

*А. Макаров*

**В. О. ИВАНОВЪ,**

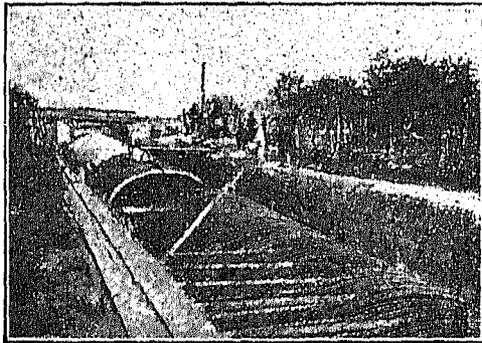
ПРОФЕССОРЪ КІЕВСКАГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКАГО ИНСТИТУТА  
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА II

---

САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА.

# КАНАЛИЗАЦІЯ НАСЕЛЕННЫХЪ МѢСТЪ

СЪ 468 ЧЕРТЕЖАМИ и 50 ТАБЛИЦАМИ ВЪ ТЕКСТѢ:



**Пособіе для С.г. студентовъ, инженеровъ, санитарныхъ врачей, техниковъ,  
Городскихъ и Земскихъ Управъ.**

---

КІЕВЪ,

Типографія А. М. Пономарева п. у. И. И. Врублевскаго уг. Крещ. и Б.-Бульв., № 58-2.  
1911.

Venceslas Ivanoff,

Professeur de l'Institut Polytechnique  
d'Empereur Alexandre II à Kiew.

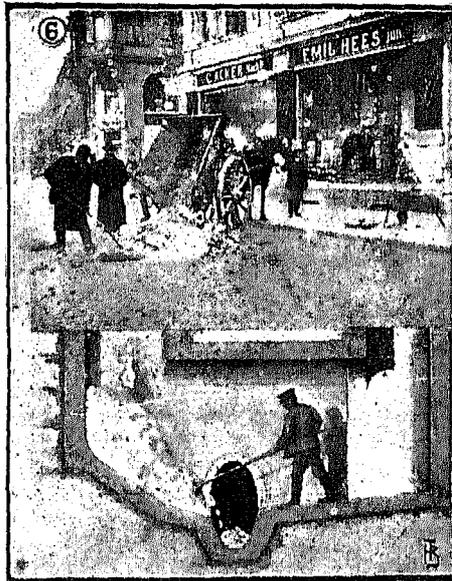
---

LA TECHNIQUE SANITAIRE.

---

# LA KANALISATION DES VILLES

avec 468 figures et 50 tables en texte.



---

KIEW,

Ponomareff s. d. Vroublevsky, imprimeurs, coin Kreschatik et Bibikowsky boulevard.  
1911.

„Circulation, no stagnation“  
Lord Chadwick, 1838.

## Введение.

Среди отдѣловъ санитарной техники одно изъ видныхъ мѣсть слѣдуетъ отнести *канализаціи населенныхъ мѣсть*, наука, которая занимается изложеніемъ приемовъ по устройству сѣти водосточковъ и очисткѣ сточныхъ водъ предъ выпускомъ ихъ въ водныя пространства. Канализація, освобождая населенные пункты отъ отработавшихъ водъ водоснабженія, отъ экскрементовъ людей и животныхъ и отъ атмосферныхъ водъ, приноситъ человечеству огромную пользу, сокращая какъ смертность, такъ и заболеваемость населенія отъ инфекціонныхъ болѣзней. Не смотря на столь важное значеніе канализаціи многіе города Россіи, не исключая и столицы—С.-Петербурга, десятки лѣтъ проводятъ лишь въ составленіи всевозможныхъ проектовъ, не приступая къ реальному ихъ осуществленію. Иначе говоря, положеніе общественной гигиены и санитарной техники въ Россіи напоминаетъ намъ то положеніе, въ которомъ находилась Западная Европа въ средніи прошлаго столѣтія. Но со времени произнесенія въ Англій предѣдателемъ парламентской комиссіи (1838 г.), лордомъ Чадвикъ (Chadwick) <sup>1)</sup> его знаменитыхъ словъ, приведенныхъ нами въ качествѣ эпиграфа, оздоровленіе Европы пошло гигантскими шагами, и смертность отъ заразныхъ болѣзней сократилась до 1—2%. Надо надѣяться, что и Россія, переживающая періодъ перестроенія государственной жизни, въ ближайшемъ будущемъ подъ давленіемъ серьезныхъ эпидемій холеры и брюшного тифа энергично займется осуществленіемъ водоснабженія, канализаціи и др. санитарно-инженерныхъ сооруженій. Настоящее сочиненіе „Канализація населенныхъ мѣсть“ входитъ, какъ часть задуманнаго нами обширнаго труда подъ общимъ заглавіемъ „Санитарная техника“. Все наше сочиненіе предположено въ слѣдующемъ видѣ:

Томъ I. Устройство водопроводовъ и водосточковъ въ домахъ и общественныхъ зданіяхъ

Томъ II. Водоснабженіе населенныхъ мѣсть.

Томъ III. Канализація населенныхъ мѣсть.

Томъ IV. Удаленіе и обезвреживаніе мусора.

Томъ V. Санитарно-инженерныя сооруженія (бани, больницы, бойни etc).

<sup>1)</sup> Report on the Sanitary Conditions of the labouring population of Great Britain.

Желая дать нашимъ слушателямъ тѣ отдѣлы, которые или вовсе не изложены въ сочиненіяхъ на русскомъ языкѣ или изложены съ неудовлетворяющей насъ полнотой, мы вынуждены отступать при изданіи нашего труда отъ намѣченнаго выше порядка и для ускоренія изданія подраздѣлять тома на части и выпуски. Но подраздѣляя такимъ образомъ курсъ санитарной техники, мы имѣемъ въ виду придать каждой выпускаемой нами книгѣ вполне самостоятельный характеръ. Только послѣ окончанія всего труда мы были бы въ состояніи пересоставить его въ болѣе систематическомъ видѣ.

---

## Г Л А В А I.

§ 1. Процессы гніенія и окисленія. Скопленіе огромныхъ массъ людей въ нашихъ современныхъ городахъ на сравнительно незначительной площади не можетъ не вызывать сильнаго загрязненія почвы различными хозяйственными и промышленными отбросами.

Въ отбросахъ городской жизни содержатся какъ минеральныя вещества, такъ и органическія. Минеральныя вещества, если они не ядовиты, не представляютъ собой большой опасности съ гигиенической точки зрѣнія.

Органическія же вещества обладаютъ способностью разлагаться при содѣйствіи воздуха, теплоты и влажности, а происходящіе при этомъ процессы остаются, какъ мы увидимъ ниже, не безразличными для нашего здоровья.

Процессы разложенія происходятъ или въ отсутствіи воздуха, и тогда они называются гніеніемъ, или въ присутствіи воздуха и называются окисленіемъ (тлѣніемъ).

Разница между процессами гніенія и окисленія заключается главнымъ образомъ въ томъ, что гніеніе протекаетъ гораздо медленнѣе окисленія, и что при гніеніи изъ органическихъ веществъ выдѣляется всегда амміакъ ( $\text{NH}_3$ ), а при окисленіи — азотная ( $\text{HNO}_3$ ) и азотистая кислоты ( $\text{HNO}_2$ ). Вслѣдствіе этого въ одномъ и томъ же предметѣ могутъ происходить одновременно оба процесса: на внѣшней поверхности — окисленіе, а внутри гніеніе.

Конечные продукты процессовъ разложенія, протекающихъ въ органическихъ веществахъ многочисленны.

Самыми важнѣйшими для гніенія являются амміакъ ( $\text{NH}_3$ ), сѣроводородъ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) и углеводородные газы, а для окисленія — углекислота, вода, сѣрная ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) азотистая ( $\text{HNO}_2$ ) и азотная ( $\text{HNO}_3$ ) кислоты.

Причины, вызывающія процессы гніенія и окисленія, долго оставались неясными химикамъ, и только въ 70-хъ годахъ прошлаго столѣтія великій бактериологъ Пастеръ (*Pasteur*) доказалъ, что эти процессы происходятъ благодаря работѣ микроорганизмовъ (бактерій): ему же принадлежитъ раздѣленіе бактерій на 2 основныя группы: аеробныхъ, т. е. живущихъ только въ присутствіи воздуха и анаэробныхъ, т. е. живущихъ въ отсут-

ствін воздуха. Впрочемъ, въ послѣдствіи были найдены факультативныя формы, живущія и въ присутствіи воздуха, и безъ него.

Къ процессамъ гніенія человѣчество давно уже относилось подозрительно благодаря тѣмъ дурнымъ запахамъ, которые получались изъ-за выдѣленія  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и т. п.; этимъ пахучимъ газамъ приписывалась возможность непосредственнаго распространенія *заразныхъ* (*инфекціонныхъ*) болѣзней.

На этомъ предположеніи въ Англіи была основана теорія клоачныхъ газовъ (*sewer-gas-theory*), по которой въ городскомъ воздухѣ носились „*загородыши*“; они, попадая изъ выгребовъ и водосточковъ, вызывали различныя инфекціонныя болѣзни (холеру, тифъ, дифтеритъ и т. д.). Въ 70—80-хъ годахъ въ Германіи полагали, что при процессахъ гніенія выдѣляются какіе-то „*міазмы*“, также могущіе причинять непосредственно болѣзни.

Первые шаги Бактеріологіи вызвали страхъ предъ микроорганизмами; сначала полагали, что во всякомъ грибокѣ, бактеріи кроется непосредственная опасность зараженія.

Послѣдующіе ея успѣхи показали, что главнымъ образомъ опредѣленные роды нисшихъ грибовъ (шизомицеты) являются возбудителями различныхъ болѣзней, и что число такихъ болѣзнетворныхъ (патогенныхъ) бактерій сравнительно съ общимъ числомъ микроорганизмовъ невелико.

И до настоящаго времени многіе виды микроорганизмовъ имѣютъ съ точки зрѣнія гигиены промежуточный интересъ; и если при изслѣдованіяхъ почвы, воды и воздуха опредѣляютъ ихъ количество и считаются съ такимъ, то это дѣлаютъ потому простому предположенію, что въ большемъ количествѣ бактерій существуетъ и большая вѣроятность встрѣтить болѣзнетворные микроорганизмы.

§ 2. Гигиеническое значеніе почвы. Дальнѣйшія научныя изслѣдованія установили, что въ человѣческихъ и животныхъ отбросахъ находятся болѣзнетворные микробы; результатомъ этихъ работъ явилось у гигиенистовъ стремленіе изучить роль почвы въ дѣлѣ распространенія различныхъ болѣзней, такъ какъ она сильно загрязнилась отбросами городской жизни.

Само собой разумѣется, что роль почвы, какъ средства для распространенія болѣзней, не могла быть изучена быстро и потребовалось не мало времени гигиенистамъ, чтобы придти къ современнымъ взглядамъ на ея значеніе. Сначала образовались двѣ школы гигиенистовъ: *локалистическая* и *контагионистическая*. Основателемъ школы локалистовъ явился знаменитый гигиенистъ *Петтенкоферъ* (*Pettenkofer*), взявшійся за разработку вопроса о гигиеническомъ значеніи почвы до появленія Бактеріологіи.

Основное положеніе *локалистовъ* заключается въ томъ, что почвѣ приписывается исключительная роль въ распространеніи двухъ главнѣйшихъ инфекціонныхъ болѣзней (холеры и брюшного тифа). По основному тезису этой школы „*заразное начало*“, приобретаетъ свои заразные качества—свою *вирулентность*—въ почвѣ, и каждый случай заболѣванія холерой или

брюшнымъ тифомъ происходитъ непосредственно изъ почвы. Въ неподходящей почвѣ „заразное начало“ не приобретаетъ опасныхъ свойствъ. Слѣдовательно, по этому ученію, въ распространеніи болѣзней почва играетъ первую роль, а „заразное начало“—вторую. Поэтому нужно при изученіи роли почвы разсматривать ее не только съ химической, но и съ физической и геологической точки зрѣнія; далѣе на ея свойства оказываютъ вліяніе и высота ея надъ уровнемъ моря и вѣдшій видъ поверхности. Эта локалистическая теорія выросла изъ наблюденій Pettenkofer'a надъ колебаніями уровня почвенныхъ водъ и распространеніемъ холеры въ Мюнхенѣ (1854 г.); тамъ же были сдѣланы и изслѣдованія надъ почвой Buhl'емъ, который приписалъ ей исключительное вліяніе по распространенію брюшного тифа.

Основателемъ *контагіонистической* школы является нѣмецкій бактериологъ Кохъ (Koch). Контагіонисты въ противоположность локалистамъ не признали за почвой первенствующей роли. По ихъ ученію главнымъ агентомъ при зараженіи была бактерія, которая для своего развитія не нуждалась въ почвѣ. Почва же, какъ и всякая другая среда (вода, воздухъ, пища) можетъ служить питательной средой и содѣйствовать попаданію болѣзнетворной бактеріи въ организмъ. Самымъ главнымъ посредникомъ въ дѣлѣ распространенія болѣзней контагіонисты считали питьевую воду.

Впрочемъ почвѣ они приписывали свойство создавать предрасположеніе человеческого организма къ инфекціи, понижая его сопротивляемость къ заболѣваніямъ. Бактерія же по ихъ ученію могла попадать въ человеческій организмъ благодаря простому прикосновенію, отчего и самая школа получила названіе контагіонистической.

Здѣсь слѣдуетъ прибавить, что распространеніе холеры и тифа чрезъ питьевую воду было доказано для многихъ городовъ; также имѣются нѣкоторыя указанія на распространеніе тифа пищевыми средствами. Что же касается распространенія брюшного тифа чрезъ воздухъ, то до послѣдняго времени этого еще не удалось доказать. Подъ вліяніемъ указанныхъ примѣровъ воззрѣнія контагіонистовъ получили перевѣсъ у гигиенистовъ.

Эти положенія школъ могутъ быть представлены по предложенію Pettenkofer'a въ видѣ простого математическаго выраженія

$$F = f(x, y, z) \dots (1)$$

гдѣ  $F$  — сила эпидеміи,  $x$  — „заразное начало“,  $y$  — мѣстное предрасположеніе (вліяніе почвы),  $z$  — временное предрасположеніе (вліяніе температуры, влажности и вообще климатическихъ факторовъ). Зависимость между отдѣльными переменными можетъ быть установлена только отчасти;  $y$  можетъ давать силу  $x$ , и обратно  $y$  можетъ предрасполагать индивидуума къ воспринятію  $x$ . Если всѣ три величины равны нулю, то эпидеміи нѣтъ, и возможны только отдѣльные случаи инфекціи; для эпидеміи же достаточно, чтобы только два изъ переменныхъ имѣли значеніе больше нуля; если же всѣ три переменныя больше нуля, то проявится сильная эпидемія.

Контагіонистическая теорія также укладывается въ рамки приведеннаго выраженія; только *y* и *z* должны имѣть нныя значенія. Главная же разница заключается въ значеніи *x*, которое при существованіи эпидеміи по контагіонистическимъ возрѣніямъ не можетъ быть равно нулю.

Но не смотря на различія въ ученіяхъ обоихъ школъ можно вывести одно общее заключеніе, что *почва играетъ существенную роль въ распространеніи инфекціонныхъ болѣзней.*

§ 3. Свойства почвы. Поэтому намъ прежде всего слѣдуетъ вкратцѣ познакомиться съ свойствами чистой, не загрязненной почвы, чтобы лучше оцѣнить тѣ измѣненія, которыя вызываютъ въ ней городскія нечистоты.

Факторами, представляющими интересъ при гигиенической оцѣнкѣ почвъ, являются:

1) физическія свойства (величина зеренъ, объемъ поръ, проницаемость, влагоемкость, поглощаемость, температура);

2) химическія свойства;

3) почвенныя воды;

4) микроорганизмы.

Строеніе почвъ весьма разнообразно; о немъ до извѣстной степени можно судить по объему пустотъ, отдѣляющихъ другъ отъ друга зерна почвы. Въ различныхъ грунтахъ процентное содержаніе поръ колеблется между 23,1 и 56,8 проц. Данныя о пористости грунта по изслѣдованіямъ Флогге (*Flügge*), Шварца (*Schwarz*), Ренка (*Renk*) сведены въ нижеслѣдующую таблицу.

ТАБЛИЦА I.

НАЗВАНІЕ ПОЧВЪ.	Объемъ поръ въ процентахъ.
Гравій . . . . .	38,3—40,1
Гравій изъ зеренъ < 7 мм. . . . .	36,7
Гравій изъ зеренъ < 4 мм. . . . .	36
Гравій изъ зеренъ < 2 мм. . . . .	36
Песокъ . . . . .	35,6—40,8
Грубый песокъ изъ зеренъ 1—2 мм. . . . .	39,4
Смѣси изъ одинаковаго количества песку и гравія . . . . .	23,1—28,8
Глина . . . . .	36,2—42,5
Глина съ частью органическихъ веществъ . . . . .	52,7
Бѣдная гумусами, песчано-глинистая почва . . . . .	55,3
Гумусовая, известковая глинисто-песчаная почва . . . . .	56,8

Изъ этой таблицы можно заключить, что въ объемѣ поръ оказываетъ главное вліяніе величина зеренъ грунта; почвы, имѣющія самыя маленькія зерна, имѣютъ наибольшую пористость.

Благодаря пористости грунтовъ и колебаніямъ атмосфернаго давленія воздухъ можетъ проходить въ почвы. На успѣшность проникновенія воздуха оказываетъ вліяніе не столько сама пористость, сколько величина и форма зеренъ грунта; для воздуха будетъ труднѣе пройти по болѣе узкимъ извилистымъ каналамъ, образуемымъ мелкими порами, такъ какъ въ этомъ случаѣ сильнѣе будетъ треніе воздуха о стѣнки этихъ каналовъ.

Теоритически проницаемость почвы для воздуха можетъ быть представлена слѣдующимъ выраженіемъ

$$M = \frac{mp\sqrt{h}}{nd} \dots (2), \text{ гдѣ}$$

*M*—количество воздуха, проходящаго въ почву въ единицу времени, *h*—величина атмосфернаго давленія, *p*—объемъ поръ, *d*—толщина почвеннаго слоя, *m* и *n*, коэффициенты, меньшіе единицы, которые характеризуютъ собой физическія свойства почвы; эти коэффициенты остаются намъ неизвѣстными.

*Renk*<sup>1)</sup> сдѣлалъ весьма интересныя наблюденія надъ прохожденіемъ воздуха чрезъ различныя почвы, для чего онъ пропускалъ его подъ опредѣленнымъ давленіемъ чрезъ одинаковой величины почвенные столбики. Данныя опытовъ *Renk* помѣщены въ таблицѣ II.

ТАБЛИЦА II.

РОДЪ ПОЧВЫ.	Объемъ поръ въ процентахъ	Давленіе въ миллим. столба воды.	Величина зеренъ въ миллиметрахъ.	Количество воздуха, прошедшаго въ минуту въ метрахъ.	
				абсолют.	относит.
Мелкій песокъ .	55,5	20	<0,3 мм.	0,00233	1
Средній песокъ .	55,5	20	0,3—1 мм.	0,112	48
Крупный песокъ.	37,9	20	1—2 мм.	1,280	549
Мелкій гравій .	37,9	20	2—4 мм.	6,910	2966
Средній гравій .	37,9	20	4—7 мм.	15,540	6670

Далѣе, на проницаемость почвы для воздуха оказываетъ вліяніе количество воды, содержащейся въ почвѣ. Влажность почвы ведетъ естественно къ уменьшенію пористости, такъ какъ при этомъ поры частью суживаются, частью же совсѣмъ закрываются. Замерзаніе мокрыхъ почвъ также

<sup>1)</sup> Prausnitz, Grundzüge der Hygiene.

способствует сокращению пористости, при чемъ еще и ледъ съ своей стороны оказываетъ больше сопротивленія движенію воздуха, чѣмъ вода. Особенно значительно понижается пористость отъ присутствія въ почвахъ глинистыхъ, илистыхъ и вообще колоидальныхъ частицъ; поэтому глинистыя почвы вообще мало проницаемы для воздуха.

Далѣе отъ строенія почвы зависитъ ея водоемкость или влагоемкость, подъ которой разумѣется способность почвы задерживать въ себѣ извѣстное количество воды.

Влагоемкость почвъ является равнодѣйствующей двухъ силъ: силы прилипанія воды къ частицамъ грунта и силы волосности, которая способствуетъ задержанію воды въ порахъ грунта.

Наибольшія количества воды, впитываемыя различными почвами, по опытамъ Мейстера, приводятся въ таблицѣ III.

ТАБЛИЦА III.

НАЗВАНІЕ ПОЧВЫ.	Влагоемкость по объему въ процентахъ.
Песчаная . . . . .	45—46,4%
Мѣловая . . . . .	49,5
Глинистая . . . . .	50,0
Известковая . . . . .	54,9
Суглинистая . . . . .	60,1
Торфянистая . . . . .	63,7
Садовая . . . . .	69,0
Черноземъ . . . . .	70,8

Какъ можно видѣть изъ этой таблицы болѣе сухими почвами являются крупнозернистыя почвы; такъ какъ съ другой стороны органическія вещества увеличиваютъ влагоемкость почвъ, то сухость почвы является до извѣстной степени мѣриломъ ея чистоты.

Обладая способностью удерживать воду, почвы обнаруживаютъ и погложительную способность по отношенію къ водянымъ парамъ и газамъ. Въ погложительной способности почвы нужно искать причину того, что свѣтильный газъ, проходя при разрывахъ газопроводныхъ трубъ черезъ слой почвы, совершенно теряетъ свой запахъ и такимъ образомъ получаетъ возможность нерѣдко проникать въ жилища помѣщенія и вызывать отравленія.

Температура почвъ зависитъ отъ трехъ факторовъ: 1) отъ способности поглощать и испускать лучистую теплоту, 2) отъ теплоемкости почвы и

3) отъ теплопроводности ея. Источниками теплоты почвы служатъ: теплота солнца, теплота воздуха, теплота внутренности земли и частью та теплота, которой сопровождаются физическіе (токи почвеннаго воздуха, испареніе воды) и химическіе процессы (разложеніе органическихъ веществъ) въ почвахъ.

Но эти факторы вліяютъ только на болѣе поверхностные слои почвы, болѣе же глубокие слои почвы получаютъ тепло отъ верхнихъ слоевъ и отъ внутренности земли.

Въ отношеніи нагрѣванія почвы лучами солнца большое значеніе имѣетъ направленіе ската ея поверхности. Лучи солнца дѣйствуютъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше уголъ, составляемый ими съ освѣщаемой поверхностью. Поэтому южные скаты нагрѣваются сильнѣе сѣверныхъ, и разница въ температурахъ скатовъ доходитъ до 3 и болѣе градусовъ.

Теплоемкость почвы сильно зависитъ отъ того, содержится ли въ послѣдней вода или нѣтъ. Мокрая почва въ теплое время холоднѣе сухой, въ холодное теплѣе; испареніемъ и быстрой передачей тепла нижнимъ слоямъ въ мокрой почвѣ еще болѣе уменьшаются колебанія температуры, что способствуетъ созданію болѣе жизненныхъ условій для микроорганизмовъ.

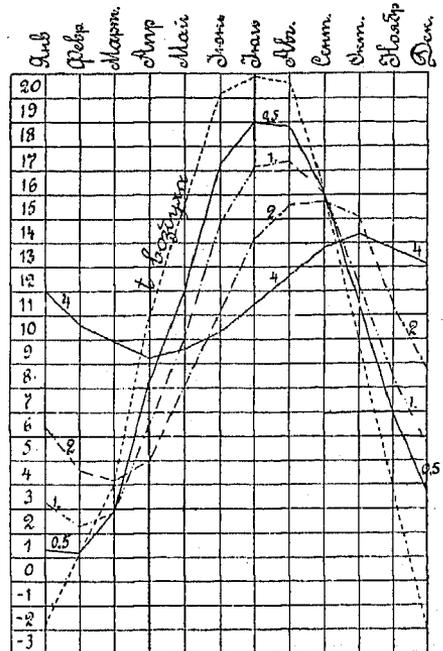
Отношеніе температуры почвы на различныхъ глубинахъ, (0,5, 1, 2 и 4 метра ниже поверхности) видно изъ графика, составленнаго *Fodor'омъ* для Будалешта (чер. 1).

Изъ этого графика видно, что максимальная температура въ верхнихъ слояхъ почвы падаетъ на Іюнь, т. е. совпадаетъ съ максимальной температурой наружнаго воздуха; въ болѣе же глубокихъ слояхъ почвы замѣчается запаздываніе максимумовъ и минимумовъ температуры.

Далѣе амплитуды колебанія температуры уменьшаются по мѣрѣ углубленія въ почву, и уже на глубинѣ 4 метровъ они составляютъ всего едва 5°; это показываетъ, что на этой глубинѣ вліяніе внѣшнихъ факторовъ сказывается лишь въ ничтожной степени.

Химическій составъ почвы въ ея естественномъ состояніи имѣетъ гигиеническое значеніе только въ извѣстныхъ случаяхъ, когда почва содержитъ жидкія и газообразныя соединенія, растворимыя въ водѣ, которые могутъ служить источникомъ водоснабженія. Для насъ же гораздо важнѣе знать, какъ будутъ протекать

чер. 1.



въ данной почвѣ тѣ процессы гніенія и окисленія органическихъ веществъ, о чемъ мы говорили выше.

Атмосферные осадки, падая на земную поверхность, частью испаряются и въ формѣ водяныхъ паровъ переходятъ въ атмосферу, частью стекаютъ по уклонамъ поверхности земли въ пониженныя мѣста, частью же просачиваются въ почву. Весьма трудно точно учесть, какая часть осадковъ идетъ на тѣ или иные потребности, по принято считать, что количество просачивающейся воды колеблется отъ  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$ . Вода, просачиваясь въ почву, встрѣчаетъ на пути своемъ водонепроницаемые пласты, на которыхъ задерживается, и, заполняя всѣ поры грунта, образуетъ такимъ образомъ почвенныя воды. Надъ слоями почвенной воды находятся послѣдовательно три слоя: *слой волоснаго стоянія воды*, простирающійся настолько, насколько почвенная вода можетъ подняться въ силу волосности, *слой прохожденія воды* т. е. слой, смачиваемый водой, заполняющей всѣ поры грунта, и самый верхній—*слой испаренія воды*, т. е. слой, изъ котораго вода отдается атмосферному воздуху путемъ испаренія; въ этомъ слойѣ содержаніе воды представляется крайне измѣнчивымъ и зависитъ отъ времени выпаденія атмосферныхъ осадковъ.

Почвенныя воды могутъ образовать или подземныя озера (если водонепроницаемый пластъ образуетъ углубленіе) или подземныя рѣки, (если онъ образуетъ наденіе).

Скорость движенія грунтовыхъ водъ теоретически опредѣляется по извѣстной формулѣ *Darcy*

$$V = K \frac{h}{l} \dots \dots \dots (3), \text{ гдѣ}$$

$V$ —скорость течения,  $h$ —высота напора,  $l$ —длина пути и  $k$ —численный коэффициентъ, выражающій собой треніе воды о частицы грунта и колеблющійся въ предѣлахъ отъ 0,0008 (песокъ)—до 0,05 (гравій). Наблюденія надъ скоростью движенія почвенныхъ водъ показываютъ, что она очень невелика и колеблется отъ  $\frac{1}{2}$  до 1 метра въ сутки.

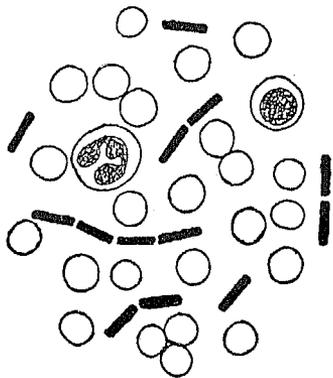
Верхніе слои почвы содержатъ безчисленное множество микроорганизмовъ; на каждый 1 куб. сантиметръ почвы приходится сотни тысячъ и даже миллионы микроорганизмовъ.

Микроорганизмы въ подавляющемъ большинствѣ принадлежатъ не къ *болѣзнетворнымъ*, а *сапробитнымъ*, главное назначеніе которыхъ заключается въ томъ, чтобы подвергать распаденію органическія вещества и въ конечномъ результатѣ ихъ *нитрифицировать*.

Изъ патогенныхъ микроорганизмовъ встрѣчаются въ почвѣ немногіе виды. Такъ въ почвѣ встрѣчаются бациллы сибирской язвы (*bacillus anthracis*, чер. 2), бациллы столбняка (*bacillus tetanus*, чер. 3), встрѣчающейся часто въ садовой землѣ, въ пыли, мусорѣ и навозѣ, бациллы злокачественнаго отека (*bacillus oedematis maligni*, чер. 4). Наконецъ, какъ мы уже объ этомъ упоминали раньше, въ почвѣ могутъ имѣть мѣстопробываніе свое

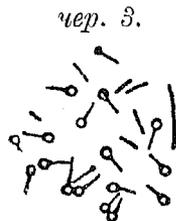
спираллы азиатской холеры (*vibrio cholerae asiaticae*, чер. 5) и бациллы брюшного тифа (*bacillus Eberth'a*, чер. 6). При этомъ слѣдуетъ указать, что по новѣйшимъ изслѣдованіямъ условія для размноженія въ почвѣ бациллъ брюшного тифа и спираллъ холеры весьма неблагоприятны, такъ какъ онѣ

чер. 2.

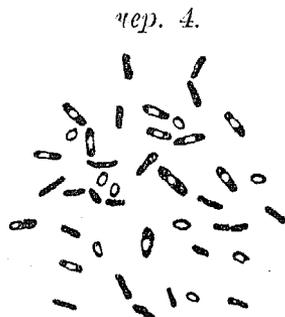


Увеличеніе въ 1000 разъ.

чер. 5.



чер. 3.



чер. 4.

Увеличеніе въ 1000 разъ.

Увеличеніе въ 1000 разъ.

чер. 6.



Увеличеніе въ 1000 разъ.



Увеличеніе въ 1000 разъ.

вынуждены вступить въ борьбу съ многочисленными сапрофитными бактеріями, которыя побѣждаютъ ихъ въ сравнительно короткое время. Кромѣ того температура верхнихъ слоевъ почвы за исключеніемъ нѣсколькихъ лѣтнихъ мѣсяцевъ чрезчуръ низка, а это обстоятельство также мѣшаетъ развитію этихъ бактерій. Но все же нужно имѣть въ виду, что бациллы брюшного тифа (по опытамъ Карлинскаго и Граншера) могутъ сохраняться въ почвѣ въ теченіе 5½ мѣсяцевъ; также весьма стойкими оказываются бациллы сибирской язвы, сохраняющіе жизнеспособность въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ. Такимъ образомъ можно заключить, что *поверхностные слои почвы должны считаться весьма опасными съ гигиенической точки зрѣнія.*

§ 4. Загрязненіе почвы. Познакомившись вкратцѣ съ свойствами чистой почвы и грунтовыхъ водъ, мы теперь можемъ перейти къ гигиенической однѣкъ тѣхъ измѣненій, которые производятъ въ нихъ городскіе отбросы. Если почва чиста и суха, и количество попадающихъ въ нее отбросовъ невелико, то она обладаетъ способностью нитрифицировать органиче-

скія вещества, содержащіеся въ отбросахъ. Но подобныя условія обыкновенно отсутствуютъ въ современныхъ городахъ, гдѣ высокая стоимость земли заставляетъ сильно застраивать городскіе участки. Въ этихъ случаяхъ происходятъ лишь гнилостные процессы, заражающіе выдѣленіемъ пахучихъ газовъ городской воздухъ.

Весьма важнымъ факторомъ, увеличивающимъ продолжительность процессовъ гніенія, является влажность почвы; иногда эти процессы могутъ не выходить изъ своей первоначальной стадіи въ подобныхъ почвахъ.

Пахучіе газы (амміакъ, сѣроводородъ) поднимаются вслѣдствіе обмѣна воздуха въ атмосферу и оттуда легко всасываются въ жилия помѣщенія черезъ стѣны домовъ. Если эти газы сами по себѣ не причиняютъ непосредственнаго вреда для нашего здоровья, то во всякомъ случаѣ, дѣйствуя на слизистыя оболочки нашихъ органовъ, они понижаютъ общую сопротивляемость нашего организма, тѣмъ самымъ предрасполагая его къ болѣзнямъ.

Разложившіеся органическія вещества легко попадаютъ въ первые слои почвенныхъ водъ, служащихъ до сихъ поръ нерѣдко источниками водоснабженія, въ особенности у насъ въ Россіи, а вслѣдствіе ихъ сообщенія съ открытыми водными протоками могутъ вносить эти вещества и въ нихъ. Если же къ этому прибавить, что въ отбросахъ легко могутъ находиться и болѣзнетворные микроорганизмы, которые могутъ смываться атмосферными осадками, то опасность зараженія инфекціонными болѣзнями чрезъ питьевую воду станетъ ясною, что впрочемъ и подтверждается многочисленными примѣрами изслѣдованія заболѣваній.

Къ этому нужно еще прибавить, что содержащіеся въ отбросахъ минеральныя вещества могутъ, попадая въ почвенныя воды и открытые протоки, причинять нѣкоторый вредъ съ гигиенической точки зрѣнія. Соединенія кали, натра, сѣры, хлора, безвредныя въ незначительныхъ количествахъ, могутъ причинять вредъ питьевой водѣ; такъ напр. сѣрнокислыя и углекислыя соединенія повышаютъ жесткость воды.

Чтобы представить себѣ ясно возможную картину загрязненія почвы городскими отбросами достаточно привести указаніе, что въ городѣ съ населеніемъ въ 100000 человекъ выдѣляется ежедневно 2,1 куб. с. мочи, 2 куб. с. уличнаго мусора и 1250 куб. с. помоевъ; изверженія же людей и животныхъ въ общей массѣ городскихъ нечистотъ составляютъ отъ 2 до 5<sup>0</sup>/<sub>10</sub>-овъ.

Само собой разумѣется, что съ развитіемъ гигиеническихъ знаній человечество, изучивъ роль почвы въ дѣлѣ распространенія инфекціонныхъ болѣзней, не захотѣло мириться съ этимъ положеніемъ вещей и постепенно выработало рядъ мѣръ, предохраняющихъ почву отъ загрязненія.

**§ 5. Мѣропріятія для предохраненія почвы отъ загрязненія.** Мѣропріятія для предохраненія почвы отъ загрязненія отбросами городской жизни заключаются въ непосредственной защитѣ почвы непроницаемыми одеждами (мостовыми) и въ быстромъ удаленіи всѣхъ городскихъ нечистотъ за предѣлы населенныхъ мѣстъ раньше, чѣмъ начнутся въ нечистотахъ процессы разложенія органическихъ веществъ.

Мощеніе городскихъ улицъ обыкновенно устраивается не изъ санитарныхъ соображеній, а изъ желанія получить удобные пути сообщенія, столь необходимые для жизни городовъ.

Въ дѣйствительности же мостовыя выполняютъ важную санитарную службу: онѣ предохраняютъ почву отъ просачиванія въ нее нечистотъ, а вмѣстѣ съ ними и различныхъ болѣзнетворныхъ микроорганизмовъ, облегчаютъ очистку улицъ и дворовъ, способствуютъ улучшенію городского воздуха, если они регулярно для уничтоженія пыли поливаются водою, и наконецъ разрѣшаютъ задачу о правильномъ отводѣ атмосферныхъ водъ съ поверхности улицъ.

Съ санитарной точки зрѣнія мостовыя должны удовлетворять слѣдующимъ требованіямъ: *онѣ должны быть по возможности непроницаемы для воды, прочны, удобны для движенія, не должны давать пыли, грязи и дурныхъ запаховъ и не производить сильныхъ сотрясеній и грохота при ѣздѣ; кромѣ того онѣ должны быть удобны для чистки, быстро просыхать и не нагреваться сильно солнечными лучами.*

Современная техника выработала много различныхъ типовъ мостовыхъ, описаніе устройства каковыхъ выходитъ за рамки нашего курса<sup>1)</sup>; но не встрѣчается до настоящаго времени типовъ мостовыхъ, которыя бы удовлетворяли всѣмъ выставленнымъ требованіямъ заразъ.

Главными матеріалами, идущими на устройство мостовыхъ, слѣдуетъ признать *асфальтъ, дерево и камень*; кромѣ того за послѣднее время стали для устройства мостовыхъ употреблять *бетонъ*<sup>2)</sup>, *керамитъ* и др. искусственные камни.

Съ санитарной точки зрѣнія на первое мѣсто слѣдуетъ поставить асфальтовые мостовыя на бетонномъ основаніи; они непроницаемы, даютъ мало шума и сотрясеній, удобны для чистки и мытья. Къ дурнымъ качествамъ этихъ мостовыхъ слѣдуетъ отнести способность трескаться отъ холодовъ, размягчаться отъ жаровъ и пріобрѣтать во время гололедицы скользкость способствующую сильному увеличенію числа несчастныхъ случаевъ съ людьми и лошадьми; послѣднее свойство дѣлаетъ ее весьма непригодной для устройства на крутыхъ улицахъ.

Деревянные мостовыя дѣлаются или изъ шестиугольныхъ призмъ или прямоугольныхъ брусковъ; они безшумны, довольно удобны для чистки, но сравнительно быстро изнашиваются въ особенности на улицахъ съ большимъ движеніемъ.

Пропитываніе этихъ мостовыхъ противогнилостными и бактерицидными средствами необходимо, такъ какъ въ противномъ случаѣ онѣ весьма быстро вбираютъ въ себя уличныя нечистоты и начинаютъ

---

<sup>1)</sup> Описаніе мостовыхъ входитъ въ читаемый на инженерномъ отдѣленіи Кіевского политехническаго института Курсъ мѣстныхъ путей сообщенія.

<sup>2)</sup> См. Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ., 1909 г., № 5, статья инженера П. Подольскаго „Бетонныя мостовыя“.

вслѣдствіе разложенія органическихъ веществъ издавать дурной запахъ (испаренія амміака, сѣроводорода и пр.). Къ этимъ пахучимъ газамъ присоединяется мягкая древесная пыль, легко получающаяся отъ изнашивания деревянныхъ мостовыхъ, и образующаяся такимъ образомъ смѣсь можетъ способствовать раздраженію слизистыхъ оболочекъ нашихъ органовъ, а слѣдовательно располагать людей къ различнымъ заболѣваніямъ.

Съ точки зрѣнія непроницаемости прямоугольно-брусчатая мостовья даютъ возможность образовывать болѣе плотныя соединенія между отдѣльными брусками, чѣмъ мостовья изъ шестиугольныхъ призмъ. Каменные мостовья дѣлаются или изъ обдѣланныхъ прямоугольныхъ брусковъ, или же изъ булыжнаго камня. Первый типъ заслуживаетъ большого вниманія, чѣмъ второй, такъ какъ онъ при заливкѣ стыковъ асфальтомъ обеспечиваетъ большую непроницаемость и даетъ возможность лучшей чистки, обмыванія и меньшей тряски; на очень крутыхъ улицахъ каменную брусчатую мостовую обыкновенно замѣняютъ такъ называемой мозаичной мостовой изъ мелкаго камня (базальта) <sup>1)</sup>.

Булыжныя мостовья—этотъ излюбленный типъ мостовой въ русскихъ городахъ—плохо защищаютъ почву отъ загрязненія, такъ какъ нечистоты легко могутъ попадать въ промежутки между камнями. Кромѣ того эта мостовая очень шумна, плохо чистится и обмывается, и во всякомъ случаѣ съ санитарной точки зрѣнія ее слѣдуетъ признать никуда негодной; широкое же распространеніе ея можно объяснить невысокой стоимостью ея постройки.

Весьма серьезнымъ элементомъ въ типахъ мостовыхъ является правильное устройство основанія. Основаніе это чаще всего дѣлается или изъ песка (булыжныя мостовья) или изъ бетона.

Наилучшимъ съ санитарной точки зрѣнія слѣдуетъ признать бетонное основаніе, такъ какъ только оно благодаря устраиваемымъ на немъ поперечнымъ канавкамъ обеспечиваетъ правильный отводъ поверхностныхъ водъ и кромѣ этого обладаетъ достаточной прочностью.

Бетонныя мостовья, устраиваемыя за послѣднія годы въ Америкѣ, также вполне удовлетворяютъ санитарнымъ требованіямъ. Они состоятъ изъ двухъ слоевъ: нижняго тощаго бетона толщ.  $1\frac{3}{4}$  д. (основаніе) и верхняго жирнаго (толщ.  $5\frac{1}{4}$ "); чрезъ промежутки не свыше 50 фут. устраиваются стыки, заполняемые асфальтомъ. Для приданія верхней поверхности мостовыхъ шероховатости онѣ дѣлаются особыми катками бороздчатыми или рифлеными. По стоимости бетонныя мостовья дешевле всѣхъ указанныхъ мостовыхъ, кромѣ булыжныхъ.

Затѣмъ слѣдуетъ упомянуть, что въ нѣкоторыхъ частяхъ города, преимущественно на окраинахъ или паркахъ, устраиваются шоссе и шоссированныя дороги, дающія весьма много пыли и плохо защищаемыя отъ проликанія въ нихъ нечистотъ.

---

<sup>1)</sup> Въ Россіи мозаичныя мостовья примѣнены въ 1909—1910 г.г. на нѣкоторыхъ улицахъ Кіева.

Для борьбы съ этимъ стали въ Западной Европѣ примѣнять покрытие поверхностей шоссированныхъ дорогъ нагрѣтымъ до  $70^{\circ}$ — $90^{\circ}$  C<sup>0</sup> гудрономъ или нефтью (гудронажъ дорогъ, смоляные шоссе), чѣмъ достигаются хорошіе съ санитарной точки зрѣнія результаты. Въ прошломъ году подобные смоляные шоссе были устроены и у насъ, въ Одессѣ и Ялтѣ, хотя при этомъ нужно отмѣтить, что этотъ опытъ не далъ у насъ нужныхъ результатовъ <sup>1)</sup>.

Не менѣе важнымъ и направленнымъ главнымъ образомъ, для защиты почвы отъ загрязненія являются мѣропріятія по удаленію за предѣлы населенныхъ мѣстъ. Отбросы, подлежащіе удаленію, могутъ быть разбиты на на нѣсколько категорій по своему происхожденію.

1) *твердые отбросы изъ домовъ, боенъ, фабрикъ и промышленныхъ заведеній; уличный мусоръ, навозъ, трупы палыхъ животныхъ и т. п.*

2) *отработавшія въ домахъ воды городского водопровода т. е. воды клозетовъ, кухонь, умывальниковъ, ваннъ и пр.—домовыя воды.*

3) *жидкія и твердыя изверженія людей.*

4) *фабричныя и заводскія воды; воды бань, скотобоенъ, общественныхъ прачешенъ, больницъ и пр. называемыя промышленными водами.*

5) *общественныя отработавшія воды т. е. воды отъ мытья улицъ, фонтановъ и пожаровъ.*

6) *атмосферныя осадки (дождь и снѣгъ), выпадающіе на территории городовъ.*

7) *грунтовыя воды.*

Приемы, которыми пользуются для удаленія различныхъ отбросовъ, зависятъ отъ рода, состава и количества отбросовъ. Они заключаются или въ вывозъ отбросовъ за предѣлы населенныхъ мѣстъ, или въ удаленіе ихъ по систематически связаннымъ между собой подземными трубами.

Вывозъ долженъ примѣняться только къ твердымъ отбросамъ, во всѣхъ же остальныхъ случаяхъ слѣдуетъ стремиться къ сплаву ихъ въ подземныхъ каналахъ, къ ихъ канализаціи.

Твердые отбросы или вывозятся на свалки, или по вывозѣ утилизируются для сельскохозяйственныхъ цѣлей, или сжигаются въ особыхъ мусоросжигательныхъ печахъ (деструкторахъ); снѣгъ также или вывозится на свалки, или сбрасывается въ ближайшіе рѣки и каналы, или сплавляется въ канализаціонную сѣть (какъ объ этомъ подробнѣе будетъ сказано ниже), или наконецъ подвергается таянію въ центральныхъ или мѣстныхъ снѣготаялкахъ.

Твердые экскременты людей и животныхъ до сихъ поръ, въ особенности у насъ въ Россіи, удаляются въ городахъ вывозомъ на свалки почти повсемѣстно <sup>2)</sup>; но такъ какъ всякаго рода свалки (твердаго мусора, снѣга,

<sup>1)</sup> См. Городское Дѣло, 1909 г.

<sup>2)</sup> Въ Россіи мусоросжигательныя станціи устроены въ СпБургѣ, Варшавѣ, Ц. Селѣ и Одессѣ.

эксcrementовъ) давно уже признаны гигиенистами могучими очагами заразы, то въ культурныхъ государствахъ вывозъ эксcrementовъ примѣняется еще лишь тамъ, гдѣ они могутъ быть непосредственно использованы для удобренія полей.

Кромѣ того твердые эксcrementы при сравнительно небольшомъ разжиженіи ихъ водой (употребленіе водяныхъ клозетовъ) легко стекаютъ по подземнымъ каналамъ и трубамъ канализаціонной сѣти и поэтому они отводятся обыкновенно вмѣстѣ съ жидкими отбросами.

Атмосферныя воды сами по себѣ сравнительно чисты, но, пересѣкая на пути своемъ слои городского воздуха и смѣшиваясь по выпаденіи на городскую почву съ различными уличными отбросами, становятся не безопасными по своему составу съ гигиенической точки зрѣнія и потому также подлежатъ отводу сѣтими канализаціонныхъ трубъ.

Грунтовыя воды только въ видѣ исключенія отводятся въ канализаціонныя сѣти; обыкновенно же для ихъ отвода, а главнымъ образомъ для пониженія и закрѣпленія уровня на определенной высотѣ устраиваютъ отдѣльную сѣть дренажныхъ трубъ.

Кромѣ различныхъ приемовъ удаленія нечистотъ еще слѣдуетъ различать и приемы, которымъ подвергаются нечистоты по удаленіи изъ населенныхъ мѣстъ. Такъ напр. твердые домовые и уличные отбросы иногда перерабатываются на специальныхъ заводахъ (дигестированіе) на удобри-тельные продукты, тоже иногда дѣлается и съ человѣческими эксcrementами (пудретныя фабрики). Въ особенности часто возникаетъ цѣлый рядъ заводовъ (альбуминные, салотопенные, мыловаренные и др.) для переработки отбросовъ скотобоенъ.

Далѣе слѣдуетъ указать, что сточныя воды обыкновенно спускаются въ ближайшіе водные протоки. Чтобы защитить эти протоки, могущіе быть въ тоже время источниками водоснабженія для населенныхъ мѣстъ, отъ загрязненій обыкновенно прибѣгаютъ къ предварительной очисткѣ механическими, химическими или біологическими способами. Кромѣ того нѣкоторыя воды, опасныя вълѣдствіе находящихся въ нихъ болѣзнетворныхъ микроорганизмовъ какъ напр. воды заразныхъ отдѣленій больницъ и воды скотобоенъ подвергаютъ обеззараживанію до выпуска ихъ въ городскую сѣть.

Совокупность приемовъ по удаленію нечистотъ и ихъ очисткѣ и составляетъ предметъ отдѣла санитарной техники—*Канализаціи населенныхъ мѣстъ*. Въ настоящемъ сочиненіи мы будемъ излагать только свѣдѣнія объ устройствѣ и эксплуатаціи канализаціонной сѣти.

---

## Г Л А В А II.

§ 1. Краткій историческій очеркъ развитія канализаціи. Хотя развитіе канализаціонныхъ устройствъ пошло гигантскими шагами во вторую половину XIX столѣтія, а нѣкоторые способы очистки сточныхъ водъ получили право гражданства въ настоящее десятилѣтіе, тѣмъ не менѣе канализаціонныя сооружеія существовали еще въ глубокой древности.

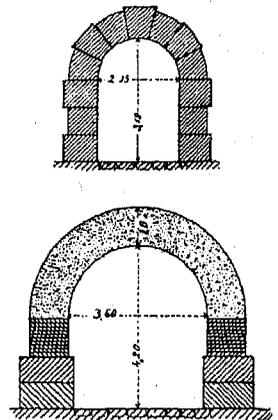
Уже Вавлонъ, Ниневія и другіе азіатскіе города имѣли особыя сѣти подземныхъ водостоконъ, которые отводили сточныя воды частью въ водные протоки, частью же на поля, гдѣ они были использованы для сельскохозяйственныхъ цѣлей. Также Соломоновъ храмъ былъ снабженъ большимъ каналомъ для отвода крови жертвенныхъ животныхъ и др. сточныхъ водъ въ оврагъ Кидрона. Въ Аоинахъ же не только существовала канализаціонная сѣть, но сточныя воды были использованы для орошенія садовъ. Далѣе можно упомянуть о канализаціонныхъ устройствахъ и другихъ греческихъ городовъ: Олимпіи, Агригента и Самоса.

Но по справедливости однимъ изъ самыхъ замѣчательныхъ сооружеій древности слѣдуетъ признать сооруженіе Римлянъ—Сюаса махіма, построенное этрусскимъ инженеромъ при Тарквиніи Прискѣ и игравшее роль главнаго коллектора общесплавной системы (чер. 7).

При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что Сюаса махіма недавно перестроена инженеромъ Бони и включена въ современную Римскую канализаціонную сѣть. Въ Римскихъ колоніяхъ (Парижъ, Кельнъ, Триръ) также имѣлись водостоки.

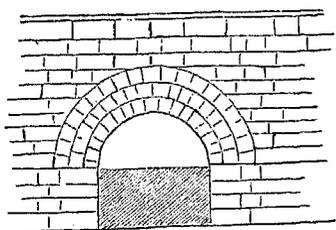
Конечно, эти древніе каналы могли считаться только первичными формами современныхъ водостоконъ. Каналы имѣли плоское дно, уклоны чередовались безъ всякой системы (такъ напр. Сюаса махіма придавались уклоны въ предѣлахъ отъ 1 : 36 до 1 : 1100). Эти обстоятельства вызывали постоян-

чер. 7.



ныя отложенія дурно пахнувшей грязи, сильно стѣснявшей сѣченіе каналовъ (чер. 8).

чер. 8.



Часть сѣченія, занесенная грязью, заштрихована.

ствѣ съ кухнею.

Не смотря на указанные недостатки все же слѣдуетъ признать римскія сооруженія произведеніями культуры.

Нашествіе варваровъ и въ особенности распространеніе христіанства сильно подорвали значеніе санитарно-нижеперныхъ сооруженій. По всюду царилъ аскетизмъ, и распространялось презрѣніе къ чистотѣ тѣла и къ заботамъ о здоровьѣ.

Вслѣдствіе подобнаго отношенія къ гигиенѣ и общественной санитаріи въ Европѣ появились грозныя эпидеміи чумы, проказы, и „черной смерти“, нашедшія для своего развитія благоприятную почву.

Болѣе значительный интересъ къ санитарнымъ мѣропріятіямъ замѣчается только съ XII столѣтія. Въ концѣ этого столѣтія появились въ Парижѣ первыя мостовыя изъ каменныхъ плитъ (1182 г.). Мощеніе распространялось весьма медленно и появилось лишь въ Германіи только въ XV столѣтіи (Нюрнбергъ). Въ средніе же вѣка (IX ст.) въ феодальныхъ замкахъ появились бездонные или поглощающіе выгреба. Въ XVI столѣтіи (1533 г.) въ Парижѣ было издано предписаніе объ обязательномъ устройствѣ выгребовъ въ домахъ и о періодическомъ ихъ опорожненіи за определенную таксу. Простѣйшія отхожія мѣста также появились въ Европѣ въ этомъ столѣтіи.

Въ XVI же столѣтіи ручей Менильмонтанъ въ Парижѣ, впадавшій нѣкогда въ Сену, былъ перекрытъ сводомъ и превращенъ въ водосточный каналъ.

Въ XVII столѣтіи протяженіе Парижской водосточной сѣти уже возросло до 3 километровъ. Къ этой же эпохѣ нужно отнести употребленіе воды для промывки отхожихъ мѣстъ.

По Roeschling'у<sup>1)</sup> первый водной клозетъ появился въ Англии, въ концѣ XVII столѣтія (1775 г.); за изобрѣтеніемъ послѣдовало много конструкцій клозетовъ, распространеніе которыхъ было весьма ограничено еще въ первой четверти прошлаго столѣтія. Сильный толчокъ для развитія канализаціонныхъ устройствъ дала эпидемія холеры въ Англии въ 1831 году. Другимъ весьма важнымъ поводомъ къ постановкѣ этихъ вопросовъ явился, какъ послѣдствіе развитія путей сообщенія и промышленности, громадный приростъ населенія въ большихъ центрахъ. Громадное количество смертей среди рабочаго населенія Англии во время холерной эпидеміи заставило въ 1838 г. Англійскій парламентъ образовать анкетную комиссію подъ предсѣдательствомъ Chadwick, результаты работъ которой были опубликованы въ особомъ сочиненіи „Докладъ о санитарныхъ условіяхъ рабочаго населенія Великобританіи“ (Report of the sanitary conditions of the labouring population of Great Britain). Въ этомъ сочиненіи было указано, что канализаціонныя устройства въ рабочихъ кварталахъ въ 42 городахъ отвратительны, въ 7 спосны и въ одномъ удовлетворительны. За этой анкетой парламентомъ былъ изданъ Town Improvement Act (Законъ объ улучшеніи городского хозяйства) и въ 1848 г. Public Health Act (Законъ о народномъ здравіи), по которому создавался центральный органъ по дѣламъ народнаго здравія, (General Board of Health) и предписывалось городскимъ муниципалитетамъ принятіе такихъ санитарныхъ мѣръ, чтобы общая смертность не была выше 23‰<sup>2)</sup>.

Канализаціонныя устройства на континентѣ появились позднѣе въ теченіе послѣдней трети прошлаго столѣтія. Первымъ городомъ въ Германіи устроившимъ систематическую канализацію, былъ г. Гамбургъ, пригласившій въ 1842 г. Линдлея отца—(Lindley) для постройки водоснабженія и канализаціи.

Въ 1857 году Бельгранъ (Belgrand) устроилъ знаменитую канализаціонную сѣть въ Парижѣ, построенную по принципу tout à l'égout (все въ водостокъ).

Въ концѣ шестидесятыхъ годовъ была построена канализація въ Франкфуртѣ на Майнѣ Линдлеемъ.

Сначала послѣ устройства канализаціи въ Гамбургѣ и Франкфуртѣ на Майнѣ развитіе канализаціонныхъ устройствъ въ Западной Европѣ шло весьма медленно. Появились многочисленные противники канализаціи, доказывавшіе вредъ отъ ея устройствъ, такъ какъ, по ихъ мнѣнію, канализація только способствовала развитію болѣзней (теорія клоачныхъ газовъ, міазмы). Они требовали запрещенія спускать человѣческіе экскременты въ канализаціонную сѣть и утверждали, что сплавляя отбросы, население городовъ лишается тѣхъ выгодъ, которыя бы могли быть извлечены при эксплуатаціи

1) Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege, 1895 г.

2) Въ настоящее время въ Англии средняя смертность городского населенія ниже 20‰, смертность въ Лондонѣ въ 1907 году была всего 14,6‰. Авторъ.

ихъ какъ удобренія. Однако изслѣдованіями было доказано, что составъ сточныхъ водъ городовъ, спускающихъ свои экскременты и не спускающихъ, оказался почти тождествененъ, и что наоборотъ послѣ введенія канализаціи всюду понижалась смертность.

Въ это же время (семидесятыхъ годахъ) взаимнѣ канализаціи выдвигались торфяные и земляные клозеты; къ этой же эпохѣ слѣдуетъ отнести появленіе пневматическихъ системъ Лирнура (1867) и Берліе (1881). Вслѣдъ за системой Лирнура въ 1870 г. появилась система Беринга, представляющая собой простой вариантъ раздѣльной системы.

Въ это время въ Европѣ имѣли еще большое распространеніе постоянные и подвижные выгреба (бочечная система), но постепенно города бросали эту систему и переходили на канализацію.

Въ теченіе борьбы за канализацію противниками ея были указаны нѣкоторыя упущенія. Стало яснымъ, что необходимо ограничить попаданіе въ сѣтъ тяжелыхъ минеральныхъ частицъ и стремиться сплавлять только жидкія или разжиженные нечистоты.

За признаніемъ выгоды принципа сплава нечистотъ послѣдовали конструкціи дождеприемниковъ съ осадочными ведрами, смотровыхъ колодцевъ, песколовокъ и пр. Сначала существовалъ одинъ только терминъ для системъ канализаціи—сплавныя системы, затѣмъ послѣдовательно появились термины: общесплавныя, раздѣльныя, дифференціальныя (пневматическія). Одновременно съ борьбой противъ канализаціи велась ожесточенная борьба между сторонниками общесплавной и раздѣльной системами, хотя первая раздѣльная канализація была устроена въ Англии уже въ 40-годахъ. Побѣда въ тѣ времена осталась за первыми, но современныя воззрѣнія специалистовъ не отдають явнаго предпочтенія той или другой системѣ, признавая за ними одинаковое гигиеническое значеніе <sup>1)</sup> и рѣшая вопросъ о выборѣ той или иной системы путемъ сопоставленія вариантовъ съ экономической точки зрѣнія.

Въ настоящее время по раздѣльной системѣ въ Германіи канализировано до 80 городовъ <sup>2)</sup>, въ Австро—Венгріи—Карлсбадъ, Баденъ и др., въ Италіи—Палермо, Катапія, въ Франціи—Руанъ, въ Россіи—Москва, Кіевъ, Ростовъ-на-Дону, Ялта, Ц. Село и пр.

Въ 1873 году инженеромъ Нобсехтъ была построена канализація Берлина по такъ называемой радіальной системѣ. Затѣмъ послѣдовали канализаціи и въ другихъ городахъ Западной Европы, число которыхъ растетъ съ каждымъ днемъ; 1893—95 годы ознаменовались примѣненіемъ полураздѣльной системы въ г. Буэносъ Айресъ <sup>3)</sup>.

Въ Германіи въ настоящее время по даннымъ д-ра Саломона болѣе 400 городовъ имѣють канализаціи, въ Англии болѣе 100 городовъ и т. под.

<sup>1)</sup> См. труды VII Водопрвод. съѣзда, докладъ Е. В. Контковскаго, О сравненіи сплавной и раздѣльной системы канализаціи.

<sup>2)</sup> Salomon, Die Staedtische Abwaesserbeseitigung in der Deutschland

<sup>3)</sup> Genie Civil 1896. № 24—25.

Параллельно съ вопросомъ о канализаціи былъ постепенно выдвинутъ и другой вопросъ—о загрязненіи водныхъ протоковъ, служившимъ съ самыхъ незапамятныхъ временъ естественными коллекторами для сплава нечистотъ.

Но въ этомъ вопросѣ, какъ и во многихъ другихъ вопросахъ санитарнаго благоустройства, впереди другихъ государствъ оказалась Англія, гдѣ подъ давленіемъ общественнаго мнѣнія былъ образованъ въ періодъ 1866—1876 г. рядъ комиссій по изслѣдованію вопроса о загрязненіи сточными водами англійскихъ рѣкъ (Rivers Pollution Commissions). Примѣру Англіи послѣдовалъ на континентѣ, и уже въ 1884 г. Hulva изслѣдовалъ загрязненіе р. Одеры у г. Бреслава. Почти въ то же время (1885 г.) Durand—Claye изслѣдовалъ загрязненіе р. Сены у Парижа. Затѣмъ Frank<sup>1)</sup> (1886 г.) Prausnitz (1890 г.), Niedner, Uffelmann, Ohlmuller изслѣдовали рѣки Германіи, Celli и Scala—Италіи, Schlatter и Thomann — Швейцаріи и т. под. Въ настоящее время подобныя изслѣдованія въ Европѣ уже составляютъ заурядныя явленія.

По выясненіи загрязненія рѣкъ постепенно вырабатывались и методы предварительной очистки сточныхъ водъ. Правда, нѣкоторые методы очистки, какъ поля орошенія, были использованы еще въ XVI вѣкѣ, (поля въ Бушцлау, близъ Лондона), но болѣе серьезное примѣненіе они себѣ нашли лишь въ послѣдней половинѣ прошлаго столѣтія. Способъ перемежающейся фильтраціи былъ разработанъ Фрэнклендомъ въ 1868 году, а уже въ 1876 г. въ Англіи 64 города примѣняли поля орошенія. Механическіе и механико-химическіе способы очистки возникли въ 70—80 годахъ и широко распространились въ Англіи и Германіи. Но вскорѣ наступило разочарованіе въ примѣненіи химико-механическихъ способовъ, какъ дающихъ въ результатѣ много ила, удаленіе или переработка котораго была весьма затруднительна. На смѣну имъ были опять выдвинуты чисто механическіе способы, смѣнившіе кое-гдѣ бывшую ранѣе химическую очистку (Висбаденъ) и способы естественно-біологическіе (перемежающаяся фильтрація и поля орошенія). Но необходимость имѣть большія площади для эксплуатаціи этихъ способовъ весьма затрудняло примѣненіе этихъ методовъ и съ экономической точки зрѣнія. Поэтому кажется естественнымъ, что человѣчество стремилось найти способъ, ведущій къ тѣмъ же цѣлямъ, что и поля орошенія.

Такимъ способомъ оказался методъ біологической фильтраціи, называемый въ наукѣ обыкновенно искусственнымъ біологическимъ методомъ. Прimitивный типъ гниlostнаго резервуара (septic-tank) можно видѣть въ изобрѣтенномъ въ 1881 г. выгребѣ, извѣстномъ въ Россіи подъ именемъ выгребовъ *Шамбо-Муаньо*. Собственно же біологическій методъ вылился изъ поставленныхъ опытовъ въ Америкѣ въ г. Лауренсъ (Массачузетсъ), гдѣ изучалась въ 1889—1891 г.г. перемежающаяся фильтрація сточныхъ водъ

<sup>1)</sup> В. Ф. Ивановъ, Труды VIII Водопроводнаго Съѣзда, О спускѣ сточныхъ водъ въ водные протоки.

съ различными матеріалами. Послѣдующія устройства въ Англіи окислителей Дибдиномъ въ г. Sutton и септиковъ Камерономъ въ г. Exeter произвели переворотъ въ дѣлѣ очистки сточныхъ водъ. Но слѣдующіе развитіе этихъ способовъ привело къ тому, что десятки городовъ въ Англіи уже перешли на біологическую очистку. Въ Германіи энергичнымъ изслѣдователемъ въ этой области явился проф. Dunbar, (1901—1902 г.), устроившій опытную станцію въ Гамбургѣ, затѣмъ нужно еще указать во Франціи проф. Calmette (1904 г.), имѣющаго опытную станцію въ г. Лиля, и у насъ въ Россіи С. К. Дзербжовскаго, устроившаго опытную станцію въ П. Селѣ.

Исторія развитія канализаціонныхъ устройствъ въ Россіи не велика. Можно прямо сказать, что они находятся въ младенческомъ періодѣ своего развитія. Достаточно сказать, что столица Россіи—С.П.-Бургъ—около 40 лѣтъ занимается составленіемъ проекта канализаціи, и до сихъ поръ еще не работала такового!

Въ Россіи имѣютъ канализацію только 6 большихъ городовъ: Одесса, Варшава, Рига, Ростовъ на Дону, Кіевъ и Москва (центральный районъ).

Къ старѣйшимъ канализаціямъ слѣдуетъ отнести канализацію по общесплавной системѣ въ Одессѣ (1878) и Варшавѣ (1879). Затѣмъ канализаціи по раздѣльной системѣ идутъ въ Кіевѣ (1894 г.), въ Ригѣ (1895 г.), въ Москвѣ (1898 г.) и въ Ростовѣ на Дону (1906 г.).

Кромѣ того нужно еще упомянуть о канализаціи Гатчины, Ялты, Царскаго Села (1905 г.) и начавшейся постройки канализаціи г. Самары (1908) и Саратова (1910 г.).

Часть городовъ имѣетъ разработанные проекты, но не приступаетъ къ постройкѣ по финансовымъ соображеніямъ. Къ такимъ городамъ относятся Астрахань, Нижній Новгородъ, Харьковъ, Тифлисъ, Екатеринославъ, Радомъ, Лодзь и др. Г. Кіевъ въ настоящее время заканчиваетъ работы по перестройкѣ существовавшей тамъ системы Шона на неполную раздѣльную систему и по распространенію канализаціи на весь городъ.

Вопросъ объ очисткѣ сточныхъ водъ стоитъ въ Россіи также не высоко. Ялта спускаетъ свои отбросы въ море, также поступаетъ и Варшава и Ростовъ на Дону, спуская въ Вислу и Донъ воды безъ всякой предварительной очистки. При этомъ слѣдуетъ упомянуть, что оба эти города предполагаютъ въ ближайшемъ будущемъ приступить къ постройкѣ осадочныхъ бассейновъ для механической очистки. Одесса, Москва и Кіевъ примѣняютъ поля орошенія, Царское Село (1902 г.) и Москва (въ видѣ вспомогательной станціи на 5000000 ведеръ) эксплуатируютъ біологическую очистку.

Говоря о біологической очисткѣ слѣдуетъ упомянуть, что этотъ методъ сравнительно широко распространился въ Россіи для очистки сточныхъ водъ отдѣльныхъ учреждений: высшихъ учебныхъ заведеній, больницъ, фабрикъ и заводовъ.

Далѣе слѣдуетъ упомянуть, что въ Россіи опытами и научными изслѣдованіями по очисткѣ сточныхъ водъ занимаются Институтъ Эксперименталь-

ной медицины (С. К. Дзержговскій) и опытная станція на Московскихъ поляхъ орошенія (инж. М. И. Бимапъ).

На этомъ можно закончить краткую исторію развитія канализаціи въ Россіи.

§ 2. Вліяніе канализаціи на пониженіе смертности населенія. Послѣ озна-комленія съ краткой исторіей развитія канализаціонныхъ устройствъ предъ нами естественно стоитъ вопросъ, какое же вліяніе оказала канализація на пониженіе смертности населенія.

Для того, что бы дать полный отвѣтъ на этотъ вопросъ намъ необходимо имѣть въ рукахъ точныя статистическія данныя о заболѣваемости и смертности городского населенія. Само собой разумѣется, что мы въ сущности не располагаемъ точными данными о полной заболѣваемости насе-ленія; у насъ лишь могли быть только данныя о заболѣваемости, получен-ныя изъ городскихъ больницъ. Но такъ какъ эти данныя далеко не могутъ охватить всѣ случаи заболѣванія, то въ сущности мы должны свои выводы строить только на цифрахъ общей смертности и изучить вліяніе устрой-ства канализаціи на ихъ пониженіе.

Правда, за послѣднее время въ нѣкоторыхъ городахъ Западной Европы (Парижъ, Гавръ) стали устраивать такъ называемыя санитарныя бюро домовъ, которые регистрируютъ и заболѣванія, но эти примѣры еще очень небольшо-численны.

Изучая данныя о смертности населенія, слѣдуетъ указать, что за по-слѣднія десятилѣтія смертность имѣетъ опредѣленную тенденцію къ пони-женію. Это можно видѣть изъ слѣдующихъ цифръ. Такъ напр. смертность въ г. Одессѣ въ 1874 г. была 40,3 ‰, въ 1898 г.—21 ‰, въ Стокгольмѣ во второй половинѣ XVIII столѣтія 47,5 ‰, а въ 1907 г.—14,3 ‰, въ Берли-нѣ въ 1868 г.—34,69 ‰, а въ 1907 г.—15,4 ‰. Такую эволюцію въ пони-женіи общей смертности испытали, почти всѣ крупныя города, въ кото-рыхъ смертность съ 35—40 ‰ упала до 13—20 ‰.

Смертность въ различныхъ городахъ на 1000 жителей въ 1907 году приведена въ таблицѣ IV.

Въ этой таблицѣ можно къ стыду нашему видѣть, что С.-Петербургъ занимаетъ послѣднее мѣсто, превышая норму въ 23 ‰, установленную, какъ минимумъ въ Англіи въ 1848 году: ниже его стоитъ только индій-скіе города, населенные некультурнымъ народомъ.

Оцѣнивая цифры пониженія смертности населенія, нельзя разумѣется приписать это пониженіе исключительно дѣйствию канализаціи. Результаты пониженія смертности—функция многихъ переменныхъ: устройства водо-снабжения со здоровой водою, устройства канализаціи, мостовыхъ, бань, сли-ганія твердыхъ отбросовъ, скотобоенъ, больницъ, улучшенія жилищъ, пони-женія дѣтской смертности и т. п.

Поэтому въ дальнѣйшемъ слѣдуетъ расчлениать значеніе этихъ факто-ровъ, къ чему можно подойти только съ извѣстной вѣроятностью, съ извѣ-стнымъ приближеніемъ.

ТАБЛИЦА 1) IV.

НАЗВАНИЕ ГОРОДА.	Смерт- ность въ ‰.	НАЗВАНИЕ ГОРОДА.	Смерт- ность въ ‰.
Амстердамъ . . . . .	13,5	Римъ . . . . .	18,2
Христiанiя . . . . .	13,5	Парижъ . . . . .	18,5
Брюссель . . . . .	13,7	Нью-Йоркъ . . . . .	18,5
Стокгольмъ . . . . .	14,3	Будапештъ . . . . .	20,2
Лондонъ . . . . .	14,6	СПБургъ . . . . .	24,2
Копенгагенъ . . . . .	15,2	Калькута . . . . .	33,0
Берлинъ . . . . .	15,4	Каиръ . . . . .	38,4
Вѣна . . . . .	17,3	Бомбей . . . . .	39,5

Не слѣдуетъ также при выводахъ брать небольшiе промежутки времени, такъ какъ на нихъ могутъ оказывать сильное влiянiе случайные факторы-эпидемiи. Но, если бы кромѣ устройствъ водоснабженiя и канализации почти не было бы никакихъ другихъ факторовъ, могущихъ оказать влiянiе на пониженiе смертности, то съ такими заключенiями уже слѣдовало бы считаться.

Теперь посмотримъ, какъ наши предположенiя будутъ оправдываться на частныхъ примѣрахъ.

Въ Берлинѣ цифры средней смертности въ ‰ за пятидесятилѣтнiй периодъ отъ 1840 г. до 1891 г. будутъ таковы. 2).

I.				II.	
1840 . . . . .	28,04	1849 . . . . .	34,26	1856 . . . . .	26,30
1841 . . . . .	25,28	1850 . . . . .	26,89	1857 . . . . .	30,16
1842 . . . . .	25,96	1851 . . . . .	24,70	1858 . . . . .	28,03
1843 . . . . .	24,30	1852 . . . . .	27,04	1859 . . . . .	27,78
1844 . . . . .	24,19	1853 . . . . .	29,25	1860 . . . . .	24,34
1845 . . . . .	23,09	1854 . . . . .	25,60	1861 . . . . .	28,18
1846 . . . . .	23,89	1855 . . . . .	29,99	1862 . . . . .	26,94
1847 . . . . .	23,97	Въ среднемъ за 16 л.		1863 . . . . .	30,21
1848 . . . . .	29,28	26,6		1864 . . . . .	30,99

1) См. Городское Дѣло, 1909 г., № 19.

2) См. Büsing, Die Staedtereinigung, 1897 г.

1865 . . .	33,80
1866 . . .	41,62
1867 . . .	28,96

Въ среднемъ за 12 л.  
29,78

III.

1868 . . .	34,69
1869 . . .	26,48
1870 . . .	30,24
1871 . . .	37,24
1872 . . .	30,82
1873 . . .	29,34
1874 . . .	29,39

1875 . . .	32,29
Въ среднемъ за 8 л.	31,31

IV.

1876 . . .	29,32
1877 . . .	29,66
1878 . . .	29,47
1879 . . .	27,62
1880 . . .	29,25
1881 . . .	27,27

Въ среднемъ за 6 л.  
28,77

V.

1882 . . .	25,92
------------	-------

1883 . . .	28,92
1884 . . .	26,33
1885 . . .	24,39
1886 . . .	25,65

Въ среднемъ за 5 л.  
26,24

VI.

1887 . . .	21,88
1888 . . .	20,35
1889 . . .	19,76
1890 . . .	21,19
1891 . . .	20,7

Въ среднемъ за 5 л.  
20,77

Числа первой группы обнимаетъ собой 16 лѣтній промежутокъ времени, когда еще не существовало въ Берлинѣ ни центрального водопровода, ни канализаціи. Хотя въ теченіе 6 лѣтъ (1848—1856 и 1852—1855) свирѣпствовала холера, тѣмъ не менѣе среднія цифры смертности ниже цифръ трехъ послѣдующихъ періодовъ.

Числа II-ой группы обнимаютъ собой 12-лѣтній промежутокъ времени, знаменуютъ собой періодъ присоединенія домовъ къ водопроводу (1856—1862); среднія цифры смертности еще высоки, и въ ней нельзя подмѣтить вліяніе устройства водопровода. Въ теченіе этого періода холера появлялась 4 раза въ 1855, 1857, 1859 и 1866 г.

III-ій періодъ (8 лѣтній промежутокъ) также имѣетъ еще высокую цифру смертности, но на нее уже должно было имѣть вліяніе водопровода и устройства боей (1870 г.). На высоту цифры оказала вліяніе еще эпидемія оспы (1871 г.).

Четвертый періодъ знаменуетъ собой уже присоединеніе домовъ къ только что устроенной въ 1873 году канализаціи. Въ этотъ шестилѣтній періодъ присоединилось до половины всѣхъ домовъ. Цифры смертности понизились, хотя на ее пониженіе могъ оказать вліяніе и новый водопроводъ на Тегельскомъ озерѣ (1872 г.).

Въ пятый періодъ (пятилѣтній) также продолжается пониженіе смертности; число присоединеній домовъ къ канализаціи доходитъ уже до 80%. Но всецѣло отнести этого за счетъ канализаціи нельзя, такъ какъ на пониженіе смертности оказало вліяніе постройка новой бойни (1881 г.) и одновременное уничтоженіе всѣхъ старыхъ примитивныхъ боей въ городѣ.

Въ теченіе шестого періода число присоединеній домовъ доходитъ уже до 96%; пониженіе впрочемъ, объясняется общимъ улучшеніемъ санитарныхъ условій (устройствомъ центральныхъ рынковъ, улучшеніемъ больницъ и т. п.

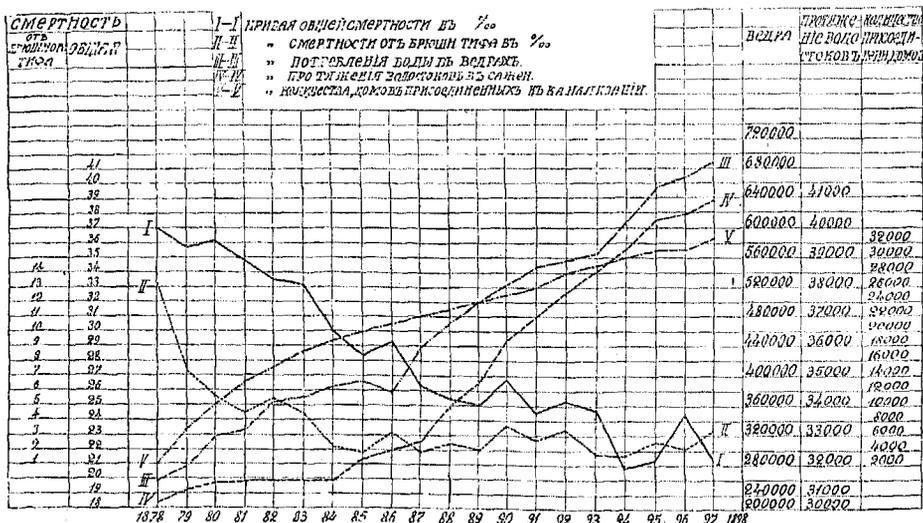
Въ 1907 году смертность Берлина понизилась еще на 5<sup>0</sup>/<sub>00</sub> (см. таблицу IV).

Изъ разсмотрѣнія этихъ цифръ все же должно признать, что сильное пониженіе смертности произошло только съ окончаніемъ присоединенія домовъ къ городской канализаціи.

У насъ въ Россіи интересныя санитарно-статистическія изслѣдованія были сдѣланы д-ромъ Василевскимъ <sup>1)</sup> для г. Одессы за 20-лѣтній періодъ (1878—1892 г.).

Полученныя имъ данныя нами для ясности изображены на нижеслѣдующей діаграммѣ (черт. 9).

чер. 9.



На этой діаграммѣ нанесены 5 кривыхъ:

I-I—кривая общей смертности,

II-II—кривая смертности отъ брюшного тифа,

III-III—кривая потребленія воды въ ведрахъ,

IV-IV—кривая длины канализаціонной сѣти и

V-V—кривая количества домовъ, присоединенныхъ къ канализаціи.

Сила смертности г. Одессы въ 1874 году равнялись 40,8<sup>0</sup>/<sub>00</sub>—въ 1898 г. она равнялась только 21<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, т. е. уменьшилась почти вдвое. Уменьшеніе смертности шло съ извѣстнымъ постоянствомъ, какъ это можно видѣть изъ кривой I-I; при сравненіи же данныхъ смертности по десяти-лѣтіямъ мы получаемъ для 1-го десятилѣтія—31,7, для второго 23,8 уменьшеніе достигаетъ почти 7<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Потребленіе же воды возросло съ годового количества съ 256.920.000 ведеръ до 708.906.800 ведеръ т. е. увеличилось

<sup>1)</sup> Труды IV Водопроводнаго Съѣзда, докладъ д-ра Василевскаго, Санитарно-статистическія данныя о вліяніи канализаціи и водопровода на уменьшеніе смертности въ г. Одессѣ.

почти втрое, длина городской сѣти увеличилось съ 30871 ног. саж. до 40928 ног. саж. т. е. свыше 30<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и наконецъ количество присоединенныхъ домовъ возросло съ 34,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> всего количества до 65,8<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Мы уже выше указывали, что почва играетъ роль въ распространѣнн брюшного тифа, поэтому уменьшеніе смертности отъ брюшного тифа въ связи съ возрастаніемъ количества присоединенныхъ домовъ должно имѣть мѣсто, что и подтверждается кривой II-II (черт. 9), показывающей уменьшеніе смертности отъ брюшного тифа на 41,3<sup>0</sup>/<sub>00</sub>.

Эти же изслѣдованія пополнены д-ромъ Василевскимъ изученіемъ смертности по отдѣльнымъ участкамъ города, такъ какъ не всѣ участки въ равной степени снабжены водопроводомъ и канализаціей. Къ сожалѣнію послѣднія данныя относятся только къ небольшимъ періодамъ времени отъ (1888—1892 г. и 1893—1897 г.). Приведемъ діаграммы за оба пятилѣтія (см. черт. 10 и 11).

Изъ этихъ діаграммъ ясно видно, что участки съ наибольшимъ потребленіемъ воды и наибольшимъ количествомъ домовъ, присоединившихся къ канализаціи, имѣютъ наименьшую общую смертность и смертность отъ брюшного тифа, и что наоборотъ окраинные участки (Пересыпскій, Романовскій и отчасти Петропавловскій) находятся въ плохихъ санитарныхъ условіяхъ.

Кромѣ этихъ работъ слѣдуетъ еще указать на изслѣдованіе смертности отъ тифа, сдѣланныхъ Soyka<sup>1</sup>), Baron<sup>2</sup>), Hueppe<sup>3</sup>), Weyl<sup>4</sup>), Корчакъ-Ченурковскимъ<sup>5</sup>) и пр.

Всѣ эти изслѣдованія подтверждаютъ положеніе, что съ увеличеніемъ количества присоединенныхъ домовъ падаетъ общая смертность и понижается смертность отъ брюшного тифа.

Если же взять холерныя эпидеміи послѣднихъ лѣтъ, то можно также указать, что холера не развивалась въ тѣхъ городахъ, гдѣ были на надлежащей высотѣ водопроводные и канализаціонные устройства (Варшава, Ц. Село).

§ 3. Экономическія выгоды отъ устройства канализаціи. Уменьшеніе смертности въ городахъ приносить имъ непосредственную выгоду. Такъ какъ съ сокращеніемъ смертности сокращается заболѣваемость населенія, то городскія управленія естественно затрачиваютъ меньше денегъ на содержаніе городскихъ врачей и больницъ и получаютъ больше налоговъ. Городское же населеніе съ своей стороны тратитъ меньшія суммы на леченіе

1) *Soyka*. Untersuchungen zur Kanalisation, Munchen, 1886.

2) *Baron*. Der Einfluss von Wasserleitungen und Tiefkanalisation auf die Typhuserregung in deutschen Staedten, 1886.

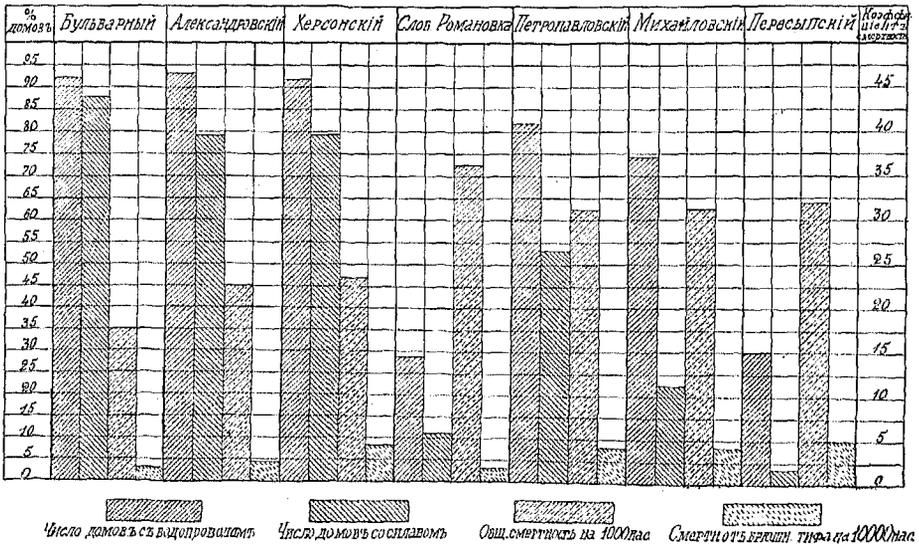
3) *Hueppe*. Ueber Typhus und Kanalisation, Jour. f. Gasbel. und Wasserversor., 1888.

4) *Weil*. Die Einwirkung hygienischer Werke auf die Gesundheit der Staedte, 1893.

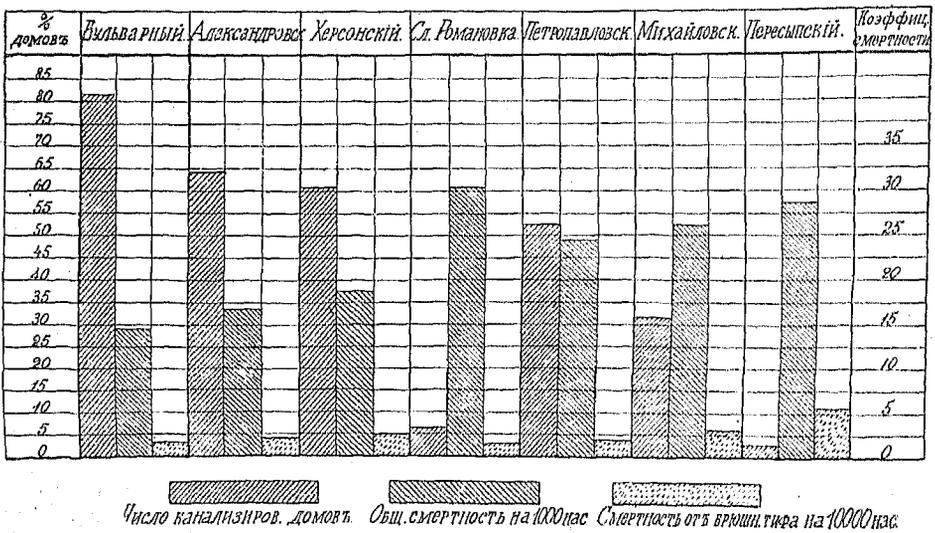
5) *Корчакъ-Ченурковскій*. Измѣненіе смертности въ Кіевѣ со времени введенія въ немъ канализаціи, 1901 г.

отъ болѣзней и выигрываетъ въ количествѣ потерянныхъ трудовыхъ дней. Отъ увеличенія же количества рабочихъ дней выигрываетъ и государство, такъ какъ взаменъ опытныхъ работниковъ оно иногда вынуждено пользоваться работой новичковъ. Само собой разумеется, что точно подсчитать

чер. 10.



чер. 11.



выгоды отъ сокращенія заболеваемости и смертности нельзя за трудностью полученія соответственныхъ данныхъ; но подойти къ этому вопросу съ достаточнымъ для практики приближеніемъ мы можемъ.

По даннымъ Петтеикофера, выработаннымъ для города Мюнхена, на каждый смертный случай въ среднемъ приходится до 30 заболѣваній со средней продолжительностью каждаго заболѣванія въ 20 дней. Такимъ образомъ каждому смертному случаю соответствуетъ потеря  $30 \times 20 = 600$  рабочихъ дней.

Для того, чтобы какъ-нибудь подойти къ вопросу о средней стоимости человѣческой жизни, необходимо знать стоимость жизни различныхъ общественныхъ классовъ.

Энгель <sup>1)</sup> (Engel) дѣлитъ жизнь человѣка на три періода: первый, когда человѣкъ воспитывается и готовится къ будущему труду, второй, когда человѣкъ совершаетъ извѣстную работу, и третій, когда человѣкъ, утративъ свою трудоспособность, доживаетъ свой вѣкъ.

Съ экономической точки зрѣнія имѣетъ значеніе только второй періодъ. Въ теченіе этого періода на человѣкѣ лежитъ обязанность своимъ трудомъ выполнить три задачи: 1) возмѣстить расходы, затраченные на его воспитаніе, 2) затрачивать заработанные деньги на жизнь и на поддержаніе своей трудоспособности и 3) приобрести извѣстную сумму денегъ, чтобы прожить остатки дней своихъ безъ повседнежнаго труда.

Границей между первымъ и вторымъ періодомъ Энгель считаетъ 20 лѣтъ, между вторымъ и третьимъ 50 лѣтъ.

Далѣе намъ остается рѣшить вопросъ о величинѣ годового заработка въ Россіи.

Эти цифры, разумѣется, различны въ разныхъ государствахъ. Ромеръ считаетъ, что каждый французъ зарабатываетъ до 75 коп. въ сутки, Энгель даетъ для нѣмца заработокъ въ 90 коп. и проф. Эрисманъ разчитываетъ заработокъ для русскаго въ 20 коп. Если принять въ настоящее время заработокъ въ Россіи въ 30 коп. въ день, то годовой заработокъ будетъ приблизительно равенъ 100 рублямъ.

Далѣе, принимая, что расходъ по содержанію и уходу за больными равняется 20 коп. въ сутки, получимъ, что съ каждымъ смертнымъ случаемъ теряется сумма  $600 \times 20 = 120$  рублей; если къ этому прибавить расходы по погребенію въ размѣрѣ 20 рублей и потерю отъ заболѣванія самого умершаго  $30 \times 30 = 9$  руб., то общая потеря отъ одной смерти будетъ равна  $100 + 120 + 20 + 9 = 249$  или  $\infty 250$  руб. Возьмемъ теперь городъ съ населеніемъ въ 100000 человѣкъ и посмотримъ, какая экономія получилась бы при сокращеніи смертности хотя бы на 5%. Общее сокращеніе въ годъ составитъ  $500 \times 250 = 125000$  руб., а въ теченіе 20 лѣтъ (средняго расчетнаго времени дѣйствія канализаціи безъ расширенія) 2500000, *сумму вполне достаточную для сооружеія канализаціи.*

Кромѣ экономическихъ выгодъ отъ непосредственной охраны здоровья и жизни населенія, канализація приноситъ выгоды и съ другихъ точекъ зрѣнія. Мы уже упоминали выше, что мостовыя на городскихъ улицахъ

<sup>1)</sup> Engel, Preis der Arbeit und derselbe, Wert des Menschen.

устраиваются главнымъ образомъ, чтобы служить удобными путями сообщенія между отдѣльными частями города. Для того, чтобы улицы могли бы удовлетворять своему назначенію, необходимо одновременно заботиться о правильной организаціи на нихъ уличнаго движенія. Для этой цѣли слѣдуетъ принимать мѣры, чтобы сокращать по возможности число экипажей и телегъ на улицахъ и равномерно распределить ихъ по отдѣльнымъ улицамъ.

Поэтому, если бы въ городѣ не существовало канализаціи и примѣнялся бы вывозъ отбросовъ, то ассенизаціонные обозы, естественно, въ особенности въ городахъ съ большимъ уличнымъ движеніемъ могли бы ему очень мѣшать.

Поясимъ вышесказанное конкретнымъ примѣромъ. Среднее потребленіе на человѣка въ сутки въ русскихъ городахъ мы примемъ въ 60 литровъ. Отсюда для городовъ съ населеніемъ въ 100000 человѣкъ въ сутки потребленіе воды будетъ равно  $60 \times 100000 = 6000000$  литровъ.

Для перевозки этого количества воды по городскимъ улицамъ потребовалось бы при средней ёмкости ассенизаціонной бочки въ 500 литровъ 12000 бочекъ, а при послѣдующей отвозкѣ изъ города не менѣе 600 вагоновъ въ сутки,—цифра, достаточно внушительная для такого города.

Если же къ этому прибавить, что правильно устроенныя канализаціонныя сѣти должны отводить и атмосферныя воды, то значеніе канализаціонныхъ устройствъ, какъ способа быстрого транспорта сточныхъ водъ, еще усиливается.

Удаленіе же атмосферныхъ водъ съ поверхности улицъ имѣетъ важное значеніе для уличнаго движенія, такъ какъ дожди, а въ особенности ливни *быстро образуютъ лужи* и могутъ при благопріятныхъ мѣстныхъ условіяхъ вызывать даже затопленія улицъ и подвальныхъ этажей домовъ и поврежденія мостовыхъ

Въ заключеніе мы должны еще упомянуть, что за послѣднее время развивается въ Германіи пользованіе водосточными каналами для таенія снѣга, чѣмъ также можетъ сократиться количество фуръ, служащихъ для его вывоза.

Вышеприведенными соображеніями мною доказывается вся выгодность канализаціонныхъ устройствъ для городовъ, и только косностью нашихъ думъ, медлящихъ въ заключеніи столь производительныхъ заимовъ, можно объяснить столь малое количество канализированныхъ городовъ у насъ въ Россіи.

---

### Г Л А В А III.

§ 1. Способы удаленія нечистотъ: индивидуальныя и коллективныя. Удаленіе нечистотъ изъ домовъ можетъ быть организовано двумя методами: первый методъ заключается въ томъ, что нечистоты скопляются въ домашнихъ резервуарахъ и черезъ извѣстные промежутки времени вывозятся за предѣлы населенныхъ мѣстъ.

Второй же методъ заключается въ томъ, что всѣ домашныя нечистоты (иногда съ атмосферными водами) поступаютъ въ сѣть подземныхъ водосточковъ, которые отводятъ ихъ такъ же за предѣлы населенныхъ мѣстъ съ примѣненіемъ предъ спускомъ ихъ въ водные протоки соответственной обработки сточныхъ жидкостей.

Способы, построенныя на примѣненіи перваго метода, можно назвать *индивидуальными*, способы 2-ой категоріи—*коллективными*.

Индивидуальныя способы обуславливаютъ собою примѣненіе выгребовъ, а коллективныя—постройку сѣти водосточковъ—канализацію.

Среднее положеніе между канализаціей и выгребами занимаютъ такія устройства, когда въ канализаціонныя сѣти запрещается впускъ человѣческихъ экскрементовъ, которые удаляются вывозомъ.

§ 2. Значеніе выгребовъ. *Индивидуальныя способы не удовлетворяютъ современнымъ требованіямъ гигиены*, такъ какъ они, обладая мѣстами скопленія нечистотъ—выгребами, не могутъ дать никакой гарантіи, что вывозъ нечистотъ будетъ произведенъ раньше начала процессовъ разложенія, если вывозъ будетъ предоставленъ заинтересованной сторонѣ—домовладѣльцамъ.

Нѣкоторую поправку къ этимъ способамъ можно видѣть въ правильной организаціи ассенизаціонныхъ обозовъ, организуемыхъ самими Городскими Управленіями.

Выдѣляющіеся въ выгребахъ гнилостныя газы по вытяжнымъ трубамъ легко попадаютъ въ клозетныя помѣщенія и заражаютъ квартирный воздухъ.

Также для чистоты воздуха опасны моменты опороженія выгребовъ какими бы то ни было усовершенствованными способами.

*Непроницаемость выгребовъ также иллюзорна* такъ какъ нерѣдко въ стѣнкахъ ихъ появляются трещины и нечистоты легко заражаютъ почву;

вентиляція выгребовъ несовершенна, такъ какъ легко опрокидывается тяга въ теплое время года. Кроме того наличность выгребовъ вызываетъ у домо-владѣльцевъ естественное желаніе сократить расходы по вывозу нечистотъ уменьшеніемъ числа водоразборныхъ приѣмниковъ (раковинъ, умывальниковъ, клозетовъ) въ домахъ что ведетъ къ пониженію чистоты населенія— фактора весьма важнаго для общественнаго здоровья.

Всѣ эти вышеприведенныя соображенія заставляютъ насъ *смотреть на выгребъ, какъ на известное едва терпимое зло, и допускать ихъ примѣненіе только въ крайнихъ случаяхъ, когда почему либо примѣненіе канализаціи было бы очень невыгоднымъ съ экономической точки зрѣнія.* Къ подобнымъ случаямъ слѣдуетъ причислить постройку выгребовъ для одиноко стоящихъ зданій: фермъ, домовъ въ имѣніяхъ, казармъ для рабочихъ на линіяхъ ж. д. и т. под.

Поэтому въ дальнѣйшемъ при описаніи конструкціи выгребовъ мы будемъ стремиться только къ указанію возможности *нѣсколько ослабить вредныя послѣдствія ихъ примѣненія*, такъ какъ выгребъ къ сожалѣнію еще очень распространенъ у насъ въ Россіи.

§ 3 **Приемы по устройству выгребовъ.** Обыкновенные выгребъ можно подраздѣлить на двѣ основныя категоріи: *постоянные и подвижные.*

*Ёмкость выгребовъ.* Полезная ёмкость выгребовъ опредѣляется тремя факторами: количествомъ лицъ, спускающихъ свои экскременты въ выгребъ, промежутками времени между двумя послѣдовательными опорожненіями и количествомъ другихъ отработавшихъ водъ городского водоснабженія (кухонныхъ, умывальныхъ, ваннхъ и пр.).

Количество экскрементовъ по Schmidt'у составляетъ на жителя въ сутки до 1,70 литра, изъ коихъ на долю жидкихъ нечистотъ приходится 1,14 литра, а твердыхъ 0,16 литра.

Высота выгребовъ дѣлается отъ 1,80 метр., до 2 метр.: это обезпечиваетъ возможность помѣститься человѣку при опорожненіи. Въ этомъ случаѣ высота выгребъ, занятая нечистотами, будетъ не болѣе 1 метр.—1,5 метр.

*Расположеніе выгребовъ.* Выгребъ помѣщаются на высотѣ подваловъ или ниже ихъ, если подвалы служатъ жилыми помѣщеніями; ихъ стараются располагать въ затѣненныхъ мѣстахъ, чтобы задерживать процессы разложенія нечистотъ. Кроме того ихъ пониженіе зависитъ отъ расположенія стульчаковъ въ домахъ, такъ какъ послѣдніе должны быть соединены съ выгребами по возможности кратчайшимъ путемъ. Также крайне желательно располагать выгребъ внѣ зданій и независимо отъ домовыхъ стѣнъ, закладывая образующіеся такимъ образомъ промежуточные пространства мягкой утрамбованной глиной. Если выгребъ почему либо и располагается подъ зданіемъ то все-таки часть его должна быть выдвинута наружу и снабжена отверстіемъ.

Если выгребъ устраивается для 10 человѣкъ и опорожняется разъ въ годъ, то его ёмкость должна быть не менѣе 5 куб. мет.; если бы выгребъ устраивался только для твердыхъ экскрементовъ, то при тѣхъ же усло-

віяхъ достаточна была бы ёмкость въ  $\frac{1}{20}$  прежней т. е. 0,25 куб. метр. Въ случаѣ же спуска всѣхъ домовыхъ водъ его ёмкость возрастаетъ отъ прибавленія этихъ водъ въ количествѣ 60—80 литровъ на человѣка въ сутки уже до 30 куб. метровъ; въ этомъ случаѣ необходимо устраивать вывозъ значительно чаще.

Въ нѣкоторыхъ городахъ ёмкость выгребовъ нормируется полицейскими постановленіями. Такъ напр. въ Штутгартѣ и Лейпцигѣ полагается на одну семью ёмкость въ  $\frac{1}{4}$  куб. метра.

Только въ случаѣ устройства отхожихъ мѣсть или особыхъ мѣстныхъ условій разрѣшается устройство выгребовъ подъ зданіями.

*Конструкція выгребовъ.* Выгребамъ обыкновенно придаютъ прямоугольную или квадратную форму; иногда выгребъ дѣлаются и круглаго сѣченія для увеличенія сопротивленія стѣнокъ давленію грунта. Дно выгребовъ должно лежать ниже пола подвальныхъ помѣщеній во избѣжаніе возможности подтопленія послѣднихъ. Въ случаѣ отсутствія подваловъ выгребъ могутъ быть установлены надъ поверхностью дворовыхъ участковъ и поэтому называются *надземными (воздушными)*.

Для удобства опорожненія и очистки выгребовъ желательно избѣгать при ихъ устройствѣ острыхъ или прямыхъ угловъ: всѣ углы должны быть закруглены. Также необходимо придавать дну выгребовъ для удобства опорожненія нѣкоторый уклонъ къ тому пункту, надъ которымъ будетъ опущена всасывающая труба.

Каждый выгребъ обыкновенно имѣетъ отверстія для присоединенія къ нему фановыхъ трубъ и отверстіе, закрываемое крышкой и служащее для опорожненія выгребовъ; въ нѣкоторыхъ случаяхъ выгребъ бываютъ снабжены еще переливными (холостыми) отверстіями, предохраняющимъ выгребъ отъ переполненія. Если фановыя трубы не входятъ непосредственно въ выгребъ, то устраивается наклонный каналъ подъ угломъ  $35^{\circ}$ — $45^{\circ}$  для ихъ соединенія съ выгребомъ, называемый *сливомъ или спускомъ*. Этотъ спускъ при проходѣ черезъ фундаментъ для предохраненія нослѣдняго отъ сырости обыкновенно обмазывается асфальтомъ. Для непроницаемости стѣнки и подошва выгребовъ обкладываются слоемъ мятой утрамбованной глины, толщиной не менѣе 20 см.—25 см.

Перекрытія выгребовъ должно дѣлать непроницаемыми какъ для воздуха, такъ и для воды. Наилучшимъ является устройство свода толщиной въ 1 кирпичъ съ земляной насыпкой надъ ними въ 50—75 см.

*Матеріалъ для выгребовъ.* Матеріалъ для выгребовъ долженъ выбираться непроницаемый для воды; иначе выгребъ будутъ непременно заражать почву и превратятся въ сущности въ бездонные выгребъ (поглощающіе колодцы), устройство которыхъ должно быть запрещено и можетъ быть разрѣшаемо въ рѣдкихъ случаяхъ въ сельскихъ районахъ. Этими основными требованіями уже опредѣляются матеріалы, пригодные для устройства выгребовъ.

Къ такимъ матеріаламъ слѣдуетъ отнести: камень, кирпичъ, бетонъ, желѣзо-бетонъ, керамику, желѣзо и т. п.

*Дерево не должно выбираться ни въ какомъ случаѣ для устройства выгребовъ, такъ какъ при его примѣненіи нельзя рассчитывать на непроницаемость выгребовъ.*

Тѣмъ не менѣе, деревянные выгребы влѣдствіе *дешевизны дерева* съ одной стороны и *нелѣзности населенія* съ другой распространены въ Россіи повсемѣстно, не только въ деревняхъ, но и въ большихъ городахъ и даже въ столицахъ<sup>1)</sup>; поэтому мы считаемъ нужнымъ сказать нѣсколько словъ о нихъ въ нашемъ сочиненіи.

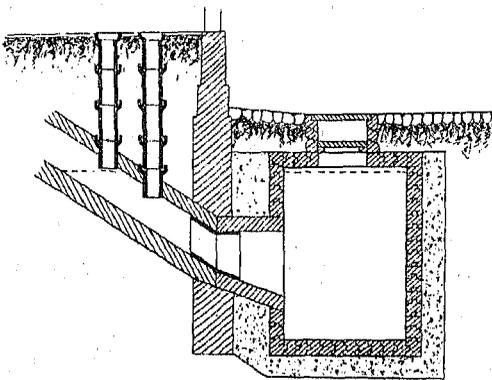
§ 4. **Постоянные выгребы.** Деревянные выгребы дѣлаются прямоугольной или квадратной формы; они могутъ быть сдѣланы или изъ пластинъ и брусевъ или же изъ толстыхъ досокъ бочарной работы. Стѣнки выгребовъ изъ 5 верш. пластинъ дѣлаются въ четверть, толщиной 2 верш., влѣдствіе чего совершенно не обезпечиваютъ непроницаемости выгребовъ.

Поэтому *деревянные пластинчатые выгребы не должны совершенно примѣняться.*

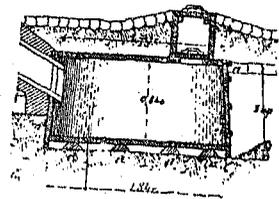
Болѣе плотныя соединенія стѣвъ даютъ выгребы изъ брусевъ (сѣчен. 4×4 вер.) съ прямоугольными шпунтами и гребнями (черт. 12); прокладка по швамъ соединяемыхъ брусевъ пакли со смолой, а затѣмъ и осмолка

брусевъ со всѣхъ сторонъ даютъ нѣкоторую возможность предохраненія выгребовъ отъ его быстрого разрушенія; но влѣдствіи, когда нечистоты добе-

чер. 12.



чер. 13.



дутъ до волоконъ брусевъ, то они начинаютъ гнить въ особенности въ угловыхъ соединеніяхъ. Во избѣжаніе образованія фильтраціи выгребовъ онѣ обкладываются слоемъ мягкой жирной утрамбованной глины. Въ этотъ выгребъ нечистоты попадаютъ по наклонному спуску.

Выгребъ въ видѣ кадей бочарной работы (черт. 13) устраивается изъ 4 дюймовыхъ досокъ, тщательно приправленныхъ для полученія эллиптической формы. Выгребъ имѣетъ размѣры: высоту въ 1 саж., оси эллип-

<sup>1)</sup> Полѣзучъ, Водопроводы и водостоки.

тического основанія— $1,84 \times 1,16$ , оси крышки— $1,79 \times 1,11$  с. Швы досокъ проконопачиваются паклей на жидкомъ гудронитѣ, а для стягиванія стѣнныхъ досокъ употребляются обручи изъ полосового желѣза ( $3'' \times 1/2''$ ). Подъ дномъ выгребѣ для его правильной установки укладываются горбыли. Слой изолирующей глины рекомендуется и въ настоящемъ случаѣ.

Каменные выгребѣ должны сооружаться изъ естественныхъ плотныхъ камней: гранита, базальта, шифера, песчаника и т. п.

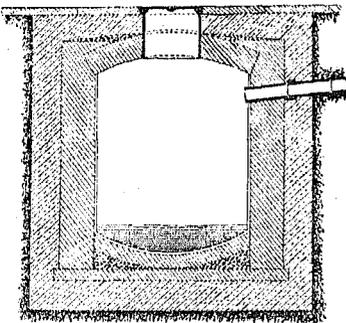
Для уменьшенія фильтраціи стѣнки каменныхъ выгребовъ дѣлаются на цементномъ растворѣ (1 : 3); кромѣ того обмазываются какъ наружныя, такъ и внутреннія поверхности стѣнокъ цементнымъ растворомъ. Такъ какъ опытъ показываетъ, что внутренняя цементная штукатурка плохо держится, то въ послѣднее время для этой же цѣли употребляютъ обмазку асфальтомъ, но при условіи пропитки самихъ камней смолой. Заграницей для достиженія полной непроницаемости обкладываютъ поверхности выгребовъ метлахскими плитками.

Конечно, подобныя породы камней рѣдко встрѣчаются въ природѣ, и это обстоятельство заставляетъ строителей прибѣгать по экономическимъ соображеніямъ къ замѣнѣ камней кирпичомъ.

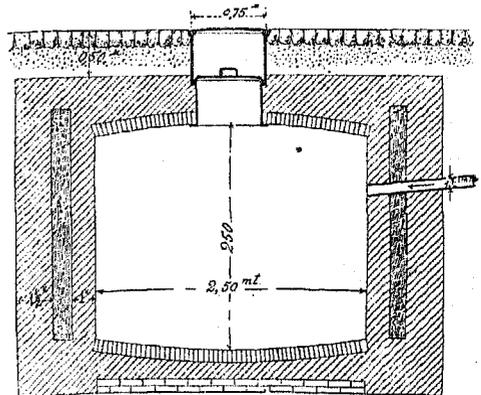
Выгребѣ изъ хорошо обожженного кирпича по своей конструкціи (черт. 14) и по способу обдѣлки близки къ конструкціи каменныхъ выгребовъ. Они также должны непременно вестись на цементномъ растворѣ 1 : 3; толщина стѣнокъ и дна должна быть не менѣе  $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$  кирпичей для достиженія лучшей непроницаемости (чер. 14).

Для послѣдней же цѣли стѣнки выгребовъ подраздѣляются на двѣ части, между которыми прокладывается слой цементнаго раствора толщиной въ 1,5—3 сант. Далѣе въ тѣхъ же видахъ раздвигаютъ стѣнки и промежутокъ между ними заполняютъ мягкой утрамбованной глиной (чер. 15).

чер. 14.



чер. 15.



Изображенный на черт. 14 каменный выгребъ перекрытъ сводомъ (толщиною въ 1 кирпичъ), въ которомъ сдѣлано отверстіе (разм.  $0,33 \times 0,33$ )

для опорожнения, запираемое двойной чугунной крышкой. Промежуток между крышками заполняется землей или соломой. Дно выгребов сдѣлано въ видѣ обратнаго свода толщ. въ  $\frac{1}{2}$  кирпича. Выгребъ обложенъ изоляціоннымъ слоемъ глины и снабженъ боковымъ отверстіемъ, въ которое впущена фановая труба.

Бетонные выгребы являются въ настоящее время весьма распространенными, что легко объяснить достоинствами самого матеріала. Дѣйствительно, этотъ матеріалъ даетъ возможность придавать выгребамъ любую форму и давать экономію въ матеріалѣ, не ухудшая этимъ ихъ проницаемость.

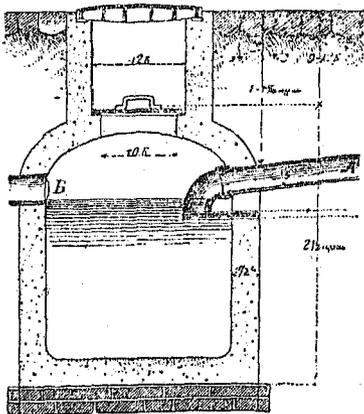
Бетонные выгребы могутъ устраиваться или набивными или заготовляться на специальныхъ заводахъ и только собираются на мѣстахъ.

Для набивныхъ выгребовъ берутъ бетонъ 1 : 3 : 4 или 1 : 3 : 3.

Примѣромъ бетоннаго набивнаго выгребовъ можетъ служить выгребъ, изображенный на черт. 16.

Выгребъ, представляетъ собой цилиндръ, перекрытый куполообразнымъ сводикомъ. Основаніе его сдѣлано въ видѣ 2 рядовъ бутовой плиты на цементномъ растворѣ; послѣднее при плотномъ грунтѣ можетъ быть замѣнено щебнемъ. Люкъ выгребовъ при внутреннемъ діаметрѣ 50 сант. (12 верш.) снабженъ внутренней желѣзной и наружной чугунной крышкой. Внутренняя поверхность затерта цементнымъ растворомъ (1 : 1) весьма тщательно.

черт. 16.

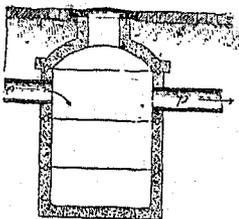


Выгребы заводскаго изготовленія состоятъ изъ отдѣльныхъ звеньевъ: нижнее звено съ дномъ, верхнее въ видѣ купола и цилиндрической вставкой для люка; всѣ звенья соединяются между собой цементнымъ растворомъ 1 : 1.

На черт. 17а представленъ составной бетонный выгребъ системы Гюртлера.

Желѣзо-бетонные выгребы устраиваются обыкновенно по системѣ Моисе, заключающейся въ примѣненіи желѣзнаго каркаса, задылаемаго въ бетонъ, благодаря чему сокращается толщина стѣнокъ; это можетъ отразиться на непроницаемости выгребовъ. Эти выгребы могутъ подобно бетоннымъ или устраиваться или на мѣстѣ или изготовляться изъ отдѣльныхъ звеньевъ (черт. 17b),

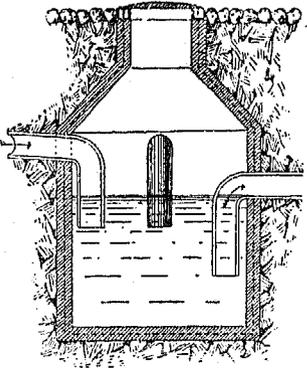
черт. 17а.



Заслуживаютъ также вниманія керамиковые выгребы, составленные изъ отдѣльныхъ звеньевъ (трубъ). Они устанавливаются или вертикально (черт. 18) или съ небольшимъ наклономъ къ горизонту (черт. 19).

Диаметръ трубъ, идущихъ на выгребъ, 28"—32". Лазы закрываются двойными чугунными крышками. Соединеніе трубъ между собой дѣлается такъ же какъ и обыкновенныхъ керамиковыхъ трубъ; сначала въ стыкъ плотно забивается конопатка изъ просмоленной пеньки, а затѣмъ стыкъ заливается асфальтовымъ гудрономъ (3—4 части сызранскаго асфальта и 1 часть гудрона). Выгреба эти отличаются своею непроницаемостью и въ слѣдствіе примѣненія въ нихъ солино-глазурованныхъ трубъ отлично сопротивляются развѣданію нечистотами и выдѣляющимся при ихъ разложеніи газами.

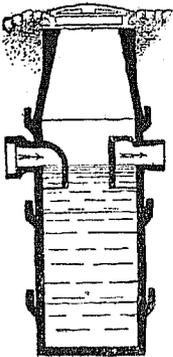
чер. 17б.



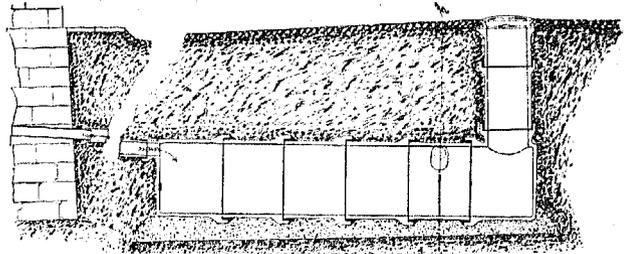
Желѣзные выгреба (чер. 20) дѣлаются изъ оцинкованнаго желѣза, толщ. не менѣе  $\frac{1}{4}$  д.; эта оцинковка защищаетъ ихъ отъ развѣданія нечистотами.

Они представляютъ собой обыкновенно цилиндръ, установленный наклонно къ люку для опорожненія.

чер. 18.



чер. 19.



Они могутъ быть устроены подземными, на глубинѣ 0,66 саж. отъ поверхности, или надземными въ нежилыхъ подвалахъ (чер. 21); послѣднее расположеніе очень облегчаетъ ихъ опорожненіе. Длина выгребовъ—отъ 2 до 6 мет. (1—3 саж.), діаметръ 1,15—1,50 мет. (4—5 футовъ). Люкъ закрывается чугунной крышкой; надъ ними въ Россіи въ подземныхъ выгребахъ устанавливается деревянный срубъ съ двойной крышкой. Заграницей же обыкновенный срубъ замѣняется желѣзнымъ небольшимъ цилиндромъ<sup>1)</sup>.

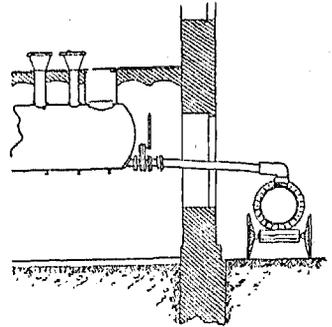
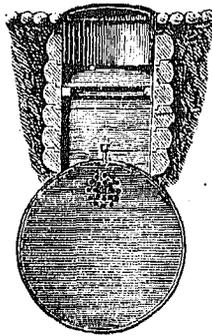
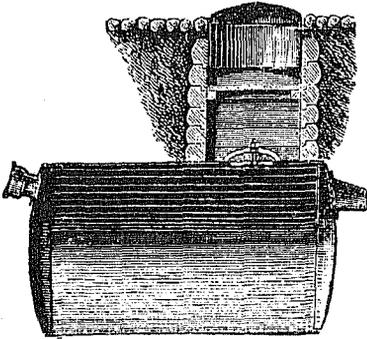
Къ категоріи постоянныхъ выгребовъ слѣдуетъ причислить такіе выгреба, гдѣ проводится принципъ отдѣленія жидкихъ отъ твердыхъ не-

1) Schmiedt, Entwässerung und Reinigung der Gebäude.

чистотъ. Принципъ этотъ построенъ на предположеніи, что *моча является безопасной въ гигиеническомъ отношеніи*, но онъ имѣетъ и практическое значеніе, такъ какъ при примѣненіи выгребовъ съ раздѣлителемъ нечистотъ сокращается количество вывозимыхъ нечистотъ вслѣдствіе выпуска жидкихъ

чер. 20.

чер. 21.



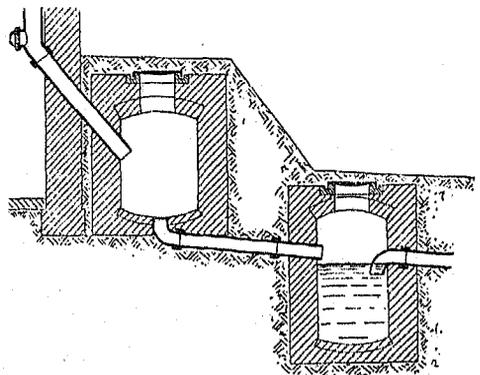
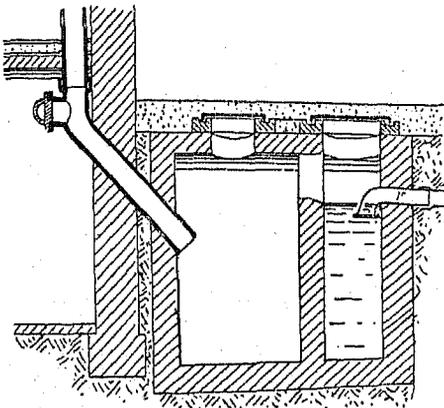
нечистотъ изъ выгребовъ. Основной принципъ совершенно ошибоченъ; такъ какъ *моча можетъ обладать скорѣе большимъ количествомъ болезнетворныхъ микроорганизмовъ, чѣмъ твердые экскременты*.

Простѣйшій типъ выгребовъ съ раздѣлителемъ нечистотъ (дивизоровъ) изображенъ на чер. 22.

Выгребъ перегораживается стѣнкой, не доходящей до его потолка; чрезъ получающееся такимъ образомъ отверстіе со скосомъ жидкія нечистоты стекаютъ во второе отдѣленіе, откуда могутъ быть спущены чрезъ входящую въ крайнюю стѣнку выгреба трубу. Твердые экскременты подѣйствіемъ силы тяжести осаждаются на дно перваго отдѣленія и постепенно

чер. 22.

чер. 23.

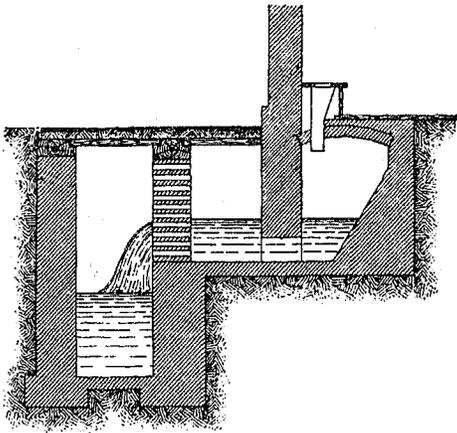


заполняютъ его, послѣ чего извлекаются обычными способами. Это устройство не удовлетворяетъ своему назначенію, такъ какъ твердые экскременты, находящіеся въ разжиженномъ состояніи могутъ попадать во второе отдѣленіе, а оттуда и въ сливную трубу, что и подтверждается наблюденіями. Болѣе рациональный типъ дивизора представленъ на чертежѣ 23.

Въ этомъ типѣ примѣняются два отдѣльные выгребъ, расположенные одинъ выше другого и соединенные между собой трубой; одинъ конецъ этой трубы, входящій въ верхній выгребъ, прикрытъ сѣткой, а другой конецъ впушенъ въ боковую стѣнку нижняго выгребъ. Значительная глубина, на которую приходится опускать второй выгребъ въ плоскихъ мѣстностяхъ, затрудняетъ примѣненіе этого типа; кромѣ того сѣтка соединительной трубы забивается твердыми экскрементами, въ силу чего они могутъ легко пронестись во второй выгребъ. Этимъ конечно, нарушается принципъ отдѣленія твердыхъ отъ жидкихъ нечистотъ.

Дальнѣйшую эволюцію типа дивизоровъ представляетъ собой чер. 24. Здѣсь перегородка сдѣлана въ видѣ дырчатой стѣнки, которая можетъ быть

чер. 24.



устроена изъ кладки съ отверстиями или пористаго камня или замѣнена металлической рѣшеткой. Способъ этотъ также несовершененъ, такъ какъ и здѣсь возможно попаданіе твердыхъ нечистотъ во второе отдѣленіе, хотя и въ меньшей степени, чѣмъ въ ранѣе описанныхъ типахъ.

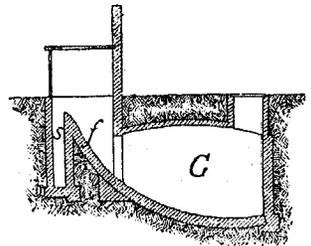
Кромѣ этихъ типовъ имѣются еще типы, гдѣ раздѣленіе твердыхъ отъ жидкихъ нечистотъ производится раньше поступления въ выгребъ (чер. 25). По принципу, положенному въ устройствѣ этого выгребъ жидкія нечистоты попадаютъ въ коло-

дезь *s*, а твердые по криволинейному сливу *f* въ выгребъ *C*. Въ дѣйствительности такого раздѣленія нечистотъ не наблюдается.

Къ этой же категоріи приборовъ слѣдуетъ отнести и раздѣлитель сист. Надѣина, въ которомъ использовано свойство прилипанія жидкостей (чер. 26а-с).

Самое устройство раздѣлителя слѣдующее: къ затвору фановой трубы прикрѣпляется оцинкованный желѣзный листъ, изогнутый въ вертикальномъ сѣченіи по параболической кривой; сточныя воды, вытекая изъ фановой трубы, разливаются тонкимъ слоемъ по широкой поверхности листа, при чемъ размѣры листа и кривая параболы такъ рассчитана, что живая сила частицъ воды меньше силы прилипанія ихъ къ поверхности листа. Вслѣдствіе этого жидкость свободно скользитъ по листу внизъ и падаетъ въ устроенный въ концѣ листа желобъ, съ другой же

чер. 25.

