12 1/2	1,042	1,108	30	2,500	9,882	59	4,917	53,60
2 1/4	0,1875	0,0152	13	1,083	1,221	31	2,583	10,73	60	5	55,90
2 1/2	0,2083	0,0198	13 1/2	1,125	1,342	32	2,667	11,61	63	5,25	63,15
2 3/4	0,2292	0,0252	14	1,167	1,470	33	2,750	12,54	66	5,5	70,94
3	0,2500	0,0312	14 1/2	1,208	1,605	34	2,833	13,51	69	5,75	79,28
3 1/4	0,2708	0,0383	15	1,250	1,747	35	2,917	14,53	72	6	88,18
3 1/2	0,2917	0,0459	15 1/2	1,292	1,896	36	3	15,59	75	6,25	97,66
3 3/4	0,3125	0,0547	16	1,333	2,053	37	3,083	16,69	78	6,5	107,72
4	0,3333	0,0641	16 1/2	1,375	2,217	38	3,167	17,84	81	6,75	118,38
4 1/4	0,3543	0,0731	17	1,417	2,389	39	3,250	19,04	84	7	129,64
4 1/2	0,3750	0,0827	17 1/2	1,458	2,567	40	3,333	20,29	87	7,25	141,53
4 3/4	0,3958	0,0971	18	1,500	2,756	41	3,417	21,58	90	7,5	154,05
5	0,4167	0,1120	18 1/2	1,542	2,950	42	3,500	22,92	93	7,75	167,21
5 1/4	0,4375	0,1271	19	1,583	3,155	43	3,583	24,31	96	8	181,02
5 1/2	0,4583	0,1428	19 1/2	1,625	3,365	44	3,667	25,74	99	8,25	195,50
5 3/4	0,4792	0,1590	20	1,667	3,586	45	3,750	27,23	102	8,5	210,64
6	0,5000	0,1768	20 1/2	1,708	3,813	46	3,833	28,77	105	8,75	226,48
6 1/2	0,5417	0,2160	21	1,750	4,051	47	3,917	30,36	108	9	243
7	0,5833	0,2599	21 1/2	1,792	4,297	48	4	32,00	111	9,25	260,23
7 1/2	0,6250	0,3088	22	1,833	4,551	49	4,083	33,69	114	9,5	278,17
8	0,6667	0,3638	22 1/2	1,875	4,813	50	4,167	35,44	117	9,75	296,83
8 1/2	0,7083	0,4228	23	1,917	5,086	51	4,250	37,25	120	10	316,23

Этому R, по таблицѣ № 8 (стр. 92), для  $n = 0,012$  соответствуетъ.

$$c = 110.$$

Секундный расходъ:

$$Q = \frac{0,412 \cdot 110 \cdot 3,155}{\sqrt{860}} = 4,88 \text{ куб. фута.}$$

Скорость теченія по таблицѣ № 10:

$$v = 0,535 \text{ с } \sqrt{dJ}$$

оттуда:

$$v = \frac{0,535 \cdot 110 \cdot \sqrt{1,583}}{\sqrt{860}} = 2,53'.$$

**Численный примѣръ 8.** Какая наибольшая скорость теченія можетъ быть достигнута въ круглой гончарной глазурированной трубѣ діаметромъ въ 15" (=1,25'), если ея уклонъ равенъ 1 : 500 и какой при этомъ получится расходъ воды?

Изъ таблицы № 10 видно, что при наполненіи, соответствующемъ наибольшей скорости ( $\varphi = 257^{1/2}$ ), скорость теченія

$$v = 0,552 \text{ с } \sqrt{dJ}.$$

Средняя гидравлическая глубина по той же таблицѣ:

$$R = 0,3043 d = 0,3043 \cdot 1,25 = 0,38';$$

этой величинѣ по таблицѣ № 8 (стр. 92) для  $n = 0,012$  соответствуетъ:

$$c = 106.$$

Тогда скорость:

$$v = \frac{0,552 \cdot 106 \cdot \sqrt{1,25}}{\sqrt{500}} = 2,93'.$$

Секундный расходъ воды (см. таблицу № 10, стр. 110):

$$Q = 0,377 \text{ с } \sqrt{d^5 J}.$$

Пользуясь для опредѣленія величины  $\sqrt{d^5 J}$  таблицей № 11 (стр. 113), получаемъ:

$$Q = \frac{0,377 \cdot 106 \cdot 1,747}{\sqrt{500}} = 3,12 \text{ куб. фута.}$$

**Численный примѣръ 9.** Кирпичный каналъ полукруглаго сѣченія долженъ служить для прохода 50 куб. футъ воды въ одну секунду, причемъ скорость теченія

должна = 3'. Требуется определить диаметр поперечнаго сѣченія, а также необходимый уклонъ.

Изъ основной формулы (стр. 94) имѣемъ: площадь живого сѣченія

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{50}{3} = 16,333 \text{ кв. фута;}$$

въ то же время площадь живаго сѣченія для полукруга, т. е. при  $\varphi = 180^\circ$  (табл. № 10, стр. 110).

$$F = 16,333 = 0,39270 d^2$$

откуда:

$$d = \sqrt{\frac{16,333}{0,3927}} = 6,45' = 6' 5,4''.$$

По формулѣ той же таблицы имѣемъ:

$$R = 0,25 d = 0,25 \cdot 6,45 = 1,61'$$

чему (по табл. № 8, стр. 92) соответствуетъ (для  $n = 0,013$ ):

$$c = 127.$$

Наконецъ, скорость течения по формулѣ таблицы № 10:

$$v = 0,500 c \sqrt{dJ}$$

откуда, подставляя численные значенія, имѣемъ:

$$J = \frac{v^2}{0,5^2 \cdot c^2 \cdot d} = \frac{3^2}{0,5^2 \cdot 127^2 \cdot 6,45} = \frac{1}{2890}$$

При расчетѣ городскихъ водосточковъ въ большинствѣ случаевъ приходится определять диаметры сточныхъ трубъ по даннымъ: расходу  $Q$  и уклону  $J$ . Такъ какъ непосредственное опредѣленіе каждаго диаметра требуетъ при этомъ довольно длинныхъ арифметическихъ дѣйствій (см. числен. примѣръ 6, стр. 111), получившіеся же расчетомъ размѣры приходится округлять до ближайшаго размѣра взятыхъ за проектную норму сѣченій, то ниже приведена таблица № 12, въ которой для диаметровъ отъ 2'' до 24'' вычислены по формуламъ послѣдней строки таблицы № 10 (стр. 110) величины  $\frac{Q}{\sqrt{J}}$ , причемъ за коэффициентъ шероховатости при опредѣленіи величины  $c$  по Гангиле и Куттеру принято  $n = 0,012$  (глазурованныя и цементныя трубы). Эта таблица можетъ значительно облегчить расчеты город-

Т А Б Л

Ц А № 1 2

для расчета круглых труб при различных степенях наполнения  
формулы Гангиля и Куттера в

по данным: Q и J (коэффициент с определенъ по сокращенной  
предположеніи, что n = 0,012).

Диаметръ (въ дюймахъ).	Половинное наполненіе ( $\varphi = 180^\circ$ ).			Двухтретьетное наполненіе ( $\varphi = 219^\circ$ ).			Трехчетвертное наполненіе ( $\varphi = 240^\circ$ ).			Наполненіе, соотв. макс. v ( $\varphi = 257\frac{1}{2}^\circ$ ).			Наполненіе, соотв. макс. Q ( $\varphi = 303^\circ$ ).			Полное сѣченіе ( $\varphi = 360^\circ$ ).			Диаметръ (въ дюймахъ).
	R (футы).	c.	$\frac{Q}{\sqrt{J}}$	R (футы).	c.	$\frac{Q}{\sqrt{J}}$	R (футы).	c.	$\frac{Q}{\sqrt{J}}$	R (футы).	c.	$\frac{Q}{\sqrt{J}}$	R (футы).	c.	$\frac{Q}{\sqrt{J}}$	R (футы).	c.	$\frac{Q}{\sqrt{J}}$	
2	0,042	56	0,124	0,049	59	0,200	0,050	60	0,254	0,051	60	0,256	0,048	59	0,275	0,042	56	0,248	2
3	0,063	64	0,389	0,073	68	0,636	0,075	68	0,736	0,076	69	0,812	0,072	67	0,862	0,063	64	0,778	3
4	0,083	70	0,881	0,097	74	1,423	0,10	75	1,668	0,10	75	1,812	0,096	74	2,088	0,083	70	1,762	4
5	0,10	75	1,650	0,12	79	2,654	0,13	81	3,148	0,13	81	3,420	0,12	79	3,649	0,10	75	3,300	5
6	0,13	81	2,813	0,15	84	4,455	0,15	84	5,153	0,15	84	5,599	0,14	82	5,979	0,13	81	5,626	6
7	0,15	84	4,288	0,17	87	6,783	0,18	88	7,930	0,18	88	8,622	0,17	87	9,325	0,15	84	8,576	7
8	0,17	87	6,199	0,19	90	9,796	0,20	91	11,438	0,20	91	12,447	0,19	90	13,466	0,17	87	12,398	8
9	0,19	90	8,610	0,22	93	13,590	0,23	94	15,888	0,23	94	17,262	0,22	93	18,682	0,19	90	17,220	9
10	0,21	92	11,154	0,24	95	18,066	0,25	96	21,116	0,25	96	22,942	0,24	95	24,835	0,21	92	22,908	10
11	0,23	94	14,849	0,27	98	23,646	0,28	99	27,628	0,28	99	30,019	0,26	96	31,843	0,23	94	29,698	11
12	0,25	96	18,854	0,29	100	30,000	0,30	101	35,0	0,30	101	38,077	0,29	100	41,240	0,25	96	37,708	12
13	0,27	98	23,501	0,32	102	37,363	0,33	103	43,640	0,33	103	47,413	0,31	102	51,361	0,27	98	47,002	13
14	0,29	100	28,871	0,34	104	45,864	0,35	104	53,049	0,36	105	58,190	0,33	103	62,441	0,29	100	57,742	14
15	0,31	102	34,997	0,36	105	55,031	0,38	106	64,258	0,38	106	69,814	0,36	105	75,649	0,31	102	69,994	15
16	0,33	103	41,531	0,39	107	65,901	0,40	108	76,938	0,41	108	83,590	0,38	106	89,746	0,33	103	83,062	16
17	0,35	104	48,797	0,41	108	77,404	0,43	109	90,359	0,43	109	98,131	0,41	108	106,404	0,35	104	97,594	17
18	0,38	106	57,375	0,44	110	90,948	0,45	110	105,196	0,46	111	115,330	0,43	109	123,886	0,38	106	114,750	18
19	0,40	108	66,921	0,46	111	105,062	0,48	112	122,616	0,48	112	133,217	0,45	110	143,123	0,40	108	133,842	19
20	0,42	109	76,768	0,49	112	120,490	0,50	113	140,610	0,51	113	152,767	0,48	112	165,636	0,42	109	153,536	20
21	0,44	110	87,518	0,51	113	137,329	0,53	114	160,25	0,53	114	174,104	0,50	113	188,781	0,44	110	175,036	21
22	0,46	111	99,214	0,53	114	155,644	0,55	115	181,608	0,56	115	197,309	0,53	114	213,959	0,46	111	198,428	22
23	0,48	112	111,876	0,56	115	175,467	0,58	116	204,721	0,58	116	222,421	0,55	115	241,209	0,48	112	223,752	23
24	0,50	113	125,547	0,58	116	196,864	0,60	117	229,669	0,61	117	249,525	0,57	116	270,622	0,50	113	251,094	24

ской канализационной сети. Способъ пользования ею слѣдующій: для каждаго искомаго діаметра имѣются данныя величины Q и J, поэтому, вычисливъ  $\frac{Q}{\sqrt{J}}$ , слѣдуетъ подыскать ближайшее большее значеніе въ графахъ 4, 7, 10, 13, 15 или 18-ой, смотря по потребной степени наполненія трубы водою; размѣръ діаметра, стоящій противъ отысканной цифры, есть искомый. Слѣдующій примѣръ еще болѣе поясняетъ способъ пользования этой таблицей.