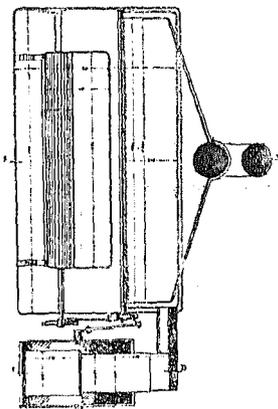
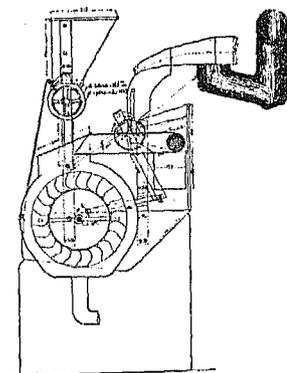
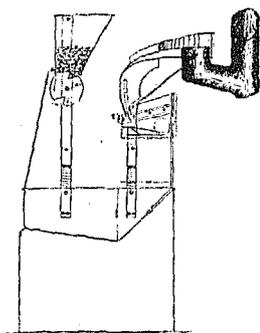


стороны экскременты и др. твердые вещества, дойдя до определенного мѣста параболическаго листа, падаютъ внизъ въ особый ящикъ и такимъ образомъ *отдѣляются* отъ воды. Собираемая въ этомъ ящикѣ фекальнныя массы автоматически съ цѣлью дезодораціи засыпаются мелкимъ торфомъ при помощи особаго приспособленія, приводимаго въ движеніе наливнымъ колесомъ, которое въ свою очередь вращается подѣ влияніемъ силы жидкости, отдѣленной раздѣлителемъ и отведенной по особой трубѣ въ наливное колесо. Жидкость послѣ прохожденія чрезъ наливное колесо проходитъ въ канализаціонную сѣть чрезъ ящикъ съ булжникомъ, который за послѣднее время замѣненъ изобрѣтателемъ коксомъ или шлакомъ.

чер. 26б.

чер. 26с.

чер. 26а.



Не смотря на остроуміе этого прибора его слѣдуетъ наравнѣ съ другими дивизорами признать въ сущности бесполезнымъ, такъ какъ моча не можетъ считаться безразличной съ гигиенической точки зрѣнія; сельскохозяйственная утилизація твердыхъ экскрементовъ также невыгодна какъ вслѣдствіе большаго содержанія азотистыхъ веществъ въ мочѣ, такъ и вслѣдствіе дорогой перевозки на мѣста ихъ потребленія.

Въ городахъ съ неправильной примитивной канализаціей все же является распространеннымъ употребленіе водяныхъ клозетовъ вслѣдствіе представляемыхъ ими удобствъ. Вслѣдствіе этого приходится устраивать большіе выгреба, такъ какъ наполненіе ихъ происходитъ скорѣе въ 9—10 разъ.

Вслѣдствіе разжиженія экскрементовъ водой они теряютъ свою удобрительную цѣнность и должны вывозиться на городскія свалки. Вывозъ же такого огромнаго количества экскрементовъ поневолю становится обременительнымъ для домовладѣльцевъ, и поэтому являются вполне понятными ихъ стремленія облегчить это бремя.

Для этой цѣли они прибѣгаютъ или къ устройству въ стѣнкахъ выгребовъ трубъ, соединяющихся съ существующими въ городѣ каналами, или прибѣгаютъ къ устройству *проницаемыхъ бездонныхъ выгребовъ* (погло-

щающихъ колодцевъ)—этого бича многихъ русскихъ городовъ,—заражающихъ почву и водные протоки.

Чтобы бороться съ этими вредными для общественнаго здоровья устройствами, городскія управления стали требовать отъ домовладѣльцевъ, чтобы они при присоединеніи своихъ выгребовъ къ городской канализаціи примѣняли дезодоризацію и дезинфекцію экскрементовъ въ выгребяхъ.

*Дезодорирующія (абсорбирующія)* вещества предназначаются для всасыванія жидкихъ экскрементовъ и для поглощенія образующихся при гніеніи нечистотъ газовъ; кромѣ того они окисляютъ твердые экскременты за счетъ содержащагося въ нихъ кислорода.

Къ нимъ относятся: сухая растительная земля (гумусъ), торфъ, древесный уголь, зола и т. п.

*Дезинфицирующія* вещества предназначаются для полнаго уничтоженія заразныхъ бактерій или для превращенія экскрементовъ, въ безвредныя соединения; при ихъ употребленіи твердые вещества осаждаются въ выгребяхъ, а жидкія дѣлаются безвредными.

Къ нимъ относятся: известковое молоко, карболовая кислота, сулема, хлористая известь, сѣрнистыя и хлористыя соединения мѣди, желѣза, цинка и свинца, соляная кислота, нефть, сѣрная кислота, феноловая кислота, крезолъ, лизоль, сапроль и т. п.

Абсорбирующія вещества не убиваютъ патогенныхъ микроорганизмовъ, и поэтому сточныя воды послѣ обработки ими также вредны съ гигиенической точки зрѣнія.

Большого вниманія заслуживаютъ дезинфицирующія вещества, хотя и они нерѣдко не въ состояніи уничтожить всѣхъ болѣзнетворныхъ микроорганизмовъ.

Главнымъ препятствіемъ для дѣйствія дезинфектантовъ является то обстоятельство, что микробы, защищаемые мельчайшими частицами матеріи, не могутъ подвергнуться ихъ бактерицидному дѣйствію.

Кромѣ того нѣкоторые изъ дезинфектантовъ (какъ напр. хлористая известь, карболовая кислота) издаютъ отвратительный запахъ и раздражаютъ органы обонянія и дыханія.

Выгода же въ примѣненіи дезинфицирующихъ веществъ заключается въ томъ, что освѣтленныя воды стекаютъ въ городскіе каналы, а для вывоза остается въ выгребяхъ сравнительно незначительная часть.

Также дезинфекція содержамаго выгребовъ является необходимой во время эпидемій; наиболѣе распространенными вслѣдствіе своей дешевизны у насъ въ Россіи является известковое молоко и хлорная известь.

Въ качествѣ типовъ выгребовъ, пригодныхъ для дезинфекціи, слѣдуетъ считать вышеописанные выгребы съ раздѣленіемъ нечистотъ. Въ первомъ отдѣленіи производится осажденіе, а во второе вливаютъ дезинфекціонную жидкость, оказывая лучшее дѣйствіе на освѣтленныя жидкости.

Но кромѣ такихъ типовъ выгребовъ имѣются еще довольно много специальныхъ типовъ, въ которыхъ устанавливаются постоянные сосуды съ дезодорирующей или дезинфекціонной жидкостью.

Опишемъ одинъ изъ нихъ, предложенный извѣстнымъ инженеромъ Вrix (чер. 27).

Выгребъ состоитъ изъ 2 отдѣленій; въ первомъ осаждаются грубыя и тяжелыя вещества; освѣтленныя воды при переходѣ во второе отдѣленіе должны пройти чрезъ маленькій резервуаръ, въ которомъ помѣщается ведро съ дезодорирующимъ веществомъ (съ запасомъ на недѣлю).

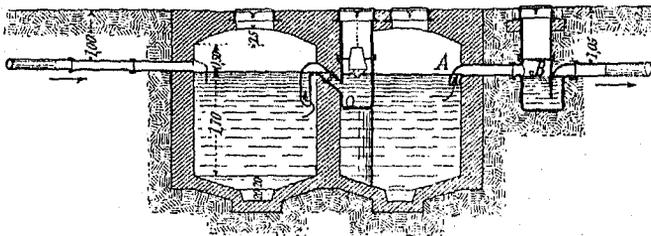
Это желѣзное оцинкованное ведро, подвѣшенное на цѣпочкѣ, имѣетъ продырявленное дно, откуда вытекаютъ реактивы. Изъ второго отдѣленія сточныя воды предъ поступленіемъ въ каналъ протекаютъ въ колодезь *B*, гдѣ проходятъ уже черезъ слой дезинфецирующей жидкости толщ. 2 см. Изъ колодца *B*, уровень котораго ниже уровня выгребѣ *A* на 6 см., дезодорированныя и дезинфецированныя воды стекаютъ въ городскіе каналы.

§ 5. Септичскіе выгребѣ. Стремленіе уменьшить объемъ вывозимыхъ изъ выгребовъ экскрементовъ при условіи спуска жидкихъ нечистотъ привело къ изобрѣтенію особаго рода выгребовъ, которыхъ мы будемъ называть въ дальнѣйшемъ изложеніи *септичскими*, такъ какъ ихъ работа основана на дѣятельности бактерій, разлагающихъ органичскіе вещества.

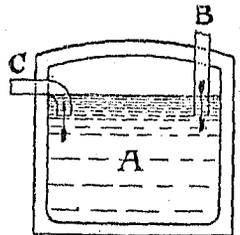
Первый „септичскій выгребъ“ былъ изобрѣтенъ *Мура* (Mouras) еще въ 1881 г. (чер. 28).

Въ этотъ выгребъ, герметически закрытый двойной крышкой, сверху входитъ фановая труба, а сбоку выходитъ сливная труба. Въ верхней части выгребѣ образуется толстая и черноватая корка изъ плавающихъ веществъ,

чер. 27.



чер. 28.



а на днѣ осаждаются тяжелыя вещества. Между коркой и осадкомъ находится освѣтленная жидкость, въ которой плаваютъ фановая и сливная трубы. Образование этой корки способствуетъ развитію дѣятельности анаэробныхъ бактерій, разлагающихъ органичскіе вещества.

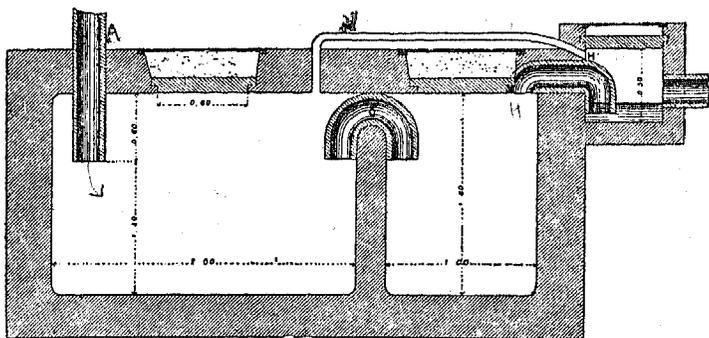
Въ сущности въ выгребѣ *Мура* слѣдуетъ видѣть первичный типъ гиплостнаго резервуара (septic-tank), изобрѣтеннаго позднѣе въ 1885 г. *Каме-рономъ* (Cameron) и служащаго весьма часто первымъ этапомъ біологической очистки.

Эти выгреба Мура были описаны аббатомъ Муаньо и стали устраиваться во всѣхъ странахъ. Въ Россіи эти выгреба извѣстны по имени представителя подѣ названіемъ выгребовъ Шамбо. Въ описанномъ выгребѣ Мура или Шамбо давленіе образующихся въ немъ газовъ часто настолько понижало уровень воды въ немъ, что обнажалось отверстіе сливной трубы, и твердые экскременты появлялись въ сточныхъ водахъ.

Поэтому съ 1882 г. въ Бордо стали примѣнять выгреба Мура, но уже видоизмѣненной конструкціи (чер. 29).

Прежде всего этотъ выгребъ раздѣлили перегородкой на двѣ части, соединяемая изогнутой трубой *S*, концы которой помѣщались на  $\frac{1}{3}$  высоты выгреба. Сточные воды поступали по трубѣ *A*, и осаждались въ первой части, гдѣ главнымъ образомъ и развивались анаэробные процессы; переливаясь по трубѣ *S*, во второе отдѣленіе, онѣ стекали по трубѣ *H*, погруженной на 3 дюйма въ жидкость въ колодезь, а чрезъ колодезь въ каналъ;

чер. 29.



свинцовая трубка *N* служитъ для отвода развивающихся въ первомъ отдѣленіи газовъ. Оба отдѣленія выгреба закрыты герметическими крышками. Емкость Бордосскихъ выгребовъ опредѣлется по нормѣ 1 куб. метръ на 3 человѣка.

Изъ новыхъ установокъ септическихъ выгребовъ заслуживаютъ вниманія и выгреба системы *Безо* (*Bezault*),<sup>1)</sup> которые являются весьма распространенными на югѣ Франціи (чер. 30).

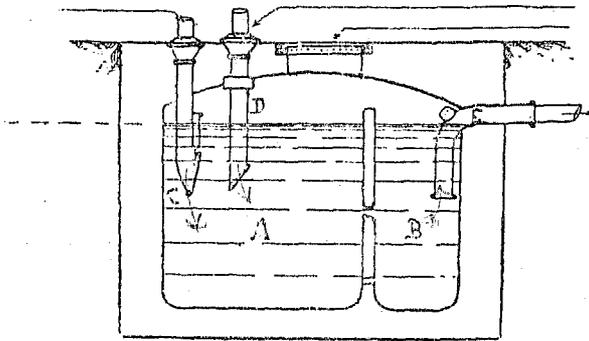
Эти выгреба также раздѣлены на два отдѣленія перегородкой съ продольнымъ отверстіемъ высотой 25 миллиметровъ на половинѣ высоты выгреба. Въ первое отдѣленіе входятъ двѣ трубы: *C*, приводящая клозетныя воды и *D*, приводящая хозяйственные и дождевыя воды. Труба *C* имѣетъ загнутый почти вертикально конецъ, чтобы препятствовать входу въ нее гнилостныхъ газовъ. Всѣ трубы *C*, *D* и выходная *E* погружены въ жидкость на 0,5 метра. Размѣры выгреба опредѣляются по нормѣ 1 куб. мет. на 10 человѣкъ.

Этимъ септическимъ выгребамъ представители фирмъ приписывали слѣдующія преимущества. Во первыхъ, по ихъ мнѣнію, эти выгреба почти не требовали никакого или весьма рѣдкаго (1—2 раза въ годъ) вывоза,

1) La Technique Sanitaire, 1909 г. Au sujet des fosses septiques par *Laveran*.

такъ какъ количество получаемаго въ нихъ осадка ничтожно, а во вторыхъ очищенные въ нихъ воды могли спускаться, какъ совершенно безвредныя, въ открытые водные протоки. Оба эти свойства оказались по изслѣдованіямъ совершенно невѣрными. По опытамъ С. К. Держжовскаго <sup>1)</sup> оказалось, что эти выгреба потому даютъ сравнительно мало осадковъ, что имъ дается излишне большой объемъ и осадокъ располагается тонкимъ слоемъ по дну выгреба; видимому-же уменьшенію осадка, по даннымъ проф. Проскауэра, способствуетъ еще его уплотненіе вслѣдствіе разрушенія слизистыхъ массъ, имѣющихся въ нечистотахъ. Самый же распадъ въ нихъ органическихъ веществъ происходитъ слишкомъ слабо и медленно.

чер. 30.



Что уже касается безвредности очищенныхъ выгребами Шамбо, Безо и т. подобныхъ, то слѣдуетъ замѣтить, что здѣсь имѣется полная возможность развиваться болѣзнетворнымъ микробамъ во всемъ громадномъ количествѣ застаивающейся воды, и потому осветленные септичскими выгребами воды должны считаться такими же опасными, какъ и свѣжіе экскременты.

§ 6. Подвижные выгреба. Подвижные выгреба могли бы быть еще признаны Гигіеюй, если бы ихъ было бы можно герметически закупоривать, и ежедневно увозить нечистоты до начала процессовъ разложенія.

Они устраиваются въ видѣ бочекъ или чановъ различной ёмкости, устанавливаемыхъ непосредственно подъ фановыми трубами и соединяемыхъ съ ними специальными патрубками.

Такъ какъ при примѣненіи этого способа загрязненіе почвы совершенно устранено и возможно быстрое удаленіе нечистотъ (на практикѣ 2 раза въ недѣлю), то вполне понятно, что бочечная система получила широкое распространеніе во многихъ городахъ Западной Европы (Гейдельбергъ, Грацъ, Дортрехтъ, Копенгагенъ, Цюрихъ, Веймаръ, Рохдэль, Манчестеръ и пр.).

<sup>1)</sup> Труды VIII Водопроводнаго Съезда, докладъ С. К. Держжовскаго, О значеніи септичскихъ приспособленій для очистки сточныхъ водъ.

Бочки устраиваются вертикальными или горизонтальными; онѣ переносятся или вручную за придѣланныя къ нимъ ручки или, будучи установлены на двухъ или четырехъ-колесной тележкѣ, отвозятся лошадьми.

Бочки должны удовлетворять слѣдующимъ основнымъ условіямъ:

а) бочки должны быть устроены изъ матеріала, допускающаго тщательную пригонку отдѣльныхъ частей;

б) соединеніе бочекъ съ фановыми трубами должно быть тщательно сдѣлано;

в) отверстіе бочекъ должно быть заперто крышккой, не пропускающей воздуха;

г) бочки должны допускать ихъ тщательную очистку послѣ опорожненія.

Величина бочекъ и чановъ, какъ и постоянныхъ выгребовъ, зависитъ отъ числа жителей, отъ промежутка между двумя смѣнами бочекъ и отъ впуска въ нихъ кромѣ экскрементовъ и другихъ домовыхъ сточныхъ водъ.

При обыкновенныхъ устройствахъ размѣръ бочекъ выбираютъ такимъ образомъ, чтобы два рабочихъ могли бы оттянуть ихъ отъ фановой трубы и перенести за ручки на повозку. Размѣры небольшихъ бочекъ: діам. 40 - 45 см. (8 - 9 вер.) и высота—80 - 90 см. (около 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> арш.); ёмкость 100—110 лит. (8 - 9 ведеръ); вѣсъ netto—35 - 45 клгр. и brutto—135 - 150 клгр.

Въ большихъ же зданіяхъ примѣняются большія бочки, ёмкостью отъ 200 до 1000 литровъ при употребленіи дерева и до 1500 литровъ—при употребленіи желѣза.

Въ общественныхъ же сооруженіяхъ (школахъ, фабрикахъ, казармахъ и т. д.) употребляются бочки ёмкостью до 2000 литровъ устанавливаемые на четырехъ-колесныхъ повозкахъ и имѣющія нѣсколько впускныхъ отверстій.

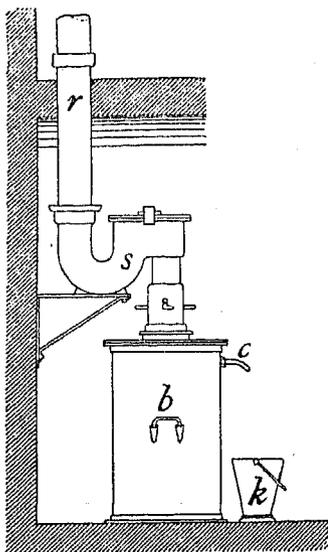
Бочки обыкновенно устраиваются изъ дерева или желѣза.

Деревянные бочки слѣдуетъ дѣлать изъ дуба, скрѣплять ихъ отдѣльныя части желѣзными обручами и непременно окрашивать.

Въ верхней части бочекъ дѣлается мѣдная или цинковая воронка для приёма нечистотъ изъ фановой трубы. Очистка деревянныхъ бочекъ весьма затруднительна.

Гораздо чаще употребляются желѣзные переносные чаны небольшой ёмкости (чер. 31), устраиваемые въ видѣ небольшихъ цилиндрическихъ сосудовъ. Для пре-

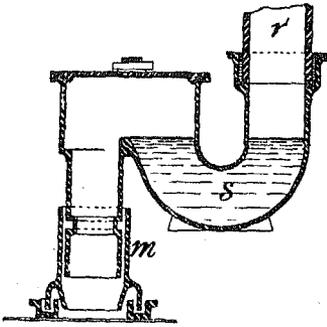
чер. 31.



дохраненія отъ ржавленія чаны или ежегодно окрашиваются или же дѣлаются изъ оцинкованнаго желѣза.

Затворъ, которымъ этотъ чанъ присоединяется къ фановой трубѣ, изображенъ детально на чертежѣ 32.

чер. 32.

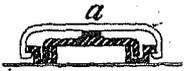


Фановая труба *r* заканчивается сифономъ *s*, который защищаетъ клозетныя помѣщенія отъ вторженія зловонныхъ газовъ; спускное колено сифона соединяется съ чаномъ посредствомъ муфты *m*, которая нижнимъ концомъ своимъ входитъ въ желобъ, засыпаемый землей или пескомъ. Сифонъ снабженъ прочистнымъ отверстіемъ (ревизіей), залертымъ крышкой.

Если чанъ наполненъ, то его закрываютъ крышкой, изображенной на черт. 33.

На случай перепополненія чана сточныя воды чрезъ трубку *c* стекаютъ въ ведро *k* (чер. 31); эта трубка при перемѣнѣ чановъ закрывается навинчиваемою крышкой.

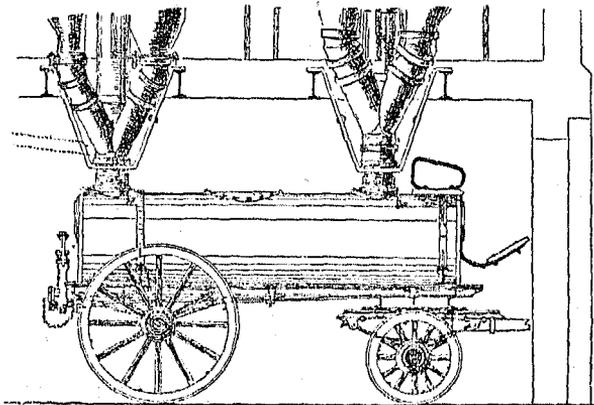
чер. 33.



Для того, чтобы не было перерыва при пользованіи бочками, необходимо, чтобы имѣлись всегда запасныя вычищенные бочки. Описанная на чертежахъ 31—33 система бочекъ называется по имени города *Гейдельбергской*.

Для большихъ установокъ употребляются подвижныя бочки на повозкахъ (черт. 34); онѣ соединяются посредствомъ подвижныхъ натрубковъ съ

чер. 34.

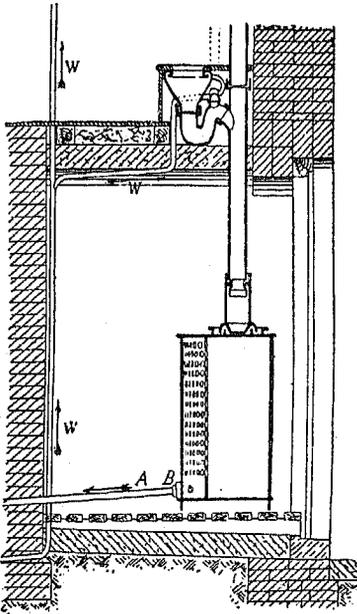


фановыми трубами. Труба, показанная на этомъ чертежѣ пунктиромъ, служитъ для вентиляціи выгреба.

Вмѣсто простыхъ бочекъ и чановъ въ городахъ, въ которыхъ имѣлись каналы, стали примѣнять чаны съ раздѣленіемъ нечистотъ, называемые

*дивизорами* или *сепараторами* (черт. 35). Бочка раздѣлена дырчатой перегородкой на двѣ неравныя части, изъ которыхъ бѣльшая служитъ для осажденія твердыхъ веществъ, а меньшая соединена съ отводной трубой

чер. 35.



А гайкой В. Труба W приводитъ воду для обмыванія клозета. Подобные устройства, сокращая расходы на вывозу, уступаютъ простымъ бочкамъ съ санитарной точки зрѣнія, такъ какъ при примѣненіи ихъ значительно возрастаетъ время между двумя смѣнами бочекъ.

Для дезодоризаціи и дезинфекціи содержимаго бочекъ и чановъ, пользуются тѣмъ же абсорбирующими и дезинфицирующими веществами, какъ и для постоянныхъ выгребовъ.

Бочки должны устанавливаться въ сухихъ сводчатыхъ подвалахъ съ асфальтовымъ или цементнымъ поломъ со свободнымъ доступомъ въ нихъ со стороны двора. Далѣе помѣщеніе для бочекъ должно быть совершенно изолированнымъ отъ жилыхъ помѣщеній стѣнами толщиной не менѣе 1 кирпич.

Кромѣ того необходимо требовать, чтобы помѣщеніе для бочекъ было бы хорошо защищено отъ мороза; въ нѣкоторыхъ случаяхъ приходится прибѣгать къ его обогреванію. Необходимые размѣры помѣщенія для одной бочки съ переливнымъ ведромъ: толщ. 1 кв. мет. и высота 1,80—2,00 мет. Иногда помѣщенія для бочекъ устраиваютъ въ нишахъ, помѣщаемыхъ въ стѣнахъ лѣстничной кѣтки. Для обезпеченія чистоты воздуха въ помѣщеніи для бочекъ необходимо ихъ вентилировать, не говоря уже о вентиляціи самихъ бочекъ.

**§ 7. Опорожненіе выгребовъ.** *Опорожненіе выгребовъ*, какъ мы уже объ этомъ говорили выше, должно совершаться по возможности чаще, во избѣжаніе появленія опасныхъ для здоровья гнилостныхъ процессовъ въ нечистотахъ. Далѣе рѣдкое опорожненіе выгребовъ ведетъ къ значительному увеличенію ихъ емкости; кромѣ того содержащіяся въ нихъ нечистоты уплотняются и весьма трудно удаляются насосами. Самое опорожненіе выгребовъ въ большинствѣ случаевъ производится въ ночное время.

При опорожненіи постоянныхъ выгребовъ слѣдуетъ руководствоваться слѣдующими основными правилами:

1) вывозъ долженъ совершаться въ непроницаемыхъ для газовъ сосудахъ къ мѣстамъ назначенія безъ задержки уличнаго движенія;

2) *удаленіе содержимаго выгребовъ и нагрузка его въ бочки должна совершаться безъ отравленія воздуха газами, загрязненія двора и стѣнъ зданія.*

Вывозъ нечистотъ можетъ производиться какъ самими домовладѣльцами, такъ и городскими управленіями въ особыхъ ассенизаціонныхъ бочкахъ ёмкостью отъ 1200 до 2000 литровъ.

Съ гигиенической точки зрѣнія слѣдуетъ отдать предпочтеніе организаціи городскихъ ассенизаціонныхъ обзововъ, такъ какъ только въ этомъ случаѣ можно обезпечить систематическое опорожненіе выгребовъ. Постоянные выгреба можно опорожнять:

- a) *вручную,*
- b) *высасывая ихъ содержимое насосами,*
- c) *высасывая ихъ содержимое разряженіемъ воздуха.*

*Опорожненіе вручную является весьма антигигиеничнымъ способомъ.* Онъ осуществляется двояко: одни рабочіе спускаютъ въ выгребъ и оттуда наполняютъ поставленные у выгребовъ ведра, другіе опорожняютъ эти ведра въ бочки. Примѣненіе этого пріема небезопасно для жизни рабочихъ, такъ какъ они могутъ задохнуться отъ вдыханія развивающейся при гніеніи нечистотъ углекислоты. Чтобы предотвратить подобныя печальныя явленія необходимо провѣрить нахожденіе углекислоты въ воздухѣ выгреба опусканіемъ горящей свѣчи или сосуда съ горящими угольями; потуханіе свѣчи или углей покажетъ на опасное для жизни содержаніе  $\text{CO}_2$ . Второй пріемъ опорожненія выгребовъ вручную заключается въ томъ, что рабочіе, стоя у выгреба, погружаютъ въ него черпаки и наполняютъ ведра, которые опорожняются въ бочки. Нечего говорить, что эти способы не удовлетворяютъ вышеприведеннымъ правиламъ, такъ какъ здѣсь имѣется на лицо и отравленіе воздуха газами и загрязненіе двора и стѣнъ зданія. *Поэтому эти пріемы ни въ какомъ случаѣ не должны примѣняться въ населенныхъ мѣстахъ.*

При опорожненіи выгребовъ подвижными насосами поступаютъ слѣдующимъ образомъ.

Къ выгребу подвозится насосъ на 4-колесномъ ходу; всасывающій рукавъ насоса (діам. 8—10 см.) опускается въ выгребъ, а панорный въ ассенизаціонную бочку; отдѣльные шланги обихъ рукавовъ между собой свивчиваются. Для нагнетанія содержимаго выгреба требуется два рабочихъ. Выдѣляющіеся въ бочкахъ газы пропускаются по отводной трубѣ чрезъ сосудъ съ горящими угольями.

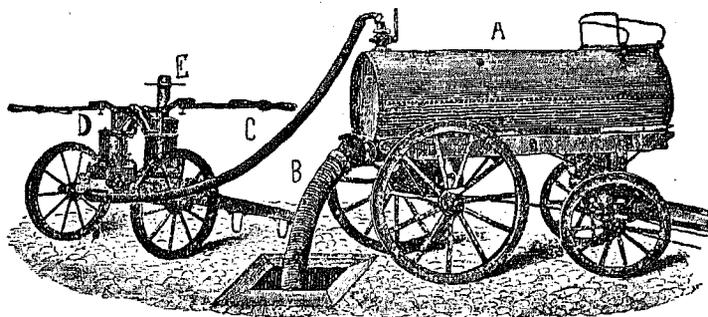
Все таки *способъ выкачиванія нечистотъ насосами оставляетъ желать много лучшаго.* Прежде всего при его примѣненіи требуется извѣстное время для установки насоса и размѣщенія шланговъ, въ теченіе котораго уже можетъ начаться выходъ газовъ изъ выгреба. Затѣмъ сгораніе газовъ на воздухѣ происходитъ неполное; далѣе клапаны насосовъ часто закупориваются, что вызываетъ необходимость ихъ немедленной очистки на мѣстѣ и сопровождается также выдѣленіемъ газовъ.

Наконецъ твердые плотные осадки не могутъ быть высосаны со дна выгребовъ, такъ что ихъ по временамъ приходится удалять вручную.

Такимъ образомъ и этотъ способъ не можетъ считаться удовлетворяющимъ поставленнымъ нами требованіямъ. Если выгребъ требуетъ частаго опорожненія, то при нихъ устанавливаются неподвижные насосы. *Наилучшимъ же съ гигиенической точки зрѣнія является третій приемъ, заключающійся въ слѣдующемъ.*

Основной принципъ, положенный въ его основу, заключается въ использованіи разности давленій атмосфернаго и разрѣженнаго воздуха (пневматическая система); для этой цѣли (чер. 36) насосъ *D* соединяется посред-

чер. 36.



ствомъ 40 мм. ( $1\frac{1}{2}$ " ) спиральнаго резиннаго рукава *C* съ асептизаціонной бочкой *A*, въ низъ которой входитъ всасывающій спиральный рукавъ *B* (отъ 85 мм.—125 мм. или отъ  $3\frac{1}{2}$ " до 5" въ діаметрѣ), опущенный въ очищаемый выгребъ. Затѣмъ насосъ приводится въ дѣйствіе и выкачиваетъ изъ бочки воздухъ до тѣхъ поръ, пока содержимое выгреба не поднимется въ бочку. Смѣсь зловонныхъ газовъ и воздуха, выкачиваемая насосомъ, проводится непосредственно изъ насоса въ печку *E*, гдѣ и сгораетъ. Эти пневматическія ассенизаціонные насосы мало подвержены порчѣ, такъ какъ они непосредственно не прикасаются къ жидкости.

Иногда прибѣгаютъ къ разрѣженію бочекъ на центральной станціи, но этотъ приемъ ведетъ ко входу воздуха въ бочки на пути отъ станціи къ дворовому участку, и поэтому онъ не рекомендуется,

Все опорожненіе выгреба пневматическимъ способомъ занимаетъ не болѣе 3 минутъ при участіи 4 рабочихъ.

Примѣненіе пневматическаго способа даетъ удаленіе содержимаго выгребовъ безъ всякаго запаха, и поэтому въ нѣкоторыхъ городахъ Западной Европы пневматическая очистка производится днемъ (Маннгеймъ).

Эксплоатація подвижныхъ выгребовъ сводится къ замѣнѣ наполненной бочки очищенной, но это возможно при пользованіи системой смѣнныхъ бочекъ.

При пользованіи смѣнными бочками существуетъ опасность передачи заразныхъ болѣзней изъ одного дома въ другой. Для устраненія этого при- бѣгаютъ къ обмыванію бочекъ послѣ ихъ очистки дезинфицирующимъ растворомъ.

Примѣромъ подобныхъ установокъ служитъ Гамбургская станція для очистки и обмыванія кадей <sup>1)</sup>).

На стоимость вывоза при примѣненіи различныхъ выгребовъ вліяетъ выборъ извѣстной системы домовыхъ отхожихъ мѣстъ.

König <sup>2)</sup> даетъ интересную таблицу стоимости вывоза при примѣненіи постоянныхъ и подвижныхъ выгребовъ въ нѣмецкихъ городахъ.

ТАБЛИЦА V.

№№ по по- рядку.	НАЗВАНІЕ СИСТЕМЫ ВЫГРЕБА.	Стоимость въ рубляхъ.	
		На человѣка въ годъ.	На 1 кв. метръ нечистотъ.
1	Постоянные выгребъ, опораж- няемые пневматическимъ спо- собомъ . . . . .	0,35—0,80	0,75—1,60
2	Постоянные выгребъ при при- мѣненіи торфяныхъ клозе- товъ . . . . .	0,80—1,25	1,50—2,50
3	Подвижные выгребъ (смѣнные бочки) . . . . .	0,60—1,00	1,10—2,00
4	Тоже, но съ примѣненіемъ тор- фяныхъ клозетовъ . . . . .	0,8 —1,10	1,55—2,40

Изъ этой таблицы мы видимъ, что примѣненіе торфа увеличиваетъ стоимость вывоза нечистотъ въ среднемъ въ 1, 5 раза сравнительно съ вывозомъ безъ его примѣненія.

<sup>1)</sup> Gesundheits - Ingenieur, 1906, Fäkallenbeseitigung durch Kübelabfuhr mit besonderer Berücksichtigung der Kübelreinigung von Caspersohn.

<sup>2)</sup> König, Die Verunreinigung der Gewaesser.

## Г Л А В А IV.

§ 1. Классификація системъ канализаціи. Единственно правильнымъ рѣшеніемъ вопроса объ удаленіи нечистотъ слѣдуетъ признать *канализацію* т. е. постройку сѣти каналовъ, отводящихъ сточныя воды за предѣлы городовъ до начала въ нихъ процессовъ разложенія.

Но при этомъ слѣдуетъ имѣть въ виду, что постройка канализаціи возможна только при *вполнѣ опредѣленныхъ условіяхъ*. Для этой цѣли необходимо прежде всего существованіе въ городѣ *водопровода, дающаго возможность населенію потреблять не меньше 50 литровъ на человека и достаточная и равномерно распределенная по кварталамъ города плотность населенія*. Этими соображеніями легко объяснить, почему городъ приступаетъ сначала къ канализаціи центральныхъ частей города, а спустя уже нѣкоторое время и крайнихъ. Къ этимъ условіямъ слѣдуетъ присоединить еще и *существованіе уклоновъ, достаточныхъ для самосплава нечистотъ*. Правда, въ случаѣ отсутствія уклоновъ техника располагаетъ для этой цѣли особыми канализаціонными системами, въ которыхъ примѣняется *перекачка сточныхъ водъ*, но все же отсутствіе уклоновъ нельзя не признать факторомъ, увеличивающимъ стоимость канализаціи.

Далѣе слѣдуетъ замѣтить, что построенная канализація вызываетъ увеличеніе работы водопровода, такъ какъ при ея существованіи является возможность замѣнить отхожія мѣста водяными клозетами, установить въ домахъ кухонныя раковины, ванны и умывальники, что было бы неэкономичнымъ при вывозной системѣ

Системъ канализаціи существуетъ нѣсколько, и выборъ той или иной системы зависитъ отъ мѣстныхъ и экономическихъ условій города.

Системы канализаціи можно подраздѣлить на три группы:

- 1) *общесплавная* (système unitaire, mischsystem, combined system).
- 2) *раздѣльная* (système separatif, trennsystem, separate system).
- 3) *полураздѣльная* (système du deversoir - intercepteur, system of intercepting).

Въ общесплавныхъ системахъ всѣ городскія сточныя воды отводятся въ одной сѣти каналовъ.

Въ раздѣльныхъ системахъ домовыя, промышленныя и общественныя воды отводятся въ одной сѣти каналовъ, а воды атмосферныя въ другой; такимъ образомъ въ этой системѣ строятся двѣ независимыя сѣти водосточныхъ каналовъ.

Системы съ двумя сѣтями каналовъ слѣдуетъ называть *полными раздѣльными сплавными системами*.

Если же устраивается только одна сѣть для домовыхъ и промышленныхъ водъ, то такая система канализаціи называется *неполной раздѣльной сплавной системой*.

Если же удаленіе нечистотъ не можетъ осуществиться посредствомъ простого сплава, то примѣняютъ различныя системы канализаціи, обыкновенно носящія имя ихъ изобрѣтателя; онѣ могутъ быть названы также *неполными раздѣльными системами*.

Ближе всего стоитъ къ неполной раздѣльной сплавной системѣ *система Веринга*, отличающаяся отъ нея, главнымъ образомъ, установкой въ начальныхъ точкахъ сѣти особыхъ промывныхъ сифоновъ и нѣкоторыми деталями въ устройствѣ сѣти.

Далѣе идутъ *пневматическія (дифференціальныя)* системы, гдѣ для удаленія нечистотъ используютъ дѣйствіе разрѣженнаго или сжатого воздуха или силу напорной воды. Къ системамъ, дѣйствующимъ разрѣженнымъ воздухомъ, относятся системы *Лиртура, Берліе, Леваллуа-Перра и Бурова*.

Утилизація же сжатого воздуха для подъема нечистотъ осуществляется *системой Шона*. Весьма близко къ системѣ Шона стоятъ система *Грибодова*, заключающаяся въ замѣнѣ пневматическихъ подъемниковъ Шона изобрѣтенными имъ гидравлическими подъемниками.

За послѣднее время подъемники Шона стали замѣнять *электрическими насосами*, что можетъ также считаться особой системой неполной раздѣльной канализаціи.

Если къ каналамъ неполныхъ раздѣльныхъ системъ присоединить еще и сѣть каналовъ, отводящихъ атмосферныя воды, то эти системы превращаются въ полныя раздѣльныя системы.

*Полураздѣльныя системы* также отводятъ всѣ сточныя воды, какъ общесплавныя и полныя раздѣльныя системы, но только раздѣленіе домовыхъ, промышленныхъ и атмосферныхъ водъ производится иначе. Здѣсь также устраиваются двѣ сѣти каналовъ: по одной сѣти идутъ всѣ воды, кромѣ атмосферныхъ, а по другой атмосферныя; по краямъ же городскихъ рѣкъ и каналовъ устраиваются особые каналы, называемые *интерцепторами*, которые пересѣкаются съ каналами двухъ независимыхъ сѣтей въ особыхъ камерахъ. Въ этихъ камерахъ происходитъ непосредственное соединеніе къ интерцепторамъ нижнихъ домовыхъ каналовъ, а атмосферные каналы или соединяются съ интерцепторами или же отводятъ свои воды въ рѣки и каналы. Соединеніе ихъ съ интерцепторами происходитъ при помощи особыхъ устройствъ, если въ нихъ протекаютъ малые количества дождевыхъ водъ, наиболѣе загрязненныхъ уличными и дворовыми нечистотами; во время же сильныхъ

дождей и ливней атмосферныя воды сливаются въ городскіе водные протоки. Такимъ образомъ при этой системѣ за предѣлы города отводятся всѣ грязныя воды и наиболѣе загрязненная часть атмосферныхъ.

Заканчивая классификацію системъ канализаціи, слѣдуетъ указать, что не всегда въ городѣ примѣняется одна и та же система; наоборотъ очень часто встрѣчается комбинація общесплавныхъ и раздѣльныхъ системъ. (Дрезденъ, Неаполь, Кельнъ).

§ 2. Изысканія для устройства канализаціи. При составленіи проекта канализаціи необходимо произвести весьма тщательныя и разнородныя изысканія для полученія всѣхъ необходимыхъ данныхъ.

Прежде всего слѣдуетъ произвести *топографическія изысканія* т. е. составить планы въ горизонталяхъ какъ самого канализируемаго района, такъ и близлежащихъ мѣстностей, если онѣ имѣютъ общій уклонъ къ городу; на это слѣдуетъ обратить особенное вниманіе, если городъ расположенъ въ котловинѣ, окруженной горами (Тифлисъ), такъ какъ во время дождей и ливней въ городъ могутъ стекать огромные количества воды и причинять серьезные убытки.

Кромѣ того необходимо произвести какъ топографическую съемку мѣстности, гдѣ предполагается построить сооруженія для очистки сточныхъ водъ города, такъ и съемку той полосы, по которой долженъ пройти главный коллекторъ, отводящій всѣ воды города на очистныя сооруженія. Если же къ городу примѣненъ принципъ децентрализаціи (Берлинъ) т. е. очистка сточныхъ водъ будетъ производиться въ нѣсколькихъ пунктахъ, то необходимо составить планы въ горизонталяхъ всѣхъ этихъ мѣстностей. При составленіи плановъ въ горизонталяхъ нужно обратить особое вниманіе на точность работы, такъ какъ здѣсь малѣйшія ошибки при нивелировкѣ могутъ сильно вліять на отводоспособность водостоковъ, которые укладываются съ небольшими уклонами. Самую нивелировочную съемку слѣдуетъ организовать такъ, чтобы ошибки въ нивелировкѣ не накопились: для этой цѣли слѣдуетъ организовать послѣдовательную съемку контуровъ (площадями въ 2—4 кв. версты) и нивелировку входящихъ въ эти контуры городскихъ улицъ связывать съ нивелировкой контуровъ. Способъ этотъ былъ нами испытанъ при нивелировкѣ СПб. для проекта его канализаціи и далъ весьма удовлетворительные результаты. Далѣе слѣдуетъ указать на непремѣнную установку при нивелировкѣ реперовъ (въ среднемъ 4 штуки на версту), которые должны быть между собой связаны точной нивелировкой; эти репера въ видѣ чугунныхъ дисковъ обыкновенно задѣлываются въ стѣны домовъ и должны быть подробно описаны въ особомъ журналѣ и нанесены на планы.

Репера имѣютъ громадное значеніе для производства канализаціонныхъ работъ, требующихъ, какъ мы уже упоминали выше, большой точности.

При составленіи плановъ въ горизонталяхъ желательно проводить ихъ чрезъ 1 метръ (0,5 саж.) въ плоскихъ мѣстностяхъ и чрезъ 2 метра (1 саж.)

въ крутыхъ; впрочемъ имѣются примѣры, когда пришлось въ виду почти полной плоскости, представляемой городомъ, проводить горизонтали чрезъ 0,5 мет. (0,20 сажени). Далѣе слѣдуетъ упомянуть, что для составленія плановъ городовъ является вполне примѣнимымъ *стереоскопическій методъ* съемки<sup>1)</sup>, который, впрочемъ, пока еще ни разу не примѣнялся для этой цѣли въ Россіи.

Результатомъ съемокъ должны явиться планы мѣстности, продольные и поперечные профили улицъ и направлений, по которымъ пройдутъ главные отводные коллектора.

Обыкновенно составляется нѣсколько плановъ мѣстности въ различныхъ масштабахъ, при чемъ они используются для различныхъ цѣлей.

Прежде всего составляютъ генеральный планъ канализуемаго района, примыкающихъ къ нему мѣстностей и мѣста для очистки сточныхъ водъ въ масштабѣ отъ 1:5000 до 1:10000; на этомъ планѣ обыкновенно показываются границы города, главные коллектора, ливнеспуски, насосныя станціи, сооруженія для очистки сточныхъ водъ и вообще всѣ сооруженія, могущія дать наглядное представленіе о рѣшеніи принятой на себя составителемъ задачи.

Затѣмъ составляютъ такой же планъ, но въ меньшемъ масштабѣ отъ 1:1000 до 1:5000, на которомъ уже обозначаются болѣе точныя границы города, всѣ общественныя зданія, фабрики и заводы, всѣ главные и второстепенные коллектора съ показаніемъ ихъ длинъ, размѣровъ, уклоновъ и отмѣтокъ подошвъ, отмѣтокъ горизонтовъ воды въ каналахъ и вообще всѣ сооруженія, входящія въ составъ сѣти и служащія для очистки сточныхъ водъ съ надлежащими нивелировочными отмѣтками для ихъ ориентировки. У насъ, въ Россіи для подобныхъ плановъ употребителенъ масштабъ 1:4200 (50 саж. = 1 дюйму).

Если масштабъ для этого плана будетъ избранъ, близкій къ крайнему предѣлу 1:5000, то приходится составлять еще и третій детальный планъ въ масштабѣ 1:500—1:2000 для того, чтобы на немъ было можно нанести какъ границы частныхъ владѣній, такъ и оси воротъ домовъ; это является нужнымъ для опредѣленія мѣстъ заложения и количества патрубковъ для присоединенія домовъ къ канализаціонной сѣти.

Для продольныхъ профилей улицъ употребляютъ слѣдующіе масштабы: для длины 1:2000 до 1:4000 (у насъ въ Россіи 1:4200), при чемъ этотъ масштабъ удобнѣе согласовать съ масштабомъ второго плана; для высотъ 1:100 до 1:200; для наносимыхъ на этихъ профиляхъ трубъ и каналовъ употребляется иной масштабъ 1:25 до 1:75.

Для плановъ мѣстностей отдѣльныхъ сооруженій (подъемныхъ, очистныхъ и пр.) принимаютъ масштабъ отъ 1:500 до 1:1000 и наконецъ для нѣкоторыхъ деталей 1:25 до 1:100.

<sup>1)</sup> Подробнѣе см. И. Левницкій, Начала примѣненія стереоскопическаго зрѣнія къ опредѣленію разстояній до непреступныхъ точекъ и ихъ высотъ.

При примѣненіи полныхъ раздѣльныхъ или полураздѣльныхъ системъ приходится увеличивать число плановъ, такъ какъ нанесеніе двухъ сѣтей каналовъ на одномъ планѣ затемняло бы его чтеніе; для сокращенія чертежной работы въ этомъ случаѣ можно пользоваться накладными планами на калькѣ.

Затѣмъ слѣдуетъ произвести *гидротехническія изысканія* т. е. изучить какъ режимъ того воднаго протока, въ который предполагается послѣ ихъ очистки спускать сточныя воды, такъ и другіе второстепенныя рѣки, ручьи и каналы, прорѣзывающіе изслѣдуемый городъ.

Этими изысканіями мы должны установить горизонты самыхъ низкихъ, меженнихъ и самыхъ высокихъ водъ, скорости и направленіе теченія и расходы при этихъ горизонтахъ, горизонты ледостава и ледохода, толщину льда и продолжительность періода замерзанія. Само собою разумѣется, что для полученія этихъ данныхъ намъ придется снять рядъ поперечныхъ профилей водныхъ протоковъ. Кромѣ того намъ важно выяснитъ соотношеніе между выпадающими въ данной мѣстности осадками и горизонтами стоянія воды въ протокахъ.

Эти свѣдѣнія мы можемъ получить или самостоятельными изысканіями или же получить изъ гидрометрическихъ станцій округовъ путей сообщенія.

Гидротехническія данныя являются необходимыми для проектированія ливнепускотвъ (общесплавная система), дождевыхъ каналовъ (раздѣльная система), устья сѣтей и т. под.

Если же городъ лежитъ на берегу моря, и выпускъ сточныхъ водъ предположенъ въ море безъ всякой очистки, то необходимо тщательно изслѣдовать ту часть моря для помѣщенія устья канализаціонной сѣти, гдѣ уже замѣчаются теченія воды, относящія морскую воду отъ города. Такія изысканія иногда приходится дѣлать на нѣсколько километровъ отъ берега (Бостонъ)<sup>1)</sup>.

Далѣе слѣдуетъ собрать *метеорологическія* данныя, т. е. свѣдѣнія о количествѣ и интенсивности атмосферныхъ осадковъ и о распредѣленіи ихъ по днямъ года. Свѣдѣнія эти, получаемыя обыкновенно изъ ближайшихъ метеорологическихъ станцій, желательно имѣть за возможно большій періодъ времени 20—40 лѣтъ, такъ какъ осадки выпадаютъ весьма неравномѣрно въ различные годы. Если нѣтъ вблизи города метеорологической станціи, то приходится брать данныя объ осадкахъ по аналогіи съ сосѣдними мѣстностями. Само собою разумѣется, что подобный пріемъ не можетъ претендовать на особенную точность. Метеорологическія данныя сопоставляются съ горизонтами воды въ протокахъ, что имѣетъ значеніе для проектированія всѣхъ канализаціонныхъ сооруженийъ, связанныхъ съ водными протоками. Сами же данныя объ осадкахъ даютъ намъ возможность выяснитъ, какое количество осадковъ должно быть отведено водосточными каналами. Въ слу-

---

<sup>1)</sup> Le bulletin de la Société d'Encouragement, 1896, Ronna, De l'assainissement des Villes et des Cours d'eau aux Etats-Unis.

чаѣ же примѣненія неполныхъ раздѣльныхъ системъ въ метеорологическихъ данныхъ нѣтъ надобности. Весьма серьезное экономическое значеніе имѣютъ *геологическія изысканія*, которыя должны намъ дать свѣдѣнія о родѣ грунтовъ, уровняхъ и направленіяхъ теченія грунтовыхъ водъ какъ на городскихъ улицахъ, такъ и по линіямъ отводныхъ коллекторовъ и на мѣстности для очистныхъ сооружений. Геологическія данія, получаемые закладкой ряда развѣдочныхъ скважинъ на среднемъ разстояніи 200 мет. (а въ нѣкоторыхъ случаяхъ и чаще), оказываютъ непосредственное вліяніе на расположеніе водосточныхъ каналовъ, такъ какъ стоимость земляныхъ работъ по рытью рововъ для каналовъ настолько возрастаетъ при работѣ въ слабыхъ грунтахъ и въ грунтахъ, пропитанныхъ водой, что превышаетъ стоимость работъ по постройкѣ самихъ каналовъ въ нѣсколько разъ. Ясно, что безъ такихъ свѣдѣній составленіе смѣтъ будетъ ошибочно.

Кромѣ того установленіе уровней грунтовыхъ водъ имѣетъ важное значеніе для ихъ пониженія дренажными работами, которые въ культурныхъ странахъ предпринимаются одновременно съ постройкой канализаціи.

Затѣмъ составителю проекта необходимо собрать *санитарно-статистическія* свѣдѣнія о количествѣ населенія въ городѣ, о распредѣленіи его по разнымъ кварталамъ города и объ его приростѣ.

Эти данія трудно получить въ точномъ видѣ въ Россіи, такъ какъ у насъ была произведена только одна всероссійская перепись населенія въ 1907 г., и только въ нѣкоторыхъ городахъ были сдѣланы переписи населенія по собственной инициативѣ (Москва, С.-Петербургъ). Поэтому приходится или пользоваться неточными свѣдѣніями, собираемыми адресными столами, полицейскими учрежденіями, губернскими учрежденіями или еще лучше произвести новую перепись населенія. Санитарно-статистическія свѣдѣнія важны намъ для опредѣленія количества хозяйственныхъ водъ, протекающимъ по каналамъ сѣти и подлежащимъ очисткѣ за предѣлами города.

Далѣе слѣдуетъ произвести обширныя *химическія, бактериологическія и біологическія изслѣдованія*.

Для этой цѣли нужно сдѣлать химическіе, бактериологическіе и біологическіе анализы воды того протока, въ который предполагается спускать сточныя воды. Эти анализы надо сдѣлать въ рядѣ живыхъ сѣченій протока, чтобы имѣть ясное представленіе объ его естественномъ состояніи и возможность оцѣнить самоочистительную дѣятельность протока т. е. его способность возстановлять свой первоначальный химическій, бактериологическій и біологическій составъ на извѣстномъ разстояніи отъ тѣхъ пунктовъ, куда вливаются загрязненныя воды. Кромѣ того нужно тщательно изучить, какіе изъ притекающихъ въ водные протоки воды являются постояннымъ источникомъ ихъ загрязненія. Эти данія являются цѣнными для рѣшенія вопроса объ очисткѣ сточныхъ водъ, такъ какъ только подобными изслѣдованіями можно правильно избрать одинъ изъ существующихъ методовъ ихъ очистки.

На выборъ метода очистки вліяетъ находженіе рыбъ въ протокѣ и его значеніе, какъ воднаго пути сообщенія; необходимо имѣть въ виду, что *ни рыболовство, ни судоходство не должны потерпѣть какой-либо ущербъ отъ впуска неочищенныхъ или недостаточно очищенныхъ сточныхъ водъ въ рѣку.*

Кромѣ того передъ составленіемъ проекта весьма важно выяснитъ *количество и составъ фабричныхъ и заводскихъ водъ.* Эти данные обыкновенно получаютъ путемъ опроса всѣхъ фабрикъ города. Эти воды могутъ весьма часто дѣйствовать разрушительно на матеріаль водосточныхъ каналовъ; въ этихъ случаяхъ такія воды должны быть до впуска въ канализаціонную сѣть обезврежены.

Также является нужнымъ изучить *городскіе овраги и ручьи,* чтобы было бы можно ихъ превратить въ водосточные каналы; такіе каналы являются цѣнными съ санитарной точки зрѣнія, такъ какъ они уничтожаютъ мѣста скопленія городскихъ отбросовъ. Необходимо сдѣлать еще изслѣдованія *въ мѣстахъ пересѣченія канализаціонной сѣти съ жельзными дорогами и рѣчками;* для этой цѣли нужно заранѣе войти въ сношенія съ жельзно-дорожными управленіями и округами путей сообщенія, чтобы избѣжать задержки при работахъ.

Также слѣдуетъ войти въ сношеніе *съ частными владѣльцами* до приступа къ работамъ, если какія-либо *сооруженія* будутъ расположены *на ихъ землѣ.*

Далѣе для расположенія канализаціонныхъ каналовъ необходимо знать *глубины подваловъ, положеніе дворовыхъ участковъ съ обратными уклонами и наконецъ положеніе другихъ трубъ и каналовъ, ранѣе уложенныхъ* (водопроводныхъ и газовыхъ трубъ, электрическихъ кабелей и т. п.). Безъ этихъ данныхъ нельзя правильно трассировать сѣть водостоковъ города. Кромѣ того необходимо собрать справочныя цѣны на рабочія руки и матеріалы, какъ и для всякихъ крупныхъ работъ.

Изъ обзрѣнія вышеприведенныхъ данныхъ ясно видно, что для полного производства канализаціонныхъ изысканій требуется довольно много времени въ особенности, если требуется составить проектъ для большого города. Канализаціонныя изысканія должны вестись подъ общимъ руководствомъ *инженера-спеціалиста (санитарнаго инженера),* но при непременномъ содѣйствіи и другихъ спеціалистовъ: *врача-гигіениста, химика, бактеріолога, біолога и статистика;* кромѣ этого нерѣдко отдѣльныя части канализаціи могутъ быть правильно разработаны при участіи инженера-механика (подъемныя устройства), агронома (поля орошенія) и архитектора (гражданскія зданія).

---

## Г Л А В А V.

§ 1. **Опредѣленіе количества домовыхъ водъ.** При производствѣ изысканій необходимо полученныя ими свѣдѣнія подвергнуть *подробной разработкѣ*, чтобы имѣть тѣ основныя данныя, безъ которыхъ не можетъ быть составленъ проектъ канализаціи.

Прежде всего намъ необходимо имѣть свѣдѣнія о *количествѣ сточныхъ водъ* канализируемаго района.

*Домовыми водами* мы выше называли все отработавшія въ домахъ воды городского водопровода т. е. воды клозетовъ, кухонь, ваннъ, умывальниковъ и пр. Для опредѣленія общаго количества *домовыхъ водъ* прежде всего необходимо знать *величину городского населенія въ данный моментъ*—*e*. Но такъ какъ канализація должна служить нѣкоторое время безъ расширенія, то намъ будетъ необходимо знать народонаселеніе, которое будетъ въ городѣ *черезъ нѣкоторое время*—*n*, при извѣстномъ *среднемъ годовомъ приростѣ населенія въ %-ахъ*.

Отсюда легко получить величину *будущаго народонаселенія во всемъ городѣ*—*E*.

$$E = e(1 + 0,01 p)^n \dots \dots \dots (3)$$

Величина *e* должна быть дана изысканіями; значительно труднѣе опредѣленіе въ Россіи величины *p*, какъ мы уже упоминали выше. Самымъ простымъ приѣмомъ для ея опредѣленія было бы построеніе кривой измѣненія населенія въ городѣ за истекшіе годы и вычисленіе средней величины *p*. По этимъ приѣмомъ слѣдуетъ пользоваться съ большою осторожностью, такъ какъ *p* является функціей многихъ жизненныхъ факторовъ. Такъ, на *p* вліяютъ увеличеніе фабрикъ и заводовъ, проведеніе желѣзныхъ дорогъ, открытіе въ немъ высшихъ учебныхъ заведеній, присоединеній предмѣстій къ городу, войны, эпидеміи и пр. Конечно, учесть эти явленія напередъ составителю проекта очень трудно, но несомнѣнно, что съ этими факторами нужно въ извѣстной степени считаться.

Подобный примѣръ представляетъ собой канализація центральной части г. Кіева; при сооруженіи въ 1893—94 г.г. было принято время дѣйствія канализаціи безъ расширенія  $n = 30$  лѣтъ; въ дѣйствительности уже

въ 1898 году она оказалась перегруженной, а въ настоящее время перестраивается и распространяется на весь городъ.

Вообще замѣчается, что сильнѣе всего растутъ средніе города (съ населеніемъ отъ 20000 до 100000), затѣмъ большіе города (100000—1000000 челов.) и менѣе всего маленькіе города (2000—20000 челов.). Такъ напр. Проф. Фрюлингъ (*Frühling*) указываетъ на средний приростъ въ городахъ Германіи съ населеніемъ отъ 20000 до 100000 человекъ въ 2,5%, для маленькихъ же городовъ всего около 1%.

Приведемъ въ таблицѣ VI нѣкоторыя значенія  $p$  для русскихъ городовъ.

ТАБЛИЦА VI.

Названіе города.	$p$ въ‰-хъ
С.-Петербургъ . . . . .	3,39
Москва . . . . .	2,89
Кіевъ . . . . .	4,00
Самара . . . . .	2,21
Саратовъ . . . . .	1,8
Тифлисъ . . . . .	2,00

Въ общемъ слѣдуетъ указать, что для крупныхъ и среднихъ городовъ Россіи для  $p$  можно принимать 2—3‰.

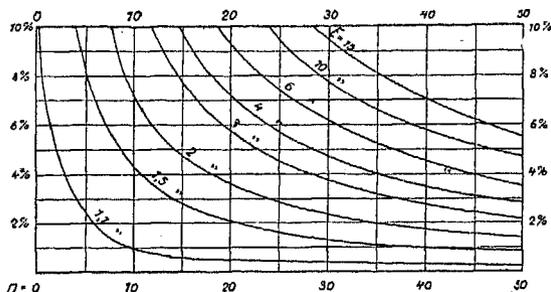
Величина  $n$  берется обыкновенно въ 15—25 лѣтъ; въ такомъ рѣшеніи кроется принципъ справедливости, что за постройку канализаціи расплачивается то поколѣніе, которое ее соорудило. Кромѣ того большая бы цифра  $n$  могла бы привести къ значительному ухудшенію движенія воды въ водосточныхъ каналахъ въ первые десятки лѣтъ существованія канализаціи вслѣдствіе отсутствія необходимой скорости движенія воды, вслѣдствіе чего эксплуатація такой канализаціи могла бы быть невозможной.

Принявъ для  $p$  и  $n$  извѣстныя величины, мы легко изъ формулы (3) можемъ получить величину  $E$ ; для упрощенія логарифмическихъ вычисленій мы можемъ пользоваться слѣдующимъ графикомъ (чер. 37).

Ось абсциссъ служить—осью лѣтъ  $n$ , ось ординатъ—осью  $p$ , кривыя выражаютъ собой величину  $E$ . Величина  $E$  обозначаетъ собой величину го-

родского населенія чрезъ  $n$  лѣтъ во всемъ городѣ, но для составленія проекта намъ необходимо знать величину населенія въ каждомъ городскомъ кварталѣ.

чер. 37.



очень дорого, дома растутъ больше въ высоту, чѣмъ въ ширину, плотность населенія больше, чѣмъ въ среднихъ городахъ. Вообще же слѣдуетъ замѣтить, что въ центральныхъ частяхъ, имѣющихъ торговый характеръ, земля стоитъ дороже, чѣмъ на окраинахъ, и поэтому при составленіи проекта составляются планы города съ показаніемъ частей его съ различной плотностью населенія.

Обыкновенно плотность населенія выражаютъ въ количествѣ людей приходящихъ на 1 гектаръ (или 1000 кв. саж.) городскихъ кварталовъ.

Городъ считается *плотно населеннымъ*, если въ немъ приходится 250 и выше человекъ на 1 га, *средне населеннымъ* при 125—200 человекъ на 1 га и *мало населеннымъ* при количествѣ, меньшемъ 125 ч. на 1 га. Впрочемъ, въ нѣкоторыхъ крупныхъ городахъ (Берлинъ, Петербургъ) плотность доходитъ и до 600—800 человекъ на 1 га.

Чаще всего въ среднихъ городахъ принимаютъ двѣ плотности населенія  $f$ : центральныхъ частей  $f_1$  и окраинныхъ  $f_2$ ; между  $f_1$  и  $f_2$  часто на практикѣ встрѣчается соотношеніе  $f_1 : f_2 = 1 : 2$  —  $1 : 3$ .

Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ зависимости отъ величины города и другихъ мѣстныхъ условій приходится вводить въ проектъ рядъ плотностей  $f_1, f_2 \dots f_n$  (проектъ канализаціи С-П-Бурга<sup>1)</sup> составленный обществомъ Брянскихъ заводовъ).

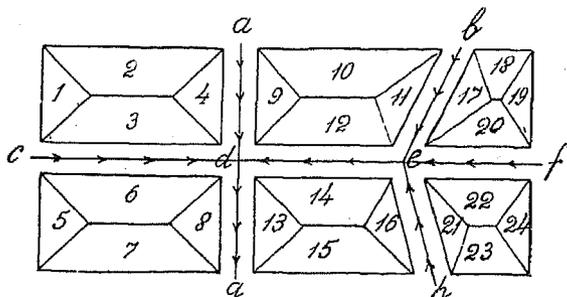
Инженеръ Линдлей въ проектѣ канализаціи г. Самары<sup>2)</sup> также принимаетъ 4 различныя плотности на 1 гектаръ: 300 человекъ въ центральныхъ частяхъ города, 200 — на окраинахъ, 150 — въ предмѣстьяхъ и 100 на поймѣ р. Самарки. Когда уже плотности населенія въ различныхъ частяхъ города установлены, то намъ будетъ можно подсчитать отдѣльныя площади городскихъ кварталовъ и опредѣлить въ каждомъ изъ нихъ

<sup>1)</sup> См. Пояснительную записку къ проекту канализаціи С-П-Бурга, составленную обществомъ Брянскихъ заводовъ.

<sup>2)</sup> Пояснительная записка къ канализаціи г. Самары.

число жителей. Не слѣдуетъ однако дѣлать подсчеты площадей цѣликомъ; они должны быть разбиты на отдѣльныя части, которыя канализируются отдѣльными уличными водостоками. Для этой цѣли, чтобы нѣсколько подойти

чер. 38.



къ дѣйствительному направлению скатовъ домовыхъ крышъ, дѣлать пополамъ углы кварталовъ, затѣмъ соединяютъ точки пересѣченія биссектрисъ между собой и получаютъ рядъ мелкихъ площадей 1, 2, 3 . . 23 24, которые подсчитываются и перемножаются на установленную плотность,

(черт. 38). Такимъ образомъ количество жителей, приходящееся на каждую площадку,  $e_1$ —будетъ равняться

$$E_1 = f \omega (1 + 0,01 p)^n.$$

Само собой разумѣется, что подобное дѣленіе кварталовъ на части не можетъ быть точнымъ, но для практики такое рѣшеніе вопроса является достаточнымъ. Если же въ городѣ имѣются дворовые участки съ обратными уклонами и ихъ предполагается канализировать чрезъ сосѣднія владѣнія, то это обстоятельство должно быть учтено при разбивкѣ городскихъ кварталовъ на части. Теперь для того, чтобы опредѣлить количество домовыхъ сточныхъ водъ въ городѣ, намъ необходимо знать среднюю норму потребленія воды на человѣка въ сутки- $r$ . Такъ какъ обыкновенно канализація строится послѣ постройки водопровода, то полученіе существующей величины  $r$  не представляется затруднительнымъ, если, конечно, ведется правильный учетъ воды городскимъ водопроводомъ. Но для проектированія канализаціи эта цифра должна нѣсколько быть увеличена, такъ какъ канализація всегда вызываетъ увеличеніе водопотребленія.

Потребленіе воды въ различныхъ городахъ неодинаково и зависитъ отъ величины и промышленнаго значенія города, а также и отъ способа учета потребленія воды (плата оптомъ или плата по водомѢрамъ).

По даннымъ проф. Ф. Е. Максименко потребленіе воды въ русскихъ городахъ можетъ быть установлено по слѣдующимъ нормамъ:

для городовъ съ населеніемъ до 50000 жителей	40— 50 лит. (≈ 3— 4в.)
” ” ” отъ 50000 до 100000	” 50— 60 лит. (≈ 4— 6в.)
” ” ” ” 100000 до 200000	” 60— 85 лит. (≈ 5— 7в.)
” ” ” > 200000	” 85—160 лит. (≈ 7—13в.)

Нормы эти надо признать довольно незначительными, что легко объясняется отсутствіемъ въ нашихъ городахъ систематической канализаціи. Въ Германіи по даннымъ Frühling среднее потребленіе воды близко къ 100

литрамъ на человѣка, а по даннымъ Грана (Grain) оно колеблется отъ 30 литровъ (Solingen) до 250 лит. (Dortmund); въ Англіи <sup>1)</sup> оно колеблется отъ 68,1 (Galifax) до 254,4 (Glasgow) и въ Америкѣ <sup>2)</sup>—отъ 131,8 (Fail river) до 1226,4 л. (Buffalo).

Приведенныя нормы  $r$  не достаточны для разчета сѣченій водосточковъ, такъ какъ потребление воды никогда не бываетъ равномернымъ, а колеблется по временамъ года, днямъ недѣли и даже часамъ.

Такъ, лѣтомъ въ жаркую погоду расходъ воды бываетъ больше, чѣмъ зимою, въ банные дни и въ кануны большихъ праздниковъ также усиливается потребление воды и наконецъ въ теченіе дня наибольшее потребление воды бываетъ въ дневные часы, падала ночью до нуля. Размѣры колебаній зависятъ отъ климатическихъ условій и отъ привычекъ мѣстныхъ жителей.

Въ среднемъ слѣдуетъ принять, что *наибольшій суточный расходъ превышаетъ средній суточный въ 1,5—2 раза; такое же отношеніе замѣчается между наибольшимъ часовымъ и среднимъ часовымъ расходомъ.* Такимъ образомъ максимумъ часового расхода составляетъ отъ

$\frac{1,5 \times 1,5}{24} = \infty \frac{1}{10}$  до  $\frac{2 \times 2}{24} = \frac{1}{6}$  среднего часового расхода. Также для

опредѣленія наибольшаго часового расхода иногда принимаютъ, что половина суточнаго расхода отводится въ извѣстное количество дневныхъ часовъ: 6 (Ростовъ-на-Дону)—9 (Москва, Кіевъ, Казань); тогда принимая наибольшій суточный расходъ въ 1,5 раза болѣе среднего суточнаго, получимъ предѣлы для наибольшаго часового расхода домовыхъ водъ  $\frac{1,5}{2 \times 6} = \frac{1}{8}$  —

$\frac{1,5}{2 \times 9} = \frac{1}{12}$  Изъ этихъ нормъ для русскихъ условій можно рекомендо-

вать норму въ  $\frac{1}{12}$ , какъ весьма удобную для вычисленія, такъ какъ при ея примѣненіи слѣдуетъ средніе расходы помножить на два.

Выборъ такой болѣе низкой нормы имѣетъ за собой слѣдующія основанія. Вода, взятая изъ водопровода въ часы наибольшаго разбора, не тотчасъ же поступаетъ обратно въ канализаціонную сѣть въ полномъ своемъ объемѣ; далѣе невозможно допустить равномерное поступленіе сточныхъ водъ изъ всѣхъ домовъ города, и слѣдовательно эти колебанія нѣсколько сглаживаются; кромѣ того въ каналахъ общеславной системы имѣется всегда огромный запасъ для пропуска ливневыхъ водъ.

Для характеристики нормъ потребления воды на человѣка въ сутки приведемъ таблицу VII подобныхъ нормъ для русскихъ и заграничныхъ городовъ.

1) The Waterworks Directory and Statistics, 1903.

2) The Municipal year book 1902 for M. N. Baker.

ТАБЛИЦА VII.

Название города.	Части города.	Число жителей на 1 гектаръ.		Г вь вед.
		сущест- вующее	разсчет- ное.	
С.-Петербургъ . . . . .	Плотно населен. части Средне населенныя . . . Слабо населенныя . . .	792	} 880	18,5
		528		
		420		
Москва . . . . .	Центральныя . . . . . Въдшныя . . . . .	—	440	7
		—	220	
Варшава . . . . .	—	—	375	8
Казань . . . . .	Центральныя . . . . . Окраинныя . . . . .	180	360	6.
		90	180	
Одесса . . . . .	—	—	220	6
Кіевъ . . . . .	—	110	220	7
Саратовъ . . . . .	а) Центральныя . . . . . б) Окраинныя . . . . .	} 165	265	7
			120	
Ростовъ-на-Дону . . . . .	—	155	336	7
Самара . . . . .	а) центральныя . . . . . б) окраинныя . . . . . в) предместья . . . . . д) пойма Самарки . . . . .	250	300	10
		175	250	
		125	150	
		—	100	
Астрахань . . . . .	а) центральныя , . . . . б) окраинныя . . . . .	130	220	10
		80	145	
Тифлисъ . . . . .	а) центральныя . . . . . aa) старыя кварталы . . . . . bb) новыя кварталы . . . . . б) окраинныя . . . . .	—	—	—
		311	350	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
		264	250	10
		171	200	12
Берлинъ . . . . .	—	200-600	400-800	10,4
Кельнъ . . . . .	а) старыя . . . . . б) новыя . . . . .	400	—	11,4
		230	—	11,4
Мюнхенъ . . . . .	—	55-485	80-700	12,2
Франкф. н.-М. . . . .	—	—	220	12,2
Лондонъ . . . . .	—	100-400	—	11,4

Изъ предшествующаго ясно, что наибольшій часовой расходъ домовыхъ сточныхъ водъ въ начальномъ водосточномъ каналѣ можно опредѣлить по слѣдующей формулѣ:

$$q = \frac{1,2 \times 2 \text{ } rf\omega (1 + 0,01 p)^n}{24} \dots \dots \dots (4)$$

гдѣ буквы имѣють вышеуказанныя значенія, коэффициентъ 1,2 введенъ на увеличеніе потребления воды въ городѣ послѣ постройки канализаціи, 2 — коэффициентъ, оцѣнивающий колебанія часовыхъ расходовъ воды. Секундный расходъ при  $\omega = 1$  гект. = 10000 кв. мет.

$$m_1 = \frac{rf (1 + 0,01 p)^n}{36000}, \dots \dots \dots (5)$$

гдѣ плотность  $f$  установлена на 1 гект., или  $m_2 = \infty 0,28 \text{ } rf (1 + 0,01) p^n$ , гдѣ  $\omega = 10000$  кв. м. и  $f$  дано на 1 кв. метрѣ.

Подобный расходъ  $q$  — мы будемъ называть попутнымъ, который для начальныхъ водостоковъ *ad, be...* (см. черт. 38) будетъ совпадать съ расчетнымъ; для водосточныхъ же нижнихъ каналовъ *de, dg...*, принимающихъ въ себя воды верхнихъ каналовъ, при полученіи ихъ расчетныхъ секундныхъ расходовъ  $q_i$ , необходимо сложить всѣ расчетные расходы вливающихъ въ ихъ каналовъ съ попутными расходами самихъ каналовъ.

Для опредѣленія расчетныхъ расходовъ сначала мы вычисляемъ расчетный коэффициентъ  $m_1$  или  $m_2$ , а затѣмъ отдѣльныя площади 1, 2, 3.... (черт. 37), и наконецъ площади стока, относящіяся къ данному каналу и, перемноживъ ихъ на  $m$ , получаемъ искомыя расчетные расходы.

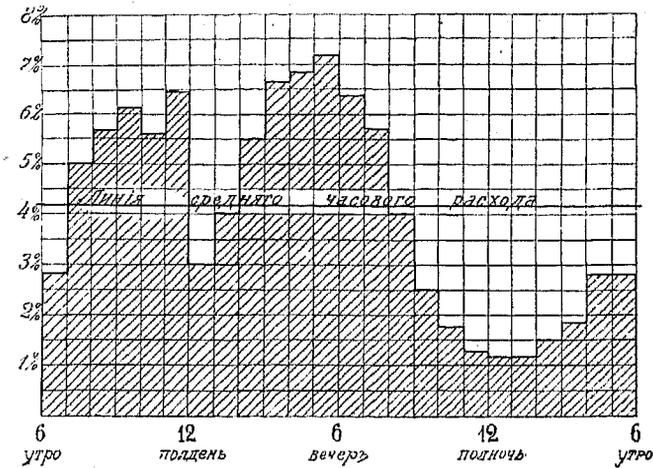
Всѣ эти данныя съ удобствомъ могутъ быть представлены въ видѣ слѣдующей таблицы.

ТАБЛИЦА VIII.

№№ по порядку.	Площади стока въ гектарахъ или кв. мет.		Расходы въ литрахъ или куб. метрахъ			Примѣчанія.
	№№ площадей.	кв. содержаніе.	попутн.	расчетн.	транзит.	

Вышеприведенный способ опредѣленія расчетныхъ домовыхъ расходовъ является *наибольше употребительнымъ*, если въ городѣ отсутствуютъ фабрики и заводы. Въ противномъ случаѣ слѣдуетъ построить болѣе подробный графикъ часовыхъ колебаній воды въ день наибольшаго потребленія, пользуясь данными существующаго водопровода. Изображеніемъ подобныхъ колебаній можетъ служить слѣдующій графикъ (черт. 39).

чер. 39.



Подобные графики, какъ мы увидимъ дальше, имѣютъ значеніе для нѣкоторыхъ канализаціонныхъ сооружений (насосныхъ станцій, сборныхъ резервуаровъ и т. под.).

**§ 2. Опредѣленіе количества общественныхъ водъ.** *Общественныя воды* т. е. воды, затрачиваемыя на поливку улицъ и общественныхъ садовъ, на общественныя клозеты и писсуары, фонтаны, водоразборные краны, водопойныя колоды, пожары и т. под. не имѣютъ большаго значенія для расчета водостоковъ.

*Воды на поливку улицъ* обыкновенно входятъ, какъ мы уже выше говорили, въ количество домовыхъ водъ и отдѣльно не исчисляются.

*Воды на поливку садовъ* (сточныя воды водоразборныхъ крановъ, водопоевъ) только незначительной частью попадаютъ въ водосточную сѣть и также не учитываются. *Воды же общественныхъ клозетовъ, писсуаровъ и большихъ фонтановъ* должны быть исчислены, такъ какъ они могутъ оказывать вліяніе на проводимость прилегающихъ къ нимъ водосточныхъ каналовъ.

Количества воды, затрачиваемыя на главные общественныя надобности, опредѣляются по слѣдующимъ нормамъ:

1. На 1 кв. мет. политой площади улицъ и садовъ—1,5 литра
2. На общественныя писсуары
  - а) при періодической промывкѣ на каждое мѣсто въ 1 часъ—60 лит.

б) при непрерывной промывкѣ на 1 ног. метр. промываемой трубы  
въ часъ . . . . . 200 лит.

3. На общественные клозеты

а) при устройствѣ отдѣльных промывныхъ баковъ  
на очко . . . . . 9,5—13,5 лит.

б) при общемъ промывномъ бакѣ и периодической  
промывкѣ въ часъ . . . . . 80—100 лит.

4. На общественные фонтаны смотря по величинѣ въ секунду . 1—400 лит.

Соотвѣтственные расчетные секундные расходы легко опредѣляются изъ этихъ данныхъ и должны быть внесены въ таблицу VIII въ графу примѣчаній.

§ 3. **Опредѣленіе количества промышленныхъ водъ.** Къ промышленнымъ водамъ относятся *воды фабрикъ, заводовъ, железнодорожныхъ станцій, бань, скотобоемъ* и пр. Онѣ должны быть непременно исчислены во избѣжаніе перегрузки прилегающихъ къ нимъ водосточныхъ каналовъ. Количества ихъ колеблятся въ широкихъ предѣлахъ для каждаго заведенія и должны быть въ сущности установлены собираніемъ статистическихъ свѣдѣній.

Для примѣра такого статистическаго изслѣдованія приведемъ таблицу данныхъ о количествѣ фабричныхъ водъ въ нѣмецкомъ городѣ Gera <sup>1)</sup> (Табл. IX).

ТАБЛИЦА IX.

№ по порядку.	Названіе фабрики.	Количество рабочихъ.	Количество расходуемой воды въ кв. метрахъ.				Темп. коэф. воды въ град. Ц.
			Домовыя.	Фабричныя.	Конденсационныя.	Общес.	
1	Красильная и аппретурн.	1200	30	2400	7200	9630	30
2	" "	350	—	1200	900	2100	30
3	Красильная, ткацкая и аппретурная фабрика	800	30	1000	650	1650	23—27
4	Красильная и аппретурн.	120	0,5	300	900	1200,5	30
5	" "	140	—	400	600	1000	—
6	Прядильная . . . . .	344	—	40	560	601	25
7	Механическая ткацкая	460	—	25	215	240	15—25
8	" "	220	—	1	134	135	27—28
9	Ткацкая . . . . .	900	1	2	130	133	20—24
10	Механическая ткацкая.	420	0,5	—	40	40,5	—

<sup>1)</sup> Gesundheits-Ingenieur, 1907 № 44, Häusliche Abwässer, Fabrikwässer und Regenwässer in Gera von Geissler.

Тѣмъ не менѣе приходится очень часто за спѣшностью работы прибѣгать къ принятымъ на этотъ случай нормамъ, которыя сведены нами въ таблицу X.

ТАБЛИЦА X.

Названіе заведенія.	Потребленіе воды въ литрахъ въ сутки.
Бани на 1 человѣка . . . . .	125—180
Больницы и богадѣльни—на 1 человѣка . . . . .	100—150
Скотобойни на 1 голову скота:	
а) крупнаго . . . . .	300—400
б) мелкаго . . . . .	150—200
Общественныя прачешныя на 100 клр. сухого бѣлья	400
Школы на 1 ученика въ день . . . . .	2
Казармы на 1 солдата . . . . .	20
„    на 1 лошадь . . . . .	40
Рынки на 1 кв. мет. застроенной площади . . . . .	5
Гостиницы на 1 постояльца . . . . .	100
Желѣзнодорожныя станціи въ зависимости отъ класса станціи въ сутки:	
для I класса . . . . .	1000000-2000000
для II класса . . . . .	500000-1000000
для III класса . . . . .	200000-250000
Пивоварни на 1 гектолитръ свареннаго пива . . . . .	500
Суконныя фабрики на 1 клгр. шерсти . . . . .	1000
Чугунно-плавильныя заводы—на каждую домну . . . . .	2000000
или рабочаго въ сутки . . . . .	10000
исход. табл. см. на оборотѣ.	

Название заведения.	Потребление воды въ литрахъ въ сутки.
<b>Жельзоѳлательные заводы:</b>	
на каждую пудлинговую печь въ часть . . .	750—1000
или рабочаго въ сутки . . . . .	1000—2000
Сталелитейные заводы—на рабочаго въ сутки . . .	1000—2000
Механическія мастерскія—на рабочаго въ часть . . .	10
Для орошенія полей на 1 гект. . . . .	3300—3600
Для орошенія садовъ и луговъ на 1 гектаръ . . .	6500—7000
<b>Паровые котлы на 1 индикаторную лошаd. сил. въ 1 ч.</b>	
а) для машинъ безъ холодильника:	
аа) малыхъ (дав. пара р. не $> 6$ ат) . . . . .	25—35
бб) среднихъ ( „ „ „ $> 7$ „ ) . . . . .	14—17
вв) compound ( „ „ „ 6—8 ат) . . . . .	13—16
б) для машинъ съ холодильниками:	
аа) среднихъ ( $p=7$ ат) . . . . .	12—14
бб) compound ( $p=7-8$ ат) . . . . .	7—10
вв) тройного расширенія ( $p=10-11$ ат) . . . . .	6—7
<i>Примѣчаніе.</i> Для холодильника требуется 25—30 кратное количество воды для машины при не использованіи обратной воды; въ противномъ случаѣ 8—15 кратное количество.	
<b>Газовые двигатели:</b>	
а) на 1 кв. мет. потребляем. газа . . . . .	40—60
б) на дѣйств. лош. силу въ часть . . . . .	40—50
Керосиновые двигатели на 1 одну дѣйствительную лошадиную силу въ часть . . . . .	40—50

Зная нормы и величину въ данномъ производствѣ или работу общественнаго учрежденія и время, въ которое эти заводы и учрежденія работаютъ интенсивнѣе, мы можемъ получить расчетные секундные расходы.

Приведемъ въ видѣ примѣра нѣкоторыя приблизительныя величины наибольшихъ расчетныхъ расходовъ въ секунду (табл. XI).

ТАБЛИЦА XI.

№ №	Названіе учрежденій	Наибольшій общій расходъ въ сутки. въ лит.	Время работы учрежденія въ часахъ.	Расчетный секундный расходъ. въ лит.
1	Городскія бани съ общей пропускной способностью отъ 150 до 300 ч.	5000000—1000000	12 часовъ	11—22
2	Больницы рассчитанныя на 50—100 человекъ.	7500—60000	16 часовъ	0,12—1
3	Скотобойни на 100—250 головъ . . . . .	50000—100000	7 часовъ	∞ 2—4
4	Станціи желѣз. дорогъ	250000—2000000	въ зависимости отъ графика движенія поѣздовъ; въ большихъ городахъ 16 часовъ.	—
5	Казармы: а) на 2000 пѣхотныхъ солдатъ . .	40000	16	0,7
	б) на 1200 артиллерійскихъ солдатъ и и 600 лошадей .	48000	16	0,83

Изъ этой таблицы видно, что секундные расходы общественныхъ водъ сравнительно невелики.

Количество промышленныхъ водъ можно вычислить на одного человека. Это количество также будетъ весьма различно, какъ можно видѣть изъ слѣдующей таблицы XII (стр. 70).

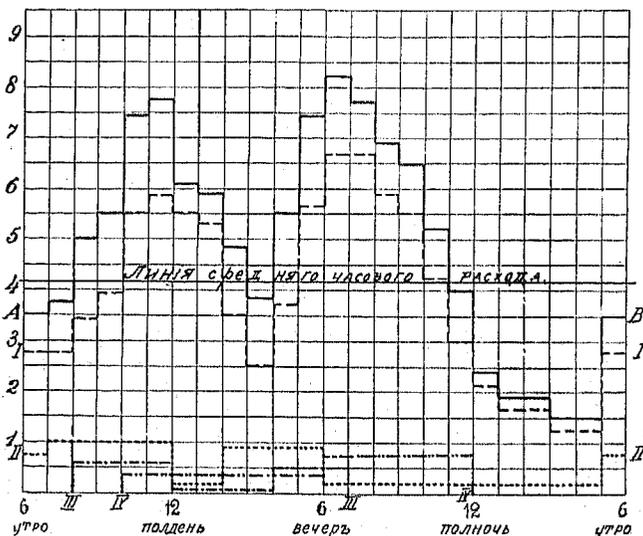
Эти концентрированные расходы въ различныхъ учрежденіяхъ распределяются неравномѣрно и въ небольшихъ и среднихъ городахъ могутъ сильно вліять на видоизмѣненіе приведеннаго выше графика (черт. 39).

ТАБЛИЦА XII.

Название города.	На голову населения приходится литровъ.	Название города.	На голову населения приходится литровъ.
Галле . . . . .	30	Бохумъ . . . . .	103
Цюрихъ . . . . .	49	Бирмингамъ . . . . .	222
Эльберфельдъ . . . . .	65	Реймсъ . . . . .	406
Дюисбергъ . . . . .	94	Гласго . . . . .	363

Напримѣръ известно, что расходъ воды производится въ скотобойняхъ и въ некоторыхъ городахъ между 5-8 ч. утра и 7-11 вечера, а въ баняхъ между 10 утра и 12 ночи; фабрики и заводы, прекращая свою работу отъ 12 до 2 часовъ, работаютъ въ теченіе 8—10 часовъ и т. п. Если бы можно было бы собрать свѣдѣнія о всѣхъ учрежденіяхъ и, разсчитавъ часовые расходы, нанести ихъ на графикъ въ день наибольшаго потребленія, то мы получили бы графикъ, на которомъ максимальная ордината намъ показала бы максимумъ максимумомъ (черт. 40), но на практикѣ этотъ методъ за недостаткомъ статистическихъ данныхъ примѣняется рѣдко.

черт. 40.



Кривая I — I обозначаетъ собой потребл. воды въ теченіе дня въ городѣ.  
 „ II — II „ „ „ „ „ „ „ на фабрикахъ.  
 „ III — III „ „ „ „ „ „ „ на скотобойн.  
 „ IV — IV „ „ „ „ „ „ „ въ баняхъ.  
 Ординаты кривой AB представляютъ собой сумму ординатъ кривыхъ I-I—IV-IV.

## Г Л А В А VI.

§ 1. Основанія для выбора расчетнаго дождя. Количество атмосферныхъ осадковъ, выпадающихъ въ данной мѣстности, зависитъ отъ климатическихъ и мѣстныхъ условій. Къ атмосфернымъ осадкамъ относятся: дождь, снѣгъ, иней и градъ. Для цѣлей канализаціи имѣютъ значеніе преимущественно дождевая вода, такъ какъ только тающій или сбрасываемый въ снѣговыя шахты для таянія снѣгъ попадаетъ въ канализаціонную сѣть. Иней и градъ вслѣдствіе рѣдкаго выпаденія не имѣютъ значенія для канализаціонной сѣти.

Дожди можно подраздѣлить на дожди малой силы и на дожди большой силы—*ливни*. Такъ какъ каналы общесплавной системы должны пропускать наибольшія количества дождевыхъ водъ, то станетъ яснымъ, что для расчета сѣченій каналовъ въ большинствѣ случаевъ имѣютъ большее значеніе—ливни, дающіе огромныя количества воды въ теченіе весьма незначительнаго промежутка времени, выражающагося обыкновенно въ минутахъ. Но намъ при составленіи проекта будутъ нужны и свѣдѣнія о дождяхъ для различныхъ промежуточныхъ цѣлей напр. для выясненія вопроса о промывкѣ каналовъ общесплавной системы, для расчета каналовъ и интерцепторовъ полураздѣльной системы, для опредѣленія работы ливнеспусковъ въ году и т. под.

Свѣдѣнія о распредѣленіи дождей и ливней составитель проекта можетъ получить только на мѣстныхъ метеорологическихъ станціяхъ, при чемъ желательно имѣть подобныя свѣдѣнія за 15—20 и болѣе лѣтъ, такъ какъ *только долголѣтнія наблюденія могутъ намъ дать увѣренность, что избранный нами за основной для проекта ливень будетъ въ дѣйствительности самымъ невыгоднымъ.*

Если же въ данномъ мѣстѣ не имѣется метеорологической станціи, приходится пользоваться данными ближайшихъ метеорологическихъ станцій. *У насъ въ Россіи въ виду громадной площади государства и малаго количества метеорологическихъ станцій получение данныхъ объ атмосферныхъ осадкахъ представляется весьма затруднительнымъ.*

Прежде при выборѣ расчетнаго дождя мы пользовались общимъ наибольшимъ количествомъ осадковъ, выпадающихъ въ единицу времени и

опредѣляемыхъ простыми дождемѣрами; раздѣленіемъ максимальнаго слоя ливневой воды на время его выпаденія, мы бы въ данномъ случаѣ получили норму расчетнаго дождя въ единицу времени.

Основаніемъ для подобнаго незатѣливаго расчета служило отсутствіе наблюденій, характеризующихъ все явленіе выпаденія дождя отъ самаго его начала до его прекращенія.

Подобныя наблюденія могли только дать *самопишущіе дождемѣры*, впервые, насколько намъ извѣстно, примѣненные въ Цюрихѣ. Эти дождемѣры даютъ кривыя, указывающія количество выпавшихъ осадковъ въ равныя промежутки времени (обыкновенно минуту) за все время выпаденія наблюдаемаго дождя.

Только такими наблюденіями удалось установить нѣкоторые факторы, имѣющіе существенное вліяніе на расчетъ водосточныхъ каналовъ.

Еще до употребленія самопишущихъ дождемѣровъ было замѣчено, что *выпадающіе дожди въ соседнихъ мѣстностяхъ весьма часто отличаются другъ отъ друга, какъ по общему годовому количеству воды (измѣряемому обыкновенно въ миллиметрахъ), такъ и по отдѣльнымъ дождямъ*. Далѣе же удалось установить, что *сильные ливни выпадаютъ по преимуществу въ жаркіе дни и отличаются небольшою продолжительностью и малою областью распространенія*.

Для того, чтобы классифицировать дожди и ливни необходимо установить между ними опредѣленныя границы. Такимъ наименьшимъ предѣломъ для ливней является выпаденіе такого слоя ливня, который даетъ 50 литровъ въ секунду съ гектара. Риггенбахъ (Riggenbach) для этого предѣла даетъ слой ливня въ 20 мм. (55 литровъ въ секунду на 1 *ha*) при наименьшей продолжительности въ 5 минутъ. Слѣдующая таблица XIII даетъ намъ свѣдѣнія о ливняхъ, выпавшихъ въ нѣкоторыхъ городахъ.

ТАБЛИЦА XIII <sup>1)</sup>.

№ по порядку.	Названіе города.	Число, мѣсяць и годъ.	Продолжительность въ минутахъ.	Интенсивность въ sec-lit на сект.	Источникъ.
1	Лондонъ . .	1 Авг. 1846	60	277	König.
2	Цюрихъ . .	9 Сент. 1876	10	353	Knauff.
3	Марсель . .	15 Сент. 1872	120	333	Bürkli-Ziegler.
4	Штуттгартъ .	21 Юня 1877	60	200	{ Dobel.
5	„	23 „ 1883	3	417	

<sup>1)</sup> Подробнѣе см. *Bürkli-Ziegler*, Grösste Abflussmengen bei städtischen Abzugskanälen, Zürich, 1880; *Knauff*, Stadregen und ihre Beseitigung Gesundheits-Ingum. 1894; *Dobel*, Kanalisation, 1896; *Hann*, Lehrbuch der Meteorologie; *Baumeister*, Städtisches Strassenwesen und Strassenbeseitigung Berlin 1890.

№ по порядку.	Название города.	Число, мѣсяць и годъ.	Продолжительность въ минутахъ.	Интенсивность въ sec. lit на гект.	Источникъ.
6	Франкфуртъ на Майнѣ . .	23 Сент. 1890	7	332	Städtische Tiefbauwesen.
7	Урфельдъ (Баварія) . .	12 Авг. 1901	180	110	Frankfurt am Main 1903
8	Парижъ. . .	9 Сент. 1865	20	290	Beschmann.
9	Миланъ . . .	20 Юня 1890	25	175	idem.
10	Буэносъ-Айресъ . . .	Декабрь 1867	45	145	idem.

Вообще ливни съ большой интенсивностью выпадаютъ сравнительно рѣдко; вѣроятность ихъ выпаденія возрастаетъ съ увеличеніемъ годового слоя осадковъ. Подобныя наблюденія были сдѣланы различными учеными: Cramer <sup>1)</sup>, Knauff <sup>2)</sup>, Dobel <sup>3)</sup>, Hellmann <sup>4)</sup> Frühling <sup>5)</sup> и др.

Такъ напр. Frühling указываетъ, что средняя интенсивность всѣхъ дождей съ интенсивностью ниже 55 sec-lit/ha

для Берлина при годов. слое осадковъ въ 594 мм. была въ 44,6 sec.lit/ha;

„ Базеля „ „ „ „ „ 647 „ „ „ 111,6 sec.lit/ha.

Knauff для сѣверной Германіи далъ по наблюденіямъ 1891 и 1892 гг. слѣдующія процентныя соотношенія:

49% — 33—65. sec. lit на гект.

18% — 67—82 sec. lit „ „

14% — 83—115 sec. lit „ „ ;

но во всякомъ случаѣ слѣдуетъ признать, что до настоящаго времени не установили никакихъ высшихъ предѣловъ для ливней, которые слѣдовало бы принимать для разчета водостоковъ.

Далѣе наблюденія за ливнями, произведенные Frühling, Bock и др., выяснили, что ливни во время своего выпаденія обнаруживаютъ сильныя колебанія съ своей интенсивности.

Характерными примѣрами подобныхъ ливней является извѣстный ливень 3 Юня 1878 г. въ Цюрихѣ, который въ продолженіе 7 час. 40 мин.

<sup>1)</sup> Cramer. Die grösten Abflussmengen in Flüssen, Bächen und staedtischen Abflusskanalen, Zentralblatt der Bauverwaltung. 1893.

<sup>2)</sup> Knauff. Stadregen und ihre Beseitigung, Gesund. Ing. 1894.

<sup>3)</sup> Dobel. Kanalisation. 1896.

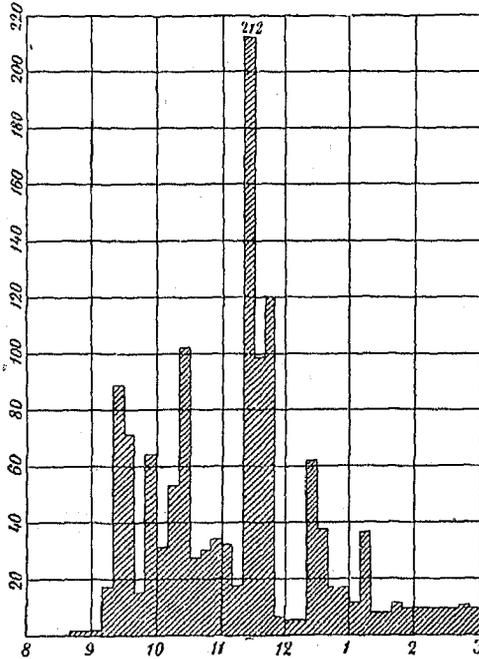
<sup>4)</sup> Hellman. Gröste Niederschlagsmengen in Deutschland, Zeit der Kön. Preus. Stat. Bureaus 1884.

<sup>5)</sup> Frühling. Ueber Regen und Abflussmengen für städtische Entwaesserungskanäle, Ziv-Ing. 1904.

давалъ колебанія интенсивности между 18,1 и 143,3 sec-lit, достигнувъ въ среднѣ дождя 212 лит. въ сек. (см. черт. 41).

Подобно интенсивности мѣняется въ широкихъ предѣлахъ и продолжительность дождя, что можно видѣть изъ таблицы XIII. Приведенный въ ней ливень въ Урфельдѣ нужно считать явленіемъ рѣдкимъ и не при-

чер. 41.



мать его ни въ коемъ случаѣ за расчетный дождь при расчетѣ сбѣченій, такъ какъ каналы окажутся очень дорогими и не будутъ въ состояніи правильно работать въ обыкновенныхъ условіяхъ.

Riggenbach даетъ для Базеля среднюю продолжительность ливня въ 15 минутъ для всѣхъ дождей ниже 167 sl. (89% всѣхъ наблюденій).

Кнаuff даетъ, что въ 58% изученныхъ имъ ливней ихъ продолжительность колебалась отъ 14 до 42 минутъ.

На эти данныя слѣдуетъ смотрѣть, какъ на простые примѣры, но изъ большинства наблюденій можно придти къ заключенію, что за среднюю продолжительность ливней слѣдуетъ считать 30 минутъ.

Далѣе, намъ для яснаго представленія о характерѣ ливней является интереснымъ изучить зависимость между количествомъ дней, въ которые выпадаютъ ливни, продолжительностью и интенсивностью ливней. Оказывается, что въ большинствѣ случаевъ количество и продолжительность ливней обратно пропорціональны ихъ интенсивности.

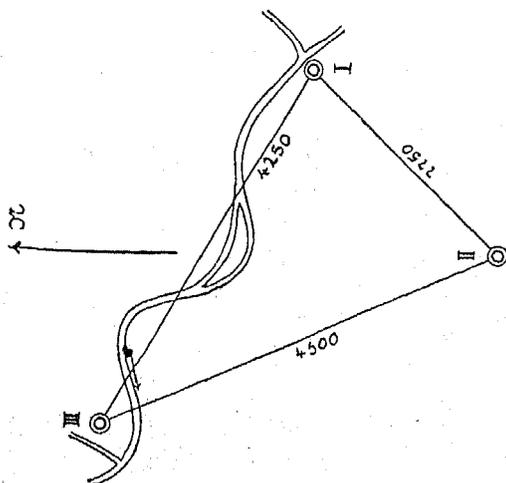
Это ясно можно подмѣтить по даннымъ Прусскаго метеорологическаго Института въ 1891—1893 гг. обработаннымъ проф. Бюзингомъ (Büsing, таблица XIV).

ТАБЛИЦА XIV.

Продолжительность дождя въ минутахъ.	интенсивность дождя въ минутахъ.	Вѣроятность выпаденія въ теченіе года.
1—5	582	0,01
6—15	352	0,05
16—30	253	0,10
31—45	153	0,35
46—60	138	0,46
61—120	133	0,56
121—180	78	1,40
181 и болѣе	57	2,4

Теперь намъ остается выяснить область распространенія ливней; къ сожалѣнію въ нашихъ рукахъ имѣется еще мало данныхъ, такъ какъ для

чер. 42.



этой цѣли необходима установка въ нѣсколькихъ пунктахъ города самопишущихъ дождемѣровъ.

Наибольшую площадь, какъ извѣстно обхватываютъ, такъ называемые *областные дожди*; имѣются въ литературѣ указанія, что область ихъ распространенія доходила почти до 40000 кв. кил., но подобные дожди даютъ въ секунду меньшей расходъ для водостоковъ, чѣмъ ливни, а потому сравнительно должны насъ мало интересовать.

Проф. Frühling сдѣламъ наблюденія надъ изученіемъ области распространенія въ Бреславлѣ при р. Одерѣ, гдѣ имѣлись на разстояніи нѣсколькихъ километровъ три дождемѣрныхъ станціи (черт. 42); площадь, заклю-

ченна въ этомъ треугольникѣ, равнялась почти 700 гектарамъ. Сторона треугольника II III направлена съ сѣвера на югъ, а Одеръ течетъ въ направленіи I III, въ этомъ же направленіи приблизительно идетъ и общій уклонъ мѣстности.

Наблюденія, сдѣланныя въ пунктахъ I, II и III, сведены въ слѣдующую таблицу XV.

ТАБЛИЦА XV.

Обозначеніе дождей.	Станція I.			Станція II.			Станція III.		
	Нача- ло.	Про- долж.	se-lit на гект.	Нача- ло.	Про- долж.	se-lit на гект.	Нача- ло.	Про- долж.	se-lit на гект.
дождь А. . .	8.50	6	175	7.55	55	88	8.50	34	66
	9.05	6	175						
дождь Б. . .	4.15	15	98	4.30	60	34	4.15	30	33
дождь С. . .	4.48	7	400	4.30	25	120	4.45	20	66

Къ этимъ наблюдениямъ было бы желательно присоединить еще и наблюденія надъ направленіемъ движенія облаковъ, чтобы можно было бы съ ними сопоставить измѣненія интенсивности ливней.

Воск указываетъ на основаніи сдѣланныхъ имъ наблюденій для Ганновера, что ливни, дающіе:

125—150 sl на гектаръ выпадаютъ на площ. > 400 ha  
 80—150 „ „ „ „ „ „ въ нѣсколько  
 тысячъ гектаровъ.

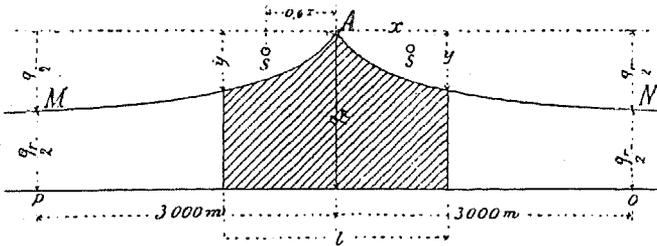
Frühling, основываясь на наблюденіяхъ въ Бреславлѣ, указывающихъ, что интенсивность дождя въ 177 sl. на разстояніи 3000 метровъ уменьшается до 89 sl, даетъ выраженіе для коэффициента неравномерной интенсивности  $\varphi$ , на который слѣдуетъ помножить отмѣченный въ пунктѣ наблюденія ливень, чтобы получить расчетный ливень

$$q = \varphi Q = (1 - 0,05\sqrt{l}) Q \quad . \quad . \quad (7), \text{ гдѣ } l \text{ длина разчи-}$$

тываемаго канала.

Для вывода этого выражения авторъ дѣлаетъ слѣдующія предположе-  
нія (черт. 43)

черт. 43.



$$177 \text{ sl} = q_r;$$

$$89 \text{ sl} = \frac{q_r}{2}$$

измѣненіе  $q_r$  до  $\frac{q_r}{2}$   
происходитъ по пара-  
болическому закону.

Такимъ образомъ все количество воды, выпавшее на площади круга  
съ радиусомъ 3000 метровъ, можетъ быть представлено въ видѣ тѣла вра-  
щенія, описаннаго по кругу площадью  $MANOP$ ; исходя изъ этого онъ подѣ-  
 $\varphi$  разумѣетъ отношеніе этого тѣла къ объему цилиндра съ радиусомъ основа-  
нія 3000 мет. и высотой  $q_r$ .

Принимая  $A$  за вершину параболы, мы опредѣлимъ параметръ ея  $p$   
изъ уравненія  $3000 p = \left(\frac{q_r}{2}\right)^2$ ;  $p = \frac{q_r^2}{12000}$ ; уравненіе параболы  $y^2 = \frac{q_r^2 x}{12000}$ ;  
путь, описываемый центромъ тяжести  $S$  при вращеніи фигуры будетъ  
 $2.0,6 x\pi$ ; отсюда объёмъ  $MANOP$

$$x^2 \pi q_r - \frac{2}{3} xy \cdot 1,2 x \pi = x^2 \pi (q_r - 0,8 y) \text{ и}$$

$$\varphi = \frac{x^2 \pi (q_r - 0,8 y)}{x^2 \pi q_r} = 1 - 0,8 \frac{y}{q_r}; \text{ такъ какъ}$$

$$\frac{y}{q_r} = \sqrt{\frac{x}{12000}}, \text{ то } \varphi = 1 - \frac{0,8 \sqrt{x}}{\sqrt{12000}}$$

Самое невыгодное положеніе для помѣщенія центра ливня будетъ въ  
точкѣ  $A$ ; поэтому замѣняя  $x$  чрезъ половину длины канала  $\frac{l}{2}$ , получимъ

$$\varphi = 1 - 0,005 \sqrt{l} \dots \dots \dots (7)$$

На подобное выраженіе Fröhling'a слѣдуетъ смотрѣть какъ на *весьма  
схематическое рѣшеніе, пригодное только для одного дождя A* (табл. XV).  
На самомъ же дѣлѣ колебанія въ интенсивности на измѣруемыхъ площа-  
дяхъ совершенно не отличались закономѣрностью Такъ напр. Кнауфъ при-  
водитъ колебанія интенсивности ливня, бывшаго въ Берлинѣ 13 іюля 1892 г.  
Въ различныхъ окрестностяхъ Берлина, находящихся на разстояніи отъ 2,6  
до 4,7 км., были осадки въ 19, 20, 65, 63 и 37 мм..

Всѣ вышеприведенныя соображенія о характерѣ ливней не даютъ  
намъ еще возможности установить расчетное количество атмосферныхъ  
водъ.

Намъ же необходимо знать лишь, какіе существуютъ въ данной мѣстности ливни, выпадающіе съ извѣстной закономѣрностью.

Эту задачу пытались разрѣшить многіе изслѣдователи.

Такъ Cramer и Knauff пытались установить зависимость между ливнями и среднимъ годовымъ слоемъ осадковъ, выведеннымъ изъ многочисленныхъ наблюденій. Cramer считаетъ, что максимальное количество осадковъ въ секунду на единицу площади  $h_1$  (миллим.) =  $0,0333 h \dots$  (8), гдѣ  $h$  годовой слой осадковъ въ метрахъ для данной мѣстности. Knauff, дѣлая выводы изъ 618 наблюденій въ Сѣверной Германіи въ 1891—1892 г. даетъ  $h_2 = 0,378 + 0,0024 h \dots$  (9), гдѣ  $h_2$  слой въ миллиметрахъ въ минуту, а  $h$  въ сантиметрахъ въ годъ.

Если сопоставить формулы Cramer и Knauff, то мы получимъ весьма разнородные результаты (табл. XVI)

ТАБЛИЦА XVI.

$h$ въ метрахъ въ годъ.	Max $Q$ въ секундо-литрахъ.		Соотношеніе.
	Cramer	Knauff	
1,00	330	103	3,2 : 1
0,90	300	99	3,0 : 1
0,70	232	91	2,4 : 1
0,50	165	83	2 : 1
0,30	100	75	1,3 : 1

Frühling и Nipher даютъ зависимость между продолжительностью дождя ( $Z$ ) въ минутахъ и интенсивностью ливня въ секундо-литрахъ съ гектара ( $Q$ )

$$Z (Q - 5) = 4200 \text{ (Frühling)} \dots \dots \dots (10)$$

$$QZ = 25000 \text{ (Nipher)} \dots \dots \dots (11)$$

Сравненіе этихъ формулъ съ дѣйствительными данными различныхъ мѣстностей показали рѣзкія разницы между теоретическими и дѣйствительными данными. Поэтому эти формулы могутъ давать возможность только нѣсколько оріентироваться въ данномъ вопросѣ.

Въ настоящее же время при составленіи проектовъ канализаціи обыкновенно прибѣгаютъ къ изслѣдованію и систематизаціи дождей и ливней, выпадающихъ въ канализируемомъ районѣ.

Примѣръ подобнаго изслѣдованія о ливняхъ и дождяхъ даетъ профессоръ Büsing,<sup>1)</sup> сдѣланнаго имъ для наблюдений въ теченіе  $8\frac{3}{4}$  лѣтъ въ Берлинскихъ предмѣстьяхъ (табл. XVII).

ТАБЛИЦА XVII.

	Продолжительность ливней.			
	5—15 мин.	16—30	31—60	1—11 ч.
1. Число ливней. {	53 83	10 11	8 2	10 —
2. Предѣлы продолжительности ливней	5 мин. 15 „	16 мин. 30 „	31 мин. 60 „	1 ч. 10 м. 11 час.
3. Средняя продолжительность ливней .	8 мин.	20 мин.	48 мин.	4 час. 40 мин.
4. Предѣлы высоты слоя воды въ минут.	0,20 1,82	0,31 1,13	0,22 0,66	0,07 0,53
5. Средняя величина слоя воды въ минут.	0,51 0,47	<b>0,55</b> <b>0,55</b>	0,34 0,32	0,13 —
6. Средняя продолжительность будетъ превзойдена . . .	изъ 53 случ. 18 разъ.	изъ 10 случ. 4 раза.	изъ 8 случаевъ 4 раза.	изъ 10 случаевъ 4 раза.

Ясно, что самымъ тяжелымъ ливнемъ для каналовъ будетъ ливень, со средней продолжительностью 20 минутъ, дающій 0,55 милим. въ минуту.

Изъ разсмотрѣнія вышеизложеннаго мы должны придти къ заключенію, что существующія данныя о характерѣ ливней (интенсивности, продолжительности, числа случаевъ въ году, области выпаденія и пр.) недостаточны, мало изучены и потому не могутъ быть *въ настоящее время обобщены для всѣхъ случаевъ; они должны быть изучены для каждаго мѣста въ отдельности.* Но такъ какъ у насъ въ Россіи станцій съ самопишущими дождемѣрами очень мало, то собраніе такихъ свѣдѣній представляется въ сущности невозможнымъ для большинства русскихъ городовъ. Поэтому для составителя проекта остается лишь изучить тѣ данныя, которыя онъ можетъ получить, и на основаніи нѣкоторыхъ предположеній произвести выборъ расчетнаго ливня, который вовсе не долженъ быть всегда наблюдаемъ за періодъ времени въ нѣсколько десятковъ лѣтъ, но долженъ отвѣчать ливню, вѣроятность котораго измѣняется годами, такъ

1) Büsing, Ueber Regenhöhen und Abflussmengen, Ges. Ing., 1903.

какъ *принятіе излишне большого ливня можетъ только затормозить сооруженіе канализаціи.*

Приведемъ въ видѣ примѣра нѣкоторые данныя о ливняхъ, принятыхъ за основныя для проектовъ канализаціи въ 4-хъ русскихъ городахъ (табл. XVIII).

ТАБЛИЦА XVIII<sup>1)</sup>.

Названіе города.	Количество дождевой воды въ литрахъ съ гектара въ секунду.
С.-Петербургъ . . . . .	70
Варшава . . . . .	50—70
Тифлисъ . . . . .	отъ 100 до 200
Самара . . . . .	270

Вообще же слѣдуетъ указать какъ среднія расчетныя нормы ливня для центральной Россіи слой въ часъ 25—40 мм.; для Германіи Frühling даетъ отъ 50 до 75 мм., для Швейцаріи Bürkli—70 мм.

Для Юга, Кавказа и Крыма нормы повышаются отъ 40 до 80 мм. Для Парижа, Рима и Милана былъ принятъ часовой слой дождя въ 45 мм.; для Вѣны, Берлина и Лондона—25 мм.; для Турина и Кенигсберга—70 мм. и т. п.

§ 2. **Опредѣленіе количества атмосферныхъ водъ, попадающихъ въ водосточную сѣть.** Если такъ или иначе составителю проекта удалось установить *расчетный дождь*, то все же еще остается невыясненнымъ, какая часть выпавшаго количества дѣйствительно попадетъ въ сѣть водосточковъ.

Для того, чтобы подойти къ рѣшенію этого вопроса, намъ слѣдуетъ изучить причины, которыми обуславливаютъ протеканіе того или иного количества воды въ водосточныхъ каналахъ.

Осадки, выпадая на городскую площадь частью испаряются, частью просачиваются въ почву, частью же, стекая по крышамъ домовъ, текутъ по наклоненнымъ подъ различными углами къ горизонту мощенымъ и не мощенымъ улицамъ, паркамъ, садамъ и чрезъ дождеприемники вливаются въ сѣть водосточныхъ каналовъ.

Распределеніе осадковъ на испареніе, просачиваніе и вливаніе въ водостоки, разумѣется, *не поддается точному учету.* Поэтому для рѣшенія этого вопроса приходится идти двумя путями: эмпирическимъ (путемъ

<sup>1)</sup> Таблица съ данными о ливняхъ въ Западно-Европейскихъ городахъ приведена на стр. 47 курса проф. Н. К. Чигова. Водостоки.

наблюдений) и теоретическимъ (путемъ составленія различныхъ приближенныхъ формулъ и приемовъ).

Для опредѣленія количества воды, попадающей въ водостоки, были сдѣланы наблюденія въ различныхъ городахъ. Опыты, сдѣланные въ Лондонѣ надъ четырьмя каналами, лежащими въ хорошо замощенныхъ кварталахъ, показали, что въ водостокахъ протекаетъ отъ 10 до 66% отъ всего выпавшаго количества.

Наблюденія, сдѣланныя Баумейстеромъ <sup>1)</sup> во многихъ городахъ Германіи, дали данныя близкія къ Лондонскимъ опытамъ: отъ 8,6 до 60% выпавшей воды.

На основаніи этихъ и многихъ другихъ опытовъ пришли къ заключенію, что *коэффициентъ стока*, показывающій количество протекающей по каналамъ ливневой воды, можетъ колебаться въ предѣлахъ отъ  $\frac{1}{10}$  до  $\frac{2}{3}$ . При этомъ же было установлено, что большіе коэффициенты соответствуютъ кварталамъ съ большими уклонами и хорошо замощеннымъ, меньшіе же—плоскимъ и мало замощеннымъ частямъ города.

Поэтому прежде при постройкахъ канализацій въ большинствѣ случаевъ принимали для оцѣнки количества дождевой воды попадающей въ водосточную сѣть, простые коэффициенты стока отъ  $\frac{2}{3}$  до  $\frac{1}{6}$ .

Такъ напр. коэффициентъ  $\frac{2}{3}$  былъ принятъ для канализаціи Дортмунда,  $\frac{1}{2}$ —для Гамбурга и Карлсруэ,  $\frac{1}{3}$  для Парижа, Берлина, Лондона и С.-Петербурга (проектъ Линдлея),  $\frac{1}{6}$ —главныхъ коллекторовъ Бреславля, окраинныхъ частей С.-Петербурга и т. н. Конечно, подобные приемы расчета, основанные на аналогіяхъ, не могутъ быть точными, хотя подобный выборъ коэффициентовъ стока встрѣчается и въ современныхъ проектахъ.

Теперь намъ нужно посмотрѣть, какія же причины вызываютъ уменьшеніе расходовъ ливневой воды въ водосточной сѣти. Мы уже выше указывали, что это уменьшеніе вызывается отчасти испареніемъ и просачиваніемъ воды въ почву. Испареніе зависитъ главнымъ образомъ отъ продолжительности дождя, отъ степени насыщенія воздуха водяными парами и отъ состоянія влажности и рода почвы. Чѣмъ суше воздухъ, поверхность земли и крыши городскихъ построекъ, тѣмъ больше можетъ испариться воды и меньше попадать въ водосточную сѣть.

Обыкновенно сильныя ливни выпадаютъ послѣ засухи, когда мостовыя и крыши бываютъ накалены солнцемъ, что, разумѣется, вліяетъ на увеличеніе испаренія. Но при расчетѣ это испареніе лучше не имѣть въ виду, такъ какъ ливни могутъ выпасть и послѣ дождливаго періода, да и учесть его вліяніе весьма затруднительно.

Гораздо большее значеніе для опредѣленія расчетнаго количества атмосферныхъ водъ имѣетъ застаиваніе воды въ видѣ лужъ и просачиваніе воды въ почву. Ясно, что это просачиваніе неодинаково для различныхъ

<sup>1)</sup> Deutsche Bauzeitung, 1888.

грунтовъ и зависитъ въ городахъ главнымъ образомъ отъ рода мостовыхъ, покрывающихъ улицы и дворы.

Поэтому для оцѣнки вліянія просачиванія намъ необходимо знать, сколько въ городѣ или части его имѣется непроницаемыхъ площадей (крышъ, хорошо мощеныхъ дворовъ, троттуаровъ, улицъ и пр.) и пористыхъ (шоссированныхъ и немощеныхъ улицъ и троттуаровъ, садовъ, парковъ и пр.). Различными наблюденіями установлено, что количество воды, попадающей въ водостоки, пропорціонально общему количеству плотныхъ непроницаемыхъ поверхностей въ городѣ. Поэтому, будучи не въ состояніи подсчитать точно всѣхъ проницаемыя и непроницаемыя поверхности, для расчета принимаютъ особый коэффициентъ уменьшенія выпавшаго количества ливня, —  $\psi$ , называемый *коэффициентомъ плотности застройки*; коэффициентъ этотъ всегда  $< 1$  и только для нѣкоторыхъ поверхностей (смоченныхъ крышъ, асфальтовыхъ мостовыхъ) можетъ достигнуть предѣльнаго значенія. Такъ какъ плотность застройки городскихъ кварталовъ зависитъ отъ плотности населенія въ данномъ кварталѣ, то принято опредѣлять  $\psi$ , какъ *функцию плотности населенія*; такое опредѣленіе имѣетъ за собой то основаніе, что въ слабо застроенныхъ частяхъ города можно ожидать большаго процентнаго содержанія пористыхъ поверхностей (немощеныхъ улицъ, незастроенныхъ дворовыхъ участковъ и т. п.).

Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ, коэффициентъ  $\psi$  не пропорціоналенъ плотности населенія. Такъ въ торговыхъ центральныхъ кварталахъ большихъ городовъ (Лондонское Сити (City), населеніе котораго въ 1902 году было всего 26923)  $\psi$  должно имѣть высокія значенія, такъ какъ постройки въ такихъ кварталахъ скучены, дворы вымощены, а иногда и перекрыты стеклянными крышами, и сады совершенно отсутствуютъ.

Норма для величины  $\psi$ , какъ функции плотности населенія, будутъ зависеть отъ мѣстныхъ условій (высоты домовъ, рода мостовыхъ и пр.). Приводимъ данныя различныхъ авторовъ въ таблицѣ XIX.

ТАБЛИЦА XIX.

Имя автора.	Число жителей на гектаръ.	$\psi$
Büsing . . . . .	500	0,66
Kuichling (американскія данныя) . . . . .	60	0,25
	80	0,33
	100	0,43
	120	0,55

Имя автора.	Число жителей на гектаръ.	$\psi$
Hirschmann . . . . .	40	0,10
	100	0,25
	150	0,38
	180	0,45
	300	0,75
Проф. Чижовъ . . . . .	до 125	0,3—0,4
	125—250	0,4—0,6
	250—550	0,6—0,8
	500—750	0,8—0,9
	и болѣе.	

Если приходится опредѣлять величины  $\psi$  для небольшого города, то можно болѣе точно подсчитать площади по отдѣльнымъ категоріямъ и принять въ зависимости отъ рода мощенія поверхности соответственныя величины  $\psi$ .

Frühling даетъ величины  $\psi$  въ зависимости отъ рода мощенія поверхности и отъ характера застройки города въ слѣдующихъ таблицахъ XX и XXI.

ТАБЛИЦА XX.

№ №	Названіе поверхности.	$\psi$
1	Металлическія, черепичныя глазу рованныя и аспидныя крыши . . . . .	0,95
2	Обыкновенныя черепичныя и толевыя крыши . . . . .	0,9
3	Древесно-цементныя крыши . . . . .	0,5—0,7
4	Асфальтовыя мостовыя и троттуары . . . . .	0,85—0,9
5	Плотныя каменныя и деревянныя мостовыя . . . . .	0,8—0,85
6	Каменные мостовыя съ неплотными стыками . . . . .	0,5—0,7
7	Булыжныя и мозаичныя мостовыя . . . . .	0,4—0,5
8	Троттуары изъ битого щебня . . . . .	0,25—0,45
9	Гравелистыя дорожки . . . . .	0,15—0,30

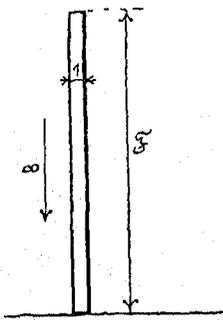
ТАБЛИЦА XXI.

№№	Родъ застройки.	$\psi$
1	Старыя плотно застроенныя части города .	0,7—0,9
2	Городскіе кварталы съ постройками, пре- легающими непосредственно другъ къ другу . . . . .	0,5—0,7
3	Городскіе кварталы съ постройками, окру- женными садами. . . . .	0,25—0,5
4	Незастроенныя площади желѣзнодорож. стан- цій, торговыя площади, и пр. . . . .	0,1—0,3
5	Сады, парки, поля . . . . .	0,05—0,25
6	Примыкающіе къ городской территоріи лѣса . . . . .	0,01—0,20

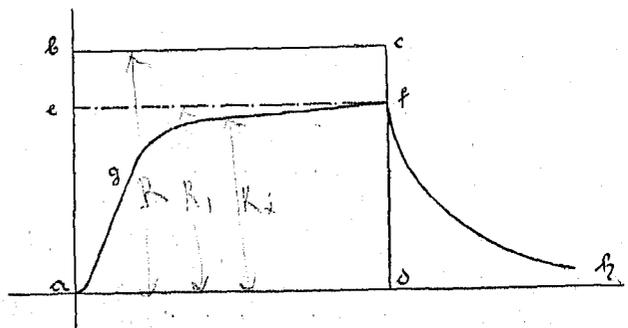
Такимъ образомъ вліяніе испаренія и просачиванія одѣлывается умноженіемъ всего выпавшаго количества  $Q$  или слоя ливневой воды въ секунду на соотвѣтственно избранныя коэффициенты  $\psi$ .

Но на самомъ дѣлѣ въ каналахъ во время ливней протекаютъ не количества  $\psi Q$ , а меньшія величины. Для лучшаго уясненія этого явленія прибѣгнемъ къ графическому построенію. Возьмемъ площадку длиною  $F$ , шириною 1, наклоненную равномерно къ горизонту и предположимъ что ливень обладаетъ постоянной интенсивностью (черт. 44a). Изобразимъ выпавшій ливень въ прямоугольныхъ координатахъ (черт. 44b), принимая за ординаты количества ливневыхъ водъ въ секунду, а за абсциссы—промежутки времени.

чер. 44a.



чер. 44b.



Тогда выпавшій ливень будетъ представленъ прямоугольникомъ  $abcd$ . Прямоугольникъ  $afde$  будетъ соотвѣтствовать уменьшенію количества

выпавшей воды изъ-за просачиванія и испаренія, т. е. будетъ представлять собою  $\psi RF$ , гдѣ  $R$  слой ливневой воды; кривая же  $afha$  будетъ изображать собою характеръ измѣненій количествъ воды, протекающихъ въ точкѣ  $A$  площадки  $F$ . Изъ разсмотрѣнія этой кривой можно видѣть, что сначала она довольно быстро поднимается, затѣмъ она идетъ, приближаясь къ оси абсциссъ и наконецъ рѣзко падаетъ (часть  $fg$ ); періодъ быстрого поднятія заканчивается въ моментъ, когда вся площадь  $F$  будетъ подавать воду  $\psi RF$ , періодъ медленнаго поднятія совершается до окончанія дождя и періодъ быстрого опусканія начинается послѣ окончанія дождя.

Изъ сопоставленія площадей  $afha$  и  $aefd$  можно видѣть, что они равны: т. е. все количество притекающей воды къ точкѣ  $A$  проводится въ каналъ, но въ нѣсколько большее время, чѣмъ продолжительность ливня, т. е. происходитъ такъ называемое *замедленіе стока, являющееся функцией времени.*

Ясно, что коэффициентъ  $\psi$  будетъ представлять собою отношеніе прямоугольника  $aefd$  къ прямоугольнику  $abcd$ . Чтобы получить зависимость между  $R_1$ —ординатой прямоугольника  $aefd$  и любой ординатой кривой  $afha$   $R_x$  нужно первую ординату помножить на нѣкоторый коэффициентъ  $\varphi$ , называемый обыкновенно *коэффициентомъ замедленія стока.*

$R_x = \varphi R_1 = \psi \varphi RF$ , гдѣ  $RF$  обозначаетъ собою количество выпавшей ливневой воды.

Такимъ образомъ коэффициентъ  $\varphi$  представляетъ собою *отношеніе между количествомъ притекающей къ водостоку воды и протекающей въ известномъ его стѣченіи въ единицу времени.* Сравнивая коэффициентъ  $\psi$  и  $\varphi$  слѣдуетъ указать, что  $\psi$  для данной известнымъ образомъ наклонной площади можно считать постояннымъ, тогда какъ  $\varphi$  во все время выпаденія ливня измѣняется отъ нуля до максимальнаго значенія (ординаты на черт. 44b), чтобы затѣмъ опять дойти до нуля; максимальное его значеніе при длинныхъ дождяхъ будетъ равно единицѣ.

Коэффициентъ замедленія  $\varphi$  является функцией нѣсколькихъ переменныхъ величинъ, совокупное дѣйствіе которыхъ до настоящаго времени не поддается точному учету.

Если мы обозначимъ длину водосточнаго канала чрезъ  $l$ , а среднюю скорость движенія воды въ немъ чрезъ  $v$  и продолжительность дождя чрезъ  $t_r$ , то время, затрачиваемое каплей воды на пробѣгъ въ каналъ къ данному пункту, будетъ

$$T = \frac{l}{v} + t_r \dots \dots \dots (12)$$

этимъ уравненіемъ подтверждаются вышеприведенныя соображенія, что время пробѣга воды больше продолжительности ливня.

Но замедленіе стока проявится только, если

$$\frac{l}{v} > t_r \text{ или } l > vt_r \dots \dots \dots (13)$$

если же вода должна до изслѣдуемаго пункта часть пути совершить внѣ водосточнаго канала, то въ этомъ случаѣ неравенство (13) превратится въ

$$\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} > t_r \text{ или } (l_1 + l_2) > (v_1 + v_2) t_r \dots \dots \dots (14)$$

*При короткихъ ливняхъ обыкновенно наступаетъ замедленіе; для обложныхъ же дождей, дліящихся часами, замедленія не будетъ.* Такимъ образомъ на замедленіе стока будутъ имѣть вліяніе и  $t_r$  (продолжительность дождя),  $l$  и  $v$ , являющееся въ свою очередь функціей уклона. Въ большинствѣ случаевъ вліяніемъ пробѣговъ воды до втеканія ея въ каналъ можно пренебречь, такъ какъ эти пути въ городахъ коротки (при глубинѣ двора въ 100 метровъ и ширинѣ улицы въ 30 мет. не болѣе 115—150 метровъ); учесть величину пробѣга внѣ сѣти приходится лишь при канализаціи раіоновъ на границахъ города, гдѣ дождевыя воды бываютъ должны преодолѣть длинныя пути до дождеприемниковъ водосточной сѣти.

Изъ этихъ соображеній становится яснымъ что едва-ли возможно дать какія либо формулы, точно учитывающія величину коэффиціента замедленія  $\varphi$ .

Тѣмъ не менѣе дѣлались еще съ 50 годовъ прошлаго столѣтія различными изслѣдователями попытки дать подобныя формулы, которыя, къ сожалѣнію, примѣняются и въ настоящее время въ широкихъ предѣлахъ.

Прежде полагали, что на величину коэффиціента замедленія оказываетъ вліяніе, главнымъ образомъ, площадь канализируемаго раіона. Но, если принять во вниманіе, что по всему городу разбросаны многочисленныя дождеприемники на небольшихъ разстояніяхъ другъ отъ друга, то вода будетъ въ нихъ вливаться очень быстро, а чрезъ нихъ и въ водосточныя каналы; при вышеуказанной длинѣ въ 150 мет. и при наименьшей допускаемой въ малыхъ водостокахъ скорости въ 0,6 метровъ въ секунду, время пробѣга воды до дождеприемниковъ будетъ 4 мин. 10 сек.; слѣдовательно чрезъ 4—5 минутъ послѣ выпаденія дождя вліяніе площади стока исчезаетъ. А такъ какъ ливни продолжаются обыкновенно болѣе 15—30 минутъ то вліяніемъ площади стока можно пренебречь.

**§ 3. Формулы для опредѣленія коэффиціента замедленія.** Въ 1878 году инженеръ Bürkli-Ziegler, основываясь на формулѣ для опредѣленія діаметра водостоконъ англійскаго инженера Hawskley, далъ выраженіе для коэффиціента замедленія

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{F}}, \text{ гдѣ } F \text{ — площадь стока, выраженная въ гектарахъ. } \dots \dots \dots (15)$$

Строитель Висбаденской канализаціи, инженеръ Brix <sup>1)</sup> далъ формулу, нѣсколько отличающуюся отъ формулы Bürkli:

<sup>1)</sup> Brax, Die Kanalisation von Wiesbaden 1887.

$$\varphi = \frac{1}{6 \sqrt{F'}} \dots \dots \dots (16)$$

Эту формулу Врих совѣтуетъ примѣнять для мѣстностей съ круглыми уклонами.

Mairich <sup>1)</sup> пошелъ нѣсколько дальше Врих'a и для того же назначенія совѣтуетъ примѣнять выраженіе для  $\varphi$

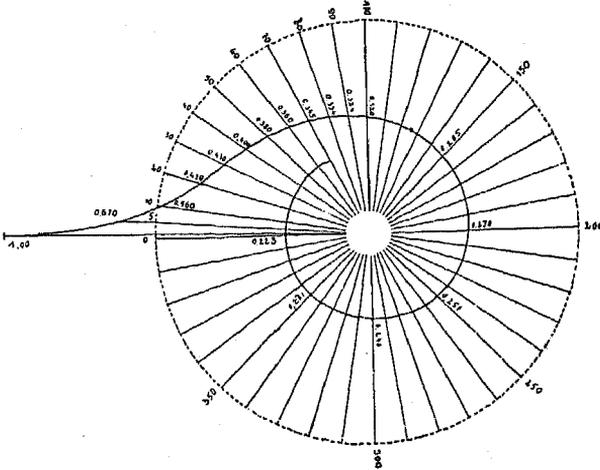
$$\varphi = \frac{1}{7 \sqrt{F'}} \dots \dots \dots (17)$$

Эти формулы въ настоящее время обобщены подѣ видомъ

$$\varphi = \frac{1}{n \sqrt{F'}} \dots \dots \dots (18)$$

гдѣ  $n = 4,5$  или  $6$ , при чемъ выборъ коэффиціентовъ дѣлается сообразно уклонамъ мѣстности; для плоскихъ мѣстностей выбираютъ  $n = 4$ , для очень крутыхъ  $n = 6$ ;  $n = 5$  занимаетъ промежуточное значеніе.

чер. 45.



Не смотря на явную несообразность эти формулы вслѣдствіе своей простоты употребляются и въ настоящее время въ весьма широкихъ предѣлахъ, какъ за границей, такъ и у насъ въ Россіи (Тифлисъ, <sup>2)</sup> Самара <sup>3)</sup>). Для облегченія связанныхъ съ употребленіемъ этихъ формулъ, при составленіи канализаціи г. Милана <sup>4)</sup> былъ предложенъ особый графикъ (черт. 45). На этомъ графикѣ по окружности круга

1) Mairich, Kanalisation von Neustadt in Oberschlesien.  
 2) Пояснительная записка къ канализаціи г. Тифлиса.  
 3) Пояснительная записка къ канализаціи г. Самары.  
 4) Masera et Poggi, La fognature di Milano, 1897.

нанесены площади от 0 до 400 гектаровъ, коэффициенты замедленія стока вычислены по формулѣ  $\varphi = \frac{1}{\sqrt{F}}$  для ряда площадей (радіальныхъ ординатъ) и соединены въ видѣ спиралеобразной кривой. Промежуточные не вычисленные значенія  $\varphi$  для любой площади находятся легко на этой же кривой.

§ 5. **Графическіе способы опредѣленія коэффициента замедленія.** Понятно, что подобныя упрощенныя и совершенно не соответствующія природѣ явленія формулы коэффициента замедленія не могли удовлетворять канализаціонныхъ инженеровъ.

Появились новые *графическіе способы разчета*, подходящіе довольно близко къ явленію замедленія стока; съ сожалѣніемъ, эти приемы отличаются большой сложностью. Конечно *сложность разчета въ этомъ случаѣ не должна устрашать проектирующаго*, такъ какъ за послѣднее время усложнились разчеты и въ другихъ техническихъ наукахъ

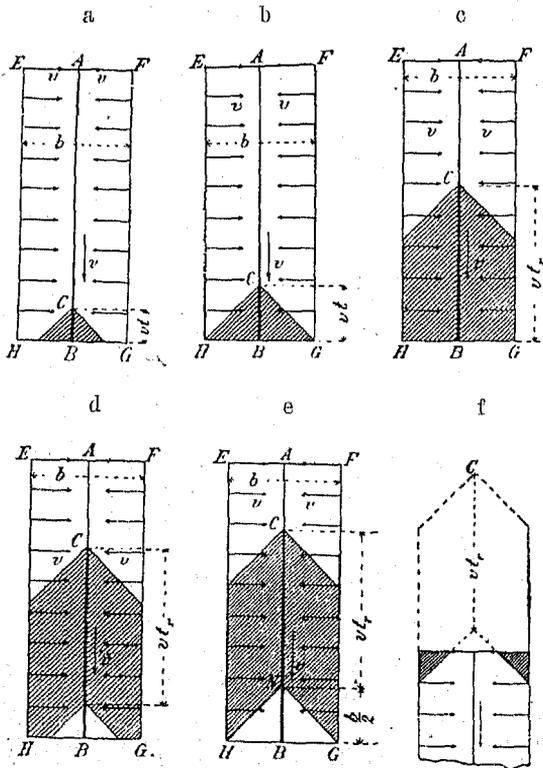
(разчетъ свода, какъ упругаго тѣла, разчетъ пространственныхъ фермъ и т. п.), но все же примѣненіе подобныхъ методовъ на практикѣ пока весьма ограничено.

Для опредѣленія графическимъ путемъ коэффициента замедленія въ коллекторѣ былъ предложенъ интересный приемъ проф. Frühling. Чтобы подойти къ его способу, мы сначала разсмотримъ простѣйшій случай.

Для этой цѣли возьмемъ прямоугольникъ  $EFGH$  (черт. 46а), по срединѣ котораго уложенъ водостокъ  $AB$ ; обозначимъ длину прямоугольника  $l$ , ширину  $b$ , скорость движенія воды въ каналѣ  $v$  и продолжительность ливня  $t_p$ .

Далѣе, для упрощенія предположимъ, что вода попадаетъ въ каналъ непосредственно чрезъ поставленные надъ нимъ дождеприемники. Тогда въ началѣ ливня по истеченіи нѣкотораго времени  $t < t_p$  въ точку  $B$  будетъ

чер. 46.



собраться вода съ заштрихованнаго равнобедреннаго треугольника высотой  $vt$  (черт. 46а), а затѣмъ по мѣрѣ истечения времени съ большого равнобедреннаго треугольника, (черт. 46б). Наконецъ въ моментъ окончанія дождя т. е. по истеченіи времени  $t_r$  вода будетъ стекать съ заштрихованной площади, высотой  $vt_r$  (черт. 46с); далѣе съ ближайшей къ точкѣ  $B$  площади прекратится поступленіе воды (черт. 46д). Затѣмъ при положеніи, показанномъ на чертежѣ 46е площадь стока достигнетъ своего наибольшаго значенія и будетъ нѣкоторое время сохранять свой максимумъ, пока не начнетъ уже выходить за границы прямоугольника (черт. 46ф). Наконецъ, истечение въ точкѣ  $B$  прекратится, когда вся заштрихованная площадь выйдетъ за предѣлы прямоугольника.

Если мы обозначимъ чрезъ  $q$  количество попадающей въ водостокъ воды съ единицы площади, переменную площадь стока чрезъ  $f$  и площадь прямоугольника чрезъ  $F$ , то коэффициентъ замедленія  $\varphi$  для даннаго случая

$$\varphi = \frac{q f_{max}}{qF} = \frac{f_{max}}{F} \quad . \quad . \quad (20) \text{ т. е. представляетъ}$$

собой *отношеніе наибольшей площади стока ко всей канализируемой площади*; для того, чтобы онъ былъ  $< 1$  необходимо существованіе неравенства (13)  $l > vt_r$ ; тогда и  $f_{max} < F$ .

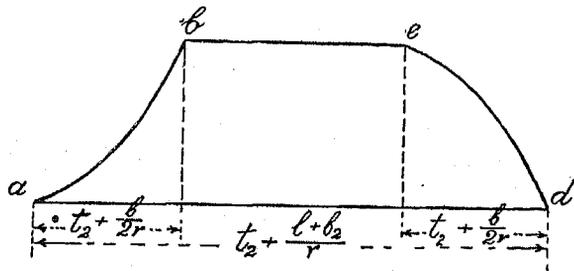
Для нашего прямоугольника  $f_{max} = bvt_r$ ,  $F = bl$ ; тогда  $\varphi = \frac{vt_r}{l}$

Напримѣръ для  $l = 3600$  мет.;  $v = 0,7$  мет. и  $t_r = 20$  мин. = 1200 сек.

$$\varphi = \frac{1200 \cdot 0,7}{3600} = 0,233.$$

Изобразимъ характеръ измѣненія площади стока  $f$  графически (черт. 47). Возьмемъ прямоугольную систему координатъ, при чемъ на оси абсциссъ

чер. 47.



будемъ откладывать время на теченія воды, а на оси ординатъ количества протекающей воды. Длина части  $bc$  кривой стока опредѣлится по выраженію

$$t_r + \frac{l + \frac{b}{2}}{v} \quad (\text{время, затрачиваемое на наибольшій пробѣгъ къ точкѣ } B), \text{ а}$$

длина частей  $ab$  и  $cd$  — по выраженію  $t_r + \frac{b}{2v}$ ; наибольшая ордината будетъ  $qbvt_r$ .

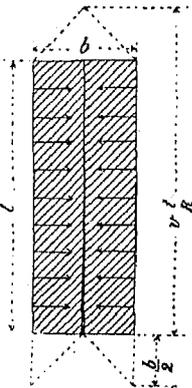
Изъ этихъ выраженій ясно, что увеличеніе части  $bc$ , параллельной оси абсциссъ, зависитъ при постоянномъ значеніи  $t_r$  отъ увеличенія длины водостока  $l$ , части же  $ab$  и  $bc$  отъ продолжительности ливня  $t_r$ .

Если площадь стока будет возрастать, то периодъ протеканія одинаковаго количества воды въ каналъ  $AB$ , характеризующій частью  $bl$ , будетъ уменьшаться; кривая стока вовсе не будетъ имѣть части  $bc$ , если  $f_{\max} = F$

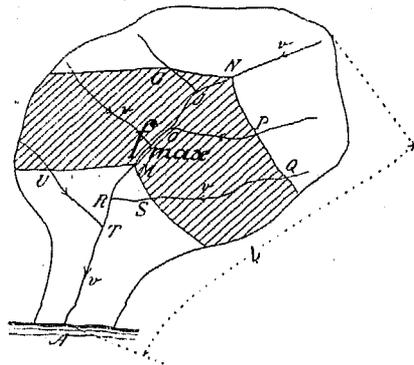
(черт. 48) и  $t_r = \frac{l + \frac{b}{2}}{v}$ ; въ этомъ случаѣ замедленія не будетъ, и коэффициентъ  $\phi$  будетъ равняться единицѣ.

Теперь мы перейдемъ къ рассмотрѣнiю случая, когда канализуемый бассейнъ будетъ имѣть неправильную геометрическую форму и будетъ обслуживаться уже не однимъ каналомъ, а цѣлою сѣтью водостоковъ (черт. 49),

черт. 48.



черт. 49.



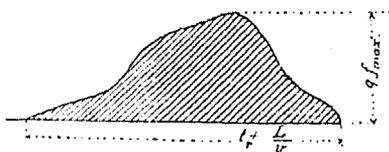
при чемъ для простоты примемъ, что коэффициентъ  $\phi$  одинаковъ для всего бассейна. Въ этомъ случаѣ неправильная фигура канализуемаго бассейна дѣлаетъ переменною площадь стока; наша задача и будетъ заключаться въ отысканіи  $f_{\max}$

Изъ рассмотрѣнiя контура бассейна мы видимъ, что площадь стока достигаетъ своего наибольшаго значенія въ верхней расширенной части, напр. выше точки  $M$ . Тогда откладываемъ отъ точки  $M$  длину  $vt_r$ , и получимъ точку  $N$ , далѣе получаемъ другія точки, опредѣляющія контуръ наибольшей площади стока т. е. точки  $P, Q, S, U$  и  $G$ . Для этой цѣли намъ необходимо опредѣлить, какія части длинъ  $vt_r$  войдутъ въ площадь стока. Это дѣлается простого отложенія равныхъ отрѣзковъ:  $ON = OP, RN = RQ, RM = RS, TM = TU, IN = IG$ . Въ этомъ случаѣ нами предполагалось, что скорость  $v$ , какъ въ главномъ каналѣ, такъ и въ боковыхъ одинаковы. Если же въ главномъ каналѣ будетъ скорость  $v < v_1$ —скорости въ боковыхъ каналахъ, то пути пробѣга въ боковыхъ каналахъ будутъ нѣсколько короче на длину  $(v_1 - v) t_2$ . Если въ главномъ каналѣ будетъ на протяженіи  $MA$  одинаковый уклонъ, то онъ долженъ имѣть и однообразное сѣченіе, которое должно проводить количество воды  $\phi \varphi R F$ .

Измѣненія количества протекающей воды изображаютъ графически построениемъ кривой стока (черт. 50).

Въ своемъ способѣ Fröhling принималъ, что вода движется въ каналахъ со скоростью, соответствующею полному ихъ наполненію. Но на самомъ дѣлѣ полное заполненіе каналовъ наступаетъ, когда количество протекаемой воды достигнетъ своего максимума, а слѣдовательно скорость должна быть меньше скорости при полномъ наполненіи. Но эта разница не имѣетъ существеннаго значенія, такъ какъ при наполненіи круглыхъ и овалныхъ каналовъ до  $\frac{1}{3}$  высотъ ихъ сѣченія скорость равняется приблизительно 0,8 скорости при полномъ наполненіи.

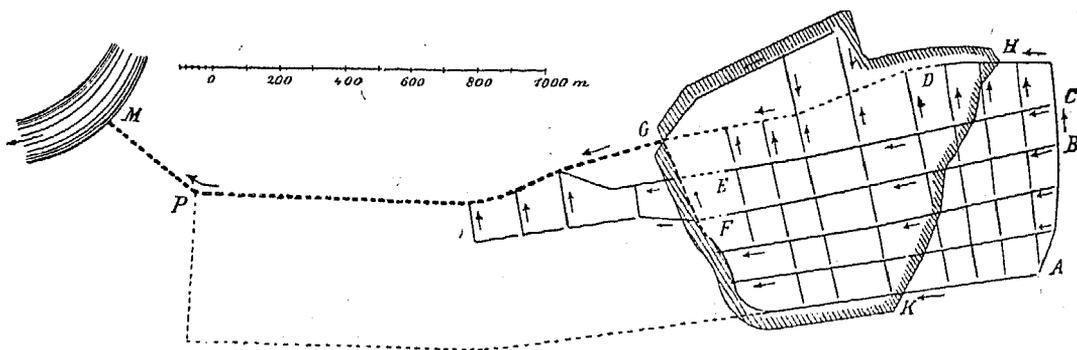
чер. 50.



Примѣръ. Въ городѣ устроена сѣть, главный выводной каналъ которой протяженіемъ 1,2 километра отводитъ всѣ воды въ рѣку; уклонъ этого канала 1 : 600; уклонъ боковыхъ каналовъ сѣти между 1 : 200 и 1 : 300;  $\psi = 0,35$ ; интенсивность дождя = 100 лит. въ секунду съ гектара,  $t_r = 1200$  сек.

Капитализруемая площадь = 91 гект., длина водосточной линіи отъ точки А до точки М — 3600 мет.; скорость въ трубахъ  $v = 0,8 - 0,9$  мет. Требуется опредѣ-

чер. 51.



лить пункты въ коллекторахъ, въ которыхъ начнется замедленіе стока, и коэффициентъ замедленія для отводного канала?

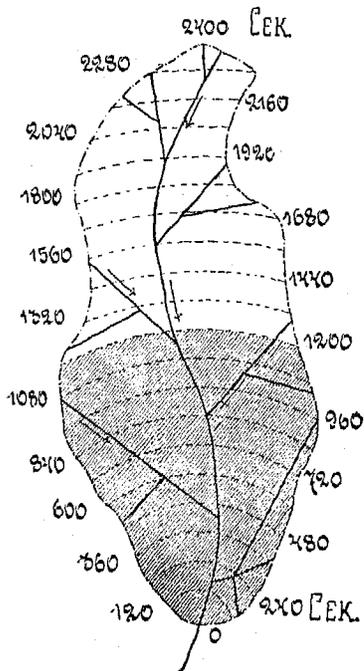
При данныхъ условіяхъ ясно, что замедленіе проявится въ верхнихъ концахъ сѣти, такъ какъ каналы имѣютъ большія длины и небольшія скорости. Опредѣлимъ положеніе точекъ, въ которыхъ будетъ замедленіе. Для этого составимъ выраженія  $Vt_r$ ; тогда  $AD = 1200 \times 0,8$ ;  $BF = 1200 \times 0,85$ ;  $CE = 1200 \times 0,85$  и т. д.); части каналовъ, подверженныя замедленію, обозначимъ пунктиромъ.

При опредѣленіи  $f$  max для отводного канала мы можемъ видѣть, что эта будетъ площадь  $GKH$ , гдѣ  $GH = 1200 \times 0,85$ ;  $GK = 1200 \times 0,85$ ;  $f$  max по измѣреніи будетъ — 59 гект. слѣдовательно  $\varphi = \frac{59}{91} = 0,65$ .

Для упрощенія предложеннаго проф. Fröhling'омъ способа можно пользоваться ннымъ приемомъ, уступающимъ его методу въ точности. Возьмемъ также отдѣльный канализационный бассейнъ неправильнаго очертанія

(черт. 52) и приемъ, что скорость  $v$  по всѣхъ каналахъ будетъ одинакова и что наибольшая продолжительность ливня будетъ  $t_r$ .

чер. 52.



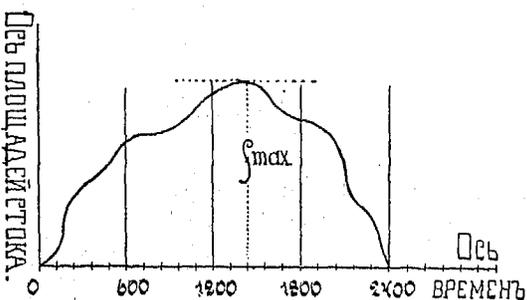
Раздѣливъ  $t_r$  на  $n$  промежутковъ, мы постараемся отыскать соотвѣтствующія имъ площади стока  $f_1, f_2, \dots, f_n$ . Положимъ  $t_r = 1200$  секундъ, а  $n = 10$ , тогда  $\frac{t_r}{n} = 120$  сек.

Далѣ вмѣсто прежняго отложенія ординатъ  $vt$  мы изъ точки  $B$ , какъ изъ центра проведемъ рядъ концентрическихъ круговъ радиусами  $120v, 240v, 360v$  и т. д. эти круги отсѣкутъ площади  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , соотвѣтствующія промежуткамъ времени въ 120, 240, 360, . . . 2400 секундъ.

Если мы вычислимъ площади  $f_1, f_2, \dots, f_n$  и построимъ кривую замедленія стока (черт. 53), то наибольшая ордината этой кривой и будетъ  $f_{max}$ . Если  $f_{max}$  не совпадаетъ съ выбранными нами ординатами времени, то для большей точности можно въ мѣстѣ, гдѣ ожидается  $f_{max}$  разбить  $t_r$  на меньшіе промежутки времени и вычислить соотвѣтственные имъ  $f$ .

Такимъ образомъ этотъ приемъ основанъ на предложеніи, что *ливневья воды попадаютъ въ главный коллекторъ непосредственно безъ всякаго участія боковыхъ каналовъ*. Это конечно не точно, но все же является болѣе близкимъ къ природѣ явленія, чѣмъ пользованіе формулами Bürkli и т. под.

Способъ Frühling, который можетъ быть названъ *способомъ построения кривыхъ замедленія*, былъ въ послѣдствіи развитъ и примѣненъ Bodenseher<sup>1)</sup> Hecker<sup>2)</sup> и Forbât Fischer<sup>3)</sup>.



1) Bodenseher, Ueber die den Staedtenentwaesserungsanlagen zu grunde zu legenden Regenmengen, mit besonderer Berücksichtigung der Verzögerung in Abflusse derselben. Zeit. der Oesterr. Ing. und Arch. Ver. 1900.

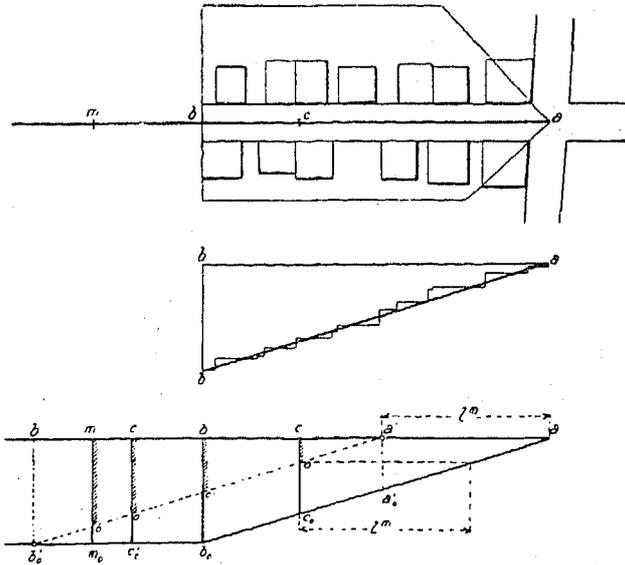
2) Hecker, Beitrag zur Berechnung der Kanalisationsleitungen, Ges. Ing 1901.

3) Fischer, Beitrag zur Bestimmung des Einflusses der Verzögerung auf die in städtischen Kanälen abzuführenden Grösstwassermengen Ges. Ing. 1901. Idem, Bestim-

*Способъ Нейд'а.* Въ 1905 году появился новый способ предложенный инженеромъ *Нейд'*<sup>1)</sup>, который основанъ на построении особыхъ *графиковъ замедленія стока*.

Для основанія своего способа *Нейд'* сначала разсматриваетъ замедленіе стока въ простомъ водосточномъ каналѣ *ab* безъ боковыхъ вѣтвей (черт. 54 а, b); уступчатую линію поверхности воды въ каналѣ опъ замѣняетъ прямой (черт. 54 b), какъ это принято вообще при расчетѣ водостоковъ.

чер. 54а-б.



Далѣе онъ при обоснованіи своего способа, какъ и *Frühling*, пренебрегаетъ вліяніемъ пробѣговъ дождевой воды внѣ каналовъ, принимая при этомъ, что скорость движенія воды при полномъ заполненіи канала извѣстна, т. е. опредѣлена по количеству протекающей воды безъ замедленія по обычнымъ формуламъ (см. главу VIII). Если же скорость движенія воды извѣстна, то легко опредѣлить *пробѣгъ любого количества дождевой воды въ каналѣ по истеченіи извѣстнаго промежутка времени послѣ начала дождя*.

При продолжительности ливня  $t_r$  минутъ, дождевая вода, которая попала въ водостокъ въ точкѣ  $a$  (черт. 54а-с), пройдетъ путь  $l^m = t_r \cdot 60 \cdot v$  м/сек.; откладывая эту длину, мы получимъ точку  $a'$ . Пусть ордината  $a'a'_0$

mung der abzuführenden Gröstwassermengen bei Berechnung des kanalnetzes von Mailand Ges. Ing. 1904.

1) *Нейд'*, Die Wirtschaftlichkeit bei den Staedteentwaesserungsverfahren.

(черт. 54с) будетъ изображать собой протекающее количество воды въ точкѣ  $a'$ . Дождёвыя воды въ точкѣ  $c$  также перемѣстятся въ точку  $c'$ , и воды, выпавшія между  $a$  и  $c$ , займутъ положеніе  $a's'$ . Далѣе, заштрихованная часть ординаты  $cc_0$  представляетъ собой количество ливневой воды изъ части площади стока выше  $c$ , съ каковой площади вода не достигла еще въ моментъ окончанія дождя сѣченія  $c$ ; съ другой стороны незаштрихованная часть ординаты  $cc_0$  представляетъ собой дѣйствительное количество ливневой воды, протекающей чрезъ сѣченіе  $c$  канала въ моментъ прекращенія ливня. Ясно, что самая отдаленная точка, съ которой вода можетъ достигнуть точки  $c$ , будетъ находиться на разстояніи  $l^m = t_r \times 60 \times v$  мет./сек. Послѣ прекращенія ливня количество воды, протекающей чрезъ точку  $c$ , будетъ постояннымъ до тѣхъ поръ, пока выпавшая вода въ концѣ ливня въ  $a'$  не достигнетъ сѣченія  $c$ , послѣ чего количество воды въ точкѣ  $c$  начнетъ убывать до нуля. Промежутокъ времени, въ теченіе котораго будетъ поддерживаться въ точкѣ  $c$  постоянный расходъ воды, соотвѣтствующій незаштрихованной части ординаты  $cc_0$ , зависитъ отъ разстоянія точки  $c$  отъ  $a$ .

Слѣдовательно сѣченіе канала въ точкѣ  $c$  при данной продолжительности ливня  $t_r$ , слѣдовало бы разсчитывать по количеству протекающей воды, соотвѣтствующему незаштрихованной части ординатъ  $oc_0$ , ибо  $oc_0$  — представляетъ собой наибольшее количество воды, протекающее въ точкѣ  $c$ .

Въ моментъ окончанія ливня чрезъ сѣченіе  $m$  протекаетъ количество воды, соотвѣтствующее ординатѣ  $om_0$ , но затѣмъ это количество будетъ возрастать до тѣхъ поръ пока, количество, выраженное ординатой  $ob_0 = oc_0$  не займетъ точки  $m$ .

И въ этой точкѣ  $m$  максимумъ ливневой воды будетъ протекать нѣкоторое опредѣленное время, зависящее также отъ разстоянія точки  $m$  отъ точки  $a'$ , по истеченіи котораго расходъ воды будетъ уменьшаться до нуля. Такимъ образомъ ординаты  $ob_0 = oc_0 = a'a'_0$  изображаютъ собой наибольшее количество воды, протекающее по каналу  $am$ , при данной продолжительности ливня  $t_r$  минутъ. Ясно, что каналъ  $am$  долженъ быть разсчитанъ только на отведеніе этого максимальнаго количества воды, равнаго наибольшему количеству воды въ сѣченіи  $a'$ : т. е. стокъ здѣсь будетъ испытывать замедленіе; при постоянномъ уклонѣ каналъ  $am$  будетъ имѣть и постоянное сѣченіе.

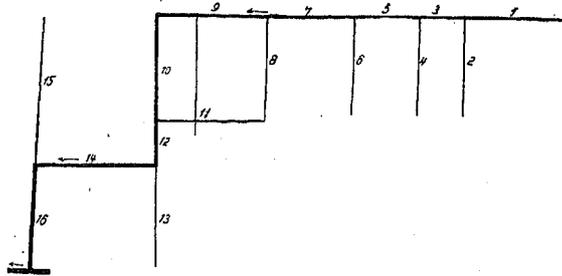
Основываясь на вышеприведенномъ примѣрѣ Нейдъ указываетъ приемъ для построенія особыхъ графиковъ замедленія, дающихъ возможность опредѣлить наибольшіе расходы воды протекающей въ любомъ коллекторѣ канализаціонной сѣти.

Возьмемъ для примѣра канализаціонную сѣть, состоящую изъ отдѣльныхъ 16 коллекторовъ (черт. 55 а) и приступимъ къ построенію графика замедленія по способу Нейдъ'а (черт. 55 б).

Для построения этого графика примемъ за абсциссы длины каналовъ, а соответствующіе имъ площади стока за ординаты; незаштрихованныя части ординатъ будутъ изображать, какъ и на черт. 54, тѣ наибольшія площади стока, съ которыхъ вода успѣетъ достигъ даннаго пункта по окончаніи ливня.

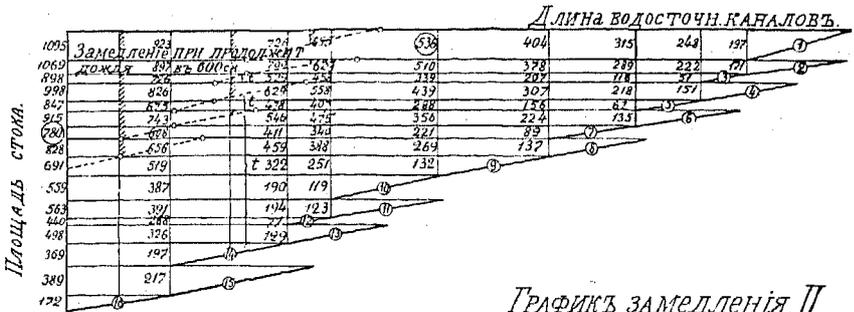
чер. 55.

(a)



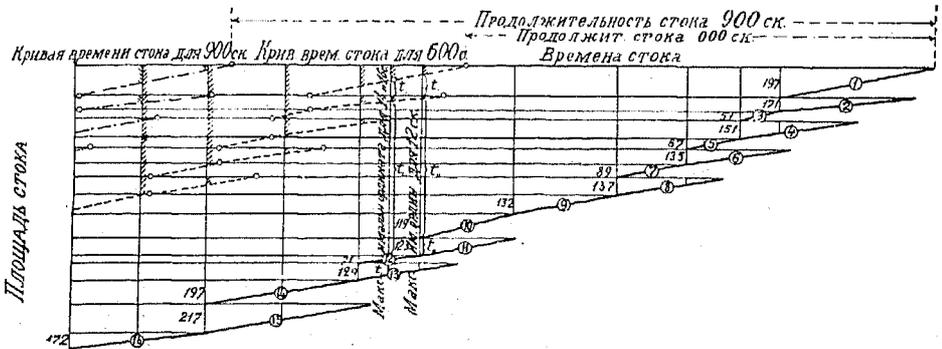
Графикъ замедленія I

(b)



Графикъ замедленія II

(c)



Времена (въ секундахъ), необходимыя для пробѣга воды по каждому каналу, при извѣстныхъ скоростяхъ легко вычисляются и выписываются на графикъ въ концѣ каждого канала (55 b). Складывая времена, необходимыя для пробѣга по каждому каналу, мы получимъ общее время пробѣга ливневой воды чрезъ извѣстную вѣтвь водосточной сѣти. Напримѣръ (черт. 55 b)

время для пробѣга воды, выпавшей въ началѣ канала 1, до нижняго конца канала 9 будетъ равно  $197 + 51 + 67 + 89 + 132 = 536$  секундъ (обведено на чертѣжѣ кружкомъ); время нужное для пробѣга отъ верхняго конца канала 7 до самаго нижняго конца водосточной линіи будетъ равно  $89 + 132 + 119 + 71 + 197 + 172 = 780$  сек. Тѣ точки, въ которыхъ время протока ливневыхъ водъ равно продолжительности дождя, соединяются между собой пунктирными линіями, называемыми *кривыми замедленія* или *кривыми времени пробѣга*. На нашемъ графикѣ эти кривыя построены для  $t_r = 600$  секундъ.

Суммируя незаштрихованныя ординаты, ограниченныя кривыми замедленія, мы получимъ наибольшія площади стока въ моментъ окончанія ливня для любой точки оси канализаціоннаго канала на примѣръ для середины канала 14 (черт. 56 б) нужно просуммировать ординаты  $t$ ; сумма  $t$  по измѣренію будетъ при данномъ масштабѣ равна 3,43 гект.; при дождѣ въ 30 литровъ въ секунду съ гектара и при  $t_r = 600$  сек. въ срединѣ канала 14 будетъ протекать по окончаніи ливня  $3,43 \times 30 = 103$  лит. въ секунду.

Количество ливневой воды, еще не успѣвшее притечь вслѣдствіе замедленія въ каналъ, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ дальше разсматриваемый каналъ лежитъ отъ начальнаго пункта сѣти; поэтому въ концѣ дождя будетъ въ такомъ каналѣ протекать меньше воды, чѣмъ черезъ нѣкоторое время до его окончанія; расчетъ канала слѣдуетъ вести на это максимальное количество дождя. Такъ, напр., для середины канала 14 наибольшій расходъ получится только черезъ 98 секундъ по окончаніи ливня, т. е. когда достигнетъ его вода, текущая по верхнимъ каналамъ нашей сѣти. Можно вмѣсто наибольшихъ расходовъ отыскивать замедляющіяся количества воды и по нимъ уже опредѣлять расходы.

*Расчетъ количества атмосферныхъ водъ долженъ вестись на кратчайшій и сильнѣйшій дождь, но необходимо въ нѣкоторыхъ случаяхъ сдѣлать проверку на болѣе слабый дождь, но болѣе продолжающійся, такъ какъ въ этомъ случаѣ могутъ получиться большіе расходы вслѣдствіе отсутствія или ослабленія замедленія.*

Вмѣсто предложеннаго графика Нейдъ предлагаетъ новый графикъ, упрощающій расчетную работу

Въ этомъ графикѣ за абсциссы приняты не длины каналовъ, а времена пробѣга воды для каждаго изъ каналовъ, надписываемыя у концовъ ординатъ; за ординаты по прежнему площади стока. Здѣсь *всѣ точки кривыхъ, замедленія находятся на равныхъ разстояніяхъ*, соответствующихъ продолжительности ливня, *отъ пунктовъ поступленія ливневыхъ водъ*. При другой продолжительности кривыя замедленія переносятся параллельно самой себѣ на соответственное разстояніе соответствующее разности между старымъ и новымъ  $t_r$  (въ примѣрѣ на 300 секундъ). Преимущество этого приѣма заключается въ болѣе легкой находенія наибольшаго количества протекающаго по данному каналу ливневыхъ водъ.

Здѣсь всѣ ординаты, отнесенныя къ одному и тому же періоду времени, лежатъ на одной вертикали, что не имѣетъ мѣста въ графикѣ на чертежѣ 56 в. Простое суммирование ординатъ даетъ намъ количество протекающей чрезъ извѣстный промежутокъ времени воды.

Наибольшія ординаты, лежащія надъ самымъ каналомъ или выше его, укажутъ максимумъ протекающей ливневой воды; разстояніе наибольшихъ ординатъ отъ разсчитываемаго канала указываетъ намъ, чрезъ какой промежутокъ времени по окончаніи ливня будетъ протекать въ данномъ каналѣ максимальное количество воды.

Такъ, напр., для середины канала 14 максимумъ ливневой воды будетъ протекать чрезъ  $\frac{197}{2} + \frac{71}{2} = 134$  сек. по окончаніи ливня, такъ какъ эта ордината будетъ наибольшей изъ всѣхъ другихъ ординатъ, лежащихъ выше канала 14. Также для канала 16 максимальной будетъ та же ордината, но этотъ максимумъ появится чрезъ  $\frac{172}{2} + 197 + \frac{71}{2} = 318$  секундъ по окончаніи ливня.

Скорости, которыя служатъ основаніемъ для вычисленія времени пробѣга и построенія графиковъ замедленія Нейд'а, опредѣляются сначала не точно. Для этого сначала подбираютъ сѣченія каналовъ при ихъ полномъ заполненіи лишь по выраженію  $\psi RF$  и данному  $J$  (уклону) и для этихъ нѣсколько преувеличенныхъ расходовъ опредѣляютъ скорости; эти скорости будутъ больше тѣхъ скоростей, которые получатся съ принятіемъ во вниманіе замедленія, но разница на самомъ дѣлѣ незначительна и для практическихъ цѣлей не имѣетъ значенія. Желавшій получить большую точность могъ бы за основаніе принять новыя скорости и построить новыя графики замедленія и т. под. т. е. дѣйствовалъ бы въ этомъ случаѣ по способу послѣдовательнаго приближенія. Но погоня за большей точностью будетъ неумѣстна, если вспомнить хотя бы необходимость пользоваться среднимъ значеніемъ коэффиціента  $\psi$ . Сооставляя между собой способы Frühling'a и Нейд'а мы должны замѣтить, что оба они требуютъ гораздо большей работы, чѣмъ простое примѣненіе *завѣдомо невѣрной формулы Birkli-Ziegler'a*.

Но во всякомъ случаѣ сложность разсчета, ведущая къ большей точности, не должна останавливать инженера, и потому надо надѣяться, что способы Frühling'a и Нейд'а и имъ подобныя, основанныя на построеніи кривыхъ замедленія, получатъ большее распространеніе въ настоящее время.

Изъ всего вышеизложеннаго слѣдуетъ заключить, что слѣдуетъ для опредѣленія количества атмосферныхъ водъ, попадающихъ въ водостоки пользоваться *выраженіемъ*  $Q = \psi \varphi RF$ , гдѣ  $\varphi$  — *переменная величина для каждаго водостока, которую желательно опредѣлить по способу Frühling'a или Нейд'а и т. п.* Мы выше уже не разъ указывали, что для величины  $R$  приходится брать не всегда сильнѣйшій и кратчайшій по продолжительности дождь, такъ какъ дождь болѣе слабый, но длинный можетъ, не давая вовсе замедленія, дать больше воды въ каналахъ. Построеніе

графиковъ замедленія для нѣсколькихъ дождей безъ труда дѣлается по способу Нейд'а (черт. 56с). Но на выборъ величины  $R$  могутъ вліять и экономическія соображенія. Въ этомъ случаѣ приходится взвѣсить, что выгоднѣе, увеличить ли капиталъ на постройку канализаціи съ большей проводимостью, а следовательно и эксплуатационные расходы по оплатѣ процентовъ и амортизаціи или же построить болѣе дешевую канализацію меньшей проводимости, но за то оплачивать убытки, прѣмъняемые затопленіемъ подваловъ, порчей мостовыхъ и т. п.

Пусть строительный капиталъ, которымъ располагаетъ городъ будетъ  $K$ , число дней съ сильными ливнями, не вмѣщающимися въ канализационной сѣти  $x$ ; величина убытковъ отъ ливней въ этомъ случаѣ —  $a$  рублей;  $\kappa$  та добавочная сумма къ капиталу, при затратѣ которой  $x$  будетъ меньше или будетъ равенъ 0; убытки отъ подтопленія во второмъ случаѣ выразятся суммой въ  $b$  рублей. Тогда при расчетѣ канализаціи на  $n$  лѣтъ и при  $q$  — ежегодныхъ процентахъ по погашенію капитала ежегодные расходы по оплатѣ строительнаго капитала  $K - \frac{Kq^n(q-1)}{q^n-1}$ , а капитала  $K + \kappa - \frac{(K + \kappa)q^n(q-1)}{(q^n-1)}$ ;

отсюда разница  $\frac{\kappa q^n(q-1)}{q^n-1}$  должна поглощаться разницей въ величинѣ убытковъ  $a - b$  т. е.  $\frac{\kappa q^n(q-1)}{q^n-1} < a - b$  . . . . . (21)

Изъ этой формулы вытекаетъ, что можно строить канализацію съ болѣею проводимостью только за счетъ сокращенія величины убытковъ отъ затопленій подваловъ, мостовыхъ и пр.

**§ 5. Опредѣленіе количества грунтовыхъ водъ.** Мы уже выше указывали на санитарное значеніе *грунтовыхъ водъ*, на которомъ покоилась теорія локалистической школы, и признали, что въ санитарныхъ цѣляхъ желательно одновременно съ устройствомъ канализаціи и принять мѣры къ осушенію почвы. Эти пріемы обыкновенно заключаются или въ устройствѣ независимой отъ канализационной дренажной сѣти или въ простой обсыпкѣ коллекторовъ пористыми матеріалами (пескомъ, щебнемъ); но даже и безъ всякой обсыпки канализационные коллекторы могутъ нѣсколько вліять на пониженіе уровня грунтовыхъ водъ, какъ это устанавливалось неоднократными изслѣдованіями.

Примѣръ вліянія канализаціи на пониженіе уровня грунтовыхъ водъ представляетъ собой канализационная сѣть г. Варшавы 1).

Такъ какъ грунтовые воды въ большинствѣ случаевъ не впускаются въ канализационные коллектора изъ-за опасенія загрязнить почву, то ихъ количество не играетъ роли для расчета канализационной сѣти. Только въ нѣкоторыхъ случаяхъ допускаютъ ихъ вливаніе въ коллектора,

1) Труды III Водопроводнаго сѣзда, докладъ Э. П. Шиманскаго.

но при этомъ устраняють особыя приспособленія, гарантирующія невозможность выхода сточныхъ водъ въ почву (г. Миланъ). Въ этомъ случаѣ слѣдуетъ знать ихъ количество, для опредѣленія котораго трудно дать *общія нормы*, такъ какъ оно всецѣло зависитъ *отъ мѣстныхъ условий* (годового количества осадковъ, свойства почвы, способствъ ея обдѣлки и т. д.). При канализаціи г. Милана было принято количество грунтовыхъ водъ въ 1 литръ въ секунду на 1 кв. метръ площади коллектора <sup>1)</sup>. Инженеръ Линдлей исчислялъ въ проектѣ канализаціи г. С.-Петербурга количество грунтовыхъ водъ, принимая 0,5 куб. фут. въ 1 минуту съ каждаго милліона кв. футъ города.

§ 6. **Составъ сточныхъ водъ.** *Составъ сточныхъ водъ* долженъ быть изученъ до составленія проекта канализаціи; это требованіе съ перваго взгляда кажется абсурднымъ, такъ какъ вслѣдствіе отсутствія канализаціи въ городахъ не существуетъ и сточныхъ водъ. Но на самомъ дѣлѣ въ городахъ, не имѣющихъ канализаціи, нерѣдко существуютъ уложенные безъ всякой системы каналы, обыкновенно направляющіеся въ ближайшіе водные протоки; въ этихъ то каналахъ и слѣдуетъ брать пробы для изученія состава сточныхъ водъ.

Опредѣленіе, хотя бы приблизительное состава сточныхъ водъ, можетъ оказывать вліяніе на самое устройство канализаціи (выборъ матеріала для каналовъ), но въ особенности представляется необходимымъ для очистныхъ сооружений и для оцѣнки вліянія загрязненія ими воднаго протока.

Составъ сточныхъ водъ въ различныхъ городахъ весьма перемененъ; на него оказываютъ вліяніе многочисленныя факторы: средняя суточная норма потребленія воды на человѣка, система канализаціи (общеславная или раздѣльная), число и характеръ общественныхъ сооружений, фабрикъ и заводовъ, впускъ въ канализаціонную сѣть экскрементовъ, плотность населенія, привычки мѣстнаго населенія, выпаденіе осадковъ и т. п.

Но и въ одномъ томъ же городѣ составъ сточныхъ водъ не отличается постоянствомъ и обнаруживаетъ колебанія по часамъ дня, недѣлямъ и временамъ года, зависящимъ, главнымъ образомъ, отъ соответственныхъ колебаній въ водопотребленіи города; кромѣ того на составъ сточныхъ водъ должно естественно оказывать вліяніе выпаденія атмосферныхъ осадковъ, которые, проникая вмѣстѣ съ другими отработавшими водами въ каналы общеславной системы или интерцепторы полураздѣльной системы, ихъ разжижжаютъ. Но и въ разныхъ кварталахъ одного и того же города составъ водъ перемененъ или вслѣдствіе разности въ плотности населенія или вслѣдствіе нахождения на ихъ площади общественныхъ и фабричныхъ заведеній.

Не смотря на такую переменность состава сточныхъ водъ, вызываемую вышеуказанными причинами, необходимо производить періодически ихъ *химическіе* и *бактеріологическіе* анализы въ нѣкоторыхъ пунктахъ кана-

<sup>1)</sup> Gesund Jng. 1904 r., Bestimmung der abzuführenden Gröstwassermengen bei Berechnung des Kanalnetzes von Forbät.

лизаціонной сѣти, такъ какъ безъ данныхъ о среднемъ составѣ сточныхъ водъ спроектированныя *очистныя сооруженія* не могутъ быть удачными.

Интересныя данныя о составѣ сточныхъ водъ собраны Кёниг<sup>1)</sup>, который своя свѣдѣнія подраздѣлилъ на двѣ группы (см. Табл. XXII): въ первую группу имъ помѣщены данныя о сточныхъ водахъ городовъ, спускающихся въ канализаціонныя каналы экскременты, а во вторую — города, которые примѣняютъ еще вывозъ для человѣческихъ экскрементовъ. Такое подраздѣленіе имъ сдѣлано съ цѣлью изученія вліянія экскрементовъ на составъ сточныхъ водъ.

Сопоставляя среднія цифры анализовъ въ обѣихъ группахъ, мы видимъ, что существенной разницы между ними нѣтъ, и что слѣдовательно существовавшее ранѣе опасеніе относительно ухудшенія состава сточныхъ водъ добавленіемъ къ нимъ экскрементовъ не имѣетъ никакихъ серьезныхъ основаній. Даже содержаніе азота не обнаруживаетъ во второй группѣ большихъ отклоненій отъ первой, чего можно было бы ожидать отъ отсутствія въ водахъ экскрементовъ. Это отчасти объясняется съ одной стороны большимъ разжиженіемъ сточныхъ водъ городовъ 1-ой группы, такъ какъ они потребляютъ воды больше городовъ 2-ой группы въ среднемъ на 10 лит. на человѣка, и съ другой тѣмъ, что моча, которая даетъ, главнымъ образомъ, азотъ въ сточныхъ водахъ, попадаетъ въ канализацію и въ городахъ 2-ой группы вслѣдствіе стремленія домовладѣльцевъ сократить расходы по вывозу нечистотъ (см. III главу).

Кромѣ клозетныхъ и кухонныхъ водъ богаты азотомъ сточныя воды колбасныхъ, скотобоенъ, прачешныхъ, пивоваренныхъ и сахарныхъ заводовъ, бумажныхъ, кожевенныхъ и альбуминныхъ фабрикъ, клееваренныхъ и мыловаренныхъ заводовъ и т. п. промышленныхъ заведеній; если количество подобныхъ водъ возрастаетъ въ сравненіи съ количествомъ другихъ сточныхъ водъ города, то понятно, что сточныя воды этого города будутъ богаты азотомъ.

Исслѣдованія часовыхъ колебаній состава сточныхъ водъ въ теченіе дня были сдѣланы различными учеными. Для характеристики приведемъ данныя *Lubberger'a* для города Friburg (см. Табл. XXIII ств. 104).

Выпаденіе дождей, какъ мы уже выше указывали, вліяетъ на составъ сточныхъ водъ. Но вмѣсто того, чтобы произвести раствореніе и улучшеніе состава сточныхъ водъ, *дожди въ теченіе нѣкотораго времени ухудшаютъ ихъ въ значительной степени.*

Такъ, они увлекаютъ съ собой въ каналы уличные и дворовые отбросы, въ которыхъ содержится не мало и минеральныхъ веществъ, и смываютъ осѣвшія на стѣнкахъ каналовъ вслѣдствіе недостаточной скорости частицы, вслѣдствіе чего общій составъ сточныхъ водъ оказывается хуже, чѣмъ это можно было бы ожидать при данномъ разжиженіи.

<sup>1)</sup> König, Die Verunreinigung der Gewässcr.

Но съ теченіемъ времени, когда уличная грязь смыта, и осадки въ каналахъ пронесены, наступаеъ улучшение состава сточныхъ водъ сначала въ верхнихъ концахъ сѣти, а потомъ и въ нижнихъ, если дождь продолжается въ теченіе нѣсколькихъ часовъ.

Для того, чтобы судить о вліяніи дождей, приведемъ данныя Roëchling объ увеличеніи количества взвѣшенныхъ веществъ для г. Лондона: количество взвѣшенныхъ органическихъ веществъ возросло съ 212 ммгр. въ сухую погоду до 514 ммгр., минеральныхъ съ 179 до 1828 ммгр. во время дождя.

Д—ръ Weul даетъ для г. Франкфурта на Майнѣ слѣдующія цифры: количество взвѣшенныхъ веществъ со 148 ммгр. увеличилось до 1000 ммгр.

Далѣе слѣдуетъ замѣтить, что сточныя воды могутъ измѣнять свой составъ подъ вліяніемъ процессовъ разложенія органическихъ веществъ (гниенія и окисленія); сила процессовъ гниенія неодинакова и зависитъ отъ протяженія канализаціонной сѣти, которое обуславливаетъ большее или меньшее пребываніе сточной воды до выпуска ихъ на очистныя сооруженія, такъ и отъ самаго устройства ея (распредѣленія уклоновъ, устройства осадочныхъ колодцевъ), могущаго повліять въ нѣкоторыхъ случаяхъ на заставаніе сточныхъ жидкостей въ сѣти.

Кромѣ химическаго состава сточныхъ водъ важно знать и бактериологическій ихъ составъ. На послѣдній оказываетъ большое вліяніе введеніе экскрементовъ, такъ какъ въ нихъ содержится очень много зародышей (нѣсколько милліоновъ въ 1 граммѣ). Также воды нѣкоторыхъ общественныхъ учрежденій богаты бактеріями; такъ König указываетъ, что въ водахъ сколобоенъ содержится до 1380000 въ 1 куб. сант.; Michel—въ водахъ Парижскихъ прачешныхъ находилъ отъ 25 до 40 милліоновъ бактерій, Manfredi и Uffelmann установили, что число бактерій въ уличномъ мусорѣ различныхъ городовъ исчисляется въ нѣсколько милліоновъ въ 1 куб. сант.

Однако не слѣдуетъ опасаться этихъ огромныхъ количествъ бактерій въ сточныхъ водахъ, такъ какъ ихъ количество можетъ сильно возрастать подъ вліяніемъ процессовъ разложенія органическихъ веществъ, содержащихся въ сточныхъ водахъ, зависящихъ отъ протяженія сѣти, устройства и эксплуатаціи самой канализаціи.

Но все-таки *количество бактерій въ 1 куб. сант. является до известной степени гигиеническимъ масштабомъ*. Чѣмъ меньше ихъ число, тѣмъ меньше и количество болѣзнетворныхъ бактерій, попадающихъ легко съ экскрементами или дождевыми водами. Этими патогеннымъ бактеріямъ приходится въ сточныхъ водахъ вступать въ борьбу съ болѣе сильными микроорганизмами—сапрофитными, и часть первыхъ бактерій несомнѣнно погибаетъ.

Поэтому слѣдуетъ признать, что часть болѣзнетворныхъ бактерій можетъ достигнуть и конечнаго пункта канализаціи, вслѣдствіе чего является опаснымъ спускъ сточныхъ водъ подобнаго состава въ водные протоки.

НАЗВАНИЕ ГОРОДОВЪ.	Взвѣшенные ча- стцы.			Р а с т в о		
	Минераль- ныя.	Органиче- скія.	Органическ. азотъ.	Срѣдн. ве- щест. теремые при иррадиат.	Органич. азотъ.	Аммиачный азотъ.
Миллиграммовъ						
I. Сточная воды						
16 англійскихъ городовъ (среднее изъ 50 анализовъ) . . . . .	241,8	205,1	—	—	22,1	55,2
Парижъ { коллекторъ Saint Denis. . . . .	221,0	—	—	1518,0	140,0	
{       "       Clichy . . . . .	652,0	—	—	733,0	43,9	
Данцигъ . . . . .	226,0	356	—	161,0	11,6	53,2
Берлинъ (среднее изъ 30 анализовъ)	382,6	701,9	—	313,2	108,8	
Бреславль ( " " 72 " )	204,7	200,0	—	242,7	18,0	73,8
Галле ( " " 3 " )	188,8	405,2	38,1	589,7	59,1	89,1
Франкфуртъ на Майнѣ . . . . .	387,0	806,0	45,0	517,0	11,0	63,0
Среднее (исключая Парижа) . . . . .	271,0	445,7	41,6	364,7	24,4	66,9
II. Сточная воды.						
16 англійскихъ городовъ (среднее изъ 50 анализовъ) . . . . .	178,1	213,0	—	—	19,7	44,8
Цюрихъ (среднее изъ 4 анализовъ) . . . . .	36,1	91,5	14,5	182,2	18,5	8,8
Мюнхенъ { сточная воды днемъ . . . . .	49,0	31,0	—	160,0	—	—
{       "       "       ночью . . . . .	84,0	77,0	—	219,0	—	—
Бреславль . . . . .	—	210,8	—	333,8	2,6	24,7
Дортмундъ . . . . .	185,5	244,3	18,1	283,8	26,2	27,2
Оттензенъ . . . . .	218,0	442,0	24,1	367,2	20,7	47,6
Эссенъ . . . . .	105,2	213,4	19,3	229,6	12,2	38,1
Брунсвикъ . . . . .	447,5	635,0	54,5	390,0	92,5	
Галле . . . . .	402,0	423,4	23,9	329,0	21,3	67,8
Среднее, исключая (Мюнхенъ, Цюрихъ и Оттензенъ) . . . . .	263,7	345,0	28,9	313,1	16,4	40,5

репныя частцы.								Весь азотъ.	Примечанія.
Фосфорная кислота.	Поташъ.	Известь.	Магнезия.	Сѣрная кислота.	Хлоръ.	Азотная кислота.	Всего.		
въ литрѣ.									
съ экскрементами.									
—	—	—	—	—	106,6	0,03	722	77,3*)	*) Въ количество азота, помѣченное *), не входитъ количество азота во взвѣшенныхъ веществахъ.
40,0	89,0	484,0	56,0	—	—	—	—	140,0	
17,0	35,0	403,0	18,0	—	—	—	—	—	
—	44,0	111,0	14,0	24,0	70,0	0	683	64,8*)	
31,6	72,9	107,5	20,8	72,6	264,6	0	1088,2	108,8	
19,6	60,4	81,8	21,2	77,0	182,8	—	722,2	91,8	
43,4	180,7	232,1	—	326,8	715,0	—	2794,4	182,9	
—	—	77,0	—	71,0	30,0	—	898,0	119,0	
25,6	89,5	121,7	18,7	114,3	252,3	—	1161,5	107,4	
безъ экскрементовъ.									
—	—	—	—	—	—	0	824,0	64,5*)	
8,5	89,2	—	—	—	—	—	480,0	131,3	
—	—	—	—	—	—	—	381,0	—	
—	—	—	—	—	—	—	342,0	—	
—	—	—	—	—	—	—	729,2	40,5*)	
13,2	49,7	127,5	27,0	90,5	134,6	—	965,9	73,5	
23,1	81,2	147,2	—	—	628,1	—	1817,2	92,4	
13,1	65,0	76,8	—	—	234,0	—	843,2	69,6	
42,2	29,4	122,5	32,4	89,2	213,1	—	857,5	147,0	
27,6	176,0	275,2	—	354,8	209,1	—	1633,0	112,9	
24,0	80,0	150,5	29,7	89,9	164,1	—	975,3	84,6	

Въ заключеніе упомянемъ, что изъ промышленныхъ водъ безвредными съ гигиенической точки зрѣнія является *конденсаціонныя воды*, но онѣ, имѣя высокую температуру, не должны безъ охлажденія до 35—40° С опускаться въ канализаціонную сѣть, такъ какъ въ противномъ случаѣ могутъ разстроить соединенія канализаціонныхъ трубъ.

ТАБЛИЦА XXIII.

Ч А С Ы.	Часовые расходы въ куб. метр.	Составъ сточныхъ водъ въ миллиграм. на метръ.					
		Орга- ничес. веще- ства.	Хлоръ	Азотн. ки- слота.	Ам- міакъ	Фос- форн. ки- слота.	По- ташъ.
Отъ 4 до 5 утра	196	21	28	18	6	10	2
„ 9 „ 10 „	217	250	37	37	65	35	27
„ 3 „ 4 вечера	365	194	22	10	34	15	27
„ 9 „ 10 „	271	143	33	2	31	14	17
За цѣлый день	7193	156	33	18	40	17	20

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ для облегченія городской канализаціонной сѣти и для сокращенія расходовъ по перекачкѣ сточныхъ водъ на очистныя сооруженія *конденсаціонныя воды* отводятся отдѣльными сѣтями каналовъ непосредственно въ водные протоки. Такъ, напр. въ Берлинѣ въ отдѣльныхъ каналахъ отводится прямо въ Шпрее ежедневно 50000 куб. мет. воды.

## Г Л А В А VII

§ 1. **Общія понятія о канализации.** Всякая канализационная сеть состоитъ изъ ряда послѣдовательно соединяющихся другъ съ другомъ *подземныхъ каналовъ*, называемыхъ въ канализационной техникѣ *коллекторами*. Обыкновенно различаютъ *главные коллектора*, собирающіе сточныя воды съ большихъ площадей города, и *второстепенные коллектора*, которые отводятъ собранныя ими сточныя воды въ *главные коллектора*, *второстепенные коллектора* въ свою очередь подраздѣляются на классы: *коллектора I порядка*, т. е. соединяющіеся непосредственно съ главными коллекторами, *коллектора II порядка*, т. е. вливающіеся въ коллекторъ I порядка, *коллектора III, IV, V порядка* и т. д.

Чѣмъ больше площадь города и чѣмъ пересѣченіе его поверхность, тѣмъ сильнѣе у него должна быть развита какъ вся канализационная сеть вообще, такъ и сеть главныхъ коллекторовъ.

Канализационная сеть должна отводить сточныя воды города къ очистнымъ сооружениямъ, расположеннымъ, обыкновенно, по близости къ воднымъ протокамъ, въ которыя и спускаются уже очищенныя сточныя воды по особымъ каналамъ, составляющимъ устье канализационной сети.

Тѣ главные коллектора, которые отводятъ сточныя воды за предѣлы города къ очистнымъ сооружениямъ, называются *отводными коллекторами*; они могутъ отводить воду или самотекомъ (*самотечные отводные коллектора*) или по нимъ воды перекачиваются насосами (*напорные отводные коллектора*).

Такимъ образомъ устройство канализации по большей части сводится къ сооруженію:

- а) *канализационной сети съ относящимися къ ней сооружениями*;
- б) *отводныхъ коллекторовъ*;
- в) *очистныхъ сооружений*;
- г) *устья сети*.

Къ этимъ сооружениямъ слѣдуетъ еще присоединить и *насосныя станціи*, если приходится прибѣгать къ подъему сточныхъ водъ.

§ 2. **Приемы по начертанію канализационной сети.** На начертаніе канализационной сети вліяетъ столько различныхъ факторовъ, что на ниже

приводимые приемы слѣдуетъ смотрѣть только какъ на самыя общія указанія. Прежде всего нужно отмѣтить, что *на начертаніе канализаціонной сѣти* вліяетъ выборъ мѣста для очистныхъ сооружений и устья сѣти и система канализаціи.

Если всѣ сточныя воды скопляются въ одномъ пунктѣ, гдѣ и подвергаются очисткѣ предъ выпускомъ въ водные протоки, то разумѣется вел сѣть коллекторовъ должна быть направлена къ этому пункту; съ устройствомъ же нѣсколькихъ пунктовъ очистки сточныхъ водъ, вся сѣть разбивается на нѣсколько отдѣльныхъ независимыхъ сѣтей, обслуживаемыхъ своей очистной станціей.

*Съ экономической точки зрѣнія* нельзя отдавать предпочтеніе тому или другому способу, такъ какъ выгодность примѣненія централизаціи или децентрализаціи очистки зависитъ всецѣло отъ мѣстныхъ условій. Можно сказать, что для небольшихъ городовъ обыкновенно выгодно концентрировать очистку сточныхъ водъ; для среднихъ же и въ особенности большихъ городовъ, гдѣ вслѣдствіе большихъ протяженій улицъ, сточныя воды пробѣгаютъ большіе пути, очень часто является выгоднѣе система децентрализаціи.

Системы, гдѣ сточныя воды отводятся преимущественно по естественнымъ уклонамъ мѣстности т. е. *общесплавныя и сплавныя раздѣльныя* даютъ большую свободу *въ начертаніи сѣти*, обусловливаемомъ или очистными сооружениями или расположеніемъ *большой насосной станціи* для подъема сточныхъ водъ.

*Системы же пневматическія и дифференціальныя* и отчасти *полураздѣльныя сплавныя* обусловливаютъ собой особое начертаніе канализаціонной сѣти, которое заключается въ устройствѣ ряда отдѣльныхъ районныхъ сѣтей, при чемъ въ извѣстной точкѣ района имѣется уличная станція, изъ которой воды удаляются въ отводные коллектора города.

Затѣмъ на начертаніи сѣти уже независимо отъ примѣненія системы канализаціи отражаются *топографическія условія мѣстности*.

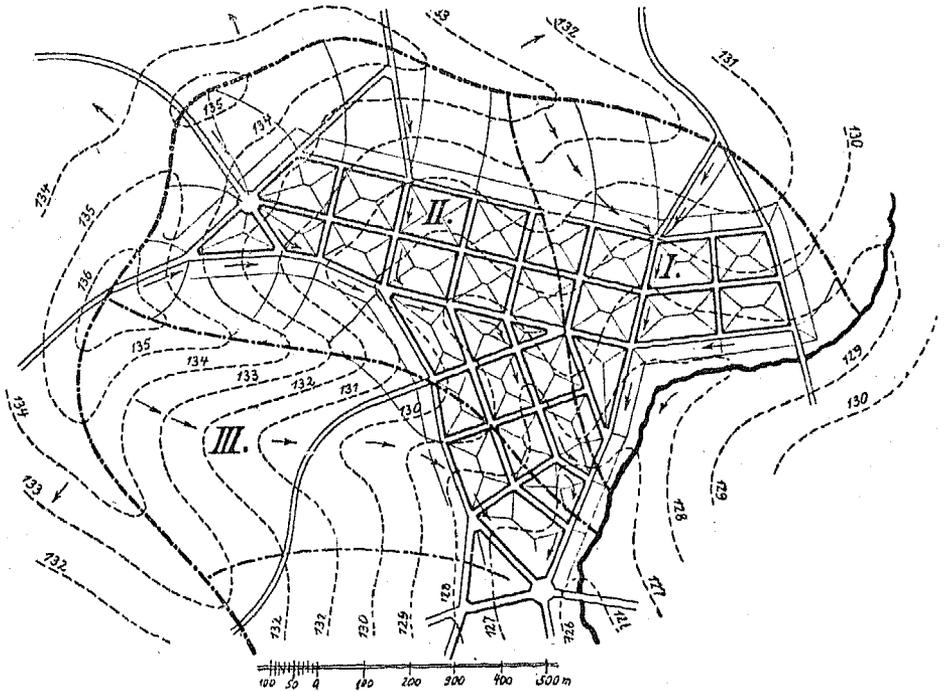
*Всегда представляется экономически выгоднымъ использование уклоновъ мѣстности* т. е. уклоны трубъ и каналовъ должны слѣдовать за уклонами улицъ, такъ какъ при соблюденіи этого правила сокращается общій объемъ земляныхъ работъ.

При разработкѣ начертанія сѣти по сплавнымъ системамъ обыкновенно начинаютъ съ *опредѣленія числа канализаціонныхъ бассейновъ*, границами для которыхъ являются *водораздѣлы мѣстности* (черт. 56). Линія тальвега въ бассейнѣ указываетъ на желательное направленіе коллектора каждаго канализаціоннаго бассейна, затѣмъ по начертанію главныхъ коллекторовъ бассейновъ ихъ сводятъ обыкновенно въ извѣстныя системы, заканчивающимися уже однимъ или нѣсколькими отводными коллекторами.

Понятно, что въ виду различія мѣстныхъ условій расположеніе главныхъ коллекторовъ можетъ быть весьма разнообразно, но тѣмъ не менѣе

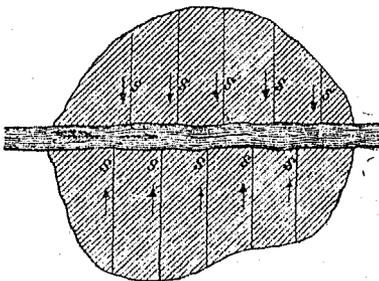
представляется существеннымъ рассмотретьъ различныя схемы ихъ расположенія, чаще всего встрѣчающіяся въ канализаціонныхъ сѣтяхъ городовъ.

чер. 56.



Самой простой схемой расположенія главныхъ коллекторовъ является схема *перпендикулярная* (черт. 57); по этой схемѣ въ городѣ, имѣющемъ общій скатъ къ рѣкѣ, всѣ коллектора s—s направляются по направлениямъ близкимъ къ перпендикулярнымъ, въ водный протокъ города.

чер. 57.



Прежде до сознанія вреда, примѣняемаго загрязненіемъ водныхъ протоковъ эта схема было весьма употребительна для общесплавной системы, по которой въ то время былъ канализованъ рядъ городовъ Западной Европы (Будапештъ, Вѣна, Зальцбургъ).

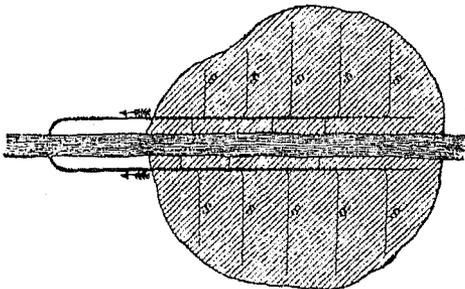
Впослѣдствіи же послѣ работъ Англійской комиссіи о загрязненіи рѣкъ<sup>1)</sup> эта схема, какъ дающая загрязненіе водныхъ протоковъ въ предѣлахъ го-

<sup>1)</sup> См. главу II, § 1.

рода была признана *негодной для отвода домовых водъ* и была вытѣснена новой *пересѣчной схемой*. (черт. 58).

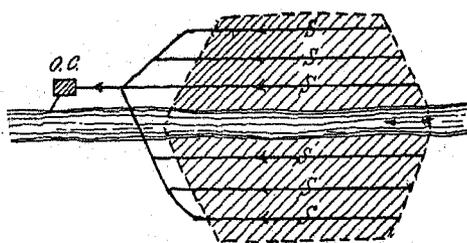
Изъ сопоставленія этихъ схемъ ясно, что схема на черт. 58 легко получается изъ схемы на черт. 57 проведеніемъ каналовъ, параллельныхъ рѣкѣ и пересѣкающихъ перпендикулярные каналы *ss*, такъ что въ этомъ случаѣ утилизація существовавшей перпендикулярной сѣти совершается почти безо всякой ломки; въ нѣкоторыхъ случаяхъ удастся еще использовать старыя устья перпендикулярныхъ каналовъ, какъ ливне-спуски общесплавной системы. По такой схемѣ многие города, имѣвшіе сѣть общесплавныхъ каналовъ по перпендикулярной схемѣ, перестроили свои сѣти. Кромѣ подобной утилизаціи для общесплавной системы перпендикулярная схема можетъ остаться почти безо всякаго измѣненія, если ею воспользоваться какъ *стѣлю для дождевыхъ каналовъ полной раздѣльной системой*.

чер. 58.



Являясь какъ бы поправкой къ перпендикулярной схемѣ, пересѣчная схема въ настоящее время примѣняется и какъ самостоятельная схема во многихъ городахъ (Дрезденъ, Кіевъ). Однако ее не слѣдуетъ примѣнять, если главный пересѣчный коллекторъ лежитъ очень глубоко на берегу рѣки, такъ какъ тогда приходится вести работы въ слабомъ грунтѣ, сильно пропитанномъ рѣчной водой; если же это неизбежно, то необходимо стремиться къ тому, чтобы главный пересѣчный коллекторъ лежалъ выше линіи наибольшаго подъема весеннихъ водъ. Также представляется неудобнымъ примѣнять пересѣчную схему въ городахъ съ крутымъ рельефомъ мѣстности направленнымъ къ рѣкѣ; въ этомъ случаѣ приходится перпендикулярнымъ коллекторамъ *ss* или придавать уклоны, дающіе скорость, опасную для прочности каналовъ, или же устраивать цѣлый рядъ добавочныхъ сооружений — вернадныхъ колодезевъ для смягченія естественныхъ уклоновъ мѣстности.

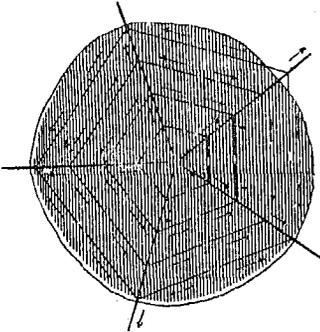
чер. 59.



Для такихъ городовъ выгоднѣе примѣнять *параллельную или стѣрную* схему (черт. 59).

По этой схемѣ городъ пересекается рядомъ коллекторовъ или параллельныхъ другъ другу или идущихъ подъ нѣкоторымъ угломъ, которые обхватываются главными отводными коллекторами города. Если паденіе рѣчки велико или вода въ ней подперта плотиной, то эта схема является удобной для устройства промывки слѣпыхъ концовъ сѣти. Если въ городѣ нѣтъ рѣчки, то она замѣняется для этой схемы діаметрально проведеннымъ коллекторомъ.

чер. 60.



Вѣрная система примѣнена въ городахъ Брюсселѣ, Бреславлѣ, Висбаденѣ, Парижѣ, Дортмундѣ и вообще является *одной изъ самыхъ употребительныхъ схемъ расположенія главныхъ коллекторовъ.*

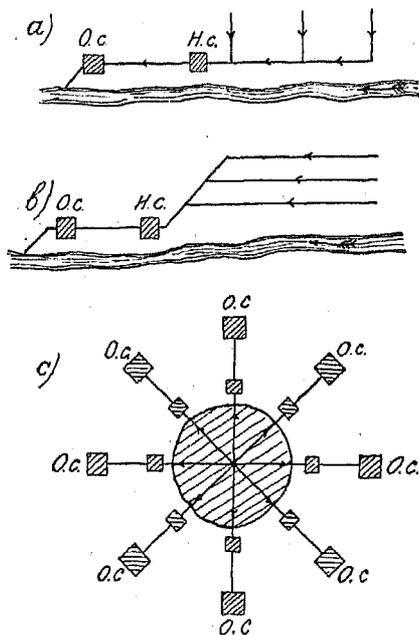
Довольно оригинальной является *радіальная схема*, приведенная въ исполненіе инженеромъ *Гобрегомъ* для г. Берлина (черт. 60). Она заключается въ раздѣленіи городской территоріи на рядъ *отдѣльныхъ секторовъ, имѣющихъ свою независимую сѣть.* Каждый *секторъ* обслуживается своимъ главнымъ коллекторомъ, который по выходѣ изъ города превращается въ *отводной коллекторъ.* Радіальная схема при расширеніи границъ города является весьма удобной, такъ какъ здѣсь не требуется перестройки каналовъ въ предѣлахъ застроенной площади, а лишь въ новыхъ частяхъ города. Кроме того при радіальной схемѣ сточныя воды пробѣгаютъ значительно меньшіе пути, и слѣдовательно коллектора закладываются мельче, чѣмъ при примѣненіи иныхъ схемъ; также при ея примѣненіи устраняются для большихъ городовъ затрудненія въ приобрѣтеніи большихъ площадей для очистныхъ сооружений въ одномъ пунктѣ. Такимъ образомъ эта схема является *децентрализованной.* Радіальная схема примѣнена въ Берлинѣ, площадь котораго разбита на 12 отдѣльныхъ секторовъ; сточныя воды каждаго сектора перекачиваются по напорнымъ трубамъ на поля орошенія, разбросанныя въ окрестностяхъ Берлина.

Положеніе *устья сѣти или очистной станціи* оказываетъ также серьезное вліяніе на схему канализаціонныхъ коллекторовъ, такъ какъ ихъ положеніе является почти независимымъ отъ сѣти, а лишь отъ мѣстныхъ условій (уровней горизонтовъ воды въ протоки, отбѣтокъ мѣстности, выбранной для очистной станціи). Въ этомъ случаѣ нерѣдко приходится прибѣгать къ устройству станціи для перекачки сточныхъ водъ на поля орошенія; тогда *пересѣчная, вѣрная и радіальная* схемы примутъ слѣдующій видъ (черт. 61 а—с).

Но въ такомъ видѣ встрѣчается примѣненіе только для радіальной схемы. Для пересѣчной же и вѣрной такое начертаніе является невыгоднымъ, такъ какъ здѣсь поднимаются всѣ сточныя воды города. Въ этомъ

случаѣ лучше раздѣлить городъ *на зоны* и каждую канализировать самостоятельно (черт. 62).

чер. 61.



При раздѣленіи города на 2 зоны границы *верхней зоны* намѣчаются разностью отмѣток коллекторовъ и очистныхъ станцій, позволяющей спустить всё воды зоны самотекомъ на очистную станцію; *нижняя зона* можетъ имѣть свою насосную станцію, перекачивающую свои воды или въ коллекторъ верхней зоны или же непосредственно на очистныя сооруженія. Такая система расположенія коллекторовъ называется *поясной или зонной*; число зонъ въ построенныхъ канализацияхъ не встрѣчается болѣе 3. Воды верхней зоны иногда утилизируются для промывки каналовъ нижней зоны.

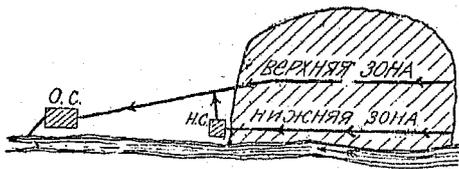
*Поясная (зонная) схема* встрѣчается въ канализационныхъ сѣтяхъ многихъ городовъ:

Кельна, Неаполя, Стокгольма, Мюнхена, Франкфурта на Майнѣ, Варшавы и др.

При примѣненіи *зонной схемы* каждая зона можетъ имѣть свою систему канализаціи; напримѣръ верхняя—общесплавную, а нижняя, какъ подверженная затопленію весенними водами, полную раздѣльную систему.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ приходится выдѣлять только отдѣльныя плоскія части города, примѣняя къ нимъ перекачку, а остальные части канализировать самотекомъ. Примѣръ подобнаго устройства представляетъ изъ себя неполная раздѣльная сплавная канализація г. Кіева, гдѣ для канализаціи плоской части города—Подола, подверженной затопленію весенними водами р. Днѣпра, приходится прибѣгать къ перекачкѣ.

чер. 62.

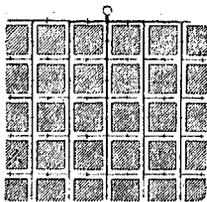


На самомъ дѣлѣ пересѣчныя схемы расположенія коллекторовъ не всегда могутъ быть рѣзко намѣчены при разработкѣ проекта сѣти, такъ какъ такому начертанію могутъ помѣшать неправильно расположенныя улицы, водные протоки, овраги, большія колебанія въ отмѣткахъ рельефа города и т. п. Поэтому существующее расположеніе коллекторовъ имѣетъ въ дѣйствительности болѣе сложное начертаніе, чѣмъ даваемое рассмотрѣнными нами схемами.

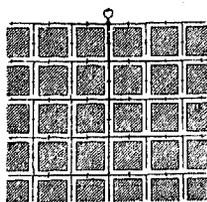
Эти схемы примѣняются для силваныхъ системъ (общесплавныхъ, раздѣльныхъ и Веринга); что же касается начертанія схемъ коллекторовъ для системъ Лирнура, Шона, Берліе и пр., то намъ кажется умѣстнѣе во избѣжаніе повтореній привести ихъ ниже при описаніи конструкцій относящихся къ нимъ сооружений. При выработкѣ направленій для главныхъ коллекторовъ общесплавной или полной раздѣльной системы въ нѣкоторыхъ случаяхъ не удастся использовать естественныя уклоны мѣстности. Такъ, напр., если главный коллекторъ, слѣдуя уклону мѣстности, долженъ проходить по узкой улицѣ, то этого не слѣдуетъ дѣлать, такъ какъ *производство работъ весьма затрудняло бы уличное движеніе*. Также нерѣдко препятствуютъ раціональному начертанію коллекторовъ проходящія черезъ городъ желѣзныя дороги, каналы и овраги. Въ такихъ случаяхъ приходится прибѣгать или къ устройству туннелей при пересѣченіяхъ съ желѣзными дорогами, или устраивать дюкера и сифоны при пересѣченіи съ водными протоками. Начертаніе коллектора также не можетъ идти по уклону мѣстности, если приходится часть его проводить *по землѣ, находящейся въ чужомъ владѣніи*.

Послѣ начертанія *главныхъ коллекторовъ* переходятъ къ послѣдовательному начертанію коллекторовъ 1-го, 2-го, 3-го порядка и т. д., при чемъ стремятся сократить число однородныхъ коллекторовъ съ одинаковой отводоспособностью, замѣняя ихъ по возможности, однимъ коллекторомъ съ отводоспособностью, равной суммѣ отводоспособностей замѣняемыхъ коллекторовъ. При такомъ трассированіи получается возможность укладывать коллектора съ меньшими уклонами, такъ какъ по нимъ протекаютъ болѣе

чер. 63а.



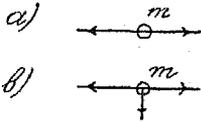
чер. 63б



расходы. Сказанное будетъ вполне ясно изъ чертежа 63, гдѣ на черт. 63а показана худшая схема съ 5 коллекторами, а на черт. 63б—лучшая сѣть съ однимъ коллекторомъ.

Далѣ при проектированіи канализаціи нужно стремиться къ возможному уменьшенію *глухихъ (слѣпыхъ) концовъ сѣти*, такъ какъ въ нихъ поступаетъ мало сточныхъ водъ, вслѣдствіе чего скопляются осадки; для удаленія осадковъ изъ трубъ со слѣпыми концами производится ихъ промывка. Вслѣдствіе этого для сокращенія расходовъ по промывкѣ представляется выгоднымъ концентрировать слѣпые концы въ одномъ пунктѣ (черт. 64 а-б), такъ какъ при этомъ можно устроить общія промывныя камеры.

чер. 64.



Набросанная на основаніи вышеизложенныхъ соображеній канализаціонная сѣть не будетъ окончательной, такъ какъ таковая можетъ

быть установлена только послѣ распредѣленія уклоновъ и подбора сѣчений водостоковъ.

§ 3. *Скорость течения и уклоны водостоковъ.* Основныя задачи канализаціи заключаются въ быстромъ сплавѣ сточныхъ водъ за предѣлы населенныхъ мѣстъ. Отсюда слѣдуетъ, что каналамъ должно придавать уклонъ, при которомъ бы въ нихъ образовывалась *скорость, достаточная для самоочищенія сѣти* т. е. для пронесенія по каналамъ всѣхъ частицъ, содержащихся въ сточныхъ водахъ. Въ сточныхъ водахъ содержится много твердыхъ частицъ, изъ которыхъ одни плаваютъ на поверхности сточныхъ водъ, другія находятся во взвѣшенномъ состояніи и третьи—тяжелыя двигаются непосредственно по дну каналовъ. Къ категоріи плавающихъ веществъ, слѣдуетъ отнести бумагу, листья, остатки овощей и пр., къ взвѣшеннымъ—измельченные примѣси растительнаго и животнаго происхожденія, а къ тяжелымъ—примѣси минеральнаго происхожденія (преимущественно увлекаемыя съ поверхности улицъ): песокъ, гравій, куски желѣза и т. под.

*Скорость, необходимая для самоочищенія сѣти* опредѣляется изъ классическаго выраженія Шези

$$v = c \sqrt{RJ}, \quad J = \frac{v^2}{c^2 R}, \quad \text{гдѣ } R = \frac{\omega}{p}, \quad \dots \quad (22).$$

$v$ —средняя скорость движенія воды,  $c$ —коэффициентъ тренія,  $J$ —уклонъ поверхности воды въ водостокахъ,  $R$ —гидравлическій радиусъ (средняя гидравлическая глубина),  $\omega$ —поперечное сѣченіе канала и  $p$ —смачиваемый периметръ. Зависимость же между скоростью  $v$  и расходомъ  $Q$  выразится извѣстной формулой

$$Q = v\omega. \quad \dots \quad (23).$$

Здѣсь слѣдуетъ отмѣтить, что очень часто смѣшиваютъ *уклонъ поверхности воды въ водостокѣ*  $J$  съ *уклономъ дна самого водостока*— $J_1$ ; на самомъ дѣлѣ  $J_1$  всегда меньше  $J$  и опредѣляется по глубинамъ заполнения канала водой, вычисленнымъ для даннаго канала въ началѣ и концѣ его. Въ

дальнѣйшемъ, говоря о распредѣленіи уклоновъ, мы будемъ разумѣть уклоны поверхности воды въ водостокахъ.

Наиболѣе опасными для закупориванія каналовъ и для образованія въ нихъ осадковъ, могущихъ подвергаться гніенію, являются плавающія и тяжелыя вещества; поэтому обыкновенно при устройствѣ сѣти, какъ мы увидимъ дальше, принимаются мѣры для задерживанія плавающихъ и тяжелыхъ веществъ до поступленія ихъ въ канализаціонную сѣть.

Поэтому весьма важно установить наименьшую *скорость, которая бы обезпечивала самоочищеніе сѣти*. По опытамъ Bazalgett въ Лондонской сѣти средняя скорость  $v$  для большихъ каналовъ должна быть не менѣе 0,6—0,75 метра, а для малыхъ въ верховьяхъ сѣти, гдѣ можетъ происходить перерывъ въ теченіи въ ночное время не менѣе 0,75 м.—1 мет.

Мы знаемъ, что скорость  $v$  при данномъ поперечномъ сѣченіи  $\omega$  и уклонѣ  $J$  будетъ зависѣть отъ переменнаго количества протекающей по водостоку воды. Поэтому при проектированіи канализаціонной сѣти по общесплавной системѣ намъ представляется нужнымъ установить, къ какому же расходу слѣдуетъ отнести нашу скорость. Конечно, эту скорость нужно отнести не къ количеству воды, даваемыми ливнями, которые выпадаютъ довольно рѣдко, а лишь къ домовому стоку въ сухую погоду. Но домовыя воды, какъ мы уже указывали выше, поступаютъ въ сѣть неравномѣрно, сильно увеличиваясь въ дневные часы и наеая ночью.

На практикѣ *скорость  $v$  относятъ къ наибольшему расходу сточныхъ водъ въ сухую погоду*, разсчитывая, что осадки, скопленные въ ночное время, будутъ проноситься въ дневные часы. Такой же расходъ долженъ быть положенъ за основаніе для разчета домовой сѣти полной и не полной раздѣльной и полураздѣльной системы, а также для системъ Веринга и Шона. Для дождевыхъ коллекторовъ полной раздѣльной и полураздѣльной системы при провѣркѣ на скорость слѣдуетъ, по нашему мнѣнію не выбирать ливневой расходъ, *а расходъ, соответствующій чаще всего выпадающимъ дождямъ*.

Выбирая необходимую для самоочищенія водостоконъ скорость, мы не должны однако забывать о получающейся при этомъ *глубинѣ протока*; она не должна быть настолько незначительной, чтобы происходило прилипаніе содержащихся въ сточныхъ водахъ примѣсей къ дну каналовъ, а слѣдовательно и скопленіе осадковъ въ канализаціонной сѣти. Поэтому въ сомнительныхъ случаяхъ необходимо опредѣлять и *глубину заполнения* при наибольшемъ расходѣ въ сухую погоду; но даннымъ опыта эта глубина *протока не должна быть меньше 2 сантиметровъ*. Требованіе это относится только къ коллекторамъ, по которымъ протекаютъ *домовыя воды*.

Выставляя какъ наименьшую скорость для малыхъ каналовъ  $v=0.75$ —1 мет., мы должны отмѣтить, что достиженіе подобной скорости въ трубѣ, заканчивающейся слѣпымъ концомъ, вслѣдствіе незначительности протекающаго по ней количества воды не представляется возможнымъ. Для та-

кихт<sup>е</sup> случаев приходится восполнять расход энергичной промывкой подобных трубъ. Только въ рѣдкихъ случаяхъ можетъ удасться получить нужную скорость, но зато глубина протока можетъ оказаться меньше 2 сант., т. е. и въ этихъ случаяхъ промывка трубъ иаинисшаго въ сѣти порядка является неизбѣжной.

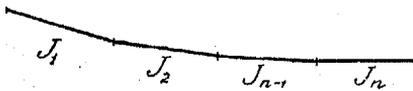
На *обязательной промывкѣ слѣпыхъ концовъ* основана, какъ мы увидимъ ниже, *сплавная система Веринга*.

Установивъ предѣлы для наименьшей скорости, мы должны указать предѣлы и *для наибольшей скорости въ водостокахъ*; большія скорости движенія воды могутъ повести къ быстрому изнашиванію канализационной сѣти, такъ какъ тяжелыя частицы, содержащіяся въ сточныхъ водахъ въ этомъ случаѣ будутъ сильно царапать подошвы каналовъ. Поэтому необходимо проектировать сѣти такимъ образомъ, чтобы *скорость въ каналахъ не была бы выше 2—3 метровъ*. Если же почему либо улицы имѣли бы уклонъ, при которомъ получалось бы  $v > 2—3$  метровъ, то необходимо каналамъ придавать уклонъ меньшій, соответственной скорости въ 2—3 метра, и раздѣлять коллекторъ во избѣжаніе увеличенія земляныхъ работъ особыми ниже описываемыми *перепадными колодцами*. Скорость въ 2 метра должна быть отнесена къ *расходу при наибольшемъ стока въ сухую погоду*; большія же величины скорости *до 3 метровъ* принимаются для *расхода сточныхъ водъ во время ливней*.

Приведенныя нами выраженія (22) и (23) для  $v$ ,  $\omega$ ,  $Q$  и  $J$  даютъ намъ непосредственныя указанія, какія слѣдуетъ придавать численныя значенія для уклоновъ  $J$ . Чѣмъ *меньше будетъ  $Q$* , тѣмъ долженъ быть *большіе  $J$*  для *достиженія нужной  $v$*  и наоборотъ при *большомъ  $Q$*  можно придать  $J$  *меньшее значеніе*. Такъ какъ расходы воды въ верховыхъ коллекторахъ незначительны, то очевидно для нихъ уклоны должны быть круче, чѣмъ для коллекторовъ болѣе высокаго порядка или главныхъ коллекторовъ.

Поэтому линія уклоновъ поверхности воды въ какой нибудь водосточной линіи обыкновенно

чер. 65.



имѣетъ слѣдующій видъ (черт. 65).

По даннымъ опыта принято придавать водосточнымъ каналамъ слѣдующіе уклоны:

- а) для круглыхъ трубъ, діам. 15 — 30 см. . . . . 0,02 — 0,005
- б) „ „ „ „ 30 — 60 см. . . . . 0,005 — 0,002
- в) „ оvoidальныхъ каналовъ и коллекторовъ 1-го порядка высотой до . . . . . 2 мет. . . . . 0,002 — 0,001
- г) „ главныхъ коллекторовъ . . . . . 0,001 — 0,0005

Болѣе точно величина уклоновъ для каждаго канала должна быть установлена разсчетомъ.

Если мы устраиваемъ канализацію въ плоскомъ городѣ, то приходится отступать отъ приведенныхъ выше предѣловъ и не получать скорости, достаточной для самоочищенія сѣти. Такія трубы и каналы должны промываться, для каковой цѣли въ нихъ устраиваются, какъ будетъ указано ниже, особыя приспособленія.

Поэтому встрѣчаются въ различныхъ городахъ очень малые уклоны для большихъ коллекторовъ до 0,00025; въ Гамбургѣ имѣется даже каналъ, расположенный горизонтально, гдѣ теченіе вызывается подпираниемъ воды щитами. Для опредѣленія необходимыхъ уклоновъ иногда пользуются эмпирическими формулами. Такъ на примѣръ въ Англіи употребляютъ выраженіе

$$i = \frac{1}{2d + 50},$$

гдѣ  $d$ —діаметръ круглаго или ширина оvoidальнаго канала.

Такъ напр. для трубы въ 25 сантим. мы получимъ  $i = 0,01$  т. е. ту же величину, которая дается вышеприведенными нормами.

Понятно, что въ крутыхъ мѣстностяхъ приходится заботиться о томъ, чтобы мы не получили опасныхъ скоростей (болѣе 2—3 метровъ); поэтому необходимо указать, что предѣльнымъ наибольшимъ уклономъ для круглыхъ трубъ считаютъ 0,05, а для оvoidальныхъ 0,033—0,01, хотя въ нѣкоторыхъ городахъ имѣются болѣе крутые уклоны (до 0,08). При выборѣ предѣльныхъ уклоновъ для проходимыхъ каналовъ слѣдуетъ имѣть въ виду, что *проходъ по уклону, большему 1:30, является весьма затруднительнымъ*, и что въ такихъ случаяхъ приходится устраивать въ каналахъ *троттуары для рабочихъ съ меньшими уклонами* раздѣленные чрезъ извилистыя промежутки *лѣстницами*.

При распредѣленіи уклоновъ слѣдуетъ ихъ дѣлать по возможности одинаковыми на протяженіи отъ одного угла улицы до другой, сохраняя при этомъ одинаковое сѣченіе канала; во всѣхъ пунктахъ, гдѣ мѣняются уклоны или сѣченія трубы должны быть установлены *смотровые (ревизионные) колодцы*.

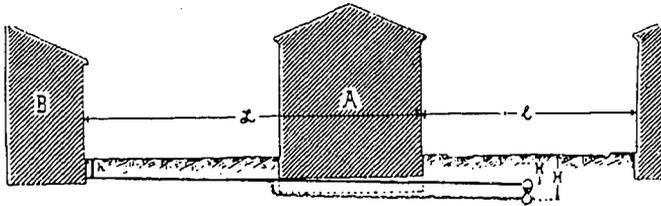
Для *полныхъ раздѣльныхъ системъ* канализаціи, гдѣ дождевые и домовые каналы идутъ одни надъ другими необходимо въ обоихъ сѣтяхъ придерживаться изъ конструктивныхъ соображеній *одинаковыхъ уклоновъ*.

Не требуетъ никакихъ доказательствъ, что на распредѣленіе уклоновъ оказываютъ сильное вліяніе уклоны улицы; для экономическаго рѣшенія вопроса слѣдуетъ *уклоны поверхности воды дѣлать по возможности параллельно уклонамъ улицъ*, соблюдая при этомъ требованіе о необходимой для самоочищенія скорости.

Въ *плоскихъ мѣстностяхъ* (СПбургъ, Буэносъ-Айресъ) невозможно имѣть уклоны, достаточные для самоочищенія сѣти; въ этихъ случаяхъ часто прибѣгаютъ къ пневматическимъ и дифференціальнымъ системамъ.

При общемъ распредѣленіи уклоновъ въ сѣти намъ прежде всего слѣдуетъ установить въ разныхъ частяхъ ея тѣ общія глубины заложения каналовъ, которыми мы можемъ распорядиться для каждаго канализаціоннаго бассейна сѣти. Для установленія такихъ величинъ намъ прежде всего слѣдуетъ знать, на какую наименьшую глубину могутъ быть заложены уличные водосточные каналы. *Наименьшая глубина заложения зависитъ отъ глубины промерзанія грунта въ данной мѣстности, отъ глубины самаго глубокаго домового подвала, отъ глубины домового участка и отъ уклона домового водостока и отъ ширины улицы.* Такимъ обра-

чер. 66.



зомъ (черт. 66) наименьшая глубина уличнаго водостока получится изъ выраженія

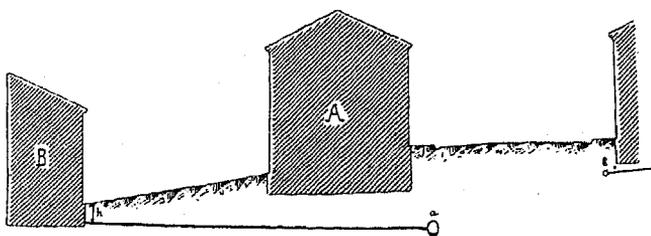
$$H = h + i \left( L + \frac{l}{2} \right) \dots \dots \dots (24)$$

гдѣ  $H$  будетъ наименьшая глубина уличнаго заложения водостока,  $i$  — уклонъ двороваго водостока,  $L$  — длина двороваго водостока, зависящая отъ глубины домового участка,  $l$  — ширина улицы,  $h$  или глубина промерзанія въ данной мѣстности или глубина подвала дома. Глубина промерзанія грунта колеблется отъ 1 до 3 метровъ въ зависимости отъ положенія города,  $i$  отъ 0,02 до 0,01,  $L$ —80—120 мет. и  $l$ —20 мет.—100 мет.; тогда для  $h$  получаются предѣлы отъ 1,9 метровъ до 6,4 метровъ; разумѣется послѣдній предѣлъ является очень высокимъ и онъ можетъ встрѣтиться только на очень широкихъ улицахъ; въ этихъ случаяхъ водостоки устраивать не по срединѣ улицы, а у троттуаровъ, такъ что въ выраженіи (24)  $\frac{l}{2}$  можно принять нулю. Кроме того необходимость закладыванія водостока на 3 метра можетъ встрѣтиться только въ очень сѣверныхъ губерніяхъ Россіи; наиболѣе употребительной нормой для глубины замерзанія считается 1,5—2 метра, такъ что для опредѣленія наименьшей глубины заложения обыкновенно принимаютъ 1,5 — 2 мет.  $+ 0,02 \left( 100 + \frac{30}{2} \right) = 3,8$  мет.—4,30 мет. или же 1,5—2 мет.  $+ 0,01 \left( 100 + \frac{30}{2} \right) = 2,65$  — 3,15 метр.; эти нормы приходится увеличить, если глубина подвала будетъ больше глубины промерзанія даннаго мѣста.

Самымъ невыгоднымъ для нормы наименьшаго заложения сѣти будетъ случай, когда дворовый участокъ будетъ имѣть скатъ въ сторону, обратную поверхности улицы (черт. 67),

Въ этихъ случаяхъ для уменьшенія этой нормы также желательно придвинуть уличный водостокъ къ троттуарамъ. *Если дворовое мѣсто съ обратнымъ уклономъ находится въ верховьяхъ канализаціонной сѣти,*

чер. 67.



*то увеличение этой нормы отразится на заложении всей сѣти и можетъ повести къ серьезному увеличению стоимости всѣхъ работъ.*

Для устранения этого можно или собирать дворовыя воды въ сборный колодезь и перекачивать его содержимое или же сдѣлать канализацію подобнаго участка чрезъ земли сосѣда на другую улицу; къ сожалѣнію, по дѣйствующему въ Россіи законодательству проходить трубами чрезъ чужія владѣнія воспрещается, такъ какъ при этомъ нарушается право собственности <sup>1)</sup>. Наименьшая глубина заложения имѣетъ значеніе для верховыхъ слѣпыхъ концовъ сѣти, такъ какъ въ низовыхъ частяхъ сѣти она легко достигается изъ-за уклоновъ водостоковъ. Если же дворовое мѣсто выше поверхности улицы, то норма для наименьшей глубины заложения уменьшается на имѣющуюся разность отмѣтокъ между поверхностями двора и улицы. Отсюда можно вывести, какъ правило при планировкѣ новыхъ частей города, располагать дворовые участки выше улицы, хотя бы на 1 метръ.

Дождевые коллектора раздѣльныхъ системъ располагаются выше домовыхъ, и наименьшая глубина ихъ заложения колеблется въ предѣлахъ 1—1,5 мет.

Придавая постепенно уклонъ по направленію водосточныхъ линій, мы можемъ дойти до такой глубины заложения каналовъ, при которой *производство работъ* станетъ *весьма затруднительнымъ*, если не невозможнымъ. Поэтому является необходимымъ установить нормы для наибольшей глубины заложения водостоковъ. За такую норму обыкновенно *принимаютъ глубину въ 7—8 метровъ*, хотя въ дѣйствительности нерѣдко приходится отступать отъ нея сообразно мѣстнымъ условіямъ. Такъ, напримѣръ, если при этой глубинѣ приходится прокладывать водостоки въ грунтахъ, насыщенныхъ водой, или въ грунтахъ скалистыхъ, требующихъ

<sup>1)</sup> См. „Труды V водопроводнаго съѣзда“, докладъ В. Н. Проценко, Объ обязательности присоединенія къ канализаціонной сѣти и установленіи сервитутовъ.

взрывныхъ работъ, то очевидно, что въ этихъ случаяхъ было бы экономически тяжелымъ укладывать на такой глубинѣ водостоки. При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что прокладка на такихъ большихъ глубинахъ водостоковъ требуетъ большихъ средствъ, и поэтому *нужно стремиться всегда къ уменьшенію предѣльной глубины заложения водостоковъ даже въ обыкновенныхъ грунтахъ, не говоря уже о работѣ въ тяжелыхъ грунтахъ.* Отношеніе протяженія глубоко заложенныхъ водостоковъ къ общему протяженію сѣти является до извѣстной степени масштабомъ для опредѣленія умѣлаго проектированія канализаціонной сѣти. Въ проектѣ канализаціи СПБурга, <sup>1)</sup> составленномъ О-мъ Брянскихъ заводовъ общее протяженіе водосточныхъ каналовъ, заложенныхъ глубже 2,5 саж., составляетъ около 4% общаго количества, въ проектѣ канализаціи г. Астрахани <sup>2)</sup> — около 0,40%, въ проектѣ канализаціи г. Харькова <sup>3)</sup> — 7,7% и т. п.

Изъ этого ясно, насколько важно производить до составленія проекта подробныя *геологическія изысканія* для выясненія качества грунтовъ, въ которыхъ будутъ прокладываться коллектора.

Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ приходится во избѣжаніе перекачки сточныхъ водъ прокладывать коллектора въ тяжелыхъ грунтахъ на глубинѣ 7—8 метровъ и даже на большихъ глубинахъ; обыкновенно послѣ достиженія глубины 8—10 метровъ приходится прибѣгать уже къ туннельному способу производства работъ. Напримѣръ такіе случаи могутъ встрѣтятся, когда коллектору приходится прорѣзывать возвышенія въ городахъ расположенныхъ у отроговъ горъ (Тифлисъ) или пересѣкать высокія желѣзнодорожныя насыпи или проходить по оживленнымъ улицамъ, гдѣ работа по рытью рововъ сильно бы стѣснила движеніе; въ этихъ случаяхъ остается только стремиться *къ возможному сокращенію протяженія подобныхъ участковъ.* Зная наименьшую и наибольшую глубину заложения для каждой водосточной линіи мы опредѣляемъ ту общую глубину, которую мы можемъ затратить на распредѣленіе уклоновъ въ данной водосточной линіи.

Въ общесплавной системѣ на распредѣленіе уклоновъ оказываетъ также вліяніе положеніе ливнеспусковъ—сооруженій, которые предназначаются для сплава чрезъ водосливы въ водные притоки всей ливневой воды за вычетомъ извѣстной части, идущей на разжиженіе домовыхъ водъ. Ихъ положеніе устанавливается возможностью безпрепятственнаго выпуска ливневыхъ водъ при извѣстномъ горизонтѣ водъ воднаго протока и, слѣдовательно, является какъ бы неизмѣннымъ. Такое же значеніе, какъ ливнеспуски, имѣютъ и устья дождевыхъ каналовъ полной раздѣльной системы, которые также располагаются на опредѣленной высотѣ для безпрепятственнаго стока дождевыхъ водъ въ водные протоки.

Зная положеніе ливнеспусковъ (высоту ихъ порога), мы можемъ уже опредѣлять уклоны подошвы коллекторовъ, на которыхъ устраиваются ливнеспуски.

<sup>1)</sup> Пояснительная записка къ проекту канализаціи СПБурга.

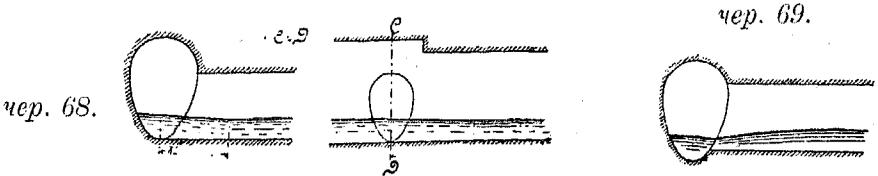
<sup>2)</sup> Пояснительная записка къ проекту канализаціи г. Астрахани.

<sup>3)</sup> Пояснительная записка къ проекту канализаціи г. Харькова.

Такимъ образомъ, если нами установлены въ различныхъ пунктахъ сѣти глубины заложения водостоковъ, мы уже можемъ перейти къ частичному распредѣленію уклоновъ. Наша задача будетъ заключаться въ распредѣленіи нѣкоторой имѣющейся въ нашемъ распоряженіи величины  $h$  на частныя величины  $h_1 = i_1 l_1, h_2 = i_2 l_2 \dots h_n = i_n l_n$ , гдѣ  $h_i$  — будетъ глубина затрачиваемая на уклонъ  $i_i$  въ каналѣ  $l_i$  или  $\sum_{i=1}^n i l = \sum_{i=1}^n h_i = h$ .

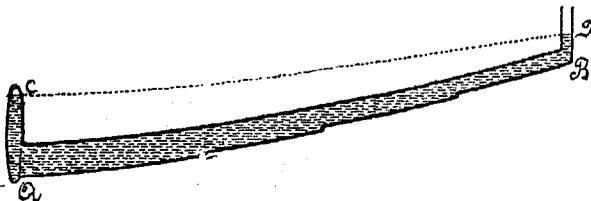
Выбирать  $i_1, i_2 \dots i_n$  мы должны сообразно вышеприведеннымъ нормамъ. Само собой разумѣется, что подобное первоначальное распредѣленіе можетъ быть сдѣлано только ощупью, такъ какъ при распредѣленіи остается неизвѣстнымъ, будутъ ли при данныхъ расходахъ воды получаться достаточныя для самоочищенія скорости. Поэтому послѣ такого распредѣленія приходится дѣлать расчетъ сѣчений и затѣмъ внести частичныя исправленія уклоновъ; при этомъ весьма удобно пользоваться заранѣе составленными расчетными таблицами, о чемъ мы будемъ говорить дальне.

Какъ общее правило при распредѣленіи уклоновъ слѣдуетъ еще указать, что при соединеніи водостоковъ между собой не должно образоваться подпора, такъ какъ въ такомъ пунктѣ канализаціи всегда будутъ образовываться осадки (черт. 68).



Подобный подпоръ легко устраняется поднятіемъ устья вливающейся малаго канала (черт. 69). Также слѣдуетъ избѣгать расположенія водосточ-

чер. 70.



ныхъ линій, указанныхъ на (черт. 70); и въ этомъ случаѣ является необ-



ходимымъ поднять боковой каналъ (черт. 71) или же взять для главнаго канала вмѣсто удлиненнаго оvoidальнаго уширенное лотковое (черт. 72).

§ 4. Расположеніе каналовъ на улицахъ Обыкновенно, города, приступающіе къ устройству канализаціи, уже имѣютъ уложенія на улицахъ водо и газопроводныя сѣти. Поэтому, во избѣжаніе поврежденія этихъ трубъ при производствѣ канализаціонныхъ работъ необходимо назначать оси каналовъ такимъ образомъ, чтобы *разстояніе между водо и газопроводными трубами и водосточными каналами было бы не меньше 2—3 метровъ*; этого трудно достигнуть въ узкихъ улицахъ, гдѣ поэтому желательно укладывать водосточные каналы самыхъ малыхъ сѣченій. Тѣмъ не менѣе производство земляныхъ работъ нарушаетъ равновѣсіе слоевъ, на которыхъ лежатъ водо и газо-проводныя трубы, и можетъ произвести или поврежденія стыковъ или поломку трубъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ при устройствѣ канализаціонной сѣти приходится даже перекладывать водопроводныя и газовыя трубы.

Поэтому, если водопроводныя и газовыя трубы проходятъ по срединѣ улицъ, прибѣгаютъ къ постройкѣ двухъ водосточныхъ каналовъ, располагая ихъ у троттуаровъ. Разумѣется, примѣненіе двойныхъ каналовъ увеличиваетъ стоимость уличной сѣти, но зато сокращаетъ расходы домовладѣльцевъ по присоединенію двороваго прохода къ канализаціи. Но при примѣненіи двойныхъ каналовъ приходится принимать *мѣры къ охранѣ прилегающихъ къ нимъ домовъ*, чтобы производствомъ земляныхъ работъ не вызвать нарушенія ихъ устойчивости. Кромѣ того при замѣнѣ одиночнаго канала двойными необходимо проверить, будетъ ли въ нихъ *достаточная скорость* и не придется ли для этой цѣли *измѣнить приданный уклонъ*. Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ примѣненіе двойныхъ каналовъ является необходимымъ; къ нимъ относятся широкія улицы (болѣе 30 метровъ), по которымъ проходятъ каналы, бульвары, сады, трамвайныя пути и пр.

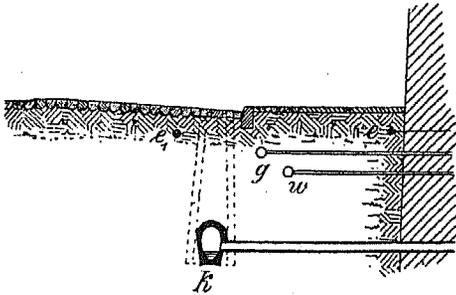
Цѣлесообразное расположеніе различныхъ проводовъ, нересѣкающихъ улицы современнаго города, не входитъ въ задачи настоящаго сочиненія, такъ какъ этотъ вопросъ составляетъ достояніе курса Мѣстныхъ путей сообщенія, но мы должны слегка коснуться этого вопроса, поскольку онъ касается прокладки водосточныхъ каналовъ.

Достигнуть рациональнаго расположенія проводовъ различныхъ назначеній (водопроводныхъ и газовыхъ трубъ, водостоковъ, кабелей для электрическаго освѣщенія и трамваевъ, кабелей телефонныхъ и т. п.) можно только при прокладкѣ новыхъ улицъ достаточной ширины, мощеніе которыхъ производится лишь послѣ укладки какъ всѣхъ проводовъ, такъ и домовыхъ отвѣтвленій до троттуаровъ. Если по улицѣ ожидается малое движеніе, то укладываютъ водосточный каналъ по срединѣ, а газовыя и водопроводныя трубы по бокамъ мостовыхъ, освѣтительныя же кабели подъ троттуарами вблизи границъ дома. При очень широкихъ улицахъ всѣ провода кромѣ водосточнаго канала дѣлаются двойными и укладываются подъ троттуарами.

На чертежѣ 73 показаны различные провода: *k*—водосточный каналъ, *w*—водопроводная труба, *g*—газовая труба, *e*—электрическій кабель и *e*<sub>1</sub>—кабель для слабыхъ токовъ.

Для того, чтобы судить, что из себя представляет разрывъ улицы современнаго большого города, приведемъ разрывъ одной изъ улицъ Берлина (черт. 74).

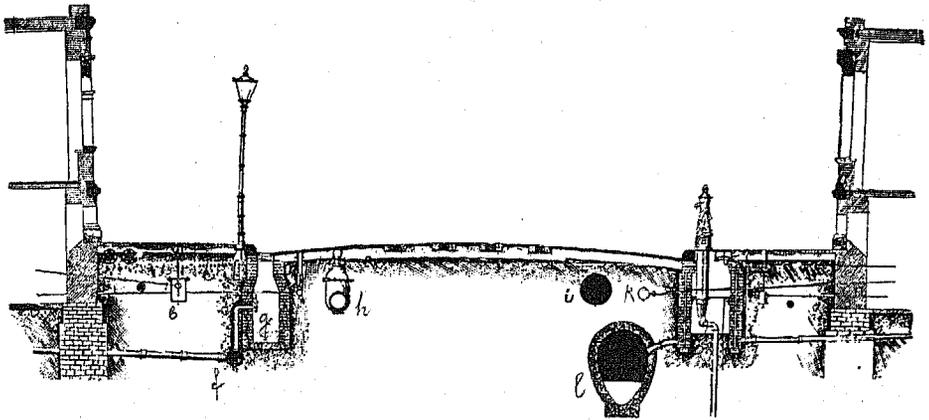
чер. 73.



На этомъ чертежѣ можно ясно видѣть, какое количество подземныхъ проводовъ прорѣзаетъ современный городъ. Поэтому является вполне понятнымъ стремленіе нѣкоторыхъ англійскихъ и американскихъ городовъ устраивать подъ троттуарами особыя галереи, въ которыхъ укладываются всѣ провода, за исключеніемъ газовыхъ, которые могутъ вслѣдствіе утечки газа производить взрывъ. Подобныя устройства применены въ нѣкоторыхъ весьма

оживленныхъ улицахъ Лондона, Нью-Йорка и др. городовъ; они весьма дороги (около 500 руб. пог. метръ для г. Лондона), и примененіе ихъ поэтому

чер. 74.



- Названія проводовъ идутъ слѣва направо
- a—телефонный кабель
  - b—пожарн. электр. сигнализация
  - c—телеграфный кабель
  - d—газовая труба
  - e—освѣтительные кабели
  - f—водосточный круглый каналъ
  - g—смотровой колодезь

- h—газовая труба
- i—магистральн. водопроводн. труба
- k—газовая труба
- l—водосточный каналъ
- m—водопроводная труба
- n—газовая труба
- o—пневматическая труба
- p—полицейскій кабель

весьма ограничено. Въ Парижѣ же сами водосточные каналы банкетнаго сѣченія утилизируются для прокладки водопроводныхъ трубъ, различныхъ кабелей и проводовъ для сжатого воздуха.

Въ заключеніе упомянемъ, что въ нѣкоторыхъ англійскихъ и американскихъ городахъ водосточные каналы проложены по границамъ дворовыхъ мѣстъ, что является технически удобнымъ вслѣдствіе скорѣйшаго попаданія сточныхъ водъ въ сѣть и экономически выгоднымъ, такъ какъ здѣсь уменьшается значительно глубина заложения водостоковъ. Тѣмъ не менѣе при этомъ способѣ затруднительно организовать надзоръ за содержаніемъ сѣти безъ нарушенія права собственности, и потому его нельзя рекомендовать для русскихъ условій.

---

## Г Л А В А VIII.

§ 1. Требования предъявленные къ водосточнымъ каналамъ. Число типовъ поперечныхъ сѣченій, употребляемыхъ до настоящаго времени въ канализаціонныхъ сѣтяхъ различныхъ городовъ весьма велико.

Въ дѣйствительности нѣтъ никакой надобности въ томъ изобиліи типовъ водосточныхъ сѣченій, которое встрѣчается въ канализаціонныхъ сѣтяхъ даже одного и того же города, такъ какъ подобное разнообразіе только можетъ удорожать эксплуатацію канализаціонныхъ устройствъ. Было бы правильнымъ рѣшеніемъ для упорядоченія этого вопроса нормировать типы водосточныхъ трубъ и каналовъ, подобно тому какъ это сдѣлано для водопроводныхъ трубъ. Поперечныя сѣченія водосточныхъ каналовъ должны удовлетворять требованіямъ:

*статическимъ,  
гидравлическимъ,  
экономическимъ и  
эксплуатаціоннымъ.*

Водосточные каналы обыкновенно подвергаются *внѣшней постоянной нагрузкѣ* отъ давленія грунта и *подвижной* отъ движенія экипажей, телегъ и трамвайныхъ вагоновъ по улицамъ города; только въ весьма рѣдкихъ случаяхъ при переполненіи канализаціонной сѣти коллекторовъ общесплавной системы или дождевыхъ коллекторовъ полной раздѣльной системы ливневыми водами каналы могутъ подвергаться и внутреннему давленію воды, если сѣть будетъ вынуждена работать подъ напоромъ.

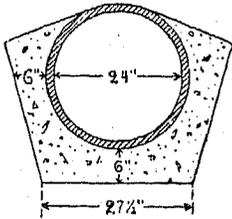
*Внѣшняя постоянная и подвижная нагрузка* дѣйствуетъ на трубы и каналы частью вертикально, частью же сбоку.

Величина *внѣшней постоянной нагрузки* зависитъ отъ рода грунта и отъ степени насыщенія его грунтовыми водами, присутствіе которыхъ въ грунтъ способствуетъ увеличенію нагрузки. Также на ея величину вліяетъ глубина заложения водосточныхъ трубъ, такъ какъ понятно что съ возрастаніемъ глубины должна возрастать и *постоянная нагрузка*. Величина *подвижной нагрузки* устанавливается въ зависимости отъ величины наибольшаго тяжельхъ грузовъ, обращающихся въ данномъ районѣ.

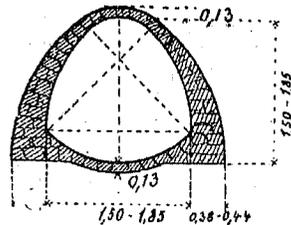
Водосточная сѣтъ состоитъ изъ отдѣльныхъ изготовленныхъ на заводахъ круглыхъ керамиковыхъ или бетонныхъ трубъ небольшого сѣченія и изготовленныхъ на мѣстѣ кирпичныхъ, бетонныхъ и каменныхъ каналовъ, доступныхъ для прохода рабочихъ.

Трубы представляютъ собой *упругое тѣло*, подверженное дѣйствию *внѣшней нагрузки*, и потому въ нихъ проявляются не только сжимающія, но и растягивающія усилія <sup>1)</sup>. Размѣры толщины ихъ стѣнокъ выработаны практикой и рѣдко подвергаются провѣркѣ. Въ случаѣ же укладки ихъ въ очень слабыхъ грунтахъ или принимаютъ мѣры по уширенію ихъ оснований путемъ заѣлки ихъ въ бетонные столбы (черт. 75), уже отвѣчающіе требованіямъ устойчивости сооружений, т. е. испытывающіе только сжимающія усилія, или же устраиваютъ особыя свайныя основанія (см. гл. XI). Что же касается проходимыхъ каналовъ, то формы ихъ сѣченій могутъ быть подобраны такимъ образомъ, чтобы кривыя давленія не выходили изъ средней трети сѣченія; но и въ этомъ случаѣ при постройкѣ бетонныхъ каналовъ возможно отступленіе отъ этого закона статики, принимая въ данномъ случаѣ бетонный каналъ за *упругое тѣло*.