**Численный примѣръ 10.** Для городской канализации, которую предполагается устроить изъ гончарныхъ глазурированныхъ трубъ, діаметромъ въ 8, 10, 12, 15 и 18 дюймовъ, требуется разсчитать размѣры коллекторовъ при условіи наполненія ихъ не болѣе, чѣмъ на половину, причемъ изъ мѣстныхъ условій опредѣлилось, что:

въ коллекторѣ А секундный расходъ	Q = 0,3484 куб. фута;	его уклонъ	J = 1 : 150
» В . . . . .	Q = 0,3499 . . . . .	» . . . . .	J = 1 : 120
» С . . . . .	Q = 1,0048 . . . . .	» . . . . .	J = 1 : 100
» D . . . . .	Q = 0,9591 . . . . .	» . . . . .	J = 1 : 300
» E . . . . .	Q = 1,2607 . . . . .	» . . . . .	J = 1 : 610
» F . . . . .	Q = 2,4174 . . . . .	» . . . . .	J = 1 : 244

Изъ таблицы № 12 видно, что для половиннаго наполненія гончарной глазурированной трубы:

$$\text{при } d = 8'' : \frac{Q}{\sqrt{J}} = 6,199$$

$$\text{» } d = 10'' : \frac{Q}{\sqrt{J}} = 11,454$$

$$\text{» } d = 12 : \frac{Q}{\sqrt{J}} = 18,854$$

$$\text{» } d = 15 : \frac{Q}{\sqrt{J}} = 34,997$$

$$\text{» } d = 18 : \frac{Q}{\sqrt{J}} = 41,531$$

Въ данныхъ же коллекторахъ:

$$\text{въ А : } \frac{Q}{\sqrt{J}} = 0,3484 \sqrt{150} = 4,267$$

$$\text{въ В : } \frac{Q}{\sqrt{J}} = 0,3499 \sqrt{120} = 3,833$$



$$\text{въ C} \quad \frac{Q}{\sqrt{J}} = 1,0048 \sqrt{100} = 10,048$$

$$\text{въ D} \quad \frac{Q}{\sqrt{J}} = 0,9591 \sqrt{300} = 16,612$$

$$\text{въ E} \quad \frac{Q}{\sqrt{J}} = 1,2607 \sqrt{610} = 31,137$$

$$\text{въ F} \quad \frac{Q}{\sqrt{J}} = 2,4174 \sqrt{244} = 37,760$$

Сравнивая полученные цифры съ ближайшими большими, выписанными изъ таблицы № 12, видимъ, что диаметры:

$$A = 8'', B = 8'', C = 10'', D = 12'', E = 15'' \text{ и } F = 18''.$$

При расчетѣ подосточной сѣтки нерѣдко приходится рѣшать такого рода задачу: въ трубѣ даннаго діаметра  $d$ , уложенной въ землѣ съ извѣстнымъ уклономъ  $J$ , протекаетъ  $Q$  кубическихъ единицъ воды въ 1 секунду, требуется опредѣлить глубину  $h$  протекающей по трубѣ струи воды, или ея скорость теченія  $v$ .

Такъ какъ степень наполненія трубы не дана, а представляетъ изъ себя некую величину, то слѣдовательно въ данномъ случаѣ не можетъ быть примѣнена ни одна изъ выведенныхъ ранѣе формулъ для расчета круглаго сѣченія. Въ виду этого обратимся къ общей разсчетной формулѣ (II, стр. 94), которую можно написать въ видѣ:

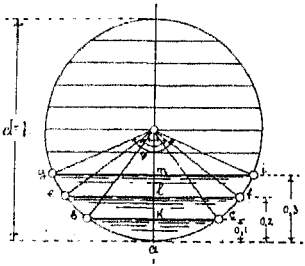
$$\frac{Q}{\sqrt{J}} = c \sqrt{\frac{r^3}{p}}$$

Въ этомъ уравненіи лѣвая часть извѣстна (даны:  $Q$  и  $J$ ), а правая содержитъ величину  $\frac{r^3}{p}$ , которая можетъ быть выражена черезъ данный діаметръ  $d$  и некую глубину протока  $h$ . Однако непосредственное опредѣленіе неизвѣстной глубины  $h$  изъ этого уравненія оказывается чрезчуръ сложнымъ и для практическаго примѣненія чрезвычайно неудобнымъ главнымъ образомъ вследствие сложности аналитическаго выраженія  $\frac{r^3}{p}$  (черезъ  $d$  и  $h$ ).

Задача можетъ быть рѣшена весьма просто и съ достаточною для практическихъ цѣлей степенью точности нѣсколькими способами, изъ которыхъ остановимся на наиболѣе наглядномъ и простомъ.

Возьмемъ круглое сѣченіе  $n$ , полагая, что его діаметръ  $d = 1$ , раздѣлимъ его по высотѣ на произвольное, но опредѣленное число частей

(черт. 18), положимъ на 10 равныхъ частей, и черезъ точки дѣленія проведемъ горизонтальныя линіи. Тогда, предполагая, что уровень воды, наполняющей сѣченіе, находится сначала на линіи  $bc$ , причемъ глубина наполненія  $h = ak = 0,1$ , затѣмъ на линіи  $ef$  съ глубиной наполненія  $h = al = 0,2$ , потомъ на линіи  $gi$  съ глубиной  $h = 0,3$  и т. д., мы можемъ по формулѣ (стр. 107)  $\text{Cos } \frac{\varphi}{2} = \frac{d-2h}{d}$  опредѣлить соответственныя каждому наполненію углы  $\varphi$ . Зная величины угловъ наполненія  $\varphi$  можно по формулѣ (2, стр. 108):  $F = \frac{1}{8}$



Черт. 18.

$\left( \frac{\pi \varphi}{180} - \text{Sin } \varphi \right) d^2$  опредѣлить площади живаго сѣченія  $abca$ ,  $aefa$ ,  $agia$  и т. д., соответственныя глубинамъ:  $h = 0,1$ ,  $h = 0,2$ ,  $h = 0,3$  и т. д. до  $h = 1$ , т. е. до площади полного круга. Полагая затѣмъ, что при  $h = 1$  площадь живаго сѣченія (которая очевидно  $= \frac{\pi d^2}{4}$  или, т. к.  $d = 1$ , то площадь  $= \frac{\pi}{4}$ ) также  $= 1$ , мы, раздѣляя все полученныя выраженія для  $F$  на  $\frac{\pi}{4}$ , получимъ рядъ чиселъ, которые для различныхъ глубинъ наполненія будутъ измѣняться въ предѣлахъ отъ 0 до 1 и представлять собою относительныя площади живаго сѣченія.

Взявъ систему прямоугольныхъ координатъ (черт. 19), по оси ординатъ откладываемъ въ произвольномъ масштабѣ величины  $h = 0,1$ ,  $h = 0,2$ ,  $h = 0,3$  и т. д. до  $h = d = 1$ , \*) а по оси абсциссъ также въ произвольномъ масштабѣ откладываемъ величины относительныхъ площадей живаго сѣченія  $F$ . Провождая изъ точекъ дѣленія  $h$  горизонтальныя линіи, а изъ точекъ  $F$  вертикальныя до встрѣчи съ соответственными линіями высотъ  $h$ , получаемъ рядъ точекъ; соединяя ихъ, получаемъ линію  $F$  (на черт. означена пунктиромъ), которая весьма ясно выражаетъ относительныя измѣненія площадей живаго сѣченія съ измѣненіемъ глубинъ протока  $h$ .

Точно такимъ же способомъ, какой былъ указанъ для опредѣленія относительныхъ площадей  $F$ , могутъ быть опредѣлены по формуламъ (1 и 3 стр. 107 и 108) относительныя величины орошаемаго периметра  $p$  и средней гидравлической глубинъ  $R$  (т. е. при томъ же предположеніи, что при  $h = 1$ :  $p = 1$  и  $R = 1$ ).

\*) При построеніи таблицы черт. 19 вся высота  $d = 1$  была раздѣлена не на 10, а на 20 частей, т. е. принято, что  $h = 0,05$ ,  $h = 0,1$ ,  $h = 0,15$ ,  $h = 0,2$  и т. д.

Зная относительныя величины  $R$ , или иначе говоря величины, пропорціональныя истинному  $R$ , можно опредѣлить также величины пропорціональныя  $v$  по формулѣ

$$v = c \sqrt{R}.$$

Въ этой послѣдней формулѣ, очевидно, величина  $v$  пропорціональна величинѣ  $c \sqrt{R}$ ; слѣдовательно при опредѣленіи величинъ, пропорціональныхъ  $v$ , достаточно опредѣлить значеніе  $c \sqrt{R}$  — и, полагая, что при  $h = 1$ , а значитъ и при  $R = 1$ ,  $c \sqrt{R}$  также  $= 1$ , получить, послѣ подстановки полученныхъ ранѣе относительныхъ значеній  $R$ , рядъ численныхъ величинъ пропорціональныхъ  $v$ . Но при опредѣленіи этихъ послѣднихъ приходится натолкнуться на величину  $c$ , которая зависитъ (по Гангилю и Куттеру) не только отъ коэффициента шероховатости  $n$ , но и отъ  $R$ , причемъ, какъ это наглядно видно изъ таблицы № 8 (стр. 92), величина  $c$  измѣняется не пропорціонально величинѣ  $R$ , а зависитъ отъ его истиннаго значенія. Вслѣдствіе этого обстоятельства, опредѣляя величины пропорціональныя  $v$ , мы для каждаго значенія  $n$  и  $R$  должны получить свой рядъ значеній  $c \sqrt{R}$ , что чрезвычайно усложняетъ дѣло. Во избѣжаніе этого за величину  $n$  мы принимаемъ нѣкоторое среднее значеніе, а именно  $n = 0,0125$ , какъ наиболѣе соответствующее условіямъ, которыя встрѣчаются при расчетѣ водосточныхъ трубъ, что же касается измѣненій  $c$  въ зависимости отъ абсолютнаго значенія  $R$ , то, пользуясь отчасти таблицею № 8 (стр. 92), можно для  $c$  взять нѣсколько среднихъ значеній, выразить характеръ ихъ измѣненій и затѣмъ уже получить лишь одинъ рядъ численныхъ значеній пропорціональныхъ  $v$  (или  $c \sqrt{R}$ ), соответствующихъ ранѣе опредѣленнымъ величинамъ  $R$  и  $h$ .

Принявъ за единицу ту же величину, которая была взята для построенія кривой  $F$  (чер. 19), откладываемъ по оси абсциссъ только что опредѣленные величины пропорціональныя  $v$  и, возставая изъ полученныхъ точекъ перпендикуляры до встрѣчи съ горизонтальными линиями, проходящими черезъ соответственныя значенія высотъ наполненія  $h$  (отложенными на оси ординатъ), получаемъ рядъ точекъ, соединяя которыя, вычеркиваемъ плавную кривую  $v$  (чер. 19). Эта кривая наглядно показываетъ, какимъ образомъ при различныхъ степеняхъ наполненія круглаго сѣченія измѣняется скорость теченія. Положимъ, для примѣра, что глубина протока  $h = 0,1a$ ; отыскиваемъ на оси ординатъ значеніе  $h = 0,1$  ( $a$ , какъ было указано выше, принято  $= 1$ ) и проводимъ изъ этой точки горизонтальную линію до встрѣчи съ кри-

вою  $v$ , опускаемъ изъ полученной точки пересѣченія вертикаль на ось абсциссъ и непосредственно читаемъ, что  $v = 0,37$ ; это показываетъ, что при высотѣ наполненія въ 0,1 діаметра скорость теченія равна 0,37 частей единицы, а такъ какъ за единицу для кривой  $v$  принята скорость теченія при  $h = d = 1$ , т. е. при полномъ наполненіи водою всего сѣченія, то значить скорость теченія  $v$  равна 0,37 части той скорости, которую имѣла бы вода, если бы она протекала по трубѣ полнымъ сѣченіемъ.

**Численный примѣръ 11.** По гончарной сточной трубѣ, діаметръ которой  $= 10''$  и которая уложена съ уклономъ въ 1 : 100, протекаетъ слой воды глубиною въ 1"; требуется опредѣлить, какова будетъ при этомъ скорость теченія.

Изъ таблицы № 10 (стр. 110) видно, что, еслибы труба была наполнена водою до верха ( $\varphi = 360^\circ$ ), то скорость теченія была бы

$$v_0 = 0,5 \text{ с } \sqrt{d}$$

причемъ средняя гидравлическая глубина

$$R = 0,25 \cdot d = 0,25 \cdot 10 = 2,5'' = 0,208'$$

Этому  $R$  изъ таблицы № 8 (стр. 92) соответствуетъ при  $n = 0,012$  :

$$c = 91$$

Значить скорость при полномъ сѣченіи:

$$v_0 = 0,5 \cdot 91 \sqrt{\frac{10}{12 \cdot 100}} = 4,15'$$

Эта величина  $v_0$  на таблицѣ № 13 (черт. 19) обозначена  $= 1$  (при  $h = d$ ).