чер. 75.



чер. 76.



Напряженія, испытываемыя трубами и каналами отъ внѣшней нагрузки, возрастаютъ въ зависимости отъ величины ихъ діаметра, эквивалентнаго въ данномъ случаѣ пролету сводовъ. Поэтому со статической точки зрѣнія тѣ сѣченія, у которыхъ ширина больше высоты, представляютъ преимущества предъ круглыми сѣченіями и сѣченіями, у которыхъ ширина меньше высоты. Наибольше удовлетворяющей требованіямъ статики формой является параболическое очертаніе водосточныхъ каналовъ (черт. 76), принимаемое на практикѣ въ случаяхъ, когда приходится каналу выдерживать большую подвижную нагрузку, которая находится близко къ наружному очертанію канала (напр. при пересѣченіи желѣзнодорожнаго пути). Также надо упомянуть, что величиной подвижной нагрузки при глубинѣ заложения свыше 5 метровъ пренебрегаютъ, какъ не имѣющей существеннаго значенія сравнительно съ величиной постоянной нагрузки.

Болѣе подробно вопросъ объ опредѣленіи толщины стѣнокъ будетъ нами рассмотрѣнъ ниже въ главѣ X.

<sup>1)</sup> Föppl, Festigkeitslehre, Leipzig, 1897.



условія имѣють лишь значеніе извѣстнаго масштаба для оцѣнки типовъ поперечныхъ сѣченій водостоковъ.

§ 2. Типы поперечныхъ сѣченій водостоковъ. Канализаціонная сѣть устраивается въ предѣлахъ города въ видѣ *подземныхъ* трубъ и каналовъ; только въ нѣкоторыхъ случаяхъ строятъ *открытыя* канавы и каналы для различныхъ цѣлей: для устройства устья главнаго отводнаго канала (Неаполь, Кумы), для отведенія водъ, очищенныхъ на центральной станціи и т. п.; болѣе широко открытые каналы употребляются для перехвата атмосферныхъ водъ съ нагорной стороны (нагорныя канавы) и для разведенія сточныхъ водъ къ отдѣльнымъ бассейнамъ на поляхъ орошенія.

Самыми употребительными типами поперечныхъ сѣченій для закрытыхъ каналовъ являются каналы *круглые* и каналы, *составленные изъ частей круга и прямыхъ линий*. Существующіе типы поперечныхъ сѣченій подземныхъ каналовъ можно подраздѣлить на три категоріи:

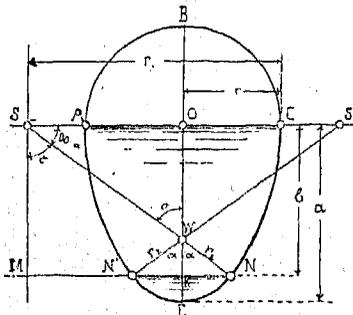
- I профиля вытянутые, у коихъ высота  $h > 2r$ .
- II профиля круглые " " "  $h = 2r$ .
- III " сжатые " " "  $h < 2r$ , гдѣ  $2r$

представляетъ собой ширину канала. Изъ этихъ категорій чаще всего пользуются *круговымъ* сѣченіемъ, которое примѣняется, какъ для отведенія небольшихъ расходовъ воды (круглыя трубы), такъ и для отведенія очень большихъ расходовъ (главные коллектора и отводные каналы).

Вытянутыя сѣченія употребляются главнымъ образомъ для отведенія среднихъ расходовъ воды; въ нихъ образуется *большая скорость* при малыхъ расходахъ воды, чѣмъ въ круглыхъ сѣченіяхъ, что и составляетъ ихъ *преимущество при примѣненіи ихъ для каналовъ общесплавной системы*, гдѣ имѣются сильныя колебанія расходовъ сточныхъ водъ въ сухую погоду и при сильныхъ ливняхъ. Кромѣ того ихъ выгодно примѣнять въ узкихъ улицахъ для сокращенія количества земляныхъ работъ и работъ по перемощенію улицъ, такъ какъ широкіе рвы могутъ, какъ мы упоминали

выше, повредить ранѣе уложеннымъ уличнымъ проводамъ различныхъ назначеній.

чер. 77.



Вытянутыя сѣченія извѣстны въ канализаціонной техникѣ подъ именемъ *яйцевидныхъ* или *овоидальныхъ* (черт. 77).

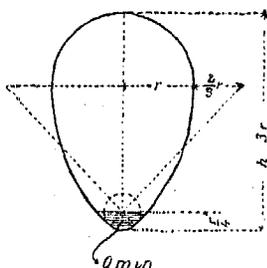
Эти сѣченія получаютъ изъ сопряженія четырехъ отдѣльныхъ частей: верхней части—полукруга, описаннаго радіусомъ  $r$ , 2 среднихъ боковыхъ частей, представляющихъ изъ себя дуги круга, описанныя радіусомъ  $r_1 > r$ , изъ центровъ  $s$  лежащихъ на горизонтальной линіи, проходящей чрезъ центръ верхняго круга, и нижней части дуги круга  $N'EN$  описанной ра-

дуса  $r_1 > r$ , изъ центровъ  $s$  лежащихъ на горизонтальной линіи, проходящей чрезъ центръ верхняго круга, и нижней части дуги круга  $N'EN$  описанной ра-

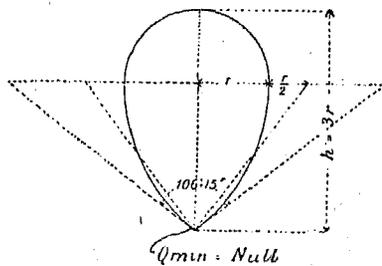
діусомъ  $r_2 < r$  изъ центра, лежащаго на точкѣ пересѣченія трехъ линій вертикали и двухъ радіусовъ боковыхъ частей. Такъ какъ центры всѣхъ дугъ лежатъ попарно на однихъ и тѣхъ же прямыхъ, то сѣченіе получается въ видѣ сомкнутой плавной кривой. Соотношеніе между  $r$ ,  $r_1$  и  $r_2$  могутъ быть весьма разнообразны. Самымъ употребительнымъ является сѣченіе, предложенное Филиппсомъ еще въ 1846 г. въ Англіи, въ которомъ  $r_1 = 3r$ ,  $r_2 = \frac{r}{2}$  и  $h$  (высота сѣченія)  $= 2r$ ; это сѣченіе съ отношеніемъ  $h:d = 3:2$

также называется *обыкновеннымъ овоидальнымъ сѣченіемъ*. Нижняя сжатая часть овоидальныхъ сѣченій, очерченная радіусомъ  $r_2$ , предназначается для протеканія расхода въ сухую погоду; въ обыкновенномъ овоидальномъ сѣченіи она предназначается для протеканія расхода, составляющаго около 4% отъ наибольшаго расхода. Такъ какъ въ дѣйствительности соотношеніе между минимальнымъ и максимальнымъ расходами бываетъ еще ниже, доходя въ нѣкоторыхъ случаяхъ до 1%, то въ нѣкоторыхъ англійскихъ городахъ стали замѣнять обыкновенное овоидальное сѣченіе инымъ, въ которомъ  $r_1 = 2^{2/3}r$  и  $r_2 = \frac{r}{4}$  (черт. 78); такіе же типы сѣченій примѣнены въ Льежѣ и Марсели. Стремленіе сгустить пижнюю часть овоидальныхъ сѣченій до возможнаго минимума привело къ полному уничтоженію въ ней дуги круга, какъ это можно видѣть изъ черт. 79. Типы сѣченій, показанныхъ на черт. 78 и 79, весьма *неудобны для прохода рабочихъ*, и по-

чер. 78.



чер. 79.



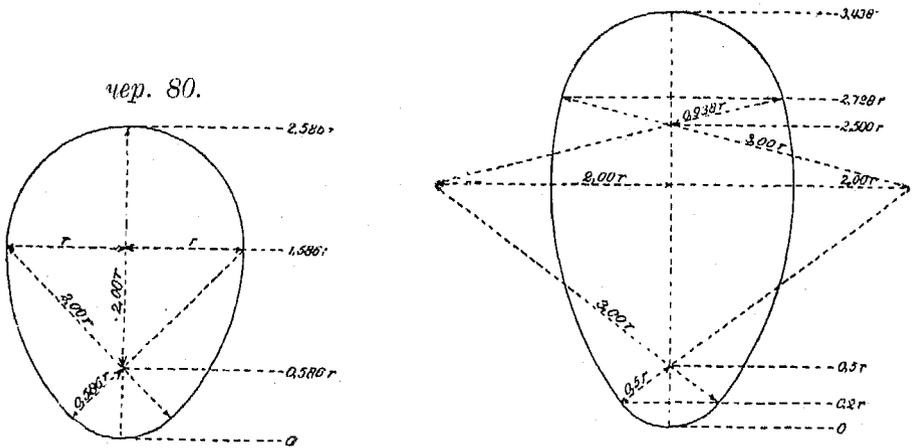
этому къ нимъ можно прибѣгать только тогда, когда водостоки *имѣютъ хорошіе уклоны и расходы, обезпечивающіе скорость, достаточную для самоочищенія*.

Кромѣ соотношенія  $h:d = 3:2$  также употребительны и овоидальныя сѣченія, у которыхъ  $h:d = 2,586:2$  и  $3,438:2$  (черт. 80 и 81); при чемъ первое сѣченіе употребляется, когда соотношенія между расходами въ сухую погоду и во время ливней невелики (напр. въ небольшихъ фабричныхъ городахъ), а второе сѣченіе когда при слабыхъ уклонахъ желательнo увеличить высоту сѣченія, чтобы сдѣлать каналъ удобнымъ для прохода рабочихъ.

Если овоидальныя коллектора должны выносить большую нагрузку и обладаютъ достаточными расходами и уклономъ, обезпечивающими нужную

скорость, то по статическимъ соображеніямъ ихъ обычную форму выгодно замѣнить сжатой параболической (лотковой, черт. 82).

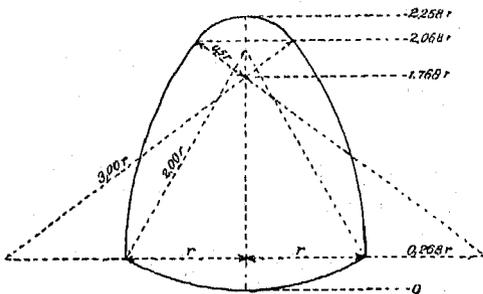
чер. 81.



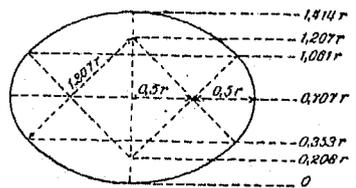
чер. 80.

Сжатые профили поперечныхъ сѣченій употребляются главнымъ образомъ въ тѣхъ случаяхъ, когда приходится прокладывать каналы въ грунтахъ, производство земляныхъ работъ въ которыхъ обходится дорого. Напримеръ, если замѣной вытянутаго или круглаго профилемъ сжатымъ можно избѣгнуть плывуновъ или работы въ скалистыхъ грунтахъ, требующей примѣненія взрывныхъ работъ (черт. 83). Кромѣ того сжатые типы желат

чер. 82.



чер. 83.



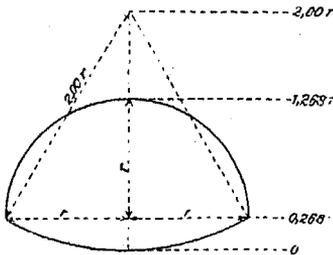
тельно употреблять въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно почему выиграть въ высотѣ, напр. при устройствѣ ливнеспусковъ, такъ какъ желательно дать имъ такое положеніе, при которомъ бы изъ нихъ стокъ не зависѣлъ бы отъ горизонта водныхъ протоковъ; поэтому для ливнеспусковъ употребляются сжатые лотковыя сѣченія (черт. 84).

Также, если вслѣдствіе мѣстныхъ условий верхъ коллектора подходить близко къ поверхности улицъ, то примѣняютъ сжатое сѣченіе, перекры-

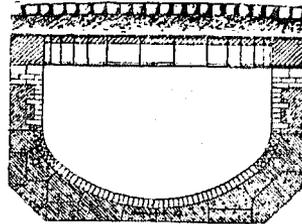
вая ихъ горизонтальнымъ перекрытіемъ для выигрыша въ мѣстѣ (черт. 85).

Кромѣ основныхъ разсмотрѣнныхъ нами типовъ сѣченій употребляются и другіе типы, которые также могутъ быть отнесены къ той или другой установленной нами категоріи. Такъ къ вытянутымъ сѣченіямъ относятся сѣченія: эллиптическія, сѣченія съ круговыми частями и прямыми стѣнками и опрокинутыя овоидальныя сѣченія (черт. 86).

чер. 84.

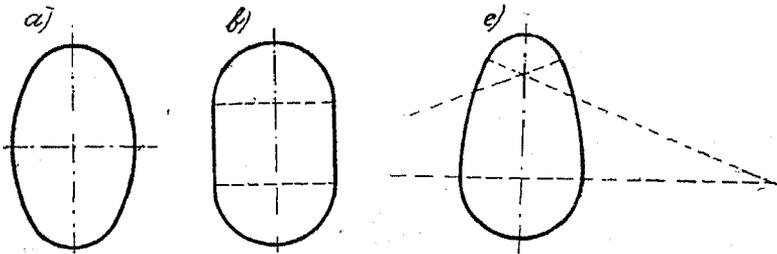


чер. 85.



Они примѣняются тогда, когда, желая имѣть достаточную высоту для прохода по каналамъ, отводить большія постоянныя количества воды при небольшихъ уклонахъ. По конструктивнымъ соображеніямъ сѣченія типа (черт. 86 б) слѣдуетъ предпочесть эллиптическимъ. Опрокинутыя овоидальныя сѣченія даютъ экономію въ количествѣ кладки, сравнительно съ двумя другими типами сѣченій.

чер. 86.



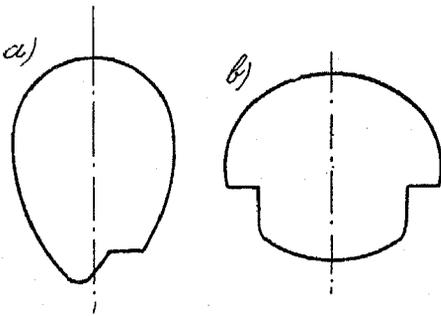
Кромѣ описанныхъ формъ сѣченій водосточныхъ каналовъ употребляютъ еще и другія сѣченія, очертанія которыхъ вызваны или мѣстными условіями или носятъ часто случайный характеръ.

Такъ напр. при устройствѣ коллекторовъ общесплавной системы съ небольшими уклонами, не обеспечивающими самоочищенія сѣти при малыхъ расходахъ, употребляютъ такъ называемыя банкетныя сѣченія (черт. 87).

Нижняя часть (въ типѣ 87 а) ихъ состоитъ изъ *ювета*, предназначеннаго для минимальнаго расхода, и *троттуера* для прохода рабочихъ

(банкета), а самое сѣчение овоидальное. Въ типѣ 87 в коветъ помѣщается по срединѣ, а съ боковъ два *банкета*. Типъ 87 а примѣненъ для второстепенныхъ, а 87 в для главныхъ коллекторовъ г. Парижа, гдѣ эти коллектора еще утилизированы для различныхъ уличныхъ проводовъ. Типы эти вызываютъ большіе расходы, хотя и представляютъ удобства съ эксплуатационной точки зрѣнія. Типъ 87 в встрѣчается и въ главныхъ коллекторахъ многихъ западно-европейскихъ городовъ (Кельнъ, Будапештъ, Дрезденъ, Брюссель и пр.); онъ можетъ быть также использованъ для *перекрытія городскихъ каналовъ и ручьевъ*, каковыя также нерѣдко устраиваются съ устройствомъ въ городѣ канализаціи (Штуттгартъ).

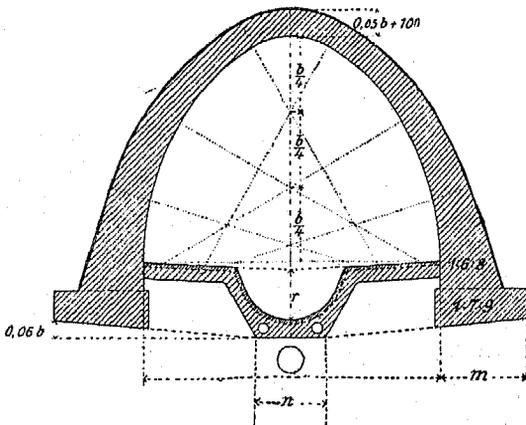
чер. 87.



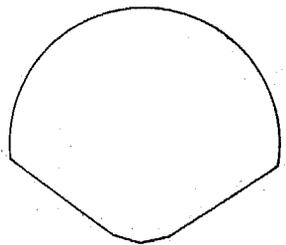
Къ недостаткамъ *банкетнаго* типа слѣдуетъ отнести, что на троттуарахъ послѣ протеканія дождевыхъ водъ остается не мало грязи, которую потомъ приходится убирать рабочимъ; поэтому въ канализаціяхъ, устроенныхъ послѣ г. Парижа, *банкетамъ* придаютъ *нѣкоторый*

*поперечный уклонъ къ коветамъ* (Кельнъ). Къ банкетному типу слѣдуетъ отнести и сѣченія, примѣненные для главныхъ коллекторовъ въ г. Дрезденъ (черт. 88), вполне отвѣчающихъ статическимъ требованіямъ.

чер. 88.



чер. 89.

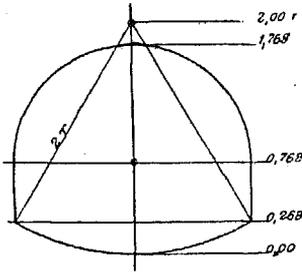


Кромѣ того встрѣчаются *круглыя сѣченія*, нижняя часть которыхъ для *сжатія струи* дѣлается въ видѣ *треугольника* съ *небольшой площадкой* для удобнаго прохода рабочихъ (черт. 89). Далѣе употребляютъ *лотковое сѣченіе* съ *прямыми вставками* (черт. 90) или съ *нижней частью въ видѣ треугольника* (черт. 91). Всѣ вышеуказанные

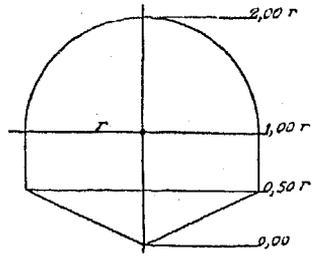
типы могут употребляться как для каналов общесплавныхъ, такъ и раздѣльныхъ системъ.

Если же при примѣненіи полной раздѣльной и полураздѣльной системы дождевые каналы лежатъ на одной оси съ домовыми, то употребляютъ особыя *двухъярусныя сѣченія*, предложенныя инженеромъ *Metzger* въ Германіи для г. *Бромберга* (черт. 92). Подобныя сѣченія примѣнены

чер. 90.

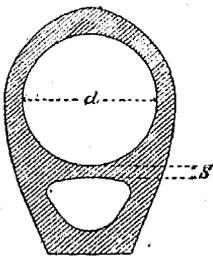


чер. 91.

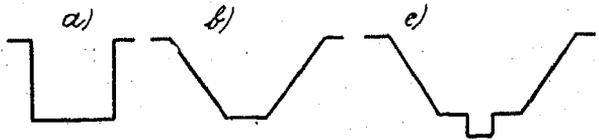


еще въ г. г. *Буэносъ-Айресъ* и *Неаполь*. Для открытых водостоконъ употребляются *прямоугольныя, трапециевидныя и сѣченія, представляющія соединенія трапеции съ прямоугольникомъ* (черт. 93а-с). *Прямоугольныя* сѣченія употребляются для отвода небольшихъ количествъ атмосферныхъ водъ въ окраинныхъ частяхъ города; сѣченія *трапециевидныя*, откосъ которыхъ задается сообразно углу естественнаго откоса грунта, употребляются для перехвата атмосферныхъ водъ, вливающихъ въ городъ съ нагорной стороны, для разведенія воды для промывки и т. п. цѣлей. Сѣченія же *слизистыя* употребляются главнымъ образомъ для регулированія городскихъ ручьевъ и овраговъ (Софія, Дрезденъ, Лейпцигъ) и для устройства главныхъ отводныхъ каналовъ за предѣлами городовъ (Миланъ).

чер. 92.



чер. 93.



Здѣсь уместно упомянуть о грандіозномъ каналѣ для отвода сточныхъ водъ г. Чикаго, который одновременно использованъ и для цѣлей судоходства.

§ 3. Гидравлическія свойства поперечныхъ сѣченій. Ознакомившись съ типами различныхъ сѣченій водостоконъ, мы теперь перейдемъ къ изуче-

нiо гидравлическихъ свойствъ самыхъ употребительныхъ сѣченiй водосток-ковъ. Мы уже выше упоминали, что *гидравлическiя требованiя, предъ-являемыя къ водосточнымъ каналамъ, заключаются въ использованiи ихъ наибольшей при данномъ расходѣ и уклонѣ отводоспособности* или, если это представляется нужнымъ, *полученiя наибольшей скорости*. Нахождение  $Q$  и  $v$  было дано еще въ 1884 г. проф. *Lueder* <sup>1)</sup>, при чемъ опредѣленiе этихъ величинъ было поставлено въ зависимости отъ центрального угла  $\varphi$ , образуемаго линиями, проведенными чрезъ центръ сѣченiя къ точкамъ пересѣченiя линiи поверхности сточныхъ водъ съ сѣченiемъ водостока (черт. 94); далѣе при выводѣ величина коэффициента тренiя  $c$  принималась имъ постоянной, что собственно не находится въ со-отвѣтствiи съ дѣйствительностью.

Болѣе же правильнымъ намъ представляется находить *максимальныя значенiя для  $Q$  и  $v$  въ зависимости отъ высоты заполнения водостока*.

Извѣстно, что

$v = c\sqrt{RI}$ ;  $Q = v \cdot \omega$ ;  $c$  по сокращенной формулѣ *Ganguillet-Kutter*'а

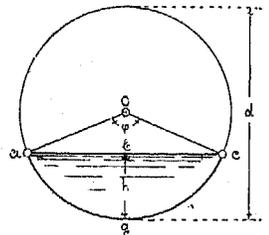
$$c = \frac{100\sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}, \text{ гдѣ } R = \frac{\omega}{p}.$$

$$\text{Отсюда } v = \frac{100 \frac{\omega}{p} \sqrt{I}}{b + \sqrt{\frac{\omega}{p}}} \quad (25) \quad \text{и} \quad Q = \frac{100 \frac{\omega^2}{p} \sqrt{I}}{b + \sqrt{\frac{\omega}{p}}} \quad (26)$$

Величины  $\omega$  и  $p$  зависятъ отъ глубины заполнения водостока, которую мы можемъ выразить, какъ часть общей высоты сѣченiя  $h$  чрезъ  $\lambda h$ , гдѣ  $\lambda$  измѣняется отъ 0 до 1.

Задача нахождения максимальныхъ значенiй для  $Q$  и  $v$  требуетъ на-хождения максимальнаго значенiя и для  $R$ , которое входитъ въ выраженiе  $v$  и  $Q$  и является  $f(\lambda)$ . Для нахождения максимума функцiи необходимо взять первую производную отъ нея и, приравнявъ ее нулю, найти значенiе функцiи; затѣмъ для провѣрки максимальнаго значенiя функцiи необходимо взять вторую производную этой функцiи и, подставивъ найденное значенiе, узнать, какой знакъ будетъ имѣть это выраженiе; при отрицательномъ знакѣ найденное значенiе функцiи будетъ максимумомъ. Приложимъ эту теорiю къ нашему случаю. Слѣдовательно

чер. 94.



<sup>1)</sup> Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1884 г.; подобное же опредѣленiе имѣется въ курсѣ проф. Н. К. Чижова „Водостоки“.

$$\frac{\partial R}{\partial \lambda} = 0; \quad \frac{\partial v}{\partial \lambda} = 0; \quad \frac{\partial Q}{\partial \lambda} = 0$$

$$\frac{\partial R}{\partial \lambda} = 0 = \frac{p \frac{\partial \omega}{\partial \lambda} - \omega \frac{\partial p}{\partial \lambda}}{p^2}; \quad p \frac{\partial \omega}{\partial \lambda} - \omega \frac{\partial p}{\partial \lambda} = 0 \quad \dots \quad (27)$$

Изъ этого уравненія можно опредѣлять значеніе для  $\lambda$ , при которомъ  $R$  будетъ имѣть максимальное значеніе.

Но  $v = f(R)$ ; слѣдовательно  $\frac{\partial v}{\partial \lambda} = \frac{\partial v}{\partial R} \cdot \frac{\partial R}{\partial \lambda} = 0$  или  $\frac{\partial v}{\partial R} = 0$ , такъ какъ  $\frac{\partial R}{\partial \lambda} = 0$  представляетъ собой уже извѣстное намъ выраженіе (27).

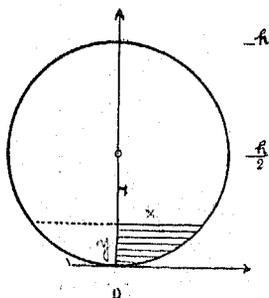
$$\text{Такимъ образомъ } \frac{\partial v}{\partial R} = \frac{100(b + 0,5 \sqrt{R}) \sqrt{I}}{(b + \sqrt{R})^2} = 0 \quad \dots \quad (28)$$

Изъ этого уравненія вытекаетъ, что ни  $I$ , ни  $b$  не оказываютъ вліянія на ту глубину заложенія, при которомъ  $v$  имѣетъ максимальное значеніе;  $I$  является простымъ множителемъ, которое и не можетъ по существу вліять на максимальное значеніе  $v$ ; такъ какъ треніе, (выраженное коэффициентомъ  $b$ ), представляется равномерно распределеннымъ по всему периметру сѣченія, то оно можетъ оказывать вліяніе на величину скорости, но не на степень наполненія, для которой  $v_{max}$ . При нахожденіи  $Q_{max}$  нужно имѣть въ виду, что оно является функціей величинъ  $\omega$  и  $v$ , изъ коихъ первая зависитъ только отъ  $\lambda$ .

$$\frac{\partial Q}{\partial \lambda} = 0 = 100 \sqrt{I} \frac{b + \sqrt{R} \left( R \frac{\partial \omega}{\partial \lambda} + \omega \frac{\partial R}{\partial \lambda} \right) - 0,5 \sqrt{R} \omega \frac{\partial R}{\partial \lambda}}{(b + \sqrt{R})^2}$$

$$\frac{b + \sqrt{R}}{p} \frac{\partial \omega}{\partial \lambda} + \left( b + \frac{1}{2} \sqrt{R} \right) \frac{\partial R}{\partial \lambda} = 0 \quad \dots \quad (29)$$

Чер. 95.



Найденныя нами выраженія (27—29) пригодны для любого сѣченія водосточныхъ каналовъ; намъ слѣдуетъ только находить для каждаго типа сѣченій выраженія, устанавливающія зависимость между  $\omega$ ,  $p$  и  $\lambda$ .

Теперь мы перейдемъ къ послѣдовательному рѣшенію общихъ уравненій (27—29) для различныхъ сѣченій. Разсмотримъ сѣченіе круга и расположимъ на его нижней точкѣ  $O$  начало координатъ.

Тогда уравненіе круга  $x^2 = (2r - y)y = 2ry - y^2$ ;  $x = \sqrt{2ry - y^2}$  заштрихованный сегментъ  $\omega'$  (чер. 95) будетъ равенъ:

$$\begin{aligned} \omega' &= \int_0^y \sqrt{2ry - y^2} \, dy = \\ &= \left[ \left( \frac{y-r}{2} \right) \sqrt{2ry - y^2} - \frac{r^2}{2} \arcsin \frac{r-y}{2} \right]_0^y = \\ &= \left( \frac{y-r}{2} \right) \sqrt{2ry - y^2} + \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{r-y}{2} \right); \end{aligned}$$

Тогда при  $r = \frac{h}{2}$  и  $y = \lambda h$

$$\omega = h^2 [(\lambda - 0,5) (\sqrt{\lambda - \lambda^2} + 0,25 \arcsin (1 - 2\lambda))] \dots (30)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial \lambda} = 2 h^2 \sqrt{\lambda - \lambda^2} \dots \dots \dots (31)$$

$$p' = \int_0^y \sqrt{1 + \left( \frac{\partial x}{\partial y} \right)^2} \, dy; \quad \frac{\partial x}{\partial y} = \frac{r-y}{\sqrt{2ry-y^2}}$$

$$p' = r \int_0^y \frac{1}{\sqrt{2ry-y^2}} \, dy = r \left[ -\arcsin \frac{r-y}{r} \right]_0^y =$$

$$= r \left( \frac{\pi}{2} \arcsin \frac{r-y}{r} \right). \text{ Подставляя вышенриведенныя значенія для } r \text{ и } y.$$

$$p = h \arcsin (1 - 2\lambda) \dots (32) \quad \text{и} \quad \frac{\partial p}{\partial \lambda} = \frac{h}{\sqrt{\lambda - \lambda^2}} \dots (33)$$

Подставляемъ найденныя значенія для производныхъ отъ  $\omega$  и  $p$  въ выраженія (27—28), дающія значенія  $R_{max}$  и  $v_{max}$ .

$$2 h^3 \sqrt{\lambda - \lambda^2} \arcsin (1 - 2\lambda) - h^3 [(\lambda - 0,5) \sqrt{\lambda - \lambda^2} + 0,25 \arcsin (1 - 2\lambda)] \sqrt{\lambda - \lambda^2} = 0$$

$$\text{и } f(\lambda) = (-4\lambda^2 + 4\lambda - 0,5) \arcsin (1 - 2\lambda) - (2\lambda - 1) \sqrt{\lambda - \lambda^2} = 0. \quad (34)$$

Изъ этого выраженія можно видѣть, что высота  $h$  не оказываетъ вліянія на величину  $\lambda$ .

Для нахождения корня уравненія (34) намъ придется воспользоваться способомъ *Ньютона*, при примѣненіи котораго мы можемъ достигнуть любой степени точности.

Зададимся для  $\lambda$  значеніемъ  $a = 0,8$  и подставимъ его въ выраженіе (34). Тогда получимъ  $f(0,8) = 0,0700$ ; теперь возьмемъ для  $\lambda$  значеніе  $b = 0,9$ , тогда  $f(0,9) = -0,5897$ . Тогда по способу Ньютона намъ нужно взять первыя производныя  $f'(\lambda)$ .

$$f'(\lambda) = (-8\lambda + 4) \arcsin (1 - 2\lambda); \quad f'(0,8) = -5,3143; \quad f'(0,9) = -7,9936$$

$$\text{тогда } \alpha' = 0,8 - \frac{f(0,8)}{f'(0,9)} = 0,8 - \frac{+0,700}{-7,9936} = 0,809$$

$$b' = 0,9 - \frac{f(0,9)}{f'(0,9)} = 0,9 - \frac{-0,5897}{-7,9936} = 0,826$$

Подставимъ найденныя значенія для  $\lambda - a'$  и  $b'$  въ его выраженіе и получимъ

$$f(a') = 0,0211; f(b') = -0,0760; f'(b') = -5,9488$$

$$\lambda = \begin{cases} a'' = 0,809 - \frac{+0,0211}{-5,9488} = \mathbf{0,813} \\ b'' = 0,826 - \frac{0,0760}{-5,9488} = \mathbf{0,813} \end{cases}$$

Слѣдовательно наибольшее значеніе для  $R$  и для  $v$  въ круговомъ сѣченіи получается при степени наполненія  $\lambda = 0,813$ .

Нашъ результатъ совпадаетъ съ результатомъ, полученнымъ проф. Лнегер'омъ для опредѣленія  $\max v$  при центральномъ углѣ наполненія въ  $257^{\circ}30'$ .

Чтобы получить выраженіе для  $v_{\max}$ , мы подставимъ выраженія (30) и (32) въ формулу (25) и получаемъ

$$V = \frac{100 h \sqrt{I} \left[ \frac{(\lambda - 0,5) \sqrt{\lambda - \lambda^2}}{\arcsin(1 - 2\lambda)} + 0,25 \right]}{b + \sqrt{h \left[ \frac{(\lambda - 0,5) \sqrt{\lambda - \lambda^2}}{\arcsin(1 - 2\lambda)} \right] + 0,25}} \dots \dots \dots (35)$$

Для  $b$  по Ваумеистер'у беремъ 0,45,  $h = 1$  мет.  $\lambda = 0,813$ ; тогда  $v_{\max} = 30,382 \sqrt{I} \dots \dots \dots (36)$

Для нахождения  $Q_{\max}$  мы преобразуемъ нѣсколько уравненіе круга, что намъ дастъ въ дальнѣйшемъ облегченіе при нахожденіи  $Q_{\max}$  для болѣе сложныхъ сѣченій. Сущность этого преобразования будетъ заключаться въ подраздѣленіи площади на двѣ части: нижнюю постоянную и верхнюю переменную; это дастъ намъ упрощеніе расчета для овоидальныхъ, лотковыхъ и другихъ сѣченій.

Преобразуемъ уравненіе круга въ слѣдующее выраженіе

$$x^2 + \left(y - \frac{h}{2}\right)^2 = \frac{h^2}{4}; x = \sqrt{\frac{h^2}{4} - \left(y - \frac{h}{2}\right)^2}$$

Площадь круга при высотѣ  $\lambda h$ , гдѣ  $\lambda > 0,5$

$$\omega = 2 \int_0^{\frac{y}{2}} \sqrt{\frac{h^2}{4} - \left(y - \frac{h}{2}\right)^2} dy + 2 \int_{\frac{h}{2}}^{\lambda h} \sqrt{\frac{h^2}{4} - \left(\frac{y-h}{2}\right)^2} dy;$$

$$\omega = \frac{h^2 \pi}{8} + \frac{h^2}{4} \left[ \frac{2y-h}{h} \sqrt{1 - \left(\frac{2y-h}{h}\right)^2} + \frac{1}{2} \arcsin \frac{2y-h}{h} \right]_{\frac{h}{2}}^{\lambda h} =$$

$$= \frac{h^2}{8} \left( \pi + 2 \operatorname{arc} \sin (2\lambda - 1) + 4 (2\lambda - 1) \sqrt{\lambda - \lambda^2} \right) \dots (37)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial \lambda} = 2h^2 \sqrt{\lambda - \lambda^2} \dots (38)$$

$$p = 2 \int_0^{\frac{h}{2}} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)^2} dy + 2 \int_{\frac{h}{2}}^{\lambda h} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)^2} dy$$

$$\frac{\partial x}{\partial y} = \frac{-(y - \frac{h}{2})}{\sqrt{\frac{h^2}{4} - (y - \frac{h}{2})^2}} \quad p = \frac{h}{2} \pi + h \left[ \operatorname{arc} \sin \frac{2y - h}{h} \right]_{\frac{h}{2}}^{\lambda h} =$$

$$p = \frac{h}{2} [\pi + 2 \operatorname{arc} \sin (2\lambda - 1)] \dots (39)$$

$$R = \frac{4}{h} \left[ 1 + \frac{4(2\lambda - 1) \sqrt{\lambda - \lambda^2}}{\pi + 2 \operatorname{arc} \sin (2\lambda - 1)} \right] \quad (40) \quad \frac{\partial R}{\partial \lambda} = \frac{h}{p} \left[ \frac{2h(\lambda - \lambda^2) - R}{\sqrt{\lambda - \lambda^2}} \right] \quad (41)$$

Подставляя найденныя значенія въ общее выраженіе (29)

$$\frac{b + \sqrt{R}}{p} \frac{\partial \omega}{\partial \lambda} + (b + 0,5 \sqrt{R}) \frac{dR}{d\lambda} = 0, \text{ получаемъ послѣ необходи-}$$

мыхъ подстановокъ

$$f(\lambda) = h(\lambda - \lambda^2) (4b + 3\sqrt{R}) - R(b + 0,5 \sqrt{R}) = 0 \dots (42)$$

Изъ этого выраженія видно, что на  $\lambda$ , а следовательно и на  $Q$  такъ влияют значенія  $h$  и  $b$ ; значенія  $h$  на практикѣ колеблются между 0,2 мет. и 1,2 мет.; значенія для  $b$  по даннымъ Kutter'a колеблются въ предѣлахъ отъ 0,12 (чисто выстроганное дерево, притертый чистый цементъ, чистыя металлическія поверхности) до 0,72 (старыя загрязненныя каналы и трубы). Преобразуемъ выраженіе (42) въ

$$b = \frac{\sqrt{R} [0,5 R - 3h(\lambda - \lambda^2)]}{4h(\lambda - \lambda^2) - R}$$

и рассмотримъ его значеніе при слѣдующихъ предѣльныхъ значеніяхъ для  $b$  и  $h$

$$\left. \begin{array}{l} h = 0,2 \text{ м} \\ b = 0,72 \end{array} \right\} \text{ I} \quad \text{и} \quad \left. \begin{array}{l} h = 1,2 \\ b = 0,12 \end{array} \right\} \text{ II}$$

При этихъ значеніяхъ  $\lambda$  будетъ колебаться въ предѣлахъ 0,929 до 0,944.

Эти значенія нѣсколько разнятся отъ полученнаго Глиедер'омъ выраженія для  $\lambda = 0,949 h$ .

Отсюда можно вывести заключение, что при одинаковой шероховатости въ сѣченіи съ большей площадью максимальный расходъ получается при большей степени заполнения, и что въ одномъ и томъ же сѣченіи при увеличеніи шероховатости стѣнокъ уменьшается степень наполненія, соответствующая максимальному расходу.

Преобразуемъ выраженіе (26) для  $Q$  какъ функціи отъ  $I$  и  $\lambda$ .

$$Q = \frac{100 h \sqrt{I} \operatorname{arc} \cos (1-2 \lambda) \left\{ h \left[ \frac{(\lambda-0,5) \sqrt{\lambda-\lambda^2}}{\operatorname{arc} \cos (1-2 \lambda)} + 0,25 \right] \right\}^2}{b + \sqrt{h \left\{ \frac{(\lambda-0,5) \sqrt{\lambda-\lambda^2}}{\operatorname{arc} \cos (1-2 \lambda)} + 0,25 \right\}}}$$

Круговое сѣченіе при  $h=1$ ,  $b=0,45$  будетъ имѣть  $\lambda=0,934$ .

$$\text{Тогда } Q_{\max} = 22,494 \sqrt{I} \dots \dots \dots (43)$$

Теперь мы рассмотримъ, при какомъ заполненіи круговое сѣченіе будетъ проводить тотъ же расходъ, что и при полномъ его заполненіи.

$$\text{Мы знаемъ, что } Q = \frac{100 R \omega \sqrt{I}}{b + \sqrt{R}}$$

$$\text{Отсюда } Q (b + \sqrt{R}) - 100 \omega R \sqrt{I} = 0 = f(\lambda)$$

По способу Ньютона

$$f'(\lambda) = -\frac{100 h R^2}{\sqrt{\lambda-\lambda^2}} + \left[ \frac{Q}{2 \sqrt{R}} - 200 R h \operatorname{arc} \cos (1-2 \lambda) \right] \frac{dR}{d\lambda} \dots \dots (44)$$

Примемъ при значеніяхъ  $h=0,2$  и  $b=0,72$  для корней уравненія (44) значенія 0,785 и 0,787.

$$\text{Тогда } f(0,785) = 0,00012; f(0,787) = -0,00027; f'(0,787) = -0,21666$$

$$\lambda = \begin{cases} a' = 0,785 - \frac{+0,00012}{-0,21666} = \mathbf{0,786} \\ b' = 0,787 - \frac{-0,00027}{-0,21666} = \mathbf{0,786} \end{cases}$$

$h=1,2$  и  $b=0,12$ ; возьмемъ для корней уравненія (44) — 0,832 и 0,836  
 $f(0,832) = +0,108; f(0,836) = -0,004; f'(0,836) = -36,278$

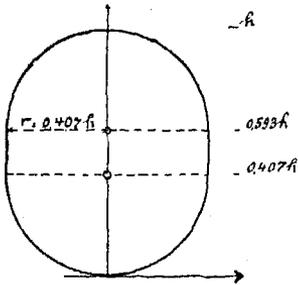
$$\lambda = \begin{cases} a' = 0,832 - \frac{+0,108}{-36,278} = \mathbf{0,835} \\ b' = 0,836 - \frac{-0,004}{-36,278} = \mathbf{0,835} \end{cases}$$

Среднія сѣченія со среднимъ коэффициентомъ шероховатости будутъ имѣть для  $\lambda$  значеніе 0,811.

Такимъ образомъ можно заключить, что, чѣмъ меньше сѣченіе канала и чѣмъ больше треніе, тѣмъ для проведенія расхода при полномъ заполненіи потребуются меньшее заполненіе, заключающееся въ предѣлахъ 0,786 и 0,835.

Пользуясь вышеприведеннымъ методомъ мы рассмотримъ  $Q_{max}$  и  $v_{max}$  для болѣе сложныхъ сѣченій.

чер. 96.



Круговой профиль съ прямыми стѣнками  $h:r = 2,459:2$  (чер. 96).

Уравненіе постоянной нижней круговой части съ радиусомъ  $r = 0,407h$

$$x^2 + (y - 0,593h)^2 = 0,407^2 h^2$$

$$x = \sqrt{0,407^2 h^2 - (y - 0,593h)^2}$$

площадь верхней переменнѣй части  $\omega_1$

$$\omega_1 = 2 \int_{0,593h}^{\lambda h} \sqrt{0,407^2 h^2 - (y - 0,593h)^2} dy =$$

$$= 0,407^2 h^2 \left[ \frac{\lambda - 0,593}{0,407} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda - 0,593}{0,407}\right)^2} + \arcsin \frac{\lambda - 0,593}{0,407} \right]$$

$$p_1 = 2 \int_{0,593h}^{\lambda h} \sqrt{1 - \frac{(y - 0,593h)^2}{0,407^2 h^2 - (y - 0,593h)^2}} dy$$

Площадь постоянной части  $\omega_2 = 0,407^2 h^2 \cdot 2,488$  и  $p_2 = 0,407 h \cdot 4,060$

Примемъ выраженіе  $\frac{\lambda - 0,593}{0,407} = z$ ; тогда

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 = 0,407^2 h^2 [2,488 + z\sqrt{1-z^2} + \arcsin z] \quad (45)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial \lambda} = 2 \cdot 0,407 h^2 \sqrt{1-z^2} \quad (46)$$

$$p = p_1 + p_2 = 0,407 h (4,06 + 2 \arcsin z) \quad (47) \quad \frac{\partial p}{\partial \lambda} = \frac{2h}{\sqrt{1-z^2}} \quad (48)$$

для  $R_{max}$  и  $v_{max}$  необходимо, чтобы  $p \frac{\partial \omega}{\partial \lambda} - \omega \frac{\partial p}{\partial \lambda} = 0$ , отсюда по подстановкѣ

$$f(\lambda) = 1,572 + (1 - 2z^2) \arcsin z - z(4,06z + \sqrt{1-z^2}) \quad (49)$$

$$f'(\lambda) = -\frac{4z}{0,407} (2,03 + \arcsin z)$$

Задаемся для  $\lambda$  значениями 0,82 и 0,83

$$f(0,82) = 0,069; f(0,83) = -0,076; f'(0,83) = -15,163$$

$$\lambda \begin{cases} a' = 0,82 - \frac{0,069}{-15,163} = \mathbf{0,825} \\ b' = 0,83 - \frac{-0,076}{-15,163} = \mathbf{0,825} \end{cases}$$

$$v = \frac{100 \cdot 0,407 h (2,488 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z) \sqrt{I}}{(4,06 + 2 \arcsin z) \left[ b + \sqrt{0,407 h \frac{2,488 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z}{4,06 + 2 \arcsin z}} \right]}$$

при  $h = 1,072$  и  $b = 0,45$   $v_{max} = 29,718 \sqrt{I}$  мет.

Теперь будем находить выражение для  $Q_{max}$ , определяя его по уравнению (29).

$$f(\lambda) = (2b + 1,5 \sqrt{R}) 0,407 h (1 - z^2) - (b + 0,5 \sqrt{R}) R$$

$$f'(\lambda) = -2hz (2b + 1,5 \sqrt{R}) + \left[ \frac{0,305h}{\sqrt{R}} (1 - z^2) - b - 0,75 \sqrt{R} \right] \frac{\partial R}{\partial \lambda}$$

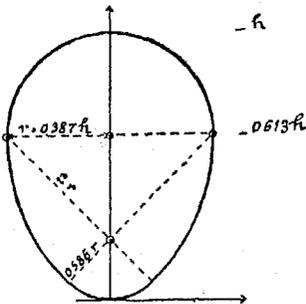
Берем для  $\lambda$  значения 0,93 и 0,94

$$f(0,93) = 0,031; f(0,94) = -0,0006; f'(0,94) = -2,931$$

$$\lambda \begin{cases} a' = 0,93 - \frac{0,031}{-2,931} = \mathbf{0,94} \\ b' = 0,94 - \frac{-0,0006}{-2,931} = \mathbf{0,94} \end{cases}$$

$$Q = \frac{100 \cdot 0,407^3 h^3 (2,488 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z)^2 \sqrt{I}}{(4,06 + 2 \arcsin z) \left[ b + \sqrt{0,407 h \frac{2,488 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z}{4,06 + 2 \arcsin z}} \right]} \quad (50)$$

чер. 97.



$$Q_{max} = 21,685 \sqrt{I} \dots \dots \dots (51)$$

Овоидальное ступенчатое с отношением  $h:d = 2,586:2$  (чер. 97).

$r = 0,387 h$ ; ордината центра верхнего круга  $= 0,613 h$

$$\text{Уравнение круга } x^2 + (y - 0,613 h)^2 = 0,387^2 h^2$$

$$x = \sqrt{0,387^2 h^2 - (y - 0,613 h)^2}$$

Площадь верхнего круга при наполнении  $\lambda h$ , где  $\lambda > 0,613$

$$\omega_1 = 2 \int_{0,613 h}^{\lambda h} \sqrt{0,387^2 h^2 - (y - 0,613 h)^2} dy =$$

$$= 0,387^2 h^2 \left[ \frac{\lambda - 0,613}{0,387} \sqrt{1 - \left[ \frac{\lambda - 0,613}{0,387} \right]^2} + \arcsin \frac{\lambda - 0,613}{0,387} \right]$$

$$p_1 = 2 \int_{0,613 h}^{\lambda h} \sqrt{1 + \frac{(y - 0,613 h)^2}{0,387^2 h^2 - (y - 0,613 h)^2}} dy$$

$$p_1 = 2 \cdot 0,387 h \arcsin \frac{\lambda - 0,613}{0,387}$$

Для постоянной части, ограниченной ординатами 0 и 0,613 h

$$\omega_2 = 0,387^2 h^2 2,41 \text{ и } p_2 = 4,062 \cdot 0,387 h$$

Обозначим для упрощения расчета

$$\frac{\lambda - 0,613}{0,387} = z, \text{ тогда}$$

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 = 0,387^2 h^2 (2,41 + z \sqrt{1 - z^2} + \arcsin z) \dots (52)$$

$$\frac{d\omega}{d\lambda} = 2 \cdot 0,387 h^2 \sqrt{1 - z^2} \dots (53)$$

$$p = p_1 + p_2 = 0,387 h (4,062 + 2 \arcsin z) \dots (54)$$

$$\frac{\partial p}{\partial \lambda} = \frac{2 h}{\sqrt{1 - z^2}} \dots (55)$$

$\lambda$  для  $R_{max}$  и  $v_{max}$  определится изъ выражения

$$f(\lambda) = 1,652 + (1 - 2z^2) \arcsin z - z(4,062 z + \sqrt{1 - z^2}) \dots (56)$$

$$\text{и } f'(\lambda) = -\frac{4z}{0,387} (2,031 + \arcsin z)$$

Возьмемъ значенія для  $\lambda - 0,836$  и  $0,840$

$$f(0,836) = 0,059; f(0,84) = -0,025; f'(0,84) = -16,115$$

$$\lambda = \begin{cases} a' = 0,836 - \frac{0,059}{-16,115} = \mathbf{0,839} \\ b' = 0,840 - \frac{-0,025}{-16,115} = \mathbf{0,839} \end{cases}$$

Слѣдовательно  $v_{max}$  будетъ при  $0,839 h$

$$v = \frac{100 \cdot 0,387 h (2,41 + z \sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z) \sqrt{I}}{(4,062 + 2 \text{ arc sin } z) \left[ b + \sqrt{\frac{0,387 h (2,41 + z \sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z)}{4,062 + 2 \text{ arc sin } z}} \right]} \quad (57)$$

при  $\lambda = 0,839$   $h = 1,128$   $b = 0,45$ ;  $v_{\max} = 29,250 \sqrt{I}$

$$f'(\lambda) = (2b + 1,5 \sqrt{R}) 0,387 h (1 - z^2) - (b + 0,5 \sqrt{R}) R = 0 \quad (58)$$

$$f'(\lambda) = -2hz(2b + 1,5\sqrt{R}) + \left( \frac{0,29h}{\sqrt{R}} (1 - z^2) - b - 0,75\sqrt{R} \right) \frac{\partial R}{\partial \lambda};$$

при  $h = 1,128$   $b = 0,45$  возьмем предельные значения 0,94 и 0,95

$$f(0,94) = +0,013; f(0,95) = -0,019; f'(0,95) = -3,115$$

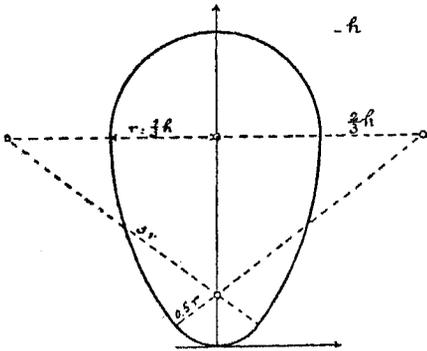
$$\lambda = \begin{cases} a' = 0,94 - \frac{+0,013}{-3,115} = \mathbf{0,944} \\ b' = 0,95 - \frac{-0,019}{-3,115} = \mathbf{0,944} \end{cases}$$

$$Q = \frac{100 \cdot 0,387^3 h^3 (2,41 + z \sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z)^2 \sqrt{I}}{(4,062 + 2 \text{ arc sin } z) \left[ b + \sqrt{\frac{0,387 h (2,41 + z \sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z)}{4,062 + 2 \text{ arc sin } z}} \right]} \quad (59)$$

чер. 98.

$$Q_{\max} = 20,987 \sqrt{I} \quad (60)$$

Оvoidальное стечение с отношением  $h:d=3:2$  (чер. 98);



$$r = \frac{h}{3}; \text{ ордината центра } \frac{2}{3}h$$

$$x^2 + \left( y - \frac{2}{3}h \right)^2 = \frac{h^2}{9}; x = \sqrt{\frac{h^2}{9} - \left( y - \frac{2}{3}h \right)^2}$$

$$\omega_1 = 2 \int_{\frac{2}{3}h}^{\lambda h} \sqrt{\frac{h^2}{9} - \left( y - \frac{2}{3}h \right)^2} dy =$$

$$= \frac{\omega^2}{9} \left[ (3\lambda - 2) \sqrt{1 - (3\lambda - 2)^2} + \text{arc sin } (3\lambda - 2) \right]$$

$$p_1 = 2 \int_{\frac{2}{3}h}^{\lambda h} \sqrt{1 + \frac{\left( y - \frac{2}{3}h \right)^2}{\frac{h^2}{9} - \left( y - \frac{2}{3}h \right)^2}} dy$$

$$p' = \frac{2}{3} h \operatorname{arc} \sin (3\lambda - 2); \omega_2 = 3,023 \frac{h^2}{9}; p_2 = 4,788 \frac{h}{3}$$

$$3\lambda - 2 = z; \omega = \omega_1 + \omega_2 = \frac{h^2}{9} \left( 3,023 + z \sqrt{1-z^2} + \operatorname{arc} \sin z \right) \quad (61)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial \lambda} = \frac{2}{3} h^2 \sqrt{1-z^2} \quad (62) \quad p = p_1 + p_2 = \frac{h}{3} \left( 4,788 + 2 \operatorname{arc} \sin z \right) \quad (63)$$

$$\frac{\partial p}{\partial \lambda} = \frac{2h}{\sqrt{1-z^2}} \quad (64)$$

$$f(\lambda) = 1,765 + (1-2z^2) \operatorname{arc} \sin z - z(4,788z + \sqrt{1-z^2}) \quad (65)$$

$$f'(\lambda) = -12z(2,394 + \operatorname{arc} \sin z)$$

Задаемся для  $\lambda = 0,8$  и  $0,9$ ;  $f(0,8) = 0,912$ ;  $f(0,9) = -1,097$ ;  $f'(0,9) = -26,620$

$$a' = 0,8 - \frac{0,912}{-26,62} = 0,834$$

$$b' = 0,9 - \frac{1,097}{-26,62} = 0,859$$

Задаемся теперь новыми значениями  $0,85$  и  $0,859$ ;

$$f(0,85) = 0,093; f(0,859) = -0,095; f'(0,859) = -20,834;$$

$$\lambda = \begin{cases} a'' = 0,850 + \frac{0,093}{-20,834} = \mathbf{0,854} \\ b'' = 0,859 - \frac{0,095}{20,834} = \mathbf{0,854} \end{cases}$$

$$v = \frac{100 \frac{h}{3} \left( 3,023 + z \sqrt{1-z^2} + \operatorname{arc} \sin z \right) \sqrt{I}}{(4,788 + 2 \operatorname{arc} \sin z) \left( b + \sqrt{\frac{h}{3} \frac{3,023 + z \sqrt{1-z^2} + \operatorname{arc} \sin z}{4,788 + 2 \operatorname{arc} \sin z}} \right)} \quad (66)$$

$$\text{при } h = 1,189 \text{ и } b = 0,45 \quad v_{\max} = 27,902 \sqrt{I} \quad (67)$$

Перейдемъ къ опредѣленію  $Q_{\max}$

$$f(\lambda) = \frac{h}{3} \left( 2b + 1,5 \sqrt{R} \right) \left( 1-z^2 \right) - \left( b + 0,5 \sqrt{R} \right) R \quad (68)$$

$$f'(\lambda) = -2hz_4 (2b + 1,5 \sqrt{R}) + \left[ \frac{0,25h}{\sqrt{R}} (1-z^2) - b - 0,75 \sqrt{R} \right] \frac{\partial R}{\partial \lambda}$$

Веремъ для  $\lambda$  значенія  $0,948$  и  $0,95$

$$f(0,948) = 0,006; f(0,95) = -0,001; f'(0,95) = -3,2$$

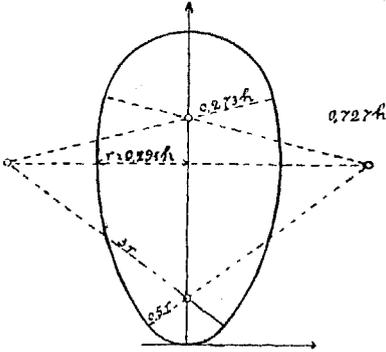
$$\lambda \begin{cases} a' = 0,948 - \frac{0,006}{-3,200} = \mathbf{0,95} \\ b' = 0,950 - \frac{0,001}{-3,200} = \mathbf{0,95} \end{cases}$$

$$Q = \frac{100 \left(\frac{h}{3}\right)^3 \left(3,023 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z\right)^2 \sqrt{I}}{(4,788 + 2 \arcsin z) \left(b + \sqrt{\frac{h}{3} \frac{3,023 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z}{4,788 + 2 \arcsin z}}\right)} \quad (69)$$

$$Q_{max} = 19,126 \sqrt{I} \quad \dots \quad (70)$$

Овоидальный коллектор с отношением  $h:d = 3,488 : 2$  (чер. 99);  
 чер. 99.

Радиус верхняго круга =  $0,273 h$ ;  
 ордината центра  $0,727 h$ ;



$$x^2 + (y - 0,727 h)^2 = 0,273^2 h^2$$

$$x = \sqrt{0,273^2 h^2 - (y - 0,727 h)^2}$$

Выбираемъ границу между постоянной и переменнoй частью —  $0,814 h$ ;

$$\int_{0,814h}^{\lambda h} \sqrt{0,273^2 h^2 - (y - 0,727 h)^2} dy$$

$$\omega_1 = 0,273 h^2 \left[ \frac{\lambda - 0,727}{0,273} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda - 0,727}{0,273}\right)^2} + \arcsin \frac{\lambda - 0,727}{0,273} - 0,637 \right]$$

$$\omega_2 = 5,181 \cdot 0,273^2 h^2; \frac{\lambda - 0,727}{0,273} = z$$

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 = 0,273^2 h^2 (4,554 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z) \quad \dots \quad (71)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial \lambda} = 2 \cdot 0,273 h^2 \sqrt{1-z^2} \quad \dots \quad (72)$$

$$p_1 = 2 \int_{0,814h}^{\lambda h} \sqrt{1 + \frac{(y - 0,727 h)^2}{0,273^2 h^2 - (y - 0,727 h)^2}} dy =$$

$$= 0,273 h \left( 2 \arcsin \frac{\lambda - 0,727}{0,273} - 0,650 \right)$$

$$p_2 = 6,822 \cdot 0,273 h; p = p_1 + p_2 = 0,273 h (6,172 + 2 \arcsin z) \quad (73)$$

$$\frac{\partial p}{\partial \lambda} = \frac{2 h}{\sqrt{1-z^2}} \quad \dots \quad (74)$$

$$f(\lambda) = 1,618 + (1-z^2) \arcsin z - z(6,172 z + \sqrt{1-z^2}) \quad \dots \quad (75)$$

$$f'(\lambda) = \frac{4z}{0,273} (3,086 + \arcsin z)$$

Задаемся значениями для  $\lambda \rightarrow 0,858$  и  $0,86$

$$f(0,858) = 0,045; f(0,86) = -0,004; f'(0,86) = -25,65$$

$$\lambda = \begin{cases} a' = 0,858 - \frac{0,045}{-26,65} = \mathbf{0,86'} \\ b' = 0,860 - \frac{-0,004}{-26,65} = \mathbf{0,86} \end{cases}$$

$$v = \frac{100 \cdot 0,273 h (4,554 + z \sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z) \sqrt{I}}{(6,172 + 2 \text{ arc sin } z) \left( b + \sqrt{0,273 h \frac{4,554 + z \sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z}{6,172 + 2 \text{ arc sin } z}} \right)} \quad (76)$$

при  $h = 1,237$  и  $b = 0,45$   $v_{max} = 26,931 \sqrt{I} \dots (77)$

$$f(\lambda) = (2b + 1,5 \sqrt{R}) 0,273 h (1-z^2) - (b + 0,5 \sqrt{R}) R$$

$$f'(\lambda) = -2 h z (2b + 1,5 \sqrt{R}) + \left[ \frac{0,205 h}{\sqrt{R}} (1-z^2) - b - 0,75 \sqrt{R} \right] \frac{\partial R}{\partial y}$$

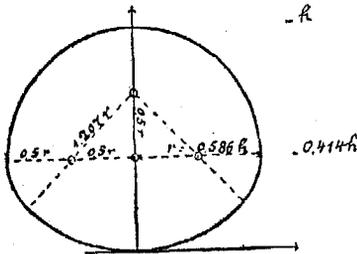
Значения для  $\lambda$  0,95 и 0,96

$$\lambda = \begin{cases} a' = 0,95 - \frac{0,011}{-3,925} = \mathbf{0,953} \\ b' = 0,96 - \frac{-0,021}{-3,925} = \mathbf{0,953} \end{cases}$$

$$Q = \frac{100 \cdot 0,273^3 h^3 (4,554 + z \sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z)^2 \sqrt{I}}{(6,172 + 2 \text{ arc sin } z) \left[ b + \sqrt{0,273 h \frac{4,554 + z \sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z}{6,172 + 2 \text{ arc sin } z}} \right]}$$

чер. 100.

$$Q_{max} = 17,942 \sqrt{I} \dots (79)$$



Сжатый профиль,  $h:d = 1,707:2$   
(чер. 100) радиус верхнего круга 0,586;  
ордината центра свода 0,414 h

$$x^2 + (y - 0,414 h)^2 = 0,586^2 h^2$$

$$x = \sqrt{0,586^2 h^2 - (y - 0,414 h)^2}$$

$$\omega_1 = 2 \int_{0,706h}^{\lambda h} \sqrt{0,586^2 h^2 - (y - 0,414 h)^2} dy$$

$$= 0,586^2 h^2 \left[ \frac{\lambda - 0,414}{0,586} \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda - 0,414}{0,586} \right)^2} + \text{arc sin } \frac{\lambda - 0,414}{0,586} - 1,125 \right]$$

$$\omega_2 = 2,211 \cdot 0,586^2 h^2; \frac{\lambda - 0,414}{0,586} = z$$

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 = 0,586^2 h^2 [1,086 + z \sqrt{1-z^2} + \text{arc sin} z] \dots (80)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial \lambda} = 2,0,586 h^2 \sqrt{1-z^2} \dots (81)$$

$$p_1 = 2 \int_{0,706h}^{\lambda h} \sqrt{1 + \frac{(y - 0,414h)^2}{0,586^2 h^2 - (y - 0,414h)^2}} dy =$$

$$= 0,586 h (2 \text{ arc sin } z - 1,290)$$

$$p_2 = 3,969 \cdot 0,586 h; p = 0,586 h (2,679 + 2 \text{ arc sin } z) \dots (82)$$

$$\frac{\partial p}{\partial \lambda} = \frac{2 h}{\sqrt{1-z^2}} \dots (83)$$

$$f(\lambda) = 1,593 + (1-z^2) \text{ arc sin } z - z (2,679 z + \sqrt{1-z^2}) \dots (84)$$

$$f'(\lambda) = -\frac{2z}{0,586} (2,679 + 2 \text{ arc sin } z)$$

Первоначальные значения  $\lambda = 0,80$  и  $0,81$

$$f(0,8) = 0,029; f(0,81) = -0,065 \quad f'(0,81) = -9,613$$

$$\lambda \begin{cases} a' = 0,80 - \frac{0,029}{-9,613} = \mathbf{0,803} \\ b' = 0,81 - \frac{-0,065}{-9,613} = \mathbf{0,803} \end{cases}$$

$$v = \frac{100 \cdot 0,586 h (1,086 + z \sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z) \sqrt{I}}{(2,679 + 2 \text{ arc sin } z) \left( b + \sqrt{0,586 h \frac{1,086 + z \sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z}{2,679 + 2 \text{ arc sin } z}} \right)} \dots (85)$$

$$\text{при } h = 0,921, \lambda = 0,803 \text{ и } b = 0,45 \quad v_{max} = 30,212 \sqrt{I} \dots (86)$$

$$f(\lambda) = (2b + 1,5 \sqrt{R}) 0,586 h (1-z^2) - (b + 0,5 \sqrt{R}) R$$

$$f'(\lambda) = -2hz(2b + 1,5 \sqrt{R}) + \left[ \frac{0,440h}{\sqrt{R}} (1-z^2) - b - 0,75 \sqrt{R} \right] \frac{\partial R}{\partial \lambda}$$

Первоначальные значения для  $\lambda = 0,92 - 0,93$

$$f(0,92) = 0,026; f(0,93) = 0,00; f'(0,93) = -2,599$$

$$\lambda = \begin{cases} a' = 0,92 - \frac{0,026}{-2,599} = \mathbf{0,93} \\ b' = 0,93 - \frac{0,0}{-2,59} = \mathbf{0,93} \end{cases}$$

$$Q = \frac{100.0,586^3 h^3 (1,086 + z\sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z)^2 \sqrt{I}}{(2,679 + 2 \text{ arc sin } z) \left[ b + \sqrt{0,586 h \frac{1,086 + z\sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z}{2,679 + 2 \text{ arc sin } z}} \right]}$$

чер. 101.

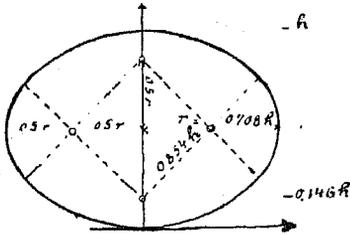
$$Q_{\max} = 22,303\sqrt{I} \dots \dots \dots (88)$$

Сжатый профиль,  $h:d = 1,414:2$

(чер. 101).

$r = 0,854 h$ , ордината центра верхнего круга  $0,146 h$ .

$$x^2 + (y - 0,146 h)^2 = 0,854^2 h^2$$



$$x = \sqrt{0,854^2 h^2 - (y - 0,146 h)^2}$$

$$\omega_1 = 2 \int_{0,752h}^{\lambda h} \sqrt{0,854^2 h^2 - (y - 0,146 h)^2} dy =$$

$$= 0,854^2 h^2 \left[ \frac{\lambda - 0,146}{0,854} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda - 0,146}{0,854}\right)^2} + \text{arc sin } \frac{\lambda - 0,146}{0,854} - 1,289 \right]$$

$$\omega_2 = 1,215 \cdot 0,854^2 h^2; \frac{\lambda - 0,146}{0,854} = z$$

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 = 0,854^2 h^2 (-0,074 + z\sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z) \dots (89)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial \lambda} = 2 \cdot 0,854 h^2 \sqrt{1-z^2} \dots \dots \dots (90)$$

$$p_1 = 2 \int_{0,752h}^{\lambda h} \sqrt{1 + \frac{(y - 0,146 h)^2}{0,854^2 h^2 - (y - 0,146 h)^2}} dy =$$

$$= 0,854 h (2 \text{ arc sin } z - 1,578) \dots (91) \quad p_2 = 0,854 h \cdot 2,879$$

$$p = p_1 + p_2 = 0,854 h (1,301 + 2 \text{ arc sin } z) \quad (92) \quad \frac{\partial p}{\partial \lambda} = \frac{2 h}{\sqrt{1-z^2}} \dots (93)$$

$$f(\lambda) = 1,375 + (1 - z^2) \text{ arc sin } z - z (1,301 z + \sqrt{1-z^2})$$

$$f'(\lambda) = \frac{-2z}{0,854} (1,301 + 2 \text{ arc sin } z)$$

первоначальные значения для  $\lambda = 0,79$  и  $0,8$

$$f(0,79) = 0,022; f(0,8) = -0,038; f'(0,8) = -5,466$$

$$\lambda = \begin{cases} a' = 0,79 - \frac{0,022}{-5,466} = \mathbf{0,794} \\ b' = 0,80 - \frac{-0,033}{-5,466} = \mathbf{0,794} \end{cases}$$

$$v = \frac{100,0,854 h (-0,074 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z) \sqrt{I}}{(1,301 + 2 \arcsin z) \left[ b + \sqrt{0,854 h \frac{-0,074 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z}{1,301 + 2 \arcsin z}} \right]}$$

при  $\lambda = 0,794$ ,  $h = 0,829$  и  $b = 0,45$   $v_{max} = 30,065 \sqrt{I}$  . (95)

$$f(\lambda) = (2b + 1,5 \sqrt{R}) 0,854 h (1 - z^2) - (b + 0,5 \sqrt{R}) R$$

$$f'(\lambda) = -2hz (2b + 1,5\sqrt{R}) + \left[ \frac{0,641h}{\sqrt{R}} (1 - z^2) - b - 0,75 \sqrt{R} \right] \frac{\partial R}{\partial \lambda}$$

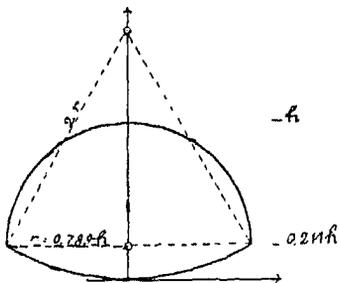
Возьмем значения для  $\lambda$  0,924 и 0,926

$$f(0,924) = 0,001; f(0,926) = -0,005; f'(0,926) = -2,383$$

$$\lambda \begin{cases} a' = 0,924 - \frac{0,001}{-2,383} = \mathbf{0,924} \\ b' = 0,926 - \frac{-0,005}{-2,383} = \mathbf{0,924} \end{cases}$$

$$Q = \frac{100,0,854^3 h^3 (-0,074 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z)^2 \sqrt{I}}{(1,301 + 2 \arcsin z) \left[ b + \sqrt{0,854 h \frac{-0,074 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z}{1,301 + 2 \arcsin z}} \right]} \quad (96)$$

чер. 102.



$$Q_{max} = 22,04 \sqrt{I} \dots \dots \dots (51)$$

Лотковое сечение  $h : d = 1,268 : 2$  (чер. 102)  
 $r = 0,789 h$ , ордината центра верхнего круга  
 $0,211 h$ .

$$x^2 + (y - 0,211 h)^2 = 0,789^2 h^2$$

$$x = \sqrt{0,789^2 h^2 - (y - 0,211 h)^2}$$

$$\omega_1 = \int_{0,685h}^{\lambda h} \sqrt{0,789^2 h^2 - (y - 0,211 h)^2} dy =$$

$$= 0,789^2 h^2 \left[ \frac{\lambda - 0,211}{0,789} \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda - 0,211}{0,789} \right)^2} + \arcsin \frac{\lambda - 0,211}{0,789} - 1,094 \right]$$

$$\omega_2 = 1,485 \cdot 0,789^2 h^2; \frac{\lambda - 0,211}{0,789} = z$$

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 = 0,789^2 h^2 (0,36 + z\sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z) \dots (98)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial \lambda} = 2 \cdot 0,789 h^2 \sqrt{1-z^2} \dots (99)$$

$$p_1 = 2 \int_{0,685h}^{\lambda h} \sqrt{1 + \frac{(y - 0,211h)^2}{0,789^2 h^2 - (y - 0,211h)^2}} dy =$$

$$= 0,789 h (2 \text{ arc sin } z - 1,242); p_2 = 0,789 h \cdot 3,382$$

$$p = p_1 + p_2 = 0,789 h (2,092 + 2 \text{ arc sin } z) \dots (100)$$

$$\frac{\partial p}{\partial \lambda} = \frac{2 h}{\sqrt{1-z^2}} \dots (101)$$

$$f(\lambda) = 1,732 + (1 - 2z^2) \text{ arc sin } z - z (2,092 z + \sqrt{1-z^2})$$

$$f'(\lambda) = -\frac{4z}{0,789} (1,046 + \text{arc sin } z)$$

Первоначальными значениями для  $\lambda$  0,79 — 0,8

$$f(0,79) = 0,042; f(0,80) = -0,027; f'(0,80) = -7,149$$

$$\lambda = \begin{cases} a' = 0,79 - \frac{0,042}{-7,149} = \mathbf{0,796} \\ b' = 0,80 - \frac{-0,027}{-7,149} = \mathbf{0,796} \end{cases}$$

$$v = \frac{100 \cdot 0,789 h (0,36 + z\sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z) \sqrt{I}}{(2,092 + 2 \text{ arc sin } z) \left[ b + \sqrt{0,789 h (0,36 + z\sqrt{1-z^2} + \text{arc sin } z)} \right]} (102)$$

$$\text{при } h = 0,761, b = 0,45 \text{ и } \lambda = 0,796 \quad v_{\max} = 27,828\sqrt{I} \dots (103)$$

$$f'(\lambda) = (2b + 1,5\sqrt{R}) \cdot 0,789 h (1-z^2) - (b + 0,5\sqrt{R})$$

$$f'(\lambda) = -2hz(2b + 1,5\sqrt{R}) + \left( \frac{0,592}{\sqrt{R}} (1-z^2) - b - 0,75\sqrt{R} \right) \frac{\partial R}{\partial \lambda};$$

Возьмем при  $h = 0,76$  и  $b = 0,45$  значения для  $\lambda$  0,92 — 0,93

$$f(0,92) = +0,008; f(0,93) = -0,012; f'(0,93) = -2,154$$

$$\lambda \begin{cases} a' = 0,92 - \frac{0,008}{-2,154} = \mathbf{0,924} \\ b' = 0,93 - \frac{-0,012}{-2,154} = \mathbf{0,924} \end{cases}$$

$$Q = \frac{100 \cdot 0,789^3 h^3 (0,36 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z)^2 \sqrt{I}}{(2,092 + 2 \arcsin z) \left[ b + \sqrt{0,789 h \frac{0,36 + z \sqrt{1-z^2} + \arcsin z}{2,092 + 2 \arcsin z}} \right]} \quad (104)$$

$$Q_{max} = 18,222 \sqrt{I} \quad \dots \quad (105)$$

Приведенные нами подсчеты дают возможность составить следующую таблицу XXIV.

ТАБЛИЦА XXIV.

Типъ профиля.	$\lambda$ для $v_{max}$	$v_{max}$	Высота сѣченія $h$	$\lambda$ для $Q_{max}$	$Q_{max}$
Кругъ . . . 2:2	0,813	$30,382 \sqrt{I}$	1,00	0,934	$22,494 \sqrt{I}$
Круговое сѣченіе съ прямыми стѣнками . . . 2,459:2	0,825	$29,718 \sqrt{I}$	1,072	0,940	$21,685 \sqrt{I}$
Овоидальное 2,586:2	0,839	$29,250 \sqrt{I}$	1,128	0,944	$20,987 \sqrt{I}$
„ 3:2	0,854	$27,902 \sqrt{I}$	1,189	0,950	$19,126 \sqrt{I}$
„ 3,438:2	0,860	$26,931 \sqrt{I}$	1,237	0,953	$17,942 \sqrt{I}$
Сжатое . . 1,707:2	0,803	$30,212 \sqrt{I}$	0,921	0,930	$22,303 \sqrt{I}$
„ . . 1,414:2	0,794	$30,065 \sqrt{I}$	0,829	0,924	$21,040 \sqrt{I}$
Лотковое . 1,268:2	0,796	$27,288 \sqrt{I}$	0,761	0,924	$18,222 \sqrt{I}$

Изъ этой таблицы можно придти къ заключенію, что степень наполненія для  $v_{max}$  и  $Q_{max}$  возрастаетъ по мѣрѣ растяженія сѣченія.

Единственное исключеніе изъ этого правила составляетъ профиль лотковаго сѣченія 1,268:2, который нѣсколько отличается отъ другихъ своей формой. Значенія  $\lambda$  для  $v_{max}$  справедливы для всякаго сѣченія; значенія же  $\lambda$  для  $Q_{max}$  лишь при приведенныхъ въ таблицѣ значеніяхъ  $h$  и  $b = 0,45$

§ 4. Свойства сѣченій водостоконъ съ экономической точки зрѣнія. Найденныя нами величины  $Q_{max}$  какъ функціи  $I$  даютъ намъ возможность сдѣлать изслѣдованіе этихъ же профилей и съ экономической точки зрѣнія.

Мы уже въ началѣ этой главы упоминали, что наивыгоднѣйшимъ съ экономической точки зрѣнія будетъ то сѣченіе, при которомъ

$C$  (стоимость 1 пог. метра канала)  $\frac{C}{Q_{max}}$  будетъ *Minimum*. Сзависитъ отъ стои-

мости матеріала, рытья рововъ, работъ по перемощенію мостовой, обратной засыпки рововъ утрамбовки и отвозки излишней земли на опредѣленное разстояніе.

Пусть  $K$  будетъ стоимость 1 пог. метра периметра канала; тогда при протяженіи периметра  $p$  полная стоимость канала будетъ  $pK$ . Такое опредѣленіе стоимости подходитъ къ *кирпичнымъ и бетоннымъ* каналамъ; для керамиковыхъ же и бетонныхъ трубъ при опредѣленіи стоимости слѣдуетъ имѣть еще въ виду кромѣ заводской ихъ цѣны стоимость перевозки ихъ съ завода къ мѣсту производства работъ и стоимость работъ по ихъ укладкѣ и соединенію стыковъ.

Стоимость земляныхъ работъ со всѣми добавочными работами зависитъ *не только отъ ширины и глубины рововъ, но и отъ рода грунта, въ которомъ укладываются каналы*. Она въ общемъ пропорціональна ширинѣ рововъ, но не глубинѣ, такъ какъ съ глубиной расходу по обдѣлкѣ рововъ и по водоотливу могутъ возрастать пропорціонально не первой степени, а второй и даже третьей степени глубины. Тѣмъ не менѣе, не зная точнаго закона измѣненія стоимости земляныхъ работъ въ зависимости отъ глубины, мы будемъ для нашего экономического сравненія поперечныхъ сѣченій каналовъ считать ее пропорціональной ихъ глубинѣ.

Ширина всякаго рва для канала выражается  $d + 2\beta + 2\gamma$ , гдѣ  $d$  — ширина канала,  $\beta$  — толщина стѣнокъ канала и  $\gamma$  — известныи запасъ, оставляемый съ боковъ канала для производства работъ; глубину рововъ обозначимъ чрезъ  $t$  тогда  $C = pK + (d + 2\beta + 2\gamma)tA$  (106), гдѣ  $A$  стоимость 1 куб. мет. земляныхъ работъ.

Такимъ образомъ поставленная нами задача сводится къ отысканію наименьшей величины выраженія  $\frac{pK + (d + 2\beta + 2\gamma)tA}{Q_{max}}$  . (107) для всѣхъ

8-ми разсмотрѣнныхъ нами типовъ сѣченій, для которыхъ соотношенія между  $h$  и  $d$  при одинаковомъ  $p$  приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ XXV.

Кoeffициенты  $K$  и  $A$  зависятъ отъ мѣстныхъ цѣнъ; при толщинѣ въ 1 кирп. ( $\beta = 0,25$ )  $K = 5$  руб.;  $pK = 3,142 \cdot 5 = 15,71$  руб. на 1 пог. мет. глубины.

Кoeffициентъ  $A$  возрастаетъ съ глубиной  $t$

при $t$ въ мет.	$A$ въ рубл.
2,50	0,35
3,00	0,40
3,50	0,45

такъ какъ для  $t$  предѣлы (табл. XXVI) 2,76 и 3,24 метра, то для  $A$  въ среднемъ можно принять 0,40. Такимъ образомъ стоимость земляныхъ ра-

ТАБЛИЦА XXV.

Типъ поперечнаго сѣченія канала.	$p$	$h$	$d$
Кругъ . . . . . 2:2	3,142	1	1
Кругъ съ прямыми стѣнками 2,459:2	„	1,072	0,872
Овоидальное . . . 2,586:2	„	1,128	0,872
„ . . . . . 3:2	„	1,189	0,793
„ . . . . . 3,438:2	„	1,237	0,720
Сжатое . . . . . 1,707:2	„	0,921	1,080
„ . . . . . 1,414:2	„	0,829	1,173
„ . . . . . 1,268:2	„	0,761	1,200

ботъ въ чистомъ видѣ будетъ  $(d + 2\beta + 2\gamma)t \cdot 0,4$ ; къ этой величинѣ слѣдуетъ прибавить добавочную сумму на перемощеніе мостовой, снятіе расчорокъ и пр. до 0,6 руб. на 1 кв. мет. площади улицъ. Отсюда полная стоимость земляныхъ работъ  $(d + 2\beta + 2\gamma)(0,4t + 0,6)$  руб. или при  $\gamma = 0,1$  —  $(d + 0,7)(0,4t + 0,6)$ . По этимъ даннымъ составимъ таблицу XXVI для опредѣленія величины  $C$  для нашихъ профилей.

ТАБЛИЦА XXVI.

	$t$	$0,4t + 0,6$	$d + 0,7$	$\frac{(d + 0,7)}{(0,4t + 0,6)}$	$C$		
Круговое	3,00	1,80	1,70	3,06	18,77	V	
„ съ прим. стѣнк.	3,07	1,83	1,57	2,87	18,58	III	
Овоид.	2,586:2	3,13	1,85	1,57	2,90	18,61	IV
„	3:2	3,19	1,87	1,49	2,80	18,51	II
„	3,438:2	3,24	1,90	1,42	2,69	18,40	I
Сжат.	1,707:2	2,92	1,77	1,78	3,15	18,86	VI
„	1,414:2	2,83	1,73	1,87	3,23	18,94	VII
„	1,268:2	2,76	1,70	1,90	3,24	18,95	VIII

При этой таблицѣ глубины рововъ  $t$  получились разныя, такъ какъ мы здѣсь считали, что во всѣхъ сѣченіяхъ уровень жидкости лежитъ на линіи пять свода.

Если бы мы составили таблицу съ одинаковыми  $t$  для нашихъ сѣченій, то порядокъ измѣненія величины  $C$  остался бы неизмѣненнымъ. Теперь составимъ таблицу  $\frac{C}{Q_{max}}$  (табл. XXVII).

ТАБЛИЦА XXVII.

ТИПЪ СѢЧЕНІЯ.		$Q_{max}$	$C$	$\frac{C}{Q_{max}}$	
Круговое	2 : 2	22,494 $\sqrt{I}$	18,77	0,83 $\frac{1}{\sqrt{I}}$	I
„ съ прямыми стѣнками	2,459 : 2	21,685 $\sqrt{I}$	18,58	0,85 $\frac{1}{\sqrt{I}}$	II
Овоидальное	2,586 : 2	20,987 $\sqrt{I}$	18,61	0,88 $\frac{1}{\sqrt{I}}$	III
„	3 : 2	19,126 $\sqrt{I}$	18,51	0,97 $\frac{1}{\sqrt{I}}$	VI
„	3,438 : 2	17,942 $\sqrt{I}$	18,40	1,02 $\frac{1}{\sqrt{I}}$	VII
Лотковое	1,707 : 2	22,303 $\sqrt{I}$	18,86	0,89 $\frac{1}{\sqrt{I}}$	IV
„	1,414 : 2	21,040 $\sqrt{I}$	18,94	0,90 $\frac{1}{\sqrt{I}}$	I
„	1,268 : 2	18,222 $\sqrt{I}$	18,95	1,04 $\frac{1}{\sqrt{I}}$	VIII

Эта таблица намъ показываетъ, что *самымъ дешевымъ является круговое сѣченіе, что при растягиваніи или сжиманіи профиля расходы по проведенію воды возрастаютъ и что чѣмъ ближе сѣченіе подходитъ къ кругу, тѣмъ проведеніе воды дешевле.*

Эти соображенія нужно имѣть въ виду при отведеніи значительныхъ расходовъ воды, такъ какъ при малыхъ и среднихъ расходахъ гидравлическія требованія будутъ имѣть преимущество предъ экономическими.

## Г Л А В А IX.

§ 1. **Формулы для расчета водостоковъ.** Движеніе воды въ водосточныхъ каналахъ и трубахъ происходитъ обыкновенно самотекомъ подъ вліяніемъ разности пьезометрическихъ уровней сточныхъ водъ, получающейся отъ приданія каналамъ извѣстнаго уклона. Только въ нѣкоторыхъ частяхъ своихъ водосточные каналы бываютъ вынуждены работать *подъ напоромъ* т. е. превращаются въ водопроводы; къ такимъ частямъ относятся *дюжера* и *сифоны*, укладываемые при переходахъ чрезъ овраги и рѣки, и *напорные коллектора* для отведенія сточныхъ водъ на очистныя сооруженія или для перекачки изъ нижнихъ зонъ въ верхнія.

Установившееся движеніе жидкости въ трубахъ, уложенныхъ по прямой линіи, требуетъ *равенства работы, затрачиваемой на перемѣщеніе жидкости на извѣстную высоту, опредѣляемую разностью пьезометрическихъ уровней, и работы, поглощаемой треніемъ частицъ сточныхъ водъ о стѣнки трубъ и между собой.*

Обозначая площадь сѣченія трубы чрезъ  $\omega$ , уклонъ поверхности жидкости чрезъ  $I = \frac{h}{l}$ , (гдѣ  $h = h_1 - h_2$  а  $h_1$  и  $h_2$ —высоты начального и конечнаго пьезометрическаго уровня и  $l$  длина трубы),  $p$ —смачиваемый периметръ сѣченія,  $\lambda$ —коэффициентъ сопротивленія движенію на единицу длины трубы,  $v$ —среднюю скорость движенія,  $g$ —ускореніе силы тяжести и  $R$ —гидравлическій радіусъ, мы вслѣдствіе этого равенства получимъ

$$h = \lambda \frac{p l}{\omega} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{или} \quad RI = \lambda \frac{v^2}{2g} = \lambda_1 v^2 \quad \dots \quad (109)$$

$$v = \sqrt{\frac{1}{\lambda_1} \cdot RI} = \sqrt{\frac{1}{\lambda_1}} \cdot \sqrt{RI} = C \sqrt{RI} \quad (110); \quad \text{это выраженіе для}$$

средней скорости представляетъ собой классическую формулу *Шези (Chezy)*.

Формула (110) и формула  $Q = v\omega$  (111) являются *основными формулами для расчета водопроводовъ и водостоковъ.*

*Коэффициентъ С* не поддается точному теоретическому опредѣленію вѣдствие весьма сложнаго дѣйствительнаго движенія жидкости; поэтому пришлось его вычислять на основаніи сдѣланныхъ опытовъ и наблюденій.

Результаты подобныхъ наблюденій выражены въ видѣ различныхъ числовыхъ коэффициентовъ или алгебраическихъ выраженій; они вызвали появленіе большого количества различныхъ формулъ для скорости, которыя въ сущности легко могутъ быть приведены къ выраженію Шези (110).

Въ первое время послѣ появленія формулы *Шези* многіе изслѣдователи считали *коэффициентъ С* *постояннымъ*.

Типичнымъ представителемъ формулъ для *v* съ *постояннымъ С* является формула *Эйтельвейна* (Eytelwein).

$$v = 50,9 \sqrt{RI} \text{ для метрич. мѣръ (112).}$$

Когда же дальнѣйшими наблюденіями было установлено, что скорости, вычисленныя по формуламъ съ *постояннымъ С*, не совпадаютъ со скоростями, опредѣленными непосредственнымъ опытомъ, и что величина *С* измѣняется съ возрастаніемъ размѣровъ трубы и самой скорости, то возникло предположеніе, что *С* является *функцией двухъ величинъ R и I*.

На такомъ предположеніи построены формулы *Прони* (Prony), *Вейсбаха* (Weisbach), *Лампе* (Lampe), *Линдлея* (Lindley) и др.

*Прони* <sup>1)</sup>

$$h = (a v + b v^2) \frac{lp}{\omega} \dots (113), \text{ гдѣ } a = 0,00004445 \text{ и } \beta = 0,00030931$$

$$\text{Откуда } C = \frac{1}{\sqrt{\frac{a}{v} + b}} \dots (114)$$

*Вейсбахъ* <sup>2)</sup>

$$h = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \dots (115) \text{ или } \lambda = 0,083 \lambda \frac{Q^2}{d} \dots (115')$$

$$\text{гдѣ } \lambda = 0,01439 + \frac{0,0094711}{\sqrt{v}}$$

$$\text{откуда } C = \frac{1}{\sqrt{0,00018336 + \frac{0,00012068}{\sqrt{v}}}} \dots (116)$$

*Лампе* <sup>3)</sup>

$$v = \sqrt{\frac{R^n v^{2-m}}{a}} \sqrt{RI} \dots (117), \text{ гдѣ } a = 0,0001336; m = 1,803; n = 0,25$$

<sup>1)</sup> *Prony*, Resumé de la theorie et des formules, relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux et les canaux; <sup>2)</sup> *Weisbach*, Lehrbuch der Ingenieur und Maschinen-Mechanik.

<sup>3)</sup> *Lampe*, Untersuchungen ueber die Bewegung des Wassers in in Röhren, Civ.-Ing. 1873 г.

$$\text{откуда } C = \sqrt{\frac{R^{0,25} v^{0,198}}{0,0001336}} \dots \dots \dots (118)$$

Въ этомъ видѣ формула Лампе, весьма распространенная у насъ въ Россіи для расчета водопроводовъ, не употребляется на практикѣ.

Послѣ произведенія въ ней нѣкоторыхъ преобразованій она превращается въ выраженіе, помѣщенное въ большинствѣ сочиненій по водоснабженію и канализаціи

$$R^{1,25} I = av^{1,802} \dots \dots \dots (119).$$

Инженеръ *Линдлей*, замѣнивъ степень 1,802 величиной 1,8, въ такомъ видѣ пользуется этой формулой для расчетовъ водосточныхъ сѣтей <sup>1)</sup>.

Поэтому формула Лампе приметъ видъ  $R^{1,25} I = av^{1,8}$  (120) гдѣ для водостокв онъ беретъ для  $a = 0,00025$  и  $0,00030$ , при чемъ послѣднее значеніе принимается для водостокв, заложенныхъ при малыхъ уклонахъ. По этой формулѣ  $c = R^{0,25} \sqrt{\frac{v^{0,2}}{a}} \dots \dots \dots (121)$

Эту формулу, извѣстную въ литературѣ подъ именемъ формулы *Линдлея*, справедливѣе называть формулой *Лампе-Линдлея*.

Для пользованія формулами *Прони* и *Вейсбаха* необходимо прибѣгать къ способу послѣдовательнаго приближенія, такъ какъ  $C$  входитъ въ выраженіе для  $C$ ; при этомъ для первоначальнаго значенія  $v$  слѣдуетъ опредѣлять его по какой нибудь формулѣ съ постояннымъ  $C$  (*Эйтельвейна*, *Дрюлон*). Формула же Лампе-Линдлея представляетъ собою выраженіе, весьма удобное для логарифмированія, и не требуетъ для вычисленій примѣненія способа послѣдовательнаго приближенія.

Въ этой группѣ формулъ, къ которымъ кромѣ вышеприведенныхъ слѣдуетъ отнести формулы *Смита*, *Невилля*, *Фламана* и пр., коэффициентъ  $C$  зависитъ отъ  $R$  и  $I$ .

Но такъ какъ классическія изслѣдованія Дарси <sup>2)</sup> (*Darcy*) выяснили, что въ предѣлахъ практическаго примѣненія трубъ и каналовъ коэффициентъ  $C$  не зависитъ отъ  $I$ , а только отъ  $R$  и отъ состоянія поверхности стѣнокъ ея (коэффициента шероховатости), то всю группу формулъ съ коэффициентами  $C = f(I, \varphi)$  слѣдуетъ признать негодной къ употребленію для расчета стѣнній водостокв.

Эти формулы могутъ давать близкіе къ истинѣ результаты, если примѣняется одна и та же постоянная и подходящая для всей сѣти величина  $I$ , что можетъ встрѣтиться лишь при расчетѣ водопроводовъ.

Принципы, найденные Дарси, подтвердились и другими изслѣдователями (*Базеномъ*, *Гангилье* и *Куттеромъ* и др.), и легли въ основаніе со-

<sup>1)</sup> Линдлей, Водостоки г. Варшавы; Линдлей, Пояснительная записка къ канализаціи г. Самары; idem—для Тифлиса и т. п.

<sup>2)</sup> *Darcy*, Recherches experimentales relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux, Paris, 1857.

временныхъ возрѣній на теченіе жидкости въ трубахъ и каналахъ. По этому формулами, которыми можно пользоваться при расчетѣ водостоковъ, слѣдуетъ признать *только такія, въ которыхъ*  $C = f(R, \kappa)$ , гдѣ  $\kappa$ —коэффициентъ шероховатости; подобныхъ формулъ существуетъ много, и вся разница между ними заключается лишь въ разницѣ степени возрастанія  $C$  съ измѣненіемъ  $R$  и въ различныхъ величинахъ для коэффициентовъ  $\kappa$ .

*Формула Дарси.*

$$h = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (122), \quad \text{гдѣ } \lambda = 0,001989 + \frac{0,0005078}{d}$$

$$c = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} = \frac{1}{\sqrt{0,0002535 + \frac{0,00000647}{d}}} \quad (123)$$

Значенія *числовыхъ коэффициентовъ* относятся въ этой формулѣ къ совершенно новымъ, не бывшимъ въ употребленіи чугуннымъ трубамъ; для трубъ же загрязненныхъ Дарси предлагаетъ увеличивать  $\lambda$  до  $2\lambda$  въ зависимости отъ состоянія трубъ.

Такимъ образомъ въ этой формулѣ  $C = f(d)$ , а слѣдовательно и  $f(R)$  и вводится понятіе о шероховатости стѣнокъ (коэффициентъ  $\kappa$ ). Вслѣдствіе произвола въ выборѣ коэффициента шероховатости формула эта не даетъ точныхъ результатовъ и потому не можетъ быть признана годной для употребленія.

Съ этой точки зрѣнія имѣетъ преимущество предъ формулой Дарси формула Дарси-Базена, выведенная на основаніи опытовъ, произведенныхъ Дарси въ сотрудничествѣ съ Базеномъ. Текстъ формулы Дарси-Базена таковъ:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}} \sqrt{RT} \quad (124), \quad \text{гдѣ для очень гладкихъ}$$

поверхностей (новыхъ водопроводныхъ трубъ)  $\alpha_1 = 0,00015$  и  $\beta_1 = 0,0000045$ , для менѣ гладкихъ поверхностей (водопроводныхъ и водосточныхъ трубъ въ употребленіи)  $\alpha_2 = 0,00019$  и  $\beta_2 = 0,0000133$  и для шероховатыхъ поверхностей (старинныхъ каналовъ для сточныхъ водъ)  $\alpha_3 = 0,00024$  и  $\beta_3 = 0,00006$ . Въ эту формулу вмѣсто  $d$  введено непосредственно  $R$ , что дѣлаетъ ее применимой для всѣхъ каналовъ и помимо круглаго сѣченія.

Принимая во вниманіе обстановку опытовъ Дарси-Базена, слѣдуетъ признать эту формулу одной изъ *самыхъ точныхъ для опредѣленія скорости*. Къ недостаткамъ ея слѣдуетъ отнести сложность ея конструкціи, при которой приходится имѣть дѣло съ двумя численными коэффициентами, и затруднительности при выборѣ промежуточныхъ значеній для коэффициентовъ шероховатости, въ чемъ на практикѣ можетъ встрѣтиться нѣдобность.

Швейцарскіе инженеры *Гангилье и Куттеръ (Ganguillet et Kutter)*<sup>1)</sup> основываясь на опытахъ, произведенныхъ Гумфрейсомъ и Абботомъ надъ теченіемъ въ р. Миссисипи, дали слѣдующее выраженіе для скорости, обшее не только для движенія въ трубахъ и каналахъ, но и рѣкахъ.

$$v = c\sqrt{RI}, \text{ гдѣ } c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{I}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}} \dots \dots \dots (125) \text{ гдѣ}$$

$n$  — коэффициентъ шероховатости измѣняется отъ 0,010 до 0,017.

Эта формула дѣлаетъ  $C$  функцией трехъ величинъ  $C = f(n, R, I)$ , и она является объемлющей для всѣхъ случаевъ движенія жидкостей.

Введенное *Ganguillet* и *Kutter* вліяніе уклона имѣетъ значеніе при малыхъ уклонахъ меньше 0,0005 т. е. въ случаѣ движенія воды въ рѣкахъ, такъ какъ подобные уклоны въ канализаціонной сѣти встрѣчаются только въ видѣ исключенія.

Поэтому для расчета скорости въ водостокахъ пользуются *сокращенной формулой Ganguillet* и *Kutter*, въ которой членъ съ уклономъ выброшенъ

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{\sqrt{R}}} \sqrt{RI} \dots \dots \dots (126)$$

Для удобства вычисленій эта формула преобразуется въ

$$v = \frac{\left(23 + \frac{1}{n}\right) \sqrt{R}}{\sqrt{R} + 23n} \sqrt{RI} = \frac{a\sqrt{R}}{b + \sqrt{R}} \sqrt{RI} \dots \dots \dots (127) \text{ гдѣ}$$

$$a = 23 + \frac{1}{n}, \quad b = 23n$$

*Сокращенная формула Ganguillet* и *Kutter* считается одной изъ самыхъ точныхъ формулъ, такъ какъ вычисленные по ней скорости отличались отъ действительно наблюдаемыхъ въ среднемъ на 5%. Этимъ объясняется широкое ея распространеніе въ Германіи, Англіи, Америкѣ и у насъ въ Россіи (канализаціи г. Кіева, Москвы, Ц.-Села, Ростова-на-Дону и пр.).

Для пользованія ею еще необходимо знать величину коэффициента  $n$ , функциями котораго являются коэффициенты  $a$  и  $b$ .

Чтобы упростить вычисления обыкновенно  $a$  принимаютъ равнымъ постоянной величинѣ—100, а для  $b$  пользуются значеніями, данными *Kutter*.

<sup>1)</sup> W. R. Kutter, Die neuen Formeln für die Bewegung des Wassers in Kanälen und regelmässigen Flussstrecken, 1877.

для различныхъ случаевъ и получаютъ такъ называемую старую формулу *Kutter'a*. *Kutter* даетъ для  $b$ —12 значений, при чемъ величина его колеблется въ предѣлахъ отъ 0,12 до 2,44 но для водостоконъ имѣютъ значеніе болѣе узкіе предѣлы отъ 0,12 до 0,45. Коэффициенты  $b$ , данные *Kutter'омъ*, выведены имъ для новыхъ трубъ и для чистой воды, каковыхъ условій не имѣется при движеніи сточныхъ водъ по трубамъ и каналамъ, гдѣ всегда имѣются осадки, увеличивающіе сопротивленіе движенію жидкости, да и сами воды представляютъ собой механическую смѣсь изъ воды и твердыхъ примѣсей сложнаго состава. Поэтому естественно, что явилась надобность въ установленіи величины для  $b$  наблюденіями<sup>1)</sup>. Произведенныя многочисленныя наблюденія въ Европѣ и Америкѣ установили, что *при расчетѣ канализаціи слѣдуетъ принимать для  $b$  значеніе 0,35 какъ для керамиковыхъ и бетонныхъ трубъ, такъ и для кирпичныхъ каналовъ*. Только въ самихъ рѣдкихъ случаяхъ при слабыхъ уклонахъ и недостаточной промывкѣ каналовъ слѣдуетъ брать для  $b = 0,40$ . Съ другой стороны для дюкеровъ, сифоновъ и напорныхъ линий, работающих какъ водопроводы, для  $b$  слѣдуетъ брать 0,30 (см. главу XV).

Такимъ образомъ сокращенная формула Гагиньле и Куттера, служащая въ настоящее время для расчета водостоконъ, приметъ слѣдующій видъ:

$$v = \frac{100\sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{RI} \dots \dots \dots (128)$$

Измѣненія величины  $C = \frac{100 \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}}$  отъ измѣненія  $R$  приведены нами

въ слѣдующей таблицѣ XXVIII.

ТАБЛИЦА XXVIII.

$R$	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,075	0,10
$C$	31	33	36	39	41	44	47
$R$	0,125	0,15	0,175	0,2	0,225	0,25	0,30
$C$	50	52	54	56	58	59	91
$R$	0,35	0,40	0,45	0,5	0,75	1,0	—
$C$	63	65	66	67	71	74	—

1) Опыты въ Гамбургѣ, *Zeit. für Baukunde*, 1884;  
 Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Januar 1901;  
 Engineering News, 1888. стр. 461 и 1892 г. стр. 126.

Изъ новыхъ формулъ слѣдуетъ упомянуть еще о новой формулѣ *Базена* <sup>1)</sup>, который преобразовалъ старую формулу (124) Дарси-Базена, представивъ ее въ видѣ

$$\frac{\sqrt{RI}}{v} = 0.0115 \left( 1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}} \right) \dots (129) \quad \text{или} \quad v = \frac{87 \sqrt{RI}}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \dots (129')$$

гдѣ для  $\gamma$  значенія трехъ родовъ:  $\gamma_1 = 0,06$  (строганныя доски, притертый чистый цементъ),  $\gamma_2 = 0,16$  (кирпичъ, тесаный камень) и  $\gamma_3 = 0,46$  (хорошая бутовая кладка); отсюда  $c = \frac{87 \sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}}$  и по конструкціи своей напоми-

сокращенную формулу *Kutter*'а. По новой формулѣ *Базена* разсчитанъ одинъ изъ участковъ Берлина. Весьма близки къ формуламъ *Гангилье* и *Куттера* употребляемыя въ Германіи формулы *Кнауффа* <sup>2)</sup> (*Knauff*) и *Геринга* <sup>3)</sup> (*Gering*).

Кнауффъ даетъ для трубъ  $v = \frac{114 \sqrt{R}}{0,265 \sqrt{R}} \sqrt{RI}$  и . . . . (130)

для каналовъ изъ кладки  $v = \frac{103,7 \sqrt{R}}{0,3 + \sqrt{R}} \sqrt{RI}$  . . . . (130')

Герингъ даетъ для  $v$

$$v = \frac{103,8 \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}} \sqrt{RI} \dots (131)$$

Нетрудно видѣть, что у *Кнауффа* измѣнены величины  $a$  и  $b$ , а у *Геринга* только  $a$  въ сравненіи съ формулой *Куттера*.

Основываясь на вышеприведенныхъ соображеніяхъ, мы останавливаемся для разсчета сѣченій водосточныхъ трубъ и каналовъ на сокращенной формулѣ *Гангилье* и *Куттера*.

$$v = \frac{100 \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}} \sqrt{RI} \dots (132) \text{ и}$$

$$Q = v \omega = \frac{100 \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}} \omega \sqrt{RI} \dots (133)$$

§ 2. Разсч е расходы. Прежде чѣмъ перейти къ изложенію способовъ подбора сѣченій, мы должны установить, какіе же расходы воды будутъ протекать по водосточнымъ каналамъ, и при какой степени заполнения эти каналы должны отводить воду. Въ различныхъ системахъ кана-

1) Bazin, Etude d'une nouvelle formule pour calculer le debit des canaux decouverts, Annales des ponts et chaussées 1897 г.  
 2) Gesundheits-Ingenieur. 1886.  
 3) Ges. Ing. 1890 и Zeit. fur Archit. und Ingenieurwesen 1900 г.

лизаціи величины  $Q$  будутъ неодинаковы. Каналы *общесплавной* системы должны разсчитываться, главнымъ образомъ, на ливневые воды или по выраженіе  $\psi R F$  (см. главу VI) при пользованіи формулой Birkli-Ziegler или же по выраженію  $\psi R f_{max}$ , гдѣ  $f_{max}$  должно быть опредѣлено по способу Frühling, Neud и т. под. Что же касается домовыхъ водъ, то онѣ при существующихъ отношеніяхъ составляютъ обыкновенно отъ 1 до 3 процентовъ отъ городскихъ водъ и потому не могутъ вліять существенно на размѣры каналовъ общесплавной системы.

Поэтому по практическимъ сооруженіямъ наибольшую отводоспособность общесплавныхъ каналовъ опредѣляютъ *по наибольшему количеству ливневыхъ водъ*. Но такъ какъ наши каналы должны имѣть достаточную для самоочищенія скорость и глубину заполнения для сплава осадковъ (см. главу VII), то въ *сомнительныхъ случаяхъ необходимо каналы общесплавной системы провѣрять и на наибольшій домовый расходъ (стокъ въ сухую погоду)*. Для тѣхъ каналовъ, которые расположены непосредственно за ливнеспусками—сооруженіями, которые предназначаются для выпуска излишняго количества ливневой воды въ водные протоки и овраги—наибольшій разсчетный расходъ будетъ представлять собой наибольшій домовый расходъ, умноженный на нѣкоторый коэффициентъ  $m$ , *опредѣляющій степень разсисисисенія домовыхъ водъ*; величина  $m$  колеблется на практикѣ отъ 1 до 10, т. е. другими словами эти части каналовъ должны быть разсчитаны на  $(m + 1) Q$ , гдѣ  $Q$  наибольшій расходъ домовыхъ водъ.

Сточные воды изъ отдѣльныхъ общественныхъ сооруженій и промышленныхъ заведеній, какъ образующіе собой постоянные *концентрированные расходы*, должны быть непременно добавлены къ ливневымъ въ соответственныхъ пунктахъ общесплавной сѣти. Провѣрка же отводоспособности общесплавныхъ каналовъ должна производиться въ подобныхъ пунктахъ сѣти на сумму расходовъ домовыхъ и общественныхъ или промышленныхъ водъ.

Разсчетъ каналовъ полной раздѣльной системы проще общесплавной: каждая сѣть разсчитывается на свой наибольшій расходъ, при чемъ къ домовымъ водамъ должны быть прибавлены въ соответственныхъ пунктахъ сѣти общественныхъ и промышленныхъ водъ.

Каналы неполныхъ раздѣльныхъ (сплавныхъ и пневматическихъ) системъ разсчитывается только на наибольшій расходъ домовыхъ водъ, увеличенный въ пунктахъ отвода общественными и промышленными водами.

Нѣсколько *сложное распределение расходовъ въ полураздѣльной системѣ*: до интерцепторовъ обѣ сѣти идутъ независимо и разсчитываются на свои наибольшіе расходы; сѣченія же интерцепторовъ разсчитываются на сумму расходовъ домовыхъ водъ и небольшого *опредѣленнаго количества дождевыхъ водъ и провѣряются на одни домовыя воды, какъ каналы общесплавной системы*. Устье ливневой сѣти въ полураздѣльной системѣ разсчитывается на наибольшій ливневой расходъ за вычетомъ количества ливневыхъ водъ, спускаемыхъ въ интерцепторы

§ 3. Глубина наполненія въ водостокахъ. Глубина наполненія въ водостокахъ, уложенныхъ съ известнымъ уклономъ, мѣняется въ зависимости отъ переменной величины  $Q$ . Для расчета намъ необходимо установить вполне определенную величину наполненія, такъ какъ она отражается на величинѣ  $R$ , а слѣдовательно и на  $v$  и  $Q$ .

Прежде, вслѣдствіе недостаточной точности въ опредѣленіи наибольшаго протекающаго въ каналѣ количества воды старались уменьшить глубину наполненія. Такъ, обыкновенно круглыя сѣченія рассчитывали на половинное наполненіе, а овоидальныя сѣченія до пять сводовъ; иногда для круглыхъ сѣченій принимали наполненіе въ  $\frac{2}{3}$  или  $\frac{3}{4}$  ихъ высоты. Кроме того, оставляя сѣченіе не достаточно использованнымъ, мотивировали это необходимостью дать мѣсто для циркуляціи воздуха и газовъ, выдѣляющихся изъ сточныхъ водъ.

Въ настоящее время положеніе измѣнилось: наблюденія надъ осадками, основанными на показаніяхъ самопишущихъ дождемѣровъ, и распространеніе новыхъ приѣмовъ по опредѣленію коэффициента замедленія даютъ намъ достаточно точныя для практическихъ цѣлей цифры. Для цѣлей же вентиляціи сѣти оказывается достаточноымъ оставить въ сѣченіяхъ трубъ небольшой запасъ въ  $2-3\frac{1}{2}$  ‰.

Поэтому, въ видахъ разумной экономіи было бы желательно, чтобы каналы были заполнены до такой высоты, чтобы  $Q$  было бы такъ-тѣмъ. Такое наполненіе нѣсколько меньше  $h$  и мѣняется для разныхъ сѣченій (глава VIII); но, такъ какъ всегда въ каналахъ могутъ быть случайные осадки и образовываться перебой струи, уменьшающія  $v$ , то для упрощенія расчета представляется опредѣлять наибольшую отводоспособность при полномъ наполненіи каналовъ. Это тѣмъ болѣе не представляется опаснымъ, что сильные ливни выпадаютъ въ году всего нѣсколько разъ. Далѣе подбирая сѣченія каналовъ, мы подбираемъ ихъ по наибольшему расходу въ концѣ канала, т. е. у насъ въ сущности могутъ быть заполнены только сѣченія, ближайшія къ концу канала.

Кромѣ того, устанавливая нѣсколько типовъ сѣченій для сѣти даннаго города, мы тѣмъ самымъ въ весьма маломъ количествѣ случаевъ будемъ имѣть полное наполненіе въ концѣ каналовъ даже и во время ливней. Такимъ образомъ подбирая каналы при полномъ наполненіи, мы всегда имѣемъ запасъ для вентиляціи сѣти.

§ 4. Основные задачи, встрѣчающіяся при подборѣ водостоковъ. Основные формулы для полного наполненія водостоковъ  $v = \frac{100 R}{0,35 + \sqrt{R}} \sqrt{I}$  . . . (132)

и  $Q = v \omega$  . . . (133) устанавливаютъ зависимость между  $Q$ ,  $I$ ,  $\omega$  и  $v$ ; такъ какъ  $\omega = f(d)$ , гдѣ  $d$  ширина сѣченія, то можно вмѣсто  $\omega$  въ выраженіе (133) подставить  $d$  и тогда установится зависимость между  $Q$ ,  $I$ ,  $d$  и  $v$ .

Для рассмотрѣнныхъ нами площадей 8 основныхъ типовъ сѣченій зависимость между  $\omega$ ,  $p$ ,  $d$  и  $R$  при полномъ наполненіи будетъ выражена слѣдующимъ образомъ (табл. XXIX).

Имѣя зависимость между величинами  $Q, v, I$  и  $\omega$ , мы можемъ рѣшать различныя задачи по отысканію двухъ изъ этихъ величинъ, если двѣ остальные намъ даны.

ТАБЛИЦА XXIX.

Типъ сѣченія.		$\omega$	$p$	$R$
Круговое	2:2	$0,785 d^2$	$3,142 d$	$0,25 d$
Круговое съ прямыми стѣнками	2,459:2	$1,012 d^2$	$3,596 d$	$0,281 d$
Овоидальное	2,586:2	$0,996 d^2$	$3,602 d$	$0,277 d$
"	3:2	$1,149 d^2$	$3,965 d$	$0,290 d$
"	3,438:2	$1,348 d^2$	$4,367 d$	$0,309 d$
Лотковое	1,707:2	$0,945 d^2$	$3,655 d$	$0,259 d$
"	1,414:2	$0,665 d^2$	$2,917 d$	$0,203 d$
"	1,268:2	$0,484 d^2$	$2,618 d$	$0,185 d$

Такимъ образомъ мы получаемъ для рѣшенія 6 задачъ:

- 1) по даннымъ  $Q$  и  $I$  найти  $\omega$  (или  $d$ ) и  $v$
- 2) " "  $Q$  и  $v$  "  $\omega$  (или  $d$ ) и  $I$
- 3) " "  $Q$  и  $\omega$  "  $v$  (или  $d$ ) и  $I$
- 4) " "  $\omega$  и  $I$  "  $Q$  (или  $d$ ) и  $v$
- 5) " "  $\omega$  и  $v$  "  $Q$  (или  $d$ ) и  $I$
- 6) " "  $v$  и  $I$  "  $Q$  (или  $d$ ) и  $\omega$

Изъ этихъ задачъ чаще всего на практикѣ приходится имѣть дѣло съ данными  $Q$  и  $I$ , такъ какъ расчетные расходы должны быть заранѣе вычислены, а уклоны примѣрно распределены.

Для рѣшенія этой задачи приходится прибѣгнуть къ способу послѣдовательнаго приближенія

$$Q = c \omega \sqrt{RI}; v = c \sqrt{RI}, \text{ гдѣ } c = \frac{100 \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}}$$

Разсмотримъ эти задачи для круглаго сѣченія при полномъ заполненіи.

Изъ таблицы XXIX извѣстно, что въ этомъ случаѣ  $\omega = 0,785 d^2$   
 $p = 3,142 d$  и  $R = 0,25 d$ .

Коэффициентъ  $C$ , какъ зависящій отъ  $R = f(d)$ , не можетъ быть опредѣленъ точно. Поэтому для перваго значенія діаметра  $d$  возьмемъ для  $C_1$  значеніе по формулѣ Эйтельвейна (112), гдѣ  $C = 50,9$ ;

$$Q = 50,9 \cdot 0,785 d_1^2 \sqrt{0,25 d_1} \sqrt{I}$$

Отсюда  $d_1^5 = \left[ \frac{2}{50,9 \cdot 0,785} \right]^2 \frac{Q^2}{I} = m \frac{Q^2}{I}; d_1 = \sqrt[5]{m \frac{Q}{I}}$ ; зная  $d_1$  мы вычи-

слимъ  $R_1 = 0,25 d_1$  по этому  $R_1$  опредѣлимъ новыя значенія  $C_2$  и  $d_2$ , и будемъ повторять эти дѣйствія, пока значенія для  $d$  и  $C$  будутъ мало отличаться другъ отъ друга (на единицу или часть ея).

Когда  $d$  будетъ установлено, то опредѣленіе  $\omega$  и  $v = \frac{Q}{\omega}$  не представитъ никакого труда.

*Вторая* задача встрѣчается на практикѣ рѣже, чѣмъ первая. Она имѣетъ примѣненіе въ тѣхъ случаяхъ, когда мы, рѣшая первую задачу, не получили нужной скорости и вынуждены измѣнить уклонъ.

Рѣшеніе ея весьма просто.

Изъ уравненія  $Q = 0,785 d^2 v$  опредѣляемъ  $d = \sqrt{\frac{Q}{0,785 v}}$ ; по  $d$  находимъ послѣдовательно  $R$  и  $C$ , тогда для нахождения  $I$  пользуемся выраженіемъ  $I = \frac{v^2}{c^2 R}$ .

*Третья* задача можетъ найти примѣненіе, когда у насъ установленъ типъ сѣченія, и требуется лишь придать каналу такой  $I$ , чтобы была бы нужна  $v$ .

$v = \frac{Q}{\omega}$ ; при извѣстномъ  $d$  опредѣляются по предыдущему  $R$  и  $c$ , а затѣмъ легко и  $I$  по той же формулѣ, что и во второй задачѣ. *Четвертая* задача имѣетъ значеніе не для проектированія новой канализаціонной сѣти, а лишь для провѣрки существующей. На практикѣ можетъ быть случай, когда потребуется провѣрить отводоспособность и скорость водостока.

Здѣсь для рѣшенія задачи слѣдуетъ примѣнить послѣдовательно двѣ общія формулы.

Сначала опредѣляемъ  $v = c \sqrt{RI}$ , гдѣ всѣ величины въ правой части извѣстны, такъ какъ намъ даны  $\omega$  и  $I$ , а затѣмъ легко находимъ и  $Q$  изъ  $Q = v \omega$ .

Задачи *пятая* и *шестая* рѣдко могутъ встрѣтиться на практикѣ.

Въ *пятой* задачѣ  $Q$  находится непосредственно изъ общей формулы  $Q = v \omega$ , а  $I$  опредѣляется изъ выраженія  $I = \frac{v^2}{c^2 R}$ , для котораго мы по данному  $\omega$  заранее вычисляемъ  $R$  и  $c$ .

Для рѣшенія *шестой* задачи мы сначала вычислимъ  $d$  изъ выраженія  $c\sqrt{R} = \frac{v}{\sqrt{I}}$ , зная  $d$ , опредѣлимъ  $\omega$ , а отсюда легко и  $Q = v\omega$ .

Изъ разсмотрѣнія шести задачъ для круговаго сѣченія при полномъ заполненіи мы должны придти къ заключенію, что наибольшей сложностью рѣшенія отличается *первая задача*, которая встрѣчается *чаще всего на практикѣ*. По рѣшеніе этой, какъ и другихъ задачъ значительно усложнилось, если бы намъ при подборѣ была неизвѣстна степень наполненія канала. Такой случай и имѣетъ *мѣсто на практикѣ*, когда для нашей сѣтки установлено нѣсколько типовъ сѣченій и опредѣленное заполненіе; тогда, подбравъ сѣченія, мы должны брать изъ числа установленныхъ типовъ ближайшія къ большимъ величинамъ и тѣмъ самымъ отступать отъ проектнаго наполненія.

Далѣе намъ послѣ подбора сѣченій каналовъ общесплавной системы по наибольшему ливневому расходу бываетъ нужно вычислить, будетъ ли достаточна глубина заполненія при расходѣ однихъ домовыхъ водъ.

Кромѣ того на практикѣ можетъ потребоваться сравненіе высотъ наполненія двухъ различныхъ типовъ сѣченій при одинаковомъ  $Q$  и  $I$ , чтобы получить достаточную для самоочищенія  $v$ , что имѣетъ значеніе для выбора числа типовъ сѣченій, или же рѣшить подобную же задачу, по по экономическимъ соображеніямъ т. е. выяснитъ, какой изъ двухъ или нѣсколькихъ типовъ будетъ дешевле при условіи отведенія даннаго  $Q$  при данномъ  $I$  при полученіи извѣстнаго  $v$ , и при какихъ наполненіяхъ это будетъ имѣть мѣсто.

Наконедъ опредѣленіе наполненія при различныхъ расходахъ можетъ имѣть значеніе при провѣркѣ расчетнымъ путемъ дѣйствительныхъ измѣреній скорости въ каналахъ.

Для опредѣленія степени наполненія водостока намъ бы пришлось пользоваться разсмотрѣнными въ § 3 главы VIII формулами, по которымъ  $v = f(\lambda)$  и  $Q = \varphi(\lambda)$ ; гдѣ  $\lambda$  — степень наполненія.

По формулѣ на стр. 137.

$$Q = \frac{100 h^3 \arccos(1 - 2\lambda) \left[ \frac{(\lambda - 0,5) \sqrt{\lambda - \lambda^2}}{\arccos(1 - 2\lambda)} + 0,25 \right]^2 \sqrt{I}}{b + \sqrt{h \left[ \frac{(\lambda - 0,5) \sqrt{\lambda - \lambda^2}}{\arccos(1 - 2\lambda)} + 0,25 \right]}}$$

и по формулѣ (35)

$$v = \frac{100 h \left[ \frac{(\lambda - 0,5) \sqrt{\lambda - \lambda^2}}{\arccos(1 - 2\lambda)} + 0,25 \right] \sqrt{I}}{b + \sqrt{h \left[ \frac{(\lambda - 0,5) \sqrt{\lambda - \lambda^2}}{\arccos(1 - 2\lambda)} + 0,25 \right]}}$$

Въ этихъ выраженіяхъ для даннаго сѣченія  $b$ ,  $h$  и  $I$  извѣстныя величины. Изъ формулъ для круговыхъ сѣченій и имъ подобныхъ для иныхъ

сѣченій, для которыхъ нами даны выраженія въ главѣ VIII, легко усмотрѣть всю сложность пользованія подобными выраженіями при рѣшеніи практическихъ задачъ.

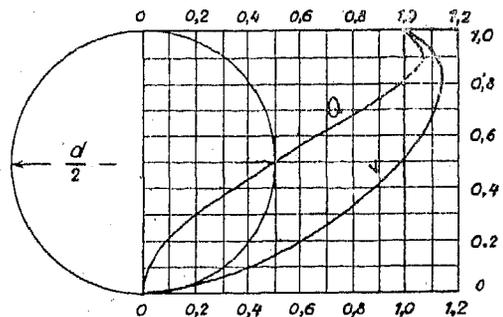
Поэтому вмѣсто *пользованія аналитическими сложными приемами расчета для опредѣленія степени заполнения въ водостокахъ* прибѣгаютъ къ *графическимъ приемамъ*, сущность которыхъ заключается въ слѣдующемъ:

Возьмемъ круглый водостокъ и раздѣлимъ его площадь на  $n$  равныхъ по вертикали частей. Затѣмъ вычислимъ по основнымъ формуламъ при данномъ уклонѣ для каждого заполнения  $R$ ,  $v$  и  $Q$ .

Имѣя величины  $Q$  для полного заполнения и величины  $Q_1, Q_2 \dots Q_i \dots Q_{n-1}$ , соответствующія заполненію,  $d, \frac{d}{n}, 2 \frac{d}{n} \dots i \frac{d}{n} \dots (n-1) \frac{d}{n}$  мы можемъ построить по прямоугольной системѣ координатъ кривыя измѣненія  $Q$  и  $v$  въ зависимости отъ измѣненія высоты наполненія  $\lambda$  при данномъ уклонѣ. Если мы возьмемъ другія  $d$  и  $I$ , то также можемъ построить кривыя измѣненія  $Q$  и  $v$ . Производя построеніе для различныхъ  $d$  и  $I$  мы можемъ убѣдиться, что эти кривыя настолько *близко расположены другъ къ другу, что безъ большихъ погрѣшностей можно для всякаго круглаго сѣченія и  $I$  принять для практическихъ цѣлей среднія кривыя, характеризующія измѣненія  $Q$  и  $v$  въ зависимости отъ измѣненія  $\lambda$ .*

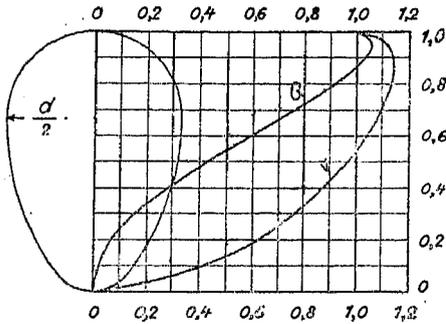
При построеніи кривыхъ измѣненія  $Q$  и  $v$  задачи, связанныя съ отысканіемъ степени наполненія и соответственной ей скорости рѣшаются очень просто. Если расходъ въ круглой трубѣ при полномъ заполненіи будетъ  $Q_0$  въ секунду, то при наполненіи  $\lambda$  по графику 103 будетъ нѣкоторый расходъ  $Q_1 = \alpha Q_0$  и скорость  $v_1 = \beta v_0$  гдѣ  $\alpha$  и  $\beta$  соответственные ординаты по графику. Обратно, если намъ будетъ извѣстно, что данный расходъ  $Q$  не заполняетъ трубу извѣстнаго діаметра, то слѣдуетъ сначала вычислить расходъ при полномъ заполненіи  $Q_0$  для данного сѣченія, составить отношеніе  $\frac{Q}{Q_0} = \alpha$  и найти заполненіе на графикѣ 103, а по этому соотношенію  $\alpha$  найти на графикѣ ординату  $\beta$  и умножить ее на  $v_0$  (скорость при полномъ за-  
полненіи) для полученія скорости при подобранномъ заполненіи. Графики, подобные изображенному на черт. 103, могутъ быть построены для любого сѣченія водостока, при чемъ ими надлежитъ пользоваться также, какъ и для круга.

чер. 103.

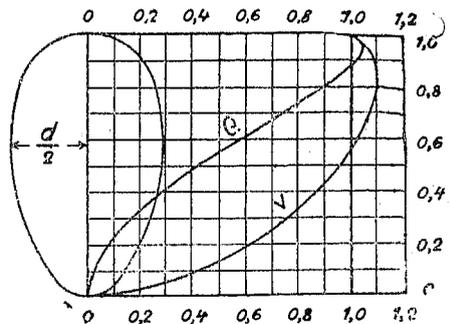


Приведемъ еще подобные графики для овоидальныхъ сѣченій съ отношеніями 3:2 (чер. 104) и 3,438:2 (чер. 105) и лотковыхъ съ отношеніемъ 1,268:2 (чер. 106).

чер. 104.

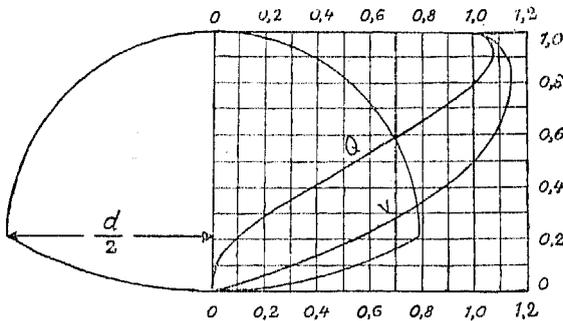


чер. 105.



**Численный примѣръ.** Круглая труба діаметромъ 400 мм. при полномъ заполненіи при  $T = 1:100$  пропускаетъ  $Q_0 = 188,5$  литровъ въ секунду, имѣя при этомъ скорость  $v_0 = 1,5$  литр. Требуется определить степень наполненія и соответствующую этому наполненію скорость, если  $Q = 160,4$ ?

чер. 106.



Для рѣшенія этой задачи составляемъ сначала отношеніе  $\frac{Q}{Q_0} = \frac{160,4}{188,5} = 0,85$ ; затѣмъ, обращаясь къ графику (черт. 103), откладываемъ на оси абсциссъ 0,85 и возстаиваемъ ординату до пересѣченія съ кривой  $Q$ ; изъ точки пересѣченія проводимъ горизонтальную прямую, которая на пути своемъ пересѣчетъ и кривую  $v$ , до оси ординатъ, гдѣ читаемъ, что наполненіе  $\lambda$  для данного случая  $= 0,70$ .

Если изъ точки пересѣченія горизонтальной прямой съ осью  $v$  опустить перпендикуляръ на ось  $Q$  и  $v$ , то мы прочитаемъ 1,13; перемноживъ  $v_0$  на этотъ коэффициентъ, мы получимъ скорость  $v$  при данномъ заполненіи т. е.  $v = 1,5 \times 1,13 = 1,70$  лит.

Изъ вышеизложеннаго ясно можно представить, что подборъ діаметровъ канализаціонной сѣти даже для небольшого города заставляетъ составителя проекта производить рядъ утомительныхъ, однообразныхъ арифметическихъ дѣйствій.

Сокращенію подобныхъ выкладокъ способствуетъ установленіе нѣсколькихъ типовъ сѣченій для даннаго города, для которыхъ составляются особыя расчетныя таблицы, облегчающія трудъ составителя проекта.

Въ ранге устроенныхъ канализаціяхъ число типовъ было велико; напр. въ общесплавной сѣтн Берлина 15 типовъ круглыхъ керамиковыхъ трубъ, 12 типовъ овоидальныхъ сѣченій съ отношеніемъ 2:3, 4 типа ушренныхъ овоидальныхъ сѣченій и 1 типъ круглаго большого коллектора, всего 30 типовъ сѣченій.

Въ Варшавской общесплавной канализаціи только 2 типа керамиковыхъ трубъ, 8 обыкновенныхъ овоидальныхъ и 1 ушренное—всего 11 типовъ.

Въ неполныхъ раздѣльныхъ системахъ число типовъ меньше; для небольшихъ и среднихъ городовъ всѣ коллектора получаютъ керамиковыми; число типовъ будетъ меньше, чѣмъ въ общесплавныхъ, а въ полныхъ раздѣльныхъ системахъ число типовъ увеличивается.

§ 5. Аналитическіе методы подбора сѣченій водостоконъ. Приемы, которыми пользуются для облегченія расчетовъ сѣченій водостоконъ, можно подраздѣлить на 2 категоріи: *аналитическіе* и *графическіе*.

*Аналитическіе* приемы заключаются въ составленіи расчетныхъ таблицъ для подбора самыхъ общепотребительныхъ сѣченій водостоконъ.

Такъ профессоромъ Fröhling'омъ составлены таблицы (XXX и XXXI) для круглыхъ трубъ діаметромъ отъ 10 до 200 сантим. и для овоидальныхъ каналовъ отъ  $\frac{30}{20}$  до  $\frac{210}{140}$  сантиметр. при уклонѣ  $I = 0,01$ . Таблицы эти состоятъ изъ трехъ отдѣльныхъ графъ, гдѣ приведены  $h$  (высота наполненія),  $v$  и  $Q$ .

Онѣ построены на слѣдующихъ основаніяхъ.

Если намъ извѣстны  $Q$  и  $v$  для нѣкотораго діаметра  $d$  и уклона  $I$ , то мы можемъ найти для того же  $d$ , но <sup>другого</sup>  $I_1$  новые  $Q_1$  и  $v_1$ .

Дѣйствительно

$$Q = C \omega \sqrt{RI}; \quad v = C \sqrt{RI}$$

$Q_1 = C \omega \sqrt{RI_1}$ ;  $v_1 = C \sqrt{RI_1}$  такъ какъ  $C$  и  $R$  остаются для даннаго  $d$  безъ переменъ.

$$\frac{Q_1}{Q} = \sqrt{\frac{I_1}{I}}; \quad Q_1 = Q \sqrt{\frac{I_1}{I}} \quad \text{и} \quad v_1 = v \sqrt{\frac{I_1}{I}}$$

Въ таблицѣ  $I = 0,01$ ; слѣдовательно

$$Q_1 = 10 Q \sqrt{I_1} \dots \dots \dots (134) \quad \text{и} \quad v_1 = v \sqrt{I_1} \dots \dots \dots (135)$$

т. е. для того, чтобы получить новыя  $Q_1$  и  $v_1$  при уклонѣ  $I_1$ , необходимо цифры для  $Q$  и  $v$ , помѣщенные въ таблицахъ и соответствующія данному діаметру, помножить на  $10 \sqrt{I_1}$ .

ТАБЛИЦА  
Таблица для подбора диаметров и

Глубина наполнения <i>h</i>	10 сант.		12,5 сант.		15 сант.		17,5 сант.		20 сант.	
	<i>v</i> мет.	$\frac{Q}{\text{лит. сек.}}$								
0,05 <i>d</i>	0,08	0,01	0,1	0,02	0,12	0,04	0,13	0,06	0,15	0,09
0,1 "	0,15	0,06	0,18	0,11	0,21	0,20	0,24	0,30	0,27	0,44
0,2 "	0,26	0,29	0,32	0,56	0,37	0,94	0,43	1,47	0,48	2,13
0,3 "	0,36	0,70	0,43	1,33	0,50	2,22	0,57	3,47	0,64	5,04
0,4 "	0,43	1,27	0,52	2,37	0,61	4,00	0,69	6,22	0,77	9,03
0,5 "	0,49	1,93	0,59	3,64	0,69	6,09	0,78	9,41	0,87	13,7
0,6 "	0,54	2,65	0,65	4,97	0,75	8,33	0,86	12,9	0,95	18,7
0,7 "	0,57	3,34	0,68	6,26	0,79	10,5	0,90	16,2	1,00	23,5
0,8 "	0,58	3,90	0,70	7,36	0,81	12,3	0,92	19,0	1,02	27,5
0,9 "	0,57	4,24	0,69	7,97	0,79	13,3	0,91	20,7	1,00	29,9
1,0 "	0,49	3,86	0,59	7,28	0,69	12,2	0,78	18,8	0,87	27,4

Глубина наполнения <i>h</i>	50 сант.		55 сант.		60 сант.		70 сант.	
	<i>v</i> мет.	$\frac{Q}{\text{мет./сек.}}$	<i>v</i> мет.	$\frac{Q}{\text{мет./сек.}}$	<i>v</i> мет.	$\frac{Q}{\text{мет./сек.}}$	<i>v</i> мет.	$\frac{Q}{\text{мет./сек.}}$
0,0125 <i>d</i>	0,10	0,05	0,11	0,06	0,12	0,08	0,14	0,13
0,025 "	0,19	0,25	0,20	0,32	0,22	0,40	0,25	0,64
0,05 "	0,34	1,23	0,35	1,53	0,40	2,07	0,45	3,22
0,1 "	0,60	6,0	0,65	7,93	0,70	10,2	0,79	15,7
0,15 "	0,80	13,8	0,86	18,0	0,92	22,9	1,04	35,2
0,2 "	1,01	28,3	0,95	32,2	1,17	47,1	1,38	75,6
0,25 "	1,18	45,3	1,27	59,0	1,36	75,2	1,53	115,2
0,3 "	1,33	65,7	1,43	85,4	1,53	108,7	1,72	166,4
0,35 "	1,46	89,5	1,57	116,2	1,68	148,0	1,88	225,4
0,4 "	1,58	116,0	1,70	150,8	1,83	192,8	2,03	291,6
0,45 "	1,68	143,9	1,81	184,2	1,93	238,1	2,17	364,4
0,5 "	1,78	174,7	1,91	226,5	2,03	287,2	2,28	438
0,55 "	1,85	205,2	2,00	267,8	2,12	338	2,38	516
0,6 "	1,92	236,2	2,06	306,7	2,20	389	2,46	593
0,65 "	1,99	275,5	2,14	350	2,28	444	2,55	675
0,7 "	2,02	296,7	2,17	386	2,30	488	2,57	739
0,75 "	2,04	322,6	2,19	420	2,33	530	2,61	808
0,8 "	2,06	346,6	2,20	449	2,35	570	2,63	869
0,85 "	2,05	366,4	2,19	474	2,34	603	2,62	918
0,9 "	2,03	377,6	2,17	489	2,31	620	2,59	945
0,95 "	1,96	379,2	2,11	492	2,24	623	2,52	955
1,0 "	1,78	349,3	1,91	453	2,03	574	2,28	876

XXX.  
скоростей для круглых сечений.

Глубина наполнения <i>h</i>	25 сант.		30 сант.		35 сант.		40 сант.		45 сант.	
	<i>v</i> мет.	$\frac{Q}{\text{лит. сек.}}$								
0,18	0,16	0,21	0,27	0,25	0,44	0,28	0,65	0,31	0,91	0,05 <i>d</i>
0,33	0,82	0,39	1,42	0,44	2,20	0,50	3,21	0,55	4,49	0,1 "
0,58	4,03	0,67	6,73	0,76	10,4	0,85	15,1	0,97	21,9	0,2 "
0,77	9,45	0,89	15,8	1,00	24,3	1,12	35,2	1,22	48,9	0,3 "
0,92	16,1	1,07	28,1	1,20	43,1	1,33	62,4	1,62	96,2	0,4 "
1,04	25,6	1,20	42,5	1,36	63,2	1,50	94,2	1,64	130,4	0,5 "
1,13	34,8	1,30	51,8	1,47	88,5	1,62	127,9	1,78	176,9	0,6 "
1,19	43,8	1,37	72,6	1,54	111,5	1,71	160,4	1,87	222,1	0,7 "
1,22	51,2	1,40	84,9	1,58	130,0	1,74	187,3	1,90	259,1	0,8 "
1,20	55,7	1,38	92,3	1,55	141,4	1,71	204,2	1,87	282,1	0,9 "
1,04	51,1	1,20	84,9	1,36	130,4	1,5	188,5	1,64	260,8	1,0 "

Глубина наполнения <i>h</i>	80 сант.		100 сант.		150 сант.		200 сант.	
	<i>v</i> мет.	$\frac{Q}{\text{мет./сек.}}$	<i>v</i> мет.	$\frac{Q}{\text{мет./сек.}}$	<i>v</i> мет.	$\frac{Q}{\text{мет./сек.}}$	<i>v</i> мет.	$\frac{Q}{\text{мет./сек.}}$
0,15	0,18	0,19	0,22	0,27	0,95	0,35	2,54	0,0125 <i>d</i>
0,28	0,93	0,34	1,79	0,49	5,7	0,59	12,3	0,025 "
0,51	4,70	0,61	8,86	0,85	27,8	1,07	62,2	0,05 "
0,88	22,8	0,95	42,5	1,44	131,3	1,79	290,1	0,1 "
1,16	51,4	1,38	95,1	1,86	289,4	2,31	639	0,15 "
1,46	104,5	1,73	193,5	2,33	586	2,87	1284	0,2 "
1,69	166,1	2,00	307,2	2,69	929	3,29	2022	0,25 "
1,90	239,6	2,24	442	3,00	1333	3,65	2883	0,3 "
2,08	325,7	2,45	599	3,26	1795	3,98	3895	0,35 "
2,24	420	2,64	773	3,50	2309	4,27	5008	0,4 "
2,38	522	2,80	960	3,72	2868	4,52	6196	0,45 "
2,51	630	2,94	1155	3,89	3441	4,73	7428	0,5 "
2,61	740	3,06	1356	4,05	4034	4,92	8712	0,55 "
2,70	851	3,17	1558	4,18	4631	5,08	9962	0,6 "
2,80	969	3,28	1773	4,32	5257	5,24	11335	0,65 "
2,83	1066	3,32	1949	4,38	5794	5,30	12454	0,7 "
2,87	1159	3,36	2120	4,42	6284	5,36	13548	0,75 "
2,88	1243	3,49	2350	4,45	6745	5,30	14510	0,8 "
2,84	1300	3,37	2410	4,43	7139	5,37	15384	0,85 "
2,81	1355	3,33	2480	4,38	7340	5,31	15830	0,9 "
2,76	1365	3,23	2497	4,26	7410	5,17	15987	0,95 "
2,51	1261	2,94	2310	3,89	6885	4,73	14861	1,0 "

ТАБЛИЦА

Таблица для подбора диаметровъ и скорости для

30/20 сант.			37,5/25 сант.			45/30 сант.			52,5/35 сант.		
h сант.	v мет.	Q лит./сек.	h сант.	v мет.	Q лит./сек.	h сант.	v мет.	Q лит./сек.	h сант.	v мет.	Q лит./сек.
1	0,15	0,06	1	0,16	0,06	1,5	0,21	0,20	2	0,26	0,43
2	0,26	0,29	2	0,27	0,38	3	0,37	0,94	3,5	0,43	1,47
3	0,37	0,93	3	0,37	0,86	5	0,53	2,7	5,	0,55	3,2
4	0,44	1,45	4	0,43	1,4	6	0,60	4,2	7,5	0,62	6,4
5	0,52	2,2	5	0,54	2,7	8	0,71	7,0	10	0,86	13
6	0,57	3,2	6	0,60	3,8	10	0,81	11,3	15	1,06	30
8	0,66	5,5	8	0,71	6,7	15	1,02	26	20	1,27	55
12	0,82	11	10	0,8	10,4	20	1,19	46	25	1,40	82
16	0,95	20	15	0,95	21	30	1,42	97	30	1,52	114
20	1,05	32	20	1,1	37	40	1,51	144	35	1,61	149
25	1,12	44	25	1,25	59	43	1,47	149	40	1,68	185
30	0,99	45	35	1,3	90	45	1,34	138	50	1,66	222
—	—	—	37,5	1,17	84	—	—	—	52,5	1,51	212
105/70 сант.			120/80 сант.			135/90 сант.					
h сант.	v мет.	Q лит./сек.	h сант.	v мет.	Q лит./сек.	h сант.	v мет.	Q лит./сек.			
3,5	0,44	2,2	2	0,28	0,65	2,25	0,31	0,91			
5	0,59	5,0	4	0,50	3,21	4,5	0,55	4,50			
7	0,76	10,4	8	0,85	15,1	9	0,97	21,9			
10	0,97	22	10	0,98	25	15	1,29	60			
15	1,23	50	15	1,26	55	20	1,54	108			
20	1,48	93	20	1,51	100	25	1,72	167			
25	1,66	144	25	1,70	156	30	1,91	243			
30	1,83	207	30	1,87	223	35	2,08	331			
40	2,13	366	35	2,04	306	40	2,19	423			
50	2,35	550	40	2,17	395	45	2,35	538			
60	2,53	759	45	2,30	497	50	2,47	659			
70	2,68	993	50	2,43	610	60	2,64	919			
80	2,80	1235	60	2,65	689	70	2,92	1267			
100	2,75	1518	70	2,81	1135	80	3,08	1609			
105	2,52	1418	80	2,95	1431	90	3,21	1965			
—	—	—	100	3,06	1952	100	3,32	2314			
—	—	—	116	2,99	2167	120	3,39	2902			
—	—	—	120	2,78	2043	130	3,27	2986			
—	—	—	—	—	—	135	3,02	2809			
—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	—	—	—	—	—			

XXXI.

овоидальныхъ сѣченій съ отношеніемъ  $h:d = 3:2$ .

60/40 сант.			75/50 сант.			90/60 сант.		
h сант.	v мет.	Q лит./сек.	h сант.	v мет.	Q лит./сек.	h сант.	v мет.	Q лит./сек.
2	0,27	0,44	2,5	0,33	0,82	3	0,39	1,42
4	0,48	2,13	5	0,58	4,03	6	0,67	6,73
5	0,55	3,3	10	0,91	17	10	1,04	24
8	0,75	9,0	15	1,15	25	15	1,20	44
10	0,87	15	20	1,39	72	20	1,51	92
15	1,08	32	25	1,55	112	25	1,62	129
20	1,30	61	30	1,70	161	30	1,72	170
30	1,59	129	40	1,95	273	40	2,04	318
40	1,78	215	50	2,12	401	50	2,24	475
50	1,89	301	60	2,20	523	60	2,31	628
58	1,82	331	70	2,17	601	78	2,53	943
60	1,68	309	72,5	2,16	615	84	2,50	996
—	—	—	75	1,97	565	90	2,26	934
150/100 сант.			180/120 сант.			210/140 сант.		
h сант.	v мет.	Q лит./сек.	h сант.	v мет.	Q лит./сек.	h сант.	v мет.	Q лит./сек.
2,5	0,34	1,23	3	0,40	2,07	3,5	0,45	3,2
5	0,6	6,0	6	0,70	10,2	7	0,79	15,7
10	1,01	28,3	12	1,17	47,1	15	1,50	100
15	1,30	65	15	1,35	74	20	1,69	159
20	1,58	117	20	1,61	134	30	2,18	392
25	1,78	185	25	1,83	210	40	2,50	640
30	1,98	269	30	2,03	303	50	2,76	941
35	2,14	366	35	2,20	411	60	3,03	1351
40	2,30	478	40	2,37	537	70	3,25	1809
45	2,45	608	50	2,65	831	80	3,56	2510
50	2,59	749	60	2,90	1186	90	3,67	2965
60	2,82	1066	70	3,15	1612	100	3,91	3652
70	2,92	1372	80	3,35	2077	110	4,0	4244
80	3,21	1801	90	3,50	2566	120	4,12	4952
100	3,48	2631	100	3,65	3101	130	4,26	5721
120	3,63	3449	120	3,90	4245	140	4,35	6438
140	3,60	3989	130	4,05	4892	154	4,56	7633
145	3,58	4056	140	4,09	5415	168	4,56	8490
150	3,25	3749	150	4,15	5947	182	4,56	9157
—	—	—	165	4,10	6446	196	4,51	9787
—	—	—	180	3,70	6119	203	4,41	9790
—	—	—	—	—	—	210	4,10	9232

**Численный примѣръ 1.** Круглый каналъ  $d = 0,45$  при  $I = 1 : 100$  и  $h = 0,7 d = 0,315$  мет. отводитъ 222 литра въ секунду со скоростью 1,87 метра. Требуется опредѣлить его проводоспособность при  $I = 1 : 256$ ?

$$Q_1 = 222 \cdot 10 \sqrt{\frac{1}{256}} = 139 \text{ лит. въ сек. и}$$

$$v_1 = 1,87 \cdot 10 \sqrt{\frac{1}{256}} = 1,17 \text{ лит. въ сек.}$$

**Численный примѣръ 2.** Даны  $Q = 139$  лит. въ сек. и  $I = 1 : 256$ . Требуется опредѣлить  $d$ ,  $v$  и степень наполненія?

Задача сводится къ нахожденію при помощи таблицъ этихъ величинъ при  $I = 1 : 100$ .

$139 = 10 Q \sqrt{\frac{1}{256}}$ ; отсюда  $Q = \frac{139 \times 16}{10} = 222,4$ ; по таблицѣ XXX для такого  $Q - d = 0,45$ ,  $v = 1,87$  и  $h = 0,7 d = 0,315$  мет.

Этими же таблицами проф. Frühling'a (XXX и XXXI) можно воспользоваться и для рѣшенія слѣдующей задачи.

Если мы возьмемъ сѣченія каналовъ одного типа (круговыя, овоидальныя), близкія по размѣрамъ другъ къ другу, то увидимъ, что значенія  $C$  при полномъ заполненіи каналовъ можно принять одинаковыми для этихъ сосѣднихъ сѣченій. При такомъ предположеніи мы получимъ слѣдующія выраженія: для круговъ съ диаметрами  $d$  и  $d_1$

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{\frac{\pi d^2}{4} C \sqrt{\frac{d}{4} I}}{\frac{\pi d_1^2}{4} C \sqrt{\frac{d_1}{4} I}} = \sqrt{\frac{d^5}{d_1^5}} \quad (136) \quad \text{или} \quad d_1 = d \sqrt[5]{\frac{Q_1^2}{Q^2}} \quad (136')$$

для овоидальныхъ сѣченій, высотой  $H$  и  $H_1$

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{0,51 H^2 C \sqrt{0,193 H I}}{0,51 H_1^2 C \sqrt{0,193 H_1 I}} = \sqrt{\frac{H^5}{H_1^5}} \quad (137) \quad \text{или} \quad H_1 = H \sqrt[5]{\frac{Q_1^2}{Q^2}} \dots (137^1).$$

**Численный примѣръ.** Посмотримъ, какія количества воды при  $I = 1 : 100$  пропустятъ круглые каналы въ 1,75 и 200 диаметромъ. По формулѣ 136 и табл. XXX

$Q_1 = 14681 \sqrt{\frac{1,75^5}{25}} = 10643$  лит./сек. или если взять для опредѣненія  $Q_1$  диаметръ въ

1,50 мет., то  $Q_1 = 6885 \sqrt{\frac{1,75^5}{1,5^5}} = 10122$  лит./сек.; такимъ образомъ разница между 10643 и 10122 будетъ около 2,5%, что для практики не имѣетъ значенія. Подобное же заключеніе легко сдѣлать и для овоидальныхъ сѣченій.

*Способъ профессора Бюзинга* основанъ на слѣдующихъ соображеніяхъ.

$$v = C \sqrt{R I} = C \sqrt{R} \cdot \sqrt{I}; \quad Q = C \omega \sqrt{R I} = C \omega \sqrt{R} \cdot \sqrt{I};$$

$$\text{такъ какъ } C = \frac{100 \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}}, \text{ то } C = f(R)$$

Это даетъ намъ возможность представить наши выраженія въ видѣ.

$$\frac{v}{\sqrt{I}} = c\sqrt{R} = A \dots (138) \quad \frac{Q}{\sqrt{I}} = c\omega\sqrt{R} = B \dots \dots (139)$$

Коэффициенты скорости  $A$  и расхода  $B$  для каждого сѣченія въ зависимости отъ опредѣленной степени наполненія извѣстнаго сѣченія будутъ представлять собой постоянныя величины. Основываясь на этомъ, проф. Büsing построилъ рядъ таблицъ для 21 типа сѣченій, въ которыхъ для каждаго сѣченія послѣдовательно приведены высота наполненія  $\lambda$  и коэффициенты

$C$ ,  $A = \frac{v}{\sqrt{I}}$  и  $B = \frac{Q}{\sqrt{I}}$ . Проф. Büsing<sup>1)</sup> вычислилъ  $C$  по формулѣ Kutter

$C = \frac{100\sqrt{R}}{0,3 + \sqrt{R}}$ . Приведенныя ниже таблицы XXXII и XXXIII для круглыхъ

и овоидальныхъ (3:2) сѣченій пересоставлены при  $C = \frac{100\sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}}$ , что соотвѣтствуетъ болѣе современнымъ возрѣнїямъ на значеніе этого коэффиціента.

<sup>1)</sup> Prof. Büsing, Die Städtereinigung, Zw. Abt.

<sup>2)</sup> Пересчетъ таблицъ произведенъ стипендіатомъ при кафедрѣ санитарной техники въ Клевскомъ Политехническомъ Институтѣ инженеръ-строителемъ С. Л. Краснитскимъ.

## ТАБЛИЦА ХХІІ.

Подборъ діаметровъ и скоростей для круглыхъ  
сѣченій.

Сте- пень на- полне- ния h/r	d=15 сант.			d=20 сант.			d=25 сант.		
	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$
0,05	12,5	0,627	0,075	14,2	0,822	0,173	15,6	1,009	0,323
0,1	16,7	1,170	0,386	18,8	1,518	0,896	20,6	1,862	1,711
0,15	19,6	1,665	0,999	21,9	2,156	2,308	23,9	2,627	4,385
0,2	21,8	2,132	1,959	24,4	2,754	4,515	26,5	3,344	8,524
0,25	23,7	2,567	3,260	26,3	3,298	7,480	28,6	3,999	14,15
0,3	25,3	2,988	4,960	28,1	3,834	11,33	30,4	4,639	21,44
0,35	26,6	3,386	7,040	29,5	4,334	16,08	31,9	5,232	30,31
0,40	27,8	3,758	9,490	30,8	4,805	21,68	33,2	5,789	40,75
0,45	28,9	4,110	12,24	31,9	5,236	27,81	34,4	6,312	52,40
0,5	29,8	4,424	15,22	32,9	5,646	34,70	35,9	6,878	65,82
0,6	31,4	5,030	22,36	34,6	6,397	50,75	37,1	7,681	94,90
0,7	32,5	5,470	30,08	35,7	6,948	68,18	38,3	8,331	127,4
0,8	33,9	6,080	39,92	37,2	7,698	90,40	39,8	9,216	168,6
0,9	34,8	6,519	50,04	38,2	8,243	113,0	40,8	9,854	208,4
1,0	35,6	6,894	60,62	39,0	8,714	136,6	41,7	10,411	255,2
1,1	36,3	7,240	71,80	39,7	9,134	161,7	42,4	10,902	301,1
1,2	36,8	7,517	82,80	40,2	9,478	186,4	42,9	11,310	347,0
1,3	37,3	7,746	93,75	40,7	9,763	210,8	43,4	11,642	392,2
1,4	37,6	7,929	104,2	41,0	9,999	234,9	43,8	11,91	436,2
1,5	37,8	8,046	113,8	41,3	10,14	256,6	44,0	12,08	476,3
1,55	37,8	8,064	117,8	41,3	10,15	264,9	44,0	12,10	493,0
1,6	37,9	8,084	121,7	41,3	10,17	273,8	44,0	12,13	509,1
1,65	37,9	8,095	125,4	41,3	10,19	282,0	44,0	12,15	526,0
1,7	37,9	8,084	128,9	41,3	10,17	289,3	44,0	12,13	538,5
1,75	37,8	8,028	130,9	41,2	10,12	294,3	43,9	12,05	547,8
1,8	37,7	7,967	132,8	41,1	10,03	298,7	43,8	11,96	555,6
1,85	37,5	7,863	133,6	40,9	9,91	300,8	43,6	11,81	561,0
1,9	37,2	7,712	132,9	40,6	9,72	299,9	43,3	11,60	556,5
1,95	36,7	7,483	130,7	40,2	9,43	294,3	42,9	11,27	548,0
2,0	35,6	6,891	121,3	39,0	8,71	273,9	41,7	10,41	509,6

Сте- пень на- поде- ния h r	d=30 сант.			d=35 сант.			d=40 сант.		
	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.
0,05	16,8	1,194	0,562	17,9	1,372	0,878	18,9	1,549	1,300
0,1	22,1	2,187	2,912	23,4	2,505	4,532	24,7	2,822	6,660
0,15	25,6	3,086	7,440	27,1	3,526	11,52	28,4	3,956	16,82
0,2	28,3	3,917	14,44	29,9	4,464	22,39	31,3	5,003	32,76
0,25	30,5	4,674	23,86	32,1	5,319	36,97	33,6	5,951	54,05
0,3	32,2	5,357	35,68	34,1	6,153	55,70	35,6	6,872	81,36
0,35	33,7	6,024	50,32	35,7	6,924	68,60	37,2	7,723	114,7
0,4	35,2	6,679	67,79	37,1	7,644	105,4	38,7	8,522	153,9
0,45	36,4	7,272	87,00	38,3	8,311	135,2	39,9	9,254	196,7
0,5	37,4	7,809	107,7	39,5	8,950	168,1	40,9	9,919	243,3
0,6	39,2	8,841	157,6	41,2	10,07	244,4	42,8	11,19	354,4
0,7	40,4	9,583	211,6	42,4	10,90	327,2	44,0	12,10	474,9
0,8	41,9	10,596	279,8	43,9	12,03	432,1	45,6	13,35	627,0
0,9	43,0	11,32	351,0	44,9	12,84	538,6	46,6	14,23	781,5
1,0	43,8	11,95	422,2	45,8	13,54	651,5	47,5	15,01	943,0
1,1	44,5	12,51	498,3	46,5	14,17	768,0	48,2	15,69	111,2
1,2	45,1	12,97	573,8	47,1	14,68	884,0	48,8	16,25	128,0
1,3	45,6	13,35	648,4	47,6	15,10	999,1	49,2	16,71	144,4
1,4	45,9	13,65	723,0	47,9	15,44	1111	49,6	17,07	160,2
1,5	46,2	13,84	806,0	48,2	15,65	1211	49,8	17,31	175,1
1,55	46,2	13,87	814,1	48,2	15,68	1253	49,9	17,43	182,2
1,6	46,2	13,90	841,5	48,2	15,72	1295	49,9	17,38	186,9
1,65	46,2	13,92	867,8	48,3	15,74	1336	49,9	17,41	192,9
1,7	46,2	13,90	889,9	48,2	15,72	1369	49,9	17,38	197,8
1,75	46,1	13,81	906,0	48,1	15,62	1393	49,8	17,27	201,3
1,8	46,0	13,71	918,1	48,0	15,50	1412	49,7	17,14	204,2
1,85	45,8	13,54	925,0	47,8	15,31	1424	49,5	16,95	205,8
1,9	45,5	13,30	921,0	47,5	15,04	1420	49,2	16,64	205,2
1,95	45,0	12,92	908,1	47,0	14,62	1396	48,7	16,18	202,0
2,0	43,8	11,95	846,0	45,8	13,54	1302	47,5	15,01	188,5

Сте- пень на- полне- ния h/r	d=45 сант.			d=50 сант.			d=55 сант.		
	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.
0,05	19,9	1,725	1,829	20,7	1,896	2,482	21,5	2,066	3,280
0,1	25,8	3,122	9,292	26,8	3,428	12,65	27,7	3,720	16,56
0,15	29,7	4,373	23,63	30,8	4,783	32,10	31,8	5,185	41,90
0,2	32,6	5,519	45,77	33,8	6,028	61,77	34,9	6,524	80,83
0,25	34,9	6,558	75,38	36,1	7,154	101,4	37,2	7,735	132,6
0,3	36,9	7,567	113,2	38,2	8,243	152,6	39,3	8,899	199,1
0,35	38,6	8,498	159,4	39,9	9,248	214,5	41,0	9,978	279,6
0,4	40,0	9,361	213,4	41,3	10,18	286,8	42,5	10,98	374,7
0,45	41,3	10,17	273,3	42,6	11,05	367,6	43,8	11,91	478,5
0,5	42,4	10,89	338,2	43,6	11,83	453,6	44,8	12,74	591,5
0,6	44,2	12,27	492,5	45,5	13,32	659,0	46,9	14,04	841,5
0,7	45,5	13,26	657,0	46,8	14,39	882,7	48,0	15,47	1147
0,8	47,0	14,61	866,5	48,3	15,83	1163	49,5	17,01	1509
0,9	48,1	15,57	1080	49,4	16,87	1445	50,7	18,19	1885
1,0	48,9	16,41	1304	50,3	17,76	1742	51,5	19,15	2273
1,1	49,7	17,15	1536	51,0	18,56	2056	52,2	20,00	2677
1,2	50,2	17,76	1766	51,6	19,21	2362	52,8	20,69	3079
1,3	50,7	18,25	1996	52,0	19,74	2668	53,3	21,26	3473
1,4	51,0	18,65	2217	52,4	20,17	2960	53,6	21,71	3852
1,5	51,3	18,90	2420	52,6	20,44	3230	53,9	22,00	4205
1,55	51,3	18,94	2501	52,6	20,48	3340	53,9	22,04	4350
1,6	51,4	18,98	2585	52,7	20,52	3447	53,9	22,08	4490
1,65	51,4	19,01	2662	52,7	20,55	3558	54,0	22,12	4633
1,7	51,4	18,98	2732	52,7	20,52	3648	53,9	22,08	4750
1,75	51,3	18,87	2783	52,6	20,40	3716	53,8	21,97	4840
1,8	51,1	18,72	2821	52,5	20,30	3770	53,7	21,79	4900
1,85	50,9	18,50	2840	52,3	20,01	3793	53,5	21,57	4951
1,9	50,6	18,18	2835	52,0	19,67	3789	53,2	21,18	4932
1,95	50,3	17,68	2790	51,5	19,13	3729	52,7	20,60	4860
2,0	48,9	16,41	2608	50,3	17,76	3486	51,5	19,15	4550

Степень на полне- ния h/r	d=60 сант.			d=65 сант.			d=70 сант.		
	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$
0,05	22,3	2,230	4,214	23,0	2,395	5,29	23,6	2,559	6,57
0,1	28,6	4,010	21,28	29,4	4,292	26,73	30,2	4,572	33,10
0,15	32,7	5,574	53,65	33,8	6,018	68,00	34,5	6,341	82,50
0,2	35,8	7,007	103,4	36,9	7,542	130,7	37,6	7,947	159,6
0,25	38,3	8,299	169,5	39,3	8,918	213,4	40,1	9,395	261,2
0,3	40,3	9,504	253,0	41,4	10,24	310,0	42,2	10,79	391,3
0,35	42,1	10,69	357,0	43,1	11,45	448,0	44,0	12,06	547,5
0,4	43,6	11,76	476,4	44,6	12,59	599,8	45,5	13,26	732,0
0,45	44,8	12,74	571,2	46,0	13,70	769,7	46,7	14,35	935,0
0,5	45,9	13,63	752,7	47,1	14,63	949,0	47,8	15,33	1153
0,6	47,8	15,31	1092	48,9	16,42	1376	49,7	17,21	1670
0,7	49,0	16,52	1459	50,2	17,70	1833	51,0	18,54	2228
0,8	50,6	18,15	1920	51,8	19,43	2408	52,8	20,47	2943
0,9	51,7	19,33	2485	52,8	20,66	2991	53,6	21,66	3537
1,0	52,5	20,34	2877	53,7	21,73	3603	54,4	22,77	4376
1,1	53,3	21,23	3386	54,4	22,67	4078	55,2	23,76	5158
1,2	53,8	21,96	3863	54,9	23,44	4865	55,7	24,57	5918
1,3	54,3	22,57	4382	55,4	24,08	5482	56,2	25,23	6678
1,4	54,7	23,05	4866	55,8	24,59	5916	56,6	25,76	7406
1,5	54,9	23,35	5310	56,0	24,91	6650	56,8	26,09	8077
1,55	54,9	23,39	5495	56,0	24,95	6878	56,8	26,15	8358
1,6	54,9	23,44	5675	56,0	25,00	7096	56,8	26,20	8635
1,65	55,0	23,48	5860	56,1	25,05	7325	56,9	26,24	8905
1,7	54,9	23,44	6005	56,0	25,00	7510	56,8	26,20	9133
1,75	54,8	23,31	6110	55,9	24,86	7640	56,7	26,05	9305
1,8	54,7	23,13	6195	55,8	24,67	7768	56,6	25,85	9440
1,85	54,5	22,87	6250	55,6	24,40	7820	56,4	25,58	9510
1,9	54,2	22,48	6240	55,3	23,99	7810	56,1	25,14	9495
1,95	53,8	21,88	6149	54,8	23,35	7690	55,7	24,47	9350
2,0	52,5	20,34	5749	53,7	21,73	7210	54,4	22,77	8770

Степень наполнения h/r	d=75 сант.			d=80 сант.			d=85 сант.		
	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$
0,05	24,3	2,720	8,020	24,8	2,874	9,64	25,4	3,033	11,50
0,1	30,9	4,851	40,20	31,6	5,121	48,35	32,3	5,389	57,45
0,15	35,3	6,715	100,8	36,0	7,077	121,2	36,7	7,433	143,6
0,2	38,5	8,405	193,7	39,2	8,856	224,6	39,9	9,292	275,2
0,25	40,9	9,926	295,5	41,7	10,45	379,4	42,5	10,96	449,4
0,3	43,1	11,39	474,0	42,8	11,23	532,0	44,6	12,56	671,3
0,35	44,8	12,74	662,8	44,7	12,62	748,0	46,4	14,02	939,6
0,4	46,3	13,98	886,0	46,2	13,90	1002	47,9	15,39	1253
0,45	47,6	15,12	1128	46,6	14,77	1257	49,2	16,53	1588
0,5	48,7	16,15	1394	48,7	16,15	1586	50,2	17,75	1986
0,6	50,6	18,13	2021	50,6	18,18	2308	52,2	19,89	2869
0,7	51,8	19,52	2690	51,9	19,63	3080	53,4	21,40	3814
0,8	53,4	21,42	3537	53,5	21,59	4056	55,0	23,46	5000
0,9	54,4	22,77	4390	54,6	22,99	5045	56,0	24,93	6197
1,0	55,3	23,95	5283	55,5	24,20	6082	56,8	26,20	7459
1,1	56,0	23,97	5962	56,2	25,27	7150	57,6	27,32	8763
1,2	56,6	25,82	7140	56,8	26,14	7919	58,1	28,23	10061
1,3	57,0	26,51	8050	57,3	26,87	9280	58,6	28,98	11340
1,4	57,4	27,06	8942	57,6	27,43	10300	58,9	29,58	12577
1,5	57,6	27,42	9742	57,9	27,80	11250	59,1	29,95	13707
1,55	57,7	27,46	10098	57,9	27,85	11628	59,2	30,01	14177
1,6	57,7	27,52	10400	57,9	27,90	12000	59,2	30,06	14640
1,65	57,7	27,57	10730	58,0	27,96	12400	59,2	30,12	15101
1,7	57,7	27,52	11000	57,9	27,90	12695	59,2	30,06	15482
1,75	57,6	27,37	11210	57,8	27,74	12930	59,1	29,90	15777
1,8	57,5	27,17	11360	57,7	27,54	13120	59,0	29,69	15997
1,85	57,3	26,87	11470	57,5	27,23	13220	58,8	29,36	16154
1,9	57,0	26,42	11455	57,2	26,76	13200	58,5	28,88	16138
1,95	56,5	25,72	11290	56,7	26,03	12500	58,1	28,10	15896
2,0	55,3	23,95	10580	55,5	24,20	12160	56,8	26,20	14922

Сте- пень на- подне- ния h/r	d=90 сант.			d=95 сант.			d=100 сант.		
	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$
0,05	26,0	3,189	13,55	26,5	3,340	15,80	27,0	3,493	18,51
0,1	32,9	5,650	67,52	33,5	5,911	78,68	34,1	6,170	91,32
0,15	37,3	7,789	168,8	38,0	8,139	196,5	38,6	8,486	227,0
0,2	40,6	9,731	323,2	41,3	10,16	375,9	41,9	10,58	433,8
0,25	43,1	11,46	526,7	43,8	11,96	612,5	44,4	12,44	706,0
0,3	45,3	13,13	786,9	46,0	13,68	913,6	46,6	14,24	1054
0,35	47,1	14,65	1101	47,8	15,27	1278	48,4	15,88	1473
0,4	48,6	16,07	1468	49,3	16,74	1701	49,9	17,40	1962
0,45	49,9	17,36	1870	50,5	18,08	2170	51,2	18,79	2499
0,5	51,0	18,53	2304	51,6	19,18	2656	52,3	20,03	3075
0,6	52,9	20,74	3331	53,5	21,58	3860	54,2	22,41	4444
0,7	54,1	22,32	4433	54,8	23,22	5139	55,4	24,10	5912
0,8	55,7	24,46	5815	56,3	25,43	6734	57,0	26,38	7743
0,9	56,7	25,98	7212	57,4	27,00	8351	58,0	28,00	9598
1,0	57,6	27,38	8711	58,2	28,36	10051	58,8	29,40	11548
1,1	58,3	28,53	10233	58,9	29,56	11809	59,5	30,65	13572
1,2	58,9	29,48	11747	59,5	30,54	13560	60,1	31,65	15572
1,3	59,3	30,26	13242	59,9	31,34	15278	60,5	32,49	17554
1,4	59,7	30,88	14689	60,3	31,98	16946	60,9	33,14	19463
1,5	59,9	31,28	16011	60,5	32,38	18466	61,1	33,56	21210
1,55	59,9	31,33	16560	60,5	32,45	19107	61,1	33,62	21937
1,6	59,9	31,39	17106	60,5	32,50	19751	61,2	33,68	22660
1,65	60,0	31,44	17643	60,6	32,56	20353	61,2	33,74	23375
1,7	59,9	31,39	18092	60,5	32,50	20868	61,2	33,68	23963
1,75	59,8	31,21	18443	60,4	32,32	21254	61,1	33,50	24415
1,8	59,7	31,00	18692	60,3	32,10	21565	60,9	33,26	24762
1,85	59,5	30,65	18839	60,1	31,74	21729	60,7	32,90	24965
1,9	59,3	30,15	18824	59,9	31,22	21714	60,5	32,37	24951
1,95	58,8	29,37	18563	59,4	30,42	21419	60,0	31,54	24611
2,0	57,6	27,38	17423	58,2	28,36	20102	58,8	29,40	2309

Сте- пень на- полне- ния h/r	d=110 сант.			d=120 сант.			d=130 сант.		
	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	C.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$
0,05	28,0	3,791	24,04	28,8	4,088	30,81	29,7	4,362	37,67
0,1	35,2	6,673	119,0	36,2	7,173	152,1	37,1	7,650	180,5
0,15	39,7	9,159	296,4	40,8	9,821	378,3	41,7	10,46	478,3
0,2	43,1	11,41	565,8	44,1	12,20	732,5	45,1	12,98	912,3
0,25	45,6	13,40	919,8	46,7	14,32	1184	47,7	15,23	1468
0,3	47,8	15,31	1370	48,9	16,36	1754	49,9	17,36	2169
0,35	49,6	17,06	1912	50,7	18,21	2445	51,7	19,32	3018
0,4	51,1	18,68	2539	52,2	19,93	3249	53,2	21,13	4022
0,45	52,4	20,16	3241	53,5	21,49	4128	54,5	22,78	5115
0,5	53,5	21,48	3980	54,0	22,11	4908	55,5	24,26	6286
0,6	55,4	24,01	5757	55,9	24,76	7083	57,4	27,07	9067
0,7	56,6	25,81	7650	57,1	26,65	9433	58,6	29,05	12036
0,8	58,1	28,23	10021	58,7	29,20	12363	60,1	31,76	15744
0,9	59,1	29,95	12409	59,7	31,01	15133	61,1	33,66	19486
1,0	59,9	31,44	14935	60,6	32,56	18448	61,9	35,31	23430
1,1	60,7	32,76	17543	61,3	33,94	21663	62,6	36,75	27487
1,2	61,2	33,84	20126	61,8	35,07	24879	63,2	37,94	31541
1,3	61,7	34,71	22685	62,3	35,99	28021	63,6	38,92	35532
1,4	62,0	35,40	25152	62,6	36,72	31078	64,0	39,70	39396
1,5	62,2	35,85	27404	62,8	37,20	33893	64,2	40,18	42910
1,55	62,2	35,91	28340	62,9	37,28	35041	64,2	40,25	44384
1,6	62,3	35,97	29276	62,9	37,33	36193	64,2	40,32	45838
1,65	62,3	36,03	30198	62,9	37,39	37323	64,2	40,39	47279
1,7	62,3	35,97	30958	62,9	37,33	38280	64,2	40,32	48481
1,75	62,2	35,87	31619	62,8	37,13	38997	64,1	40,11	49399
1,8	62,1	35,61	32076	62,7	36,86	39547	64,0	39,84	50117
1,85	61,9	35,24	32352	62,5	36,46	39863	63,8	39,40	50520
1,9	61,6	34,67	32327	62,2	35,86	39840	63,6	38,78	50509
1,95	61,2	33,78	31886	61,8	34,93	39275	63,1	37,81	49845
2,0	60,0	31,44	29879	60,6	32,56	36861	62,0	35,31	46869

Сте- пень на- полне- ния <i>h/r</i>	<i>d</i> =140 сант.			<i>d</i> =150 сант.		
	<i>C.</i>	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.	<i>C.</i>	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.
0,05	30,5	4,66	47,52	31,2	4,94	58,29
0,1	38,0	8,13	234,9	38,8	8,59	285,2
0,15	42,6	11,09	581,1	43,5	11,70	704,3
0,2	46,1	13,76	1106	46,9	14,50	1338
0,25	48,6	16,11	1791	49,5	16,96	2165
0,3	50,8	18,37	2663	51,7	19,32	3217
0,35	52,6	20,42	3712	53,5	21,47	4481
0,4	54,1	22,32	4933	55,0	23,45	5949
0,45	55,4	24,04	6267	56,2	25,27	7563
0,5	56,4	25,60	7703	57,3	26,88	9284
0,6	58,3	28,54	11091	59,1	29,95	13960
0,7	59,5	30,63	14724	60,3	32,14	17735
0,8	61,0	33,44	19238	61,8	35,07	23160
0,9	62,0	35,44	23809	62,8	37,16	28658
1,0	62,8	37,16	28606	63,6	38,95	34420
1,1	63,5	38,68	33566	64,3	40,53	40376
1,2	64,0	39,92	38495	64,8	41,82	46295
1,3	64,5	40,94	43355	65,3	42,88	52142
1,4	64,8	41,74	48043	65,6	43,72	57754
1,5	65,0	42,26	52360	65,8	44,25	62924
1,55	65,0	42,33	54140	65,8	44,33	65076
1,6	65,0	42,41	55939	65,8	44,41	67237
1,65	65,1	42,48	57687	65,9	44,48	69344
1,7	65,1	42,41	59162	65,8	44,41	71100
1,75	65,0	42,19	60247	65,8	44,18	72455
1,8	64,9	41,89	61117	65,6	43,88	73499
1,85	64,7	41,45	61636	65,5	43,42	74118
1,9	64,0	40,39	61029	65,2	42,73	74094
1,95	63,8	39,78	60823	64,8	41,67	73173
2,0	62,8	37,16	57226	63,6	38,95	68825

## ТАБЛИЦА XXXIII.

Таблица для подбора овоидальных обыкновенных сѣченій

( $h : d = 3 : 2$ ).

Сте- пень на- полне- ния h/r	30/45 сант.			35/52,5 сант.			40/60 сант.		
	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.
0,05	16,7	1,169	0,395	17,8	1,346	0,618	18,8	1,518	0,911
0,1	21,8	2,127	1,963	23,1	2,439	3,048	24,4	2,767	4,538
0,15	25,2	2,979	4,975	26,7	3,409	7,704	28,0	3,825	11,32
0,2	27,7	3,709	9,265	29,3	4,232	14,39	30,7	4,742	21,05
0,25	29,6	4,336	14,83	31,2	4,940	22,97	32,6	5,368	32,64
0,3	31,0	4,872	21,49	32,7	5,546	33,27	34,2	6,203	48,63
0,35	32,3	5,411	29,71	34,1	6,153	45,96	35,6	6,872	67,07
0,4	33,5	5,899	39,29	35,2	6,702	60,72	36,8	7,483	88,60
0,45	34,5	6,381	50,54	36,3	7,244	78,02	37,9	8,078	113,7
0,5	35,5	6,830	63,31	37,3	7,746	97,68	38,8	8,634	142,3
0,6	37,0	7,615	91,53	38,8	8,862	144,8	40,4	9,602	205,1
0,7	38,4	8,367	125,9	40,2	9,473	193,9	41,8	10,54	282,0
0,8	39,5	9,051	165,8	41,4	10,23	254,8	43,0	11,37	370,2
0,9	40,6	9,696	211,4	42,4	10,95	324,6	44,1	12,16	471,3
1,0	41,5	10,30	262,3	43,4	11,63	402,8	45,0	12,91	584,6
1,1	42,3	10,87	318,5	44,2	12,26	488,4	45,9	13,60	708,3
1,2	43,0	11,38	378,5	45,2	13,03	589,3	46,6	14,23	841,3
1,3	43,7	11,86	442,4	45,6	13,36	678,3	47,3	14,81	982,8
1,4	44,3	12,31	511,0	46,2	13,87	783,1	47,9	15,36	1133
1,5	44,8	12,74	583,6	46,7	14,34	893,4	48,4	15,88	1293
1,6	45,3	13,12	658,3	47,2	14,77	1008	48,9	16,35	1458
1,7	45,7	13,47	735,3	47,6	15,16	1125	49,3	16,78	1628
1,8	46,1	13,80	814,7	48,0	15,52	1246	49,7	17,18	1804
1,9	46,5	14,16	899,4	48,4	15,93	1376	50,1	17,61	1988
2,0	46,8	14,41	980,2	48,7	16,20	1499	50,4	17,91	2165
2,1	47,1	14,66	1063	49,0	16,47	1624	50,7	18,22	2349
2,2	47,4	14,91	1147	49,3	16,76	1755	51,0	18,53	2535
2,3	47,5	15,05	1223	49,4	16,91	1870	51,1	18,69	2700
2,4	47,7	15,19	1299	49,6	17,07	1985	51,3	18,86	2867
2,5	47,8	15,30	1373	49,7	17,19	2097	51,4	19,00	3030
2,55	47,8	15,28	1396	49,7	17,16	2133	51,4	18,97	3083
2,6	47,8	15,28	1424	49,7	17,16	2176	51,4	18,97	3143
2,65	47,7	15,25	1449	49,7	17,13	2213	51,3	18,93	3197
2,7	47,7	15,19	1469	49,6	17,07	2245	51,3	18,86	3242
2,75	47,6	15,14	1487	49,5	17,00	2271	51,2	18,80	3284
2,8	47,5	15,02	1497	49,4	16,89	2290	51,1	18,66	3306
2,85	47,3	14,85	1500	49,2	16,69	2292	50,9	18,46	3314
2,9	47,1	14,66	1495	49,0	16,47	2286	50,7	18,22	3305
2,95	46,7	14,32	1473	48,6	16,11	2254	50,3	17,82	3259
3,0	45,7	13,47	1393	47,6	15,16	2131	49,3	16,78	3084

Сте- пень на- полне- ния <i>h/r</i>	45/67,5 сант.			50/75 сант.			55/82,5 сант.		
	<i>C.</i>	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.	<i>C.</i>	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.	<i>C.</i>	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.
0,05	19,7	1,689	1,284	20,5	1,859	1,747	21,3	2,024	2,287
0,1	25,5	3,041	6,295	26,5	3,335	8,538	27,4	3,620	11,16
0,15	29,3	4,232	15,83	30,4	4,625	21,43	31,4	5,014	28,03
0,2	31,9	5,238	29,44	33,1	5,723	39,72	34,1	6,193	52,02
0,25	33,9	6,102	46,92	35,1	6,657	63,24	36,2	7,195	82,67
0,3	35,5	6,837	67,82	36,7	7,452	91,29	37,8	8,052	119,3
0,35	36,9	7,567	93,45	38,2	8,243	125,7	39,3	8,899	164,2
0,4	38,1	8,231	123,3	39,4	8,961	165,8	40,5	9,673	216,5
0,45	39,3	8,881	158,2	40,5	9,666	212,6	41,7	10,42	277,3
0,5	40,2	9,485	197,8	41,5	10,32	265,7	42,7	11,12	346,4
0,6	41,9	10,57	285,6	43,1	11,45	382,2	44,3	12,34	498,2
0,7	43,3	11,55	399,0	44,6	12,55	524,7	45,8	13,51	683,3
0,8	44,5	12,46	513,2	45,8	13,53	688,4	47,0	14,55	895,4
0,9	45,5	13,32	653,1	46,9	14,45	875,1	48,0	15,55	1139
1,0	46,5	14,13	809,4	47,8	15,32	1084	49,0	16,47	1409
1,1	47,3	14,89	980,9	48,6	16,12	1312	49,8	17,33	1706
1,2	48,1	15,57	1164	49,4	16,87	1558	50,6	18,12	2024
1,3	48,7	16,20	1360	50,0	17,54	1819	51,2	18,83	2358
1,4	49,3	16,79	1567	50,6	18,18	2096	51,8	19,51	2722
1,5	49,9	17,36	1788	51,2	18,79	2392	52,4	20,16	3103
1,6	50,3	17,86	2015	51,7	19,32	2693	52,9	20,73	3495
1,7	50,8	18,32	2250	52,1	19,82	3005	53,3	21,26	3901
1,8	51,2	18,76	2491	52,5	20,28	3326	53,7	21,76	4317
1,9	51,6	19,23	2746	52,9	20,79	3667	54,1	22,29	4757
2,0	51,9	19,56	2993	53,2	21,14	3993	54,4	22,66	5180
2,1	52,1	19,88	3044	53,5	21,49	4328	54,6	23,04	5615
2,2	52,4	20,21	3498	53,7	21,82	4665	54,9	23,41	6054
2,3	52,6	20,40	3729	53,9	22,04	4977	55,1	23,63	6453
2,4	52,7	20,58	3958	54,0	22,24	5282	55,2	23,83	6846
2,5	52,8	20,72	4181	54,2	22,40	5572	55,3	24,00	7236
2,55	52,8	20,69	4252	54,1	22,36	5687	55,3	23,96	7358
2,6	52,8	20,69	4337	54,1	22,36	5789	55,3	23,96	7504
2,65	52,8	20,66	4415	54,1	22,32	5890	55,3	23,91	7634
2,7	52,7	20,58	4476	54,0	22,24	5974	55,2	23,87	7758
2,75	52,7	20,51	4533	54,0	22,16	6050	55,2	23,79	7855
2,8	52,5	20,36	4565	53,9	22,00	6092	55,0	23,58	7899
2,85	52,4	20,14	4572	53,7	21,76	6104	54,9	23,33	7914
2,9	52,1	19,88	4562	53,5	21,49	6069	54,6	23,04	7900
2,95	51,8	19,44	4498	53,1	21,02	6007	54,3	22,53	7786
3,0	50,8	18,32	4259	52,1	19,82	5992	53,3	21,26	7385

Сте- пень на- полне- ния h/r	60/90 сант.			65/97,5 сант.			70/105 сант.		
	С.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	С.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	С.	$\frac{v \text{ мет.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$	$\frac{Q \text{ лит.}}{\sqrt{I} \text{ сек.}}$
0,05	22,1	2,186	2,952	22,8	2,350	3,713	23,4	2,509	4,617
0,1	28,3	3,903	14,40	29,1	4,183	18,11	29,9	4,454	22,36
0,15	32,3	5,394	39,92	33,2	5,772	45,08	34,0	6,135	55,64
0,2	35,1	6,657	66,50	36,1	7,113	83,36	36,9	7,553	102,7
0,25	37,2	7,729	105,7	38,2	8,249	132,5	39,1	8,755	163,0
0,3	38,9	8,640	152,4	39,8	9,216	190,8	40,7	9,776	234,7
0,35	40,3	9,542	209,5	41,3	10,17	262,1	42,2	10,79	322,5
0,4	41,6	10,36	276,0	42,6	11,04	345,1	43,5	11,70	424,2
0,45	42,7	11,17	353,9	43,7	11,89	441,9	44,6	12,60	543,3
0,5	43,8	11,91	441,6	44,7	12,67	551,3	45,6	13,42	677,3
0,6	45,4	13,20	634,4	46,4	14,04	791,7	47,3	14,86	972,1
0,7	46,8	14,45	870,0	47,8	15,36	1085	48,8	16,24	1331
0,8	48,1	15,55	1139	49,1	16,52	1420	50,0	17,47	1742
0,9	49,1	16,60	1448	50,1	17,64	1805	51,1	18,63	2211
1,0	50,1	17,58	1791	51,1	18,66	2232	52,0	19,72	2735
1,1	50,9	18,49	2167	51,9	19,63	2699	52,8	20,72	3304
1,2	51,7	19,33	2571	52,7	20,51	3202	53,6	21,66	3923
1,3	52,3	20,08	2998	53,3	21,30	3732	54,2	22,49	4570
1,4	52,9	20,80	3455	53,9	22,07	4301	54,8	23,29	5263
1,5	53,5	21,49	3937	54,5	22,79	4900	55,4	24,04	5996
1,6	53,9	22,10	4435	54,9	23,42	5515	55,8	24,71	6751
1,7	54,4	22,66	4947	55,4	24,01	6151	56,3	25,33	7528
1,8	54,8	23,18	5475	55,7	24,56	6806	56,7	25,91	8327
1,9	55,2	23,75	6035	56,2	25,16	7500	57,1	26,53	9174
2,0	55,4	24,14	6568	56,4	25,57	8164	57,3	26,96	9983
2,1	55,7	24,54	7119	56,7	25,99	8844	57,6	27,40	10817
2,2	56,0	24,93	7673	57,0	26,41	9539	57,9	27,84	11665
2,3	56,1	25,15	8179	57,1	26,64	10166	58,0	28,08	12428
2,4	56,3	25,38	8682	57,3	26,88	10790	58,2	28,33	13190
2,5	56,4	25,55	9170	57,4	27,06	11395	58,3	28,53	13937
2,55	56,4	25,51	9326	57,4	27,01	11585	58,3	28,48	14172
2,6	56,4	25,51	9513	57,4	27,01	11817	58,3	28,48	14454
2,65	56,4	25,46	9677	57,3	26,96	12024	58,2	28,43	14707
2,7	56,3	25,38	9817	57,3	26,88	12201	58,2	28,33	14916
2,75	56,2	25,29	9939	57,2	26,78	12348	58,1	28,23	15100
2,8	56,1	25,11	10011	57,1	26,60	12443	58,0	28,03	15212
2,85	55,9	24,84	10030	56,9	26,32	12470	57,8	27,74	15249
2,9	55,7	24,54	10017	56,7	25,99	12447	57,6	27,40	15221
2,95	55,4	24,01	9883	56,3	25,43	12220	57,2	26,82	15025
3,0	54,4	22,66	9370	55,4	24,01	11647	56,3	25,53	14256

Сте- пень на- полне- ния h/r	75/112,5 сант.			80/120 сант.			90/135 сант.		
	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.	C.	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет. сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит. сек.
0,05	24,1	2,665	5,623	24,7	2,822	0,773	25,8	3,126	9,503
0,1	30,6	4,722	27,20	31,3	4,988	32,72	32,6	5,503	45,67
0,15	34,8	6,501	67,61	35,5	6,854	81,15	36,9	7,548	113,1
0,2	37,7	7,991	124,7	38,5	8,417	149,5	39,9	9,254	208,0
0,25	39,9	9,254	197,8	40,6	9,741	236,9	42,1	10,69	329,0
0,3	41,5	10,32	284,4	42,3	10,87	340,9	43,8	11,92	473,1
0,35	43,0	11,39	390,8	43,8	11,98	467,7	45,3	18,13	648,7
0,4	44,3	12,35	514,0	45,0	12,85	608,6	46,6	14,22	852,3
0,45	45,5	13,29	657,7	46,3	13,97	786,8	47,8	15,28	1089
0,5	46,5	14,16	820,3	47,3	14,88	980,9	48,8	16,26	1357
0,6	48,2	15,66	1176	49,0	16,45	1145	50,4	17,97	1943
0,7	49,6	17,11	1609	50,4	17,96	1922	51,9	19,60	2656
0,8	50,8	18,40	2105	51,6	19,30	2513	53,1	21,05	3469
0,9	51,9	19,62	2672	52,7	20,58	3190	54,2	22,43	4401
1,0	52,9	20,75	3303	53,7	21,76	3941	55,1	23,71	5434
1,1	53,7	21,80	3992	54,5	22,85	4760	56,0	24,89	6563
1,2	54,4	22,77	4732	55,2	23,86	5643	56,7	25,98	7776
1,3	55,1	23,65	5517	55,9	24,78	6577	57,3	26,96	9056
1,4	55,7	24,48	6350	56,5	25,64	7569	57,9	27,89	10420
1,5	56,2	25,27	7235	57,0	26,47	8624	58,5	28,78	11866
1,6	56,7	25,97	8142	57,5	27,19	9701	58,9	29,56	13349
1,7	57,1	26,61	9077	57,9	27,87	10819	59,3	30,29	14881
1,8	57,5	27,22	10041	58,3	28,49	11960	59,7	30,95	16447
1,9	57,9	27,87	11062	58,7	29,17	13176	60,1	31,68	18111
2,0	58,2	28,33	12040	58,9	29,65	14342	60,4	32,20	19713
2,1	58,5	28,78	13043	59,2	30,12	15533	60,6	32,70	21343
2,2	58,7	29,24	14062	59,5	30,59	16739	60,9	33,22	23008
2,3	58,9	29,49	14981	59,7	30,86	17840	61,1	33,50	24509
2,4	59,0	29,75	15898	59,8	31,12	18927	61,2	33,79	26008
2,5	59,1	29,95	16793	59,9	31,34	19998	61,3	34,02	27576
2,55	59,1	29,89	17070	59,9	31,28	20329	61,3	33,96	27935
2,6	59,1	29,89	17411	59,9	31,28	20735	61,3	33,96	28492
2,65	59,1	29,84	17719	59,9	31,23	21102	61,3	33,90	28991
2,7	59,0	29,75	17978	59,8	31,12	21401	61,2	33,79	29407
2,75	58,9	29,65	18205	59,7	31,02	21674	61,1	33,67	29774
2,8	58,8	29,44	18338	59,6	30,81	21838	61,0	33,44	29999
2,85	58,7	29,14	18387	59,4	30,49	21889	60,9	33,10	30075
2,9	58,5	28,78	18353	59,2	30,12	21855	60,6	32,70	30028
2,95	58,1	28,17	18116	58,9	29,49	21578	60,3	32,03	29660
3,0	57,1	26,61	17190	57,9	27,87	20484	59,3	30,29	28179

Сте- пень па полие- нія h/r	100/150 сант.			110/165 сант.			120/180 сант.		
	C.	$v$ мет.	Q лит.	C.	$v$ мет.	Q лит.	C.	$v$ мет.	Q лит.
		$\sqrt{I}$ сек.	$\sqrt{I}$ сек.		$\sqrt{I}$ сек.	$\sqrt{I}$ сек.		$\sqrt{I}$ сек.	$\sqrt{I}$ сек.
0,05	26,8	3,428	12,85	27,7	3,720	16,89	28,6	4,010	21,65
0,1	33,7	6,012	61,62	34,8	6,506	80,67	35,8	6,988	103,1
0,15	38,1	8,225	152,2	39,3	9,883	221,3	40,3	9,523	215,6
0,2	41,1	10,07	279,9	42,3	10,85	364,3	43,4	11,62	464,3
0,25	43,4	11,62	441,6	44,5	12,52	575,7	45,6	13,39	732,7
0,3	45,1	12,94	634,1	46,2	13,92	825,3	47,3	14,89	1051
0,35	46,6	14,24	868,6	47,8	15,31	1130	48,9	16,36	1437
0,4	47,9	15,41	1140	49,1	16,56	1483	50,2	17,68	1885
0,45	49,1	16,55	1456	50,3	17,78	1894	51,4	18,98	2405
0,5	50,1	17,61	1814	51,3	18,91	2356	52,4	20,17	2991
0,6	51,8	19,44	2595	52,9	20,85	3367	54,6	22,22	4271
0,7	53,2	21,18	3543	54,4	22,81	4596	55,5	24,19	5825
0,8	54,4	22,74	4628	55,6	24,37	6000	56,7	25,94	7600
0,9	55,5	24,21	5866	56,7	25,93	7600	57,7	27,58	9620
1,0	56,4	25,58	7239	57,6	27,38	9375	58,7	29,12	11866
1,1	57,3	26,84	8736	58,4	28,73	11317	59,5	30,54	14314
1,2	58,0	28,00	10346	59,1	29,95	13391	60,2	31,85	16947
1,3	58,6	29,05	11977	59,8	31,07	15591	60,8	33,02	19718
1,4	59,2	30,05	13862	60,3	32,13	17932	61,4	34,14	22676
1,5	59,7	30,99	15774	60,9	33,13	20405	61,9	35,20	25802
1,6	60,2	31,83	17745	61,3	34,01	22943	62,3	36,12	28997
1,7	60,6	32,60	19772	61,7	34,83	25562	62,8	36,99	32307
1,8	61,0	33,32	21858	62,1	35,60	28259	63,1	37,79	35696
1,9	61,4	34,10	24068	62,5	36,42	31103	63,5	38,66	39279
2,0	61,6	34,64	26181	62,8	37,00	33836	63,8	39,26	42715
2,1	61,9	35,18	28348	63,0	37,57	36631	64,0	39,87	46249
2,2	62,2	35,74	30558	63,3	38,15	39485	64,3	40,47	49819
2,3	62,3	36,03	32546	63,4	38,46	42037	64,4	40,82	53107
2,4	62,4	36,33	34524	63,6	38,78	44597	64,6	41,16	56307
2,5	62,6	36,59	36480	63,7	39,05	47094	64,7	41,43	59493
2,55	62,5	36,52	37104	63,6	38,99	47919	64,6	41,36	60468
2,6	62,5	36,52	37835	63,6	38,99	48854	64,6	41,36	61709
2,65	62,5	36,46	38502	63,6	38,92	49701	64,6	41,29	63761
2,7	62,4	36,33	39055	63,6	38,78	50414	64,6	41,16	63745
2,75	62,4	36,22	39552	63,5	38,67	51083	64,5	41,02	64483
2,8	62,3	35,97	39855	63,4	38,41	51469	64,4	40,75	64996
2,85	62,1	35,61	39954	63,2	38,01	51580	64,2	40,34	65149
2,9	61,9	35,18	39894	63,0	37,57	51546	64,0	39,87	65108
2,95	61,5	34,46	39388	62,7	36,80	50894	63,7	39,06	64293
3,0	60,6	32,60	37457	61,7	34,83	48414	62,8	36,99	61181

Сте- пень па- полне- ния <i>h/r</i>	130/195 сант.			140/210 сант.			150/225 сант.		
	C.	<i>v</i> мет.	Q лит.	C.	<i>v</i> мет.	Q лит.	C.	<i>v</i> мет.	Q лит.
		$\sqrt{I}$ сек.	$\sqrt{I}$ сек.		$\sqrt{I}$ сек.	$\sqrt{I}$ сек.		$\sqrt{I}$ сек.	
0,05	29,4	4,292	0,0272	30,2	4,572	0,0388	30,9	4,847	0,0407
0,1	36,7	7,464	0,1293	37,6	7,924	0,1593	38,4	8,379	0,1936
0,15	41,3	10,15	0,3174	42,2	10,76	0,3906	43,0	11,36	0,4726
0,2	44,4	12,37	0,5802	45,3	13,11	0,7132	46,1	13,82	0,8624
0,25	46,6	14,24	0,9145	47,5	15,07	1,123	48,4	15,88	1,357
0,3	48,3	15,82	1,310	49,3	16,73	1,606	50,1	17,62	1,943
0,35	49,9	17,37	1,791	50,8	18,37	2,197	51,7	19,33	2,654
0,4	51,2	18,77	2,348	52,1	19,83	2,875	52,9	20,87	3,475
0,45	52,4	20,15	2,996	53,3	21,26	3,667	54,1	22,36	4,427
0,5	53,4	21,39	3,727	54,3	22,58	4,559	55,2	23,74	5,503
0,6	55,0	23,55	5,313	55,9	24,85	6,503	56,8	26,11	7,843
0,7	56,5	25,63	7,346	57,4	27,03	8,860	58,2	28,38	10,68
0,8	57,7	27,47	9,447	58,6	28,96	11,52	59,4	30,40	13,92
0,9	58,7	29,20	11,95	59,6	30,76	14,60	60,4	32,28	17,60
1,0	59,6	30,81	14,73	60,5	32,45	18,16	61,3	34,04	21,68
1,1	60,4	32,30	17,77	61,3	34,01	21,70	62,1	35,68	26,13
1,2	61,1	33,66	21,02	62,0	35,44	25,67	62,8	37,16	30,90
1,3	61,8	34,89	24,45	62,6	36,73	29,86	63,4	38,51	35,94
1,4	62,3	36,08	28,12	63,2	37,96	34,32	64,0	39,78	41,28
1,5	62,8	37,19	31,99	63,7	39,12	39,03	64,5	40,99	46,95
1,6	63,3	38,15	35,95	64,1	40,15	43,88	64,9	42,06	52,76
1,7	63,7	39,06	40,04	64,5	41,09	48,86	65,3	43,04	58,73
1,8	64,0	39,91	44,26	64,9	41,97	53,97	65,7	43,96	64,89
1,9	64,4	40,82	48,70	65,3	42,91	59,35	66,0	44,95	71,38
2,0	64,7	41,45	52,93	65,5	43,58	64,54	66,3	45,65	77,62
2,1	64,9	42,09	57,33	65,8	44,25	69,87	66,6	46,34	84,01
2,2	65,2	42,73	61,75	66,0	44,91	75,27	66,8	47,03	90,48
2,3	65,3	43,09	65,75	66,2	45,28	80,15	66,9	47,41	96,35
2,4	65,5	43,43	69,75	66,3	45,65	85,05	67,1	47,79	102,18
2,5	65,6	43,72	73,67	66,4	45,96	89,81	67,2	48,11	107,93
2,55	65,6	43,65	74,90	66,4	45,88	91,30	67,2	48,03	109,74
2,6	65,6	43,65	76,39	66,4	45,88	93,14	67,2	48,03	111,93
2,65	65,5	43,58	77,75	66,4	45,81	94,78	67,1	47,96	113,92
2,7	65,5	43,43	78,87	66,3	45,65	96,14	67,1	47,79	115,54
2,75	65,4	43,29	79,87	66,3	45,51	97,39	67,0	47,64	116,92
2,8	65,3	43,01	80,51	66,1	45,21	98,15	66,9	47,33	117,94
2,85	65,1	42,58	80,73	66,0	44,77	98,43	66,7	46,87	118,30
2,9	64,9	42,09	80,64	65,8	44,25	99,33	66,6	46,34	118,21
2,95	64,6	41,24	79,68	65,4	43,37	97,19	66,2	45,41	116,81
3,0	63,7	39,06	75,91	64,5	41,09	92,49	65,3	43,04	111,22

Способы Fröhling'a и Büsing'a представляют собой чисто *аналитические* способы, которые представляются достаточно удобными, если имѣются подъ руками уже готовые вычисленные таблицы.

Но развитіе новаго отдѣла Прикладной Математики—*Номографіи* дало возможность использовать для рѣшенія задачъ, связанныхъ съ подборомъ діаметровъ, *графическій путь*.

Изъ существующихъ графическихъ способовъ мы приводимъ въ нашемъ сочиненіи способы: логарифмо-графическій и изоплетныхъ кривыхъ и прямыхъ

§ 6. **Графические способы подбора водостоковъ.** *Логарифмо-графические способы.* Въ Россіи логарифмо-графическія таблицы для расчета водостоковъ были впервые предложены въ 1907 году инженеромъ Ясюковичемъ<sup>1)</sup>. Эти таблицы посредствомъ системы прямыхъ линий устанавливаютъ простую зависимость между  $Q$ ,  $I$ ,  $d$  и  $v$  при полномъ заполненіи; кромѣ того, примененные авторомъ *вспомогательные масштабы* даютъ возможность рѣшать задачи, связанные съ *неполнымъ заполненіемъ водостока*. Переходя къ изложенію способа Ясюковича, слѣдуетъ имѣть

въ виду, что имѣ таблицы составлены при  $c = \frac{100 \sqrt{R}}{0,3 + \sqrt{R}}$ , а не  $\frac{100 \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}}$ .

Для каждаго сѣченія водостока  $\omega$ ,  $p$  и  $R$  будутъ пропорціональны определеннымъ степенямъ какого-нибудь измѣренія даннаго сѣченія, при чемъ для каждаго сѣченія подобные коэффициенты могутъ быть легко вычислены.

Такъ, напримѣръ, для круга  $\omega = \pi d^2$ ;  $p = \pi d$  и  $R = 0,25d$ . Поэтому вообще для любой формы сѣченія  $\omega = md^2$ ;  $R = nd$  (см. таблицу XXIX).

Возьмемъ основное уравненіе для  $Q$  и подставимъ новыя значенія для  $\omega$  и  $R$ .

$$Q = \frac{100 R \omega \sqrt{I}}{0,3 + \sqrt{R}} = \frac{100 mnd^3 \sqrt{I}}{0,3 + \sqrt{nd}}$$

Относя расходы къ часу вмѣсто секунды, мы получимъ  $Q_{час}$ .

$$Q_{час} = \frac{100 \cdot 3600 mnd^3}{0,3 + \sqrt{nd}} = M \sqrt{I} \dots \dots (140)$$

$Q_{час}^2 = M^2 J$  т. е. расходъ и уклонъ связаны *уравненіемъ параболы*.

Прологарифмируемъ уравненіе (140)  $lg Q = lg M + 1/2 lg I \dots (141)$ .

Это уравненіе уже представитъ собой *уравненіе прямой*  $y = ax + b$  т. е. прямой, пересекающей ось  $lg Q$  на разстояніи  $lg M$  отъ начала координатъ и составляющей уголъ съ осью  $lg I$ , тангенсъ котораго равенъ  $1/2$ . Ве-

<sup>1)</sup> М. С. Ясюковичъ. О примененіи графическихъ методовъ расчета въ водопроводномъ дѣлѣ, Труды VIII Водопроводнаго Съѣзда.

личина  $lg M$  зависитъ отъ размѣровъ сѣченія, а тангенс наклона прямой останется равнымъ  $1/2$  для всѣхъ сѣченій.

На основаніи уравненія (141) и построены логариѣмо-графическія таблицы XXXIV—XXXVI.

Сначала мы должны построить *логариѣмическую сѣтку*. Для этой цѣли мы откладываемъ въ опредѣленномъ масштабѣ на вертикальной оси (оси расходовъ) логариѣмы значеній  $Q$  отъ 1 до 100000 т. е. величины отъ 0 до 5, а затѣмъ на горизонтальной (оси уклоновъ) логариѣмы отъ 0,1 до 0,0001 т. е. отъ  $-1$  до  $-4$ . Но для удобства пользованія таблицами на обѣихъ осяхъ  $Q$  и  $I$  надписываемъ дѣйствительныя значенія вмѣсто ихъ логариѣмовъ.

За положительное направленіе оси  $I$  принято направленіе справа налѣво.

Послѣ вычерчиванія логариѣмо-графической сѣтки наша задача сводится лишь къ вычисленію для каждаго діаметра капаловъ опредѣленнаго типа величинъ  $lg M = lg \left( \frac{3600 : 100 m n d^3}{0,3 + \sqrt{n} \cdot \sqrt{d}} \right)$ , къ отложенію вычисленныхъ величинъ по линіи расходовъ  $Q$  и проведенію черезъ полученныя точки ряда параллельныхъ линій съ уклономъ  $1/2$ .

Значенія  $lg M$  слѣдуетъ откладывать по вертикальной линіи, проходящей чрезъ точку  $I = 1$ , но, такъ какъ этой линіи нѣтъ на чертежѣ, то можно наносить величины, соответствующія не  $I = 1$ , а  $I = 0,01$ .

Уравненіе  $lg Q = lg M + 1/2 lg I$  обратится при  $I = 0,01$  въ зависимость  $lg Q = lg M - 1$ , показывающую, что по линіи  $I = 0,01$  надо откладывать не величины  $lg M$ , а тѣ же величины, уменьшенныя единицей.

Затѣмъ мы перейдемъ къ изложенію приѣмовъ по построенію *линій равныхъ скоростей*, т. е. линій, соединяющихъ такія точки на прямыхъ одинаковаго типа сѣченія, для которыхъ, при опредѣленныхъ ими  $Q$  и  $I$ , получаются *одинаковыя скорости*, равныя послѣдовательно 1, 2, 3 и т. д. метрамъ въ секунду.

Для вывода уравненій этихъ линій поступимъ такъ:

$$Q = 3600 \omega \cdot v = 3600 m d^3 v; \text{ отсюда}$$

$$d = \frac{\sqrt{Q}}{60\sqrt{m}\sqrt{v}}; R = nd = \frac{n\sqrt{Q}}{60\sqrt{m}\sqrt{v}}$$

$$v = \frac{100 R}{0,3 + \sqrt{R}} \sqrt{I}; 100 R \sqrt{I} = 0,30 v + v \sqrt{R}$$

Подставляя вмѣсто  $R$  его значеніе, имѣемъ

$$\frac{100 n \sqrt{Q}}{60 \sqrt{m} \sqrt{v}} \sqrt{I} = 0,3 v + \frac{v \sqrt{n} \sqrt{Q}}{7,746 \sqrt{m} \sqrt{v}}$$

$$100\sqrt{Q} \sqrt{I} = \frac{18\sqrt{m}Vv^3}{n} + \frac{60\sqrt{m} \sqrt{n} \sqrt[4]{Q} \sqrt[4]{V} v^3}{7,746n\sqrt{m} \sqrt{v}}$$

$$100 \sqrt{Q} \sqrt{I} = \frac{18 \sqrt{m} V v^3}{n} + \frac{7,746 \sqrt{m} \sqrt[4]{V} v^3 \sqrt[4]{Q}}{\sqrt{n}} \dots (142)$$

Если въ этомъ уравненіи задаться опредѣленнымъ  $v = 1, 2, 3$  мет. и т. д., то по ряду значеній  $Q_1, Q_2, Q_3 \dots$  мы можемъ вычислить  $I_1, I_2, I_3 \dots$ . Соединяя точки  $(Q_1, I_1), (Q_2, I_2) \dots$ , и т. п., мы получимъ кривую, соответствующую выбранной постоянной скорости  $v$ .

На основаніи вышеизложенныхъ соображеній построены три *логарифмическія таблицы для круглыхъ, овоидальныхъ (2:3) и лотковыхъ каналовъ* (табл. XXXIV—XXXVI).

*Кривыя равныхъ скоростей*, опредѣляемыя по уравненію (142), при построеніи представляютъ собой кривыя линіи, мало изогнутыя и параллельныя между собой.

Такъ какъ при расчетахъ скорость можетъ имѣть лишь повѣрочное значеніе, то получающіяся *кривыя* замѣнены нами на графикахъ *системами параллельныхъ прямыхъ*. Дѣйствительныя кривыя на таблицахъ XXXIV—XXXVI показаны для скорости  $v = 1$  мет.; по нимъ можно судить о размѣрахъ нашего допущенія.

На построенныхъ такимъ образомъ таблицахъ можно рѣшать задачи *при полномъ заполненіи стѣчненія*. Для возможности рѣшенія задачъ, связанныхъ съ *неполнымъ заполненіемъ*, инженеромъ Ясюковичемъ предложены, показанные съ боковъ графиковъ, особыя *вспомогательныя масштабы*. Мы уже выше приводили графики (черт. 103—106), на которыхъ были изображены кривыя измѣненія  $Q$  и  $v$ .

Чтобы перейти по этимъ графикамъ отъ  $Q$  и  $v$  при полномъ наполненіи къ  $Q$  и  $v$  при другомъ наполненіи, необходимо  $Q$  помножить на получающійся по графикамъ коэф.  $\alpha$  и  $v$  на коэф.  $\beta$  т. е.  $Q_1 = \alpha Q$  и  $v_1 = \beta v$ .

Вмѣсто того, чтобы множить  $Q$  на  $\alpha$ , можно дѣлать его на  $1/\alpha$ ; на логарифмическихъ же таблицахъ на которыхъ отложены не  $Q$ , а  $\lg Q$  дѣленіе выразится тѣмъ, что изъ  $\lg Q$  нужно будетъ вычесть  $\lg 1/\alpha$ —

$$Q_1 = Q : \frac{1}{\alpha}; \lg Q_1 = \lg Q - \lg \frac{1}{\alpha} \dots (143)$$

$$\text{Также и } \lg v_1 = \lg v - \lg \frac{1}{\beta} \dots (144)$$

Чтобы удобнѣе производить такое вычитаніе, можно построить *масштабъ*, на которомъ надо лишь предварительно отложить въ масштабъ,

ТАБЛИЦА XXXIV.

Таблица для круглых сѣченій.

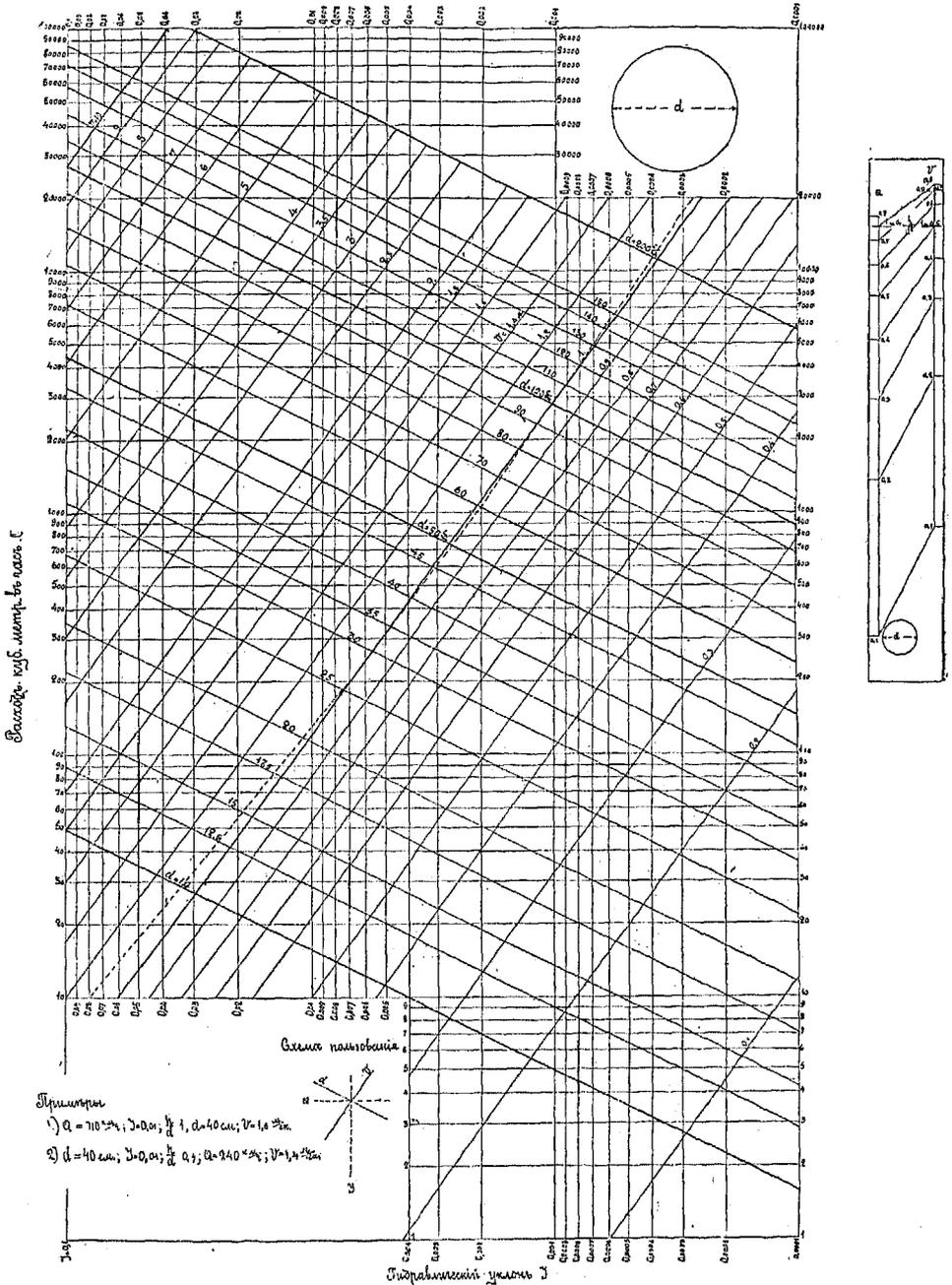
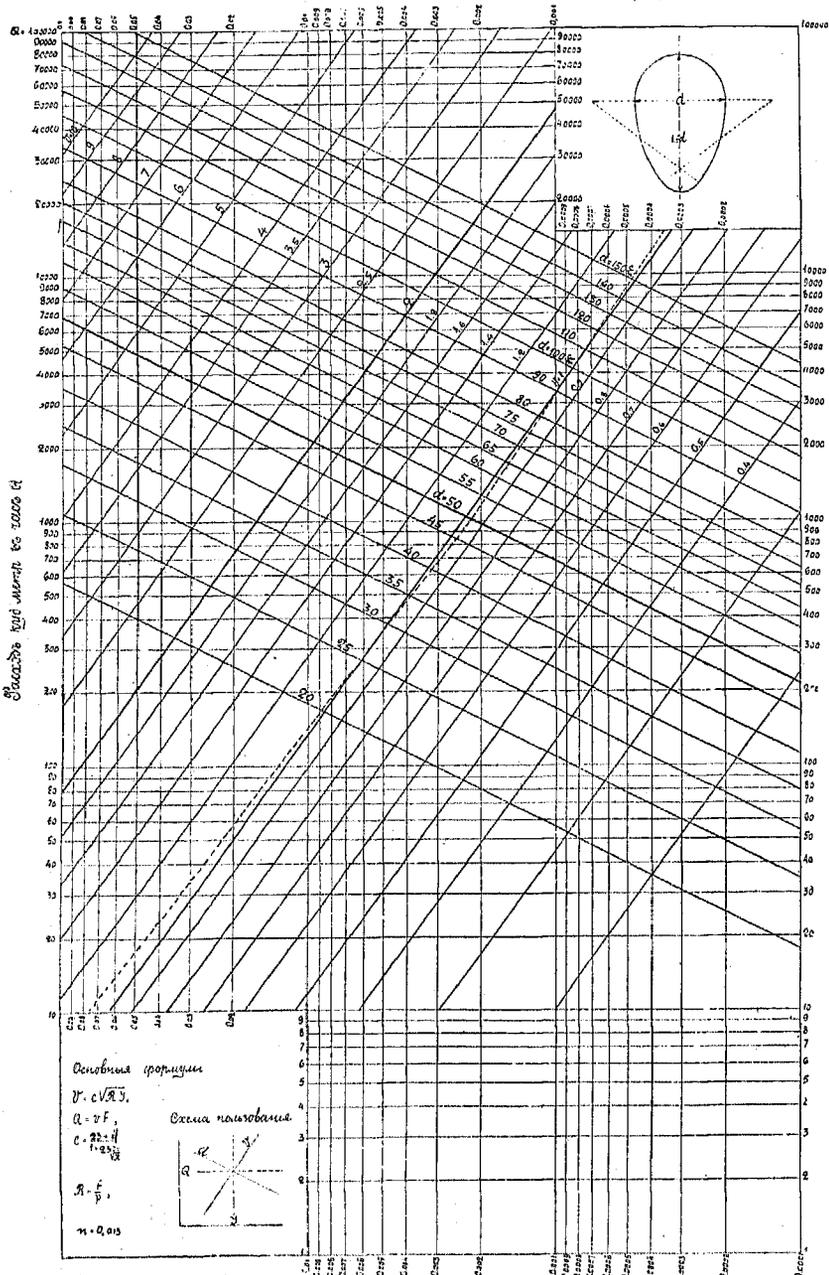


ТАБЛИЦА XXXV.

Таблица для обыкновенных овоидальных сѣченій.



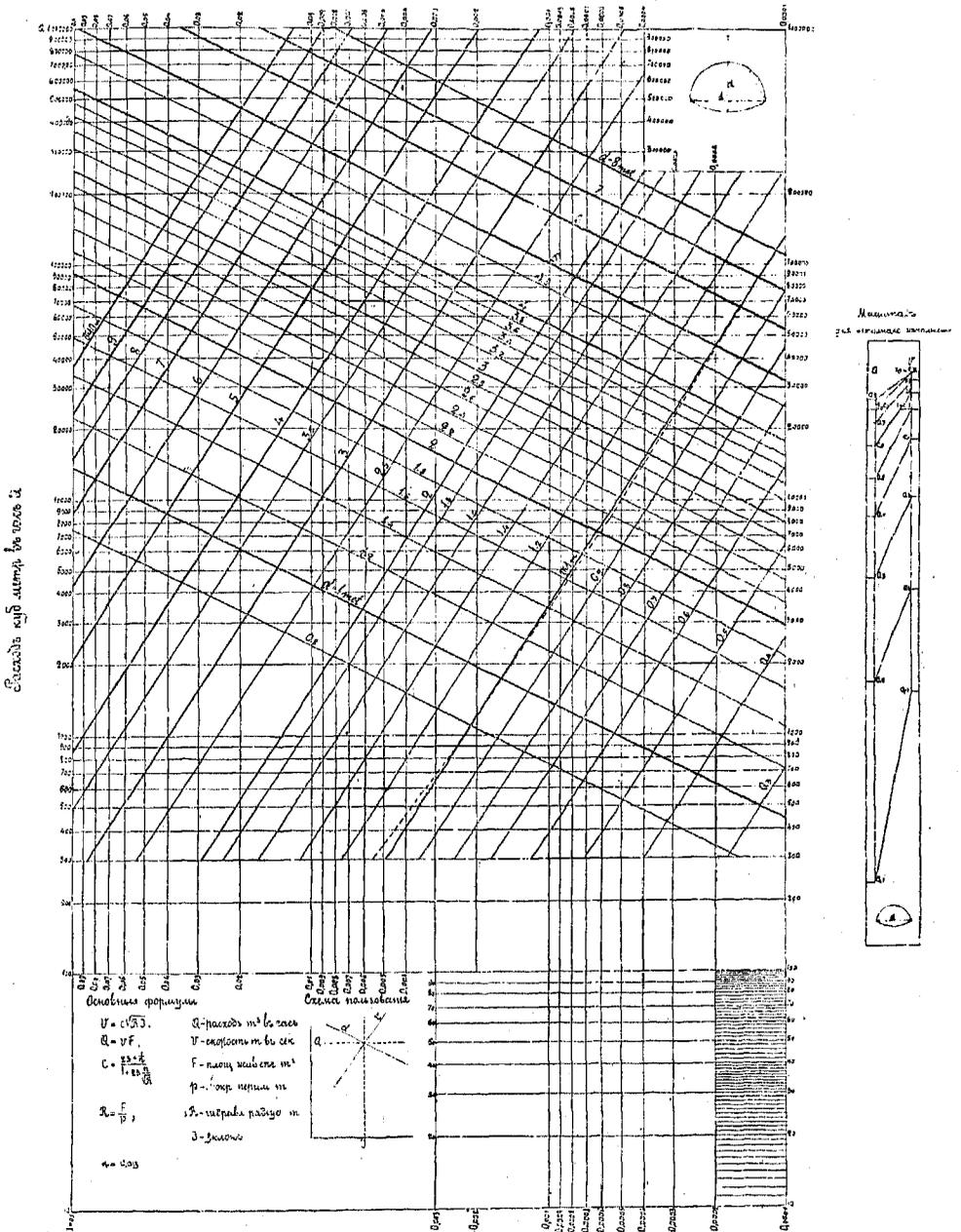
Гидравлический уклон  $J$

Примеры

- 1)  $Q = 15000 \text{ м}^3/\text{сут}$ ,  $J = 0.001$ ,  $R_{\text{ок}} = 1$ ,  $d = 100 \text{ см}$ ,  $V = 3.5 \text{ м/сек}$ .
- 2)  $d = 100 \text{ см}$ ,  $J = 0.001$ ,  $R_{\text{ок}} = 0.8$ ,  $Q = 3800 \text{ м}^3/\text{сут}$ ,  $V = 3 \text{ м/сек}$ .

ТАБЛИЦА XXXVI.

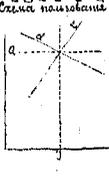
Таблица для лотковых сечений.



Основные формулы

$V = C \sqrt{R}$   
 $Q = VF$   
 $C = \frac{49.48}{1.49 R^{0.0475}}$   
 $R = \frac{F}{P}$   
 $n = 0.03$

$Q$  - расход  $m^3$  в секунду  
 $V$  - скорость  $m$  в сек  
 $F$  - площадь сечения  $m^2$   
 $P$  - периметр  $m$   
 $R$  - гидр. радиус  $m$   
 $n$  - коэффициент



Гидравлический уклон J

Приторм

- 1)  $Q = 30000 \text{ м}^3, J = 0.01, n = 0.03, d = 2000 \text{ мм}, V = \frac{Q}{F}$
- 2)  $Q = 5000 \text{ м}^3, J = 0.01, n = 0.03, d = 5600 \text{ мм}, V = \frac{Q}{F}$

принято для  $lg Q$ , величины логарисмовъ  $^{1/\alpha}$ , подписавъ противъ дѣлений соответствующи имъ величины заполненій (черт. 107).

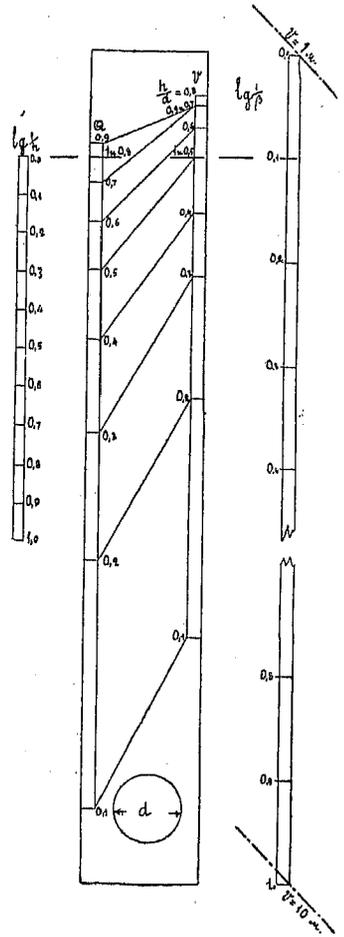
Графики измѣненія  $Q$  и  $v$  для круглыхъ сѣченій показываютъ, что количество жидкости, протекающее по круглому водостоку, будетъ наибольшимъ приблизительно при 0,9, а при заполненіи приблизительно въ 0,8 одинаково съ количествомъ, отвѣчающимъ полному заполненію, а при меньшихъ степеняхъ заполненій меньше этого послѣдняго. Поэтому на масштабѣ отмѣтка 0,8 совпадаетъ съ 0,1, а 0,9 лежитъ выше 1, остальные же ниже единицы.

Если мы подобный масштабъ, показанный съ правой стороны графическихъ таблицъ (XXXIV—XXXVI) вырѣжемъ и наложимъ его на таблицу вертикально краемъ съ масштабомъ  $Q$  влѣво и такъ, чтобы точка съ заполненіемъ  $\frac{h}{d} = 1$  и 0,8 совпадала бы съ точкою, отвѣчающей условіямъ полного заполненія, то у точки съ подписью заданнаго наполненія найдемъ  $Q$ , для этого заполненія или обратно по  $Q$ ,  $I$  и  $d$  найдемъ отвѣчающее ему заполненіе.

Такимъ же путемъ построенъ масштабъ и для скорости круглыхъ сѣченій (черт. 107). Здѣсь только нужно обратить вниманіе, въ какомъ масштабѣ долженъ быть отложенъ  $lg \frac{1}{\beta}$ . На таблицахъ (XXXIV. — XXXVI) скорость колеблется между 1 и 10 мет. Слѣдовательно, если мы хотимъ вообще передвигаться отъ одной скорости къ другой по горизонтальному направленію, то надо смѣрить разстояніе между  $v = 1$  м. и  $v = 10$  м. по горизонтальной линіи и принять его за единицу и въ этомъ

масштабѣ отложить  $lg \frac{1}{\beta}$ . Графики измѣненія  $v$  (черт. 103—106) даютъ намъ детальныя указанія для построенія масштаба. Чтобы по масштабу скорости опредѣлить величину скорости при какомъ-нибудь заполненіи, надо масштабъ положить на таблицу горизонтально, краемъ съ масштабомъ  $v$  кверху и такъ, чтобы точка, отвѣчающая условіямъ полного заполненія, совпала бы съ точкой

черт. 107.



масштаба, отмѣченнаго дѣленіемъ 1 и 0,5; тогда дѣленіе масштаба съ под-  
писью желаемаго заполнения опредѣлитъ отвѣчающую этому заполненію  
скорость.

Подобнымъ же образомъ построены масштабы и для другихъ сѣченій.  
Схемы пользованія таблицами и прѣмѣры показаны на таблицахъ XXXIV—  
—XXXVI.

*Способы изоплетныхъ кривыхъ и прямыхъ.* Способъ изоплетныхъ  
кривыхъ для  $Q$  и  $v$  основанъ на возможности преобразованія основныхъ  
разсчетныхъ уравненій въ вышеприведенныя уравненія параболы,

Уравненія  $v = c\sqrt{R I}$  и  $Q = C\omega\sqrt{R I}$  превращаются въ уравненіе  
параболъ.

$$v^2 = C^2 R I = A I . . . (145) \text{ и } Q^2 = C^2 \omega^2 R I = B I . . . (146)$$

такъ какъ  $C = f(R)$ .

Эти выраженія легко построить, принимая за переменныя  $Q$ ,  $v$  и  $I$   
для любого сѣченія при опредѣленномъ наполненіи. Сначала, выбирая ось абс-  
циссъ для  $I$  и ось ординатъ для  $Q$ , мы строимъ *параболы для расходовъ*  
при известной степени наполненія водосточныхъ сѣченій опредѣлен-  
наго типа. Эти параболы, какъ видно изъ уравненія  $Q^2 = B I$ , будутъ выхо-  
дить изъ начала координатъ (табл. XXXVII).

Вмѣсто *параболъ скоростей* мы строимъ *кривыя равныхъ скоростей*  
опредѣленной величины 1,1,5, 2,2,5, 3 мет. и т. д. Для этой цѣли мы подъ  
*графикомъ параболъ Q* строимъ также *графикъ параболъ v*, выбирая  
ось  $v$  за ось ординатъ; затѣмъ проводимъ чрезъ равныя разстоянія по ниж-  
нимъ графикамъ абсциссы, соответствующія скоростямъ въ 1, 1, 5, 2, 2, 5 мет.  
и т. д.; полученныя такимъ образомъ точки на параболахъ сносимъ на  
верхнія параболы, гдѣ, соединяя рядъ точекъ, относящихся къ одной и той  
же  $v$ , получаемъ *кривыя скоростей (изотакхи)*.

Пользованіе такимъ графикомъ весьма просто: по даннымъ двумъ ве-  
личинамъ изъ 4 переменныхъ  $Q$ ,  $v$ ,  $d$  и  $I$  легко находятъ двѣ остальные.  
Таблица XXXVII построена при половинномъ заполненіи.

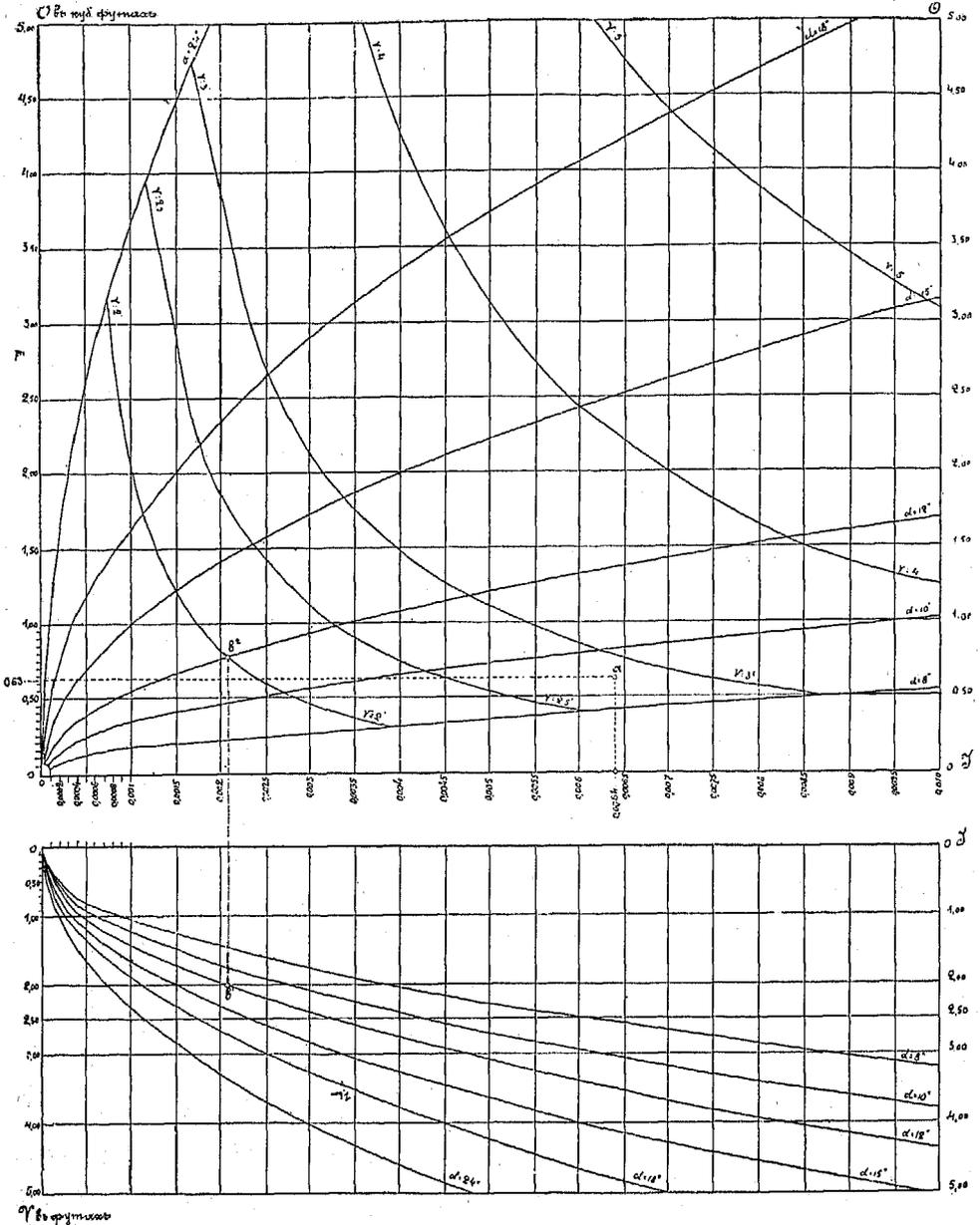
*Численный примѣръ.* Даны  $Q = 0,63$  кв. фт. и  $I = 0,0064$ , требуется опредѣлить  
діаметръ трубы? Для рѣшенія этой задачи откладываемъ на оси ординатъ 0,63 по  
масштабу расходовъ, а на оси абсциссъ 0,064 по масштабу уклоновъ и проводимъ  
изъ этихъ точекъ перпендикуляры до мѣста пересѣченія. Мѣстопахожденіе точки  
пересѣченія указываетъ, что требуемый діаметръ заключается между 8" и 10", а  
скорость между 2',5 и 3',5. Мы должны взять больній діаметръ 10", такъ какъ при  
немъ еще получится скорость, достаточная для самоочищенія трубы.

Данный графикъ облегчаетъ рѣшенія задачъ при опредѣленной сте-  
пени наполненія; его бы слѣдовало пополнить вспомогательными масшта-  
бами для рѣшенія задачъ съ любыми степенями заполнения, но мы размот-  
рѣли составленіе такихъ масштабовъ при изложеніи способа *изоплетныхъ*  
*прямыхъ*.

Способ *изоплетныхъ прямыхъ*, предложенный П. Ф. Горбачевымъ <sup>1)</sup> представляет собой выгодное видоизмѣненіе способа *изоплетныхъ кривыхъ*.

ТАБЛИЦА XXXVII.

Таблица для подбора водостоковъ круглаго сѣченія.



1) П. Ф. Горбачевъ. О расчетъ скоростей течения и отводоспособностей въ водопроводахъ и водостокахъ. 1901.

Онъ состоитъ въ замѣнѣ *уравненій параболъ*, выходящихъ изъ начала координатъ, *уравненіями прямыхъ*, выходящихъ изъ начала координатъ. Дѣйствительно уравненія  $v = \sqrt{R\bar{I}}$  и  $Q = C \sqrt{R\bar{I}}$  легко преобразуются въ уравненія  $v = A\sqrt{\bar{I}}$  (147) и  $Q = B\sqrt{\bar{I}}$  (148), которыя соотвѣтствуютъ уравненію прямой  $y = ax$ . Поэтому, вычисливъ *коэффициенты отводоспособности*  $A$  и  $B$ , мы совершенно такимъ же путемъ построимъ сначала прямыя отводоспособности для  $\sqrt{\bar{I}}$  (ось абсциссъ) и  $Q$  (ось ординатъ) для типовъ сѣченій опредѣленнаго діаметра. (Табл. XXXVIII).

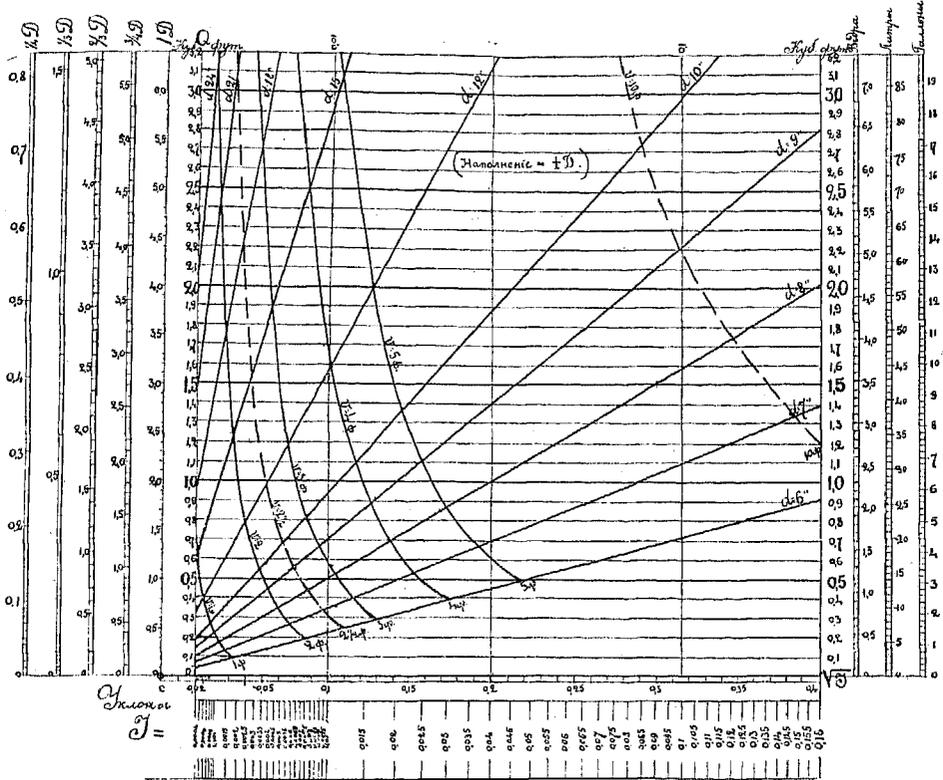
Но для построенія этихъ *прямыхъ линій* намъ достаточно вычислить только *одну точку* для даннаго діаметра, для каковой цѣли удобнѣе выбрать простѣйшее  $\sqrt{\bar{I}}$  (напримѣръ 0,1, соотвѣтственное уклону  $I = 0,001$ ). На оси абсциссъ мы вмѣсто  $\sqrt{\bar{I}}$  подписываемъ для удобства пользованія величины  $I$ . Для построенія *кривыхъ равныхъ скоростей* мы вмѣсто построенія пучка прямыхъ  $v$  въ нижнемъ графикѣ и послѣдовательнаго перенесенія точекъ можемъ построить легко *изотакхи* сразу на верхнемъ графикѣ. (Табл. XXXIX).

Для построенія *изотакхъ* мы вычислимъ для  $v = 1$  мет. изъ уравненія  $\sqrt{\bar{I}} = \frac{v}{A} = \frac{1}{A}$ ; вычисливъ величину  $\frac{1}{A}$  для извѣстнаго діаметра, получаемъ  $\sqrt{\bar{I}}$  и изъ оси абсциссъ на разстояніи  $\sqrt{\bar{I}}$  проводимъ ординату до пересѣченія съ прямой отводоспособности даннаго діаметра; повторяя подобныя дѣйствія для другихъ діаметровъ, мы получаемъ на прямыхъ отводоспособностей рядъ точекъ, соединяя которыя мы получаемъ изотакху скорости въ 1 мет. Для скорости  $v = 2$  мет., мы будемъ имѣть  $\sqrt{\bar{I}} = \frac{2}{A}$  т. е. вдвое большую величину; слѣдовательно по закону пропорціональныхъ линій—отрѣзки линій отводоспособности между началомъ координатъ и первой изотакхой ( $v = 1$  м.) и первой и второй ( $v = 2$  м.) изотакхами равны между собой. Слѣдовательно послѣ построенія первой изотакхи намъ не требуется дѣлать дальнѣйшихъ вычисленій, а лишь откладывать на каждой линіи эти отрѣзки между началомъ координатъ и первой изотакхой. Дѣля эти отрѣзки на извѣстныя части, мы получимъ изотакхи любой величины. Теперь намъ остается сказать нѣсколько словъ о построеніи *масштабовъ* для различныхъ глубинъ наполненій. Для вычисленія величины дѣленій берутся отношенія между  $Q$  (расходомъ при полномъ заполненіи) и  $Q$  (расходомъ при наполненіи  $1/2, 2/3, 3/4$  и т. д.) изъ графиковъ измѣненій  $Q$  и  $v$ ; (чер. 103—106) величина  $\frac{Q}{Q_0}$  опредѣляетъ, какую часть дѣленія при полномъ заполненіи составляетъ дѣленіе при данномъ заполненіи. Число такихъ масштабовъ произвольно и зависитъ отъ желанія получить большую точность при расчетѣ, что можетъ, практически играть роль для общесплавной системы. Таблица XXXIX представляетъ собой графикъ съ показаніемъ масштабовъ



для наполненія и перевода ведеръ въ литры и галлоны, построенный при половиномъ наполненіи; пользование этимъ весьма удобнымъ графикомъ будетъ ясно изъ слѣдующихъ примѣровъ.

ТАБЛИЦА XXXIX.



**Численный примѣръ 1.** Даны: расходъ  $Q = 0,9$  куб. фут., уклонъ  $I = 0,02$  наполненіе  $1/2$ ; требуется найти діаметръ  $d$  и скорость  $v$ .

Для рѣшенія этой задачи восстанавливаемъ перпендикуляры изъ точекъ на оси абсциссъ  $0,02$  и ординатъ  $0,9$ ; точка пересѣченія этихъ перпендикуляровъ намъ показываетъ, что ближайшій большій діаметръ будетъ  $9''$ , а скорость по интерполяции между изотаксами въ  $4$  и  $5$  футъ будетъ равна  $4,3$ .

**Численный примѣръ 2.** При уклонѣ  $I = 0,015$   $d = 9''$  пропускаетъ  $0,86$  куб. фут. при половиномъ исполненіи и имѣетъ скорость  $3,9$  фута; требуется опредѣлить расходъ при наполненіи  $2/3$ . Для получения расхода проводимъ перпендикуляръ изъ точки абсциссъ  $0,86$  до масштаба съ наполненіемъ  $2/3$  и читаемъ на немъ  $1,33$ , слѣдовательно расходъ при наполненіи  $2/3$  будетъ равняться  $1,33$  куб. фута.

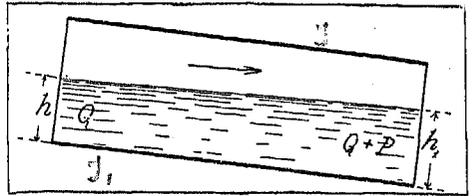
Изъ рассмотрѣнныхъ нами двухъ категорій способовъ слѣдуетъ при массовыхъ вычисленіяхъ, имѣющихъ мѣсто при подборѣ діаметровъ городской канализаціонной сѣти, отдавать предпочтеніе способамъ графическимъ, какъ способамъ, при которыхъ сокращается производство различныхъ вычисленій. Сравнивая же между собой графическіе способы, мы

должны сказать, что использование способа логарифмо-графических таблиц требует применения логарифмов для построения на сетке для логарифмических таблиц.

Впрочем, построение логарифмо-графических таблиц облегчается при пользовании печатными логарифмическими сетками и дает полную возможность решать задачи при любом заполнении водостоків. Но все же самым простым графиком, который можно построить весьма быстро, является график инженера Горбачева, совершенно устраняющий пользование логарифмами и доступный пониманию даже техника со средним образованием. Таким образом рекомендуемым нами способом является *изоплетных прямых*.

§ 7. Уклон дна и построение продольного профиля водостоків. Мы уже выше упоминали в главѣ VII, что на практикѣ очень часто смѣниваютъ уклонъ поверхности воды в водостокахъ съ уклономъ ихъ дна  $I_1$ ; правда, при небольшихъ водостокахъ разница между  $I$  и  $I_1$  будетъ невелика и  $I_1$  можетъ быть принятъ параллельнымъ  $I$ , но при среднихъ и большихъ размѣрахъ водостоківъ разница между ними выступаетъ рельефно. Во всѣхъ водосточныхъ линіяхъ, кромѣ начальныхъ, по каналамъ протекаетъ нѣкоторое количество  $Q$ , которое попадаетъ съ верховой стороны и называется *транзитнымъ* расходомъ; къ этому количеству по длинѣ канала  $L$  изъ обслуживаемыхъ имъ дворовыхъ мѣстъ постепенно будутъ добавляться нѣкоторые расходы, которые в концѣ канала достигнутъ нѣкотораго расхода  $P$ , называемаго *попутнымъ* расходомъ.

чер. 108.

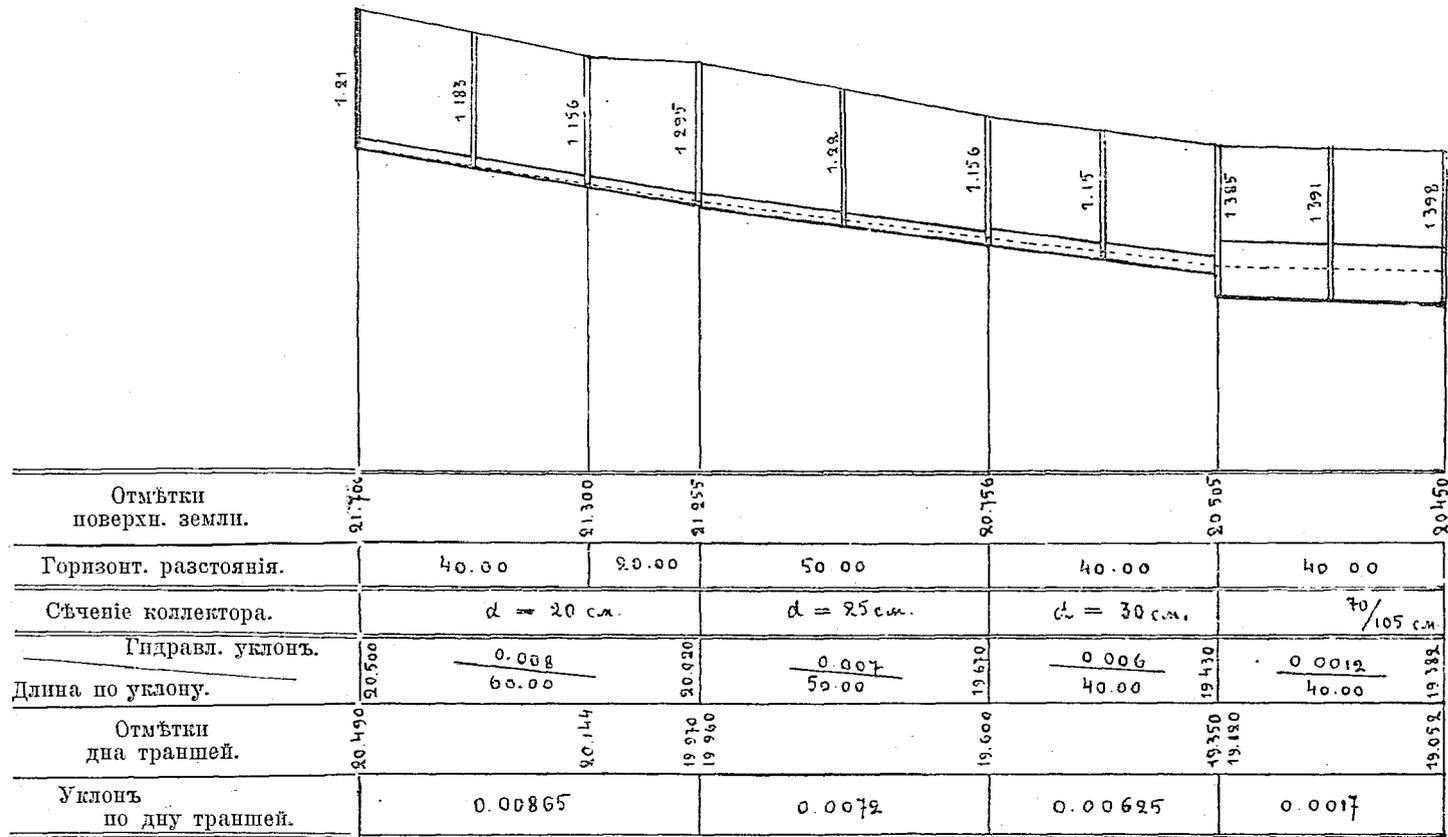


Такимъ образомъ в началѣ каждаго канала будетъ транзитный расходъ  $Q$ , а в концѣ транзитный, сложенный съ попутнымъ  $Q_1 = Q + P$  (чер. 108).