Глубина наполненія по заданію  $= 1''$ , а діаметръ  $d = 10''$ , слѣдовательно относительная глубина протока  $= \frac{1}{10} = 0,1$ . Отыскиваемъ эту величину на черт. 19 (на оси ординатъ) и, проведя горизонтальную линію до встрѣчи съ кривой  $v$ , опускаемъ перпендикуляръ на ось абсциссъ и читаемъ, что  $v = 0,37$ . По вышесказанному это означаетъ, что при  $h = 0,1$  скорость теченія  $v$  составляетъ 0,37  $v_0$ , гдѣ  $v_0$  — скорость при полномъ сѣченіи. Для даннаго примѣра при  $h = 1''$  :

$$v = 0,37 \cdot v_0 = 0,37 \cdot 4,15 = 1,54'$$

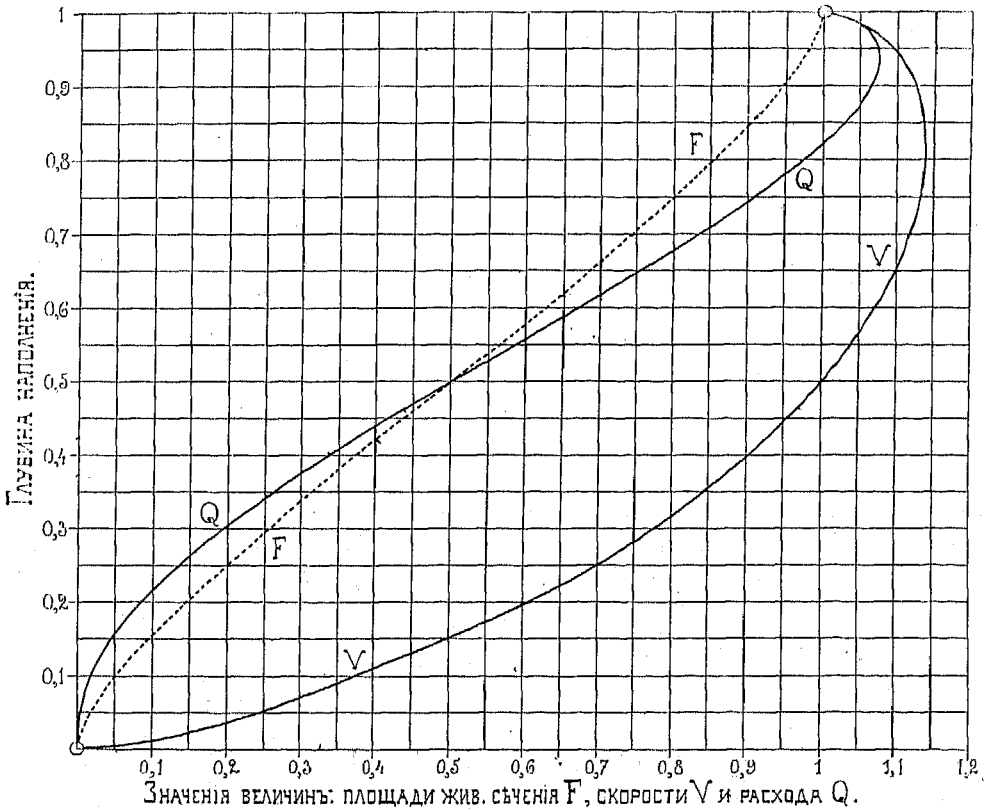
Имѣя величины, пропорціональныя  $F$  и  $v$  (по нимъ были построены кривыя  $F$  и  $v$ ), изъ формулы

$$Q = F \cdot v$$

можно прямо опредѣлить рядъ значений пропорціональныхъ расходу  $Q$  для тѣхъ же высотъ  $h$ , для которыхъ были ранѣе опредѣлены  $F$  и  $v$ . Такъ какъ при  $h=1$  мы полагали, что  $F=1$  и  $v=1$ , то очевидно, что и  $Q=1$ . По ряду полученныхъ значений, пропорціональныхъ  $Q$ , вычерчиваемъ кривую  $Q$  (чер. 19), которая показываетъ характеръ измѣненія расхода съ повышеніемъ уровня воды въ трубѣ круглаго сѣченія.

**ТАБЛИЦА № 13.**

**Графическое изображеніе зависимости между глубиной наполненія и величинами: площ. жив. сѣченія  $F$ , скоростью  $v$  и расходомъ  $Q$  въ КРУГЛОМЪ СѢЧЕНІИ.**



Чер. 19.

Разсматривая внимательно кривыя  $F$ ,  $v$  и  $Q$  (чер. 19), можно замѣтить, что въ кругломъ сѣченіи діаметра  $d$ :

- а) Наибольшая скорость течения получается при глубинѣ протока . . . . . = 0,81d
- б) Наибольшій расходъ воды получается при глубинѣ протока . . . . . = 0,95d
- в) Однаковая скорость течения получается при полномъ сѣченіи и при глубинѣ протока . . . . . = 0,5d
- г) Однаковый расходъ воды получается при полномъ сѣченіи и при глубинѣ протока. . . . . = 0,83d
- д) Отношеніе скорости течения при полномъ сѣченіи къ наибольшей скорости. . . . . = 1 : 1,14
- е) Отношеніе расхода воды при полномъ сѣченіи къ наибольшему расходу . . . . . = 1 : 1,08

Масштабъ и степень точности кривыхъ, изображенныхъ на чер. 19, вполне достаточны для практическихъ цѣлей расчета водосточныхъ трубъ \*).

Обращаясь вновь къ задачѣ (стр. 119) опредѣленія глубины протока  $h$  и скорости  $v$ , если даны: диаметръ  $d$ , уклонъ  $J$  и нѣкоторый расходъ  $Q$ , но степень наполненія сѣченія неизвѣстна, мы видимъ, что ея рѣшеніе не можетъ представить какихъ либо затрудненій, если въ распоряженіи имѣется графическая таблица № 13, изображенная на чер. 19, такъ какъ въ ней ясно видна взаимная зависимость между  $h$ ,  $v$  и  $Q$  и, если дана одна изъ этихъ величинъ, то другія опредѣляются непосредственно изъ чертежа: все рѣшеніе сводится къ чисто механическимъ дѣйствіямъ. Ходъ рѣшенія поясненъ слѣдующимъ численнымъ примѣромъ.

**Численный примѣръ 12.** По гончарной сточной трубѣ круглаго сѣченія диаметромъ 18", уложенной въ землѣ съ уклономъ въ 1 : 600, протекаетъ 0,94 куб. фута воды въ одну секунду; требуется опредѣлить глубину протока  $h$  и скорость течения  $v$ .

\*) Подобныя же кривыя, а также и описаніе характера измѣненій величинъ:  $h$ ,  $F$ ,  $R$ ,  $v$  и  $Q$  въ кругломъ, оvoidальномъ и иныхъ сѣченіяхъ помѣщены у: *Frank*, Die Berechnung der Kanäle und Rohrleitungen, 1886; *Knauff*, въ журналѣ «Gesundheits-Ingenieur» за 1887 годъ, стр. 61; *Baumeister*, Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung, 1890; *Handbuch der Ingenieurwissenschaften*, III Band, Wasserbau, I Abtl., 2 Hälfte, 1893 и др. Кривыя, предложенныя въ указанныхъ сочиненіяхъ, нѣсколько отличаются отъ помѣщенныхъ въ настоящемъ руководствѣ. Способы графическаго расчета диаметра водосточныхъ трубъ и скорости  $v$  по даннымъ:  $Q$  и  $J$  помѣщены въ тѣхъ же сочиненіяхъ, а также: *A. Гречъ* и *Н. Чижова*, Расчетъ и устройство водостоковъ, 1891; *Gerhard*, въ «Gesundheits-Ingenieur», 1883; *Schück* (тамъ-же), *Pobrecht* (тамъ-же); у послѣдняго не указано скорости  $v$ .

Изъ таблицы № 12 (стр. 117) видно, что, еслибы 18" гончарная труба была наполнена водою сплошь во все сѣченіе, то расходъ

$$Q_0 = 114,75 \sqrt{J};$$

или при данномъ  $J = 1 : 600$  :

$$Q_0 = \frac{114,75}{\sqrt{600}} = 4,68 \text{ куб. фута.}$$

и соответственная скорость теченія:

$$v_0 = \frac{Q_0}{F_0} = \frac{4,68 \cdot 12^2 \cdot 4}{\pi \cdot 18^2} = 2,65'$$

Расходъ воды  $Q_0$ , при полномъ сѣченіи, обозначенъ на таблицѣ № 13 (чер. 19) равнымъ единицѣ; следовательно, если  $Q_0 = 4,68$  куб. ф. принять  $= 1$ , то данный расходъ  $Q = 0,94$  куб. фута выразится въ видѣ:  $\frac{0,94}{4,68} = 0,2$ . Отъекиваемъ на оси абсциссъ (чер. 19)  $Q = 0,2$ , проводимъ черезъ эту точку вертикаль до встрѣчи съ линіей  $Q$  и отъ этой послѣдней проводимъ горизонталь; точка пересѣченія послѣдней съ осью ординатъ даетъ намъ:

$$h = 0,31 \text{ (при діаметрѣ} = 1),$$

а такъ какъ данный діаметръ  $= 18''$ , то значить искомая глубина протока:

$$h = 0,31 \cdot 18'' = 5,6''$$

Та же самая горизонтальная линія, проходящая черезъ  $h = 0,31$  (чер. 19), будучи продолжена до встрѣчи съ кривою  $v$ , даетъ (отчетъ по линіи абсциссъ):

$$v = 0,79$$

долей скорости  $v_0$  при полномъ сѣченіи, а такъ какъ въ данномъ примѣрѣ  $v_0 = 2,65'$ , то искомая скорость

$$v = 0,79 \cdot 2,65' = 2,05'$$

**Овоидальное сѣченіе.** Овоидальное сѣченіе въ новѣйшее время получило громадное распространеніе въ канализаціонномъ дѣлѣ. Сѣченіе это состоитъ, какъ это видно изъ чер. 20, изъ верхней полуокружности (верхняго свода) ABC, описанной изъ центра O радіусомъ  $r$ ; боковыхъ, или щеговыхъ симметричныхъ частей AN' и CN', представляющихъ изъ себя дуги круга, описанныя радіусомъ  $r_1 (>r)$





Такимъ образомъ, если въ овоидальномъ сѣченіи даны:  $r$ ,  $m$  и  $n$  (или  $r$ ,  $r_1$  и  $r_2$ ), то всё его размѣры вполне опредѣлены и самое сѣченіе легко можетъ быть построено. Различныя формы овоидальной сѣченія отличаются другъ отъ друга лишь величинами  $m$  и  $n$ , причемъ должно быть соблюдено условіе:  $m > 1$  и  $n < 1$ . Чѣмъ болѣе  $m$  или  $n$  приближается къ единицѣ, тѣмъ болѣе овоидальная форма подходитъ къ круглой и при  $m = n = 1$  она переходитъ въ кругъ (причемъ центры  $S$ ,  $S'$  и  $W$  совпадаютъ съ  $O$ ). Наконецъ, если  $m < 1$  и  $n > 1$ , то овоидальная форма сѣченія переходитъ уже въ совершенно иную, плоскую (см. ниже, стр. 145), въ такъ называемое лотковое сѣченіе.

Овоидальное сѣченіе, впервые предложенное въ 1846 году въ Англии инженеромъ Филлипсомъ, представляетъ то преимущество передъ круглымъ, что при маломъ расходѣ воды въ немъ получается еще сомкнутая, довольно глубокая струя воды (благодаря малому радиусу  $r_2$ ), между тѣмъ какъ въ кругломъ сѣченіи одинаковой площади, при одинаковомъ незначительномъ расходѣ воды образуется очень плоская струя, которой соответствуетъ очень малая средняя гидравлическая глубина  $R$ , а вслѣдствіе этого и незначительная скорость теченій, при малой же скорости на днѣ галлерей образуются осадки тяжелыхъ частицъ, неизбѣжно попадающихъ въ водостоки изъ домовъ и съ поверхности улицъ. Поэтому овоидальное сѣченіе при сильно уменьшившемся расходѣ воды представляетъ менѣе опасности засоренія, нежели круглое (особенно при большомъ  $m$  и маломъ  $n$ ); оно хорошо сопротивляется сжимающему усилію окружающаго грунта и его постройка изъ кирпичной и каменной кладки легче, чѣмъ постройка круглаго; вслѣдствіе болѣе значительной высоты проходъ людей по овоидальному сѣченію болѣе удобенъ, чѣмъ по круглому. Водосточные коллекторы круглаго сѣченія рѣдко дѣлаются діаметромъ болѣе 20" — 24", болѣе значительные по размѣрамъ устраиваются въ настоящее время почти всегда овоидальными.

Обратимся вновь къ чер. 20.

Площадь живаго сѣченія при наполненіи до линіи  $N'N$ :

$$F_2 = \frac{r^2}{2} (2\alpha - \sin 2\alpha) = r^2 n^2 \left( \alpha - \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \dots \dots (10)$$

и соответственный смачиваемый периметръ  $N'EN$ :

$$p_2 = 2r_2 \alpha = 2rn \alpha \dots \dots \dots (11)$$

При великихъ колебаніяхъ уровня воды въ предѣлахъ отъ глубины протога = 0 до  $EK = a - b =$  (см. ур-ніе 8 и 9)  $= rn(1 - \cos \alpha)$  для расчета могутъ быть применены формулы 1 и 2 (стр. 107) круглаго сѣченія съ замбною  $d$  черезъ  $2r_2 = 2m$ , конечно, при непремѣнномъ условіи, что центральный уголъ наполненія круглаго сѣченія  $\varphi \leq 2\alpha$ .

Площадь живаго сѣченія при наполненіи до линіи  $SS'$  пять верхняго свода (чер. 20):

$$F_1 = F_2 + 2 \text{ площ. ОСНКО}$$

Площ. ОСНКО = площ. сектора SCNS + площ.  $\triangle SNM$  — площ. прямоуго. SOKM.

$$\text{Площ. сектора SCNS} = \frac{r_1^2}{2} \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) = \frac{r^2}{2} m^2 \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Площ. } \triangle SNM &= \frac{1}{2} SM \cdot MN = \frac{1}{2} b r_1 \sin \alpha = \frac{1}{2} r^2 m^2 \sin \alpha \cos \alpha = \\ &= \frac{r^2}{2} m^2 \frac{\sin 2\alpha}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Площ. прямоуго. SOKM} &= SM \cdot SO = b (r_1 - r) = r^2 m (m - 1) \cos \alpha = \\ &= \frac{r^2}{2} 2 m (m - 1) \cos \alpha \end{aligned}$$

Отсюда слѣдуетъ:

$$\text{Площ. ОСНКО} = \frac{r^2}{2} \left[ m^2 \left( \frac{\pi}{2} - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) - 2 m (m - 1) \cos \alpha \right]$$

Площадь живаго сѣченія:

$$\begin{aligned} F_1 &= F_2 + 2 \text{ площ. ОСНКО} = \\ &= r^2 \left[ m^2 \frac{\pi}{2} - (m^2 - n^2) \left( \alpha - \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) - 2 m (m - 1) \cos \alpha \right] = kr^2 \dots (12) \end{aligned}$$

и соответственный смачиваемый периметръ:

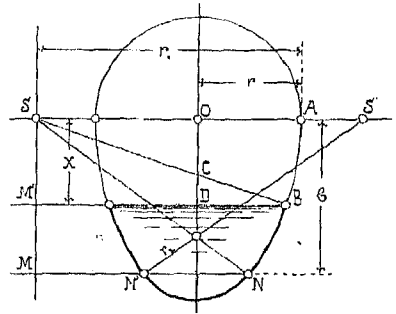
$$\begin{aligned} p_1 &= p_2 + 2 \text{ дуги CN} = 2rn\alpha + 2r_1 \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) = \\ &= 2r \left[ n\alpha + m \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) \right] = k_1 r \dots \dots \dots (13) \end{aligned}$$

Для произвольнаго горизонта, лежащаго между линиями  $SS'$  и  $N'N$  (чер. 21) на разстоянии  $x$  подъ линіей  $SS'$  пять верхняго свода ( $x$  можетъ, очевидно, измѣняться въ предѣлахъ отъ  $x = 0$  до  $x = b = mr \cos \alpha$ ), площадь живаго сѣченія:

$$F_x = F_1 - 2 \text{ площ. } OABD$$

Площ.  $OABD =$  площ. сектора  $SABS$  +  
 площ.  $\triangle SBM'$  — площ. прямоуг.  $SODM'$

$$\begin{aligned} \text{Площ. сектора } SABS &= \frac{r_1^2}{2} \text{arc} \left( \text{Sin} = \right. \\ &= \left. \frac{x}{r_1} \right) = \frac{r^2}{2} m^2 \text{arc} \left( \text{Sin} = \frac{x}{mr} \right) \end{aligned}$$



Чер. 21.

$$\text{Площ. } \triangle SBM' = \frac{1}{2} M'S \cdot M'B = \frac{1}{2} x \sqrt{r_1^2 - x^2} = \frac{x}{2} mr \sqrt{1 - \left(\frac{x}{mr}\right)^2}$$

$$\text{Площ. прямоуг. } SODM' = M'S \cdot M'D = x(r_1 - r) = rx(m - 1)$$

Отсюда слѣдуетъ:

$$\begin{aligned} \text{Площ. } OABD &= \frac{r^2}{2} m^2 \text{arc} \left( \text{Sin} = \frac{x}{mr} \right) + \frac{rx}{2} \left[ m \sqrt{1 - \left(\frac{x}{mr}\right)^2} - 2(m - 1) \right] \\ \text{и:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_x &= F_1 - 2 \text{ площ. } OABD = \\ &= r^2 \left[ k - m^2 \text{arc} \left( \text{Sin} = \frac{x}{mr} \right) \right] + rx \left[ 2(m - 1) - m \sqrt{1 - \left(\frac{x}{mr}\right)^2} \right] \quad \dots (14) \end{aligned}$$

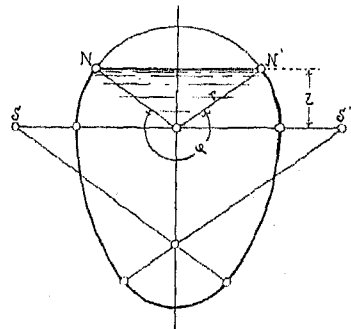
Соотвѣтственный смачиваемый периметръ:

$$p_x = p_1 - 2r_1 \text{arc} \left( \text{Sin} = \frac{x}{r_1} \right) = r \left[ k_1 - 2m \cdot \text{arc} \left( \text{Sin} = \frac{x}{mr} \right) \right] \quad \dots (15)$$

Для произвольнаго горизонта, лежащаго выше линіи  $SS'$  пять верхняго свода на разстоянии  $z$  отъ этой послѣдней (чер. 22) ( $z$  можетъ измѣняться отъ  $z = 0$  до  $z = r$ ) имѣемъ, обозначая центральный уголь наполненія черезъ  $\varphi$ :

Площадь живаго сѣченія

$$\begin{aligned} F_z &= F_1 + \frac{r^2}{2} (\varphi - \pi - \text{Sin} \varphi) = \\ &= \frac{r^2}{2} (2k + \varphi - \pi - \text{Sin} \varphi) \quad \dots (16) \end{aligned}$$



Чер. 22.

и соответственный смачиваемый периметръ

$$p_z = p_1 + r(\varphi - \pi) = r(k_1 + \varphi - \pi). \quad (17)$$

Всѣ выведенныя уравненія (6—17) годны для всѣхъ возможныхъ значений  $r$ ,  $m$  и  $n$  (или:  $\alpha$ ,  $a$  и  $b$ ).

Подставляя уравненія (12 и 13) въ основныя формулы (стр. 94), имѣемъ при наполненіи до пять верхняго свода:

$$v = c\sqrt{RJ} = c\sqrt{\frac{F_1}{p_1} J} = c\sqrt{\frac{rk}{k_1} J} \quad (18)$$

$$Q = c\sqrt{\frac{F_1^3}{p_1} J} = c\sqrt{\frac{r^3 k^3}{k_1} J} \quad (19)$$

Подставляя уравненія (16 и 17) въ тѣ же основныя формулы, имѣемъ при наполненіи выше пять верхняго свода:

$$v = c\sqrt{RJ} = c\sqrt{\frac{F_z^3}{p_z}} = c\sqrt{\frac{r(2k + \varphi - \pi - \text{Sin}\varphi) \cdot J}{2(k_1 + \varphi - \pi)}} \quad (20)$$

$$Q = c\sqrt{\frac{F_z^3}{p_z}} = c\sqrt{\frac{r^3(2k + \varphi - \pi - \text{Sin}\varphi)^3 \cdot J}{8(k_1 + \varphi - \pi)}} \quad (21)$$

Изъ уравненія 20 и 21, взявъ ихъ первыя производныя по  $\varphi$  и приравнявъ нулю, можно вывести тѣ значенія  $\varphi$ , которыя даютъ наполненія соответствующія  $\max v$  и  $\max Q$  \*).

По уравненію 20, изъ условія  $\frac{dv}{d\varphi} = 0$ , имѣемъ, что при  $\max v$  должно существовать равенство:

$$\text{Sin}\varphi - (k_1 + \varphi - \pi)\text{Cos}\varphi - 2k + k_1 = 0 \quad (22)$$

По уравненію 21, изъ условія  $\frac{dQ}{d\varphi} = 0$ , имѣемъ, что при  $\max Q$  должно существовать равенство:

$$\text{Sin}\varphi - 3(k_1 + \varphi - \pi)\text{Cos}\varphi + 3k_1 - 2k + 2(\varphi - \pi) = 0 \quad (23)$$

**Обыкновенное овоидальное сѣченіе.** Подъ обыкновеннымъ, или нормальнымъ овоидальномъ сѣченіемъ подразумѣвается изображенное на чер. 23. Въ немъ радіусъ верхняго свода =  $r$ , радіусъ щековыхъ частей =  $r_1 = 3r$  и радіусъ основанія =  $r_2 \frac{1}{2} = r$ .

\*) Вторая произвольная  $< 0$ , слѣдовательно значенія соответствуютъ максимуму, а не минимуму.

Такимъ образомъ:

$$r_1 = nr = 3r; \quad m = 3$$

$$r_2 = nr = 0,5r; \quad n = 0,5.$$

По уравненію (6):

$$\sin \alpha = \frac{m-1}{m-n} = \frac{3-1}{3-0,5} = 0,8.$$

По уравненію (7):

$$\alpha = \arcsin(\sin = 0,8) = 0,927296 \\ [ = 53^{\circ}7'48,5'' ]$$

$$\cos \alpha = \cos 53^{\circ}7'48,5'' = 0,6$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha = 2 \cdot 0,8 \cdot 0,6 = 0,96.$$

По уравненію (8):

$$a = r[n + (m-n) \cos \alpha] = r(0,5 + 2,5 \cdot 0,6) = 2r.$$

Полная высота сѣченія:

$$h = r + a = r + 2r = 3r.$$

Ширина всего сѣченія =  $2r$ .

Подставляя эти значенія въ уравненія (12 и 13), имѣемъ при наполненіи обыкновеннаго овоидальнаго сѣченія до пяти верхняго свода: площадь живаго сѣченія:

$$F_1 = r^2 \left[ \frac{9 \cdot 3,141593}{2} - 8,75 (0,927296 - 0,48) - 6 : 2 \cdot 0,6 \right] = 3,023328 r^2$$

и смачиваемый периметръ:

$$p_1 = 2r [0,5 \cdot 0,927296 + 3 (1,570796 - 0,927296)] = 4,788296 r$$

Подставляя тѣ же значенія въ уравненія (14 и 15), имѣемъ при наполненіи обыкновеннаго овоидальнаго сѣченія на произвольную глубину  $x$  ( $\leq nr \cos \alpha = 1,8r$ ) ниже линіи пяти верхняго свода: площадь живаго сѣченія:

$$F_x = r^2 \left[ 3,023328 - 9 \cdot \arcsin \left( \sin = \frac{x}{3r} \right) \right] = rx \left[ 4 - 3\sqrt{1 - \left( \frac{x}{3r} \right)^2} \right]$$

и смачиваемый периметр:

$$p_x = r \left[ 4,788296 - 6 \cdot \text{arc} \left( \text{Sin} = \frac{x}{3r} \right) \right]$$

Наибольшая быстрота течения  $v$  получается из уравнения (22), при условии:

$$\text{Sin } \varphi - (1,64671 + \varphi) \text{Cos } \varphi - 1,25836 = 0,$$

откуда:

$$\varphi = 4,337 = 248\frac{1}{2}''.$$

Наибольший расход  $Q$  получается из уравнения (23), при условии:

$$\text{Sin } \varphi - 3(1,64671 + \varphi) \text{Cos } \varphi + 8,31823 + 2(\varphi - 3,14159) = 0,$$

откуда:

$$\varphi = 5,194 = 297\frac{1}{2}''.$$

Подставляя различные значения центрального угла  $\varphi$  в уравнения (16 и 17), а затѣмъ вѣ основныя (I и II стр. 94), получаемъ для наиболѣе характерныхъ степеней наполненія обыкновеннаго овоидальнаго сѣченія, радиусъ верхняго свода котораго  $= r$ , слѣдующую таблицу:

**Т А Б Л И Ц А № 14.**

**Для расчета обыкновеннаго овоидальнаго сѣченія.**

При: $\varphi =$	180°	248 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ° (max. v).	297 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ° (max. Q).	360°
глубинѣ наполненія = (отъ подошвы).	0,667 h	0,854 h	0,952 h	h
Орошаемый периметръ $p =$	4,78830 r	5,98386 r	6,84052 r	7,92989 r
Площадь живаго сѣченія $F =$	3,02333 r <sup>2</sup>	4,08632 r <sup>2</sup>	4,49260 r <sup>2</sup>	4,59413 r <sup>2</sup>
Средняя гидравлическая глубина $R = \frac{F}{p} =$	0,6314 r	0,6829 r	0,6568 r	0,5793 r
Скорость течения $v =$	0,795 c $\sqrt{rJ}$	0,826 c $\sqrt{rJ}$	0,810 c $\sqrt{rJ}$	0,761 c $\sqrt{rJ}$
Секундный расходъ $Q =$	2,400 c $\sqrt{r^3 J}$	3,377 c $\sqrt{r^3 J}$	3,641 c $\sqrt{r^3 J}$	3,496 c $\sqrt{r^3 J}$

**Численный примѣръ 13.** Коллекторъ обыкновеннаго овоидальнаго сѣченія, сдѣланный изъ кирпича на цементѣ, высотой  $h = 5'$ , уложенъ въ землѣ съ уклономъ въ  $1 : 2000$ ; требуется опредѣлить наибольшее количество воды, которое можетъ отводить этотъ коллекторъ, а также и соответствующую скорость теченія.