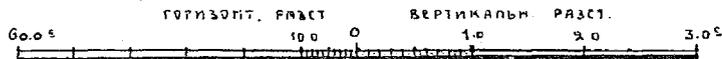
Поэтому для того, чтобы перейти отъ  $I$  къ  $I_1$ , намъ необходимо вычислить в началѣ и концѣ канала глубины заполнения  $h$  и  $h_1$ , соответствующія расходамъ  $Q$  и  $Q_1$  и отложивъ ихъ отъ поверхности воды в каналѣ получить линію  $I_1$ . Такимъ образомъ  $I_1 = \frac{h_1 - h}{L}$ . Затѣмъ, откладывая вверхъ отъ линіи уклона  $I$  в началѣ и концѣ канала разности между полной высотой сѣченія  $H$  и заполненіемъ ( $h$  и  $h_1$ )  $H - h$  и  $H - h_1$ , мы получимъ линію верхней производящей канала.

Послѣ ознакомленія съ приемами расчета намъ остается сказать нѣсколько словъ о построении продольного профиля водосточныхъ линій. Всякая канализаціонная сѣтка можетъ быть разбита на рядъ отдѣльныхъ

чер. 109.  
Продольный профиль коллектора.



МАСШТАБЪ



водосточныхъ линій, связанныхъ другъ съ другомъ въ известныхъ пунктахъ. Расчетъ сѣченій въ канализаціонной сѣти нужно начинать съ наидлиннѣйшей водосточной линіи, такъ какъ если намъ удастся умѣло распределить уклоны и подобрать діаметры на подобной линіи, то распределение уклоновъ и подборъ діаметровъ на другихъ примыкающихъ къ ней водосточныхъ линіяхъ не представитъ труда, такъ какъ эти линіи въ смыслѣ распределения общаго паденія будутъ въ лучшихъ условіяхъ.

Когда у насъ всѣ уклоны распределены, вычислены расчетные расходы, діаметры и глубины заполнения и проверены скорости, то построение продольныхъ профилей не представитъ затрудненій. Разсмотримъ примѣненіе общесплавной системы и предположимъ, что нашъ профиль состоитъ изъ 4 отдѣльныхъ каналовъ: трехъ круглыхъ діам. 20, 25 и 30 и одного овоидальнаго 70/105 (чер. 109). Сначала мы откладываемъ, начиная съ верхового конца по вычисленной глубинѣ уклоны поверхности воды въ водостокахъ; по вычерчиваніи этой линіи, показанной на черт. 109 пунктиромъ, мы откладываемъ отъ нея по предыдущему соответственныя глубины заполнения при ливневомъ расходѣ и получаемъ уступчатую линію уклоновъ дна; затѣмъ, согласно размѣрамъ сѣченія проводимъ параллельно уступчатую линію верхней производящей сѣченій. зная толщину стѣнокъ сѣченій, мы получаемъ отмѣтки дна ихъ ровъ.

Подъ построеннымъ такимъ образомъ профилемъ (масшт. гориз. разст. 1:2500, верт. 1:100) подписываются въ горизонтальныхъ столбцахъ: отмѣтки поверхности земли, горизонтальныя разстоянія между смотровыми колодцами, сѣченія коллекторовъ, уклоны поверхности воды (гидравлическіе уклоны), отмѣтки дна траншей и уклоны ихъ дна. Кромѣ того наносятся смотровые колодцы, оси пересѣкающихъ данную линію улицъ, примыканія другихъ водосточныхъ каналовъ, ливнеспуски, дюкера и т. под.

При примѣненіи полной раздѣльной системы въ случаѣ устройства двухъярусныхъ каналовъ необходимо вычерчиваніе обоихъ водосточныхъ линій на одномъ и томъ же продольномъ профилѣ, при чемъ въ каждомъ изъ нихъ наносится своя линія уклоновъ поверхности сточныхъ водъ.

## Г Л А В А X.

### § 1. Общія требованія, предъявляемыя къ матеріаламъ для водостоковъ.

Уличные водосточные каналы должны обладать достаточной прочностью. и быть сдѣланы изъ такого матеріала, который былъ бы непроницаемъ для выхода сточныхъ водъ въ почву, хорошо бы сопротивлялся механическому дѣйствию сточныхъ водъ при движениіи тяжелыхъ частицъ по дну каналовъ и не подвергался бы развѣданію отъ химическаго воздѣйствія сточныхъ водъ, въ которыхъ въ большей или меньшей степени содержатся кислоты; кромѣ того, матеріалъ для каналовъ долженъ обладать свойствомъ принимать въ обработкѣ употребительныя формы поперечныхъ сѣченій, при чемъ внутренняя поверхность каналовъ ради уменьшенія трѣнія должна быть по возможности гладкой.

Этимъ требованіямъ въ большей или меньшей степени удовлетворяютъ различные матеріалы: бутъ, тесовый камень, кирпичъ, бетонъ, железобетонъ, керамиковая глина, желѣзо, чугунъ, асфальтъ и др.

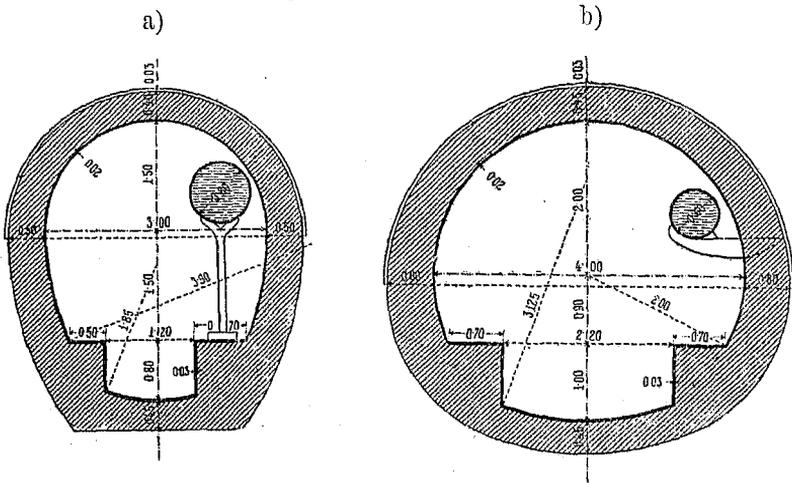
§ 2. Каналы изъ бутовой, тесовой и кирпичной кладки. Каналы изъ *бутовой кладки* устраиваются очень рѣдко. Вслѣдствіе неправильной формы отдѣльныхъ камней швы кладки выходятъ широкими, неплотными, а внутренняя поверхность канала настолько неровной, что ея оштукатурка цементнымъ растворомъ (для достиженія необходимой гладкости и водонепроницаемости стѣенокъ) является необходимой. Каналы изъ *бутовой кладки* устроены въ нѣкоторыхъ городахъ *Франціи* и *Италіи*, такъ какъ тамъ имѣется недорогой камень, допускающій удобную обработку. Примѣрами каналовъ изъ *бутовой кладки* могутъ служить общесплавные каналы городовъ *Парижа* и *Неаполя* (черт. 110а—d). Подошва этихъ каналовъ дѣлается иногда изъ кирпича, бетона, керамики.

На чертѣжѣ 111 показанъ типъ канала изъ *бутовой кладки* съ *кирпичной подошвой*.

*Каналы изъ тесовой кладки* вслѣдствіе дороговизны обработки камня весьма рѣдко употребляются для постройки каналовъ. Примѣрами такихъ каналовъ являются каналы, сооруженные для общесплавной капали-

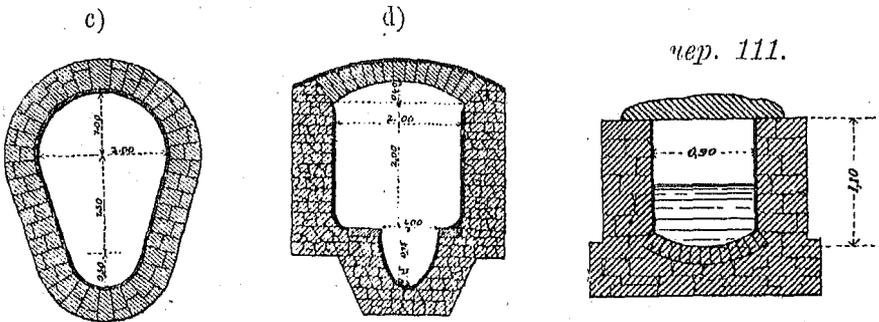
заціи г. Дрездена (черт. 112а—б). Эти каналы сдѣланы изъ эльбскаго песчаника; для достиженія гладкости и водонепроницаемости ихъ внутренняя

чер. 110 (Парижъ).



поверхность также, какъ и для бутовыхъ каналовъ, покрыта цементной

чер 110 (Несполь).

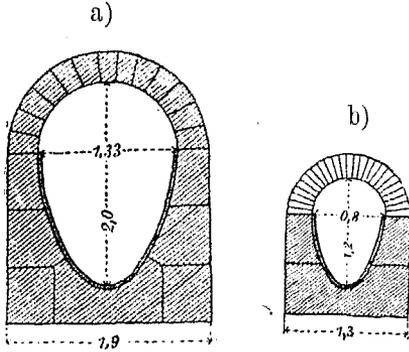


штукатуркой до пяти свода; въ маленькомъ каналѣ Дрездена (черт. 112 б) своды сдѣланы изъ кирпича.

Въ настоящее время *тесовая кладка* примѣняется только для тѣхъ частей канализационной сѣти, которыя по условіямъ своей работы подвергаются *быстрому изнашиванію*. Такъ, изъ *тесовой кладки* устраиваются подошвы для каналовъ, которые работаютъ постоянно съ большой скоростью, такъ какъ въ нихъ можетъ произойти быстрое истираніе тяжелыми частицами, движущимися по дну каналовъ. Далѣе *тесовую кладку* примѣняютъ для устройства хребтовъ при соединеніи каналовъ, для ступеней въ смотровыхъ колодцахъ съ боковыми входами, для промывочныхъ камеръ и т. п. Въ качествѣ матеріаловъ для тесовой кладки можно выбирать гранитъ, гнейсъ, базальтъ и твердый песчаникъ.

Кирпичъ является однимъ изъ самыхъ употребительныхъ материаловъ для постройки каналовъ. Кирпичъ для канализационныхъ каналовъ требуетъ хорошаго обжига, такъ какъ обжигъ увеличиваетъ его водонепроницаемость. Опыты, произведенные проф. Frühling'омъ надъ пятью сортами кирпича, показали, что съ увеличеніемъ водонепроницаемости кирпича возрастаетъ сопротивляемость его на раздробленіе. Эти качества кирпича еще сильнѣе проявились при опытахъ, произведенныхъ тѣмъ же лицомъ, надъ двумя кирпичами, связанными цементнымъ растворомъ (1 : 2).

чер. 112.



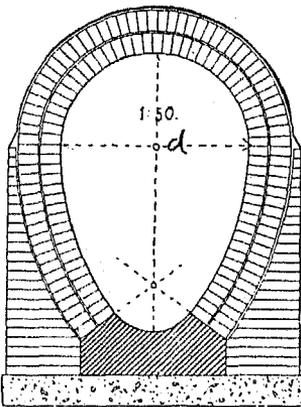
Эти качества кирпича дѣлаютъ его отличнымъ материаломъ для постройки каналовъ, такъ какъ при движеніи по нимъ сточныхъ водъ водонепроницаемость каналовъ возрастаетъ.

Дѣйствительно, частицы, содержащіяся въ сточныхъ водахъ, скоро наполняютъ поры кирпичной кладки, чѣмъ обезпечивается почти полная водонепроницаемость каналовъ.

Поэтому пропускъ воды чрезъ стѣнки кирпичныхъ каналовъ можетъ происходить только при плохой работѣ. Обмазку цементной штукатуркой внутренней поверхности кирпичныхъ каналовъ рекомендовать нельзя, такъ какъ такая штукатурка обваливается; гораздо лучше вести кладку концентрическими рядами (чер. 113), прокладывая между каждымъ рядомъ слой цементнаго раствора (1 : 2 или 1 : 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>) или цементно-известковаго раствора (1 цем. : 1 изв. 3 ч. песку) или наконецъ цементно-трассоваго раствора (1 цем. : 1 трас. : 4 пес.).

На внутренней поверхности кирпичныхъ каналовъ всѣ швы расшиваются чистымъ цементнымъ растворомъ. Если водосточные каналы укладываются въ водоносныхъ грунтахъ, то во избѣжаніе прониканія грунтовыхъ водъ въ каналы, ихъ наружную поверхность также обмазываютъ цементнымъ растворомъ (1 : 1 или 1 : 2) и стремятся посредствомъ дренажныхъ трубъ понизить уровень грунтовыхъ водъ до подошвы каналовъ.

чер. 113.



Кирпичъ для каналовъ долженъ быть плотный, правильной формы съ острыми кромками и вполне хорошаго обжига, уклоненія отъ установленныхъ размѣровъ кирпича допускаются до 2,5%.

Кирпичъ для каналовъ долженъ быть плотный, правильной формы съ острыми кромками и вполне хорошаго обжига, уклоненія отъ установленныхъ размѣровъ кирпича допускаются до 2,5%.

Кирпичъ для каналовъ долженъ быть плотный, правильной формы съ острыми кромками и вполне хорошаго обжига, уклоненія отъ установленныхъ размѣровъ кирпича допускаются до 2,5%.

Для сводчатыхъ частей каналовъ приходится прибѣгать къ пользованію *лекальнымъ* кирпичомъ. Это слѣдуетъ имѣть въ виду при выборѣ типовъ коллекторовъ и стремиться къ возможному сокращенію числа сортовъ лекальнаго кирпича, стоимость котораго немного больше обыкновеннаго при крупныхъ заказахъ. Для каналовъ, ширина которыхъ болѣе 0,5 метра, вполне возможно обходиться обыкновеннымъ кирпичемъ, дѣлая для полученія криволинейной поверхности соответственное утолщеніе швовъ. Также при устройствѣ кирпичныхъ каналовъ примѣняютъ и трехъ-четверочный кирпичъ во избѣжаніе излишней траты матеріала на увеличенію толщины стѣнокъ.

§ 3. **Бетонные каналы и трубы.** За послѣдніи десятилѣтія среди матеріаловъ, употребляющихся для постройки канализаціонныхъ каналовъ, видное мѣсто занялъ *бетонъ*, такъ какъ входящіе въ его составъ части *цементъ, песокъ, гравій, щебень* находятся повсюду и обходятся недорого. Такъ, въ *городахъ Германіи* къ 1907 г. по изслѣдованіямъ профессора *Gary*<sup>1)</sup> общая длина уложенныхъ бетонныхъ каналовъ составляла 1790 километровъ. У насъ въ Россіи бетонъ примѣненъ для канализаціи *Одессы, Гатчины и Ростова на Дону* и для *ливнеотводовъ г. Кіева*.

Кромя того бетонные каналы обходятся дешевле кирпичныхъ на 25—30%, что также не можетъ <sup>увлѣчь</sup> на распространеніе бетонныхъ водосточныхъ каналовъ. При хорошемъ исполненіи и тщательной трамбовкѣ бетонные каналы хорошо сопротивляются дѣйствию внешней нарузки.

Изъ *трамбованнаго бетона (Stampfbeton)* изготовляются трубы, выдѣлываемые въ особыхъ формахъ на фабрикахъ, и каналы, которые выдѣлываются на мѣстахъ производства работъ во рвахъ.

Бетонъ, употребляемый для каналовъ, долженъ обладать такой плотностью, чтобы не было просачиванія сточныхъ водъ въ почву изъ каналовъ. Это достижимо только *при извѣстныхъ пропорціяхъ, устанавливающихъ его составъ, и при достаточномъ его трамбованіи*. Такъ, для бетонныхъ каналовъ на практикѣ устанавливаются пропорціи, въ которыхъ песокъ и щебень входятъ поровну 1 ц. : 2 п. : 4 щ., 1 : 3 : 3 и 1 : 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> : 5. Является далеко не лишнимъ для опредѣленія состава бетона сдѣлать опыты изъ мѣстныхъ матеріаловъ. Только тотъ бетонъ окажется пригоднымъ для работъ съ технической точки зрѣнія, когда всѣ пустоты, зависящія отъ величины зеренъ песку и щебня и степени трамбованія, будутъ заполнены цементомъ. Въ защиту отъ испранія тяжелыми частицами и достиженія болѣе гладкости стѣнокъ бетонные каналы очень часто покрываются изнутри цементной штукатуркой (1 : 1), толщиной отъ 1,5 до 5 см.

По лабораторнымъ изслѣдованіямъ *бетонъ* можетъ подвергаться *химическому воздѣйствію сточныхъ водъ, если въ нихъ содержится сво-*

<sup>1)</sup> *M. Gary, Zementröhren, ihre Verwendung, Prüfung und Bewertung in der Praxis, 1907.*

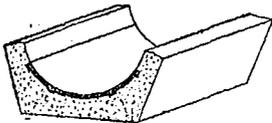
бодныя кислоты въ количествѣ болѣе  $\frac{1}{10}$  0/0 <sup>1)</sup>; домовыя же сточныя воды обычнаго состава не обнаруживаютъ вреднаго вліянія на бетонъ. Поэтому для бетонныхъ каналовъ являются опасными воды фабрикъ и заводовъ, въ составѣ которыхъ могутъ находиться разъѣдающія бетонъ кислоты: соляная, солитряная, молочная, масляная, укусуная и т. п.

Къ такимъ производствамъ слѣдуетъ отнести металлическія производства, проволочныя фабрики, фабрики эмаллированныхъ издѣлій, мыловаренныя заводы, анилиновые заводы и пр.

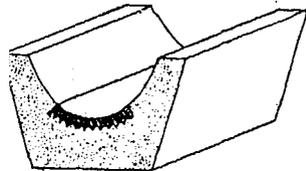
Поэтому для борьбы съ этимъ явленіемъ обмазываютъ слоемъ асфальта или гудрона нижнія части бетонныхъ каналовъ, но которымъ протекаютъ непосредственно сточныя воды: по эта мѣра оказалась не достаточною практичною, такъ какъ съ теченіемъ времени этотъ защитный слой истирался сточными водами (чер. 114).

Поэтому вмѣсто асфальтовой обмазки стали употреблять обдѣлку нижней части общесплавныхъ каналовъ особыми керамиковыми плитками (сист. Кнауфа), которыя посредствомъ сдѣланныхъ на нижней поверхности зубчиковъ хорошо связывались со стѣнками бетонныхъ каналовъ.

чер. 114.

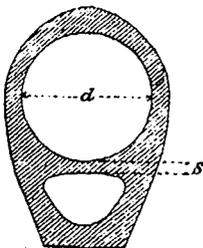


чер. 115.



посредствомъ цементнаго раствора (чер. 115) или особой асфальтовой замазки; скошенные концы керамиковыхъ плитокъ способствуютъ заливанію ихъ стыковъ замазкой.

чер. 116.



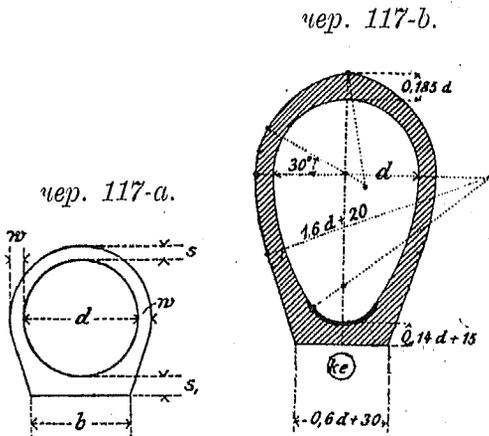
На бетонъ оказываютъ также вредное дѣйствіе и горячія воды съ температурой выше 40—40° С.

Вслѣдствіе вышеизложеннаго фабричныя и заводскія воды допускаются въ общую канализаціонную сеть города, только если изъ ихъ состава будутъ выдѣлены опасныя кислоты, а горячія воды будутъ охлаждены.

Бетонъ даетъ полную возможность выдѣлывать изъ него сѣченія любой формы и поэтому примѣняется во всѣхъ канализаціонныхъ системахъ. Двухъярусныя же каналы (чер. 116) полныхъ раздѣльных системъ могутъ въ слѣдствіе своего сложнаго очертанія дѣлаться только изъ бетона.

1) Wochenblatt für Arc. und Ing. 1879 r.; Deut. Bauzeitung, 1879.

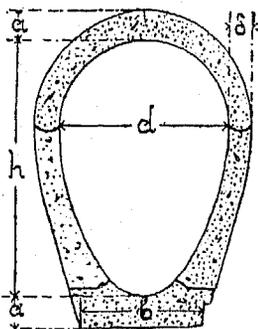
*Бетонныя трубы* изготовляются на заводахъ въ деревянныхъ или желѣзныхъ формахъ съ сердечниками, въ которые забрасывается хорошо подготовленная масса съ малымъ содержаніемъ воды небольшимъ слоемъ и плотно трамбуется, пока не покажется вода. Для выдѣлки бетонныхъ трубъ небольшого сѣченія вовсе не употребляютъ шпона, а берутъ смѣсь изъ 1 ч. цемента и 2—3 частей песка. Онѣ дѣлаются круглаго или овоидальнаго сѣченія (чер. 117а-б). Строительная длина ихъ за границей 1 мет., а въ Россіи—1 аршинъ. Только большіе овоидальные коллектора (болѣе 800—1200 м.) для облегченія ихъ вѣса дѣлаются меньшей длины (отъ 0,5 до 0,8 мет.).



Бетонныя круглыя трубы дѣлаются частью для лучшей ихъ установки съ плоскими подошвами; онѣ имѣютъ въ шельгѣ сводовъ большую толщину чѣмъ въ пятахъ, что дѣлается на германскихъ фабрикахъ въ видахъ возможнаго сплюснванія каналовъ подѣ дѣйствіемъ внѣшней нагрузки (чер.117-б)

*Овоидальные бетонные коллектора фабричнаго изготовленія* могутъ дѣлаться также изъ 4 отдельныхъ частей (черт. 118), соединяемыхъ между собой цементнымъ растворомъ; понятно, что подобные коллектора вслѣдствіе увеличенія числа стыковъ уступаютъ въ водопроницаемости цѣлонабивнымъ коллекторамъ.

чер. 118.



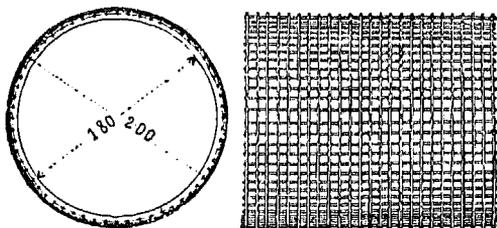
§ 4. Желѣзобетонные каналы и трубы. Для усиленія сопротивленія трубъ и каналовъ дѣйствию внѣшней нагрузки или внутреннему давленію въ напорныхъ проводахъ канализаціонной сѣти примѣняютъ желѣзобетонныя трубы и каналы. Къ такимъ случаямъ слѣдуетъ отнести пересѣченія водосточными каналами желѣзныхъ дорогъ, водныхъ протоковъ и овраговъ, а также случаи неглубокой закладки на улицахъ съ трамвайными путями, постройку напорныхъ коллекторовъ и т. п.

Выборъ системы устройства желѣзобетонныхъ трубъ зависитъ, главнымъ образомъ, отъ назначенія водосточныхъ каналовъ. Если послѣднія подвергаются только усиленной внѣшней нагрузкѣ, то достаточно усилить стѣнки обычныхъ типовъ бетонныхъ трубъ желѣзнымъ каркасомъ изъ

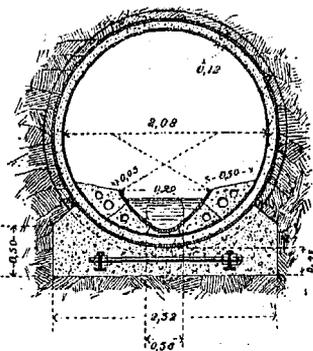
круглаго желѣза по системѣ Монье, состоящей изъ продольныхъ и поперечныхъ прутьевъ, связанныхъ въ пучкахъ пересѣченій (черт. 119).

Но съ точки зрѣнія экономической при малыхъ диаметрахъ трубъ можетъ быть выгоднѣе примѣненіе обыкновенныхъ бетонныхъ каналовъ съ усиленными стѣнками, такъ какъ экономія въ бетонѣ можетъ поглотиться стоимостью каркаса и добавочной стоимостью производства работъ. Интересный примѣръ представляетъ собой устройство желѣзобетоннаго канала въ *Кенигсбергѣ* (черт. 120), гдѣ въ круглой профили заложены *двѣ* *сѣтки* *системы* *Монье*.

чер. 119.



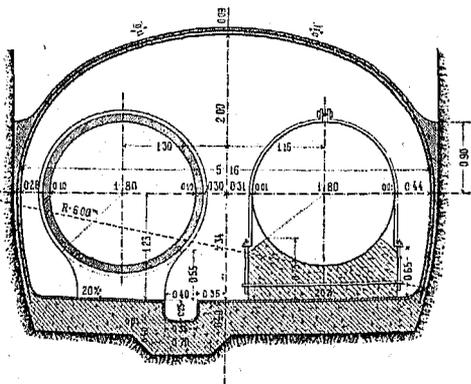
чер. 120.



Цементъ для бетона, окружающій металлическій остовъ *сист.* *Монье*, берется медленно схватывающійся для надежности его утрамбованія.

Также оригинальную желѣзобетонную конструкцію представляетъ собой сдѣланная во рвѣ галерея d'Argenteuil, въ которой помѣщены 2 напорныя трубы главнаго отводнаго коллектора г. Парижа. Арматура ея (черт. 121)

чер. 121.



построена по системѣ, близкой къ системѣ Монье. Поперечныя направляющія сдѣланы изъ круглаго желѣза толщ. 16 мм. и выгнуты по очертанію галереи; концы ихъ упираются въ продольный швеллеръ и втѣплены въ бетонъ. Продольныя прутья, 8 мм. толщиной, связаны проволокой съ поперечными направляющими въ мѣстахъ ихъ скрещенія; разстоянія между направляющими 11 мм. Но примѣненіе сѣтки изъ круглаго желѣза не можетъ оказать полного

сопротивленія значительному внѣшнему давленію земли и внутреннему давленію воды, такъ какъ поверхность прикосанія бетона съ желѣзомъ въ

этомъ случаѣ невелика, и моментъ инерціи круглаго поперечнаго сѣченія меньше, чѣмъ профиль другой болѣе сложной профили.

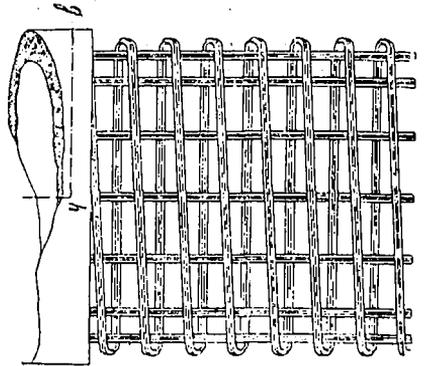
Поэтому для напорныхъ трубъ выгодно замѣнить круглую арматуру профилью болѣе развитого типа, напр. *двутавровой* (системы *Борденава*) или *крестообразной* (сист. *Вонна*), примѣняя для полученія возможной связи между бетономъ и металлическимъ остовомъ быстро-схватывающійся растворъ, требующій значительно большаго количества воды, чѣмъ обыкновенные медленно-схватывающіеся цементы (черт. 122); вслѣдствіе этого бетонъ получается настолько жидкимъ, что является возможность производить отливку трубъ.

Трубы со стальной крестообразной арматурой, примѣненные для канализаціи Парижа по системѣ *Вонна*<sup>1)</sup> показаны на черт. 123.

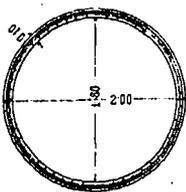
Система *Вонна* уступаетъ по своимъ достоинствамъ *двутавровой Борденава*, такъ какъ моментъ инерціи крестообразнаго сѣченія меньше, чѣмъ *двутаврового*, и скрѣпленіе продольныхъ полосъ съ винтовой арматурой не такъ жестко и удобно, какъ при другихъ профиляхъ.

Для усиленія водонепроницаемости желѣзо- или сталебетонныхъ трубъ въ ихъ тѣло вставляютъ *внутренніе стальные листы* (черт. 124).

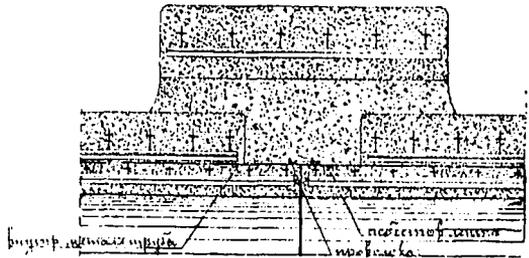
чер. 122.



чер. 123.



чер. 124.

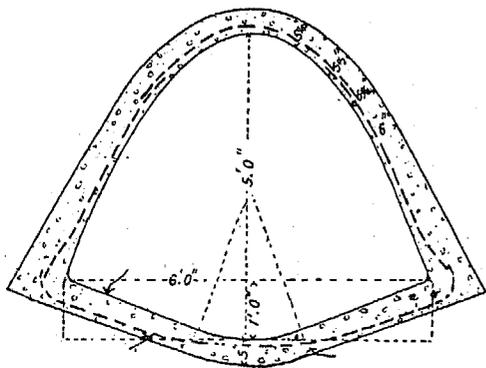


Такъ, для устройства канала, *d'Argenteuil* была примѣнена труба діам. 1,80 мет.; арматура ея состояла изъ отдѣльныхъ стальныхъ колецъ крестообразнаго сѣченія ( $40 \times 22 \times 3$  мм.), связанныхъ продольными прямыми полосами; внутренняя стальная труба состоитъ изъ 4 листовъ, толщиной 3,5 — 4,5 мм., соединенныхъ заклепками.

<sup>1)</sup> Notice sur l'aqueduc d'Achères et du parc d'agriculture par de *Lainay*.

Въ Америкѣ также сильно распространились *сталебетонные* водосточные каналы. Примѣръ подобной конструкции даетъ чертежъ 125, гдѣ изображенъ главный коллекторъ пересѣчной системы въ городѣ *Harrisbourg* <sup>1)</sup>. Онъ имѣетъ параболическое очертаніе, заканчивающееся внизу наклонными линиями, сопряженными съ кругомъ; по линіи кривой давленія заложена арматура изъ тянутой стали, толщ. 7,5 сантим.

чер. 125.



§ 4. **Керамиковыя трубы.**  
*Керамиковыя трубы* дѣлаются въ Россіи обыкновенно *круглаго* сѣченія (черт. 126); за границей за послѣднее время выдѣлываютъ

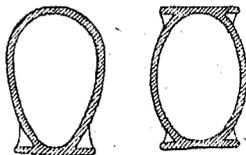
*овоидальныя и эллиптическія керамиковыя трубы* (черт. 127).

Керамиковыя трубы выдѣлываютъ изъ чистой, пластичной, тугоплавкой глины съ примѣсью порошка изъ слабо обожженной глины (шамота), квар-

чер. 126.



чер. 127.



цовыхъ и полевошпатовыхъ породъ и другихъ веществъ въ зависимости отъ состава сырой глины. Послѣ переминая и очистки глины отъ примѣсей она въ связи съ вышеназванными веществами сильно смачивается водой и превращается такимъ образомъ въ формовочную массу. Формовочная масса поступаетъ въ формовальныя машины, изъ которыхъ получаютъ сырыя трубы; онѣ до обжига тщательно просушиваются. Послѣ просушки онѣ обжигаются въ печи, куда забрасывается поваренная соль, которая отъ дѣйствія сильнаго жара (отъ  $1300^{\circ}C$  до  $1800^{\circ}C$ ) испаряется и, приходя въ химическое соединеніе съ кремнеземомъ, содержащимся въ трубѣ, образуетъ на поверхности трубъ силикатъ натрія, который не вступаетъ въ соединенія ни съ какими кислотами. Этотъ силикатъ натрія, называемый обыкновенно *соляной глазурью*, входитъ въ весьма тѣсное соприкосновеніе съ тѣломъ трубы, образуя на ея поверхностяхъ мелкія крапинки.

*Керамиковыя соляно-глазуrowанныя трубы* получили широкое распространеніе во всѣхъ системахъ канализаціи вслѣдствіе того, что онѣ обладаютъ достаточной прочностью и водонепроницаемостью и прекрасно

<sup>1)</sup> См. Engineering Record, 1902; вообще въ этомъ журналѣ за 1905—1910 годы можно найти много конструкций желѣзо и сталебетонныхъ водосточковъ.

противостоятъ химическимъ реагентамъ; кромѣ того онѣ обладаютъ весьма большой гладкостью стѣнокъ и наконецъ представляютъ большія удобства въ быстротѣ укладки вслѣдствіе фабричнаго способа ихъ выдѣлки, который дозволяетъ предъявлять къ издѣліямъ самыя строгія требованія.

Хорошія достаточно обоженыя керамиковыя соляно-глазурованыя трубы издають чистый ясный звукъ и въ изломѣ имѣють плотное слегка стекловидно-зернистое строеніе. Присутствіе въ тѣлѣ трубы даже небольшихъ количествъ извести дѣлаетъ ее совершенно негодной къ употребленію: находящаяся въ трубѣ известь гасится отъ присутствія воды въ трубахъ, и труба даетъ трещины, становится гнилой. Приблизительное сужденіе о качествѣ тѣла трубы можно получить при обработкѣ его зубиломъ, труба въ таковой обработкѣ напоминаетъ собой мягкій такъ же обработанный чугуны.

Керамиковыя трубы состоятъ изъ цилиндрической части *a* и раструба или муфты *b*, діаметръ котораго долженъ быть нѣсколько больше для возможности вставки цилиндрической части слѣдующей трубы (черт. 128). Наружная поверхность конца цилиндрической части и внутрення раструба дѣлаются бороздчатыми, рифлеными, чѣмъ достигается уплотненіе матеріала для стыковъ трубъ.

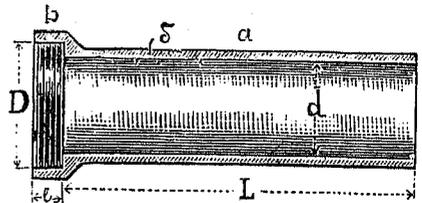
Внутренній діаметръ круглыхъ керамиковыхъ трубъ дѣлается въ Россіи отъ 2 д. (50 мм.) до 32 д. (800 мм.), а за границей до 1000 мм.

Оvoidальныя и эллиптическія трубы дѣлаются размѣрами отъ 300/200 до 750/500. Длина круглыхъ трубъ дѣлается отъ 0,60 мет. до 1 метра за границей, у насъ въ Россіи—1 арш.; оvoidальныя и эллиптическія трубы имѣють длину въ 0,50 мет. Глубина муфты 6 мм. для трубъ до 150 мм. и 7—8 мм. для трубъ большихъ діаметровъ. Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что оvoidальныя эллиптическія и круглыя трубы, діаметромъ больше 600 м., выходятъ изъ обжига неправильной формы и потому представляютъ затрудненія при взаимномъ соединеніи трубъ<sup>1)</sup>; поэтому на практикѣ употребляютъ для уличныхъ коллекторовъ круглыя трубы отъ 150 до 600 мм. діаметромъ.

Кромѣ прямыхъ трубъ употребляютъ и различныя фасонныя керамиковыя трубы, служащія для удовлетворенія разнообразныхъ случаевъ, встрѣчающихся при устройствѣ канализаціонной сѣти (черт. 129 *a—o*).

Длина этихъ фасонныхъ частей — 0,60 - 0,75 мет.

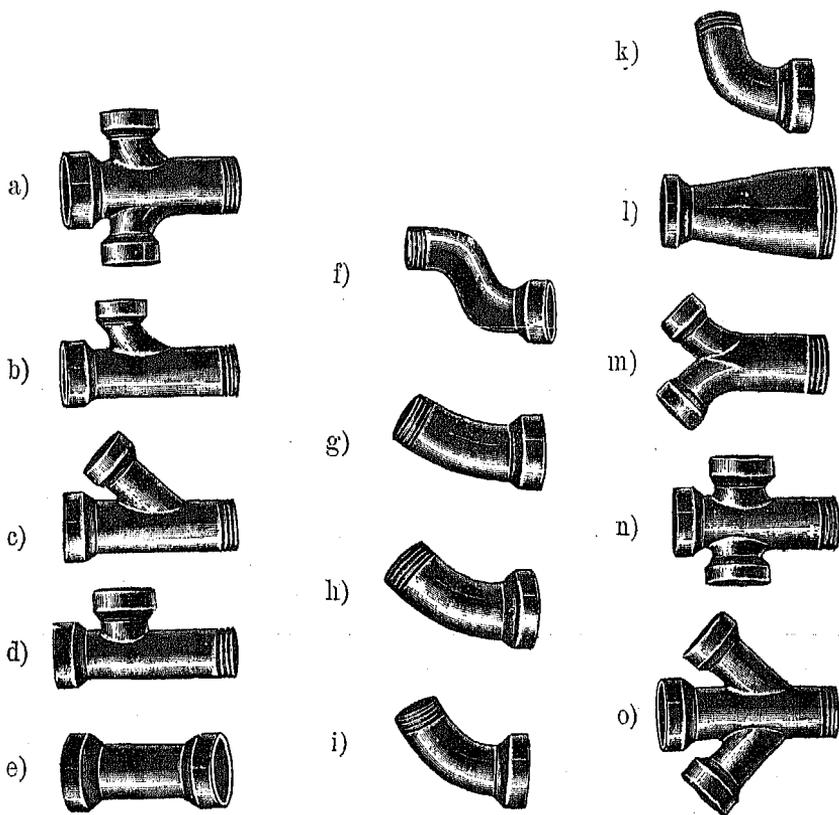
черт. 128.



<sup>1)</sup> Schmiedt. Das wirtschaftliche Wertverhältniss zwischen den ei und ellipsenförmigen und den kreisförmigen Steinzeugröhren bei Schmutzwasserkanalisation, Gesundheits Ing. 1906 г.

Для того, чтобы убедиться в качествах керамических труб необходимо произвести разнообразные испытанія. Для проверки прочности труб в лабораторіях по испытанію строительных матеріалов производят или испытаніе трубъ

чер. 129.



нагрузкой, новѣряя тѣмъ способность трубъ выдерживать извѣстное наружное давленіе или же испытываютъ трубы на внутреннее давленіе до 5 атмосферъ на гидравлическихъ прессахъ.

Приведемъ таблицу результатовъ испытаній крѣпости керамическихъ трубъ подѣ дѣйствіемъ внѣшней нагрузки, произведенныхъ надѣ круглыми трубами Фридрихсфельдскаго завода вѣ лабораторіи по сопротивленію матеріаловъ вѣ Шарлоттенбургскомъ политехникумѣ (см. Табл. XL).

Результаты испытаній на внутреннее давленіе трубъ той же фабрики таковы: Для трубъ вѣ 800 мм. діам. отъ 6,5 до 8,2 атмосферъ—вѣ 600 мм.—отъ 8,3 до 10,2 атмосферъ.

Кромѣ этихъ испытаній еще проверяютъ водонепроницаемость соляной глазури и тѣла трубъ, а также способность ихъ сопротивляться химическому воздействию кислотъ.

Для опредѣленія плотности глазури берутъ пролежавшую нѣсколько дней вѣ сухомъ мѣстѣ керамическую трубу, взвѣшиваютъ и погружаютъ вѣ ванну съ водой (комнатной температуры); черезъ сутки трубу вынимаютъ изъ ванны и послѣ обтиранія тряпкой вновь взвѣшиваютъ; приращеніе вѣса для хорошихъ трубъ не должно быть болѣе 3%. Для опредѣленія качества керамической глины берутъ чере-

послѣ отъ испытываемой трубы и, опиливъ его такимъ образомъ, чтобы глазурь оставалось нетронутой, высушиваютъ его въ воздушной банѣ при 150°С и взвѣшиваютъ. Прокипятивъ тотъ же образецъ въ течение 3 часовъ, обсушиваютъ его пропускной бумагой и снова взвѣшиваютъ; приращеніе вѣса не должно быть болѣе 8%. Для испытанія сопротивляемости глазури кислотамъ и щелочамъ ихъ подвергаютъ пробному дѣйствію послѣднихъ въ течение 24 часовъ; на глазурь не должно дѣйствовать 5—10% раствора сѣрной, азотной и соляной кислотъ, а также ѣдкаго кали и амміака.

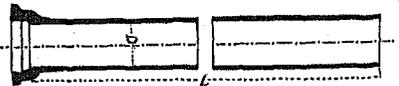
ТАБЛИЦА XL.

Диаметръ трубы $D$ въ миллиметрахъ.	Толщина стѣнокъ въ миллиметрахъ $\delta$	Ломлющій грузъ въ килограммахъ.
1000	45	2500
800	40	2050
500	37	3000
480	36	3100
450	35	2350
175	20	2500

§ 6. Чугунныя, желѣзныя, асфальтовыя и деревянныя трубы. Чугунныя трубы въ канализаціонномъ дѣлѣ примѣняются главнымъ образомъ для канализаціи зданій <sup>1)</sup> (черт. 130).

Далѣе они находятъ себѣ примѣненіе для уличныхъ проводовъ по системѣ Лирнура и для напорныхъ линий (Берлинъ). Примѣръ примѣненія чугунныхъ трубъ для сплавныхъ коллекторовъ даетъ г. Кіевъ, примѣнившій при перестройкѣ своей канализаціи для главнаго коллектора неполной раздѣльной системы чугунныя асфальтированныя трубы, діам. 36" — 42". Затѣмъ изъ чугуна устраиваютъ докера и сифоны и такія части уличной сѣтки, которыя прокладываются въ плохихъ грунтахъ или подвергаются дѣйствію значительной внѣшней нагрузки.

чер. 130.



Широкаго примѣненія чугунъ не заслуживаетъ, такъ какъ въ такихъ пунктахъ, гдѣ разрушилась асфальтировка при перевозкѣ и укладкѣ или же подъ механическимъ дѣйствіемъ движущихся тяжелыхъ частицъ, возможно окисидать разъяденія его сточными водами. Также въ сплавныхъ коллекторахъ при неполномъ ихъ заполненіи

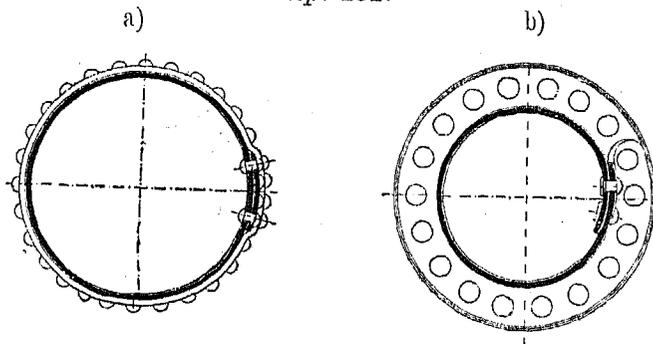
<sup>1)</sup> См. В. Ф. Ивановъ. Санитарная техника. Устройство водопроводовъ и водостоковъ въ домахъ. Часть I.

слѣдуетъ ожидать быстрой порчи чугунныхъ коллекторовъ вследствие разъяденія ихъ стѣнокъ канальнымъ воздухомъ. Кроме того при широкомъ распространеніи трамваевъ чугунныя трубы могутъ подвергаться дѣйствию электролиза подѣ влияніемъ блуждающихъ токовъ электрическихъ трамваевъ, если послѣдніе не имѣютъ обратныхъ проводовъ.

Желѣзныя трубы (асфальтированныя и оцинкованныя) малыхъ діаметровъ употребляются для канализаціи домовъ <sup>1)</sup>; иногда они могутъ быть примѣнены для проводки воды въ промысловыя приспособленія. Желѣзныя трубы большихъ діаметровъ употребляются для устройства дюкеровъ и спѣоновъ; въ этомъ случаѣ онѣ также асфальтируются; эмаллировка въ качествѣ защитнаго слоя для большихъ желѣзныхъ трубъ обходится дорого.

Желѣзныя трубы большихъ діаметровъ устраиваются изъ листового желѣза, при чемъ листы склепываются или въ нахлестку или соединяются накладками (черт. 131 а—b).

чер. 131.



Асфальтовыя трубы примѣняются при канализаціонныхъ работахъ очень рѣдко. Они дѣлаются изъ картона, пропитаннаго и покрытаго съ обѣихъ сторонъ асфальтомъ, или желѣзнаго покрытаго асфальтомъ каркаса. Они отлично сопротивляются химическому воздѣйствію отъ кислотъ и щелочей и потому могутъ употребляться для канализаціи фабрикъ съ подобными водами; по стоимости онѣ дороже керамиковыхъ и бетонныхъ трубъ, что зависитъ отчасти отъ ихъ малаго распространенія. Соединеніе асфальтовыхъ трубъ между собой, какъ мы увидимъ ниже, составляетъ ихъ слабую сторону и требуетъ опытныхъ рабочихъ.

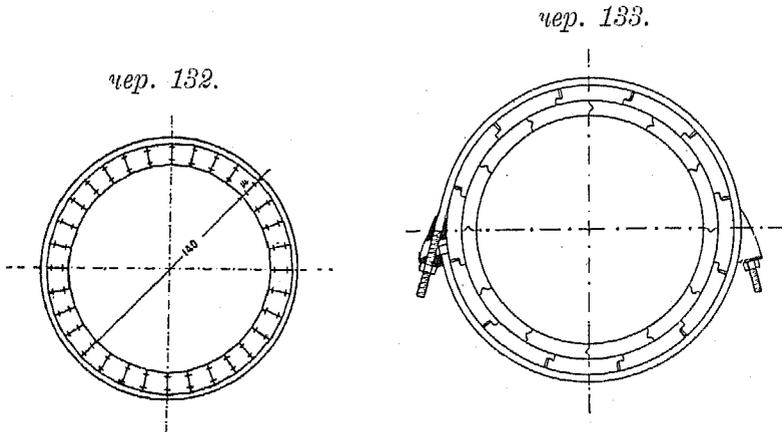
Свинцовыя, цинковыя, медныя и латунныя трубы употребляютъ для домовыхъ канализаціонныхъ устройствъ, описанныхъ нами въ книгѣ „Устройство водопроводовъ и водостоконъ въ домахъ“.

Деревянныя трубы употребляются главнымъ образомъ для тѣхъ частей канализаціонной сѣти, которыя всегда находятся подѣ водой; поэтому онѣ примѣняются для устройства затопленныхъ частей устьевъ канализаціонной сѣти, ливнеспусковъ, запасныхъ выпусковъ. Также они употребительны для отведенія фабричныхъ водъ, но съ обдѣлкой ихъ внутренней

<sup>1)</sup> В. Ф. Ивановъ. Санитарная техника. Устройство водопроводовъ и водостоконъ въ домахъ.

поверхности свинцовыми листами. Онѣ дѣлаются обыкновенно изъ простыхъ плотно пригнанныхъ другъ къ другу клепокъ на шипахъ и стягиваются желѣзными обручами (черт. 132—133).

Впрочемъ въ нѣкоторыхъ лѣсныхъ мѣстностяхъ Сѣверной Америки онѣ примѣняются не только для канализаціи, но и для самотечныхъ водопроводовъ, при чемъ въ послѣднемъ случаѣ для большей плотности соединенія устраиваютъ изъ двухъ рядовъ клепокъ и по прежнему стягиваются обручами съ винтовыми нарѣзками и гайками (черт. 133).



§ 7. **Опредѣленіе толщины стѣнокъ водосточныхъ трубъ и каналовъ.** Толщина стѣнокъ канализаціонныхъ трубъ, изготовляемыхъ фабричнымъ способомъ, могла бы быть опредѣлена теоретическимъ путемъ, если бы мы разсматривали трубу, какъ упругое тѣло. Но, такъ какъ полученныя такимъ образомъ величины должны были быть увеличены вслѣдствіе трудности выдѣлки тонкостѣиныхъ трубъ и возможности поломки подобныхъ трубъ при перевозкѣ, то на практикѣ довольствуются примѣненіемъ эмпирическихъ формулъ вида  $\delta$  (толщина стѣнки) =  $aD + b$ , гдѣ  $D$  діаметръ трубы,  $a$  и  $b$ —численные коэффициенты.

Толщина стѣнокъ для бетонныхъ круглыхъ трубъ (до 600 мм.) опредѣляется по формулѣ.

$$\delta = 0,1 d + 15 \text{ мм. или } 0,1 d + 20 \text{ мм. . . . . (149)}$$

При большихъ діаметрахъ  $\delta$  близко къ выраженію  $0,1 d$ , какъ это видно изъ величинъ толщины стѣнокъ германскихъ заводовъ; такъ для  $d = 800$ ;  $\delta = 80$ ;  $d = 900$ ;  $\delta = 90$ ;  $d = 1000$ ;  $\delta = 100$ . Круглыя трубы известной нѣмецкой фабрики Duckerhof имѣютъ неодинаковую толщину въ шельгѣ и пятахъ трубы (черт. 117а).

Диаметръ (черт. 117а) . . . . .	$d$	=	600	700	800	1000
Толщина въ шельгѣ и подошвѣ $s$ и $s_1$		=	75	81	100	115
Толщина въ пятахъ . . . . .	$w$	=	63	70	78	88
Ширина плоской части . . . . .	$b$	=	$\infty$	$2/3 d$		

Размеры овоидальных коллекторов с неравной толщиной стенок дает канализационная сеть г. Дрездена (черт. 117b), где для построения их очертания пользовались формулами: толщина свода в шельфе  $s = 0,185 d$ ; толщина свода в нятах  $w = 0,1 d + 20$  мм.; толщина стенок в подошве  $0,14 d + 15$  мм.; ширина плоской части  $0,6 d + 30$  мм.

Для определения величины  $\delta$  для керамиковых труб пользуются выражением  $\delta = \frac{1}{7}$  до  $\frac{1}{12} d$  или же формулой  $\delta = 0,05 d + 10$  мм. . . (150).

Различные фабриканты при обыкновенных диаметрах различную толщину стенок, что зависит от качества глины и постановки производства. Приведем данные о толщинах стенок труб немецкого завода „Deutsche Steinzeugwaarenfabrik für Kanalisation und Chemische Industrie“ в м. Фридрихсфельд близ Мангейма, который делал поставки для Варшавской канализации.

ТАБЛИЦА XLI.

$d$ в мм.	50	75	100	110	125	150	160	175	200	210	225	240	250	270	275	300	330
$\delta$ в мм.	15	15	15	16	16	18	18	19	19	19	20	21	22	23	23	25	26
$d$ в мм.	350	360	375	390	400	420	450	480	500	510	550	600	650	700	800	100	—
$\delta$ в мм.	28	28	29	30	30	32	34	36	36	37	39	41	43	45	47	50	—

Толщина стенок чугунных канализационных труб делается тоньше, чем в водопроводных на 2—3 миллиметра т. е. определяется по формуле  $\delta = 0,02 D + 4$  или 3 мм. . . (151); к сожалению эти трубы в России не нормированы, и поэтому вполне возможен произвол со стороны заводов, которые могут делать потребителям трубы с более тонкими стенками, чем это требуется условиями их работы.

Что же касается железобетонных труб, то толщина их стенок определяется на основании расчета. Для труб системы Монье, подверженных внутреннему давлению инженер Акимов<sup>1)</sup> приводит следующие формулы:

$$\delta = 0,165 b \sqrt{Ha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (152)$$

$$d_1 = 0,03 \sqrt{DbH} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (153) \text{ и}$$

$$d_2 = 0,071 \sqrt{\delta a} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (154), \text{ где } D \text{ — внутренний диа-}$$

метр трубы,  $\delta$  — толщина стенок трубы,  $H$  — давление жидкости в килограммах на 1 кв. сант.,  $d_1$  — диаметр круглого железа для направляю-

1) В. Н. Акимовъ, Желѣзобетонъ въ практикѣ.

щей,  $d_2$ — діаметръ круглаго желѣза для производящей,  $a$  — разстояніе между производящими и  $b$  — разстояніе между направляющими. Для трубъ, подверженыхъ дѣйствию внешней нагрузки, у которыхъ образующія будутъ расположены съ наружной стороны направляющихъ колець

$$\delta = \frac{D_1 H}{2 R(1+nk)} \quad . \quad . \quad . \quad (155) \quad \text{и} \quad d_1 = 1,13 \sqrt{k b \delta} \quad . \quad . \quad . \quad (156)$$

гдѣ  $D_1$  наружный діаметръ,  $R$  — допускаемое напряженіе на сжатіе бетона  $25 \frac{\text{килгр.}}{\text{сант.}^2}$ ,  $k$  процентное содержаніе металла, равное для настоящаго случая 0,005 и  $n$  — отношеніе коэффиціентовъ упрукости металла и бетона = 10,5; при выводѣ формулъ (152)—(156) принято допускать напряженіе въ 7 килогр. на кв. сантим.

Величина  $\delta$  также должна быть провѣрена еще и по формулѣ (152); а  $d_2$  опредѣлено по формулѣ (154).

Для бетонныхъ каналовъ, изготовленныхъ во рвахъ эмпирическойя формулы вида  $\delta = aD + b$  не примѣняются; въ этихъ случаяхъ можно было бы рассчитывать каналъ или какъ упругое тѣло или же какъ абсолютно твердое тѣло по способу предѣльнаго равновѣсія. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ для полученія большей устойчивости каналовъ значительныхъ размѣровъ имъ придаютъ параболическую форму, какъ форму, соответствующую кривой давленія. Подобные расчеты составляютъ достояніе курсовъ Статика сооружений и Теоріи Упрукости, а поэтому мы, не останавливаясь на способахъ расчета, перейдемъ къ изложенію приемовъ для опредѣленія величины нагрузки на каналы.

Водосточные провода въ обыкновенныхъ условіяхъ своей работы сравнительно рѣдко подвергаются внутреннему давленію: такіе случаи имѣютъ мѣсто въ каналахъ общесплавной системы и дождевыхъ каналахъ полной раздѣльной системы во время сильныхъ ливней, которые, переполняя каналы, заставляютъ ихъ работать подъ нѣкоторымъ небольшимъ давленіемъ; кромѣ того высокій подъемъ воды въ протокахъ, въ которыя выходятъ устья каналовъ, также можетъ вызвать работу каналовъ подъ давленіемъ, наконецъ вызвать подобное явленіе могутъ засореніе каналовъ, скопленіе воздуха и т. п. Исключительно подъ давленіемъ работаютъ напорные провода капализаціонной сѣти, дюкера и сифоны, которые рассматриваются при расчетѣ, какъ водопроводныя трубы.

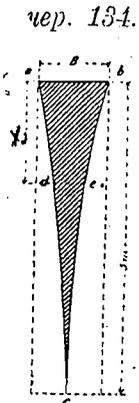
Предѣльная величина внутренней давленія, которую слѣдуетъ ожидать для даннаго города, можно опредѣлить изученіемъ мѣстныхъ условій.

Гораздо большее значеніе для установленія размѣровъ каналовъ имѣетъ внешняя нагрузка, которая состоитъ изъ вертикальнаго и бокового давленія грунта, въ которомъ укладываются каналы (постоянная нагрузка) и изъ нагрузки отъ проезжающихъ по улицамъ экипажей и фуръ, передаваемой черезъ грунтъ на каналы (подвижная нагрузка).

*Внутренняя нагрузка* отъ давленія земли естественно возрастаетъ по мѣрѣ увеличенія глубины рововъ, въ которыхъ укладываются водосточные каналы. Къ сожалѣнію имѣется довольно мало опытовъ надъ опредѣленіемъ величины давленія земли. Правда, нѣкоторыя наблюденія надъ давленіемъ грунта были сдѣланы при рытьѣхъ штоленъ, но они мало подходятъ къ разсматриваемому случаю, гдѣ идетъ рѣчь объ опредѣленіи давленія отъ свѣже-насыпаннаго грунта, а не отъ уплотненнаго, слежавшагося грунта какъ это имѣетъ мѣсто при прорытіи штоленъ, и гдѣ давленіе грунта, обыкновенно, меньше, чѣмъ отъ свѣже-насыпанной земли.

Величина давленія свѣже-насыпаннаго грунта зависитъ отъ многочисленныхъ факторовъ: отъ рода грунта, отъ способа его засыпки, отъ способа его проницаемости, отъ уровня грунтовыхъ водъ, отъ состоянія погоды во время засыпки и т. п. Такъ, напримѣръ, если работы ведутся въ дождливое время въ глинистомъ грунтѣ, то послѣдній удерживаетъ въ себѣ много атмосферной влаги, вслѣдствіе чего измѣняется уголъ естественнаго откоса грунта, и величина бокового давленія возрастаетъ. Обыкновенные песчаные грунты, какъ болѣе пористые, имѣютъ сравнительно съ глинистыми большія преимущества, такъ какъ быстро освобождаются отъ атмосферныхъ водъ; кромѣ того они допускаютъ уплотненіе грунта, что для глинистыхъ грунтовъ не имѣетъ значенія.

Только пески съ тончайшими норами при пропитываніи ихъ водой обладаютъ свойствами глинистыхъ грунтовъ. Установить для всякаго грунта въ различныхъ его состояніяхъ (отъ сухого до насыщеннаго водой) величину давленія грунта па водосточные каналы не представляется возможнымъ; для практическихъ цѣлей будетъ достаточно принять ильсь 1 куб. мет. сильно пропитаннаго водой грунта въ 2000 киллогр., что будетъ соответствовать наиболѣе невыгодному случаю въ дѣйствительности.



Далѣе мы сдѣлаемъ предположеніе, что вертикальное давленіе грунта передается только до глубины рововъ до 5 метровъ, что при бо́льшей глубинѣ величина давленія не возрастаетъ, и что измѣненіе давленія происходитъ согласно заштрихованной очерченной двумя параболамъ площади на черт. 134.

Эта гипотеза близка къ дѣйствительности, насколько объ этомъ можно судить изъ сдѣланныхъ наблюденій.

Такимъ образомъ площадь *abed* представитъ собой величину давленія 1 ног. метра канала при ширинѣ *B* и глубинѣ рва *t*.

Обозначимъ давленіе, выражаемое площадью *abed* чрезъ  $p_1$ ,

$$\text{Отсюда } p_1 = 2000 \left( 2 \frac{1}{3} \cdot \frac{B}{2} \cdot 5 \text{ — площ. } dce \right).$$

площ.  $dce = (5-t) \frac{de}{3}; \frac{de}{2} + \frac{2.5^2}{B} = (5-t)^2;$     площ.  $dce = \frac{(5-t)^3 B}{5^2} \frac{1}{3}$

$$p_1 = 2000 B \left[ \frac{5}{3} - \frac{(5-t)^3}{75} \right] \dots \dots \dots (157)$$

Для  $B = 1$  мет., величина  $p_1$  на 1 кв. метръ площади при измѣненіи  $t$  чрезъ метръ приметъ значеніе

$$t = 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5$$

$$p_1 = 1627; 2613; 2613; 3120; 3333 \text{ килогр.}$$

Наблюденій надъ передачей давления отъ подвижной нагрузки на глубину до настоящаго времени не существуетъ; но во всякомъ случаѣ величина этого давления будетъ зависѣть отъ плотности свѣже насыпаннаго грунта. Чѣмъ сильнѣе грунтъ разрыхленъ и болѣе насыщенъ водой, тѣмъ будетъ больше величина давления отъ подвижной нагрузки.

Для опредѣленія давления отъ подвижной нагрузки обыкновенно принимаютъ, что она уменьшается пропорціонально квадрату глубины, и что такой законъ дѣйствуетъ только до глубины 3 метровъ. Принимая давление отъ подвижной нагрузки на поверхности въ 5000 клгр. на кв. мет., мы для  $p_2$  давления на нѣкоторой глубинѣ  $t$  при ширинѣ въ  $B$  будемъ имѣть

$$p_2 = 5000B \frac{(5-t)^2}{5^2} = 200 B (5-t)^2 \dots \dots \dots (158)$$

При измѣненіи  $t$  чрезъ метры

$$t = 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5$$

$$p_2 = 3200; 1800; 800; 200; 0.$$

Для опредѣленія полной нагрузки  $p$  казалось бы нужно суммировать приведенныя нами величины  $p_1$  и  $p_2$ . Но на самомъ дѣлѣ послѣ засыпки рововъ подлежатъ еще произвести работы по замощенію отведенной подъ нихъ площади, вслѣдствіе чего движеніе экипажей будутъ производиться лишь по истеченіи нѣкотораго времени послѣ засыпки рововъ, и земля за это время успѣетъ частью слежаться, частью освободиться отъ находящейся въ ней воды вслѣдствіе дренажнаго дѣйствія рововъ.

Вслѣдствіе этого слѣдуетъ при суммированномъ дѣйствіи нагрузки брать не  $p_1$ , а  $kp_1$ . Величину этого  $k$  Frühling устанавливаетъ въ  $\frac{2}{3}$ . Поэтому для полученія полной нагрузки мы вычисляемъ ее по формулѣ  $\frac{2}{3} p_1 + p_2$ ;

$$t = 1; 2; 3; 4; 5.$$

$$p = \frac{2}{3} p_1 + p_2 = 4285; 3542; 2880; 2405; 2222.$$

Изъ сопоставленія этого ряда  $p$  съ рядомъ  $p_1$  мы видимъ, что величина нагрузки при одномъ вертикальномъ давленіи грунта, начиная съ глубины 3 метровъ, будетъ больше величины суммированной нагрузки  $\frac{2}{3} p_1 + p_2$

Полученныя данныя для опредѣленія *вышней нагрузки* мы можемъ примѣнять для расчета большихъ каналовъ (главныхъ коллекторовъ) по способу предѣльнаго равновѣсія

Подобные приемы применяются и для каналовъ средних размѣровъ, когда ихъ приходится прокладывать въ слабыхъ грунтахъ и ушить подошву. Для большинства же обыкновенныхъ кирпичныхъ и бетонныхъ каналовъ толщину стѣнокъ опредѣляютъ въ зависимости отъ рода матеріала и ширины сѣченія. Для *кирпичныхъ* каналовъ минимальная толщина сводчатой части—1 кирпичъ; дальнѣйшее увеличеніе размѣровъ дѣлается чрезъ ½ кирпича. Для сокращенія толщины стѣнокъ кирпичныхъ каналовъ прибѣгаютъ къ употребленію и трехчетвертного кирпича.

Для приблизительнаго подсчета толщины стѣнокъ кирпичныхъ коллекторовъ пользуются также и эмпирической формулой:

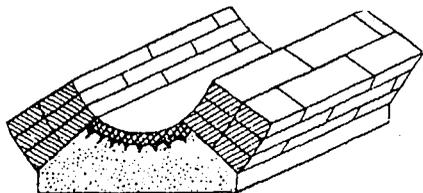
$$\delta = \frac{0,6 P D}{R - P} \dots (159), \text{ гдѣ } P \text{— нагрузка на 1 кв. ед. поверхности свода, } D \text{— внутренний діаметръ коллектора и } R \text{— прочное сопротивленіе 1 кв. ед. матеріала сжатію; полученные по этой формулѣ размѣры округляются до дѣлаго числа полукирпичей.}$$

Толщина стѣнокъ *бетонныхъ овоидальныхъ каналовъ*, набиваемыхъ во рвахъ, дѣлается больше на 15—25% толщины стѣнокъ фабричныхъ каналовъ, такъ какъ при производствѣ работъ во рвахъ нельзя получить бетонъ того же качества, какъ въ фабричныхъ формахъ.

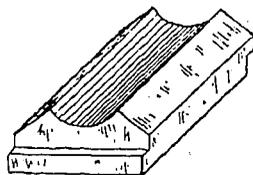
Для опредѣленія толщины стѣнокъ въ пятахъ овоидальныхъ каналовъ можно пользоваться эмпирической формулой  $\delta = 0,01 D + 80$  мм. или  $0,01 D + 90$  мм. гдѣ  $\delta$ —толщина стѣнки въ пятахъ, а  $D$ —внутренній діаметръ канала въ миллиметрахъ.

§ 8. Подошва каналовъ. Мы при описаніи бетонныхъ каналовъ упоминали о примененіи бетонной подошвы съ *керамиковой обдѣлкой*. Такая подошва вполне применима и для *кирпичныхъ* каналовъ (черт. 135). Она въ водоносныхъ грунтахъ можетъ дѣлаться наверху рвовъ и опускаться внизъ уже въ готовомъ видѣ; соединенія отдѣльныхъ швовъ подобныхъ подошвъ дѣлаются посредствомъ *прямоугольнаго шпунта* (чер. 136).

чер. 135.



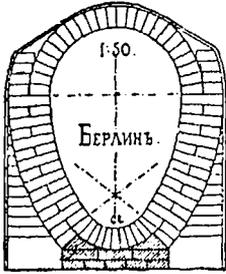
чер. 136.



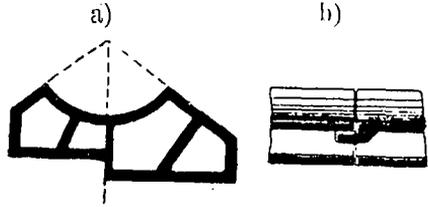
Въ некоторыхъ случаяхъ возможно устройство подошвъ изъ *тесоваго камня*, если городъ владѣетъ самъ каменоломнями, и камень легко поддается обработкѣ. Въ случаѣ трудности достать керамиковыя плитки представляется возможнымъ замѣнить бетонныя подошвы кирпичными, для каковой цѣли устраиваютъ наверху рвовъ части кирпичныхъ подошвъ,

которые показаны заштрихованными на черт. 137; на этой подошвѣ уже укладываютъ арочку *a*, которая даетъ хорошую перевязку швовъ. Прежде употребляли подошвы, сдѣланныя изъ *керамиково́й глины* (черт. 138 а-б),

чер. 137.



чер. 138.



но, какъ показали опыты, стыки ихъ пропускали воду; поэтому не смотря на детальную разработку цѣлаго сортамента типовъ подобныхъ подошвъ, керамиковыя подошвы нежелательно примѣнять для постройки каналовъ.

## Г Л А В А Х I.

§ 1. Устройство и укрѣпленіе рвовъ. При постройкѣ уличныхъ водосточковъ нельзя думать объ устройствѣ рвовъ съ естественными откосами, такъ какъ вырытая земля и разобранная мостовая могутъ сильно стѣснить уличное движеніе. Поэтому устройство рвовъ почти повсюду требуетъ укрѣпленія ихъ вертикальныхъ стѣнокъ; исключеніе могутъ представить случаи, когда ведутся работы по укладкѣ главныхъ отводныхъ коллекторовъ за предѣлами городовъ, или когда работы ведутся на незначительныхъ глубинахъ, гдѣ для укрѣпленія стѣнокъ рвовъ на разстояніи 1,5—2 метровъ оставляютъ земляныя перемычки.

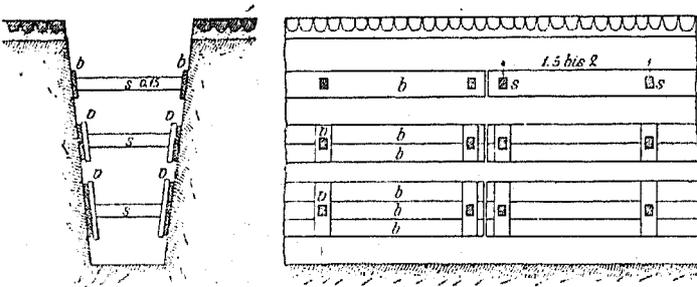
Далѣе, обдѣлка рвовъ имѣетъ цѣлю предотвратить осыпаніе грунта и тѣмъ предупредить не только возможность поврежденія сооружаемыхъ коллекторовъ, но и несчастные случаи съ рабочими. Кромѣ того при слабомъ, пропитанномъ водой грунтѣ и близости рвовъ къ зданіямъ, обдѣлка служитъ предохранительной мѣрой противъ осѣданія почвы, которое въ свою очередь можетъ вызвать поврежденіе ближайшихъ домовъ. При плохомъ грунтѣ въ очень узкихъ улицахъ можетъ оказаться полезнымъ, а иногда и необходимымъ укрѣплять стѣны и фундаменты прилегающихъ домовъ.

Если приходится при этомъ прокладывать водосточные каналы ниже подошвъ фундаментовъ домовъ, то полезно горизонтальныя распорки оставлять въ рвахъ навсегда.

Вообще слѣдуетъ замѣтить, что работы по укрѣпленію рвовъ нужно производить съ возможной тщательностью и не стремиться къ излишней экономіи, такъ какъ возможность произойти вследствие небрежнаго отношенія къ этому вопросу несчастія съ рабочими или поврежденія зданій могутъ сразу потребовать большихъ расходовъ.

Простѣйшій случай укрѣпленія рвовъ на небольшихъ глубинахъ въ сухихъ грунтахъ при незначительной глубинѣ рвовъ представленъ на черт. 139. Здѣсь стѣнки рвовъ сдѣланы съ откосами 1:5 и укрѣплены горизонтальными досками *b*, которыя передаютъ давленіе земли на клинья *v* и на распорки *z*. Примѣненіе въ настоящемъ случаѣ слабыхъ откосовъ даетъ экономію въ количествѣ досокъ, расходуемыхъ на укрѣпленіе рвовъ, но требуетъ примѣненія горизонтальныхъ досокъ различной длины. Раз-

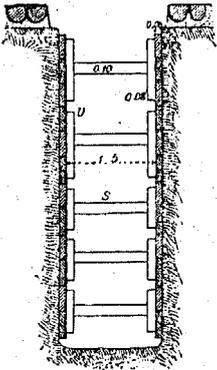
стояніе между распорками  $l$  выбирается въ зависимости отъ размѣра тѣхъ частей каналовъ (трубъ, подошвъ), которые должны быть свободно помѣщены  
чер. 139.



между распорками; на практикѣ такое разстояніе дѣлается въ 1,5 — 2 мет. Обычные размѣры площади сѣченія распорокъ 0,15 × 0,05 - 0,06 мет. (6" × 2").

Большая ширина ровъ или худшій грунтъ требуетъ или увеличенія  $l$  или усиленія площади сѣченія распорокъ.

чер. 140.

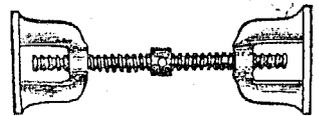


Для рововъ большой глубины въ сухихъ грунтахъ употребляется сплошная досчатая обдѣлка рововъ, показанная на черт. 140.

При проведеніи длинныхъ рововъ замѣняютъ неподвижныя деревянныя распорки подвижными винтовыми распорками, которые даютъ возможность поддерживать сильное распираніе досчатой обдѣлки и довольно удобны для примѣненія въ рвахъ съ различными ширинами. (черт. 141)

чер. 141.

Съ экономической точки зрѣнія подвижныя распорки могутъ дать сокращеніе расходовъ, такъ какъ болѣе высокая стоимость



одной подобной распорки сравнительно съ деревянной окупается уменьшеніемъ расходовъ, потребныхъ на постановку большого числа деревянныхъ распорокъ.

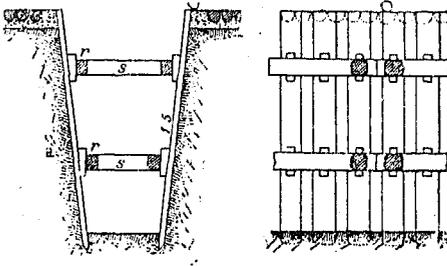
При проведеніи рововъ въ обсыпающихся или влажныхъ грунтахъ или для устройства различныхъ канализаціонныхъ колодцевъ примѣняется вертикальная обдѣлка рововъ, показанная на чер. 142.

Здѣсь давленіе земли передается чрезъ клинья на продольные лежни  $r$ , между которыми помѣщены распорки  $s$ . Вертикальную обдѣлку неудобно примѣнять для глубокихъ рововъ, такъ какъ при этомъ можетъ потребоваться очень большая длина отдѣльныхъ досокъ.

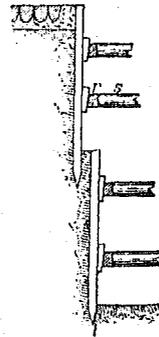
Поэтому при большой глубинѣ рововъ при вертикальной обдѣлкѣ приходится раздѣлить поперечное сѣченіе рва на двѣ части  $n$ , нѣсколько уширивъ его, обдѣлать каждую часть рва независимо (черт. 143).

Приведенные нами способы по обдѣлкѣ рвовъ пригодны только для сухихъ грунтовъ при глубинѣ до 8—10 мет.

чер. 142.



чер. 143.



Если же приходится при прокладкѣ водосточной сѣти имѣть дѣло съ *грунтовыми водами*, то приемы по устройству рвовъ въ большей или меньшей степени усложняются. Простѣйшимъ приемомъ является *прокладка подъ подошвами будущихъ водосточныхъ каналовъ дренажныхъ каналовъ* и отводъ грунтовыхъ водъ въ ближайшіе водные протоки и сухіе

чер. 144.

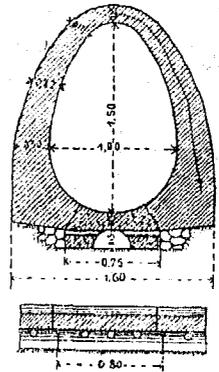
овраги. Для этой цѣли рыются снизу вверхъ и укладываются подошвы съ дренажными каналами; послѣ пониженія уровня грунтовыхъ водъ рвы могутъ быть разработаны до проектной профили, и кладка каналовъ будетъ вестись въ сухомъ грунтѣ (черт. 144).

Вмѣсто подобныхъ подошвъ прежде употребляли еще поля *керамиковыхъ подошвы* (чер. 138) въ которыя воды попадаютъ чрезъ стыки. Теперь вмѣсто подобныхъ подошвъ употребляютъ *дренажныя трубы* или обыкновенныя *керамиковыя* безъ задѣлки стыковъ, обсыпая ихъ отъ прониканія песку гравіемъ.

Но эти приемы можно рекомендовать только при слабомъ притокѣ грунтовыхъ водъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ можно ожидать въ будущемъ поврежденія подошвы каналовъ вслѣдствіе движенія въ дренажную сѣть грунтовыхъ водъ съ пескомъ.

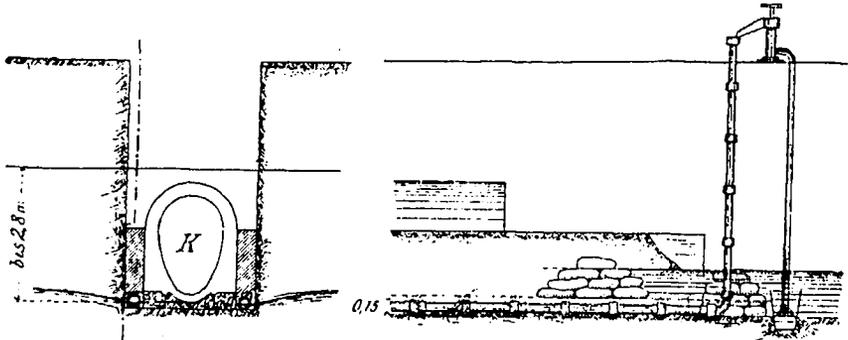
Болѣе безопаснымъ является *отнесеніе дренажныхъ линій къ стѣнкамъ* рва, но при этомъ увеличивается ширина рвовъ. Если примѣняются двѣ дренажныя линіи, то одна укладывается глубже другой; при устройствѣ подобныхъ дренажныхъ линій для осажденія песку, увлекаемаго грунтовыми водами, и для наблюденія за дѣйствіемъ дренажныхъ трубъ устанавливаются *ревизионныя (смотровыя)* колодцы.

Если устроенная дренажная сѣть будетъ оставлена въ грунтѣ послѣ постройки водосточныхъ каналовъ, то необходимо дренажные колодцы располагать вблизи будущихъ смотровыхъ колодцевъ или же сразу строить осо-



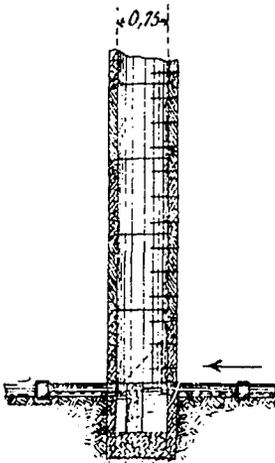
бые смотровые колодцы съ частью, предназначае­мой для дренажныхъ колодцевъ. Въ дренажныя линіи обыкновенно заклады­вается мѣдная или оцин­кованная желѣзная проволока для ихъ прочистки отъ песку. Интересный примѣръ примѣненія боковыхъ дренажныхъ трубъ представляютъ собой ка­нализационныя работы въ г. Магдебургѣ, гдѣ для отведенія грунтовыхъ водъ были уложены керамковыя трубы (черт. 144), стѣнки которыхъ для

чер. 145.



предотвращенія прониканія песку были задѣланы пучками сѣна и обсыпаны гравіемъ. Несмотря на подобныя мѣры замѣчались засоренія пескомъ въ нѣкоторыхъ дренажныхъ линіяхъ, уложенныхъ со слабымъ уклономъ; для удаленія этихъ засореній прибѣгали къ промывкѣ этихъ проводовъ до бли­жайшаго смотрового колодца обратнымъ токомъ воды. Для этой цѣли къ дренажной линіи при­соединяли вертикальную трубу, у которой на верху рва ставили ручной насосъ; всасываю­щая труба этого насоса забирала воду, скоплен­ную перемычками изъ мѣшковъ съ пескомъ. Смо­тровые колодцы для дренажныхъ трубъ, установ­ленные на разстояніи до 200 метровъ, устраи­вались съ осадочной частью, которые были филь­тромъ изъ гравія раздѣлены на двѣ части (черт. 146).

чер. 146.



Изъ этого примѣра можно видѣть, что по­добныя дренажныя трубныя линіи трудно предо­хранить отъ засасыванія мелкимъ пескомъ.

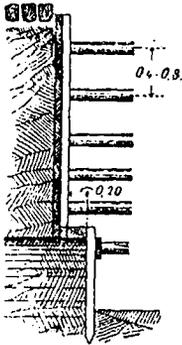
Въ случаѣ перестѣненія небольшихъ про­слойковъ грунтовыхъ водъ прибѣгаютъ къ смѣ­шанной обдѣлкѣ рвовъ (черт. 147); часть рва до

уровня грунтовыхъ водъ обдѣлывается горизонтальными досками, а ниж­няя часть вертикальными, забиваемыми вручную въ грунтъ на глубину 0,5 — 0,8 метр. Вода изъ этихъ рвовъ удаляется насосами, къ которымъ она подводится при помощи уложеннаго ниже подошвы каналовъ провода;

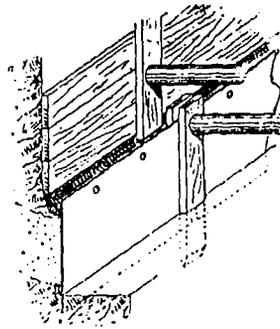
въ пунктѣ установки насоса для удобства всасыванія во рвѣ дѣлается небольшое углубленіе для помѣщенія сѣтки всасывающей трубы.

Для подобныхъ же случаевъ вмѣсто вертикальныхъ досокъ при постройкѣ канализаціи г. *Кіева* применяли *железные листы*, забиваемые ручной бабой (черт. 148).

чер. 147.

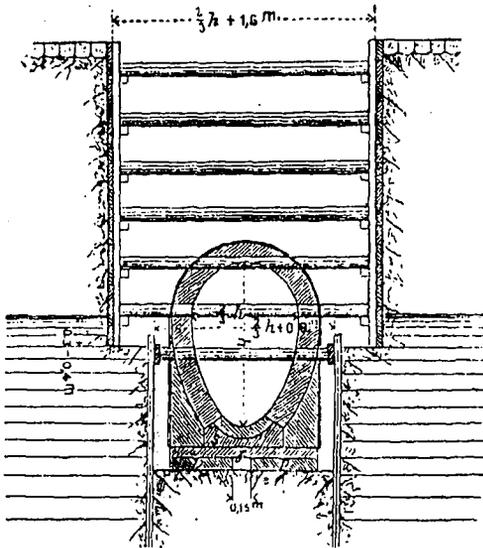


чер. 148.



Вдоль рва забивались доски (толщиной 2"), между которыми загонялись железные листы, стыки коихъ съ вертикальными досками проконопачивались паклей. Въ железныхъ листахъ оставлялись дыры для того, чтобы по окончаніи работъ на данномъ участкѣ можно было бы ихъ легко вытащить и использовать для слѣдующаго.

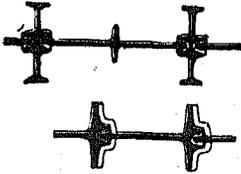
чер. 149.



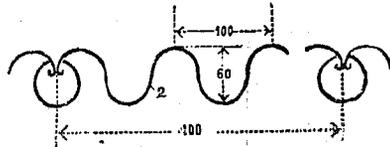
Въ *сильно пропитанныхъ водой грунтахъ* приходится прибѣгать къ забивкѣ *шпунтовыхъ рядовъ* (черт. 149). Этотъ способъ обдѣлки рвовъ обходится дорого вслѣдствіе большого протяженія водосточныхъ каналовъ.

Если при постройкѣ водосточныхъ каналовъ приходится прорѣзать сильно пропитанные водой слои гальки или грубого гравія, то прибѣгаютъ къ устройству металлическихъ шпунтовыхъ стѣнокъ изъ оцинкованнаго фасоннаго или волнистаго желѣза (черт. 150—151).

чер. 150.

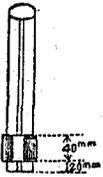


чер. 151.



Нижній край желѣзныхъ стѣнокъ изъ фасоннаго желѣза заостряется, а въ стѣнкахъ изъ волнистаго желѣза дѣлается усиленіе нижняго конца кольцомъ (черт. 152).

чер. 152.

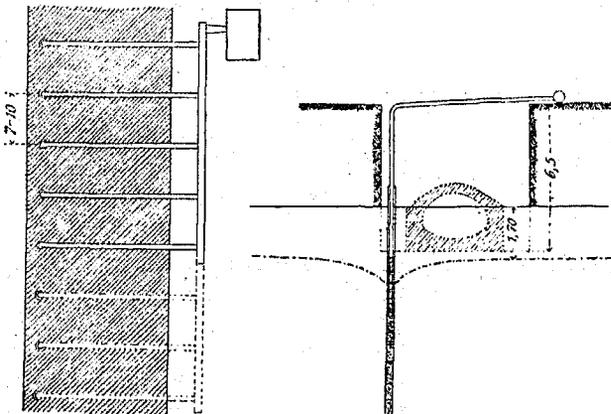


Конечно, эти способы должны употребляться вслѣдствіе ихъ дороговизны въ самихъ крайнихъ случаяхъ, когда забивка деревянныхъ шпунтовъ идетъ очень медленно.

За послѣднее время въ Германіи для борьбы съ грунтовыми водами стали примѣнять новый способъ „способъ искусственнаго пониженія уровня грунтовыхъ водъ“, представляющій весьма большое удешевленіе сравнительно съ примѣненіемъ шпунтовыхъ рядовъ. Способъ этотъ представляетъ собой примѣненіе къ осушкѣ рововъ водопровода изъ трубчатыхъ (бруклинскихъ) колодцевъ.

Этотъ способъ (черт. 153) заключается въ устройствѣ ряда трубчатыхъ колодцевъ, въ которые опускаются всасывающія трубы, соединяю-

чер. 153.



щіе въ одну общую всасывающую сифонную трубу. Вода высасывается постоянно дѣйствующими паровыми насосами, установленными у крайняго

трубчатого колодца. При понижении уровня ниже подошвы будущего канала кладка последнего производится в сухом рвѣ. Пока ведутся работы по устройству известнаго участка канала, в соседнемъ участкѣ закладываются трубчатые колодцы съ такимъ расчетомъ, чтобы по окончаніи работъ по устройству канала можно было бы перенести паровую насосную станцію на новое мѣсто и на новомъ участкѣ начать откачку грунтовыхъ водъ.

Примѣры примѣненія этого способа представляютъ работы по устройству *двухъ ливнепускковъ общесплавной канализаціи г. Шарлоттенбурга*. Тамъ были заложены трубчатые колодцы діам. 150 мм. на разстояніи 7—10 м. Главная всасывающая труба имѣла діаметръ 200 мм., по которой день и ночь грунтовые воды высасывались паровымъ насосомъ. Трубчатые колодцы во время этихъ работъ были использованы 8 разъ; ихъ муфтовые стыки для легкой разборки закрывались резиновыми кольцами. Экономія при примѣненіи этого способа взаменъ устройства шпунтовыхъ рядовъ была болѣе 100 процентовъ, не говоря уже о возможности произвести работы самымъ тщательнымъ образомъ.

Для выкачиванія воды изъ рвовъ примѣняются насосы разнообразныхъ конструкцій, при чемъ ихъ выборъ производится въ зависимости отъ количества поднимаемой ими въ единицу времени воды. Такъ, для малыхъ количествъ до 5 литровъ въ секунду достаточно пользоваться ведрами или простѣйшими *ручными* насосами. Для болѣе сильныхъ притоковъ воды пользуются *крыльчатыми* и *дисковыми* насосами. Такъ, напр., крыльчатые насосы сист. *Альвейлера* подаютъ отъ 90 до 1600 ведеръ въ часъ, насосы системы „*Диафрагма*“ отъ 1500 до 2200 ведеръ въ часъ.

Также для откачки воды изъ рвовъ часто употребляютъ *насосы системы „Летестю“*, которые обыкновенно приводятся въ движеніе силой рабочихъ. Производительность этихъ насосовъ колеблется въ предѣлахъ отъ 1400 до 10000 ведеръ въ часъ, соответственно которой потребное число рабочихъ мѣняется отъ 4—6 до 10—14 человекъ. При дороговизнѣ рабочихъ рукъ и при сильномъ водоотливѣ примѣняютъ *центробѣжные насосы*, приводимые въ движеніе паровыми, электрическими или калорическими двигателями; высота всасыванія для центробѣжныхъ насосовъ не должна быть болѣе 5—6 метровъ.

При достаточной ширинѣ улицъ вынимаемая изъ рвовъ земля складывается у верхнихъ краевъ ихъ, гдѣ и лежитъ до обратной засыпки рвовъ. Производство канализаціонныхъ работъ въ узкихъ улицахъ можетъ повлечь за собой прекращеніе движенія экипажей, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ сильное стѣсненіе пѣшеходнаго движенія. Поэтому въ этихъ случаяхъ отвозятъ землю немедленно за ея вырытіемъ и привозятъ вновь количество, необходимое для засыпки; *вывозъ земли представляется также необходимымъ, если вынимаемый изъ рвовъ грунтъ сильно загрязненъ, что можетъ вызвать появленіе эпидемическихъ болѣзней среди рабочихъ и городского населенія*. Въ такихъ случаяхъ полезно укладывать по краямъ рвовъ рельсы, опирающіеся на задѣланные въ стѣнки рвовъ поперечины; на этихъ

рельсахъ передвигаются вагонетки, на которыя складывается вынутая земля. Еще удобнѣе примѣненіе парового подъемнаго крана, который поднимаетъ ящики съ землей на вагонетки, двигающіяся по рельсамъ, уложеннымъ вблизи одного изъ краевъ рвовъ. Этотъ кранъ можно утилизовать и для подъема отдѣльныхъ частей каналовъ (подошвы, частей бетонныхъ каналовъ и т. под.). Если бы имѣлось достаточно мѣста, то кранъ могъ бы быть помѣщенъ и на боковомъ пути. Кромѣ того слѣдуетъ упомянуть, что въ нѣкоторыхъ городахъ для вывозки земли пользовались канатными дорогами<sup>1)</sup>.

§ 2. Устройство туннелей для водосточныхъ каналовъ. Выше мы указывали, что не слѣдуетъ дѣлать глубину заложения водостоковъ выше 8—10 мет., такъ какъ рытье рвовъ большей глубины вызываетъ серьезныя затрудненія для производства работъ и громадныя расходы; обыкновенно при достиженіи подобныхъ глубинъ приходится вести работы по устройству рвовъ *туннельнымъ способомъ*. Такіе случаи встрѣчаются въ канализаціонной практикѣ и обыкновенно вызываются мѣстными условіями.

Прежде всего устройство туннелей является неизбѣжнымъ, если коллекторъ пересѣкаетъ возвышенность, обойти которую по условіямъ мѣстности не представляется возможнымъ.

Далѣе туннели могутъ быть вызваны необходимостью помѣстить водосточные каналы ниже водоносныхъ пластовъ. Примѣръ устройства подобнаго туннеля даетъ гор. Чикаго<sup>2)</sup>, гдѣ онъ былъ устроенъ въ глинистомъ грунтѣ, надъ которымъ находился плавунъ. Затѣмъ туннели устраиваются и на небольшой глубинѣ, если водосточные каналы проходятъ по очень оживленнымъ или узкимъ улицамъ, гдѣ устройство рвовъ могли бы сильно стѣснить уличное движеніе. Примѣръ устройства туннеля на очень незначительной глубинѣ отъ поверхности уличной мостовой (0,45—1 мет.) представляетъ собой главный коллекторъ Clichy<sup>3)</sup> въ Парижѣ, который на протяженіи 1750 метровъ былъ проведенъ въ туннель.

При работахъ въ плотномъ сухомъ грунтѣ при устройствѣ туннелей прибѣгаютъ къ способу, показаному на чертежѣ 153. *Туннельныя работы*<sup>4)</sup> начинаются съ устройства *колодецевъ*, для которыхъ выбираютъ мѣста, доступныя для отвозки выбираемой изъ туннелей земли. Количество колодецевъ зависитъ отъ общаго протяженія туннеля и отъ выбраннаго разстоянія между колодцами, которое колеблется на практикѣ между 100—200 саж., и отъ степени трудности работъ въ данномъ грунтѣ. Послѣ доведенія колодецевъ до глубины подошвы будущаго канала и установки приспособленій, необходимыхъ для спуска въ колодезь, начинаютъ рытье и послѣдовательное

1) Zentralblatt der Bauverw. 1883; Bull. de la société d'encouragement 1896.

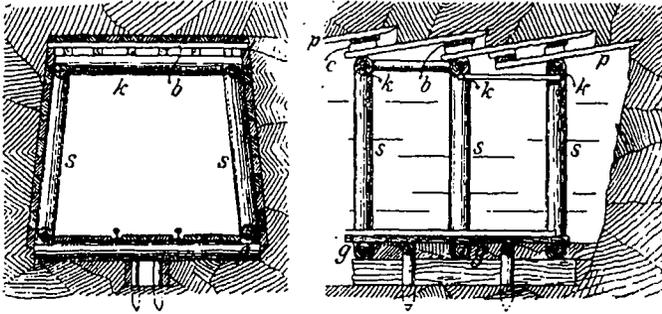
2) Engineering Record, 1899.

3) Beschmann, Distribution d'eau et assainissement des villes.

4) Описаніе туннельныхъ работъ изложено также въ статьѣ Sewer tunneling in London, Eng: Rec 1909.

закрѣпленіе стѣнокъ туннеля. Обдѣлка туннелей въ данномъ случаѣ состоитъ изъ трапецидальной рамы, состоящей изъ верхней и нижней обвязки *k* и *g* и наклонныхъ стоекъ *s*; на эту раму, устроенную изъ 5—6 вершко-

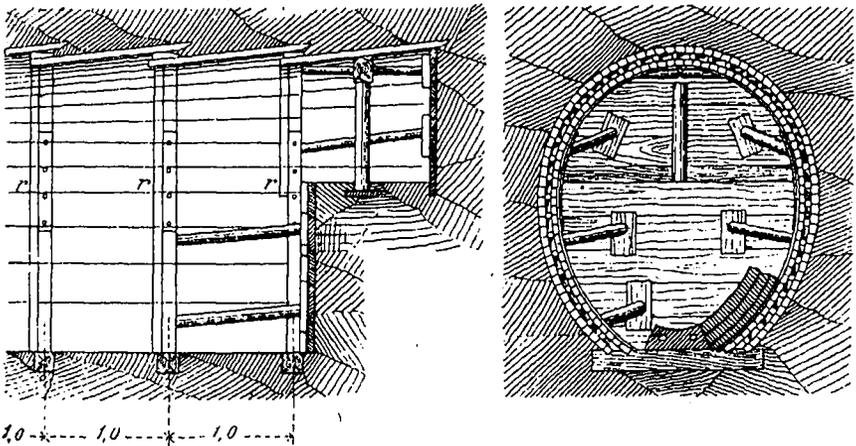
чер. 153.



выхъ бревенъ, чрезъ посредство 3"-овыхъ поперечныхъ *p* и клиньевъ *с* передается давленіе отъ плотно пригнанныхъ другъ къ другу и заостренныхъ съ концовъ 3" досокъ, воспринимающихъ непосредственно давленіе отъ грунта.

Подобный типъ обдѣлки пригоденъ для каналовъ среднихъ и малыхъ размѣровъ; для большихъ каналовъ приходится прибѣгать сначала къ

чер. 154.



устройству направляющихъ штоленъ, а затѣмъ уже къ разработкѣ туннелей до проектнаго профиля.

Въ водоносныхъ грунтахъ инженеромъ Линдлеемъ былъ примененъ при постройкѣ канализаціи въ Франкфуртѣ на Майнѣ и въ Варшавѣ слѣдующій приемъ для постройки туннелей (черт. 154).

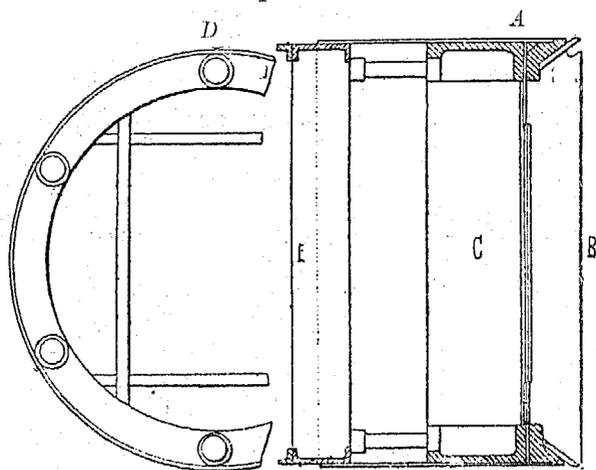
Форма поперечной досчатой обдѣлки соответствуетъ формѣ поперечнаго сѣченія каналовъ; досчатая обдѣлка поддерживается чрезъ каждые  $1\frac{1}{2}$  арш. желѣзными разборными ободьями *r*. По окончаніи кладки коллектора ободья развинчивались и вынимались, а доски оставались на мѣстѣ для предупрежденія осѣданія земли. Въ качествѣ способа для устройства туннелей слѣдуетъ еще упомянуть о распространенномъ за границей способѣ примѣненія *подвижныхъ металлическихъ щитовъ* (*bouclier, brustschild*).

Первое употребленіе подвижнаго щита относится еще къ 1825 году, когда *Брюнель* примѣнилъ его для устройства перваго туннеля *подъ Темзой*. Затѣмъ этотъ способъ постепенно развивался и широко примѣнялся въ Парижѣ<sup>1)</sup>, Гамбургѣ, Чикаго, Бруклинѣ, Брюсселѣ<sup>2)</sup> Мельбурнѣ<sup>3)</sup> и др.

Этотъ способъ примѣнимъ, какъ для сухихъ грунтовъ, такъ и для водоносныхъ.

При примѣненіи его для сухихъ грунтовъ устройство подвижнаго щита заключается въ слѣдующемъ (черт. 155).

чер. 155.



*Щитъ А*<sup>4)</sup> (*bouclier*) снабжается металлическимъ (стальнымъ) *ножомъ В*, который по мѣрѣ движенія щита врѣзается въ грунтъ. Часть, прилегающая къ щиту, можетъ раздѣляться по желанію на нѣсколько камеръ, гдѣ находятся *рабочіе*, которые убираютъ землю, вынутую въ кольцевомъ пространствѣ, занятомъ ножомъ, и передаютъ ее на вагонетки; въ *камерѣ С* помѣщаются по окружности щита *гидравлическіе прессы D*,

1) Hervieu, Traité pratique de la construction des égouts.

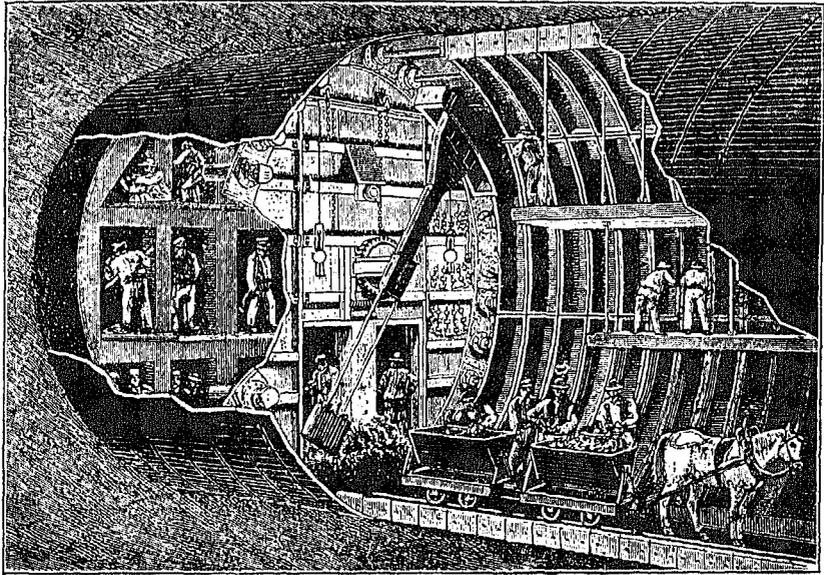
2) Eng. News, 1896 I.

3) Eng. Record, 1899.

4) Hervieu, loc cit.

приводящіе щитъ въ движеніе. За камерой *C* находится *задняя камера E*, гдѣ рабочіе уже нагружаютъ вагонетки землей, которую отвозятъ по рельсовымъ путямъ къ устроеннымъ для подъема земли колодцамъ; въ камерѣ *E* уже находится часть обдѣланнаго туннеля или въ видѣ металлической трубы или каменной кладки. Иллюстрацію подобнаго рода работъ въ сухихъ грунтахъ представляетъ собой черт. 156 <sup>1)</sup>.

чер. 156.



Если же приходится имѣть дѣло съ водоноснымъ грунтомъ, то подвижной щитъ играетъ роль *горизонтальнаго кессона*, для каковой цѣли устраиваются второй щитъ (переборка) и *воздушные шлюзы для входа въ кессонную камеру*.

Само собой разумѣется, что при производствѣ подобныхъ работъ необходимо имѣть вентиляціонныя устройства и электрическое освѣщеніе. При постройкѣ водосточныхъ каналовъ туннельнымъ способомъ ихъ стѣнки дѣлаются большей толщины на тѣхъ основаніяхъ, что глубоко заложенымъ каналамъ приходится выдерживать большее давленіе, и что самая кладка не можетъ быть сдѣлана такъ тщательно, какъ при дневномъ свѣтѣ. Расчетъ стѣнокъ каналовъ туннелей не можетъ быть произведенъ; тутъ приходится руководиться наблюденіями надъ устроенными каналами; весьма выгодной формой сѣченія будетъ кругъ. Въ качествѣ строительнаго матеріала слѣдуетъ для туннелей рекомендовать кирпичную или тесовую кладку; бетонъ здѣсь непримѣнимъ вслѣдствіе трудности его трамбованія въ туннеляхъ.

<sup>1)</sup> La Nature, 1890 г

§ 3. **Постройка кирпичных каналов.** Постройка самих кирпичных каналов идет непрерывно за вырытием рвовъ.

Для большей успешности работъ по прокладкѣ коллекторовъ необходимо распределить рабочихъ на группы, при чемъ поручить каждой группѣ специальную работу. Впереди работаютъ 2 партіи рабочихъ, изъ коихъ одна занимается разработкой и крѣпленіемъ рвовъ, а другая удаленіемъ земли изъ рвовъ. Затѣмъ послѣдовательно работаютъ 3 партіи каменщиковъ, изъ коихъ первая работаетъ по устройству подошвъ во рвахъ или по укладкѣ изготовленныхъ на верху подошвъ на днѣ рвовъ, вторая занимается устройствомъ щековыхъ частей каналовъ и третья устройствомъ сводчатыхъ частей. При благоприятныхъ обстоятельствахъ артель изъ 4 каменщиковъ и 4 подносчиковъ по даннымъ проф. Бюзнига можетъ въ сутки сдѣлать извѣстное количество погонныхъ метровъ каналовъ, какъ это можно видѣть изъ слѣдующей таблицы XLII.

ТАБЛИЦА XLII.

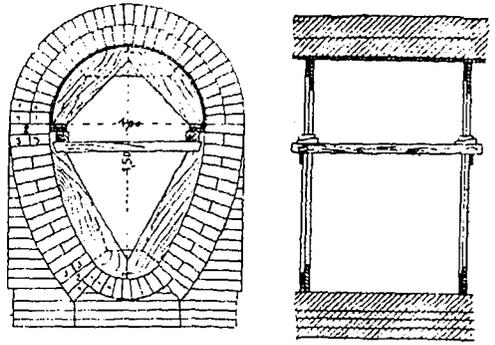
Круглые каналы.	Оvoidальные каналы.	Протяженіе каналовъ въ пог. мет.
Диаметр.	Размѣръ.	
0,500	0,7 / 1,05	12—15
0,625	0,84 / 1,26	9—12
0,750	1,0 / 1,25	6—8
0,875	1,16 / 1,74	4—6

Само собой разумѣется, что эти цифры имѣютъ приблизительное значеніе, такъ какъ на нихъ могутъ оказать вліяніе многочисленныя факторы: борьба съ грунтовыми водами, укрѣпленіе рвовъ, устройство основаній, состояніе погоды и т. п.

При устройствѣ кирпичныхъ каналовъ обращается особое вниманіе на *правильность укладки подошвъ каналовъ по оси рвовъ на заданной глубинѣ*, такъ какъ ошибка въ уклонѣ дна каналовъ можетъ повлечь за собой *измѣненіе отводоспособности каналовъ*. Поэтому по окончаніи устройства подошвы до устройства щековыхъ частей каналовъ необходимо произвести ея тщательную привеллровку; оконченныя подошвы перекрываются продольными досками во избѣжаніе загрязненія отъ цементнаго раствора. Для устройства *щековыхъ* и *сводчатыхъ* частей устраиваютъ деревянные кружала (черт. 157). Во время работъ по устройству щековыхъ частей вставляются въ назначенныхъ мѣстахъ керамиковые или бетонные патрубки для присоединенія домовыхъ отвлѣвленій и соединительныхъ

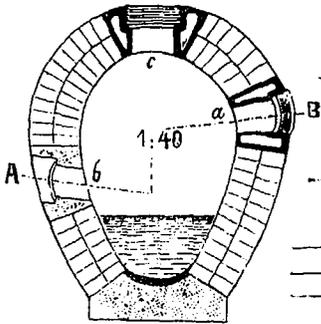
трубъ отъ дождеприемниковъ (черт. 158). Вся швы внутренней поверхности водосточковъ тщательно расшиваются. Для кружалъ, которые дѣлаются для сводовъ, устраиваются деревянные барабаны изъ строганныхъ досокъ, длинной 1,5—2 мет. После того какъ прошло время, необходимое для отвердѣнія цементнаго раствора, заполняютъ часть рва надъ сводомъ на высоту до 0,30 м. пескомъ, который после осадки плотно уплотняется; вслѣдъ за этимъ производится дальнѣйшее заполненіе рвовъ слоями 0,20—0,30 мет., которые плотно трамбуются. Уже после этого удаляются клинья изъ подъ кружалъ, и они перемѣщаются на сосѣдній участокъ.

чер. 157.

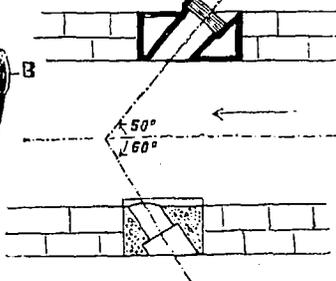


При устройствѣ небольшихъ каналовъ кружала устанавливаются на выступающихъ кирпичахъ *z* (черт. 159), которые после раскружаливанія

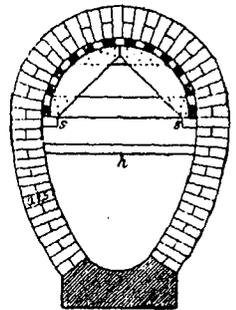
чер. 158.



Разрѣзъ по А В



чер. 159.

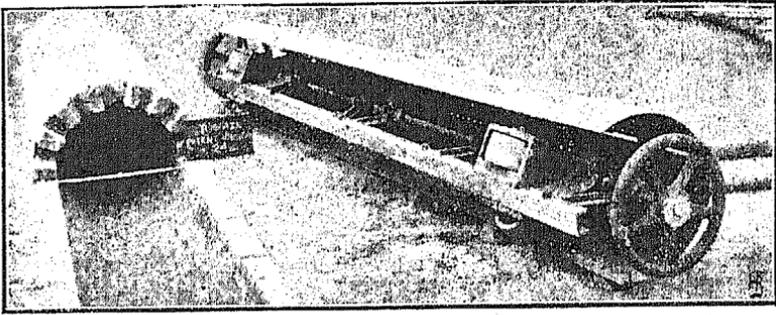


удаляются; вмѣсто кирпичей *z* можно установить поперечные брусья *h*, на которыхъ укладываются продольные брусья, поддерживающіе кружала. Свободное пространство между наружными стѣнками канала и рва заполняютъ или пескомъ или вынутымъ грунтомъ, но при этомъ производится тщательная трамбовка; въ слабыхъ грунтахъ каналамъ или даютъ контрфорсы или же заполняютъ бетономъ промежутокъ между стѣнками рва и канала. Лежащія на водосточныхъ линияхъ смотровые колодцы и камеры для различныхъ назначеній лучше дѣлать одновременно съ каналами.

При постройкѣ длинныхъ кирпичныхъ каналовъ канализаціонной стѣны г. Калькутты Робертсомъ были примѣнены подвижные кружала, давшія возможность получить весьма точно заданные размѣры стѣнчій каналовъ (черт. 160 a-b).

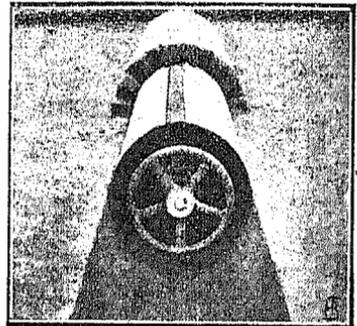
Эти кружала, будучи сдѣланы для извѣстнаго типа сѣченій строящейся канализации, даютъ возможность пользоваться ими для любого диаметра даннаго типа. Черт. (160-а-в и 161) показываетъ типъ подоб-

чер. 160-а.

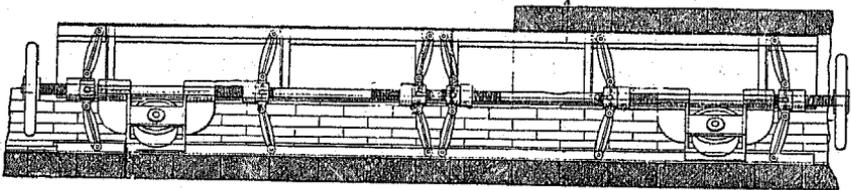


чер. 160-в.

ныхъ кружалъ для круглыхъ сѣченій. Они состоятъ изъ продольной желѣзной оси, на которой чрезъ извѣстные промежутки сдѣланы винтовые нарезки по взаимно-противоположнымъ направленіямъ. Въ эти нарезки входятъ гайки, къ которымъ прикрѣплены наклонныя и горизонтальныя спицы, поддерживающія желѣзный полуцилиндръ, состоящій изъ 2 частей и представляющій собой собственно кружала для свода. Продольная ось прикрѣплена къ тѣлѣжкѣ, колеса которой благодаря противовѣсамъ точно катятся по нижней про-



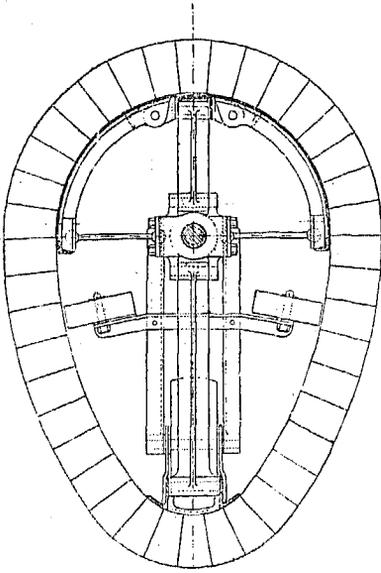
чер. 161.



изводящей водостока. Для управления продольной осью съ 2 сторонъ ей имѣются рукоятки, вращая которыя мы можемъ получить кружала любого диаметра для извѣстнаго типа сѣченія. На Калькутской канализации при при-

мѣненіи кружалъ Робертсу удавалось проходить до 36 англ. фут. ( $\approx$  11 метр.) въ день. На черт. 162 показаны подвижныя кружала для овоидальныхъ стѣнъ.

чер. 162.

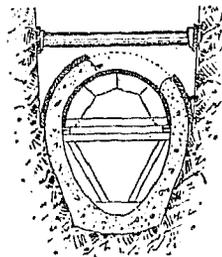
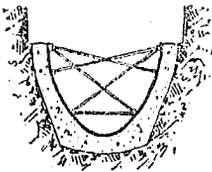


§ 4. Постройка бетонныхъ и желѣзобетонныхъ каналовъ. Для устройства бетонныхъ каналовъ пользуются желѣзными или деревянными формами, которыя устраиваются или двойными или же однокчными, если вмѣсто второй стѣнки можно воспользоваться стѣнками рва (черт. 163а). Въ случаѣ примѣненія двойныхъ формъ наружныя стѣнки формы и стѣнки рвовъ должны быть между собою раскрѣплены; этимъ достигается неподвижность формъ для бетонныхъ каналовъ. Бетонную массу тщательно трамбовываютъ въ промежутки между хорошо выравненными стѣнками рва, играющаго роль наружнаго кожуха, или въ промежутки между стѣнками формы

и чугунинымъ или деревяннымъ, обитымъ желѣзомъ или цинкомъ, сердечникомъ, имѣющимъ форму внутренняго очертанія коллектора. Сердечникъ,

чер. 163-в.

чер. 163-а.



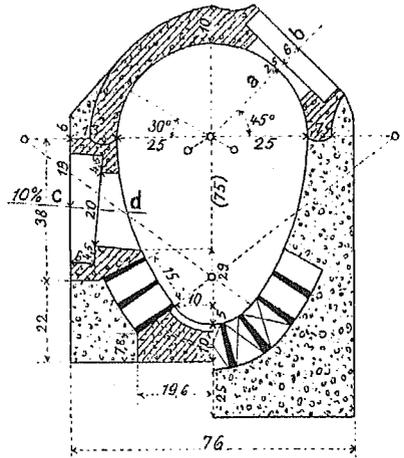
(длиной 2—3 метра), опирается однимъ концомъ въ оконченную часть коллектора, а другимъ въ раму, установленную поперекъ рва.

По окончаніи набивки и достаточномъ затвердѣніи бетона сердечникъ вынимается, и свободный конецъ его устанавливается на раму, передвинутую впередъ на длину сердечника. При подобномъ способѣ производства работъ слѣдуетъ обратить особенное вниманіе на тщательную трамбовку слоями въ 0,125 (5")—0,2 м. (8"), что иногда бываетъ затруднительно,

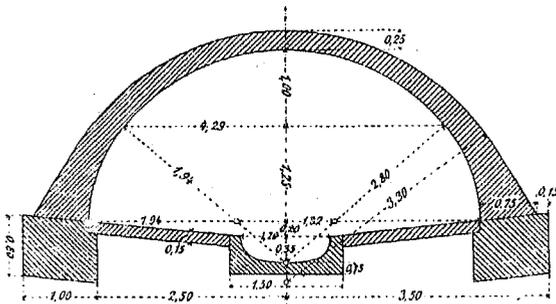
особенно въ узкихъ рвахъ около дна, а потому лучше и для бетонныхъ каналовъ примѣнять готовые подошвы, обдѣланныя керамиковыми плитками.

Для упрощенія и ускоренія производства работъ по устройству бетонныхъ каналовъ, набиваемыхъ во рвахъ, можно нѣкоторыя ихъ части (сводъ, подошву, патрубки) изготовлять внѣ рвовъ и затѣмъ соединять ихъ съ набитыми во рвахъ частями. Примѣръ такого устройства показанъ на чер. 164, гдѣ части изготовленныя внѣ рвовъ заштрихованы; тутъ же показана двоякая обдѣлка подошвы: съ лѣвой стороны клинкеръ и керамиковыя плитки, а съ правой-только клинкеръ. Въ цементной штукатуркѣ нѣтъ большой надобности, такъ какъ она плохо связывается съ внутренней поверхностью каналовъ, которая получается достаточно гладкой при употребленіи металлическихъ формъ. Бетонные каналы являются весьма пригодными, если представляется необходимымъ придать имъ оомыіе размѣры, напримѣръ при нерекрытіи городскихъ ручьевъ (чер. 165). При производствѣ подобныхъ работъ представляется выгоднымъ употребленіе машинъ для промывки и просѣиванія

чер. 164.



чер. 165.



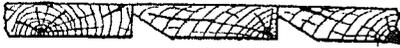
песку и щебня и для составленія самого бетона. Время, потребное для постройки бетонныхъ каналовъ, меньше на 25—30%, чѣмъ кирпичныхъ.

§ 5. Постройка желѣзобетонныхъ каналовъ. Приемы по постройкѣ желѣзобетонныхъ каналовъ зависятъ, главнымъ образомъ, отъ конструкціи водосточнаго канала и системы арматуры, и поэтому деревянные (а иногда и металлические) формы для ихъ устройства отличаются большимъ разнообразіемъ. Тѣмъ не менѣе можно дать нѣкоторыя общія указанія, которымъ должно подчиняться устройство формъ.

*Формы* должны быть настолько *прочны* и *жестки*, чтобы выдерживать давленіе бетона и арматуры, дѣйствіе трамбованія и вѣсь работающих людей. Онѣ должны легко разбираться, чтобы можно было бы ихъ использовать для другихъ участковъ канализаціонныхъ коллекторовъ. Поверхность соприкасанія формъ съ бетономъ должна быть по возможности глаже, для каковой цѣли доски опалубки выстругиваются; доски опалубки должны быть пригнаны по возможности плотно; отъ влажности бетона доски разбухаютъ и сжимаются довольно плотно; но при этомъ необходимо, чтобы онѣ не коробились.

Для этой цѣли слѣдуетъ на одномъ ребрѣ каждой доски снимать фаску (чер. 166); во время бетонирования такое скошенное ребро набухаетъ и прижимается плотно къ сосѣднему ребру. Для устранения сцепленія цемента съ деревомъ или металломъ хорошо

чер. 166.



выструганныя доски формъ смазываются мыломъ, саломъ, минеральнымъ масломъ и т. под.

Для производства работъ по устройству большихъ желѣзобетонныхъ каналовъ съ пологимъ сводомъ по системѣ Монье для перекрытія ручьевъ пользуются тѣми же приемами, какъ и для устройства мостовыхъ сводовъ. Прежде всего устанавливають сѣтку по внутренней поверхности свода канала на самыхъ кружалахъ. Для этого на опалубкѣ намѣчаютъ линіями расположеніе всѣхъ стержней и укладываютъ на мѣсто *направляющія*, предварительно изогнутыя, а потомъ *образующія*, соединяемыя съ первыми при помощи перевязокъ. Для облегченія установки сѣтки поступаютъ иногда такъ: на кружала кладутъ прежде всего, на разстояніи отъ 0,50 до 1 мет., кратномъ разстоянію между образующими, нѣсколько *продольныхъ* стержней, которые прикрѣпляются слегка къ опалубкѣ; эти стержни называются *стержнями направленія*. Затѣмъ кладутъ *направляющія*, привязывая каждую изъ нихъ къ каждому изъ *стержней направленія*. Работу по установкѣ арматуры заканчиваютъ укладкой образующихъ, которыя располагаются параллельно стержнямъ направленія. Стыки направляющихъ и образующихъ размѣщаются вразгонку. Послѣ установки *арматуры* ее приподнимаютъ на нѣсколько сантиметровъ при помощи плоскихъ камней; далѣе накладывается бетонъ прежде всего вокругъ и подъ металлической арматурой и подбивается тщательно подъ желѣзные части; затѣмъ начинаютъ *трамбовку* бетона слоями 0,10—0,15 мет. посредствомъ деревянныхъ или металлическихъ трамбовокъ. При большихъ пролетахъ водосточныхъ каналовъ работу начинаютъ сразу въ нѣсколькихъ мѣстахъ, напримеръ, у пяты и въ серединѣ каждаго полусвода; кладка ведется симметрично такъ, чтобы избѣжать искривленія кружалъ во время схватыванія бетона.

Затѣмъ, когда сооруженіе сядетъ, сводъ замыкается одновременно въ нѣсколькихъ мѣстахъ. Боковыя стѣнки формы служатъ габаритомъ для приданія своду необходимой толщины.

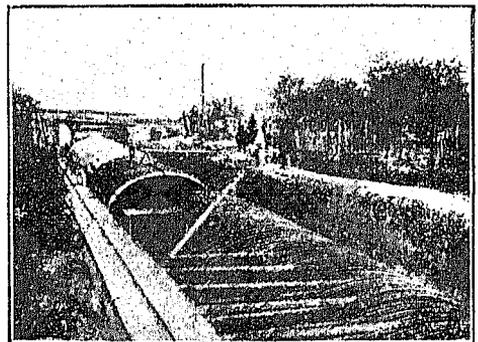
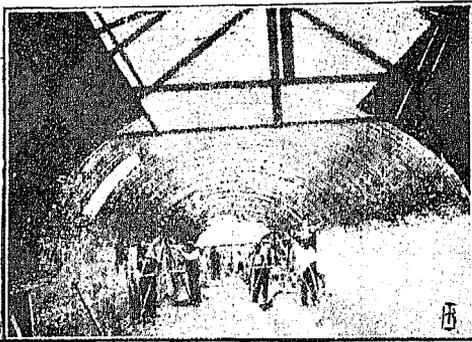
Изъ описанія вышеизложенныхъ приѣмовъ видно, что *кружисала установка* до установки арматуры. Инженеръ Куанье (Coignet) при постройкѣ Аржаптейльской галлерей (черт. 121 и 167) применилъ другой приѣмъ, при которомъ *установка остова предшествуетъ установкѣ формъ*.

Послѣ устройства бетоннаго ростверка, работа была начата съ укладки на мѣсто и заливки желѣзныхъ прогоновъ корытного сѣченія, предназначенныхъ для поддержанія направляющихъ металлическаго остова. Эти направляющія предварительно нагнбались ручнымъ способомъ по лекалу точно по кривой свода и опорныхъ стѣнъ и затѣмъ устанавливались на мѣсто. Ихъ спускали въ выемку, гдѣ онѣ поддерживались въ верхней части ихъ козлами, на которыхъ имѣлись замѣтки черезъ опредѣленные разстоянія, и затѣмъ устанавливали нижними концами на корытообразные прогоны. Послѣ того приступали къ установкѣ *образующихъ*, начиная съ нижней части опорныхъ стѣнъ. Предварительно укладывали нѣсколько *стержней направленія* для регулированія разстоянія между *направляющими*. Окончивъ металлическій остовъ опорныхъ стѣнъ, устанавливали внутри галлерей форму и набивали бетонъ и уплотняли его при помощи деревянныхъ трамбовокъ. Верхний слой выравнивался подъ лопатку и придавливался щитомъ. Иллюстраціи этихъ работъ изображены на черт. 167 а—в.

чер. 167.

а)

б)



Интересующихся бѣльшими подробностями производства желѣзобетонныхъ работъ отсылаемъ къ специальнымъ сочиненіямъ по желѣзобетону<sup>1)</sup>.