Высота коллектора  $h = 3 \text{ г} = 5'$ , откуда  $г = 1,667' = 20''$

По формулѣ таблицы № 14 наибольшій секундный расходъ коллектора обыкновеннаго овоидальнаго сѣченія

$$Q = 3,641 \text{ с } \sqrt{г^3 J}.$$

Кромѣ того изъ той же таблицы имѣемъ:

$$R = 0,658 \text{ г} = 0,6568 \cdot 1,667 = 1,09'$$

этому  $R$  по таблицѣ № 8 (стр. 92), при коэффициентѣ шероховатости  $n = 0,013$  (кирпичи, кладка съ тщательно расшитыми швами), соответствуетъ

$$c = 119.$$

Изъ таблицы № 11 (стр. 113) видно, что при  $г = 1,667' (= 20'')$ :

$$\sqrt{г^5} = 3,586.$$

Такимъ образомъ имѣемъ:

$$Q = \frac{3,641 \cdot 119 \cdot 3,586}{\sqrt{2000}} = 34,74 \text{ куб. фута.}$$

Изъ таблицы № 14 видно, что соответственная скорость

$$v = 0,81 \text{ с } \sqrt{г J} = \frac{0,81 \cdot 119 \sqrt{1,667}}{\sqrt{2000}} = 2,78'$$

При расчетѣ городской канализаціи въ большинствѣ случаевъ приходится опредѣлять размѣры овоидальныхъ коллекторовъ точно также, какъ и круглыхъ, по даннымъ: расходу  $Q$  и уклону  $J$ . Такъ какъ непосредственное опредѣленіе размѣровъ каждаго коллектора требуетъ при этомъ довольно длинныхъ арифметическихъ дѣйствій (какъ и при кругломъ сѣченіи, см. числен. примѣръ 6, стр. 111), получившіяся же сѣченія обыкновенно округляютъ до ближайшихъ большихъ, принятыхъ за нормы, то ниже приведена таблица № 15, въ которой для обыкновенныхъ овоидальныхъ сѣченій высотой отъ 2' до 7' вычислены по формуламъ таблицы № 14 величины  $\frac{Q}{\sqrt{J}}$ , причѣмъ за коэффициентъ шероховатости, при опредѣленіи величины  $c$  по Гангалье и Куттеру, принято  $n = 0,013$  (сѣвики изъ кирпича съ тщательно расшитыми швами и изъ бетона). Эта таблица можетъ значительно облегчить расчеты канализаціонной сѣтки. Способъ пользованія ею одинаковъ съ аналогичной таблицей № 12 (стр. 116) для круглаго сѣченія.

**ТАБЛИЦА № 15.**

Для расчета обыкновенного овоидального сечения при различных степенях наполнения по данным:  $Q$  и  $J$  (коэффициент с определенъ по сокращ. формулѣ Гангилье и Куттера въ предположеніи, что  $n = 0,013$ ).

Высота и сѣч.- нн.	Наполненіе до пяти верхняго свода ( $\varphi = 180^\circ$ ).			Наполненіе, соотв. маж. $v$ ( $\varphi = 248\frac{1}{2}^\circ$ ).			Наполненіе, соотв. маж. $Q$ ( $\varphi = 297\frac{1}{2}^\circ$ ).			Полное сѣченіе ( $\varphi = 360^\circ$ ).				Высота и сѣч.- нн.
	R футы.	C	$\frac{Q}{\sqrt{J}}$	R футы.	C	$\frac{Q}{\sqrt{J}}$	R футы.	C	$\frac{Q}{\sqrt{J}}$	F кв. футы.	R футы.	C	$\frac{Q}{\sqrt{J}}$	
2'	0,42	99	86,1	0,46	101	123,7	0,44	100	132,0	2,04	0,39	98	124,2	2'
2' 2"	0,46	101	107,3	0,49	103	154,1	0,47	101	162,9	2,40	0,42	99	153,3	2' 2"
2' 4"	0,49	103	131,7	0,53	104	187,3	0,51	103	199,9	2,78	0,45	100	186,4	2' 4"
2' 6"	0,53	104	158,1	0,57	105	224,6	0,55	105	230,7	3,19	0,48	102	225,9	2' 6"
2' 8"	0,56	105	187,5	0,61	107	268,9	0,58	106	287,3	3,63	0,51	103	268,0	2' 8"
2' 10"	0,60	107	222,3	0,64	108	315,9	0,62	107	337,5	4,10	0,55	105	318,0	2' 10"
3'	0,63	108	259,0	0,68	109	367,8	0,66	109	396,6	4,59	0,58	106	370,4	3'
3' 2"	0,67	109	299,1	0,72	110	424,8	0,69	110	457,9	5,12	0,61	107	427,8	3' 2"
3' 4"	0,70	110	343,3	0,76	112	491,9	0,73	111	525,6	5,67	0,64	108	491,0	3' 4"
3' 6"	0,74	111	391,3	0,80	113	560,7	0,77	112	599,1	6,25	0,68	109	559,8	3' 6"
3' 8"	0,77	112	443,3	0,83	114	635,2	0,80	113	679,0	6,86	0,71	110	634,4	3' 8"
3' 10"	0,81	113	500,0	0,87	115	716,4	0,84	114	765,6	7,50	0,74	111	715,6	3' 10"
4'	0,84	114	561,1	0,91	115	796,7	0,88	115	858,9	8,17	0,77	112	803,2	4'
4' 4"	0,91	115	692,1	0,99	117	991,1	0,95	116	1059	9,59	0,84	114	999,7	4' 4"
4' 8"	0,98	117	846,7	1,06	118	1202	1,02	117	1285	11,12	0,90	115	1213	4' 8"
5'	1,05	118	1015	1,14	120	1452	1,10	119	1553	12,76	0,97	117	1466	5'
5' 4"	1,12	120	1212	1,21	121	1721	1,17	121	1855	14,52	1,03	118	1737	5' 4"
5' 8"	1,19	121	1423	1,29	123	2036	1,24	122	2177	16,39	1,09	119	2039	5' 8"
6'	1,26	122	1655	1,37	124	2367	1,31	123	2531	18,38	1,16	120	2371	6'
6' 4"	1,33	123	1910	1,44	125	2732	1,39	124	2921	20,48	1,22	121	2737	6' 4"
6' 8"	1,40	124	2189	1,52	126	3131	1,46	125	3348	22,69	1,29	123	3164	6' 8"
7'	1,47	125	2492	1,59	127	3564	1,53	126	3813	25,01	1,35	124	3602	7'



**Численный примеръ 14.** Въ городской канализационной сѣтѣ имѣется кирпичный коллекторъ обыкновеннаго овоидальнаго сѣченія, секундный расходъ котораго = 18,04 куб. фута и уклонъ = 1 : 1600; требуется опредѣлить его размѣры при наполненіи не выше пяти верхняго свода, причемъ извѣстно, что въ сѣтѣ городскихъ коллекторовъ принятыя за норму овоидальныя сѣченія по высотѣ равны: 3', 3'4", 3'8", 4', 4'4", 4'8" и т. д. черезъ каждыя 4".

Въ данномъ случаѣ:

$$\frac{Q}{\sqrt{J}} = 18,04 \sqrt{1600} = 721,6$$

Отыскиваемъ въ 4-ой графѣ таблицы № 15 ближайшее большее значеніе (= 846,7), и видимъ, что противъ него стоитъ  $h = 4'8''$ , значитъ искомыя размѣры:

- высота коллектора  $h = 4'8''$
- ширина           »           =  $\frac{2}{3} h = 3'3 \frac{1}{3}''$
- радіусъ верхняго свода  $r = \frac{h}{3} = 1'6 \frac{2}{3}''$
- радіусъ щелевыхъ частей =  $3 r = h = 4'8''$
- радіусъ основанія =  $0,5 r = 9 \frac{1}{3}''$

Подобно тому, какъ выше на стр. 123 были построены кривыя, показывающія измѣненія величинъ  $F$ ,  $v$  и  $Q$  для круглаго сѣченія, такъ точно ниже помещена аналогичная таблица № 16 для обыкновеннаго овоидальнаго сѣченія. Въ пей также на оси ординатъ нанесены высоты наполненія, причемъ вся высота сѣченія  $h$  принята = 1, по оси же абсциссъ могутъ быть прочитаны соответственныя величины площади живаго сѣченія  $F$ , скорости  $v$  и расхода  $Q$ , которыя для  $h = 1$  приняты также равными 1. При опредѣленіи величинъ  $c$  (для построенія кривыхъ  $v$  и  $Q$ ) былъ принятъ по Гангиалье и Куттеру коэффициентъ шероховатости  $n = 0,013$ .

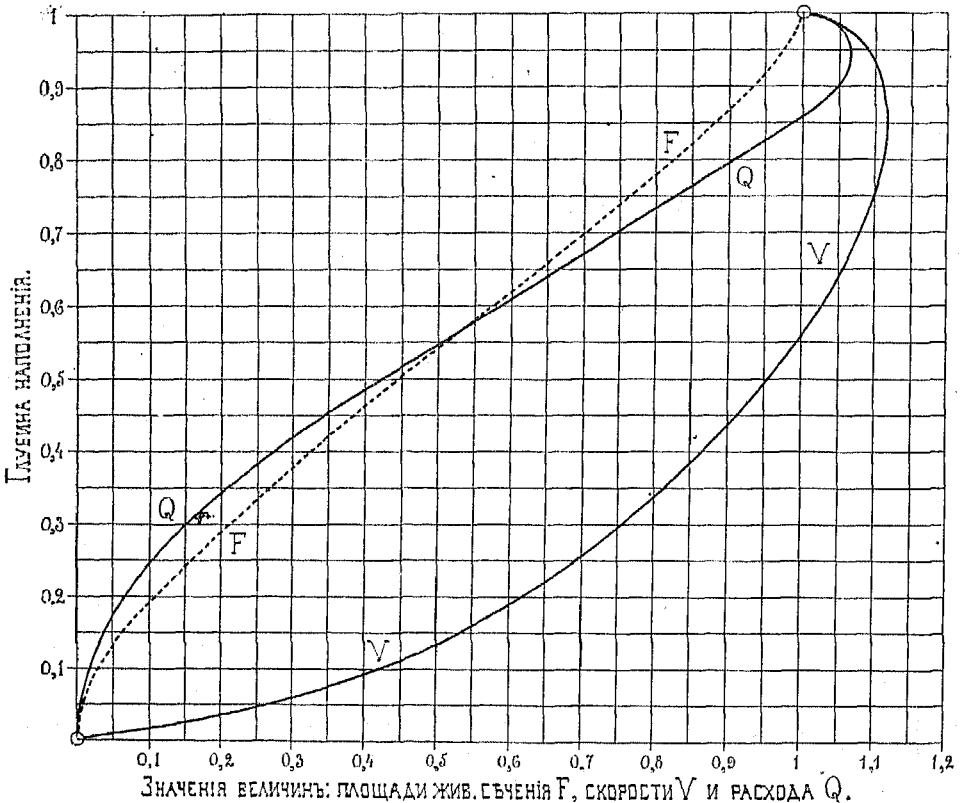
Разсматривая кривыя  $F$ ,  $v$  и  $Q$  таблицы № 16 (чер. 24) можно видѣть, что въ обыкновенномъ овоидальномъ сѣченіи высота котораго =  $h$ :

- а) Наибольшая скорость теченія получается при глубинѣ протока . . . . . = 0,85  $h$
- б) Наибольшій расходъ воды получается при глубинѣ протока . . . . . = 0,95  $h$
- в) Одинаковая скорость теченія получается при полномъ сѣченіи и при глубинѣ протока . . . . . = 0,56  $h$

- d) Одинаковый расход воды получается при полномъ сѣченіи и при глубинѣ протока . . . . . = 0,86 h
- e) Отношеніе скорости теченія при полномъ сѣченіи къ наибольшей скорости . . . . . = 1:1,12
- f) Отношеніе расхода воды при полномъ сѣченіи къ наибольшему расходу . . . . . = 1:1,07

ТАБЛИЦА № 16.

Графическое изображеніе зависимости между глубиной наполненія, площ. жив. сѣченія  $F$ , скоростью  $v$  и расходомъ  $Q$  въ обыкновенномъ ОВОИДАЛЬНОМЪ СѢЧЕНІИ.



Чер. 24.

Численный примѣръ 15. По бетонному коллектору обыкновеннаго овоидальнаго сѣченія высотой 4'8", уложенному съ уклономъ въ 1:1600, протекаетъ 3,26 куб. фута воды въ 1 секунду; требуется опредѣлить глубину протока  $h$  и скорость теченія  $v$ . Изъ таблицы № 15 (стр. 134) видно, что, еслибы коллекторъ высотой 4'8" былъ наполненъ водою сплошь во все сѣченіе, то расходъ:

$$Q_0 = 1213 \sqrt{J}$$

при данномъ же  $J = 1 : 1600$ :

$$Q_0 = \frac{1213}{\sqrt{1600}} = 30,33 \text{ куб. фута}$$

и соответственная скорость теченія:

$$v_0 = \frac{Q_0}{F_0} = \frac{30,33}{11,12} = 2,73 \text{ фута.}$$

( $F_0$  взято также изъ таблицы № 15).

Расходъ воды  $Q_0$  (при полномъ сѣченіи) обозначенъ на чер. 24 равнымъ 1, следовательно, если  $Q_0 = 30,33$  куб. ф. принять  $= 1$ , то данный расходъ  $Q = 3,26$  куб. ф. выразится въ видѣ  $\frac{3,26}{30,33} = 0,107$ . Отыскиваемъ на оси абсциссъ (чер. 24) значенія  $Q = 0,107$ , проводимъ черезъ эту точку вертикаль до встрѣчи съ кривою  $Q$ , и отъ этой послѣдней ведемъ горизонталь до пересѣченія съ осью ординатъ, на которой считаемъ:

$$h = 0,25 \quad (\text{при высотѣ сѣченія} = 1).$$

Такъ какъ данная высота сѣченія  $= 4'8'' = 56''$ , то искомая глубина протока

$$h = 0,25 \cdot 56'' = 14'' = 1'2''$$

Та же самая горизонталь, проходящая черезъ  $h = 0,25$ , будучи продолжена до встрѣчи съ кривою  $v$ , дастъ (отсчетъ по оси абсциссъ):

$$v = 0,69$$

долей скорости  $v_0$  при полномъ сѣченіи, а такъ какъ въ данномъ случаѣ  $v_0 = 2,73$  фута, то искомая скорость

$$v = 0,69 \cdot 2,73' = 1,88'$$

**Численный примѣръ 16.** Въ указанномъ въ предыдущемъ примѣрѣ коллекторѣ требуется опредѣлять количество протекающей воды при скорости теченія  $v = 2'$ .

При полномъ сѣченіи скорость теченія по предыдущему:

$$v_0 = 2,73'$$

Эта скорость обозначена въ таблицѣ № 16 (чер. 24) равной 1; тогда  $v = 2'$  мы должны обозначить въ видѣ  $\frac{2}{2,73} = 0,73$ . Отыскиваемъ на оси абсциссъ  $v = 0,73$ , проводимъ вертикаль до встрѣчи съ кривою  $v$ , отъ этой послѣдней ведемъ горизонталь до встрѣчи съ кривою  $Q$ , отъ которой ведемъ снова вертикаль до пересѣченія

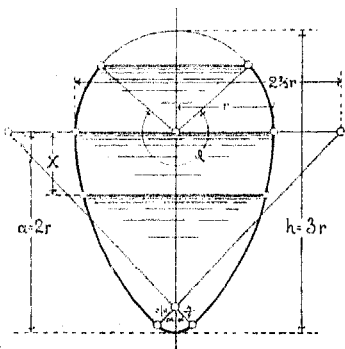
съ осью абсциссъ. Последняя точка встрѣчи отсѣкаетъ на оси абсциссъ величину  $Q = 0,14$  долей единицы, а такъ какъ единицей обозначенъ расходъ  $Q_0$  при полномъ сѣченіи, который по предыдущему примѣру

$$Q_0 = 30,33 \text{ куб. фута,}$$

то искомый расходъ

$$Q = 0,14 \cdot 30,33 = 4,25 \text{ куб. фута.}$$

**Овоидальное сѣченіе Филлипса.** Этимъ названіемъ англійскими инженерами \*) принято обозначать сѣченіе, изображенное на чер. 25 (впервые предложенное въ 1873 году). Въ немъ: радіусъ верхняго свода  $= r$ , радіусъ цѣковыхъ частей  $= r_1 = 2 \frac{2}{3} r = \frac{8}{3} r$  и радіусъ подошвы  $= r_2 = \frac{r}{4}$ . Сѣченіе это въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ имѣть преимущества передъ обыкновеннымъ овоидальнымъ, а именно, когда расходъ воды, колеблясь между большими предѣлами, спадаетъ до весьма незначительной величины. Въ этомъ последнемъ случаѣ, благодаря узкой формѣ низа сѣченія, образуется протокъ большей скорости, чѣмъ въ обыкновенномъ овоидальномъ сѣченіи.



Чер. 25.

Итакъ:

$$r_1 = nr = 2,6667 r ; n = 2,6667.$$

$$r_2 = nr = 0,25 r ; n = 0,25.$$

По уравненію (6):

$$\sin \alpha = \frac{m-1}{m-n} = \frac{2,6667-1}{2,6667-0,25} = 0,68966$$

По уравненію (7):

$$\alpha = \arcsin (0,68966) = 0,76102 [ = 43^\circ 36' 12'' ]$$

$$\cos \alpha = \cos 43^\circ 36' 12'' = 0,72411$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha = 0,99878$$

\*) B. Latham, Sanitary Engineering.

По уравненію (8):

$$a = r [n + (m-n) \cos \alpha] = r [0,25 + 2,4167 \cdot 0,72411] = 2r$$

Полная высота сѣченія:

$$h = r + a = r + 2r = 3r$$

Ширина всего сѣченія =  $2r$ .

Подставляя вычисленные значенія въ уравненія (12 и 13), имѣемъ при наполненіи овоидальнаго сѣченія Филлипса до пятъ верхняго свода: площадь живаго сѣченія:

$$F_1 = r^2 \left[ \frac{7,11111 \cdot 3,14159}{2} - 7,03472 (0,76102 - 0,49939) - 5,33333 \cdot 1,6667 \cdot 0,72411 \right] = 2,893082 r^2$$

и смачиваемый периметръ:

$$p_1 = 2r [0,25 \cdot 0,76102 + 2,6667 (1,570796 - 0,76102)] = 4,699321 r$$

Подставляя тѣ же значенія въ уравненія (14 и 15), имѣемъ при наполненіи овоидальнаго сѣченія Филлипса на произвольную глубину  $x$  ( $\leq mr \cos \alpha = 1,93r$ ) ниже линіи пятъ верхняго свода: площадь живаго сѣченія:

$$F_x = \left[ 2,893082 - 7,11111 \cdot \arcsin \left( \sin \frac{x}{2,6667r} \right) \right] + r x \left[ 3,33333 - 2,6667 \sqrt{1 - \left( \frac{x}{2,6667r} \right)^2} \right]$$

и смачиваемый периметръ:

$$p_x = r \left[ 4,699321 - 5,33333 \arcsin \left( \sin \frac{x}{2,6667r} \right) \right]$$

Наибольшая быстрота теченія  $v$  получается изъ уравненія (22), при условіи:

$$\sin \varphi - (1,557728 + \varphi) \cos \varphi - 1,086843 = 0$$

откуда:

$$\varphi = 4,363 = 250^\circ$$

Наибольшій расходъ  $Q$  получается изъ уравненія (23), при условіи:

$$\sin \varphi - 3 (1,557728 + \varphi) \cos \varphi + 8,311799 + 2 (\varphi - 3,141593) = 0$$

откуда:

$$\varphi = 5,323 = 305^{\circ}$$

Подставляя различные значения центрального угла  $\varphi$  въ уравненія (16 и 17), а затѣмъ въ основныя (I и II, стр. 94), получаемъ для наиболѣе характерныхъ степеней наполненія овоидальнаго сѣченія Филлипса, радіусъ верхняго свода котораго =  $r$ , слѣдующую таблицу:

**ТАБЛИЦА № 17.**

**Для расчета овоидальнаго сѣченія Филлипса.**

При: $\varphi =$	180°	250° (max. $v$ ).	305° (max. $Q$ ).	360°
Глубинѣ наполненія = (отъ подошвы).	0,667 h	0,858 h	0,962 h	h
Орошаемый периметръ $p =$	4,69932 r	5,92073 r	6,88073 r	7,84091 r
Площадь живаго сѣченія $F =$	2,89308 r <sup>2</sup>	3,97364 r <sup>2</sup>	4,39339 r <sup>2</sup>	4,46388 r <sup>2</sup>
Средняя гидравлическая глубина $R = \frac{F}{p} =$	0,6156 r	0,6711 r	0,6385 r	0,5693 r
Скорость теченія $v =$	0,785 c $\sqrt{rJ}$	0,819 c $\sqrt{rJ}$	0,799 c $\sqrt{rJ}$	0,755 c $\sqrt{rJ}$
Секундный расходъ $Q =$	2,270 c $\sqrt{r^3J}$	3,255 c $\sqrt{r^3J}$	3,511 c $\sqrt{r^3J}$	3,368 c $\sqrt{r^3J}$

**Численный примѣръ 17.** Для отведенія 16 куб. футъ воды въ 1 секунду требуется устроить кирпичную сточную галерею овоидальнаго сѣченія Филлипса, причѣмъ при высотѣ наполненія до пятъ верхняго свода, скорость теченія должно быть = 2,5 футахъ; опредѣлять размѣры галереи и ея уклонъ.

Изъ основной формулы (II стр. 94) извѣстно, что площадь живаго сѣченія

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{16}{2,5} = 6,4 \text{ кв. фута.}$$

Съ другой стороны, изъ таблицы № 17 видно, что при наполненіи до пятъ верхняго свода въ сѣченіи Филлипса.

$$F = 2,89308 r^2$$

следовательно:

$$6,4 = 2,89308 r^2$$

откуда:

$$r = \sqrt{\frac{6,4}{2,89308}} = 1,487' = 1'5,8''$$

окончательно принимаем  $r = 1'5\frac{3}{4}'' = 1,48''$

Из формулы таблицы № 17 видно, что этому  $r$  соответствует средняя гидравлическая глубина

$$R = 0,6156 \cdot r = 0,6156 \cdot 1,48 = 0,91'$$

чему в свою очередь по таблиць № 8 (стр. 92) соответствует для  $\bar{n} = 0,013$  (кирпичные стѣнки съ тщательно расшитыми швами).

$$c = 115$$

Подставляя вычисленные значенія в формулу таблицы № 17:

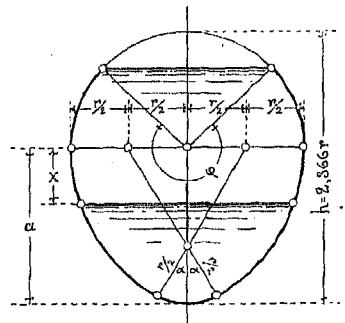
$$v = 0,785 c \sqrt{rJ}$$

имѣемъ:

$$\frac{v^2}{0,785^2 \cdot c^2 \cdot r} = \frac{2,5^2}{0,785^2 \cdot 115^2 \cdot 1,48} = \frac{1}{4825}$$

**Уширенное овоидальное сѣченіе.** Подъ этимъ названіемъ подразумѣвается такое овоидальное сѣченіе, которое, имѣя радіусъ подошвы  $\geq \frac{r}{2}$  (гдѣ  $r$  — радіусъ верхняго свода) по своей высотѣ ниже обыкновеннаго овоидальнаго, следовательно по своей формѣ подходит ближе къ кругу.

Въ разсматриваемой формѣ (чер. 26) радіусъ верхняго свода =  $r$ , радіусъ щечковыхъ частей =  $r_1 = 1\frac{1}{2} r$  и радіусъ подошвы =  $r_2 = \frac{r}{2}$ . Эта форма сѣченія уместна въ тѣхъ случаяхъ, когда расходъ воды измѣняется не въ слишкомъ большихъ предѣлахъ, напиримѣръ въ конечныхъ вѣтвяхъ городской канализаціонной сѣти.



Чер. 26.

Благодаря меньшей высотѣ (сравнительно съ обыкновеннымъ овои-

дальнымъ) сѣченіе это требуетъ меньшую глубину заложения подошвы, что весьма удобно при значительныхъ размѣрахъ коллектора.

Такимъ образомъ:

$$r_1 = nr = 1,5 \text{ r}; \quad n = 1,5$$

$$r_2 = nr = 0,5 \text{ r}; \quad n = 0,5.$$

По уравненію (6):

$$\sin \alpha = \frac{m-1}{m-n} = \frac{1,5-1}{1,5-0,5} = 0,5$$

$$\alpha = \arcsin(\sin = 0,5) = \frac{\pi}{6} = 0,523599 \quad [ = 30^\circ ]$$

$$\cos \alpha = \cos 30^\circ = 0,866025$$

$$\sin 2\alpha = \sin 60^\circ = \cos 30^\circ = 0,866825$$

По уравненію (8):

$$a = r [n + (m - n) \cos \alpha] = r (0,5 + 0,866025) = 1,366025 \text{ r}$$

Полная высота сѣченія:

$$h = r + a = 2,366025 \text{ r}.$$

Ширина сѣченія = 2 r.