§ 6. Устройство каналовъ изъ керамиковыхъ трубъ. Соединеніе *керамиковыхъ* трубъ можетъ быть устроено нѣсколькими способами. Простѣйшій способъ заделки стыка *керамиковыхъ* трубъ представляетъ собой

<sup>1)</sup> 1. Поль Кристоффъ, Желѣзобетонъ и его примѣненія, перев. съ французскаго 1903.

2. Von Emperger, Handbuch für Eisenbetonbau—1907.

3. Керстенъ, Желѣзобетонныя сооружения перев., съ нѣм. 1907.

4. Инж. Акимовъ, Желѣзобетонъ въ практикѣ, 1908.

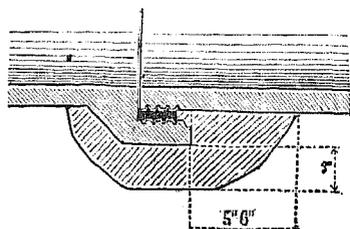
5. Gödel, Die Praxis und Theorie des Eisenbetons, 1908.

6. Rheinhard Weder, Leitfaden des Eisenbetonbaues, 1909.

соединение его на глину. Для этой цели (черт. 168) сначала обмывают снаружи рифленый конец трубы несколькими рядами хорошо просмоленной пеньковой пряжи, вдвигают его в муфту предыдущей трубы и, проверив взаимное положение, плотно уколачивают смоляную прядь помощью инструмента, называемого *конопаткой*, (черт. 169) добавляя прядь в случае надобности. После этого обмазывают стык кругом слоем жирной, хорошо перемятой глины толщиной в 3 д. и шириной д. 8—9.

По опытам проф. Фрюлинга подобные глиняные стыки в состоянии выдерживать давление от столба до 2 мет. без их разстройства.

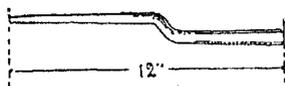
чер. 168.



*Глиняный стык* прежде был весьма распространен (канализация Берлина), но позднейшие наблюдения за сдвинутыми линиями из керамиковых труб выяснили при его употреблении следующие недостатки. Прежде

всего самый материал для заполнения стыков выбирался без должного внимания к качеству глины, так что не получалось плотного заполнения; нередко вместо глины применяли суглинок, взятый из канализационных ровов. Затем этот

чер. 169.



стык легко разрушался под постоянным действием грунтовых вод; также он портился дождевыми червями и корнями деревьев, которые тянутся к воде, протекающей по канализационным трубам. Разрушение глиняных стыков было обнаружено еще недавно при устройстве канализации Царского Села, улицы которого обсажены деревьями. Вследствие подобных качеств глиняного стыка он должен быть признан непригодным для отвода канализационных вод.

Вместо глиняного стыка стали употреблять *цементный стык*. Для устройства этого стыка заполняют первую половину его смоляной прядью, а вторую — цементным раствором (1:1 — 1:2); наружная обмазка также делается из цемента.

В Англии делали стык из одного цемента, благодаря чему цемент легко проваливался и образовывал цементные наплывы, способствующие образованию осадков в трубах (черт. 170).

чер. 170.

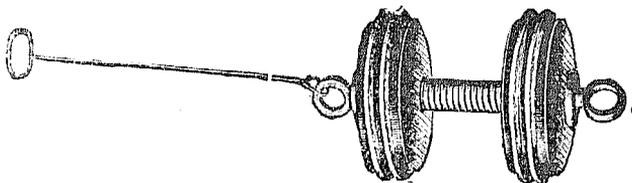


Для устранения подобных наплывов там же употребляют особые, состоящие из двух дисков *скребки*, которые счищают наплывы немед-

лено по задвѣкъ стыковъ (черт. 171); чер. 172 представляетъ собою трубу, уложенную при употребленіи скребка.

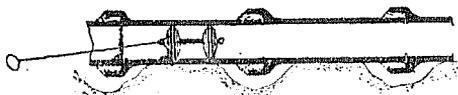
Выбираемый для стыковъ цементъ не долженъ увеличиваться въ объемѣ при затвердѣніи, такъ какъ это можетъ вызвать разрушеніе муфты.

черт. 171.



Главный недостатокъ *цементнаго* стыка, отличающагося своей водопроницаемостью, — *отсутствіе упругости* — качества, важнаго для возможности подвергаться нѣкоторымъ перемѣщеніямъ безъ разстройства стыковъ подѣ дѣйствіемъ засыпки и подвижной нагрузки. Поэтому подобный стыкъ могъ бы быть рекомендованъ лишь при надежномъ основаніи, организаціи за-

черт. 172.



сыпки небольшими слоями и на улицахъ со слабымъ движеніемъ. Кроме того цементный стыкъ требуетъ не только откачиванія грунтовыхъ водъ во время работъ, но и нѣкоторое время

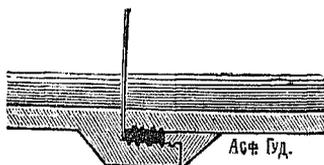
спустя до необходимаго отвердѣнія раствора.

Поэтому неудивительно, что и *цементный стыкъ былъ вытѣсненъ другими, въ составъ которыхъ входилъ упругій матеріалъ-асфальтъ.*

Для составленія асфальтовыхъ замазокъ употребляютъ различные рецепты.

Инженеръ Липдлей рекомендуетъ дѣлать смѣсь изъ 1 части асфальта и 2 частей гудрона, инженеръ Унна изъ 1 части гудрона и 1 части асфальтовой мастики. Инженеръ Шпейеръ <sup>1)</sup>, производившій опытъ надъ асфальтовымъ стыкомъ въ московской канализаціи, рекомендуетъ составъ изъ 1 части гудрона и 3—4 частей сызранскаго асфальта. Для устройства асфальтоваго стыка сначала также, какъ и для глинянаго, забиваютъ смоляную прядь на  $\frac{1}{3}$  глубины муфты конопаткой, а остальную часть заливаютъ расплавленной асфальтовой замазкой (черт. 173).

чер. 173.



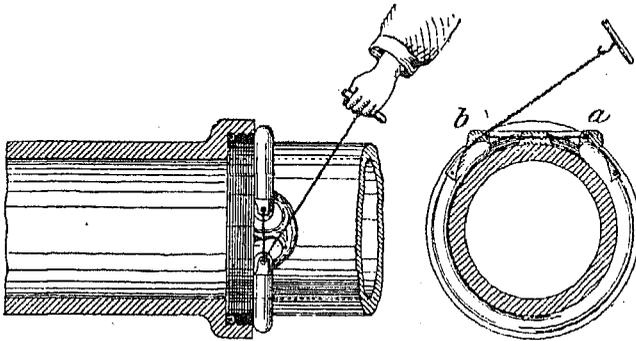
Самую же заливку стыковъ слѣдуетъ производить при помощи накладныхъ съемныхъ колецъ, которыя могутъ быть сдѣланы или изъ резины.

<sup>1)</sup> Труды IV Водопроводнаго Съѣзда, докладъ инженера В. К. Шпейера. Объ асфальтовомъ стыкѣ для водопроводныхъ трубъ.

(способъ Heichlinger) или изъ джутовыхъ набитыхъ пробковыми опилками полосъ (способъ Unna). Прикрѣпленіе кольца сист. Унна къ керамиковой трубѣ дѣлается слѣдующимъ образомъ (черт. 174).

Кольцо (толщ. 5—6 см.) плотно накладывается на трубу у ея рас-  
труба и стягивается посредствомъ мѣдной проволоки; эта проволока при-

чер. 174.

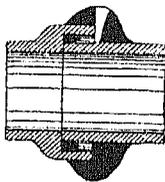


рѣпляется къ ушку *a*, пропускается черезъ ушко и затѣмъ натягивается для плотнаго прикрѣпленія кольца къ трубѣ. Чтобы уничтожить скольженіе кольца по трубѣ оно смазывается слоемъ жирной глины. Кольцо не смыкается на трубѣ, и въ образующіяся такимъ образомъ отверстія заливается асфальтовая замазка изъ литника (черт. 175) при чемъ заливка производится медленно, чтобы дать выходъ воздуху. Для заливки асфальтовая замазка расплавляется въ имѣющемся на работахъ небольшомъ передвижномъ котлѣ діам. до 1 ар. Застываніе стыка происходитъ черезъ нѣсколько минутъ, послѣ чего кольцо снимается. При производствѣ работъ зимой необходимо немного подогревать трубы, чтобы не было быстрого охлажденія. Для малыхъ трубъ вмѣсто колецъ Унна и имъ подобныхъ употребляютъ глиняную обмазку съ отверстіемъ для заливанія замазки (черт. 176).

чер. 175.



чер. 176.



Керамиковыя линіи съ асфальтовыми стыками по слѣданнымъ опытамъ въ Германіи выдерживали давленіе до 5,5 атмосферъ; кромѣ того эти асфальтовые стыки оказались весьма устойчивыми въ отношеніи къ химическимъ воздѣйствіямъ сточныхъ водъ и способными выдерживать температуры до 40—50° С.

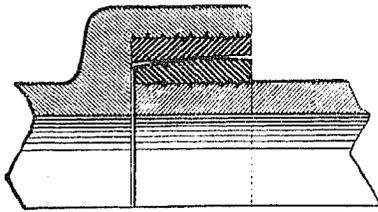
Этими качествами асфальтоваго стыка объясняется широкое распространеніе его за послѣднее десятилѣтіе въ Западной Европѣ.

У насъ въ Россіи асфальтовые стыки для канализаціи были примѣнены въ Москвѣ <sup>1)</sup> и въ Кіевѣ.

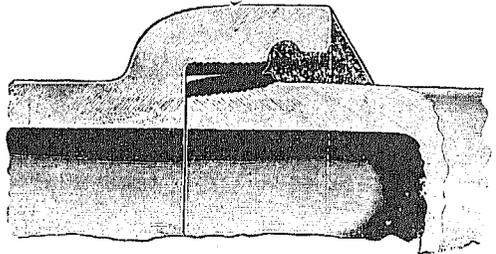
Кромѣ простаго раструбнаго соединенія въ Англіи употребляютъ еще иныя весьма многочисленныя соединенія керамиковыхъ трубъ, мало употребительныя на континентѣ. Къ такимъ стыкамъ слѣдуетъ причислить стыкъ Stanford, Tynnal, Paragon и пр. Стыкъ Stanford'a устраивается слѣдующимъ образомъ (черт. 177). Внутренняя поверхность раструба и конецъ керамиковыхъ трубъ снабжаются бороздами, обезпечивающими сбѣленіе заполняющей стыкъ замазки съ трубой. Обѣ рѣфленыя части трубъ смазываются слоями асфальтовой замазки, при чемъ поверхность раструба образуетъ собою коническую, а конецъ трубы сферическую поверхность. Послѣ вдвиганія трубъ производится подогрѣваніе трубъ, послѣ чего обѣ разъединенныя поверхности образуютъ одно цѣлое и образуется плотный стыкъ.

Стыкъ Tynnal представляетъ собою видоизмѣненіе стыка Стапфорда. Раструбъ (черт. 178) имѣетъ желобъ для заполнения его цементомъ, конецъ

чер. 177.

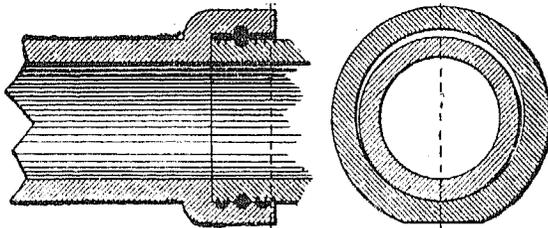


чер. 178.



трубы слегка скошенъ. Заполненіе этого стыка дѣлается сначала асфальтовой замазкой, а потомъ окружается цементнымъ кольцомъ.

чер. 179.



Стыкъ Paragon <sup>1)</sup> построенъ по типу американскихъ стыковъ для водопроводныхъ трубъ (черт. 179).

<sup>1)</sup> Труды IV Водопроводнаго Съезда, докладъ В. К. Шпейера, Объ асфальтовомъ стыкѣ для водопроводныхъ трубъ.

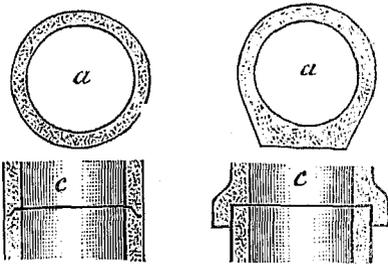
<sup>1)</sup> Подробное описаніе англискихъ стыковъ см. Moore and Silcock, Sanitary Engineering.

Она заключается въ прямлеіні желоба въ раструбѣ и концѣ трубы; заполненіе дѣлается или асфальтовой замазкой, или цементомъ. Кроме того въ этомъ стыкѣ раструбѣ и трубы располагаются эксцентрично.

§ 7. Устройство каналовъ изъ бетонныхъ и желѣзобетонныхъ трубъ.

Бетонныя трубы соединяются между собою посредствомъ *раструбовъ* или чаще *фальцевъ*, глубина которыхъ мѣняется въ зависимости отъ діаметровъ трубъ отъ 15 до 60 мм.

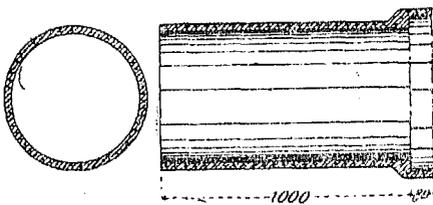
чер. 180.



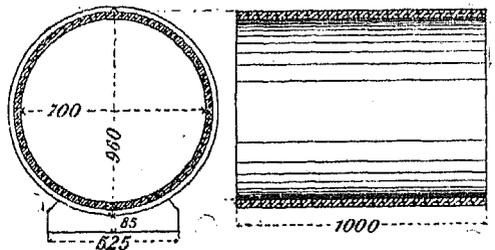
При укладкѣ внутренняя поверхность раструба или фальца смазывается растворомъ цемента, послѣ чего въ нихъ вставляется узкій конецъ слѣдующей трубы. Стыкъ бетонныхъ трубъ смазывается и съ внѣшней стороны слоемъ цемента особенно при фальцевомъ соединеніи. Жесткій стыкъ бетонныхъ трубъ требуетъ для нихъ надежнаго естественнаго или искусственнаго основанія.

Желѣзобетонныя трубы сист. Монье по вѣсу значительно меньше бетонныхъ; для трубъ малыхъ и среднихъ размѣровъ это уменьшеніе доходитъ до 30%, а для большихъ до 50%. Соединеніе круглыхъ желѣзобетонныхъ трубъ (діам. до 500—600 мм.) дѣлается при помощи раструбовъ, заполняемыхъ цементомъ или асфальтовой замазкой (черт. 181); для большихъ же трубъ круглаго діаметра и оvoidальныхъ трубъ употребляются надвижныя муфты, длиной 100—120 мм., при чемъ самый стыкъ покрывается бетонныхъ стульяхъ, сдѣланныхъ по очертанію трубы (черт. 182).

чер. 181.



чер. 182.



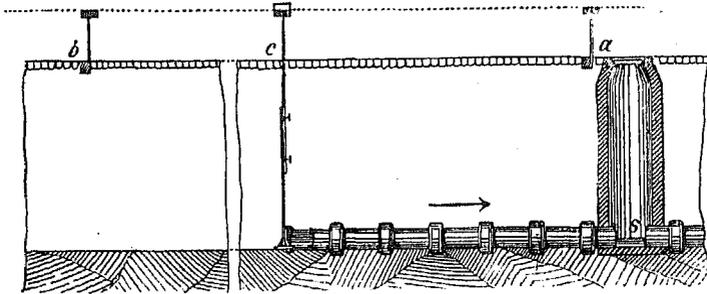
Стыки желѣзобетонныхъ трубъ съ арматурой изъ сортового желѣза (Борденава, Бонна) устраиваются посредствомъ надвижныхъ муфтъ, конструкція которыхъ зависитъ отъ системы трубы. Стыкъ трубъ Бонна со стальнымъ листомъ показанъ нами въ главѣ X на черт. 124.

Соединенія желѣзныхъ, чугуинныхъ и асфальтовыхъ трубъ приведены нами въ нашемъ трудѣ „Устройство водопроводовъ и водостоконъ въ домахъ“, куда мы и отсылаемъ нашего читателя.

§ 8. Производство работ по укладкѣ водосточныхъ линий изъ трубъ.

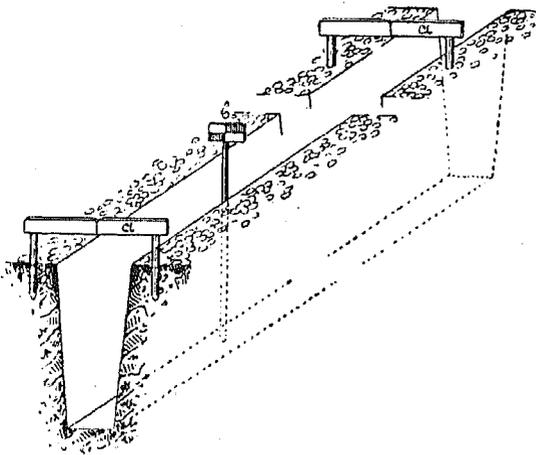
Укладку водосточныхъ линий производятъ послѣ провѣрки правильности уклона дна вырытыхъ рововъ. Эта провѣрка производится посредствомъ визирныхъ дощечекъ, изъ коихъ двѣ *a* и *b*, будучи прикрѣплены къ задѣланнымъ въ мостовую поперечнымъ брускамъ, устанавливаются неподвижно, а третья визирка *c* передвигается между неподвижными визирками и служитъ для провѣрки неправильностей дна (черт. 183).

чер. 183.



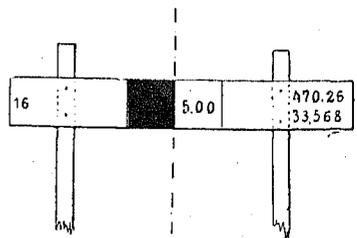
Визирки въ этомъ случаѣ устанавливаются строго по продольной оси рововъ, но довольно часто ихъ устанавливаютъ и поперекъ рва (черт. 184), при чемъ неподвижныя визирки дѣлаются изъ перекладинъ, прикрѣпленныхъ къ столбикамъ, задѣланнымъ въ мостовую.

чер. 184.



На визирныхъ дощечкахъ или перекладинахъ часто помѣщаютъ отмѣтки поверхности улицъ и дна рововъ и пикетажъ, благодаря чему дается возможность быстро провѣрить правильность и количество сдѣланныхъ работъ.

чер. 185.



Такъ на показанной на чертежѣ 185 визиркѣ обозначенъ съ лѣвой стороны померъ визирки, считая отъ начала работъ, черная полоска точно опредѣляетъ ось канала, рядомъ съ пей выписывается глубина заложения дна

канала (5,00), а съ лѣвой стороны общее разстояніе отъ начала работъ (470,26) и подѣ ей отмѣтка поверхности земли относительно уровня Вислы (33,568).

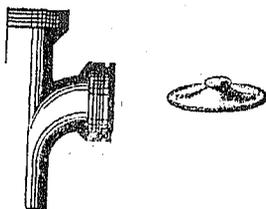
Укладку трубъ ведутъ снизу вверхъ, при чемъ раструбы трубъ обращаются противъ теченія. Для соединенія трубъ одинъ рабочій вырываетъ въ днѣ рвовъ при помощи особыхъ лопаточекъ углубленіе для раструбовъ керамиковыхъ трубъ и придерживаетъ руками раструбъ уже уложенный, въ то время какъ другой рабочій вдвигаетъ обмотанный на верху рва конецъ новой трубы въ раструбъ предыдущей: послѣ этого провѣряется правильность укладки трубы, при чемъ производится или съемка излишняго или подбивка недостающаго количества земли, а затѣмъ уже уплотненіе приди конопаткой и заливка стыка. Такой способъ соединенія, конечно возможенъ въ сухихъ грунтахъ, въ водоносныхъ приходится во все время производства работъ поддерживать горизонтъ грунтовыхъ водъ ниже дна рвовъ однимъ изъ вышеприведенныхъ способовъ.

Для лучшаго направленія укладки трубъ въ смотровомъ колодцѣ s (черт. 183) устанавливаются свѣтло горящія (ацетиленовыя) лампы, которыя, освѣщая внутреннюю поверхность уложенныхъ трубъ, даютъ возможность судить о сдѣланныхъ при работахъ неправильностяхъ. Постановкой въ смотровомъ колодцѣ s зеркала подѣ угломъ въ 45° можно получить изображеніе трубы на поверхности улицъ, что имѣетъ значеніе при примѣненіи смотровыхъ колодцевъ небольшого діаметра.

При укладкѣ бетонныхъ и железобетонныхъ трубъ сохраняютъ силу всѣ приемы, примѣняемые для керамиковыхъ трубъ. Но соединеніе стыковъ бетонныхъ трубъ фальцами отнимаетъ меньше времени, чѣмъ раструбами. Кромѣ того плоская постель бетонныхъ трубъ облегчаетъ правильность ихъ укладки по сравненію съ керамиковыми.

§ 9. Устройство отвѣтвленій для керамиковыхъ и бетонныхъ трубъ. При постройкѣ канализаціи приходится въ водосточныхъ линіяхъ укладывать различнаго рода *патрубки для присоединенія вѣтвей отъ домовъ, дождеприемниковъ, вентиляціонныхъ колодцевъ* и пр. Эти патрубки для упрощенія работъ желателно вводить въ свѣтъ одновременно съ укладкой самихъ водосточныхъ линій. Такъ какъ работы по произведенію домовыхъ вѣтвей къ уличной канализаціи производятся лишь послѣ ея окончанія и провѣрки правильности ея дѣйствія, то на практикѣ встрѣчается надобность домовые патрубки закрывать особыми крышками, соединяющимся съ трубами асфальтовой замазкой или цементомъ (черт. 186).

чер. 186.



Эти крышки (сист. Jennings'a) не въ состояніи выдерживать давленіе больше 10 метровъ, что надо имѣть въ виду при испытаніи уже уложенныхъ водосточныхъ линій.

До засыпки рвовъ положеніе каждаго патрубка измѣряется точно до оси ближайшаго смотрового колодца. Эти цифры записываются на чертѣжѣ

(черт. 187), гдѣ наносится расположеніе водосточнаго канала со смотровыми колодцами; соединеніе такихъ чертежей даетъ возможность легко составить исполнительные чертежи уличныхъ водосточныхъ каналовъ.

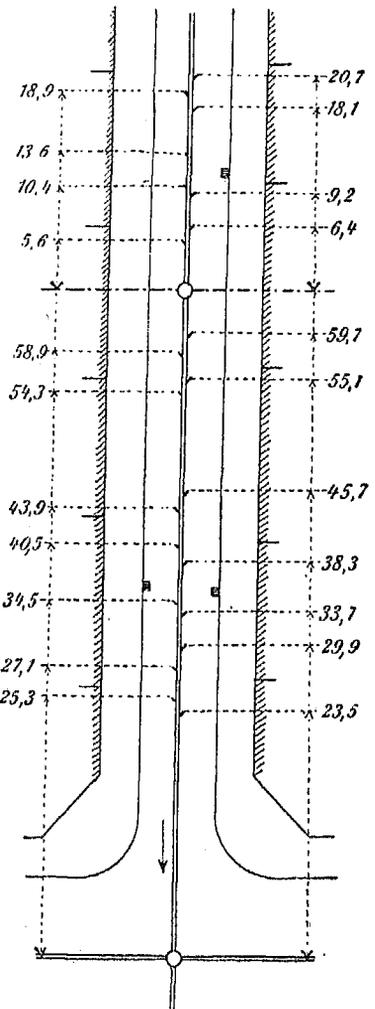
Также полезно дѣлать отмѣтки о положеніи отвѣтвленій масляной краской на цоколяхъ или углахъ домовъ.

При устройствѣ канализаціи въ новыхъ улицахъ также необходимо заранѣе назначать расположеніе домовыхъ отводовъ.

Устройство отвѣтвленій естественно вызываетъ уширеніе рвовъ, что необходимо имѣть въ виду при разбивкѣ рвовъ; наименьшая необходимая ширина рвовъ въ этомъ случаѣ будетъ выражаться формулой  $d + 0,7$  или  $d + 0,8$  мет.

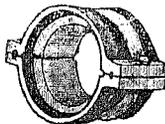
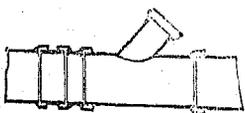
Не смотря на включеніе патрубковъ въ сѣть впоследствии можетъ случиться надобность вставить новые патрубки или вслѣдствіе перестройки домовъ или для присоединенія какихъ либо новыхъ вѣтвей отъ дополнительно устраиваемыхъ колодцевъ. Такія явленія могутъ особенно часто встрѣчаться въ незастроенныхъ или мало застроенныхъ кварталахъ. При устройствѣ патрубковъ въ уложенныхъ линіяхъ пользуются сѣделками, прикрѣпляемыми къ продѣланному въ трубѣ отверстию посредствомъ цемента или асфальтовой замазки, при примѣненіи какового способа не нарушается эксплуатація сѣти. Но болѣе простымъ и надежнымъ соединеніемъ является вставка вмѣсто трубы (длиной 1 метръ) патрубка, короткой трубы (коротыша) и подвижной муфты (черт. 188); этотъ способъ долженъ примѣняться, во избѣжаніе задержки теченія воды, рано утромъ, при

(черт. 187).



черт. 188-а.

черт. 188-б.

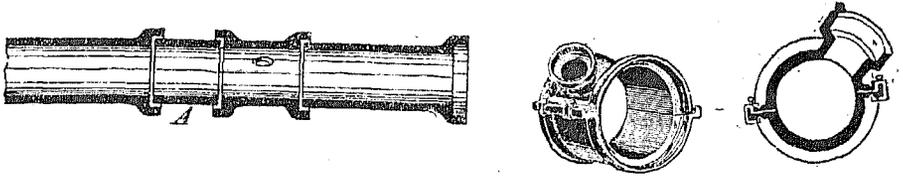


чемъ все отвѣтвленіе должно быть подведено къ трубѣ заблаговременно. Для сокращенія числа частей, входящихъ въ составъ присоединенія, на нѣмецкихъ заводахъ, выдѣлываютъ такъ называемые Гофмановскія муфты,

которыя соединяютъ въ себѣ патрубокъ и муфту (черт. 189 а—с).

Отвѣтвления для бетонныхъ трубъ устраиваются по способу отмѣченному на чертежѣ 164.

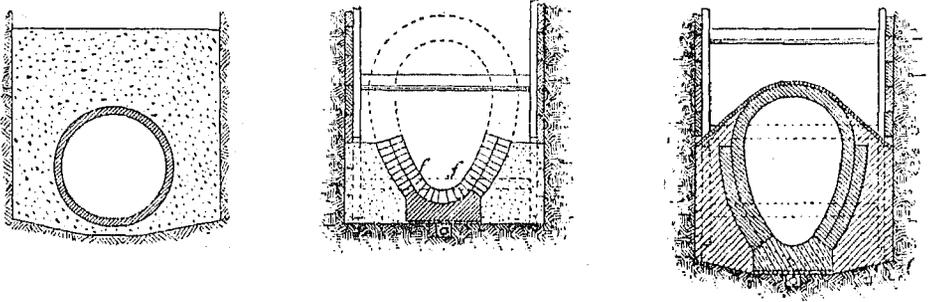
a) чер. 189. b) c)



§ 10. Устройство оснований для каналовъ. При устройствѣ водосточныхъ каналовъ малыхъ и среднихъ размѣровъ не требуется искусственнаго укрѣпленія грунта, такъ какъ каналы, будучи заполнены водой, не вѣсятъ большаго объема земли, мѣсто которой они занимаютъ. Поэтому задача при постройкѣ каналовъ сводится, главнымъ образомъ, къ созданію равномерной передачи давленія грунта и внѣшней нагрузки на каналъ; только при постройкѣ для большихъ каналовъ приходится провѣрять ихъ размѣры на распоръ отъ боковыхъ давленій грунтовъ.

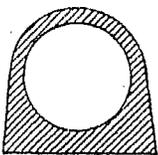
Этими соображеніями легко объясняется то, что какъ для большихъ каналовъ, такъ и для трубчатыхъ линій, рабочее пространство между стѣн-

чер. 190. чер. 191. чер. 192.



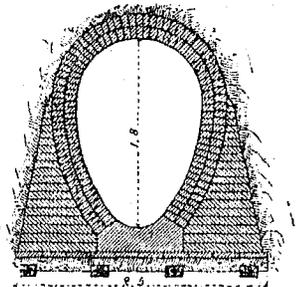
ками засыпаютъ на нѣкоторую высоту (до 0,50 мет.) надъ шельгой сводовъ пескомъ (черт. 190—191).

чер. 193.



Другимъ средствомъ для уменьшенія давленія на грунтъ является или уширеніе подошвы путемъ устройства контръ-форсовъ (черт. 192), или уширеніе всего сѣченія въ зависимости отъ степени надежности грунта (черт. 193).

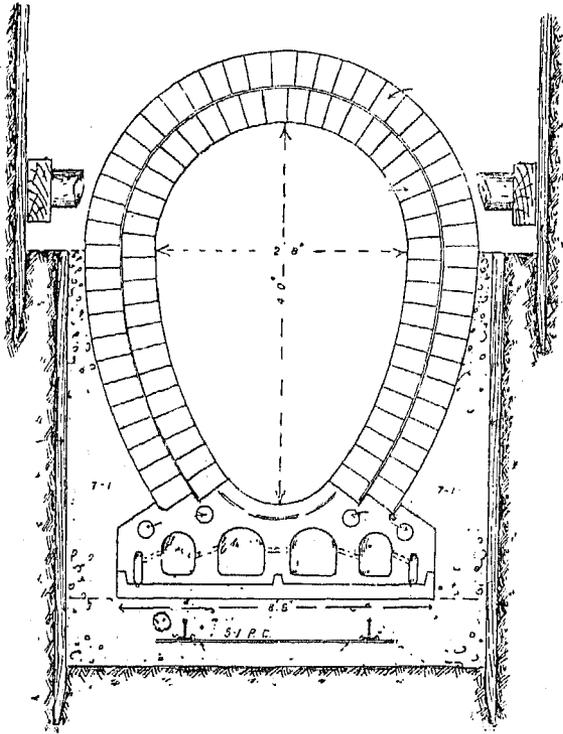
чер. 194.



На черт. 194 изображенъ уширенный водостокъ, уложенный на роствержѣ. При постройкѣ каналовъ въ слабыхъ грунтахъ при небольшой ихъ толщинѣ выбираютъ этотъ грунтъ и, замѣняя его бетоннымъ массивомъ, рас-

полагаютъ на послѣднемъ водосточные каналы (черт. 195). Въ случаѣ устройства водосточныхъ каналовъ въ свѣже-насыпанныхъ грунтахъ рекомендуется

чер. 195.

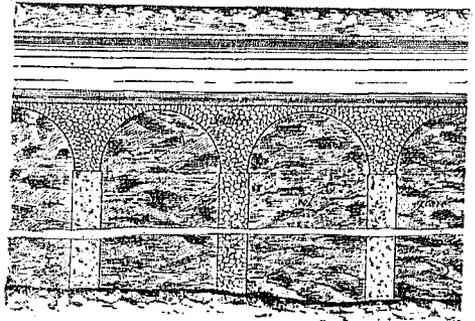


располагать ихъ на аркахъ, упирающихся въ столбы, которые доводятся до надежнаго грунта (черт. 196).

При прокладкѣ же водосточныхъ линій изъ трубъ въ слабыхъ грунтахъ ихъ укладываютъ въ песчаномъ слоѣ и на днѣ рва и помѣщаютъ продольные лежни, опирающіеся на поперечныя подкладки (чер. 197).

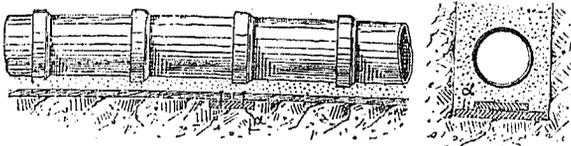
Также для уменьшенія давленія на грунтъ въ глубокихъ рвахъ круглыя трубы закладываютъ въ бетонные массивы (черт. 198), что въ нѣкоторыхъ городахъ Зап. Европы (Мюнхень) примѣняется для всѣхъ уличныхъ трубъ.

чер. 196.

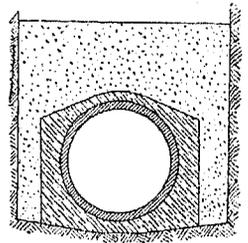


При крайне слабыхъ или глинистыхъ грунтахъ въ предупрежденіе неравномѣрной осадки трубы зажимаютъ между поперечинами, прикрѣплен-

чер. 197.

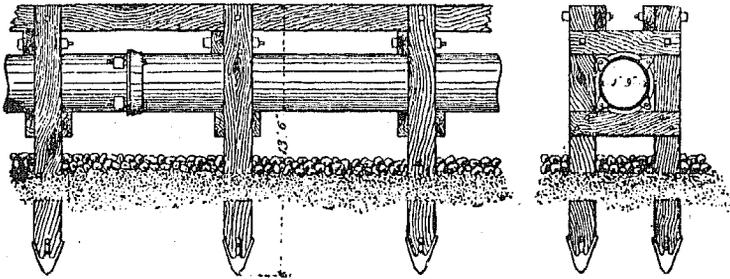


чер. 198.



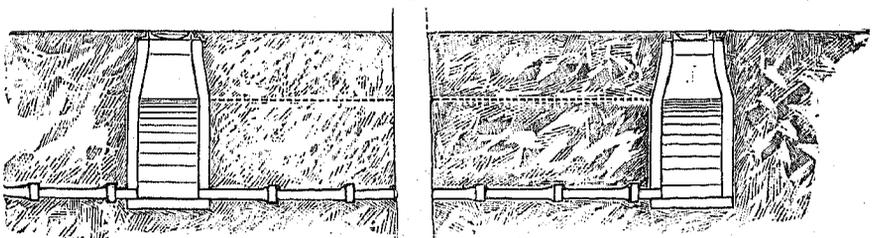
ными къ парнымъ сваямъ, (черт. 199) или укладываютъ непосредственно на сваи съ пригнанными по очертанію трубы верхушками и зажимаютъ ихъ между сваями, притягивая къ нимъ трубы желѣзными хомутами.

чер. 199.



§ 11. Испытаніе уложенныхъ водосточныхъ каналовъ. Послѣ того, когда трубчатые каналы уложены, необходимо до засыпки провѣрить ихъ водонепроницаемость. Это достигается тѣмъ, что испытываемый участокъ разобщаютъ заглушками отъ сосѣднихъ частей, устанавливаемыми въ смотровыхъ колодцахъ, и наполняютъ трубу и смотровые колодцы до известнаго уровня водой. (черт. 200).

чер. 200.



извѣстный промежутокъ времени, то это укажетъ на неплотности стыковъ, которыя по обнаруженіи исправляются. Крайне желательно повтореніе подобнаго испытанія и послѣ засыпки, чтобы установить неизмѣнность положенія стыковъ.

Изготавливаемые во рвахъ каналы также желательно испытать на водонепроницаемость до ихъ засыпки.

## Г Л А В А XII.

§ 1. **Смотровые колодцы.** Не смотря на принимаемыя мѣры, обезпечивающія скорость, достаточную для самоочищенія каналовъ, все-таки сточныя воды вслѣдствіе своего состава образуютъ въ нихъ осадки, скопленіе которыхъ съ теченіемъ времени могло бы повести къ полной закупоркѣ каналовъ. Поэтому представляется необходимымъ для водосточныхъ каналовъ устройство на извѣстныхъ разстояніяхъ особыхъ *смотровыхъ колодцевъ*, спускаясь въ которые можно было бы или прочистить скопившіеся осадки въ непроходимыхъ каналахъ или же непосредственно войти въ каналы и произвести тамъ необходимую очистку. Разстояніе между смотровыми колодцами неодинаково для проходимыхъ и непроходимыхъ каналовъ. Въ то время какъ для проходимыхъ каналовъ, оно дѣлается отъ 100 до 250 метровъ, для каналовъ же, недоступныхъ осмотру, отъ 50 мет. до 100 метр., при чемъ меньшіе предѣлы соотвѣтствуютъ меньшимъ діаметрамъ трубъ и меньшимъ уклонамъ поверхности водъ. Проф. *Фрюлингъ* даетъ для разстоянія между смотровыми колодцами  $l$  эмпирическую формулу  $l = 160 d$ , гдѣ  $d$  діаметръ или ширина канала въ метрахъ.

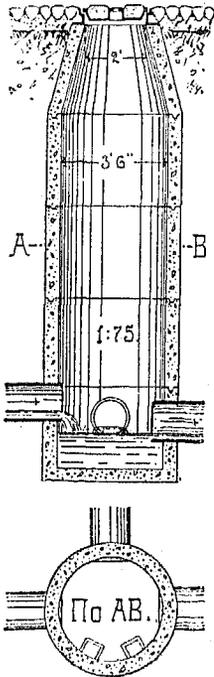
Далѣе слѣдуетъ замѣтить, что *смотровые* колодцы ставятся во-всѣхъ пунктахъ сѣти, гдѣ мѣняются направленіе, діаметры или уклоны водосточнаго канала т. е. *каналы извѣстнаго діаметра, уложенные съ извѣстнымъ уклономъ* (если длина его не превосходитъ вышеуказанныхъ нормъ для разстояній между смотровыми колодцами), *должны представлять собой прямую линію, ограниченную двумя смотровыми колодцами.*

Конструкція смотровыхъ колодцевъ весьма разнообразна; на нее оказываетъ, главнымъ образомъ, вліяніе конструкція тѣхъ водосточныхъ каналовъ, на которыхъ они устраиваются. Смотровые колодцы должны устраиваться такимъ образомъ, *что бы они не задерживали теченія жидкости и не вызывали бы скопленія на ихъ днѣ осадковъ.* Поэтому такіе типы колодцевъ, у которыхъ входныя трубы расположены на нѣкоторой высотѣ отъ дна (черт. 201), *являются неудовлетворяющими основнымъ требованіямъ канализаціи, поэтому слѣдуетъ совершенно избѣгать подобныхъ конструкцій: они обуславливаютъ собой появленія около*

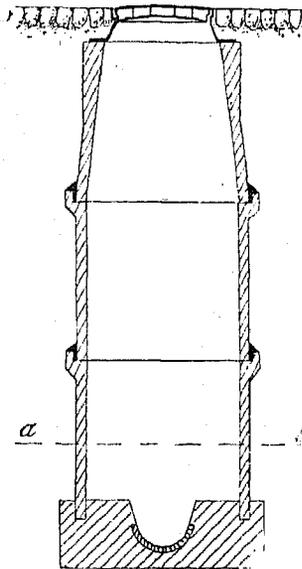
нить дурного запаха отъ гніенія осѣвшихъ на ихъ днѣ органическихъ веществъ. Далѣе каждый смотровой колодець долженъ быть снабженъ чугунной крышкой, закрывающей его входное отверстіе и ступенями для спуска на дно колодца; подошва его должна быть снабжена открытыми каналами, замѣняющими въ предѣлахъ колодца водосточныя трубы и каналы.

Сѣченіе колодцевъ въ планѣ дѣлается круглое, эллиптическое, прямоугольное и квадратное; наилучшей формой, требующей наименьшей толщины стѣнокъ, является круглая.

чер. 201.



чер. 202.



Круглые и эллиптическіе колодцы употребляются преимущественно для керамиковыхъ, бетонныхъ и желѣзобетонныхъ трубъ, прямоугольные и квадратные—для кирпичныхъ и бетонныхъ каналовъ.

Матеріалъ для колодцевъ выбирается обыкновенно сообразно тому матеріалу, изъ котораго сдѣланы сами водосточные каналы, т. е. *керамиковая глина, кирпичъ и бетонъ*, хотя по существу возможно примѣненіе для всѣхъ случаевъ *бетона*, какъ матеріала весьма удобнаго для прида- нія колодцамъ любого очертанія.

Керамиковые смотровые колодцы (черт. 202) дѣлаются надъ керамиковыми трубами; они состоятъ изъ отдѣльныхъ керамиковыхъ трубъ діам. отъ 24" до 32", соединяемыхъ между собой на асфальтовой замазкѣ или цементѣ; число этихъ трубъ зависитъ отъ глубины смотрового колодца.

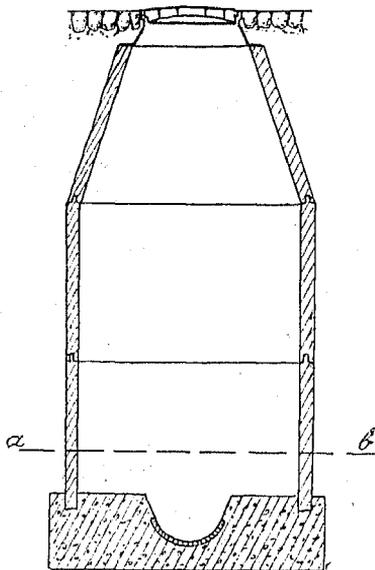
Верхняя часть колодцевъ, дѣлается конической для уменьшенія діаметра крышки, запирающей входное отверстіе; послѣдняя прямая труба

входить на известную глубину въ подошву смотрового колодца въ зависимости отъ необходимой для него глубины заложения; подошва колодца можетъ быть сдѣлана изъ бетона или кирпича, при чемъ по срединѣ ея по оси водосточной линіи устроенъ открытый желобъ, представляющій въ сѣченіи полукругъ, сопряженный съ наклонными прямыми и обдѣлываемый половиной керамиковой трубы (разрѣзной трубой).

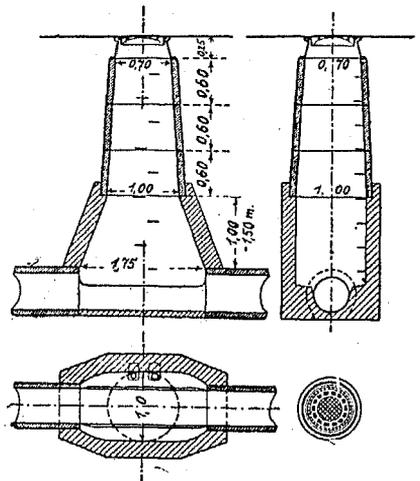
Къ устройству подобныхъ *керамиковыхъ смотровыхъ колодцевъ* прибѣгать не слѣдуетъ, такъ какъ ихъ предѣльный діаметръ 32" недостаточно удобенъ для пользованія рабочимъ пространствомъ колодцевъ, и поэтому вполне понятно, что эти колодцы вытѣсняются *бетонными колодцами*, которые къ тому же дешевле керамиковыхъ.

*Бетонные* смотровые колодцы для бетонныхъ крутыхъ трубъ также состояются изъ отдѣльныхъ трубъ, діам. 0,90—1,00 мет., соединяющихся между собой на фальцахъ на цементномъ растворѣ; верхняя часть ихъ также дѣлается конической для уменьшенія размѣровъ крышки (черт. 203).

чер. 203.



чер. 204.



Подошва бетоннаго смотрового колодца также имѣетъ желобъ, выложенный полуразрѣзной керамиковой трубой.

Описанные типы колодцевъ отличаются *малымъ пространствомъ* для помѣщенія рабочаго въ колодцѣ и поэтому являются *неудобными* для прочистки каналовъ; ихъ распространеніе можно объяснить исключительно экономическими соображеніями. Типъ смотрового колодца для непроходимыхъ каналовъ *съ большимъ рабочимъ пространствомъ* представленъ на чер. 204.

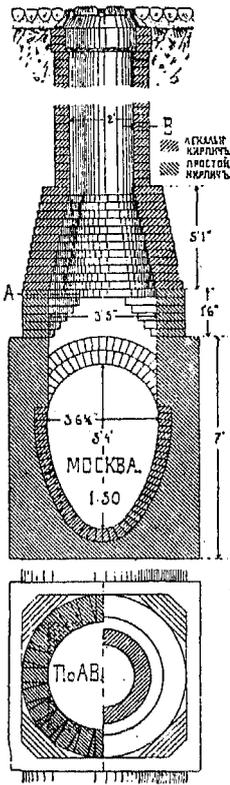
Здѣсь верхняя часть, діаметромъ 0,70 мет. сдѣлана, изъ бетонныхъ трубъ; нижняя часть, сдѣланная также изъ бетона, представляетъ собой

уширенную камеру эллиптического сѣченія (съ размѣрами внизу  $1,75 \times 1,00$ ). Этотъ типъ для своего сооруженія требуетъ больше времени, чѣмъ колодцы, сдѣланные изъ отдѣльныхъ трубъ.

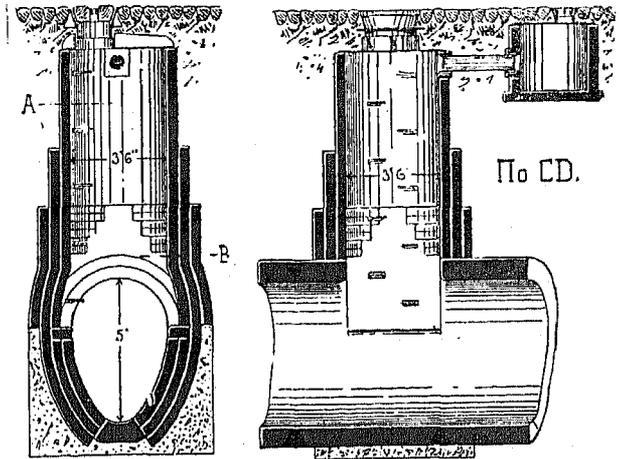
Конструкція колодцевъ надъ большими, доступными для осмотра водосточными каналами, зависитъ исключительно отъ конструкціи самихъ каналовъ. Они устраиваются или строго по оси каналовъ, или съ небольшимъ отклоненіемъ отъ оси, или наконецъ съ особымъ боковымъ входомъ, устраиваемымъ у троттуаровъ.

Типъ кирпичнаго колодца, расположеннаго по оси кирпичнаго канала изображенъ на черт. 205; здѣсь для колодца сдѣлано особое кирпичное основаніе; входное отверстіе закрыто двумя крышками, между которыми пространство заполняется на зимнее время плохимъ проводникомъ тепла (соломой, навозомъ).

чер. 205.



чер. 206.



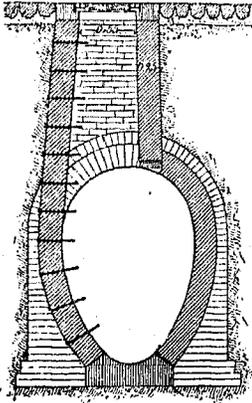
Верхняя часть этого колодца вслѣдствіе небольшого діаметра сдѣлана изъ лекальнаго кирпича. Типъ кирпичнаго колодца на бетонномъ основаніи изображенъ на черт. 206; здѣсь внутренній діаметръ колодца не мѣняется по всей его высотѣ. Сопряженіе колодца, съ каналомъ сдѣлано при помощи кирпичныхъ колецъ. Если каналы имѣютъ размѣры большіе, чѣмъ

это требуется для колодца, то применяют тип *смотрового колодца с некоторым смещением оси* (черт. 207); в этом типе основание замѣнено *контрфорсами*.

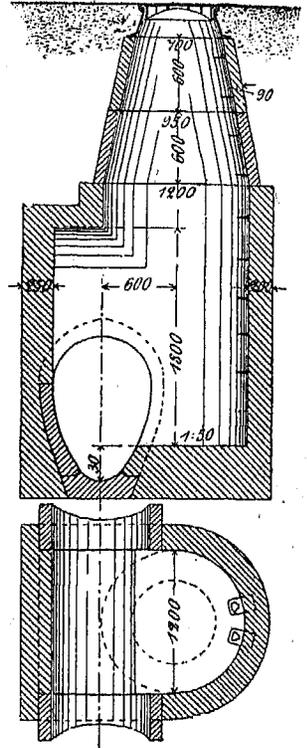
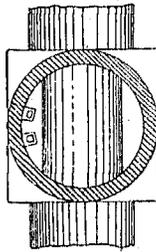
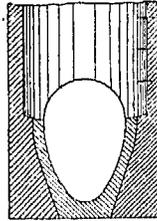
*Бетонные смотровые колодцы* дают болѣе простую конструкцию, чѣмъ *кирпичные*; увеличение рабочего пространства в нижней части колодца достигается простымъ его уширениемъ и постановкой на фундаментъ (черт. 208). Очень хорошую конструкцию представляет собой тип,

чер. 209.

чер. 207.

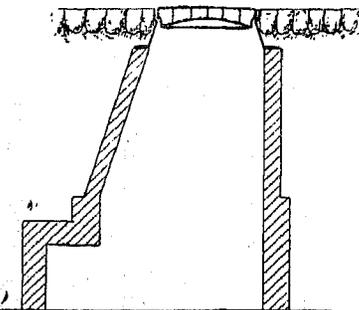


чер. 208.



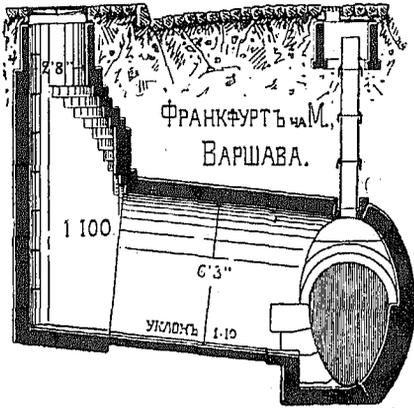
изображенный на чертежѣ 209, въ которомъ рабочее пространство помѣщается сбоку канала, что даетъ возможность рабочему быть при осмотрѣ въ сухой камерѣ. Нѣкоторый недостатокъ составляетъ коническая часть этого колодца, которая могла бы быть безъ ущерба для конструкции замѣнена *прямоугольно-конической частью* (черт. 210), что представляется болѣе удобнымъ для расположенія ступеней. На улицахъ съ большимъ движеніемъ экипажей и трамваевъ применяют *смотровые колодцы съ боковымъ входомъ*, устраиваемые въ троттуарахъ или около нихъ.

чер. 210.

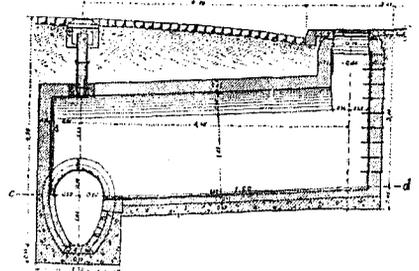


Кромѣ того смотровые колодцы съ боковымъ входомъ являются полезными для такихъ пунктовъ сѣти, за которыми требуется частое наблюдение. Они состоятъ обыкновенно изъ смотрового колодца и соединяющей его съ каналомъ галлерей. Типъ подобнаго смотрового колодца изображенъ на черт. 211 а—b, гдѣ ступени для спуска задѣланы въ самомъ

чер. 211 а).

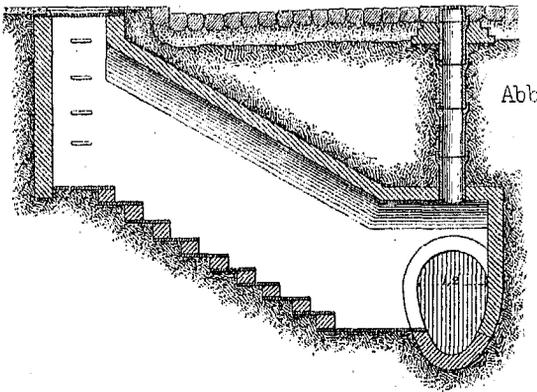


чер. 211 б).

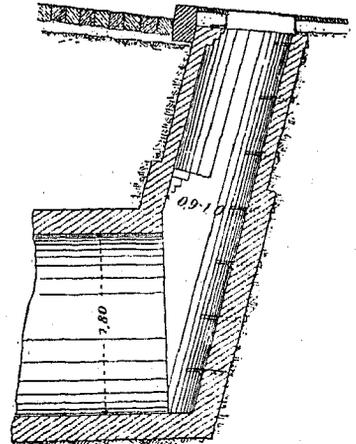


смотровомъ колодцѣ. Для каналовъ, глубоко заложенныхъ, примѣняется показанный на чертежѣ 212 типъ колодца, гдѣ имѣются ступени и въ колодцѣ и въ галлерей. Для удобства спуска устраиваютъ самый колодець наклоннымъ (черт. 213).

чер. 212.



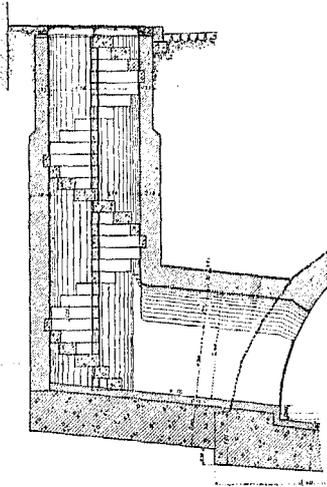
чер. 213.



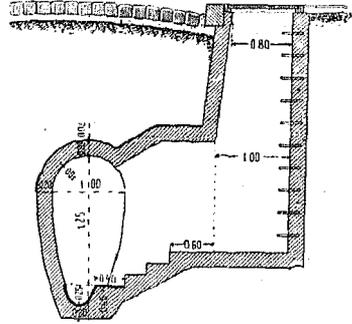
Дальнѣйшая эволюція типа смотрового колодца съ боковымъ входомъ заключается въ уничтоженіи колодца и замѣнѣ слабо наклоненной горизон-



*Отверстія* смотровыхъ колодцевъ, какъ мы уже упоминали выше, дѣлаются для уменьшенія размѣровъ и веса крышекъ меньше, чѣмъ чер. 215.



чер. 216.

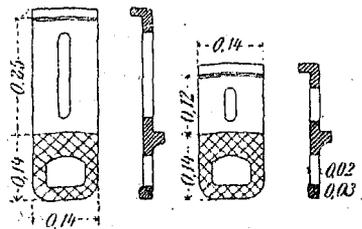
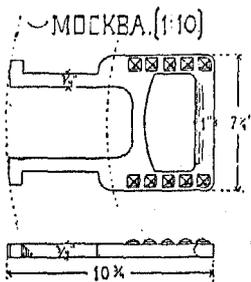


ихъ *внутренніе размѣры*; такъ для круглыхъ колодцевъ отъ 0,5 до 0,7 мет., для эллиптическихъ  $0,4 \times 0,6$  и для прямоугольныхъ  $0,8 \times 1,0$ . Уменьшеніе верхней части дѣлается въ кирпичныхъ колодцахъ напускомъ кирпичей, а въ набивныхъ бетонныхъ примѣніемъ специальныхъ формъ; въ колодцахъ же составляемыхъ изъ отдѣльныхъ трубъ (керамиковыхъ, бетонныхъ) введеніемъ коническихъ звеньевъ.

Спускъ въ смотровые колодцы прежде производился посредствомъ приставныхъ лѣстницъ; но, такъ какъ ихъ примѣненіе требуетъ большей рабочей камеры, то въ настоящее время ступени для спуска задѣлываются въ стѣнки смотровыхъ колодцевъ. Ступени для колодцевъ дѣлаются изъ чугуна и желѣза и располагаются обыкновенно для облегченія спуска въ шахматномъ порядкѣ. Разстояніе между осями ступеней: вертикальное  $14''$ — $20''$

чер. 217.

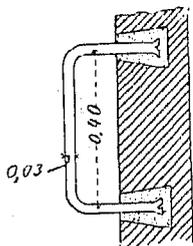
чер. 218.



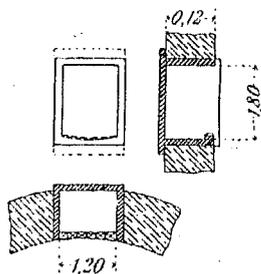
( $0,35$ — $0,50$  мет.), горизонтальное  $8''$ — $12''$  ( $0,20$ — $0,30$  мет.). Чугунныя ступени снабжаются для предотвращенія скольженія насѣчками; сдѣланныя въ нихъ отверстія даютъ возможность держаться за нихъ при спускѣ (черт. 217—218).

Во Франціи ступени располагаются по одной вертикали, вследствие чего они дѣлаются нѣсколько большихъ размѣровъ; типъ подобныхъ ступеней изъ оцинкованнаго сварочнаго желѣза показанъ на черт. 219. Въ Америкѣ<sup>1)</sup> также въ ходу желѣзныя ступени, но изъ литого желѣза. Для сокращенія размѣровъ колодца въ Мангеймѣ употребляютъ интересный приѣмъ, задѣлывая въ стѣнки колодцевъ вмѣсто ступеней желѣзныя полыя коробки (черт. 220).

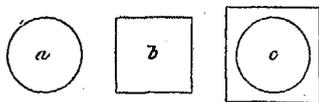
чер. 219.



чер. 220.



чер. 221.



Для закрыванія входныхъ отверстій употребляются обыкновенно *чугунныя крышки* круглаго или прямоугольнаго очертанія (черт. 221); чугуныя въ качествѣ матеріала для крышекъ предпочтительнѣе другихъ матеріаловъ, такъ какъ онъ медленнѣе ржавѣетъ, чѣмъ желѣзо, достаточно проченъ, чтобы выдерживать толчки отъ экипажей, и обладаетъ вѣсомъ достаточноымъ для плотнаго запиранія смотровыхъ колодцевъ. Квадратныя или прямоугольныя крышки удобны для сопряженія съ уличными мостовыми, въ особенности для мостовыхъ изъ прямоугольныхъ каменныхъ брусковъ. Къ крышкамъ предъявляются слѣдующія требованія:

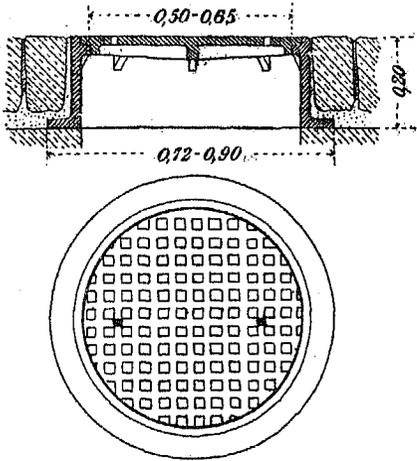
- 1) наружная поверхность ихъ не должна быть скользкой, чтобы не было паденія на нихъ лошадей;
- 2) онѣ не должны возвышаться надъ уровнемъ мостовыхъ;
- 3) онѣ должны удовлетворять требованіямъ прочности въ зависимости отъ давленія проезжающихъ по улицамъ экипажей;
- 4) онѣ должны имѣть приспособленія для запиранія;
- 5) онѣ должны быть по возможности дешевы, такъ какъ число смотровыхъ колодцевъ исчисляется въ городахъ сотнями и тысячами.

Конструкція крышекъ весьма разнообразна. Простѣйшимъ типомъ чугунныхъ крышекъ является типъ крышки, изображенной на черт. 222; крышка эта снабжена насѣчками для предупрежденія скольженія лошадей и устроена въ уровнѣ мостовой во избѣжаніе застаиванія дождевыхъ водъ. Толщина стѣнокъ для подобныхъ крышекъ дѣлается для средняго экипажнаго движенія въ 20 мм., а для сильнаго движенія съ тяжелыми грузами она доходитъ до 35 мм. Быстрое стираніе насѣчекъ на крышкахъ на ули-

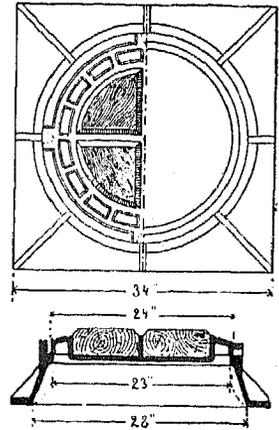
<sup>1)</sup> Folwell, Sewerage 1909 г.

цахъ съ большимъ движеніемъ заставило перейти въ этомъ случаѣ къ другимъ типамъ, въ которыхъ средняя часть заполнена какимъ-либо матеріаломъ.

чер. 222.

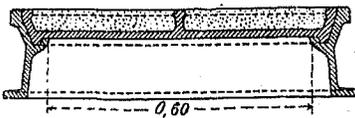


чер. 223.



На чертежѣ 223 показанъ типъ крышки, въ середину которой вставлены пропитанныя противогнилостнымъ растворомъ деревянные пашки (г. Москва), а на черт. 224 сердцевина крышки заполнена асфальтомъ или бетономъ.

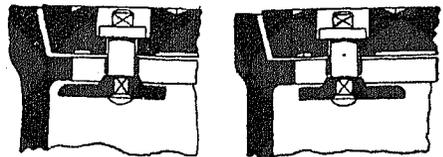
чер. 224.



а)

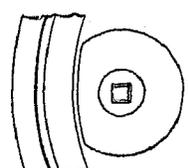
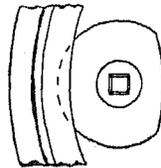
чер. 225.

б)



заперто.

открыто.



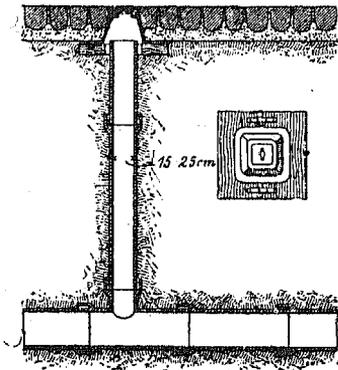
Первыя являются удобными для брусчатыхъ деревянныхъ и каменныхъ мостовыхъ, а вторыя для асфальтовыхъ. Запирание крышекъ производится посредствомъ поворотныхъ болтовъ съ головками для поворачиванія ихъ ключемъ (черт. 225 а-б).

Крышки смотровыхъ колодцевъ, устраиваемыхъ на троттуарахъ, легче крышекъ на мостовыхъ, но онѣ для удобства движенія по троттуарамъ запол-

няются асфальтомъ или бетономъ. Всѣ описанные типы смотровыхъ колодцевъ относятся къ системамъ, имѣющимъ одну сѣть каналовъ (общесплавнымъ и неполнымъ раздѣльнымъ); типы колодцевъ для полныхъ раздѣльныхъ системъ будутъ помѣщены ниже въ главѣ XVIII.

§ 2. Ламповые колодцы. При увеличеніи разстоянія между смотровыми колодцами между ними устанавливаются такъ называемые *ламповые колодцы*. Ламповые колодцы представляютъ собой трубу діам. 15—25 см., соединенную съ уличнымъ каналомъ (черт. 226); отверстие

чер. 226.



колодца прикрывается чугунной крышкой, устанавливаемой во избѣжаніе порчи трубы на отдѣльномъ фундаментѣ.

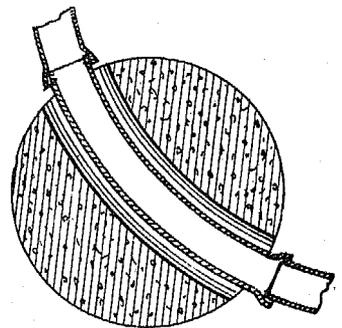
Желая осмотрѣть трубу между ламповымъ и смотровымъ колодцами, опускаютъ въ первый ярко горящую лампу; рабочий же находящійся въ смотровомъ колодцѣ съ помощью зеркала можетъ судить о состояніи трубы; для удаленія осадковъ изъ трубы приходится пользоваться лишь смотровыми колодцами, такъ какъ ламповые недоступны для спуска рабочихъ. Ихъ можно утилизировать лишь для спуска шланга пожарнаго крапа для промывки засореній.

Ламповые колодцы не даютъ большой экономіи сравнительно съ постановкой большаго числа смотровыхъ колодцевъ; при этомъ пользованіе ими далеко не такъ удобно, какъ смотровыми колодцами.

Поэтому въ настоящее время они употребляются для другихъ цѣлей, въ качествѣ впускныхъ отверстій для вентиляціи сѣти, для чего крышки ихъ должны быть снабжены отверстиями.

§ 3. Измѣненіе направленія коллекторовъ. Измѣненіе направленія *малыхъ коллекторовъ* производится въ предѣлахъ смотровыхъ колодцевъ помощью желобовъ, сформованныхъ въ ихъ основаніи и обдѣливаемыхъ керамиковыми трубами (черт. 227).

чер. 227.

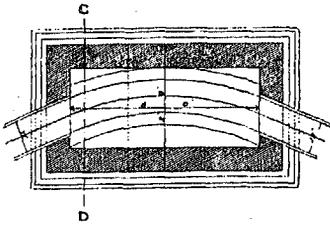
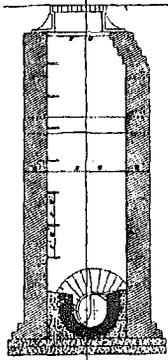


Измѣненія направленія большихъ каналовъ дѣлаются по кривымъ пологимъ радіусовъ, равныхъ 5—10 ширинамъ; въ вершинѣ угла поворота ставятся смотровые колодцы (черт. 228).

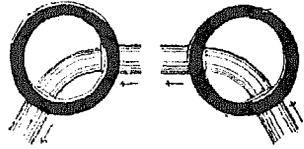
Въ случаѣ угловъ поворота большихъ 90°, уголь подраздѣляютъ на два угла, при чемъ въ вершинѣ cadaго устанавливаютъ смотровые колодцы

(черт. 229). Вслѣдствіе нѣкотораго уменьшенія скорости въ кривыхъ частяхъ каналовъ полезно нѣсколько увеличить уклонъ въ предѣлахъ изгиба.

чер. 228.



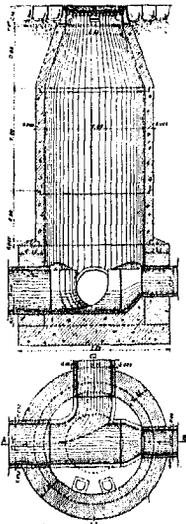
чер. 229.



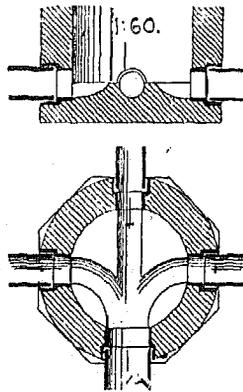
§ 4. Соединеніе малыхъ и большихъ коллекторовъ. Соединеніе коллекторовъ малаго діаметра дѣлается обыкновенно посредствомъ смотровыхъ колодцевъ, въ фундаментахъ которыхъ или формуются патруб- ки для соединенія трубъ, обдѣливаемые ке- рамиковыми желобами или же вставляются спеціальныя фасонныя керамиковыя части, или же высѣкаютъ желоба изъ твердаго камня. Соединительные колодцы, также какъ и смотровые, могутъ дѣлаться изъ кера- миковой глины, бетона и кирпича. Черт. 230

представляетъ собой соединительный бетонный колодець для 2-хъ коллекторовъ, сходящихся подъ прямымъ угломъ; чертежъ 231 — соединеніе 3 малыхъ коллекторовъ, сходящихся также подъ прямымъ угломъ.

чер. 230.



чер. 231.

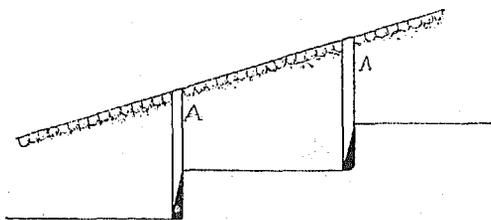


Въ обоихъ случаяхъ прямые углы замѣнены плавными кривыми вставками въ предѣлахъ соединительныхъ колодцевъ во избѣжаніе умень-

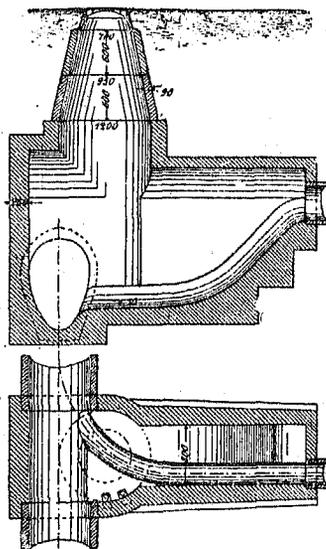
иженія скорости. Вслѣдствіе кривыхъ вставокъ желательнo дѣлать добавочный уклонъ.

Наиболѣе слабымъ мѣстомъ какъ смотровыхъ, такъ и соединительныхъ колодцевъ является соединеніе трубъ съ колодцами; здѣсь одинъ конецъ трубы задѣлывается въ жесткую стѣнку колодца, а другой поκειται на свѣже насыпанномъ грунтѣ. Поэтому или употребляютъ короткіе патрубкі или же подъ первый стыкъ за предѣлами колодцевъ подкладываютъ слой бетона. Въ крутыхъ улицахъ уклонъ ихъ можетъ быть, какъ мы уже упоминали выше, больше того уклона, который уже даетъ максимальную допускаемую въ водостокахъ скорость. Поэтому приходится каналамъ придавать меньшіе уклоны и для достиженія необходимой глубины заложенія каналовъ прибѣгать къ устройству особыхъ перепадныхъ колодцевъ А, (черт. 232) въ которыхъ между собой соединяются каналы, находящіеся на разныхъ высотахъ. Во избѣжаніе превращенія соединительнаго колодца въ осадочный каналы между собой соединяются плавными кривыми (параболами). Типъ такого *перепаднаго колодца*, сдѣланнаго изъ бетона, указанъ на черт. 233.

черт. 232.



черт. 233.



Типъ перепаднаго соединительнаго бетоннаго колодца для трехъ каналовъ, сливающихся на разныхъ высотахъ, изображенъ на черт. 234.

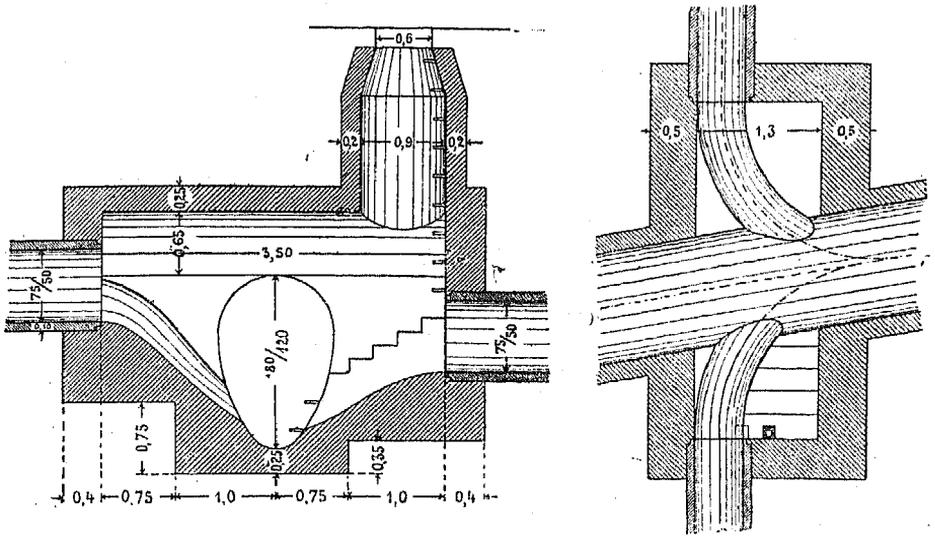
Если на водосточныхъ линияхъ получается много перепадныхъ колодцевъ, то вмѣсто нѣсколькихъ колодцевъ устраиваютъ одинъ общій *каскадъ* (черт. 235).

Въ Америкѣ для устройства перепадовъ примѣняютъ чугуныя изогнутыя трубы (черт. 236, см. стр. 270); при этомъ верхній водостокъ продолжается до стѣнокъ перепаднаго колодца для удобства осмотра верхней водосточной линіи.

Соединеніе большихъ каналовъ необходимо устраивать такимъ образомъ, чтобы при этомъ не получилось бы уменьшенія скорости, а слѣдовательно и образованія осадковъ, и чтобы сточныя воды одного канала не подпирали бы водъ другого. Для удовлетворенія первому требованію боковые каналы соединяются по плавнымъ кривымъ, касательнымъ къ осямъ

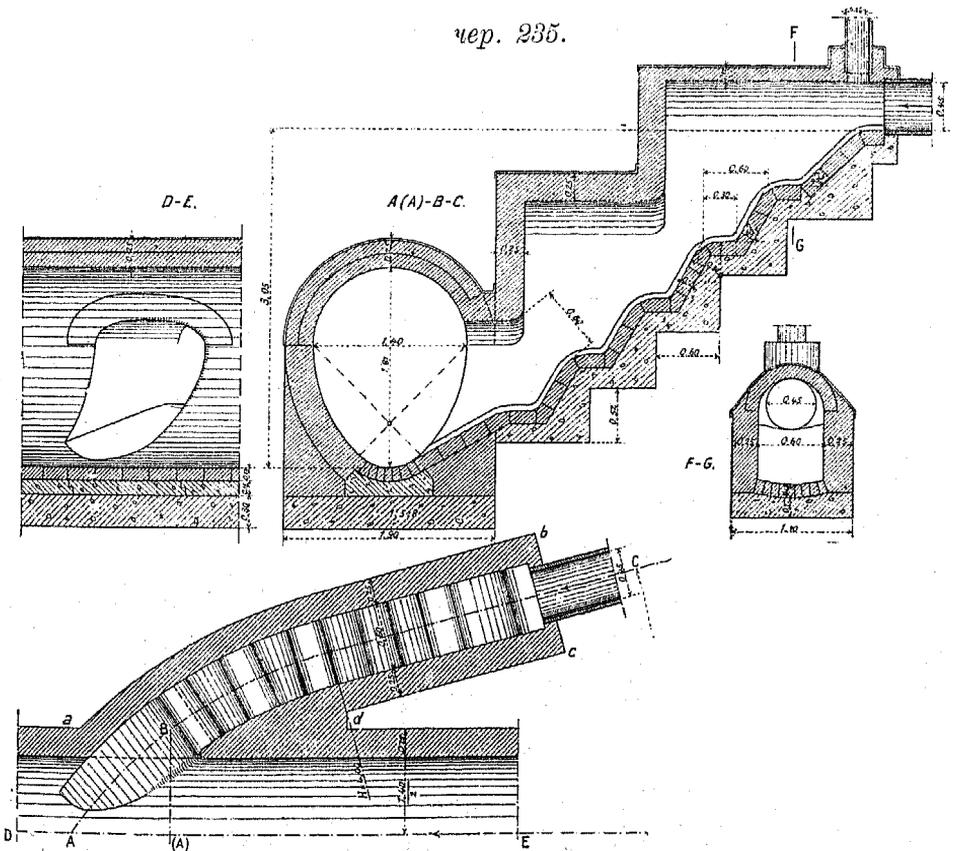
главныхъ каналовъ, при чемъ для радиуса закругления берется величина, равная 5—10 ширинамъ бокового коллектора; кромѣ того въ предѣлахъ

чер. 234.



соединенія каналовъ устраивается добавочное паденіе, которое необходимо имѣть въ виду при распредѣленіи уклоновъ въ канализаціонной сѣти.

чер. 235.



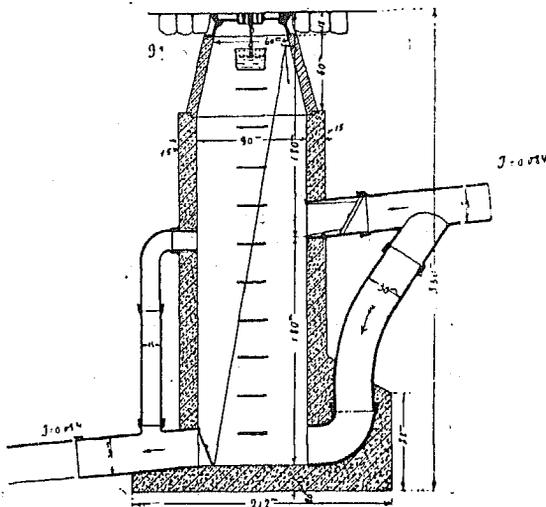
Для удовлетворения второго требования необходимо иметь в виду также соображения, которые нами уже были высказаны в главѣ VII. Т. е. намъ необходимо располагать соединяющіеся каналы такъ, чтобы уровни поверхности воды при известномъ расходѣ составляли бы одну прямую, такъ какъ въ противномъ случаѣ ухудшились бы условия движенья воды по каналамъ. Дѣйствительно, если бы мы расположили *подожвы* соединяющихся каналовъ на *одномъ уровнѣ*, то воды главнаго канала подтопляли бы боковой; если же мы бы расположили *шелыги* *сводовъ* на одной высотѣ, то мы бы потеряли въ уклонѣ бокового канала, вследствие чего онъ долженъ быть

быть сдѣланъ большого сѣченія. Теперь остается рѣшить, при какомъ же расходѣ уровни водъ въ сливающихся каналахъ должны быть на одной прямой. Такъ какъ наиболѣе частымъ случаемъ истеченіе каналовъ общесплавной и неполной раздѣльной системы будетъ истеченіе въ сухую погоду, то эти уровни должны быть опредѣлены при стокаѣ въ сухую погоду, такъ какъ при такомъ соединеніи требуется израсходовать меньше паденія. Если же мы располагаемъ большимъ уклономъ, то уровни могутъ быть отнесены и къ расходу чаще всего встрѣчающихся дождей или даже къ максимальному ливневому. Этими же соображеніями слѣдуетъ руководствоваться при соединеніи каналовъ неполныхъ и полныхъ раздѣльныхъ системъ.

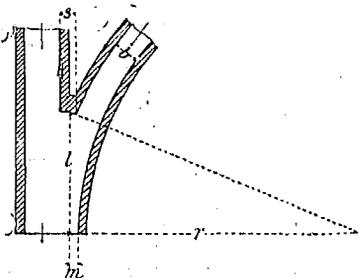
Длина  $l$ , на которой производится слиявіе двухъ каналовъ, опредѣлится изъ слѣдующаго уравненія (черт. 237).

$l^2 = \left( r + b + \frac{s}{2} \right)^2 - (r + m)^2 \dots (160)$ , гдѣ  $r$  — радиусъ закругленія, равный 5—10  $b$ ,  $b$  ширина малаго канала,  $m$  величина уширенія большаго канала и  $s$  ширина плоскости, соединяющей оба канала. Такъ какъ  $m$  и  $s$  намъ неизвѣстны, то для перваго приближенія достаточно или задаться для нихъ нѣкоторыми величинами въ зависимости отъ размѣра каналовъ или же, пренебрегая ихъ вліяніемъ опредѣлить величину  $l$  изъ уравненія  $l^2 = 2br + b^2$ , а потомъ уже по конструированіи опредѣлить ве-

чер. 236.

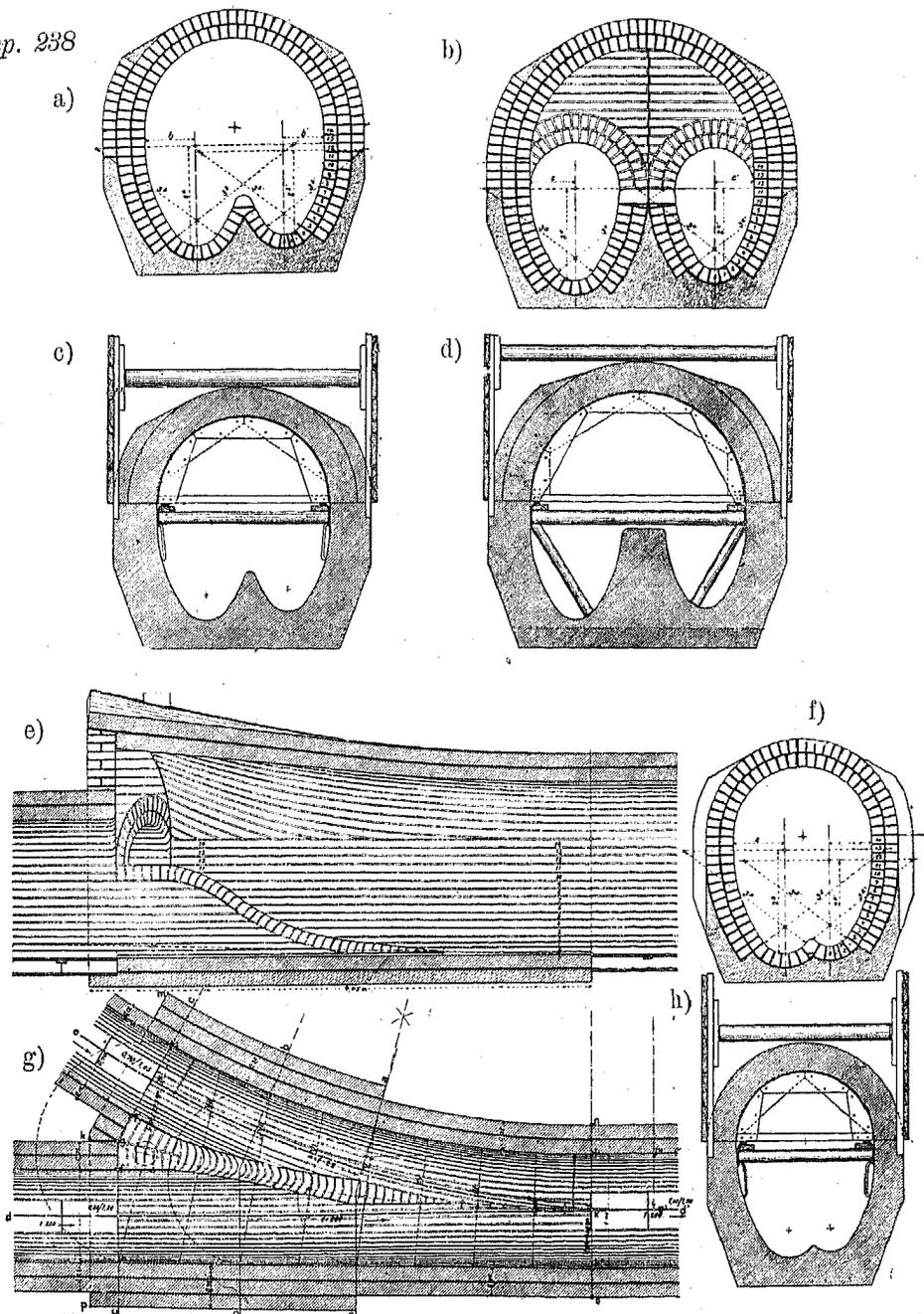


чер. 237.



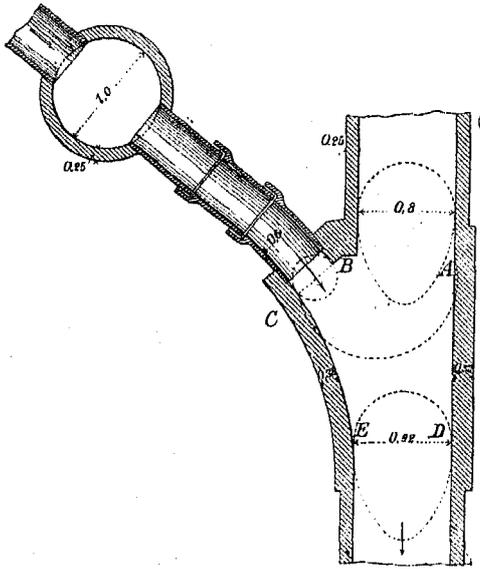
личину  $l$  болѣе точно. Чертежи 238 *a-h* представляют собой типичный примѣръ соединенія двухъ кирпичныхъ оvoidальныхъ каналовъ уровни воды которыхъ расположены при наибольшемъ стока въ сухую погоду.

чер. 238



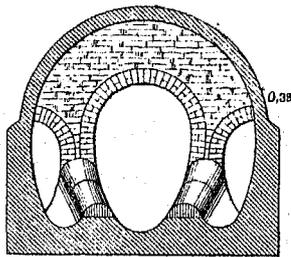
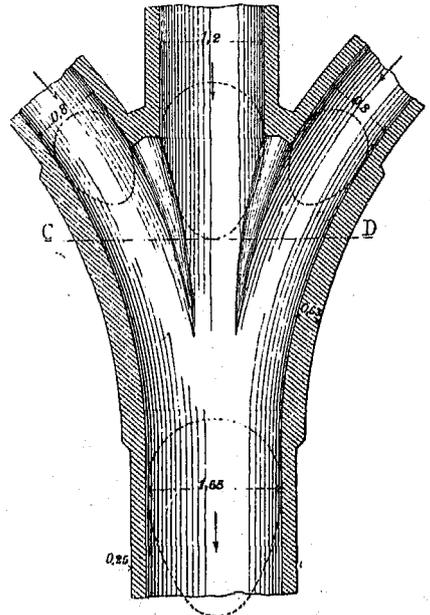
Это соединеніе перекрыто ползучимъ барабаннымъ сводомъ, для котораго начальной направляющей кривой служитъ большой кругъ, соединяющій

оба канала, и конечной направляющей—кругъ съ діаметромъ ушреннаго водостока. Надъ каналами устроена забутка въ началѣ свода; въ высшей точкѣ свода дѣлается вентиляціонный ламповый колодезь, не показанный на чертѣжѣ. Между каналами отъ пачала ихъ соединенія до конечнаго пункта ихъ слиянія устраивается особый *хребтъ*, высота котораго постепенно уменьшается по мѣрѣ приближенія къ пункту слиянія. Этотъ хребтъ дѣлается вслѣдствіе своей сложной формы или изъ бетона, или покрывается облицовкой изъ тесанаго камня; верхъ хребта по конструктивимъ соображеніямъ закругляется. Въ предѣлахъ соединенія подошва водосточныхъ каналовъ также облицовывается кирпичемъ или тесанымъ камнемъ, такъ какъ для бетонныхъ



подошвъ неправильной формы трудно было бы найти на заводахъ подходящую облицовку керамиковыми плитками. На черт. 238 *c, d и h* показано устройство кружалъ въ трехъ сѣченіяхъ. Черт. 239 представляетъ собой соединеніе овоидальнаго и круглаго канала, при чемъ въ этомъ случаѣ не сдѣлано раздѣляющаго хребта; вблизи пункта соединенія на маломъ каналѣ устроент смотровой колодезь.

чер. 240.



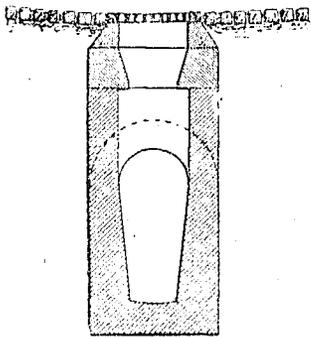
Чертежъ 240 представляетъ собой соединеніе подходящихъ, подъ одинаковыми углами къ главному двухъ кирпичныхъ каналовъ, трсбующее для плавности перехода двухъ раздѣлительныхъ хребтовъ.

## Г Л А В А XIII.

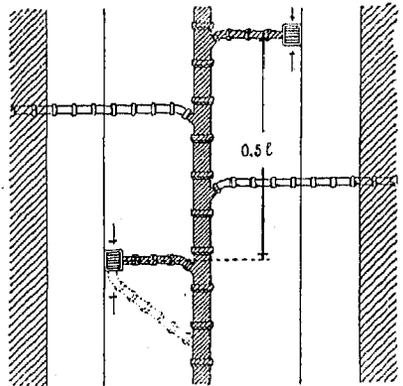
§ 1. **Дождеприёмники.** Для приёма дождевых водъ, стекающихъ съ поверхности улицъ и со скатовъ крышъ, направленныхъ къ улицамъ, устраиваются особые колодцы, называемые *дождеприёмниками*. Первоначальные типы дождеприёмниковъ представляли собою простые снабжаемые рѣшетками колодцы, устроенные непосредственно надъ водосточными каналами, благодаря чему увлекаемая дождевой водой грязь осаждалась на подошвѣ каналовъ и способствовала ихъ быстрому закупориванію (черт. 241). Современные типы дождеприёмниковъ далеко отошли отъ своего прототипа, хотя во многихъ городахъ сохранились и старые несовершенные типы.

Такъ, въ конструкціяхъ дождеприёмниковъ были введены *грязеловки* и *гидравлическіе затворы*, и сами колодцы стали *устанавливаться* около троттуаровъ и *соединяться съ водосточными каналами трубами*.

чер. 241.



чер. 242.



Дождеприёмники располагаются при выпуклой профили улицы въ шахматномъ порядкѣ (черт. 242) и при вогнутой по одной линіи.

Разстояніе между дождеприёмниками  $l$  зависитъ отъ уклона и ширины улицы, отъ устройства и содержанія мостовой и отъ степени оживленности уличнаго движенія.

Дѣйствительно, чѣмъ круче уклонъ улицы, тѣмъ меньше потребуется времени для притеканія дождевой воды къ дождеприемнику, слѣдовательно  $l$  можетъ быть больше; далѣе, чѣмъ уже улица, тѣмъ меньше получается площадь стока, обслуживаемая дождеприемникомъ, и въ этомъ случаѣ  $l$  должно быть увеличено. Плохой типъ уличной мостовой и небрежное ея содержаніе являются причиной того, что въ дождеприемники попадаетъ больше уличной грязи, чѣмъ въ обратномъ случаѣ. Чтобы помочь этому приходится или увеличивать ѡмкость дождеприемника, что сопряжено съ нѣкоторыми эксплуатационными затрудненіями, или же сократить разстояніе  $l$  между дождеприемниками. Оживленное движеніе на улицахъ требуетъ для скорѣйшаго отведенія воды увеличенія числа дождеприемниковъ, чѣмъ улицы со слабымъ движеніемъ.

Эти соображенія слѣдуетъ имѣть въ виду при выборѣ величины  $l$ , которое колеблется на практикѣ отъ 20 до 100 метр.; обычнымъ размѣромъ разстоянія между дождеприемниками слѣдуетъ считать для плоскихъ улицъ, шириной до 20 мет.,—60 мет. Къ современному типу дождеприемника должно предъявить слѣдующія требованія:

1) дождеприемники должны давать свободный стокъ для дождевыхъ водъ, задерживая по возможности плавающія вещества (листья, солому);

2) они должны задерживать по возможности всю тяжелья вещества (песокъ, уличную грязь, навозъ);

3) они должны задерживать выходъ наружу газовъ, образующихся въ каналахъ;

4) они должны давать возможность быстро и легко, не стѣсняя уличнаго движенія, очищать и удалять всю грязь, осѣвшую въ колодцахъ;

5) они должны, удовлетворяя условіямъ прочности, быть простой конструкціи и быть по возможности дешевы.

Существующихъ типовъ дождеприемниковъ, удовлетворяющихъ въ большей или меньшей степени вышеприведеннымъ требованіямъ очень много; но при выборѣ типа слѣдуетъ имѣть въ виду, что число ихъ въ городахъ исчисляется сотнями и тысячами. Такъ напр. въ Парижѣ ихъ около 10000, въ Берлинѣ—до 8000 и т. п. Поэтому достигнутая незначительная экономія въ типѣ дождеприемника можетъ дать уже существенную разницу при постройкѣ канализаціи для среднихъ и большихъ городовъ. Дождеприемники представляютъ собой колодцы круглаго или прямоугольнаго сѣченія; они дѣлаются изъ керамиковой глины, бетона, кирпича и желѣзобетона, при чемъ кирпичные дѣлаются на мѣстѣ, а дождеприемники изъ остальныхъ матеріаловъ—фабричнымъ способомъ. Для круглыхъ дождеприемниковъ изъ кирпича требуется примѣненіе лекальнаго кирпича.

Отверстіе дождеприемниковъ дѣлается обыкновенно въ 0,45 мет., но въ хорошо вымощенныхъ улицахъ со слабымъ движеніемъ оно уменьшается до 0,40 и даже до 0,35.

*Глубина* дождеприемниковъ зависитъ отъ ихъ конструкціи; для современнаго типа дождеприемниковъ она дѣлается въ 2—2,2 метра (около 1 саж).

*Толщина стѣнокъ* кирпичныхъ дождеприемниковъ 1 кирпичъ, бетонныхъ дождеприемниковъ 4—8 см., для керамиковыхъ 2,5—3,5 см.; столь незначительная толщина стѣнокъ для послѣднихъ дождеприемниковъ вызываетъ необходимость устройства отдѣльныхъ фундаментовъ для крышекъ дождеприемниковъ на оживленныхъ улицахъ. Кирпичные дождеприемники обходятся дороже керамиковыхъ и бетонныхъ и по-тому, не обладая какими либо преимуществами предъ ними, употребляются въ настоящее время очень рѣдко.

Для удовлетворенія выставленныхъ нами требованій дождеприемникъ долженъ состоять изъ:

- 1) *крышки съ отверстиями известной величины для приема дождевыхъ водъ;*
- 2) *дождеприемнаго колодца съ осадочной частью;*
- 3) *гидравлическаго затвора для изолированія канальныхъ газовъ отъ уличнаго воздуха;*
- 4) *трубы, соединяющей дождеприемникъ съ уличнымъ колодцемъ, диаметромъ отъ 10 до 15 см.*

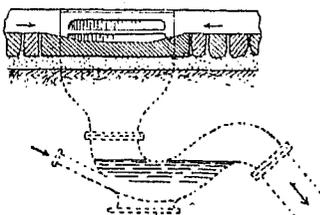
Однако не во всѣхъ примѣненныхъ въ городахъ типахъ дождеприемниковъ имѣются эти части; такъ нѣкоторые не имѣютъ осадочной части, другіе—затвора, третьи—ни того, ни другого.

Поэтому, переходя къ рассмотрѣнію конструкціи дождеприемниковъ, мы опишемъ послѣдовательно четыре группы дождеприемниковъ:

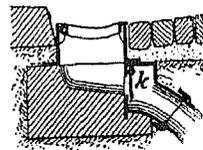
- 1) *дождеприемники безъ осадочной части, но съ затворомъ;*
- 2) " " *съ осадочной частью, но безъ затвора;*
- 3) " " *безъ осадочной части и безъ затвора;*
- 4) " " *съ осадочной частью и съ затворомъ.*

Представителемъ *первой* группы является дождеприемникъ, примѣненный для канализаціи г. Брюсселя (черт. 243). Онъ представляетъ собой

чер. 243.



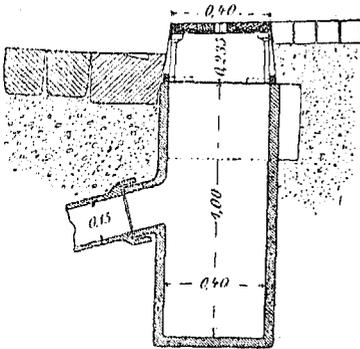
чер. 244.



неглубоко заложенный сифонъ, вслѣдствіе чего въ суровомъ климатѣ водяной затворъ можетъ замерзнуть. Для устраненія закупорки сифона онъ можетъ промываться струей изъ городского водопровода, что съ санитарной точки зрѣнія является недопустимымъ вслѣдствіе возможности зараженія питьевой воды канальными газами. Къ этой же группѣ можно отнести дождеприемникъ, снабженный висячимъ клапаномъ *k* вмѣсто гидравлическаго затвора (черт. 244).

Этотъ типъ, примѣненный въ Гамбургѣ, оказался весьма неудачнымъ, такъ какъ клапанъ легко пропускалъ канальные газы.

чер. 245.

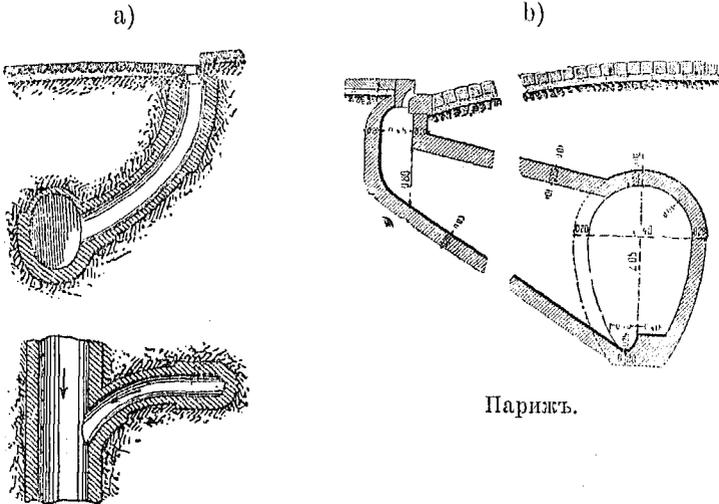


Ко второй группѣ слѣдуетъ отнести типъ дождеприемника, примѣнявшійся прежде въ канализаціи г. Дрездена, и въ настоящее время преобразованный въ типъ съ гидравлическимъ затворомъ (черт. 245). Онъ представляетъ собой керамиковый колодезь съ осадочной частью, общей глубиной 1 мет., на которомъ установлена крышка съ боковымъ входомъ для воды.

Къ третьей группѣ относятся дождеприемники Гамбурга и Парижа (черт. 246-a-b).

Они состоятъ изъ галереи, одинъ конецъ которой входитъ въ уличный коллекторъ, а другой выходитъ на поверхность и служитъ приемникомъ воды. Дождеприемники, находящіеся на территоріи Центрального рынка

чер. 246.



Гамбургъ.

Парижъ.

г. Парижа, снабжены подвижными къ крышкамъ корзинками для задерживанія рыночныхъ отбросовъ (черт. 247).

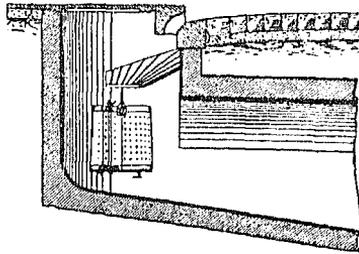
Недостатки Парижскихъ дождеприемниковъ, заключающіеся въ ощущаемомъ прохожими неприятномъ запахѣ, заставили примѣнить къ нимъ гидравлическіе затворы, влѣдствіе чего эта категория дождеприемниковъ должна была быть уже отнесена къ 1-му классу.

Къ такимъ типамъ относится дождеприемникъ сист. Langlet (черт. 248 a-b).

Онъ состоитъ изъ подвижнаго сосуда А, вращающагося на осяхъ вложенныхъ въ подшипники, сдѣланные въ чугунныхъ планкахъ В; этотъ

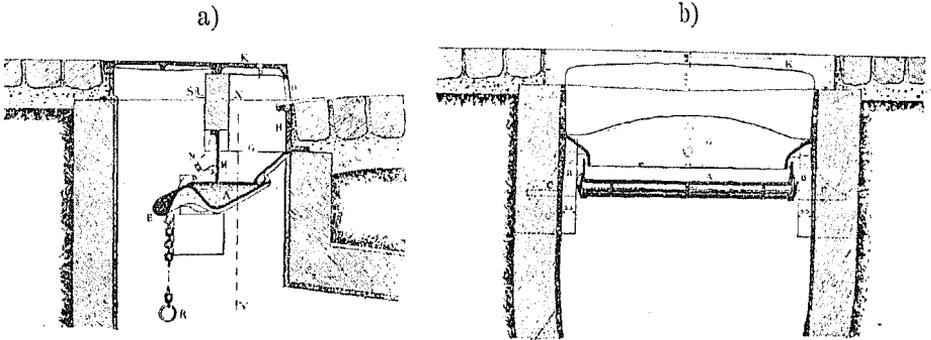
сосудъ, наполненный водой, уравнивается противовѣсомъ. Когда дождевая вода нанесетъ много грязи въ сосудъ А, онъ опрокинется и сброситъ

чер. 247.



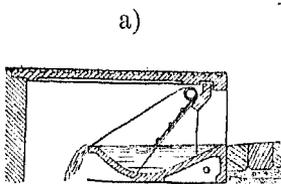
грязь въ каналъ, послѣ чего, ударившись въ упоръ N, придетъ въ прежнее горизонтальное положеніе и по скопленіи въ немъ воды образуетъ вновь затворъ.

чер. 248.

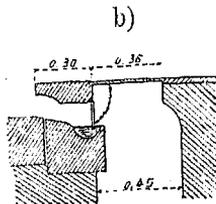


Къ этой же категоріи дождеприемниковъ слѣдуетъ отнести дождеприемники съ затворомъ сист. Крюгера (Kruger) и Ривара (Richard), дѣйствіе которыхъ ясно изъ чертежа 249 а-б.

чер. 249.

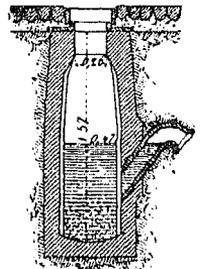


система Крюгера.



система Ривара.

чер. 250.



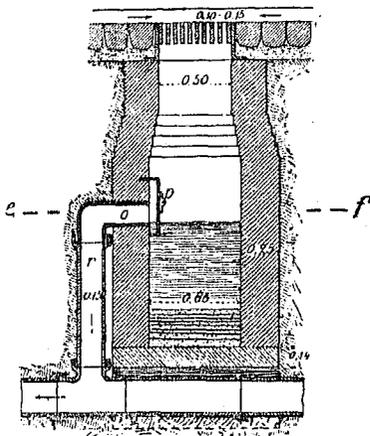
Четвертая категорія обнимаетъ собой цѣлый рядъ типовъ.

Старинными типами дождеприемниковъ этого класса являются типы, примененные въ г. Данцигъ, Берлинъ и Франкфуртъ на Майнъ. Данцигскій типъ (черт. 250) представляетъ собой бетонный колодезь съ грязеловкой, перекрытый крышкой діаметра меньшаго, чѣмъ діаметръ

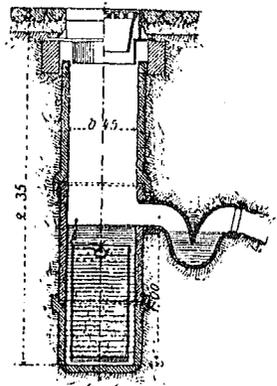
дождеприемника; гидравлическій затворъ сдѣланъ изъ чугунаго патрубкa и состоитъ изъ обратнаго сифона. *Обратный сифонъ* представляетъ собой вполне *цѣлесообразное примѣненіе для гидравлическаго затвора*, такъ какъ при такой формѣ закупорка сифона грязью можетъ быть только въ томъ случаѣ, когда дождеприемники не очищаются периодически. Берлинскій типъ представляетъ собой кирпичный дождеприемникъ (черт. 251) квадратнаго сѣченія (0,65 м.  $\times$  0,65) и діаметра 0,50 м., установленный на гранитной плитѣ.

Желѣзная перегородка *p* служитъ и для образованія гидравлическаго затвора и для задерживанія плавающихъ веществъ, прошедшихъ чрезъ горизонтальную рѣшетку дождеприемника, въ которой сдѣлано отверстіе, закрываемое шарнирнымъ клапаномъ. Въ верхней части перегородки *p* имѣются отверстія, служащія для свободнаго входа воздуха, увлекае-

чер. 251.



чер. 252.



маго при сильномъ ливнѣ въ трубу *r*. Вслѣдствіе наличности перегородки и примыканія соединительной трубы подъ прямымъ угломъ можно опасаться, что этотъ дождеприемникъ во время сильныхъ ливней не будетъ успѣвать отводить ливневыхъ водъ.

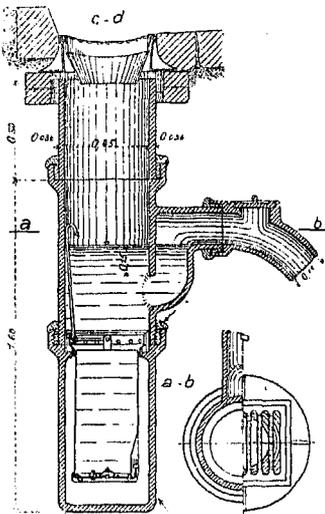
Типъ дождеприемника, примѣненнаго инженеромъ *Линдлеемъ* во Франкфуртѣ-на-Майнѣ и у насъ, въ Варшавѣ, уже гораздо ближе стоитъ къ современнымъ типамъ дождеприемниковъ (черт. 252). Онъ представляетъ собой керамическій колодезь, значительной глубины (2,35 мет.), что обезпечиваетъ его затворъ отъ замерзанія. Осадочная часть снабжена оципованнымъ дырчатымъ вердромъ, куда направляются осадки посредствомъ воронки, прикрѣпленной къ крышкѣ. Гидравлическій затворъ здѣсь образованъ прямымъ сифономъ, помѣщенномъ на глубинѣ, обезпеченной отъ замерзанія и отъ испаренія подѣ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей; но затворъ этого типа страдаетъ крупнымъ недостаткомъ: онъ *легко засоряется плавающимъ соромъ*, а очистка его требуетъ разборки дождеприемника. Крышка этого дождеприемника покоится на отдѣльномъ фундаментѣ. Поэтому въ современ-

ныхъ типахъ употребляются обратные затворы, которые должны быть помѣщены на достаточной глубинѣ во избѣжаніе испаренія, могущаго вызвать появленіе канальныхъ газовъ на троттуарахъ.

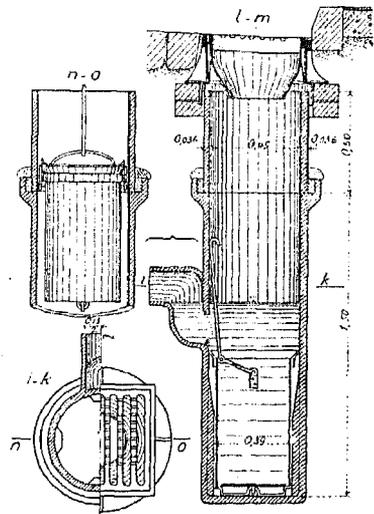
Дальнѣйшую эволюцію представляютъ собой дождеприемники сист. *Geiger'a* и *Mairich'a*, отличающіеся отъ типа Линдлея нѣкоторыми усовершенствованіями.

Дождеприемники, изготовляемые на заводѣ *Гейгеръ* въ Карлсруэ (черт. 253), отличаются отъ Линдлеевскихъ подвѣшиваніемъ осадочнаго ведра на коническомъ чугунномъ установленномъ на выступѣ колодца кольцѣ, (благодаря чему устраняется возможность попаданія грязи въ кольцевое пространство между ведромъ и колодцемъ) и примѣненіемъ обратнаго затвора,

чер. 253.



чер. 254.



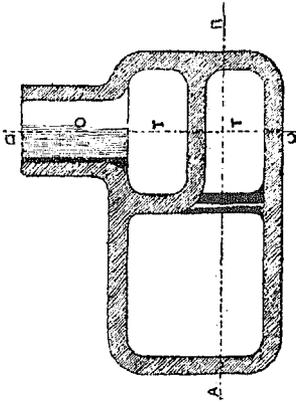
снабженнаго ревизіоннымъ отверстіемъ. Подобные колодцы дѣлаются изъ керамикової глины, бетона и чугуна. Типъ дождеприемника сист. *Mairich'a* отличается отъ типа *Geiger'a* особой установкой осадочнаго ведра (черт. 254). Въ этомъ типѣ ведро внизу упирается въ утолщенныя стѣнки колодца, а вверху снабжено резиновымъ кольцомъ, которое при движеніи внизъ плотно упирается въ стѣнки колодцевъ, а при движеніи вверхъ (подъемъ ведра) отжимается водой. Въ обоихъ типахъ затворъ составляетъ одно цѣлое съ колодцемъ.

Нѣкоторый интересъ представляютъ собой дождеприемники, употребляющіеся въ *Англіи*, отличительную черту которыхъ составляетъ неглубокое заложеніе и введеніе ревизіонныхъ отверстій для прочистки затворовъ.

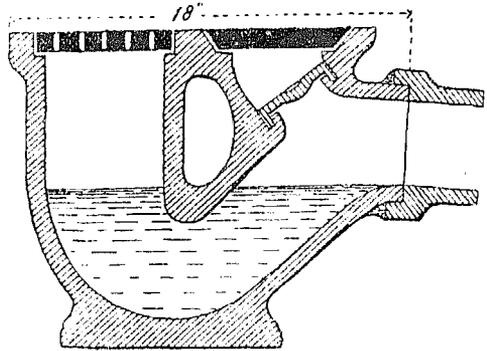
Къ такимъ типамъ слѣдуетъ отнести дождеприемники сист. *Grosvenor* (черт. 255 а) и *Stokes* (черт. 255 б).

Дождеприемникъ системы *Grosvenor* состоитъ изъ двухъ отдѣленій, изъ коихъ первое является простой грязеловкой, а второе снабжено

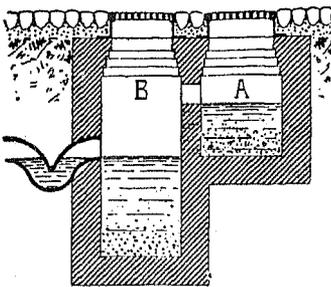
гидравлическимъ затворомъ; для прочистки послѣдняго введена съемная крышка (ревизія). Система Stokes'a приостанавливаетъ собой упрощеніе дождеприемника Grosvenor'a, такъ какъ здѣсь имѣется только широкій затвор. *чер. 255 а.*



*чер. 255 б.*



воръ съ ревизіей. Эти типы страдаютъ неглубокимъ заложеніемъ затвора, который легко можетъ замерзнуть въ зимнее время и подвергаться сильному испаренію лѣтомъ; они появились въ Англии, какъ патентованныя системы, и интересны только, какъ конструкціи съ точки зрѣнія Минеральной Технологіи. Въ Англии ихъ употребляютъ часто въ тѣхъ случаяхъ, когда въ дождеприемники можетъ попасть вмѣстѣ съ дождевыми водами много отбросовъ, напр., на рыночныхъ территорияхъ. *чер. 256.*

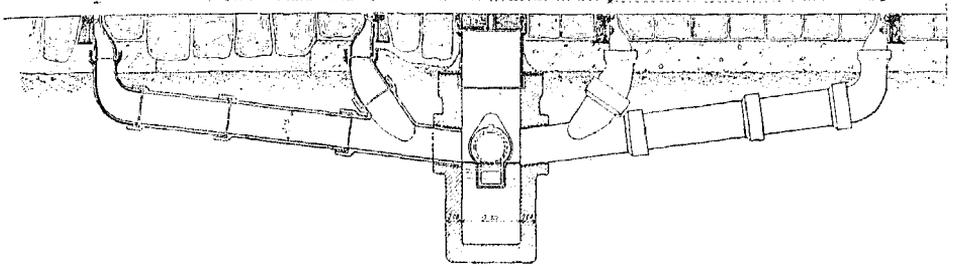


Въ тѣхъ случаяхъ, когда въ дождеприемники поступаетъ вода, протекающая по немоощнымъ поверхностямъ (что имѣетъ мѣсто на окраинахъ города) приходится дождеприемникъ снабжать предварительнымъ осадочнымъ ящикомъ. Типъ такого дождеприемника изображенъ на черт. 256, гдѣ *А* осадочный ящикъ, а *В* дождеприемникъ.

Для отвода дождевой воды, протекающей по желобамъ рельсовъ электрическихъ трамваевъ, примѣняются особыя устройства, которые устанавливаются въ пунктахъ окончанія уклоновъ улицъ. Типъ такой конструкціи,

примѣненный въ г. Гамбургѣ, показанъ на черт. 257. Здѣсь дождевая вода отводится 4 керамиковыми трубами діам. 15 сант. въ общій смотровой бетонный колодезь діам. 0,30, прикрытый чугуною крышкой; верхняя часть отводныхъ трубъ сдѣлана изъ чугуныхъ фасонныхъ трубъ; эти конструкціи было бы желательно пополюнить установкой осадочнаго ведра въ смотровомъ колодезѣ.

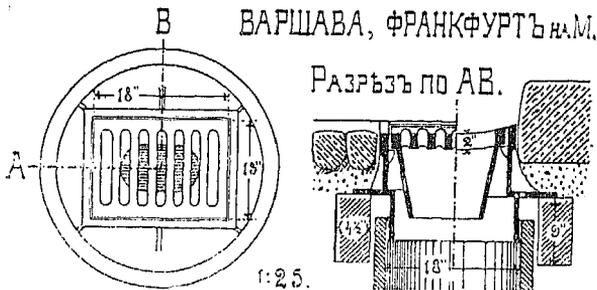
чер. 257.



Въ нѣкоторыхъ случаяхъ не устраиваютъ особаго ревизионнаго колодеца, а соединяютъ отводныя трубы отъ рельсовъ трамваевъ съ ближайшими дождеприемниками или смотровыми колодцами.

Изъ разсмотрѣнія приведенныхъ нами типовъ дождеприемниковъ можно видѣть, что отверстія для впуска воды дѣлаются или горизонталь-

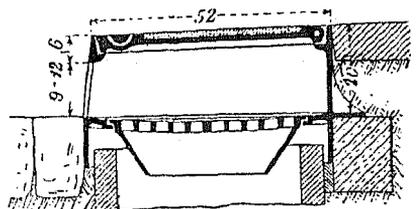
чер. 258.



ными или вертикальными, прикрываемыя соотвѣтственно *горизонтальными* (черт. 258) и *вертикальными* чугуными крышками, (черт. 259).

Горизонтальныя крышки, устраиваемыя обыкновенно въ видѣ рѣшетокъ съ направляющими воронками, скорѣе засоряются во время сильнаго ливня, такъ какъ онѣ лучше задерживаютъ плавающіе вещества отъ попаданія въ приемникъ; съ другой стороны ихъ примѣненіе вызываетъ разборку болѣе дорогой одежды—уличной мостовой, тогда какъ при примѣненіи вертикальныхъ крышекъ дождеприемники помѣщаются подъ троттуаромъ. Размѣры

чер. 259.



горизонтальныхъ крышекъ могутъ быть сдѣланы сообразно надобности легче, чѣмъ вертикальныя, высота конхъ ограничивается подзоромъ троттуаровъ.

Такимъ образомъ мы видимъ, что и тѣ и другія крышки могутъ употребляться безъ ущерба для выполненія своего назначенія; выборъ той или другой системы зависитъ отъ взглядовъ строителя. Одни инженеры (Франція, Америка) считаютъ важнымъ все отбросы сплавлять въ уличныя каналы, что вызываетъ примѣненіе дождеприемниковъ безъ грязеловокъ съ вертикальными отверстиями; другіе (Германія) наоборотъ стремятся освободить каналы отъ тѣхъ элементовъ, которые могутъ повреждать или закупоривать каналы, чѣмъ и объясняется конструкція дождеприемниковъ Geiger, Maierich и т. п. каковая конструкція, по нашему мнѣнію, должна считаться *наибольше удовлетворяющей всемъ санитарно-техническимъ требованіямъ*. Единственный недостатокъ такихъ дождеприемниковъ заключается въ необходимости аккуратнаго и регулярнаго ухода за ними, что, по нашему мнѣнію, представляется несущественнымъ.

§ 2. Снѣговые шахты. Въ мѣстностяхъ, подверженныхъ сильнымъ снѣгопадамъ, вопросъ о быстромъ удаленіи снѣга имѣетъ весьма серьезное значеніе; обычно свѣжій выпавшій снѣгъ отвозится или въ ближайшія рѣчки и каналы или же на особыя площади—свалки снѣгу. Понятно, что при большихъ разстояніяхъ пунктовъ свалки снѣга отъ мѣстъ ихъ выпаденія расходы по вывозу снѣга составляютъ значительныя суммы для домовладѣльцевъ, которые для ихъ сокращенія прибѣгаютъ къ искусственному таянію снѣга въ передвижныхъ или постоянныхъ домовыхъ снѣготаялкахъ. Для сокращенія расходовъ по вывозу снѣга или по его искусственному таянію *въ Германіи стали для таянія снѣга примѣнять домовыя сточныя воды*, средняя температура которыхъ исчисляется во время самой холодной зимы въ  $+10^{\circ}$  С. Отработавшими водами отъ одного человѣка при расчетѣ на суточное потребленіе воды въ 60 литровъ можно стаять 6—7 килогр. снѣга. Конечно, сильные снѣгопады могутъ дать 60—70 килогр. снѣга на человѣка, но въ этомъ случаѣ таяніе производится въ теченіе нѣсколькихъ дней.

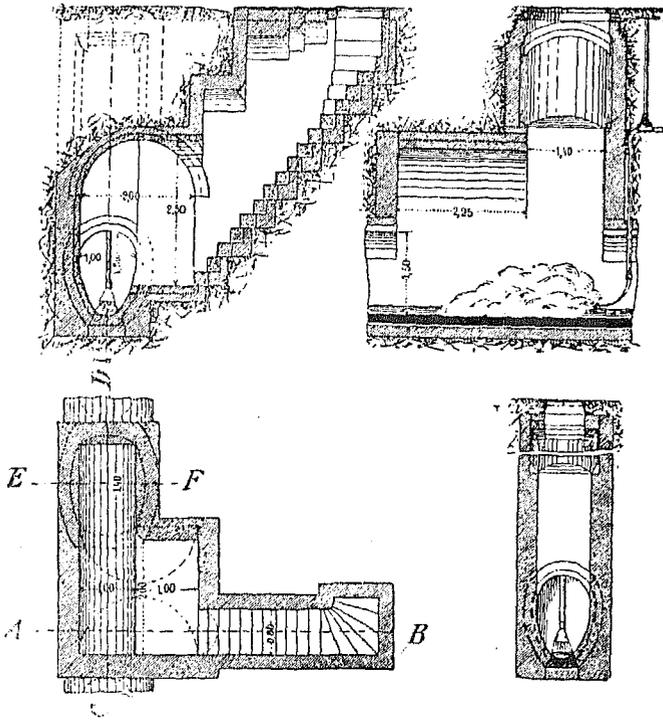
Для утилизаціи теплоты, содержащейся въ сточныхъ водахъ возможно пользоваться только большими каналами общесплавной системы, такъ какъ процентное соотношеніе протяженія большихъ каналовъ (5—10%) къ общему протяженію сѣти не велико.

Для обрасыванія въ большіе каналы снѣга можно пользоваться обыкновенными смотровыми колодцами, но за послѣднее время въ нѣкоторыхъ городахъ Германіи стали строить спеціальныя *снѣговыя шахты* <sup>1)</sup>. Чертежъ 260 даетъ примѣръ примѣненія снѣговыхъ шахтъ въ г. Кельнѣ. Надъ овоидальнымъ каналомъ (размѣромъ 1,0 × 1,5 мет.) сдѣлана особая *снѣговая камера* (3,8 мет. × 1,00 мет.) надъ которой сдѣланъ колодець съ отверстиемъ для забрасыванія снѣга (1,40 м. × 0,70 м.), подвозимаго на возахъ;

<sup>1)</sup> Gesundheits-Ingenieur, 1903, Schneebeseitigung durch Einwurf in städtische Kanäle von Forbät-Fischer.

въ этомъ типѣ для ускоренія таянiя подведена водопроводная вода. Рабочiе, разравнивающiе снѣгъ въ камерахъ и управляющiе наконечниками рукавовъ,

чер. 260.



помѣщаются на боковой площадкѣ, къ которой ведетъ смотровой колодезь съ лѣстницей. Въ г. Бременѣ примѣненъ нѣсколько иной типъ снѣговой шахты съ поперечнымъ расположенiемъ снѣговой камеры (черт. 261).

Колодезь *E* служитъ для забрасыванiя снѣга, а колодезь *E*<sub>1</sub> для спуска рабочаго къ площадкѣ. На оживленныхъ улицахъ снѣговья шахты относятся отъ оси каналовъ къ троттуарамъ.

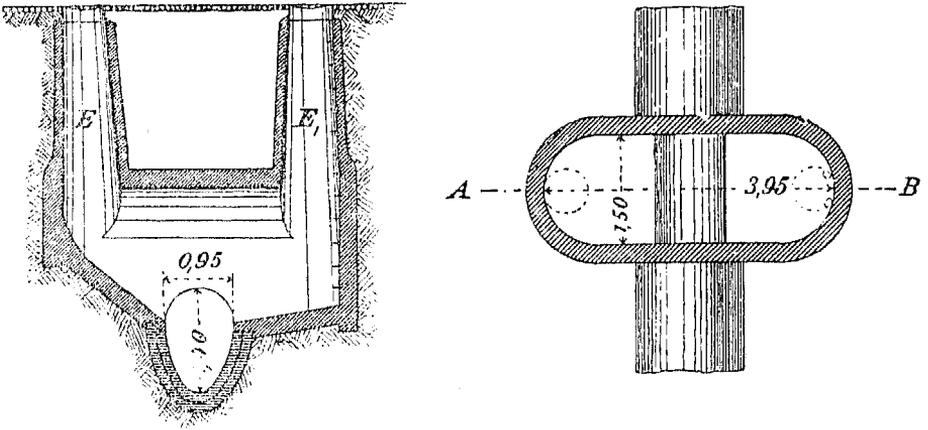
Использованiе теплоты сточныхъ водъ для таянiя снѣга еще было сдѣлано въ г. Гамбургѣ, Висбаденѣ и Дрезденѣ; въ послѣднемъ изъ общаго годового количества выпавшаго въ 1900 году снѣга въ 234000 кв. мет. было стаяно въ каналахъ до 111000 кв. мет.