Подставляя вычисленные значенія въ уравненія (12 и 13), имѣемъ при наполненіи ушпренного овоидальнаго сѣченія до пять верхняго свода:

площадь живаго сѣченія:

$$F_1 = r^2 \left[ \frac{2,25 \cdot 3,141593}{2} - 2 (0,523599 - 0,433013) - 1,5 \cdot 0,866025 \right] = 2,054083 \text{ r}^2$$

и смачиваемый периметръ:

$$p_1 = 2 \text{ r} [0,5 \cdot 0,523599 + 1,5 (1,570796 - 0,523599)] = 3,665190 \text{ r}.$$

Подставляя тѣ же значенія въ уравненія (14 и 15), имѣемъ при наполненіи ушпренного овоидальнаго сѣченія на глубину x ( $\leq nr \cos \alpha = 1,299 \text{ r}$ ) ниже линіи пять верхняго свода:

площадь живаго сѣченія:

$$F_x = r^2 \left[ 2,054083 - 2,25 \cdot \arcsin \left( \sin = \frac{x}{1,5 \text{ r}} \right) \right] + \\ + r x \left[ 1 - 1,5 \sqrt{1 - \left( \frac{x}{1,5 \text{ r}} \right)^2} \right]$$



и смачиваемый периметр:

$$p_x = r \left[ 3,665190 - 3 \cdot \arccos \left( \sin = \frac{x}{1,5r} \right) \right].$$

Наибольшая быстрота течения  $v$  получается, из уравнения (22), при условии:

$$\sin \varphi - (0,52360 + \varphi) \cos \varphi - 0,44297 = 0$$

откуда:

$$\varphi = 4,474 = 256^{1/2} \text{°}$$

Наибольший расход  $Q$  получается из уравнения (23), при условии:

$$\sin \varphi = 3 (0,52360 + \varphi) \cos \varphi + 6,88740 + 2 (\varphi - 3,14159) = 0$$

откуда:

$$\varphi = 5,351 = 306^{1/2} \text{°}$$

Подставляя различные значения центрального угла  $\varphi$  в уравнения (16 и 17), а затем в основные (I и II, стр. 94), получаем для наиболее характерных степеней наполнения уширенного овоидального (чер. 26) сечения, радиус верхнего свода которого  $= r$ , следующую таблицу:

**ТАБЛИЦА № 18.**

**Для расчета уширенного овоидального сечения (черт. 26).**

При: $\varphi =$	180°	256 <sup>1/2</sup> ° (max. v).	306 <sup>1/2</sup> ° (max. Q).	360°.
глубинѣ наполненія $=$ (отъ подошвы).	0,577 h.	0,839 h.	0,954 h.	h.
Орошаемый периметръ $p =$	3,66519 r	4,99750 r	5,87449 r	6,80678 r
Площадь живаго сѣченія $F =$	2,05408 r <sup>2</sup>	3,20000 r <sup>2</sup>	3,56022 r <sup>2</sup>	3,62488 r <sup>2</sup>
Средняя гидравлическая глубина $R = \frac{F}{p} =$	0,5603 r	0,6403 r	0,6060 r	0,5325 r
Скорость течения $v =$	0,748 c $\sqrt{rJ}$	0,800 c $\sqrt{rJ}$	0,778 c $\sqrt{rJ}$	0,730 c $\sqrt{rJ}$
Секундный расходъ $Q =$	1,534 c $\sqrt{r^3 J}$	2,561 c $\sqrt{r^3 J}$	2,771 c $\sqrt{r^3 J}$	2,645 c $\sqrt{r^3 J}$

**Численный примѣръ 18.** Въ кирпичной трубѣ расширеннаго овоидальнаго сѣченія (чер. 26) протекаетъ 15 куб. футовъ воды въ секунду, при условіи наполненія соответствующаго наибольшему расходу ( $\varphi = 306^{1/2^0}$ ); уклонъ поверхности воды  $J = 1 : 3000$ ; требуется опредѣлить размѣры коллектора и скорость течения.

По формулѣ, помѣщенной въ таблицѣ № 18, имѣемъ:

$$Q = 2,771 c \sqrt{r^5 J}$$

Для данного случая  $Q = 15$  куб. футовъ и  $J = 1 : 3000$ , величина же  $c$ , зависящая отъ  $R$ , неизвѣстна. Для перваго приближенія примемъ  $c = 100$ ; тогда

$$15 = 2,771 \cdot 100 \sqrt{\frac{r^5}{3000}}$$

откуда:

$$r = \sqrt[5]{8,791} = 1,545'$$

Этому  $r$ , по таблицѣ № 18, соответствуетъ

$$R = 0,6060 r = 0,606 \cdot 1,545 = 0,936'$$

чему въ свою очередь соответствуетъ (при  $n = 0,013$ ) по таблицѣ № 8 (стр. 92).

$$c = 116.$$

Для втораго приближенія примемъ  $c$  нѣсколько меньше этой величины, а именно

$$c = 115$$

Тогда по формулѣ:

$$Q = 2,771 c \sqrt{r^5 J}$$

имѣемъ:

$$15 = 2,771 \cdot 115 \sqrt{\frac{r^5}{3000}}$$

откуда:

$$r = \sqrt[5]{6,647} = 1,529'$$

Этому  $r$  по таблицѣ № 18 соответствуетъ:

$$R = 0,606 \cdot 1,529 = 0,926'$$

чему по таблицѣ № 8 (стр. 92) соответствуетъ (для  $n = 0,013$ ):

$$c = 115,$$

т. е. принятое значеніе.

Округляя полученное для  $r$  значение, окончательно принимаемъ:  $r = 1,5' = 18''$ ; тогда:

ширина сѣченія  $= 2 r = 3'$

высота сѣченія  $= 2,366 r = 3,55' = 3' 6\frac{1}{2}''$

радіусъ щековыхъ частей  $= 1,5 r = 2,25' = 2' 3''$

радіусъ подошвы  $= 0,5 r = 0,75' = 9''$

Площадь живаго сѣченія (см. табл. № 18):

$$F = 3,56022 r^2 = 3,56022 \cdot 1,5^2 = 8,01 \text{ кв. фута}$$

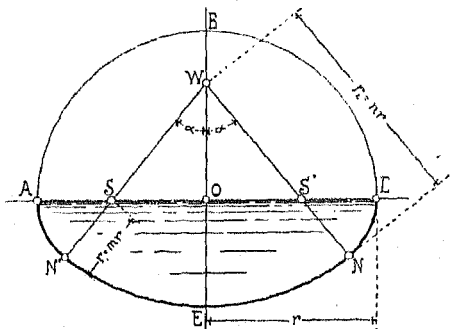
и скорость течения:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{15}{8,01} = 1,87'$$

Кромѣ описанныхъ, наиболее употребительныхъ типовъ, формы овоидальнаго сѣченія могутъ, очевидно, варьировать до бесконечности, отличаясь другъ отъ друга величиною отношенія  $m : n$ , причемъ, какъ это было указано выше, должно быть соблюдаемо условіе:  $m > 1 > n$ .

Въ одной и той-же канализационной сѣтѣ могутъ быть примѣняемы различныя типы овоидальныхъ сѣченій, хотя должно замѣтить, что слишкомъ большое ихъ разнообразіе неудобно въ исполненіи (разнообразіе лекалъ, кирпича, формъ и т. п.). Удачность выбора типовъ зависитъ главнымъ образомъ отъ мѣстныхъ условій (уклонъ, расположеніе сѣтѣ, глубина заложенія и т. п.), а также и отъ характера измѣненій расхода сточной воды. Чѣмъ большее количество воды протекаетъ по коллектору и чѣмъ оно постояннѣе, тѣмъ болѣе основаній для выбора низкихъ формъ овоидальныхъ сѣченій (сравни табл. 14, 17 и 18).

**Лотковое сѣченіе.** Лотковое сѣченіе (чер. 27) точно также, какъ и овоидальное, состоитъ изъ верхней полуциркулярной части  $ABC$ , описанной изъ центра  $O$  радіусомъ  $r$ ; боковыхъ симметричныхъ частей  $AN'$  и  $CN$  — дугъ круга радіуса  $r_1$ , описанныхъ изъ центровъ  $S$  и  $S'$ , которые лежатъ на горизонтальной линіи, проходящей черезъ центръ  $O$  (линіи пятъ верхняго свода), и изъ нижней дуги  $N'E$  круга, описаннаго радіусомъ  $r_2$  изъ центра  $W$ , лежащаго на вертикали, проходящей черезъ  $O$  (въ точкѣ пересѣче-



Чер. 27.

нія радіусовъ боковыхъ частей). Такъ какъ центры всѣхъ дугъ лежатъ попарно на однихъ и тѣхъ же прямыхъ, то самый очеркъ сѣченія представляетъ плавную сомкнутую кривую. Разница между овоидальнымъ и лотковымъ сѣченіями заключается въ томъ, что въ первомъ  $r_1 > r > r_2$ , тогда какъ въ послѣднемъ  $r_1 < r < r_2$ , вслѣдствіе чего центръ  $W$  всегда лежитъ выше  $O$ , а центры  $S$  и  $S'$  находятся внутри кривой. Въ виду полной аналогіи овоидальнаго и лотковаго сѣченій для вывода численныхъ формулъ можно пользоваться всѣми формулами (6 до 23) овоидальнаго сѣченія и лишь положить въ нихъ, при  $r_1 = nr$  и  $r_2 = nr$ , что  $m < 1$  и  $n > 1$ .

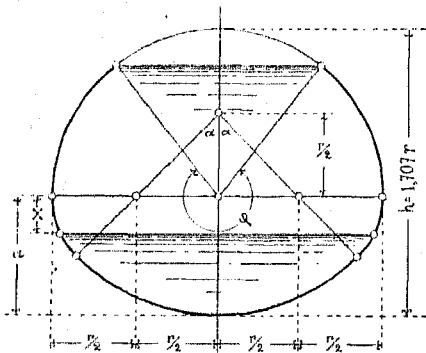
Формъ лотковаго сѣченія можетъ быть точно также, какъ и овоидальнаго, безчисленное множество. Чѣмъ болѣе  $m$  или  $n$  приближается къ единицѣ, тѣмъ болѣе лотковая форма сѣченія подходитъ къ круглой и при  $m = n = 1$  она переходитъ въ кругъ. При  $m = 0$  въ лотковой формѣ образуются двѣ точки перелома: въ  $A$  и  $B$ . При  $m = 0$  и  $n = \infty$  лотковая форма переходитъ въ полуциркульную съ подошвой въ видѣ прямой линіи ( $r_2 = nr = \infty$ ), совпадающей съ линіей пятъ верхняго свода.

Лотковая форма сѣченія употребляется въ тѣхъ случаяхъ, когда при незначительномъ повышеніи уровня воды требуется сплавлять большія массы воды, причемъ скорость теченія не играетъ большой роли, что въ канализаціонной техникѣ имѣетъ мѣсто главнымъ образомъ въ ливнесукахъ.

Ниже разсмотрѣны 2 наиболее простыя и употребительныя формы лотковыхъ сѣченій.

**Лотковое сѣченіе, изображенное на чер. 28, имѣетъ:**

радіусъ верхняго свода =  $r$ ;



Чер. 28.

$$r_1 = nr = 0,5 r; \quad m = 0,5$$

$$r_2 = nr = \frac{1 + \sqrt{2}}{2} r; \quad n = \frac{1 + \sqrt{2}}{2} = 1,20711.$$

По уравненію (6):

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{m - 1}{m - n} = \frac{-0,5}{0,5 - \frac{1 + \sqrt{2}}{2}} = \\ &= \sqrt{0,5} = 0,70711 \end{aligned}$$

$$\alpha = \arcsin(\sin = \sqrt{0,5}) = \frac{\pi}{4} = 0,78540 \left[ = 45^\circ \right]$$

$$\cos \alpha = \sin \alpha ; \sin 2 \alpha = 1.$$

По уравнению (8):

$$\begin{aligned} \alpha &= r \left[ 0,5 + \sqrt{0,5} + (0,5 - 0,5 - \sqrt{0,5}) \cdot \sqrt{0,5} \right] = \\ &= \sqrt{0,5} \cdot r = 0,70711 r. \end{aligned}$$

Полная высота сѣчения:

$$h = r + a = (1 + \sqrt{0,5}) r = 1,70711 r.$$

Ширина сѣчения = 2r.

Подставляя вычисленные значенія въ уравненія (12 и 13), имѣемъ при наполненіи лоткового сѣченія до пять верхняго свода:

площадь живого сѣченія:

$$\begin{aligned} F_1 &= r^2 \left[ \frac{0,25 \cdot 3,14159}{2} + 1,20711 (0,78540 - 0,5) + 0,5 \cdot 0,70711 \right] = \\ &= 1,09076 r^2 \end{aligned}$$

и смачиваемый периметръ:

$$\begin{aligned} p_1 &= 2r \left[ 0,78540 (0,5 + 0,70711) + 0,5 (1,57080 - 0,78540) \right] = \\ &= 2,68152 r. \end{aligned}$$

Подставляя тѣ же значенія въ уравненія (14 и 15), имѣемъ при наполненіи лоткового сѣченія на произвольную глубину  $x$  ( $\leq r \cos \alpha = 0,35356 r$ ) ниже линіи пять верхняго свода:

площадь живого сѣченія:

$$\begin{aligned} F_x &= r^2 \left[ 1,09076 - 0,25 \arcsin \left( \sin = \frac{x}{0,5r} \right) \right] + \\ &+ r x \left[ -1 - 0,5 \sqrt{1 - \left( \frac{x}{0,5r} \right)^2} \right] \end{aligned}$$

и смачиваемый периметръ:

$$p_x = r \left[ 2,68152 - \arcsin \left( \sin = \frac{x}{0,5r} \right) \right]$$

Наконецъ, для наполненія на произвольную глубину  $z$  ( $\leq r$ ) выше линіи пять верхняго свода, по уравненіямъ (16 и 17) имѣемъ:

площадь живого сѣчения:

$$F_z = r^2 \cdot \frac{1}{2} (\varphi - \sin \varphi - 0,96007)$$

и смачиваемый периметръ:

$$p_z = r (\varphi - 0,46007)$$

$$\text{причемъ } \varphi = 2 \arccos \left( \cos = -\frac{z}{r} \right).$$

*Наибольшая быстрота теченія*  $v$  получается изъ уравненія (22), при условіи:

$$\sin \varphi - (\varphi - 0,46007) \cos \varphi + 0,5 = 0,$$

откуда:  $\varphi = 4,593 = 263^\circ$

*Наибольшій расходъ*  $Q$  получается изъ уравненія (23), при условіи:  $\sin \varphi - 3 (\varphi - 0,46007) \cos \varphi + 5,86304 + 2 (\varphi - 3,14159) = 0,$

откуда:  $\varphi = 5,418 = 310\frac{1}{2}^\circ$

Подставляя различные значенія центрального угла  $\varphi$  въ уравненія (16 и 17) а затѣмъ въ основныя (I и II, стр. 94), получаемъ для наиболѣе характерныхъ степеней наполненія рассмотрѣнной формы (чер. 28) лоткового сѣченія, радіусъ верхняго свода котораго =  $r$ , слѣдующую таблицу:

### ТАБЛИЦА № 19

для расчета лоткового сѣченія (чер. 28).

При: $\varphi =$	180°	263° (max. $v$ ).	310 $\frac{1}{2}$ ° (max. $Q$ ).	360°
глубинѣ наполненія = (отъ подошвы)	0,414 h	0,802 h	0,946 h	h
Орошаемый периметръ $p =$	2,65152 r	4,13302 r	4,95774 r	5,82311 r
Площ. живаго сѣченія $F =$	1,09076 r <sup>2</sup>	2,31346 r <sup>2</sup>	2,60954 r <sup>2</sup>	2,66155 r <sup>2</sup>
Средняя гидравлическая глубина $= \frac{F}{p} = R =$	0,4068 r	0,5598 r	0,5263 r	0,4571 r
Скорость теченія $v =$	0,638 c $\sqrt{r J}$	0,748 c $\sqrt{r J}$	0,726 c $\sqrt{r J}$	0,676 c $\sqrt{r J}$
Секундный расходъ $Q =$	0,696 c $\sqrt{r^5 J}$	1,731 c $\sqrt{r^5 J}$	1,893 c $\sqrt{r^5 J}$	1,799 c $\sqrt{r^5 J}$

**Численный примѣръ 19.** Кирпичная галлерей лотковой формы сѣченія, указанной на черт. 28, при радиусѣ верхняго свода  $r = 18' = 1,5'$  должна отводить 25 куб. фут. воды въ 1 секунду; требуется опредѣлить потребный уклонъ  $J$  и скорость теченія

Размѣры данной галлерей слѣдующія:

$$\text{ширина всего сѣченія} = 2 r = 2.1,5 = 3'$$

$$\text{высота всего} \quad \gg \quad = 1,70711.1,5 = 2,56' = 1'8''$$

$$\text{радиусъ боковыхъ частей } r_1 = m. r = 0,5.1,5 = 0,75' = 8''$$

$$\gg \text{ подошвы} \quad r_2 = n. r = 1,20711.1,5 = 1,81' = 1'10''$$

Полагая, что сѣченіе наполнено до  $\varphi = 310^{\circ}/2^{\circ}$  (максимум  $Q$ ), изъ таблицы № 19 имѣемъ:

$$\text{площадь живаго сѣченія} = 2,60954.1,5^2 = 5,87 \text{ кв. фута.}$$

$$\text{средняя гидравлическая глубина } R = 0,5263.1,5 = 0,79'$$

Последней величинѣ по таблицѣ № 8 (стр. 92) соответствуетъ, при  $n = 0,013$ , коэффициентъ

$$c = 113.$$

Подставляя полученные значенія въ формулу таблицы № 19:

$$Q = 1,893 c \sqrt{r^5 J}$$

имѣемъ:

$$25 = 1,893.113.2,756 \sqrt{J}$$

откуда:

$$J = \frac{25^2}{(1,893.113.2,756)^2} = \frac{1}{557}$$

Скорость теченія:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{25}{5,87} = 4,26'$$

**Лотковое сѣченіе о двухъ центрахъ.** Въ двухъцентровомъ лотковомъ сѣченіи радиусъ боковыхъ (щелевыхъ) частей  $r_1 = 0$ , такъ что все сѣченіе очерчивается изъ двухъ центровъ.

Подобныя сѣченія болѣе удобны въ исполненіи, чѣмъ вышеописанныя ( $1 < r_1 > 0$ ), а потому и болѣе употребительны на практикѣ, хотя должно замѣтить, что вслѣдствіе переломовъ очерка сѣченія условія стока не такъ правильны.

Разматриваемая форма лоткового сѣченія о двухъ центрахъ (черт. 29) имѣеть радіусъ верхняго свода  $=r$ , радіусъ боковыхъ частей

$r_1 = nr = 0$ ;  $m = 0$  и радіусъ подпвы  $r_2 = nr = r\sqrt{2}$ ;  $n = \sqrt{2}$ .

Изъ самаго построенія видно, что

$$\angle \alpha = \frac{\pi}{4} = 0,78510 [= 45^\circ]$$

$$\sin \alpha = \cos \alpha = \sqrt{0,5} = 0,70711$$

$$\sin 2\alpha = 1.$$

Изъ чер. 29 видно, что:

$$a = r_2 - r = (\sqrt{2} - 1)r = 0,41421 r.$$

Вся высота сѣченія

$$h = r_2 = r\sqrt{2} = 1,41421 r.$$

Ширина сѣченія  $= 2r$ .

Подставляя вычисленныя значенія въ уравненія (12 и 13), получаемъ при наполненіи разматриваемой формы лоткового сѣченія до линіи пять свода:

площадь живаго сѣченія:

$$F_1 = r^2 \cdot 2 \left( 0,78540 - \frac{1}{2} \right) = 0,570800 r^2$$

и смачиваемый периметръ:

$$p_1 = 2r \cdot \sqrt{2} \cdot 0,78540 = 2,221435 r.$$

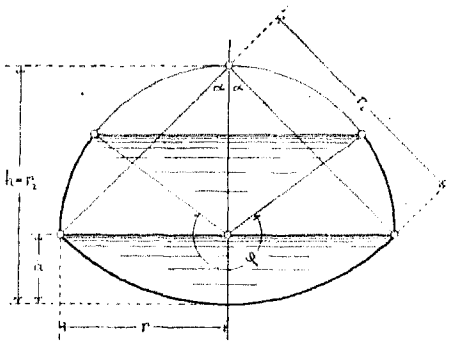
Подставляя тѣ же значенія въ уравненія (16 и 17), получаемъ при наполненіи сѣченія на произвольную глубину  $z$  выше линіи пять свода:

площадь живаго сѣченія:

$$F_z = r^2 \frac{1}{2} (\varphi - \sin \varphi - 2)$$

и смачиваемый периметръ:

$$p_z = r (\varphi - 0,92016)$$



Чер. 29.



причемъ:  $\varphi = 2 \arccos \left( \cos \varphi = - \frac{z}{r} \right)$

Наибольшая быстрота течения  $v$  получается изъ уравненія (22) при условіи:

$$\sin \varphi - (\varphi - 0,92016) \cos \varphi + 1,07984 = 0$$

откуда:

$$\varphi = 4,730 = 271^\circ$$

Наибольший расходъ  $Q$  получается изъ уравненія (23), при условіи

$$\sin \varphi - 3 (\varphi - 0,92016) \cos \varphi + 5,52271 + 2 (\varphi - 3,14159) = 0$$

откуда:

$$\varphi = 5,480 = 314^\circ$$

Подставляя различныя значенія центральнаго угла наполненія  $\varphi$  въ уравненія (16 и 17), а затѣмъ въ основныя (I и II, стр. 94), получаемъ для наиболѣе характерныхъ степеней наполненія разсмотрѣнной формы лотковаго сѣченія о двухъ центрахъ, радіусъ верхняго свода котораго =  $r$ , слѣдующую таблицу:

**ТАБЛИЦА № 20.**

Для расчета лотковаго сѣченія о двухъ центрахъ (черт. 29).

При:	$\varphi =$	180°	271° (max. v)	314° (max. Q)	360°
глубинѣ наполненія = (отъ подошвы).		0,293 h.	0,797 h.	0,944 h.	h.
Орошаемый периметръ $p =$		2,22144 r	3,80984 r	4,55984 r	5,36302 r
Площадь живаго сѣченія $F =$		0,57080 r <sup>2</sup>	1,86492 r <sup>2</sup>	2,09983 r <sup>2</sup>	2,14159 r <sup>2</sup>
Средняя гидравлическая глубина $R = \frac{F}{p} =$		0,2570 r	0,4895 r	0,4605 r	0,3993 r
Скорость течения $v =$		0,507 c $\sqrt{rJ}$	0,700 c $\sqrt{rJ}$	0,680 c $\sqrt{rJ}$	0,632 c $\sqrt{rJ}$
Секундный расходъ $Q =$		0,383 c $\sqrt{r^3 J}$	0,955 c $\sqrt{r^3 J}$	0,983 c $\sqrt{r^3 J}$	0,925 c $\sqrt{r^3 J}$

**Численный примѣръ 20.** Бетонная труба лоткового сѣченія о 2 центрахъ формы, указанной на чер. 29, должна отводить 25 куб. футъ воды въ 1 секунду, причѣмъ имѣется въ распоряженіи уклонъ  $J = 680$ ; скорость теченія должна быть наибольшая ( $\gamma = 271^{\circ}$ ); требуется опредѣлить размѣры сѣченія и скорость теченія.

По формулѣ, помѣщенной въ таблицѣ 20, имѣемъ:

$$Q = 0,955 c \sqrt{r^5 J}.$$

Принимая для перваго приближенія  $c = 100$  и подставляя данныя значенія, получаемъ:

$$25 = 0,955 \cdot 100 \sqrt{\frac{r^5}{680}}$$

откуда:

$$r = \sqrt[5]{46,6} = 2,156'$$

Этому  $r$  по таблицѣ № 20 соответствуетъ средняя гидравл. глубина

$$R = 0,4895 r = 0,4895 \cdot 2,156 = 1,055,$$

чему въ свою очередь соответствуетъ (при  $n = 0,013$ ) по табл. № 8 (стр. 92):  $c = 118$

Для втораго приближенія примемъ  $c$  нѣсколько меньше этой величины, а именно:  $c = 117$

Тогда по формулѣ:

$$Q = 0,955 c \sqrt{r^5 J}$$

имѣемъ:

$$25 = 0,955 \cdot 117 \sqrt{\frac{r^5}{680}}$$

откуда:

$$r = \sqrt[5]{34,04} = 2,025'$$

Этому  $r$ , по таблицѣ № 20, соответствуетъ средняя гидравл. глубина

$$R = 0,4895 \cdot 2,025 = 0,991$$

чему въ свою очередь по таблицѣ № 8 соответствуетъ (при  $n = 0,013$ )  $c = 117$ , т. е. принятое значеніе.

Округляя полученное для  $r$  значеніе, окончательно принимаемъ  $r = 2' = 24''$ ; тогда:

$$\text{ширина сѣченія} = 2 \cdot 2 = 4$$

$$\text{высота} \quad \gg \quad = 1,41421 \cdot 2 = 2,828' = 2' 10''$$

$$\text{радіусъ подошвы} = 1,41421 \cdot 2 = 2,828' = 2' 10''$$

Площадь живаго сѣченія (см. таблицу. № 20):

$$F = 1,86492 \cdot r^2 = 1,86492 \cdot 4 = 7,46 \text{ кв. футов.}$$

и скорость теченія:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{25}{7,46} = 3,35'$$