*Экономическiя выгоды примѣненiя снѣговыхъ шахтъ несомнѣнны, что станетъ яснымъ изъ слѣдующаго простаго разсчета стоимости таянiя фуры со снѣгомъ въ г. Кельнѣ.*

По даннымъ г. Кельна въ каждой шахтѣ въ теченiе 8 часовъ стаявали 150 возовъ, для чего требовалось 6 рабочихъ съ десятникомъ. Принимая стоимость рабочаго въ 1 р. 50 к., десятника въ 2 р. 50 коп. стоимость подводы въ 2 р. 50 коп. въ сутки, и считая, что каждая подвода можетъ сдѣлать 10 оборотовъ въ сутки, мы получимъ, что сумма, затрачиваемая

на таяніе 150 возовъ будетъ равна  $\left( 6 \times 1,50 + 3 + \frac{150}{10} \times 2,50 \right) = 37р.$   
что составитъ на одинъ возъ—21 коп. Расходы по оплатѣ процентовъ и  
погашенію затраченнаго на сооруженіе шахты капитала (400—600 руб.) и

чер. 261.



по оплатѣ за водопроводную воду увеличатъ сумму на таяніе воза незначи-  
тельно на 5—10 коп. Отсюда общая стоимость таянія одного воза будетъ  
равна около 30 коп.

Если сопоставить эту цѣну съ цѣной вывоза воза снѣга для крупныхъ  
городовъ Россіи—(1 р. 00 коп.—1 р. 50 к.), то станетъ яснымъ выгодность  
примѣненія снѣговыхъ шахтъ.

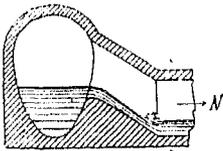
## Г Л А В А XIV.

§ 1. **Назначеніе ливнеспусковъ.** Количество сточныхъ водъ, протекающее въ каналахъ общесплавной системы, сильно возрастаетъ во время сильныхъ ливней (до 100 разъ), что, разумѣется, вызываетъ большое увеличеніе поперечныхъ сѣченій водостоковъ и, слѣдовательно, значительно увеличиваетъ стоимость канализаціи города, а иногда можетъ сдѣлать ее экономически невыполнимой.

Устройство каналовъ по общесплавной системѣ станетъ еще дороже, если придется поднимать такія огромныя количества воды и очищать ихъ за предѣлами городовъ. Изъ этихъ соображеній становится яснымъ, почему одновременно съ первоначальными устройствами общесплавной канализаціи возникъ вопросъ о быстромъ освобожденіи канализаціонной сѣти отъ излишнихъ количествъ ливневой воды.

Это достигается путемъ устройства особыхъ сооружений для выпуска ливневой воды—*ливнеспусковъ* (черт. 262).

чер. 262.



*Ливнеспуски* состоятъ изъ устроенныхъ въ извѣстныхъ пунктахъ сѣти *водосливовъ*, чрезъ порогъ которыхъ ливневая вода посредствомъ ливнеотводныхъ каналовъ спускаются въ ближайшіе водные потоки и овраги.

Ливнеспуски представляется *выгоднымъ* устранять *послѣ соединенія нѣсколькихъ коллекторовъ въ одинъ* для того, чтобы сразу освободить сѣть отъ огромнаго количества воды. Также ливнеспуски являются *полезными* при устройствѣ *переводныхъ трубъ чрезъ рѣжки (дюкеры)* для возможнаго уменьшенія ихъ размѣровъ. Не смотря на выгоду устройства ливнеспусковъ не слѣдуетъ стремиться къ ихъ большому числу, такъ какъ они представляютъ собой довольно *дорогія сооруженія*, и ихъ положеніе можетъ вызвать *уменьшеніе общаго паденія*, расходимаго на уклоны коллекторовъ.

Начало дѣйствія ливнеспуска зависитъ *отъ высоты порога водослива* и начинается *спустя нѣкоторое время послѣ начала дождя*; это дѣлается съ той цѣлью, чтобы дать возможность первымъ каплямъ дождя,

смывающимъ скопившуюся на улицахъ грязь, стечь по каналамъ вмѣстѣ съ домовыми водами за предѣлы города. Соотношеніе между количествомъ воды, спускаемой чрезъ ливнепуски и остающейся послѣ спуска воды въ каналахъ, устанавливается такъ называемымъ *коэффициентомъ разжиженія n*. Коэффициентъ разжиженія показываетъ, сколько объемовъ ливневой воды при данныхъ мѣстныхъ условіяхъ можетъ быть добавлено къ объему домовыхъ водъ безъ вреда съ *санитарной точки зрѣнія*. Т. е., если обозначимъ наибольшій расходъ домовыхъ водъ въ секунду чрезъ  $Q$  а ливневыхъ— $Q_1$ , то непосредственно за водосливомъ ливнепуски должно протекать количество воды, равное  $(n + 1) Q$  а чрезъ ливнепускъ  $Q_1$ — $(n + 1) Q$ . Величина коэффициента разжиженія зависитъ отъ мѣстныхъ факторовъ.

Такъ для  $n$  берутъ *большія величины*, если *расходъ и скорость воднаго потока невелики*, если *ливнепускъ устраивается въ предѣлахъ города* (возможность загрязнить воду купаленъ), и *если улицы плохо вымощены или небрежно содержатся*. Далѣе слѣдуетъ замѣтить, что  $n$  въ предѣлахъ одной и той же сѣти можетъ быть выбранъ неодинаковымъ (въ случаѣ выпуска ливневой воды въ потоки съ неодинаковымъ расходомъ и скоростью, въ случаѣ устройства ливнепусковъ за городомъ и въ городѣ и т. п.).

Для величины  $n$  въ предѣлахъ города принимаютъ величины отъ 2 до 10, а за предѣлами города, если на пути нѣтъ какихъ либо селеній, питающихся рѣчной водой, то  $n$  колеблется между болѣе низкими предѣлами отъ 1 до 2. Данныя о принятой величинѣ для  $n$  въ нѣкоторыхъ западно-европейскихъ и русскихъ городахъ сведены въ нижеслѣдующей таблицѣ—*XLIII*.

ТАБЛИЦА XLIII.

Названіе города.	$n$ .	Названіе города.	$n$ .
Кельвь . . . . .	2,2—3,5	Мюльгаузенъ . . .	8,8
Гамбургъ . . . . .	3,4	Штетинъ . . . . .	9,5
Фрайкф. на Майнѣ	4	С. Петербургъ <sup>1)</sup> .	1,5—2
Висбаденъ . . . . .	5	Варшава . . . . .	0,5
Мюнхенъ . . . . .	5—7	Самара <sup>2)</sup> . . . . .	4—6
Берлинъ . . . . .	6,4	Данцигъ . . . . .	2—3

<sup>1)</sup> Проектъ канализаціи СПБурга, составленный Линдлеемъ.

<sup>2)</sup> Проектъ канализаціи Самары, составленный Линдлеемъ.

Среднія величины для  $n$  въ предѣлахъ города 4—5, а за городомъ 1,5. Пункты канализаціонной сѣти, въ которыхъ слѣдуетъ устраивать ливне-спуски, должны выбираться на тѣхъ коллекторахъ, которые близко расположены къ воднымъ протокамъ и оврагамъ, такъ какъ благодаря этому сокращается длина ливнеотводныхъ каналовъ. Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ представиться выгоднымъ при отдаленности отъ нѣкоторыхъ канализируемыхъ частей города воднаго протока или оврага создать его искусственно въ видѣ особыхъ *ливневыхъ каналовъ*, въ которые должны входить ливнеотводные каналы ливнеспусковъ.

При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что желательно располагать первые ливнеспуски по возможности въ верхнихъ частяхъ коллекторовъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ уменьшеніе площадей водосточныхъ каналовъ болѣе значительно. Если коллекторъ лежитъ вблизи воднаго протока, то устройство ливнеспуска будетъ выгодно, если онъ будетъ обслуживать площадь стока въ 10—15 гектаровъ. Въ сомнительныхъ случаяхъ слѣдуетъ *произвести экономическое сравненіе строительныхъ и эксплуатаціонныхъ расходовъ двухъ вариантовъ: коллектора съ ливнеспускомъ и безъ него.*

§ 2. Типы ливнеспусковъ. Конструкція ливнеспусковъ естественно распадается на три части: *водосливъ, ливнеотводный каналъ и устье ливнеотвода.* Устройство водослива зависитъ отъ горизонтовъ воды въ протокахъ, въ которые спускаются ливневые воды.

Наилучшимъ расположеніемъ ливнеспуска было бы такое, чтобы дно его устья лежало бы выше горизонта самыхъ высокихъ водъ протока, такъ какъ это обезпечивало бы постоянный истокъ изъ ливнеспуска.

Но въ такомъ поднятіи ливнеспусковъ не было бы надобности, если бы періодъ стоянія высокихъ водъ не совпадалъ съ наибольшими ливнями; въ этомъ случаѣ желательно было бы обезпечить стокъ при меженномъ горизонтѣ. Но на самомъ дѣлѣ расположеніе ливнеспусковъ выше уровня высокихъ водъ встрѣчается очень рѣдко за отсутствіемъ необходимыхъ мѣстныхъ условій, которые могутъ встрѣтиться главнымъ образомъ въ городахъ на рѣкахъ съ крутыми берегами. Въ обычныхъ же условіяхъ высокое расположеніе ливнеспусковъ отразится на уменьшеніи величины уклоновъ въ сѣти, что можетъ вызвать въ свою очередь увеличеніе сбѣчныхъ водостоковъ и уменьшеніе скоростей ниже допускаемыхъ нормъ (см. главу VII.)

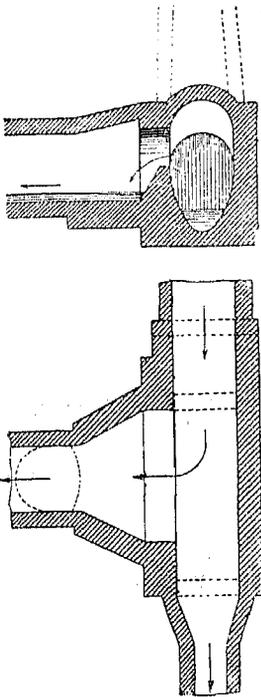
Поэтому обычными условіями для заложенія ливнеспусковъ надо признать заложеніе ихъ устья выше уровня меженныхъ водъ или часто бывающихъ на данной рѣкѣ паводковъ; во избѣжаніе же заполнения канализаціонной сѣти во время высокихъ водъ ливнеотводные каналы снабжаются *предохранительными затворами.* Если бы періодъ ливней совпадалъ съ періодомъ высокихъ водъ, но уровень высокихъ водъ былъ бы ниже горизонта воды въ каналѣ, въ которомъ устраивается ливнеспускъ, то истеченіе воды изъ ливнеспуска имѣло бы мѣсто, и онъ бы игралъ роль *несовершеннаго водослива.*

Въ противномъ случаѣ было бы необходимо или *увеличить ёмкость канализаціонной сѣти* для временнаго помѣщенія ливневой воды или снабдить ее *запасными (уравнительными) резервуарами*, въ которыхъ могли бы скопляться сточныя воды во время стоянія высокихъ водъ и спускаться изъ нихъ по каналамъ сѣти послѣ спада, или наконецъ прибѣгать къ *временной перекачкѣ сточныхъ водъ*.

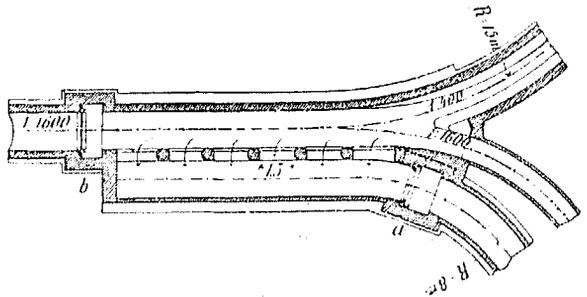
Существующія конструкціи ливнеспусковъ весьма разнообразны, по чаще всего на практикѣ при опороженіи большихъ коллекторовъ прибѣгаютъ къ одному изъ слѣдующихъ трехъ типовъ.

Въ первомъ типѣ (черт. 263) ливнеспускъ устраивается *перпендику-*

чер. 263.

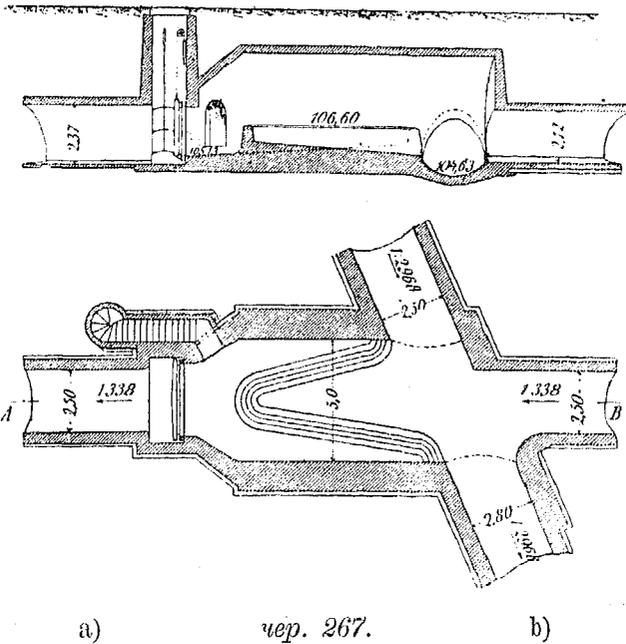


чер. 264.



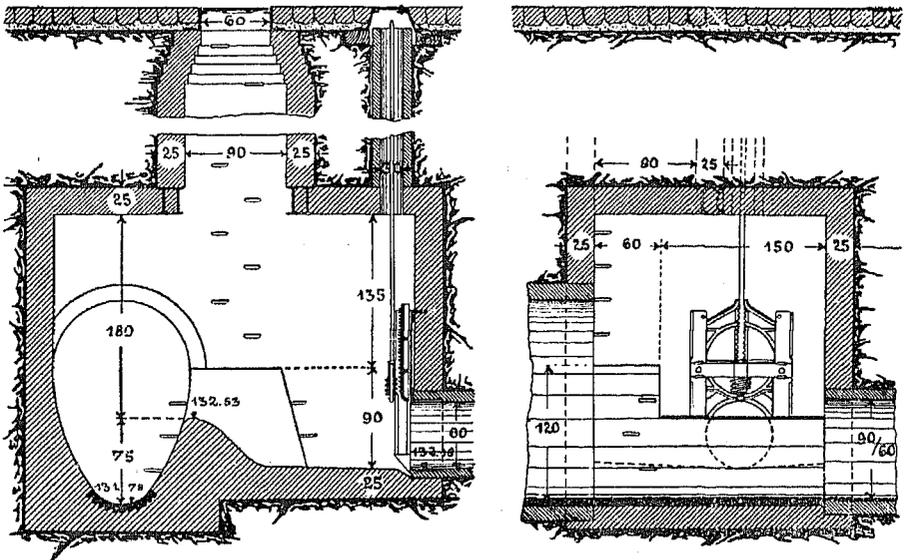
лярно къ оси коллектора. Во второмъ (черт. 264) ось ливнеспуска составляетъ уголъ съ осью коллектора; здѣсь вслѣдствіе большой ширины водослива онъ раздѣленъ на части, перекрытыя сводами. Третій типъ, представляющій собой вариантъ двухъ первыхъ, имѣетъ *водосливъ, очерченный по кривой* (черт. 265), что при большой расчетной длинѣ его можетъ дать нѣкоторую экономію; кромѣ того образуемая стѣнкой водослива камера можетъ служить для удержанія тяжелыхъ веществъ и улучшать качество воды, изливающейся изъ ливнеспуска. *Первый типъ* можетъ быть примѣненъ, если *разность горизонтовъ воды въ ливнеотводномъ каналѣ и въ водномъ потокѣ значительна*; *второй же типъ* примѣняется тогда, когда намъ

приходится для болѣе высокаго расположенія устья ливнеотводнаго канала надъ горизонтомъ воды въ рѣкѣ развить нѣсколько уклонъ. Третій типъ желателенъ примѣнять въ тѣхъ же случаяхъ, что и въ чер. 266.



a) чер. 267.

b)



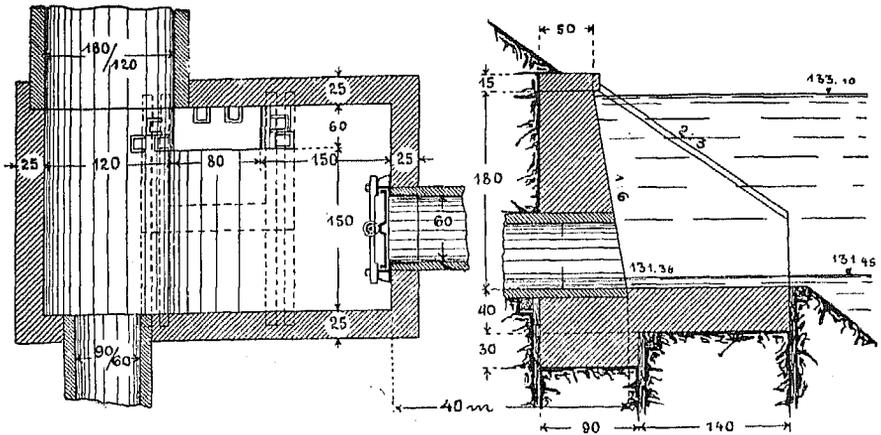
вомъ, но представляется возможнымъ его примѣнять и для небольшой разницы горизонтовъ. Стыченіе ливнеотводныхъ каналовъ дѣлается или круглымъ или чаще лотковымъ, такъ какъ здѣсь вслѣдствіе большого

уклона приходится заботиться о сокращении высоты профиля свечений. Для доступа к ливнепуску устраивается смотровой колодець.

с)

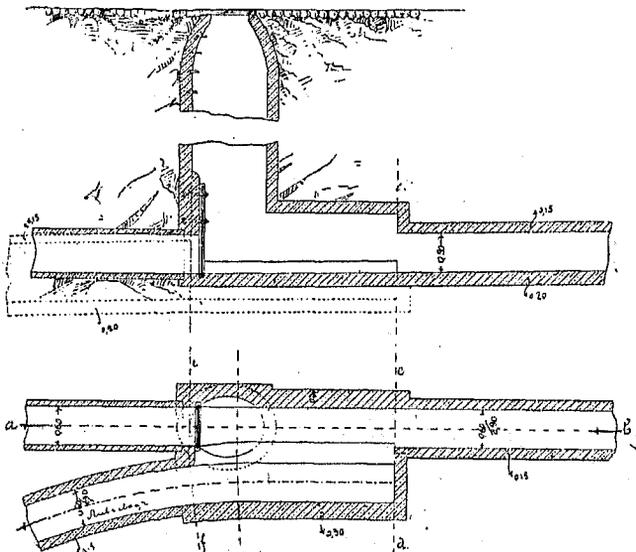
чер. 267.

d)



На чертежах 267 а—d показанъ простѣйшій типъ устройства кирпичнаго ливнепуска, направленнаго перпендикулярно по отношению къ оvoidальному каналу (свечениемъ 180×120 сант.) и дѣйствующаго при 4-хъ-кратномъ коэффициентѣ разжиженія. Ливнеотводный каналъ снабженъ затворомъ, такъ какъ горизонтъ высокихъ водъ (черт. 267а) 133,10, а порогъ ливнепуска имѣетъ отмѣтку 132,53; при меженномъ уровнѣ 131,45 истечение изъ ливнепуска обезпечивается.

чер. 268.



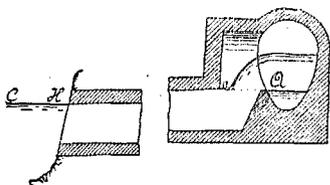
На черт. 268 показана конструкция Цюрихскаго ливнепуска изъ бетона, но уже съ боковымъ отвлѣтленіемъ ливнеотводнаго канала.

§ 3. **Разсчетъ ливнепусковъ.** При разчетѣ ливнепусковъ намъ необходимо опредѣлить *стѣчение и глубину слоя воды въ коллекторъ, подводящемъ воду къ ливнепуску, стѣчение и глубину слоя воды въ коллекторъ (послѣ опорожненія значительной части его расхода въ ливнепускъ при известномъ коэффициентѣ разжиженія), ширину и высоту порога ливнепуска и стѣчение ливнеотвода.*

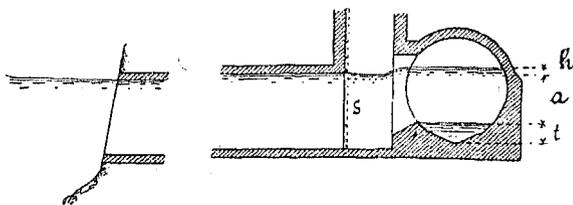
Для опредѣленія *стѣченія и глубины заполнения воды въ коллекторъ* выше и ниже ливнепуска мы пользуемся обычными методами разчета, изложенными въ главѣ IX, такъ какъ въ этомъ случаѣ намъ известны протекающіе по коллектору расходы и уклоны.

Что же касается *ширины ливнепуска*, то она обыкновенно опредѣляется по даваемой Гидравликой формулѣ расхода *чрезъ совершенный водосливъ*, если истеченіе свободно совершается въ водный потокъ (черт. 269)

чер. 269.



чер. 270.



и *чрезъ несовершенный водосливъ*, если горизонтъ воды въ потокѣ выше порога водослива, но ниже горизонта воды въ коллекторѣ (черт. 270).

Такимъ образомъ для перваго случая *ширина водослива b* опредѣлится изъ формулы:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} (h + k)^{3/2} \dots (161), \text{ гдѣ } Q \text{ — расходъ воды чрезъ}$$

водосливъ,  $\mu$  — коэффициентъ сжатія,  $g = 9,81$ ,  $h$  высота слоя сливающейся чрезъ ливнепускъ воды и  $k$  — высота скорости воды, притекающей по перпендикулярному направленію къ ливнепуску. Пренебрегая  $k$  вслѣдствіе незначительной его величины и принимая, что наибольшее значеніе для  $\frac{2}{3} \mu$  будетъ равно 0,5, получимъ  $Q = 0,5 bh \sqrt{2gh} \dots (162)$

Въ случаѣ же примѣненія *несовершеннаго водослива* слѣдуетъ для *опредѣленія b* пользоваться формулой (черт. 270):

$$Q = b \sqrt{2gh} \left( \frac{2}{3} \mu_1 h + \mu_2 a \right) \dots (163) \text{ гдѣ } a \text{ — высота слоя воды}$$

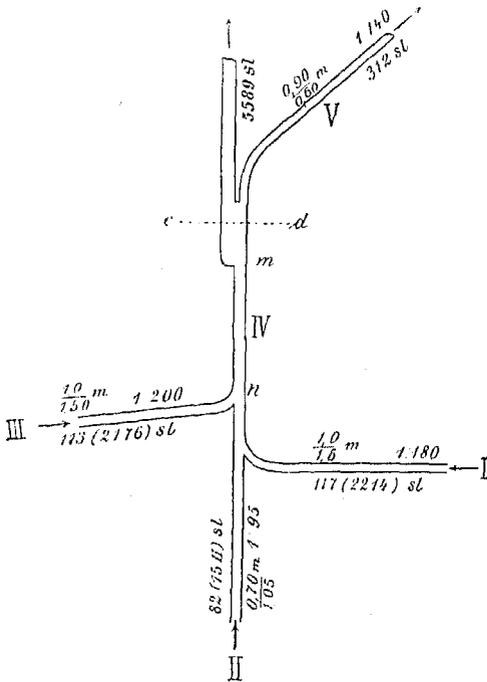
между порогомъ водослива и уровнемъ воды въ ливнеотводѣ,  $\mu_1 = 0,8$  и  $\mu_2 = 0,6$  т. е.

$Q = b (0,53 h + 0,6 a) \sqrt{2gh} \dots (164)$  *Высота порога ливнепуска* зависитъ отъ принятаго въ данномъ случаѣ коэффициентъ разжиженія и опредѣляется какъ разность между высотой слоя воды въ подводящемъ каналѣ и высотой переливающегося слоя воды  $h$ .

Съсечение ливнеотводнаго канала опредѣляется обычнымъ путемъ по даннымъ  $I$  и  $Q$ , зависящему отъ разности уровней порога водослива и наивысшаго горизонта воды въ протокѣ. Для лучшаго уясненія расчета ливнеспуска приведемъ примѣръ для совершеннаго и несовершеннаго водослива.

Численный примѣръ 1. Требуется опредѣлить для коллектора IV размеры ливнеспуска послѣ соединенія трехъ коллекторовъ I, II и III при коэффициентъ разжиженія  $n = 5$  (черт. 270)?

чер. 270.



Расходы и уклоны для коллекторовъ I—III написаны на чертежѣ, при чемъ цифры 117, 82 и 113 литровъ въ секунду выражаютъ собой расходы домовыхъ водъ въ сухую погоду, помноженные на коэф. разжиженія 5; цифры въ скобкахъ обозначаютъ собой расходы воды во время ливней. Слѣдовательно, каналъ V при началѣ дѣйствія ливнеспуска долженъ проводить въ секунду  $117 + 82 + 113 = 312$  литровъ (изъ коихъ 52 литра домовыхъ водъ и 260 литровъ дождевыхъ водъ). Задаваясь для него уклономъ въ 1 : 140, опредѣлимъ его сѣченіе, пользуясь для этого таблицами проф. Frühling'a, приведенными нами въ главѣ IX.

Этотъ каналъ при  $I=1 : 100$  могъ бы провести  $312 \sqrt{\frac{140}{100}} = 369$  лит. въ сек.; пользуясь таблицами для овоидальныхъ сѣченій, мы видимъ, что искомое сѣченіе лежитъ между сѣченіями съ высотой 0,60 и 0,75 мет. Но для уничтоженія работы канала

V подъ давленіемъ, мы для него выбираемъ высоту въ 0,90 мет., благодаря чему мы избежимъ увеличенія его сѣченія изъ-за впаденія въ него новыхъ каналовъ ниже ливнеспуска. Каналъ, высотой 0,9 мет., по тѣмъ же таблицамъ будетъ имѣть высоту заполнения 0,45; на уровнѣ поверхности воды въ каналѣ V долженъ лежать порогъ водослива, т. е. возвышаться на 0,45 мет. надъ подошвой камеры ливнеспуска, которая закругляется для предотвращения отложений (черт. 271). Такимъ образомъ для уничтоженія подпора въ каналѣ V слой воды, переливающейся черезъ водосливъ будетъ равенъ  $0,9 - 0,45 = 0,45$  мет. Отсюда  $b = \frac{Q}{0,5 \cdot 0,45 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,45}}$ ;

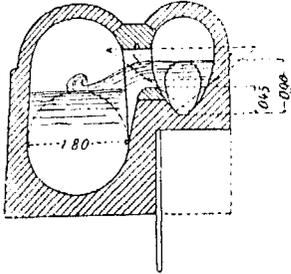
$Q = 2214 + 1511 + 2176 + 312 = 5589$  лит.-сек.; здѣсь 312 литровъ прибавлено къ  $Q$  для болѣе безопасности вслѣдствіе недостаточной точности расчета;  $Q = 5,59 \frac{\text{кг. мет.}}{\text{сек.}}$

Тогда  $b = 8,36$  мет. Если бы мы уменьшили длину  $b$ , то получился бы подпоръ, и каналъ V проводилъ бы большее количество воды. Для опредѣленія сѣченія ливнеотвода намъ необходимо знать уклонъ поверхности воды. Примемъ его въ

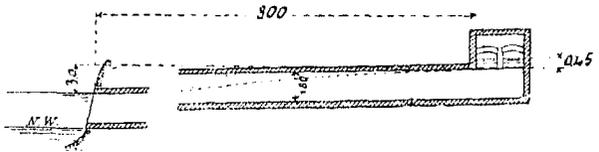
$$\frac{3}{800} = \frac{1}{267} \text{ (черт. 272).}$$

5,50  $\sqrt{\frac{267}{100}} = 9,13$ . По таблицам Фрюлинга для круглаго сѣченія некоторый діаметръ лежитъ между 1,5 и 2 мет. и получается приблизительно въ среднемъ равнымъ равнымъ 1,67 мет., такъ какъ

чер. 271.



чер. 272.



1,5  $\sqrt{\frac{9,13^2}{6,885^2}} = 1,68$  мет. и 2  $\sqrt{\frac{9,13^2}{14,861^2}} = 1,65$  мет. Уклонъ подошвы ливнеотвода въ этомъ случаѣ параллеленъ уклону поверхности т. е. равенъ  $\frac{1}{27}$ .

Теперь намъ остается опредѣлить глубины заполнения въ коллекторахъ I, II и III при пропускѣ расходовъ при пятикратномъ разжиженіи; по таблицамъ для ошодальныхъ сѣченій онѣ будутъ для I—23 см., II—23 см. и III—18 см. Такъ какъ глубина камеры, на которой устроенъ ливнеспускъ будетъ 0,45 мет., то во избѣжаніе оложенія въ ней осадковъ необходимо подошвы коллекторовъ расположить выше дна камеры для I на  $45-23 = 22$ , для II—22 и III—45—18 = 27, а части канала *тн* придать наденіе въ 27 сант. для плавнаго перехода отъ коллектора III къ камерѣ. При такомъ устройствѣ при всякихъ расходахъ будетъ обезпечено непрерывное движеніе сточныхъ водъ.

**Численный примѣръ 2.** Имѣется главный коллекторъ круглаго сѣченія, діамет. 2 мет., уложенный съ уклономъ въ 1:1600 и проводящій до ливнеспуска расходъ въ 3160 лит. въ секунду. Требуется опредѣлить размѣры ливнеспуска при условіи, что въ коллекторѣ послѣ опороженія останется расходъ въ 160 лит. въ сек., разность горизонтовъ воды въ коллекторѣ и протокѣ будетъ 0,30 мет. и расстояние до протока равно 30 мет.? Пользуясь таблицами Fröhling'a для круглыхъ сѣченій находимъ, что глубины заполнения воды въ коллекторѣ: за ливнеспускомъ для

160  $\sqrt{\frac{1600}{100}} = 640$  лит. въ секунду  $t$  будетъ равно 0,15  $d = 0,15 \times 2 = 0,30$  мет., а до

ливнеспуска для 3160  $\sqrt{\frac{1600}{100}} = 12640$  лит./сек. около 0,7  $d = 1,40$  мет. Такимъ образомъ (черт. 269)  $a + h = 1,40 - 0,3 = 1,10$  мет. Если принять для  $h$  половину имѣющагося въ нашемъ распоряженіи наденія т. е. принять  $h = 0,15$ , то  $a = 0,95$  мет. Зная эти величины, опредѣлимъ  $b$  изъ выраженія  $3,0 = b \cdot 4,43 \sqrt{0,15} \left( \frac{2}{3} \cdot 0,8 \cdot 0,15 + 0,6 \cdot 0,95 \right)$ , откуда  $b = 2,7$  мет.

Уклонъ для ливнеотвода будетъ равенъ  $\frac{0,30-0,15}{60} = \frac{1}{400}$ ; подбираемъ діаметръ его по таблицамъ для круглыхъ сѣченій и получаемъ его въ 1,50 мет., такъ какъ

6885  $\sqrt{\frac{100}{400}} = 3442$  лит. въ секунду.

§ 4. Гигиеническая оцѣнка работы ливнеспусковъ. Съ гигиенической точки зрѣнія ливнеспуски представляютъ собой слабое мѣсто общесплавной системы, такъ какъ при ихъ дѣйствіи въ водные протоки попадаютъ не только загрязненныя уличной грязью дождевыя воды, но и воды съ примѣсью частицъ экскрементовъ и грязи, осѣвшихъ на стѣнкахъ коллекторовъ и смываемыхъ во время ливня. вмѣстѣ съ дождевыми водами и экскрементами легко могутъ попадать въ водные протоки и болѣзнетворныя бактеріи, что, конечно, является вреднымъ для здоровья судовыхъ командъ и прибрежныхъ жителей.

Разумѣется, при незначительномъ количествѣ дней работы ливнеспусковъ въ году не происходитъ большого загрязненія протоковъ, если послѣдніе обладаютъ достаточнымъ расходомъ и скоростью. Но эти послѣдствія примѣненія ливнеспусковъ необходимо имѣть ввиду при назначеніи положенія ихъ на водныхъ протокахъ и при выборѣ коэффициента разжиженія.

Въ этомъ отношеніи поучительный примѣръ представляетъ г. Берлинъ, городъ съ двухмилліоннымъ населеніемъ, стоящій на р. Шпрее, рѣки съ незначительнымъ расходомъ (40 куб. мет. при межени) и небольшой скоростью (0,1—0,15 мет.); ливнеспуски Берлинской сѣтп настолько загрязняютъ Шпрее, что ежегодно приходится удалять изъ нея до 14800 куб. мет. грязи.

---

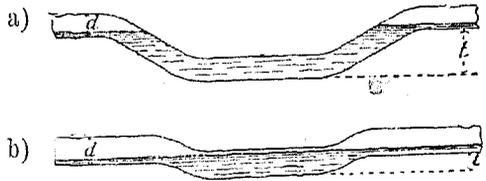
## Г Л А В А XV.

§ 1. **Назначение дюкеров.** Если коллекторъ встрѣчаетъ на пути своемъ водный протокъ или оврагъ или другой коллекторъ, то эта часть коллектора устраивается въ видѣ *дюкера* или *сифона*.

*Дюкера* представляютъ собой изогнутую въ видѣ буквы *U* часть коллектора, горизонтальная часть которой лежитъ на днѣ воднаго протока или ниже дна. При устройствѣ *дюкера* могутъ быть 2 случая: *полнаго* и *неполнаго* заполнения *дюкерныхъ* трубъ. *Первый* случай (черт. 274а) встрѣчается при пересѣченіяхъ съ рѣками и оврагами, а *второй* (черт. 274б) при пересѣченіи съ другими коллекторами, лежащими съ ними въ одной плоскости.

*Дюкера* представляютъ собой въ большинствѣ конструкцій *недоступныя для осмотра части стѣны*. Поэтому при ихъ устройствѣ примѣняется рядъ мѣръ, имѣющихъ цѣлью обезпечить постоянное движеніе сточныхъ водъ безъ закупорки сѣченія *дюкерныхъ* трубъ. Для этой цѣли прежде всего предъ началомъ *дюкера* устраиваются *осадочныя колодцы (грязеловки)*, снабжаемые рѣшетками для выдѣленія плавающихъ веществъ. Далѣе устраиваютъ при *дюкерахъ* *приспособленія для ихъ промывки* рѣчной или водопроводной или сточной водой и наконецъ при расчетѣ придаютъ *дюкернымъ* трубамъ по возможности *меньшія сѣченія для обезпеченія достаточной скорости*; при устройствѣ *дюкеровъ* для общесплавной системы снабжаютъ ихъ для полученія болѣе постоянного расхода *ливнепускками*, устраиваемыми передъ ихъ входными частями. Въ нѣкоторыхъ *дюкерныхъ* устройствахъ для удобства ихъ промывки или прочистки устраиваются *осадочныя колодцы* и съ другой стороны у концовъ *дюкеровъ*. Кромѣ того *дюкерныя* камеры снабжаются *смотровыми колодцами съ боковымъ входомъ*. Иногда приспособленія для спуска дѣлаются въ самихъ камерахъ. Рекомендуемая нами пріемы для обезпеченія промывки или прочистки *дюкеровъ* отпадаютъ, если *дюкера* укладываются въ *туннеляхъ*.

чер. 274.



Всякій дюкеръ при сплошномъ заполненіи подвергается *внутреннему давленію*, которое нѣсколько уменьшается *внѣшнимъ давленіемъ воды и грунта*. Это обстоятельство въ связи съ трудностью укладки дюкерныхъ трубъ заставляеть употреблять для нихъ преимущественно металлическія трубы.

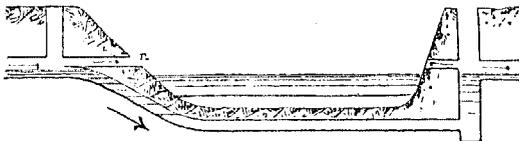
§ 2. Конструкція дюкеровъ. Дюкера дѣлаются изъ трубъ: чугунныхъ, клепаныхъ, желѣзныхъ, стальныхъ, желѣзо и сталебетонныхъ—круглаго сѣченія.

Конструкція дюкеровъ весьма разнообразна и зависитъ главнымъ образомъ отъ того, приходится ли пересѣкать рѣки или овраги. Конструкція же *рѣчныхъ дюкеровъ* зависитъ въ свою очередь отъ свойства самой *рѣки*: ея ширины, глубины, скорости теченія, рода грунта береговъ и дна, колебаній горизонтовъ и т. п., а также и отъ *значенія рѣки*, какъ *воднаго пути сообщенія*. Если *рѣкой* пользуются для *правильнаго судоходства*, то это сильно вліяеть на конструкцію дюкера и въ особенности, какъ мы увидимъ ниже, на *способъ производства работъ*.

По своему устройству дюкера могутъ быть раздѣлены на нѣсколько типовъ, а именно:

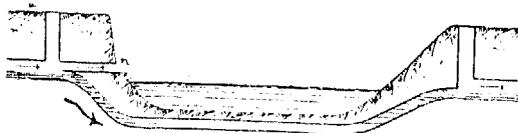
а) *горизонтальный дюкеръ съ пологими подъемами въ обоихъ концахъ* (черт. 276).

чер. 275.



б) *дюкера съ уклономъ, идущимъ по направленію теченія, и съ вертикальнымъ осадочнымъ колодеземъ въ концѣ его* (черт. 276).

чер. 276.

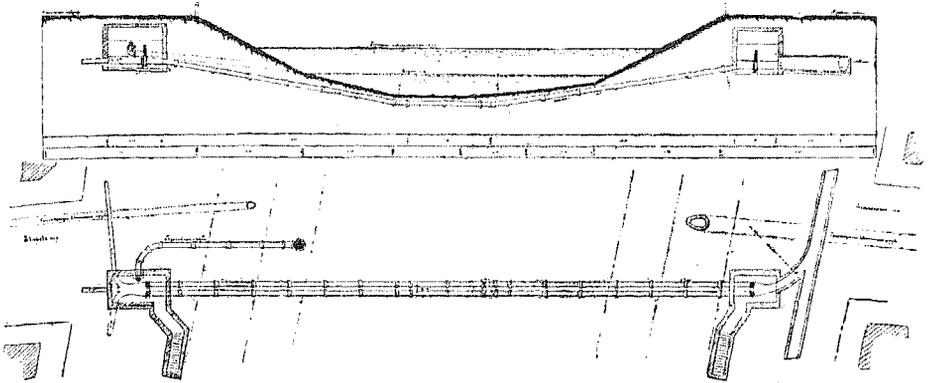


*Примѣръ дюкера типа а)* представляетъ собой устроенный въ *Москвѣ* дюкеръ, длиной 24,5 саж., изъ двухъ чугунныхъ трубъ, діам. 14", подъ водоотводнымъ каналомъ противъ Знаменскаго переулка <sup>1)</sup> (черт. 277); во входную камеру дюкера входитъ промывная труба изъ канала, запираемая задвижкой. Каждая дюкерная труба снабжена задвижками по обѣимъ

<sup>1)</sup> Журналы Высочайше утвержденной комисси по надзору за устройствомъ новаго водопровода и канализаціи г. Москвы, 1897 годъ.

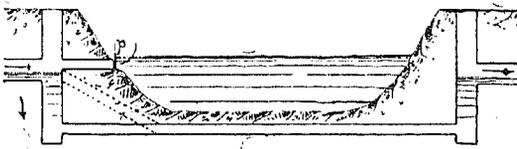
ея концамъ для ея выдѣленія на случай ремонта. Камеры и боковые смотровые колодцы сдѣланы изъ кирпича.

чер. 277.



Этотъ типъ нельзя рекомендовать, такъ какъ при немъ дюжеръ плохо обезпеченъ отъ засоренія вследствие отсутствія осадочныхъ колодцевъ (грязеловокъ). Онъ является пригоднымъ только тогда, когда онъ входитъ въ часть главнаго отводнаго напорнаго коллектора, отводящаго сточныя воды за предѣлы города къ очистнымъ сооружениямъ послѣ нѣкоторой механической очистки сточныхъ водъ въ песколовкахъ насосныхъ станцій. Вообще этотъ типъ слѣдуетъ считать употребительнымъ для проведения болѣе чистой воды, что имѣетъ мѣсто въ водопроводахъ.

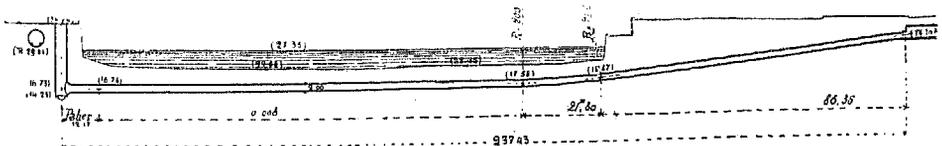
чер. 278.



Третій типъ с) — дюжеръ съ двумя осадочными колодцами по обоимъ концамъ и горизонтальной или слегка наклоненной по направлению теченія дюжерной трубы (черт. 278.).

Дюжеръ de la Concorde (типъ b) въ Парижѣ сдѣланъ изъ чугунныхъ трубъ, діам. 1.80, и уложенъ подъ дномъ Сены въ туннель при помощи подвижнаго щита (bouclier, см. главу XI) (черт. 279).

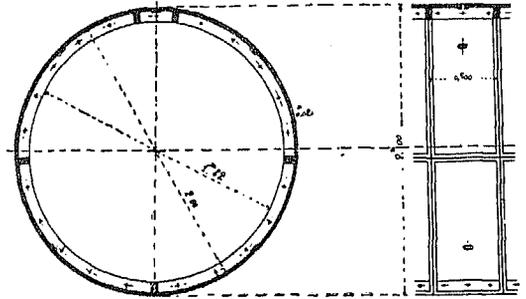
чер. 279.



Галлерей для сифона сдѣлана изъ чугунныхъ колець, длинной 0,50 мет. соединяющихся ребордами (толщ. 0,023 мет.).

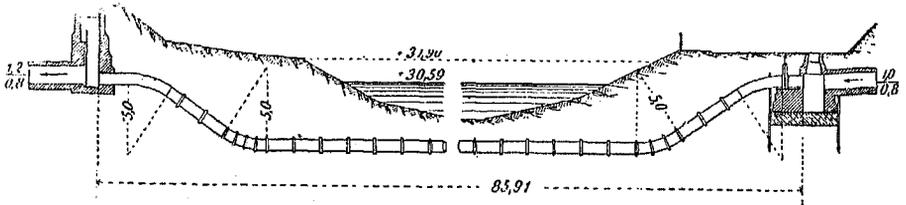
Каждое кольцо (черт. 280) состоитъ изъ 5 сегментовъ, толщ. 2 сант., изъ кото-  
рыхъ четыре имѣютъ одинако-  
вую длину, а пятый сегментъ со-  
бой замыкаетъ трубу; для плот-  
ности стыка между флянцами сег-  
ментовъ зажаты сосновые план-  
ки. Всѣ образуемыя ребрами  
кольцевыя пространства заполне-  
ны цементнымъ растворомъ, бла-  
годаря чему образуется гладкая  
внутренняя поверхность. Кольце-  
вое пространство между подвиж-  
нымъ щитомъ (bouclier) и гал-  
лереей также заполняется цемен-  
тнымъ растворомъ, что дѣлаетъ  
галерею совершенно непроницаемой. Входной колодезь также дѣлается изъ чугу-  
ныхъ колецъ, діам. 3,28 мет. и высотой 1 метръ.

чер. 280.

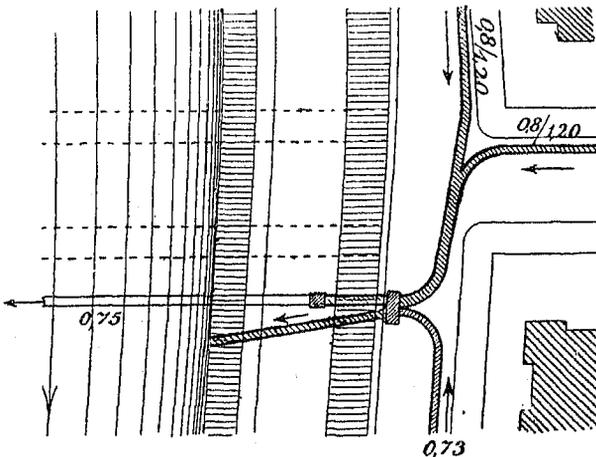


Дюкеръ съ осадочными колодцами показанъ на чертежѣ 281 а-б. Онъ  
представляетъ собой дюкеръ изъ чугунныхъ трубъ, пересекающій р. Шпрее  
въ г. Берлинѣ и устроенный послѣ соединенія трехъ коллекторовъ.

чер. 281. а)



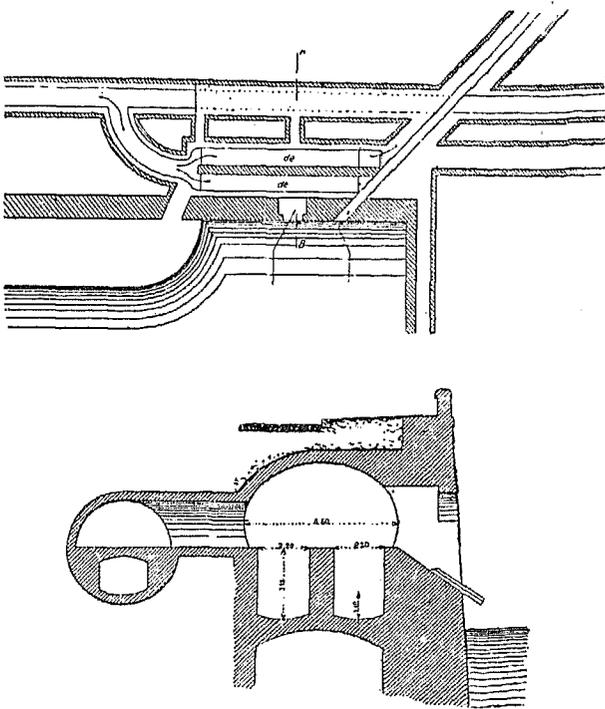
б)



Здѣсь *ливнепускъ* устроенъ отдѣльно отъ дюкера въ соединительной камерѣ для коллекторовъ, откуда уже выходитъ каналъ высотой 1 метръ, соединяющійся со входной дюкерной камерой (*грязеловкой*). У выходного конца также устро-

енъ осадочный колодец съ небольшимъ углубленіемъ. Здѣсь примѣнены три затвора, одинъ въ ливнепускѣ и два въ осадочныхъ колодцахъ. Запрѣя первый, мы можемъ не использовать притокъ ливневой воды для промывки дюкера; остальные два затвора служатъ для выдѣленія дюкера изъ канализаціонной сѣти на случай необходимаго ремонта, при чемъ въ это время сточныя воды должны спускаться чрезъ ливнепускъ.

чер. 282.



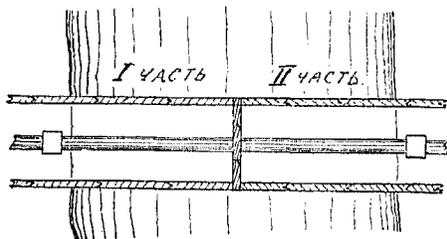
Въ нѣкоторыхъ городахъ осадочные колодцы устраиваются отдѣльно отъ дюкеровъ въ самой канализаціонной сѣти. Примѣръ такого устройства имѣется въ канализаціи г. Парижа (черт. 282), гдѣ на коллекторѣ, проходящемъ по набережной р. Сены, устроенъ *осадочный бассейнъ изъ 2-хъ отдѣленій (песколовка)*; задержанные бассейнами песокъ и уличная грязь передаются чрезъ отверстіе по спуску на баржи, стоящія на р. Сенѣ, и отвозятся къ мѣстамъ назначенія.

§ 3. **Производство работъ по укладкѣ дюкеровъ.** При пересѣченіи коллекторами *небольшихъ рѣкъ* производство работъ по устройству дюкеровъ заключается въ примѣненіи *шпунтовыхъ* рядовъ или *перемычекъ* и послѣдующей *откачки* воды изъ огражденнаго такимъ образомъ пространства; для пропуска воды приходится раздѣлить укладку дюкерныхъ трубъ на двѣ части и сначала дѣлать первую половину, по окончаніи которой и уборкѣ шпунтовыхъ загражденій приступать къ устройству второй (черт. 283). Если же по мѣстнымъ условіямъ представляется вполне возможнымъ *отвести рѣчку или ручей въ сторону при помощи вре-*

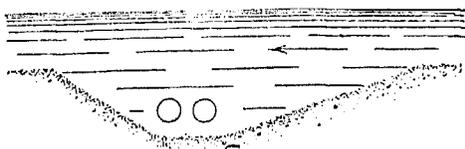
меньшихъ деревянныхъ лотковъ или устройствомъ временнаго рукава, то работы по прокладкѣ сифона будутъ вестись безъ шпунтовыхъ огражденій. Въ обоихъ случаяхъ для дюкеровъ примѣняютъ обыкновенно чугунныя трубы.

При устройствѣ дюкеровъ на большихъ и судоходныхъ рѣкахъ пріемы по производству работъ значительно усложняются, такъ какъ перегораживаніе части рѣки на сравнительно большой промежутокъ времени сильно стѣсняетъ судоходство, да и направленіе теченія въ сѣченіи, уменьшенное на половину, вызываетъ подпоръ въ верхнихъ частяхъ рѣки, затопленіе части береговъ и усиленіе скорости въ отверстіи

чер. 283.



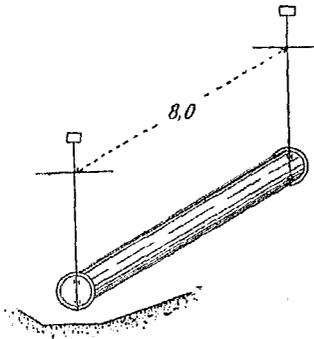
чер. 284.



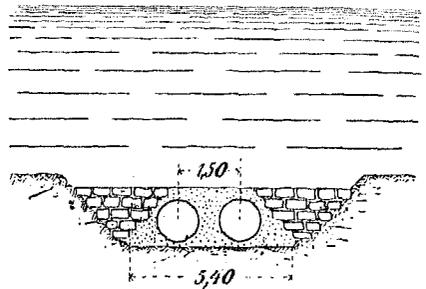
для пропуска воды, что въ свою очередь можетъ вызвать размывъ дна на большую глубину. Поэтому при устройствѣ подобныхъ дюкеровъ примѣняется иной методъ, не требующій сплошнаго загражденія рѣки. Прежде всего посредствомъ землечерпательной машины устраиваютъ поперечный желобъ въ днѣ, чтобы дюкерныя трубы лежали ниже дна и не могли бы повреждаться якорями судовъ (черт. 284).

Параллельно съ этимъ на берегу производится сборка дюкерныхъ трубъ, концы которыхъ плотно закрываются, чтобы трубы могли при спускѣ въ воду держаться на плаву; во время сборки устраиваются въ рѣкахъ съ сильнымъ теченіемъ неподвижныя подмости, состоящія обыкновенно изъ ряда свай, связанныхъ прогонами и схватками, а въ рѣкахъ со слабымъ теченіемъ плавучія подмости. Послѣ испытанія трубъ гидравлическимъ прессомъ, онѣ спускаются на воду и подводятся къ подмостямъ; тамъ онѣ устанавливаются точно по оси приготовленнаго рва и нагружаются грузомъ (рельсами) для погруженія ихъ въ воду. Опусканіе переводовъ съ подмостей производится съ помощью дифференціальныхъ блоковъ и домкратовъ весьма осторожно, чтобы не было поврежденія трубъ при спускѣ, для чего прикрѣпляютъ къ трубамъ рейки съ дѣлениями и визирками, по положенію которыхъ можно судить о равномерности опусканія (черт. 285). Послѣ опусканія положеніе дюкерныхъ трубъ еще разъ проверяется по рейкамъ и при помощи водолазовъ. Послѣ проверки водолазы убираютъ заглушки дюкерныхъ трубъ и соединяютъ ихъ съ береговыми

частями, устраиваемыми обыкновенно въ перемычкахъ, и, пустивъ воду въ трубы, убираютъ нагрузку и засыпаютъ дюкерные рвы. Въ некоторыхъ чер. 285.

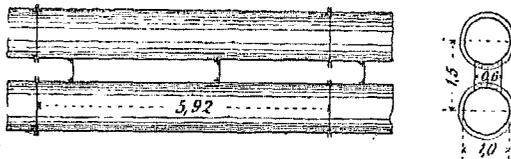


чер. 286.

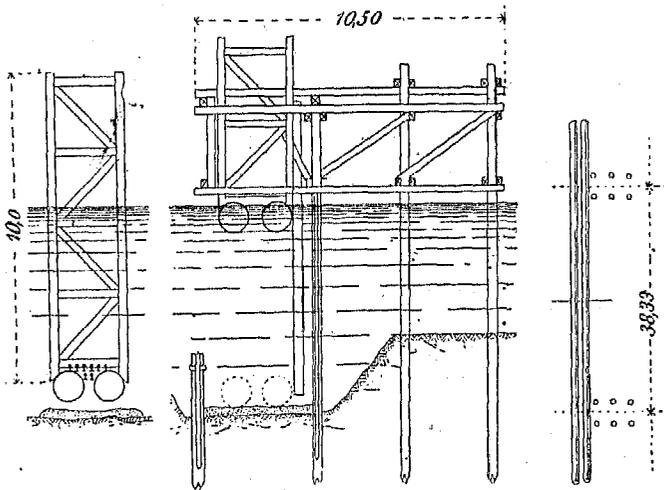


дюкерахъ применяютъ задѣлку дюкерныхъ трубъ въ бетонный массивъ (черт. 286), при чемъ подготовка бетона подъ трубы производится при помощи водолазовъ.

чер. 287.



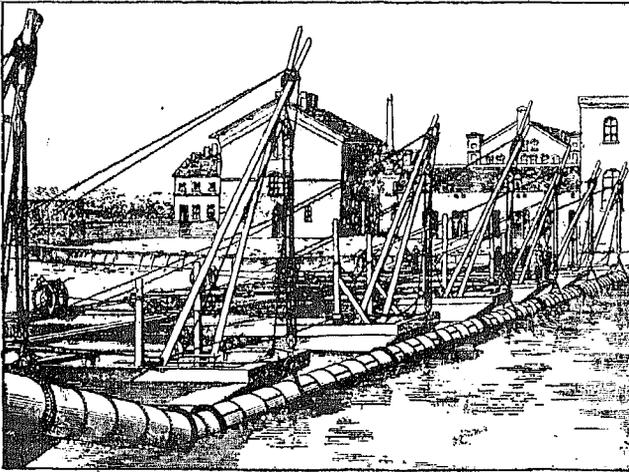
Такъ какъ дюкера состоятъ обыкновенно изъ двухъ трубъ, то очень трудно положить ихъ параллельно; для облегченія этого трубы связываются поперечными распорками, что даетъ возможность опускать обѣ трубы заразъ чер. 288.



(черт. 287). Для дюкеровъ, собираемыхъ на берегу и опускаемыхъ съ подмостей, употребляютъ клепаные желѣзные или стальные трубы.

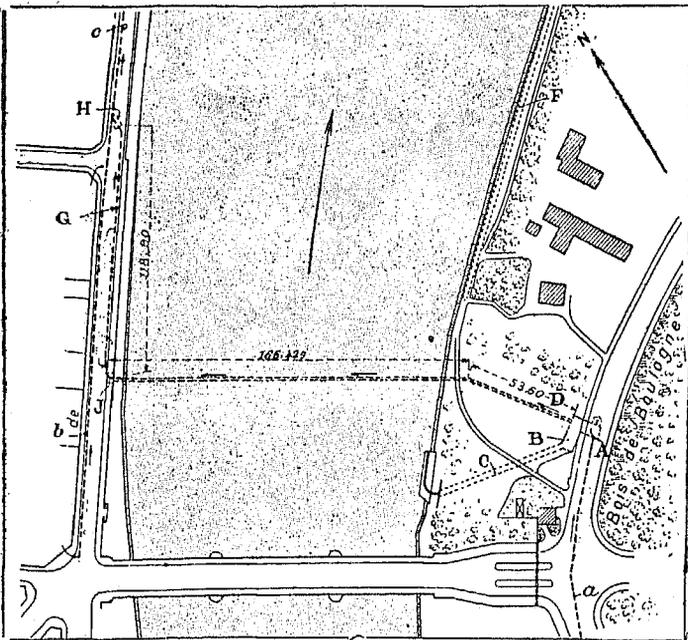
Чертежъ 288 показываетъ спусканіе парныхъ трубъ нагруженныхъ рельсами съ постоянныхъ подмостей; чертежъ 289 иллюстрируетъ опусканіе желѣзной клепаной трубы въ г. Данцигѣ съ плавучихъ подмостей.

чер. 289.



Для лучшей иллюстраціи приемовъ <sup>1)</sup> по опусканію дюкерныхъ трубъ опишемъ работы по устройству дюкера изъ стальныхъ трубъ въ м. Suresnes около Парижа <sup>2)</sup>.

чер. 290.

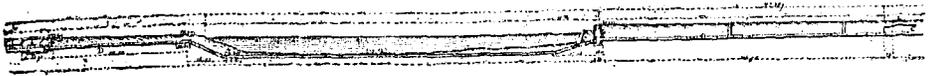


<sup>1)</sup> Сравни. производство работъ по устройству дюкеровъ въ Москвѣ, Труды V Водопроводнаго Съѣзда, докладъ В. К. Шпейера.

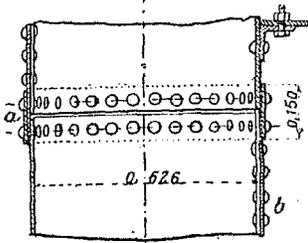
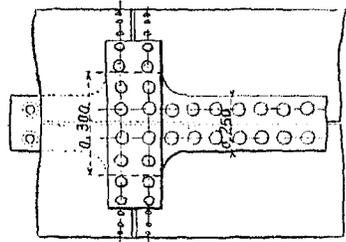
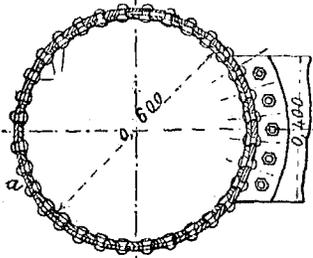
<sup>2)</sup> Genie Civil, 1907, Siphon pour eaux d'égouts à Suresnes.

Сюренский сифон (чер. 290 и 291) состоит из следующих частей: входной камеры *A*, двух чугунных труб *D*, діам. 600 мм., переходящих в предѣлахъ пересѣченія р. Сены въ 2 стальныхъ трубы того же діаметра, колодца *J*, трубы

чер. 291.



чер. 292.

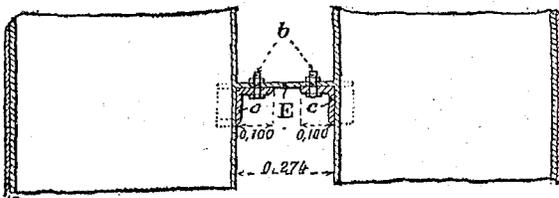
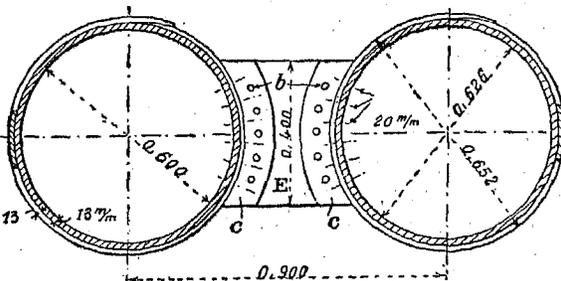


*G*, діам. 900 мм., вливающейся въ точку *H* въ коллекторъ, боковой трубы *C* и камеры *B* для осадковъ, изъ которой послѣдніе могутъ быть вывезены на рѣчную эстакаду.

Общая длина сифона — 340 мет., длина, части, пересѣкающей рѣку, — 130 мет.; разность отмѣтокъ между подошвами коллекторовъ праваго и лѣваго берега 0,95 мет.

Для устройства сифона стальные трубы были собраны на берегу, затѣмъ

чер. 293.

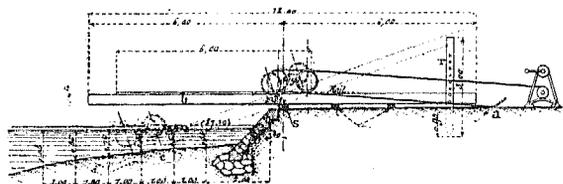


были спущены на рѣку, подведены къ мѣсту загрузки и опущены съ подмостей подъ дѣйствіемъ нагрузки въ приготовленное ложе.

Трубы для погруженной части были сдѣланы изъ стальныхъ листовъ, толщиной 0,013 мет. (черт. 292), соединяемыхъ посредствомъ накладокъ; заклепки этого соединения были сдѣланы съ очень плоскими головками, чтобы не было образованія осадковъ въ дюкерныхъ трубахъ.

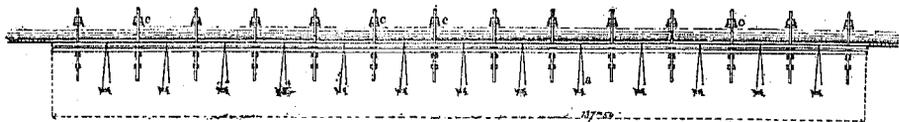
Стальные трубы имѣли длину 10 мет. и состояли изъ 3 колець, длиной 3,33 мет. каждое; накладки для трубъ были устроены въ двухъ направленіяхъ (черт. 292): поперечныя *a* и продольныя *b*, при чемъ стыки располагались въ разныхъ плоскостяхъ. Для укладки трубъ параллельно другъ другу онѣ были связаны между собой жесткими распорками изъ листа и уголковъ, прикрѣпленныхъ къ трубамъ (черт. 293). Трубы были обмазаны сурникомъ и асфальтированы два раза (на заводѣ и на мѣстѣ производства работъ). По окончаніи сборки трубы были закрыты листами и испытаны давленіемъ на 9 атмосферъ.

чер. 294.



Подъ собранныя на берегу дюкерныя трубы были подведены поперечныя брусья *b*, длиной 12 мет. (сѣч. 30×25 см.), въ количествѣ 14 штукъ (черт. 294 и 295),

чер. 295.

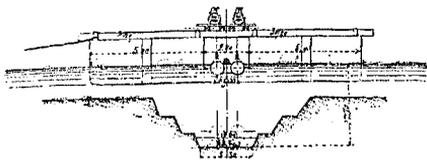


которыя были предназначены для спуска по нимъ дюкерныхъ трубъ; для вращенія брусевъ *b* вокругъ оси, проходящей чрезъ ихъ средину, подъ нихъ уложены дубовыя бруски *s* (длиной 1 мет.), конецъ которыхъ былъ нѣсколько скошенъ для образованія твердой постели для брусевъ *b* послѣ ихъ поворота. Для того, чтобы не было скольженія брусевъ *b* послѣ того, какъ онѣ примутъ наклонное положеніе, въ ложѣ рѣки во время гориз. с. п. вода были устроены столбики *e* изъ каменной наброски, покрытой слоемъ бетона, въ которыхъ сдѣланы углубленія для помѣщенія столбиковъ *e* въ наклонномъ положеніи; поверхность этихъ столбиковъ была выравнена подъ угломъ въ 18°. Трубы удерживались канатами, одинъ конецъ который былъ прикрѣпленъ къ лебедкамъ (въ колич. 13 шт.), а другой къ наклонному упору *a*; для лучшаго скольженія трубъ по брускамъ были уложены рельсы длиной 6 мет. (черт. 294). По данному сигналу брусья были опрокинуты. Сначала брусья повернули на 20 сантиметровъ при помощи домкратовъ, затѣмъ по реперамъ *F* провѣрили ихъ параллельное положеніе и наконецъ постепенными спусками установили ихъ въ углубленія упорныхъ подушекъ *e*. Послѣ ихъ установки постепенно при помощи крановъ спустили на воду дюкерныя трубы. На работахъ по спуску работало 72 человекъ; вся операція продолжалась около часу.

Одновременно съ работами по сборкѣ и спуску дюкерныхъ трубъ велись работы по устройству траншей для ихъ укладки. Эти работы отличались труд-

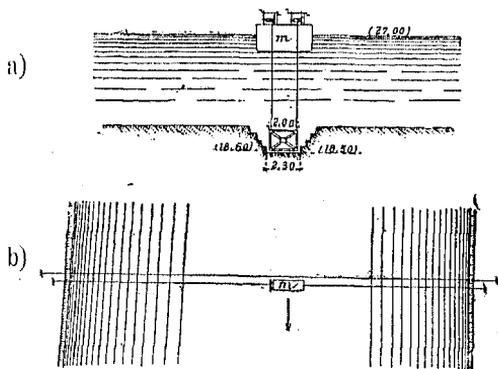
постелью, такъ какъ приходилось производить землечерпаніе для рва шириной 2,30 мет. и высотой отъ 1,25 до 5,60 метр. на глубинѣ 8,50 метр. до поверхности воды; на лѣвомъ берегу пришлось прибѣгнуть къ динамиту для взрыва плотныхъ мергелей и известняковъ (черт. 296).

чер. 296.



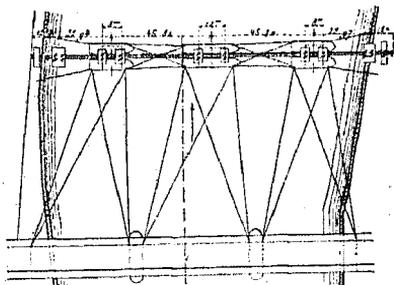
Движеніе шаланды направлялось

чер. 297.



Провѣрка размѣровъ трапезы производилась посредствомъ металлическаго габарита, состоявшаго изъ прямоугольной рамы (2 м.×1,5 м.) и прикрѣпленнаго къ шаландѣ двумя канатами, перекинутыми черезъ 2 лебедки (черт. 297а). посредствомъ каната, прикрѣпленнаго къ

чер. 298.

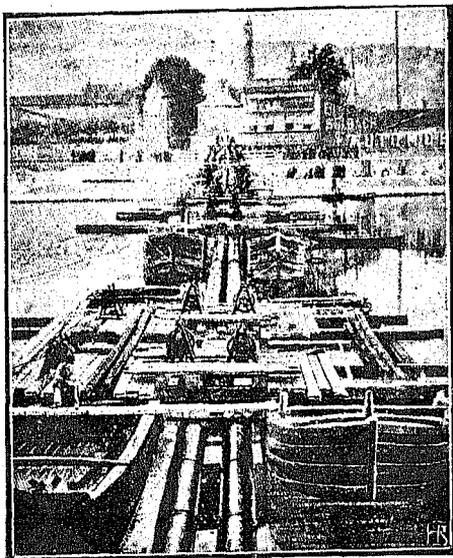


береговымъ лебедкамъ; этотъ канатъ долженъ былъ двигаться параллельно реперному желѣзному канату (черт. 297б).

Послѣ провѣрки размѣровъ рва для трубъ была произведена подготовка для нихъ бетонной постели, поверхность которой была выравнена деревянной трамбовкой; сама трамбовка направлялась вглубь водолазомъ, а тяжъ ея высовывался изъ воды. Затѣмъ спущенныя трубы были подведены къ мѣсту погруженія и помѣщены между 3 парами баржъ (черт. 298); эти баржи были между собой раскрѣплены рабочими платформами, на которыхъ были установлены по 4 лебедки.

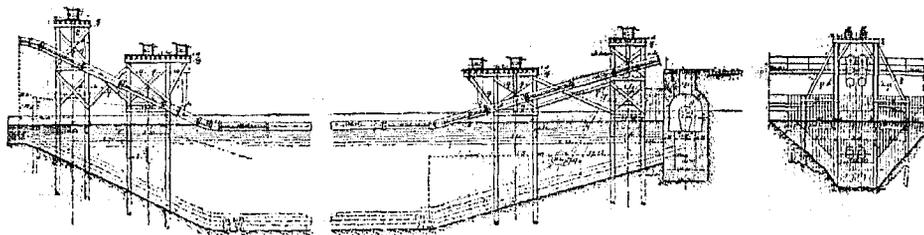
При установкѣ на мѣсто дюкерныхъ трубъ было выставлено требованіе, чтобы эти работы не задерживали навигаціи на продолжительное время. Это обстоятельство не могло не повліять на организацію производства работъ. Для этого сначала перевели съ праваго берега шаланды и дюкерныя трубы и установили ихъ надъ рвомъ (черт. 299), на что было затрачено около получаса.

чер. 299.



Затѣмъ баржи были раскрѣплены между собой, прикрѣплены къ берегамъ и опорамъ близъ лежащаго Сюренскаго моста (черт. 298). Далѣе наклонныя части дюкерныхъ трубъ, собранныя на береговыхъ подмостяхъ, были соединены съ прямыми частями трубъ (черт. 300). Плавающія трубы длиной 138 мет. вѣсили около 67000 килогр. и вмѣщали въ себѣ объемъ воды въ 865000 куб. м.; слѣдовательно нагрузка для ихъ погруженія должна была быть равна по крайней мѣрѣ  $86500 - 67000 = 19500$  килогр.; но для облегченія спуска приняли нагрузку въ 32600 килогр. Нагрузка изъ старыхъ рельсъ при погруженіи дѣржала около  $\frac{1}{3}$  вѣса т. е. около 4 тоннъ; такимъ образомъ для работъ 12 лебедокъ оставалось около 9 тоннъ. Рельсы были помѣщены на кривыхъ частяхъ, такъ какъ это было удобнѣе для подвѣшиванія ихъ къ лебедкамъ подмостей. Для укладки рельсовъ пользовались плавучимъ краномъ, на что было затрачено до 10 часовъ. На трубахъ были установлены рейки съ дѣлениями для вывѣрки трубъ положенія при опусканіи.

чер. 300.

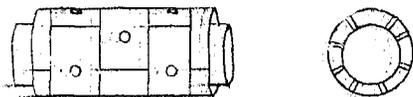


Самый спускъ сифона при 127 рабочихъ занялъ 3 часа. Весь перерывъ на-вигации выразился въ 36 часахъ.

На слѣдующій день было произведено наполненіе трубъ черезъ краны, задѣланные въ листы, закрывавшіе концы дюкерныхъ трубъ; эта работа была сдѣлана водолазомъ, который открылъ на правой сторонѣ кранъ для наполненія водой и для выпуска воздуха; на лѣвой сторонѣ въ листы, закрывавшіе дюкерныя трубы, были также задѣланы трубки для выпуска воздуха. Послѣ наполненія трубъ водой при помощи водолаза была удалена нагрузка изъ рельсовъ, и трубы были обдѣланы бетономъ. Соединеніе концовъ сифона съ береговыми частями было сдѣлано въ перемычкахъ.

Работы по укладкѣ Сюренскаго сифона въ предѣлахъ подводной его части обошлись въ 49000 франковъ, что даетъ стоимость одного погоннаго метра въ 600 франковъ.

чер. 301.

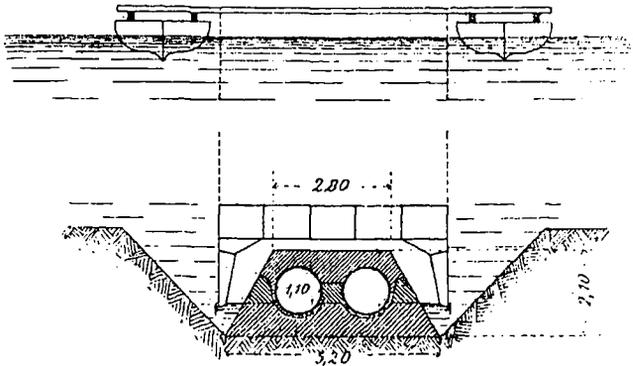


Среди работъ по устройству сифоновъ заслуживаетъ большаго вниманія способъ, примененный инженеромъ Монбергомъ для постройки сифона для канализации г. Копенгагена<sup>1)</sup>. Сущность этого способа заключается въ примененіи для устройства сифоновъ двухъ трубъ, изъ которыхъ одна входитъ въ другую (черт. 301); кольцевой промежутокъ по особо разработанному авторомъ методу заполняется бетономъ.

<sup>1)</sup> Подробнѣе см. Les siphons sous-marins des égouts de Copenhague, Genie Civil 1907, или Die Assanierung der Cöbenhavn von Dr. Weyl.

Также интересный приём по применению для опускания дюкерных труб при помощи иловучаго понтона употребленъ въ Гаврѣ (черт. 302), гдѣ дюкерныя трубы заложены въ каменномъ массивѣ трапецидальнаго сѣченія.

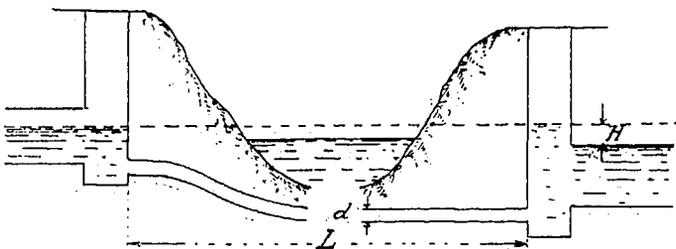
чер. 302.



При устройствѣ дюкеровъ черезъ судоходы, производство работъ мало отличается отъ обычныхъ канализационныхъ работъ и сильно упрощается; здѣсь находятъ себѣ болѣе широкое применение чугуны, жѣлзобетонъ и сталебетонъ.

§ 4. Расчетъ дюкеровъ. Дюкеръ съ полнымъ заполненіемъ находится въ тѣхъ же условіяхъ, что и обыкновенная водопроводная труба. Поэтому расчетъ ихъ сводится къ опредѣленію діаметра дюкерной трубы  $d$  и разности горизонтовъ сточныхъ водъ въ приводящемъ къ дюкеру сточныя воды коллекторѣ и отводящемъ  $H$  (черт. 303).

чер. 303.



Для опредѣленія  $d$  мы пользуемся извѣстнымъ выраженіемъ  $Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v$ ;

$H$  же затрачивается главнымъ образомъ на треніе воды въ трубѣ длиной  $l$ , а также и на нѣкоторыя добавочныя сопротивленія, обусловливаемыя очертаніемъ дюкера (потеря при входѣ въ дюкерную трубу и выходѣ изъ нея, потеря при прохожденіи черезъ повороты), которыя могутъ быть или

опредѣлены точно по соответственнымъ формуламъ Гидравлики или оценены приближенно въ 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> отъ сопротивленія на треніе.

Такимъ образомъ  $H = 1,05 - 1,10 I l$ , гдѣ,  $I$ —потеря на единицу длины въ трубѣ діаметромъ  $d$  и со скоростью движенія  $v$  (гидравлическій уклонъ). Для  $I$  можно пользоваться обычной формулой Kutter'a. Извѣстно что

$$v = c \sqrt{RI}, \text{ гдѣ } c = \frac{100 \sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}; \text{ } b \text{ для дюкеровъ и сифоновъ принимается}$$

$$\text{въ } 0,30 \text{ (IX глава); отсюда } I = \frac{h}{l} = \frac{v^2}{c^2 R}.$$

$$\text{Слѣдовательно } H = 1,05 - 1,10 \frac{v^2}{c^2 R} \cdot l. \dots \dots \dots (165).$$

Мы уже выше упоминали о необходимости обезпечить въ дюкерныхъ трубахъ достаточную для ихъ самоочищенія *скорость*, которую желательно въ нихъ дѣлать не менѣе 1 мет.—1,20 мет. при наибольшемъ расходѣ сточныхъ водъ въ сухую погоду. Это требованіе заставляетъ при проектировкѣ дюкеровъ общесплавной системы устраивать передъ входами въ нихъ для регулированія расходовъ—ливнеспуски; также для обезпеченія скорости въ нѣкоторыхъ случаяхъ устраиваютъ двѣ трубы неодинаковаго діаметра, при чемъ меньшая работаетъ въ сухую погоду, а большая во время ливня.

Въ раздѣльныхъ системахъ назначеніе скоростей въ дюкерныхъ трубахъ производится значительно проще, такъ какъ здѣсь имѣемъ дѣло лишь съ колебаніями расхода въ теченіе одного дня. Для поясненія приведеннаго нами расчета мы помѣщаемъ ниже численный примѣръ.

**Численный примѣръ.** Черезъ дюкеръ общесплавной канализаціи долженъ быть пропущенъ расходъ при стокѣ въ сухую погоду—0,12 куб. мет., а при стокѣ во время ливня—0,60 куб. мет., такъ какъ находящійся предъ дюкеромъ ливне-спускъ работаетъ при коэффициентѣ разжиженія 4. Требуется опредѣлить діаметры дюкерныхъ трубъ и необходимый для движенія въ нихъ воды  $H$ , если средняя скорость не будетъ менѣе 1—1,2 метра, и длина дюкера равняется 200 мет.? Для рѣшенія этой задачи мы можемъ сдѣлать два предположенія: первое будетъ заключаться въ устройствѣ двухъ трубъ неодинаковаго діаметра, изъ коихъ малая будетъ пропускать 0,12 куб. мет., а большая 0,60—0,12=0,48 куб. мет.; второе будетъ заключаться въ устройствѣ двухъ трубъ одинаковаго сѣченія, при чемъ каждая, работа на очереди, въ сухую погоду, будетъ пропускать 0,12 куб. мет., а во время ливня  $\frac{0,60}{2} = 0,30$  куб. мет.

*Первое предположеніе.*

При скорости въ 1,2 метра діаметръ малой трубы:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,12}{1,2}} = 1,13 \times 0,316 = 0,36; \text{ діаметръ большой трубы:}$$

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{0,48}{1,2}} = 1,13 \times 0,63 = 0,71. \text{ Примемъ для } d_1 = 0,35 \text{ мет., для } d_2 = 0,70.$$

При принятых диаметрах скорость в малой трубе:

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = \frac{4 \times 0.1^2}{3.14 \times 0.35^2} = 1.25 \text{ м/сек}; \text{ в большой трубе: } v_2 = \frac{4 \times 0.48}{3.14 \times 0.70^2} = 1.25 \text{ м/сек.}$$

Имѣя величины скоростей, определяемъ потерю напора в дюкерныхъ трубахъ по формулѣ:

$$H = 1.05 \frac{v^2}{c^2 \cdot R} \cdot l, \text{ гдѣ } l \text{ — длина трубы, } R \text{ — гидравлическій радиусъ, } c = \frac{100 \sqrt{R}}{0.30 + \sqrt{R}}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{4} = 0,0875; R_2 = \frac{d_2}{4} = 0,1750; c_1 = \frac{100 \times \sqrt{0,0875}}{0,30 + \sqrt{0,0875}} = 49,6$$

$$c_2 = \frac{100 \times \sqrt{0,1750}}{0,30 + \sqrt{0,1750}} = 58,1$$

$$\text{Потери напора: } H_1 = 1,05 \frac{1,25^2 \times 200}{49,6^2 \times 0,0875} = 1,29 \text{ мет. } H_2 = 1,05 \frac{1,25^2 \times 200}{58,1^2 \times 0,1750} = 0,46 \text{ мет.}$$

*Второе предположеніе.*

При скорости 1,2 метра во время ливня дюкерныя трубы должны имѣть

$$\text{діаметръ } d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{0,30}{1,5}} = 0,57 \text{ или округляя } 0,6 \text{ мет. Отсюда } v = \frac{0,30}{0,28} = 1,06 \text{ мет.}$$

Скорость при расхождѣ в сухую погоду  $v = \frac{0,12}{0,28} = 0,42$  метра, т. е. будетъ менѣе 1 метра.

Сравнивая оба предположенія, мы должны отдать предпочтеніе первому, какъ обеспечивающему скорость, достаточную для самоочищенія дюкерныхъ трубъ. Но при принятыхъ при этомъ предположеніи скоростяхъ получается очень большая величина  $H$ , которой очень трудно достигнуть при устройствѣ канализаціи безъ ущерба для заложения части канализаціонной сѣти, расположенной за дюкеромъ. Возьмемъ скорость в 1 метрѣ. Тогда при первомъ предположеніи:

$$d_1 = 1,13 \sqrt{0,12} = 1,13 \times 0,35 = 0,39 \text{ или } \infty \text{ } \mathbf{0,40}$$

$$d_2 = 1,13 \sqrt{0,48} = 1,13 \times 0,69 = 0,78 \text{ или } \infty \text{ } \mathbf{0,80}$$

$$R_1 = 0,1; R_2 = 0,2; c_1 = \frac{100 \sqrt{0,1}}{0,3 + \sqrt{0,1}} = \frac{31}{0,61} = 51,3;$$

$$c_2 = \frac{100 \sqrt{0,2}}{0,3 + \sqrt{0,2}} = \frac{44}{0,74} = 60;$$

$$\text{Отсюда } H_1 = \frac{1,05 \times 200}{51,3^2 \times 0,1} = 0,8 \text{ метра; } H_2 = \frac{1,05 \times 200}{60^2 \times 0,2} = 0,3 \text{ метра.}$$

Для построения слѣдуетъ взять большую величину  $H_1 = 0,8$ .

Такимъ образомъ при уменьшеніи скорости до 1 метра удастся понизить  $H_1$  до 0,8 метровъ; если бы по условіямъ проектированія сѣти было бы тяжелымъ понизить на 0,8 мет. уровень воды въ выходномъ коллекторѣ, то остается перепроектировать сѣть, находящуюся выше дюкера для уменьшенія въ немъ расхода, или избрать меньшую скорость 0,6—0,8 мет. и восполнить недостатокъ въ расходѣ промывши водой. Проверка 2-го предположенія для  $v=1$  мет. не имѣетъ смысла, такъ какъ при уменьшеніи скорости увеличивается сѣченіе, а следовательно должна уменьшиться скорость при стока въ сухую погоду. При  $v=0,8$  метра діаметръ малой трубы будетъ

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{0,12}{0,8}} = 1,13 \times 0,39 = 0,41 \text{ или } \approx 0,45.$$

$$R_1 = 0,11; c_1 = \frac{100\sqrt{0,11}}{0,30 + \sqrt{0,11}} = \frac{33}{0,63} = 53.$$

$$H_1 = \frac{1,05 \times 0,8^2 \times 200}{53^2 \times 0,11} = 0,43 \text{ мет.},$$

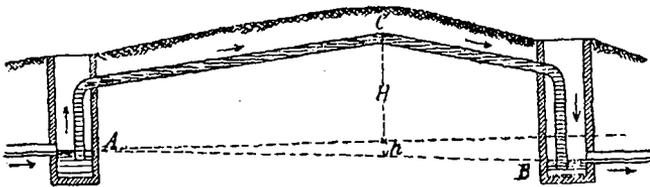
величина, которая уже является приемлею для устройства дюкера.

Слѣдовательно, если бы мы пожелали поддерживать въ дюкерныхъ трубахъ скорость въ 1 мет., то для промывки необходимо восполнить расходъ въ секунду равный для  $d=0,45$  —  $1 \cdot \frac{314 \cdot 0,45^2}{4} = 0,12$  кубич. метра въ секунду.

Для расчета мы должны выбрать  $H_2 = 0,58 > H_1 = 0,45$ , то скорость въ  $d_1$  будетъ на самомъ дѣлѣ больше 0,8 мет., и къ промывкѣ мы будемъ прибѣгать въ рѣдкихъ случаяхъ.

§ 5. Сифоны. Какъ видно изъ вышесказаннаго, производство работъ по устройству дюкеровъ представляется весьма сложнымъ и до-

чер. 304.



рогимъ. Поэтому представляется естественнымъ стремленіе санитарныхъ инженеровъ использовать для перехода рѣкъ городскіе мосты или устроить спеціальныя пѣшеходные мосты, подъ проѣзжей частью или подъ троттуарами которыхъ можно помѣстить канализаціонныя трубы. Использование существующихъ мостовъ для переходовъ вызываетъ употребленіе обратныхъ дюкеровъ или сифоновъ (черт. 304). Также сифоны примѣняются

въ случаѣ прокладки коллекторовъ въ сильно пропитанныхъ водой гли-  
слистыхъ грунтахъ.

Сифоны давно употребляются въ водосборныхъ сооруженіяхъ для грунто-  
выхъ водъ, но въ канализаціонной техникѣ они употребляются гораздо  
рѣже. *Главной причиной ихъ малаго употребленія является образо-  
ваніе въ сифонныхъ трубахъ выдѣляющихся изъ сточныхъ водъ газовъ  
и необходимость ихъ постоянного высасыванія, чтобы не было пре-  
ращенія дѣйствія сифоновъ.*

*Сифоны по своему начертанію меньше подвержены засоренію, чѣмъ  
дюкера, такъ какъ направленіе движенія воды противоположно направленію  
силы тяжести, но для выдѣленія осадковъ снабжаются осадочными колод-  
цами съ обѣихъ сторонъ, въ которыхъ стоитъ на пѣкоторой глубинѣ  
сточная вода; концы сифона погружаются въ сточную воду, чтобы помѣ-  
шать прониканію воздуха въ сифонъ.*

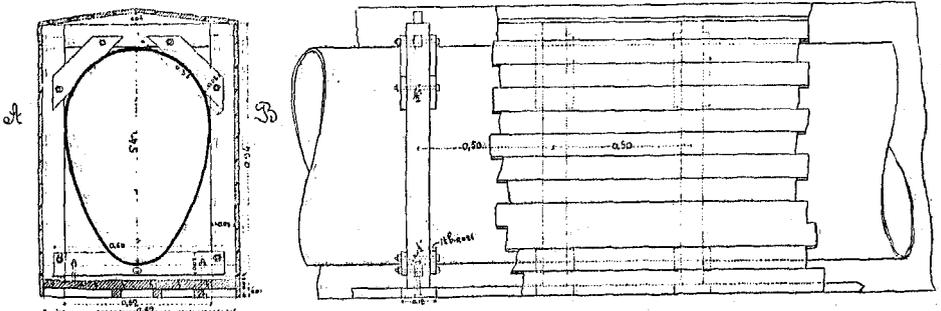
Сифонныя трубы могутъ быть сдѣланы изъ чугуна, желѣза, стали и  
желѣзо-бетона, при чемъ употребленіе чугуна ограничивается размѣрами  
до 1,20 мет., при среднихъ и большихъ размѣрахъ употребительнѣе же-  
лѣзо и сталь.

При переводѣ сифонныхъ трубъ *черезъ мосты* онѣ обыкновенно под-  
вѣшиваются при небольшихъ размѣрахъ подъ троттуарами, а при больш-  
шихъ помѣщаются подъ проѣзжей частью. Во избѣжаніе замерзанія сифон-  
ныхъ трубъ въ суровыхъ климатахъ, въ особенности въ ночное время при  
маломъ расходѣ сточныхъ водъ, онѣ помѣщаются *въ деревянныхъ щит-  
кахъ*, обитыхъ кровельнымъ желѣзомъ и заполненныхъ древесными опил-  
ками или торфянымъ порошкомъ (черт. 305).

чер. 305.

Поперечный разрѣзъ

Экзотермическій видъ

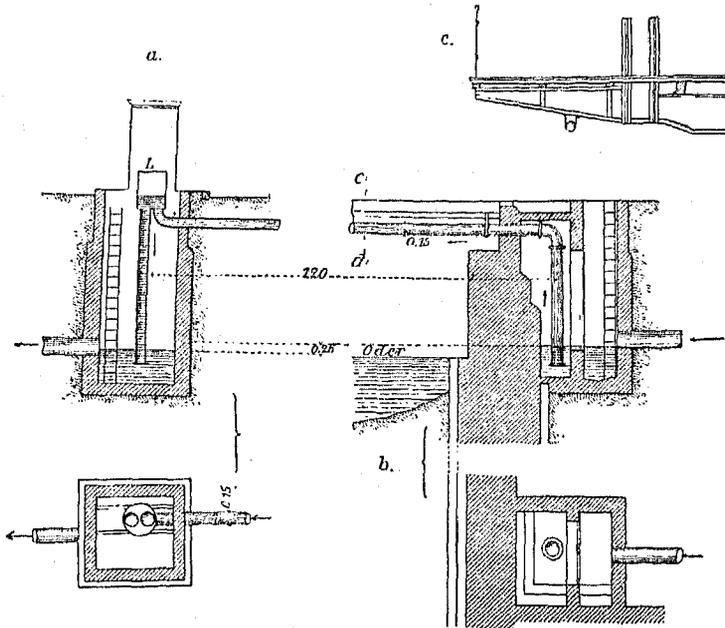


На черт. 306 показано помѣщеніе водосточнаго канала подъ проѣзжей  
частью одного изъ мостовъ въ г. Москвѣ; здѣсь благодаря поднятію моста,  
удалось избѣжать устройства сифона.

Кромѣ того при примѣненіи желѣзныхъ или стальныхъ трубъ для  
сифоновъ является необходимымъ устраивать на одномъ изъ концовъ ихъ



Воздушный колпакъ детально изображенъ на чертѣжъ 309 а-в. Дѣйствіе его основано на примѣненіи инжектора Кертинга къ высасыванію газовъ изъ колпака, при чер. 308.

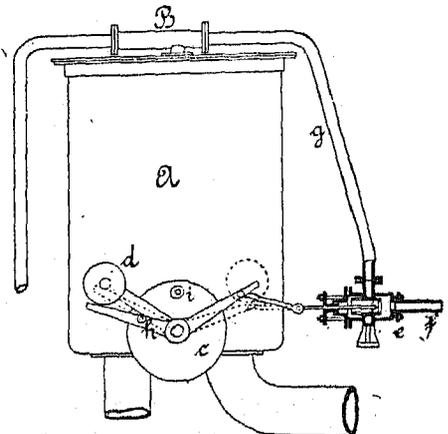
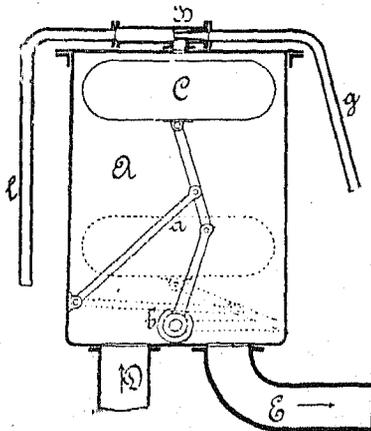


чемъ для работы инжектора использована вода городского водопровода. Инжекторъ совершаетъ свою работу автоматически посредствомъ поплавка *С* и системы связанныхъ съ нимъ рычаговъ. Когда подъ давленіемъ скопившихся въ колпакѣ газовъ поплавокъ займетъ положеніе, показанное пунктиромъ, то онъ чрезъ рычагъ *а* поворачиваетъ ось *б*, на которой насаженъ маленькій дискъ *с* съ прикрѣпленными къ нему двумя рычажками *h* и *і*. При поворотѣ оси *б* рычажекъ *h* повернетъ

а)

чер. 309.

б)

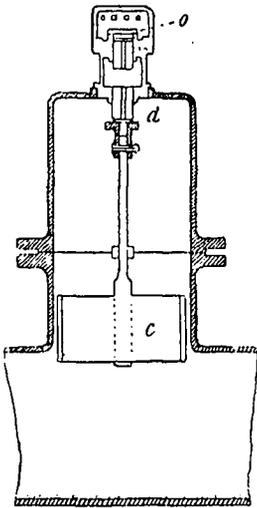


направо противъ *д*, связанный съ клапаномъ *е*, запирающимъ водопроводную трубку *ф*, вслѣдствіе чего вода вступитъ въ трубку *г* и приведетъ въ дѣйствіе инже-

кторъ *B*, который и высосетъ газы изъ колодца *A*. После высасыванія поплавокъ поднимется, вследствие чего рычажокъ *i* прекратитъ доступъ воды. Высасываніе газовъ по этому способу занимаетъ время отъ 1 до 2 минутъ; нижекторъ ить теченіе дня работаетъ 5—6 разъ въ сутки.

Вмѣсто подобнаго автоматическаго высасывателя газовъ изъ сифона является возможнымъ использовать обыкновенные *воздушные насосы*, что особенно удобно при близости сифоновъ къ насоснымъ станціямъ; въ этомъ

черт. 310.



случаѣ насосы устанавливаются на станціяхъ и соединяются съ колодцами сифоновъ трубой. Вмѣсто подобныхъ автоматическихъ высасывателей и высасывателей съ выкачиваніемъ воздуха насосами употребляютъ *воздушные вантузы* (черт. 310).

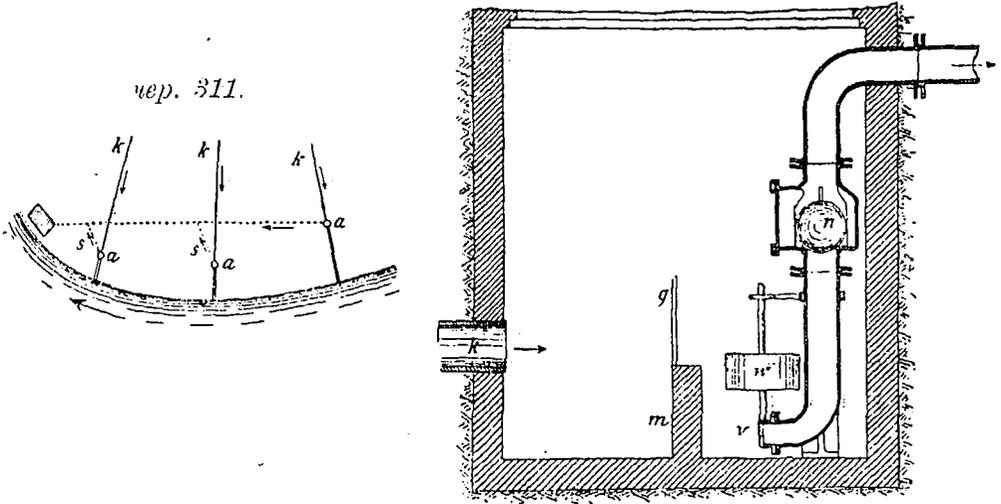
Они состоятъ изъ колпака, въ которомъ ходитъ поплавокъ *c*, на оси котораго наверху насаженъ клапанъ для закрыванія и открыванія верхняго отверстія *o*. Когда газы и воздухъ скопятся въ колпакѣ, то поплавокъ понизится и откроетъ отверстіе *o* для выпуска газовъ и воздуха; послѣ же выпуска газонъ поплавокъ поднимется и закроетъ выходное отверстіе. Такимъ образомъ воздушные вантузы работаютъ автоматически.

§ 6. Расчетъ сифоновъ. Для расчета сифона мы пользуемся *тѣми же формулами, что и для дюкеровъ* (черт. 304). Разность горизонтовъ въ колодцахъ *h*—расходуется на преодоленіе сопротивленій при движеніи сточныхъ водъ въ сифонной трубѣ. Для опредѣленія діаметра сифонной трубы мы пользуемся выраженіемъ  $\frac{\pi d^2}{4} v = Q$  и  $h = 1,10 \frac{v^2}{c^2 R}$ , гдѣ 10% мы считываемъ всѣ добавочныя сопротивленія при движеніи воды кромѣ потери на треніе. Но къ этимъ уравненіямъ слѣдуетъ еще присоединить неравенство, обезпечивающее дѣйствіе сифона:  $h + H < A$  (атмосферное давленіе = 10 мет.), но по практическимъ даннымъ атмосферное давленіе замѣняется цифрой въ 6—7 мет. и неравенство превращается въ  $h + H < 6—7$  мет. . . . (166). Для скорости въ сифонахъ принимаютъ величины 1,—1,5 мет.; большіе предѣлы скорости 1,2 мет.—1,5 мет. въ настоящемъ случаѣ выгоднѣе, такъ какъ по опытамъ Belgrand и Levy при такой скорости не замѣчается выдѣленія газовъ изъ сточныхъ водъ въ сифонныхъ трубахъ.

§ 7. Система канализаціи, основанная на примѣненіи сифоновъ. Для сокращенія стоимости работъ по прокладкѣ въ сильно пропитанныхъ водой грунтахъ пересѣчнаго коллектора въ г. Потсдамѣ инженеръ Фогтъ примѣнялъ сифоны (черт. 311). По этой системѣ коллектора входятъ въ точкахъ *a* въ

шахты, изъ которыхъ избытокъ воды направляется чрезъ ливнепущки; въ эти же шахты опущены концы сифоновъ *s*, соединяющихся въ общую сифонную трубу, конецъ которой опущенъ въ главный сборный колодезь у насосной станции. Пониженіе уровня воды въ главномъ колодезѣ насосами вызываетъ дѣйствіе сифоновъ.

Примѣненіе въ настоящемъ случаѣ сифоновъ обошлось въ  $3\frac{1}{2}$  раза дешевле, чѣмъ прокладка пересѣчнаго коллектора. Въ Цотсдамской каналчере. 312.



чер. 311.

заци сифоны снабжены интересными приспособленіями, препятствующими проникновенію воздуха и выходу воды изъ сифона (черт. 312). Сточные воды протекаютъ по трубѣ *k* и осаждаютъ тяжелыя частицы въ осадочной камерѣ; отсюда онѣ послѣ освобожденія отъ плавающихъ веществъ посредствомъ рѣшетки *g* переливаются во второе отдѣленіе. Входное отверстіе сифонной трубы закрыто бронзовымъ щиткомъ *v*, связаннымъ съ поплавкомъ *w*; по мѣрѣ поднятія горизонта поплавокъ *w* поднимается и, поднимая щитокъ, открываетъ доступъ въ сифонную трубу. Шаровой клапанъ *ш* служитъ для предотвращенія выливанія воды изъ сифона во время его бездѣйствія.

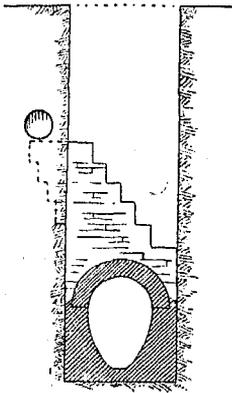
§ 8. Пересѣченія съ уличными проводами. Въ главѣ IV мы упоминали, что до составленія проекта канализации необходимо для назначенія осей коллекторовъ на улицахъ знать точно положеніе и заложеніе другихъ уличныхъ проводовъ (газовыхъ, водопроводныхъ), чтобы затѣмъ при проектированіи отодвинуть ось коллекторовъ отъ другихъ проводовъ на разстояніе до 2—3 мет. во избѣжаніе ихъ поврежденій. Разумѣется, что эти условія трудно выполнить въ узкихъ улицахъ, и въ этихъ случаяхъ коллектора и провода поневолѣ помѣщаются близко другъ къ другу.

Кромѣ того являются неизбежными пересѣченія проводовъ въ пунктахъ скрещенія улицъ. Въ случаѣ близкаго расположенія продольныхъ

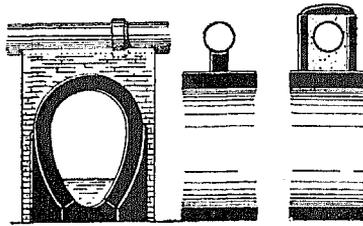
осей коллекторовъ и газо-водопроводныхъ трубъ подь проводъ подводятся на разстояніи 1, 5—2 мет. каменные столбы, которые послѣдовательными уступами соединяются съ верхомъ коллекторовъ (черт. 313).

Въ поперечномъ направленіи взаимныя пересѣченія коллекторовъ и уличныхъ трубъ устраиваются согласно черт. 314.

чер. 313.



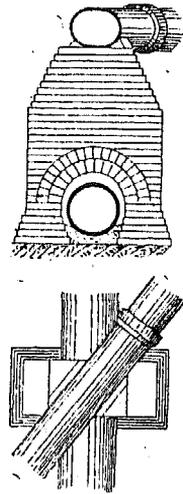
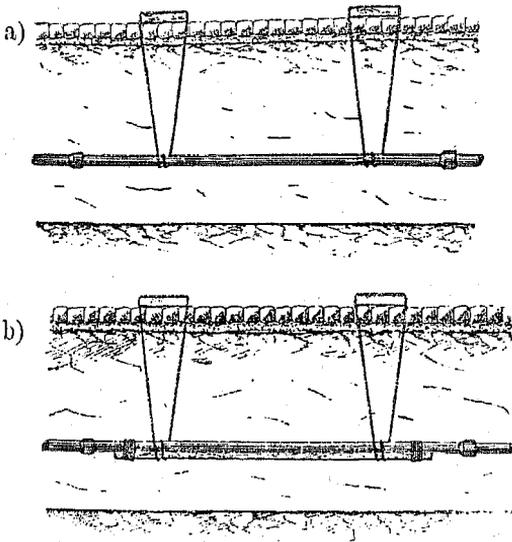
чер. 314.



При косьихъ пересѣченіяхъ уличныя трубы во время производства работъ или обхватываются канатами или прикрѣпляются къ продольнымъ

чер. 315.

чер. 316.

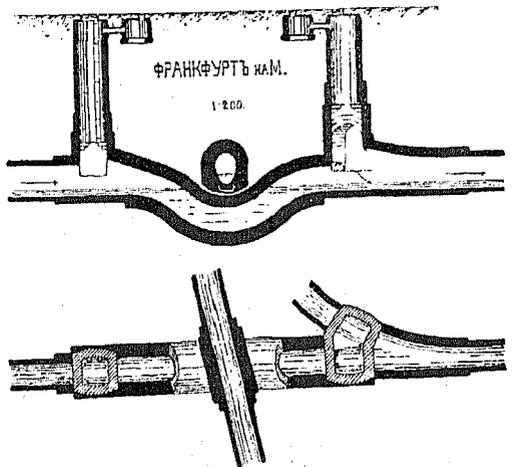
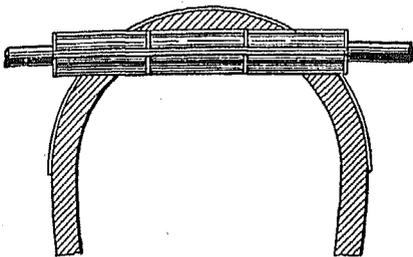


лежнямъ и подвѣшиваются канатами къ брускамъ, уложеннымъ на верху рва (черт. 315); по окончаніи работъ подь уличныя трубы подводятся каменные поперечныя стѣнки. При пересѣченіяхъ небольшихъ коллекторовъ съ уличными трубами оно устраивается согласно черт. 316, гдѣ въ

устроенной для пропуска нижняго коллектора стѣнкі сдѣлано соответственное отверстіе. Если коллекторъ находится на одинаковой глубинѣ съ уличными трубами, то слѣдуетъ переключивать уличные трубы выше или ниже коллектора. *Непосредственный пропускъ уличныхъ трубъ черезъ коллекторъ слѣдуетъ признать плохимъ соединеніемъ, которое можетъ вызвать образованіе въ этомъ пунктѣ осадковъ*; поэтому при такихъ устройствахъ нѣсколько уширяютъ сѣченіе коллектора для возмѣненія потери въ сѣченіи и устраиваютъ выше пересѣченія приспособленія для промывки этого мѣста. При пропускѣ же черезъ коллекторъ *газовыхъ трубъ* онѣ укладываются въ чехлахъ изъ трубъ, которыя защищаютъ коллекторъ

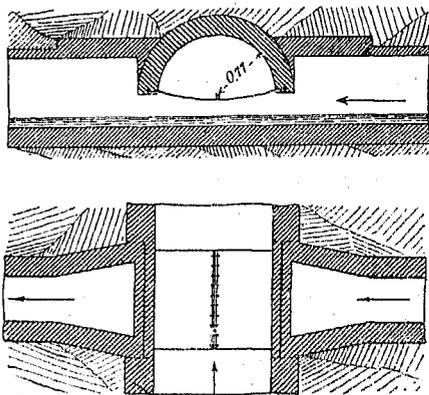
чер. 318.

чер. 317.

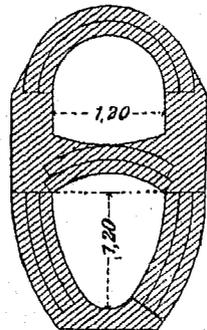


отъ возможной утечки газа, а слѣдовательно и взрыва (черт. 317); *при пересѣченіи двухъ коллекторовъ* одинъ изъ нихъ изгибается и устрой-

чер. 319.



чер. 320.



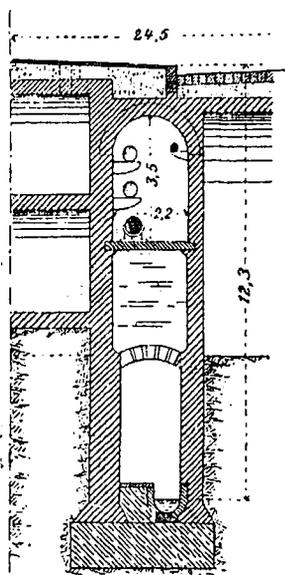
ство получаетъ видъ *дюкера съ неполнымъ заполненіемъ*. Примѣръ такого устройства имѣется въ Франкфуртѣ на Майнѣ (черт. 318). Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ возможно обойтись и безъ устройства дюкера, а лишь

сдѣлать дно верхняго коллектора изъ чугунаго матеріала. Такое устройство примѣнено въ канализациі г. Берлина, гдѣ пересѣченіе устроено по черт. 319, и дно верхняго канала сдѣлано изъ желѣзныхъ листовъ.

Если бы два коллектора (разныхъ зонъ) лежали бы на одной оси, то въ этомъ случаѣ можно было бы на такомъ участкѣ прибѣгнуть къ *двухъ-яруснымъ каналамъ*, какъ это и было сдѣлано въ г. Кельпѣ (черт. 320).

За послѣдніи десятилѣтія въ Западной Европѣ улицамъ придаютъ должную ширину и распределяютъ въ нихъ сѣченіи уличныя трубы такимъ образомъ, что прокладка коллекторовъ можетъ производиться съ очень небольшимъ количествомъ пересѣченій. Также при постройкѣ улицъ стремятся помѣщать проводъ подъ широкими троттуарамъ, чтобы не затруднять уличнаго движенія перемощеніемъ мостовой, неизбѣжнымъ при ремонтѣ трубъ или замѣнѣ ихъ трубами большаго діаметра.

черт. 321.



Идеальнымъ рѣшеніемъ этого вопроса представляется *устройство подъ троттуарами особыя галлерей*, въ которыхъ на соответственныхъ высотахъ размѣщаются уличныя трубы различныхъ назначеній. Подобныя галлерей имѣются въ Англии и Америкѣ. Первая галлерей была построена еще въ 1869 году въ Лондонѣ на набережной Викторин; въ настоящее же время на узкихъ улицахъ Лондона подобныя галлерей тянутся километрами. Приведемъ типъ галлерей на улицѣ Гольборнъ<sup>1)</sup> въ Лондонѣ (черт. 321); эта галлерей раздѣляется на двѣ части: въ верхней уложены трубы для проведенія газа, воды и напорной воды для промышленныхъ дѣлей и электрическіе кабели; нижняя часть, отдѣленная отъ верхней плоскимъ перекрытіемъ, представляетъ собой банкетный каналъ общеснабной системы. Размѣры верхней части 2,2 × 3,5 мет., а нижней въ зависимости отъ

глубины заложения водостока.

Стоимость подобныхъ галлерей высока, и этимъ объясняется сравнительно малое ихъ распространіе въ Западной Европѣ; тѣмъ не менѣе въ улицахъ съ сильнымъ движеніемъ смѣло было бы можно рекомендовать этотъ способъ.

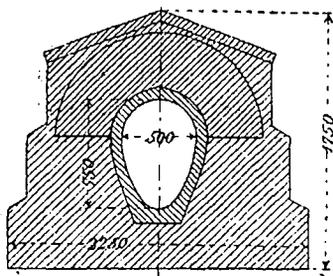
Во Франціи укладываютъ уличныя трубы и проводы не въ галлерейхъ, а въ *банкетныхъ каналахъ общеснабной системы*. Этотъ пріемъ нашелъ себѣ широкое примѣненіе въ г. Парижѣ, въ каналахъ котораго уложены всѣ проводы за *исключеніемъ газовыхъ трубъ* изъ-за опасенія

<sup>1)</sup> Zeit. für Bauwesen, 1882.

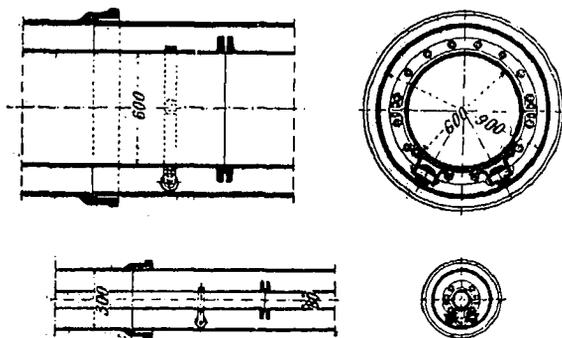
взрыва вследствие утечки газа. Типы подобныхъ каналовъ приведены на чертежѣ 110 а—b (глава X).

§ 9. **Пересѣченія съ желѣзными дорогами.** При пересѣченіи коллекторами *железнодорожного полотна* могутъ встрѣтиться три случая: коллекторъ проходитъ ниже желѣзнодорожного полотна, въ уровень съ нимъ и выше его. *Первый случай* является наиболѣе *выгоднымъ*, такъ какъ при немъ въ случаѣ достаточнаго разстоянія отъ верхней производящей коллектора представляется возможнымъ не измѣнять типа сѣченія коллектора, а лишь усиливать въ немъ толщину стѣнокъ, или примѣнить въ предѣлахъ пересѣченія железобетонную конструкцію. Примѣръ подобнаго усиленія коллектора показанъ на черт. 322.

чер. 322.



чер. 323.



Если вблизи коллектора имѣется желѣзнодорожный путепроводъ, то представляется весьма удобнымъ направить подъ него коллекторъ, такъ какъ при этомъ типъ коллектора въ случаѣ достаточной ширины путепровода не подвергается никакому измѣненію.

Въ случаѣ пересѣченія полотна ж. д. канализационными трубами малого сѣченія послѣднія укладываются въ чехлахъ изъ чугуна или желѣзныхъ трубъ изъ волнистаго желѣза <sup>1)</sup> (черт. 323). Въ этихъ случаяхъ для возможности перемѣщенія внутренней канализационной трубы, которая въ предѣлахъ пересѣченія устраивается изъ чугунныхъ фланцевыхъ трубъ, къ ней придѣлываются подвижные катки.

У обоихъ концовъ пересѣченія устраиваются смотровые колодцы.

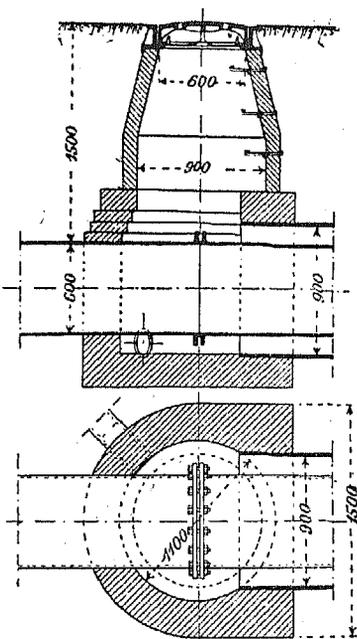
Типъ такого колодца, примѣненный для канализаціи г. Потсдама, показанъ на чертежѣ 324.

Подобное помѣщеніе трубъ въ чехлѣ является обязательнымъ и при пересѣченія желѣзнодорожнаго полотна напорными канализационными проходами, хотя для послѣднихъ безопаснѣе имѣть проходимыя галереи для воз-

<sup>1)</sup> В. Ф. Ивацовъ. Канализація желѣзнодорожныхъ станцій, Труды VI Водопроходнаго Съѣзда.

возможности осмотра трубъ. Если разстояніе отъ производящей коллектора до желѣзнодорожнаго полотна не велико, то приходится въ этихъ случаяхъ примѣнять сѣченія скатаго типа и иногда прибѣгать къ плоскимъ перекрестіямъ.

чер. 324

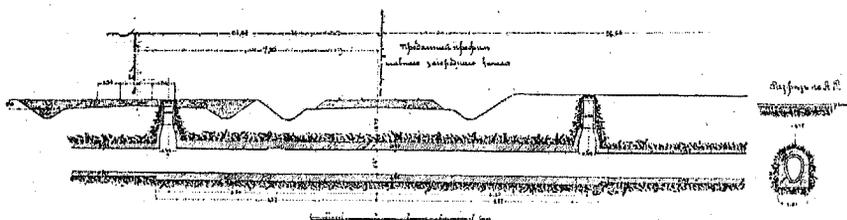


Въ случаѣ же, если коллекторъ лежитъ въ одной плоскости съ желѣзнодорожнымъ полотномъ или выше его, то въ обоихъ случаяхъ приходится прибѣгать къ устройству дюкера. Дюкеръ можетъ быть замѣненъ и сифономъ, если по мѣстнымъ условіямъ представится возможнымъ использовать ближайшій путепроводъ для подвѣшивания къ нему сифонныхъ трубъ. При выборѣ мѣста для пересѣченія желѣзнодорожнаго полотна необходимо для уменьшенія его длины выбирать его въ такихъ пунктахъ, гдѣ меньше всего желѣзнодорожныхъ путей, если, конечно, это не вызоветъ сильнаго удлиненія коллектора.

Производство работъ по устройству пересѣченій коллекторовъ съ желѣзными дорогами должно быть организовано такимъ образомъ, чтобы не было изъ-за нихъ перерыва въ желѣзнодорожномъ движеніи по главнымъ путямъ.

При соблюденіи этого требованія приходится прибѣгать къ *устройству обходныхъ путей* во время производства работъ *подъ главными путями*. Примѣромъ такого производства работъ является пересѣченіе главнаго отводнаго канала Московской канализаціи съ полотномъ Московско-Курской ж. д. (черт. 325).

чер. 325.



При небольшой глубинѣ заложенія коллекторовъ поды шпалы подвоятся продольные лежни, длина которыхъ сообразуется съ шириной будущаго открытаго рва, при чемъ стѣнки укрѣпляются сплошной горизонтальной обдѣлкой изъ деревянныхъ досокъ; въ случаѣ нахожденія въ мѣстѣ пересѣченія грунтовыхъ водъ приходится прибѣгать къ водоотливу или къ искусственному пониженію ихъ уровня. При проходѣ коллекторовъ поды высокими насыпями производство работъ ведется туннельнымъ способомъ. Самымъ простымъ случаемъ производства работъ будетъ примѣненіе сифоновъ.

## Г Л А В А XVI.

§ 1. **Обшія понятія о промывкѣ каналовъ.** Мы уже неоднократно выше упоминали, что при проектированіи сѣти водосточныхъ каналовъ стремятся подобрать сѣченія каналовъ такимъ образомъ, чтобы въ нихъ была бы *скорость, достаточная для самоочищенія сѣти.* Тѣмъ не менѣе во всякой канализаціонной системѣ въ начальныхъ точкахъ (*сливныхъ концахъ*) вслѣдствіе *малаго* расхода воды *скорость* будетъ *близка къ нулю* и, слѣдовательно, въ такихъ трубахъ будутъ легко скопляться осадки. Далѣе въ самой сѣти, вслѣдствіе *невозможности по мѣстнымъ условіямъ* придать достаточные уклоны каналамъ, могутъ встрѣтиться *трубы*, гдѣ также будутъ существовать *благопріятныя условія для осажденія частицъ.* Наконецъ и въ общесплавныхъ каналахъ съ хорошими уклонами, въ нѣкоторые времена года (зимой) вслѣдствіе отсутствія атмосферныхъ осадковъ могутъ также постепенно *нарастать осадки.*

Для удаленія осадковъ изъ трубъ съ давнихъ поръ въ канализаціонной техникѣ пользуются *промывкой каналовъ.* Если промывка засоряющихся каналовъ не будетъ производиться регулярно и своевременно, то это легко можно повести къ полной закупоркѣ каналовъ, для чего уже требуется *механическая очистка стоковъ.* Кромѣ своей непосредственной задачи—удаленія осадковъ изъ каналовъ—*промывка* способствуетъ *обновленію воздуха каналовъ*, такъ какъ, промывочная пода, вытѣсняя и поглощая *газы*, образовавшіеся отъ *гниенія* въ каналахъ *органическихъ* частицъ, освобождаетъ такимъ образомъ мѣсто для поступленія въ каналы *свѣжаго атмосфернаго воздуха.* Слѣдовательно *промывка* способствуетъ *улучшенію вентиляціи стѣнокъ каналовъ.* Такимъ образомъ мы увидимъ, что *промывка* водосточныхъ каналовъ имѣетъ *большое значеніе* для правильной *эксплоатаціи* канализаціонной сѣти, и поэтому нужно одновременно съ проектированіемъ канализаціи озаботиться *правильнымъ распределеніемъ промывочныхъ устройствъ.*

Сущность промывки заключается въ слѣдующемъ: въ *резервуаръ (колодецъ)*, расположенномъ выше промываемой трубы, скопляется извѣстный объемъ воды и затѣмъ разомъ спускается въ промываемый каналъ, вслѣдствіе чего осадки проносятся въ каналъ, гдѣ уже имѣется достаточная скорость; если бы такой каналъ не находился бы непосредственно за про-

мываемым каналомъ, то требовалась бы установка второго промывочнаго резервуара и дальнѣйшая промывка канала.

*Вода для промывки* можетъ быть *спеціально-промывочная*, т. е. взятая вѣтъ сточныхъ проводовъ и подведенная къ промывочнымъ устройствамъ водосточной сѣти или же подпираемая затворами *сточная вода*. *Спеціально-промывочная вода* употребляется въ большинствѣ случаевъ для промывки *слѣпыхъ концовъ сѣти* и вообще *трубъ малаго сѣченія*; *сточная же вода* служитъ преимущественно для *промывки большихъ каналовъ*, укладываемыхъ обыкновенно съ небольшими уклонами, такъ какъ образованіе въ нихъ подпора во время протеканія по нимъ большихъ расходовъ воды не вызоветъ подпора въ домовыхъ проводахъ. Тѣмъ не менѣе *чистую воду* слѣдуетъ вездѣ предпочитать *сточной*, если доставка ея къ промывочнымъ устройствамъ обходится по мѣстнымъ условіямъ недорого.

Для добыванія промывочной воды пользуются или *естественными источниками водоснабженія* (рѣками, озерами, прудами и подземными водами) или *спеціально собранными въ особыхъ резервуарахъ отработавшими водами въ общественныхъ и промышленныхъ заведеніяхъ* (банныхъ, скотобойныхъ, фабрикахъ, заводахъ) или *городскимъ водопроводомъ*. *Промывные приборы* могутъ получать для себя воду или каждый *независимо* отъ ближайшаго къ нему источника водоснабженія, или же *изъ спеціальной промывочной сѣти*, питающейся изъ особаго центрального резервуара.

*Выборъ источника водоснабженія* для промывочныхъ устройствъ производится исключительно *по экономическимъ соображеніямъ*. Представляется весьма выгоднымъ использовать естественные источники водоснабженія, если изъ нихъ къ промывнымъ приборамъ вода можетъ быть подведена самотекомъ, напримѣръ, въ случаѣ нахожденія вблизи города высоко-лежащаго озера или пруда или подпертой плотиной рѣки. Въ послѣднемъ случаѣ является весьма удобнымъ производить промывку слѣпыхъ концовъ сѣти при расположеніи главныхъ коллекторовъ по вѣрной системѣ.

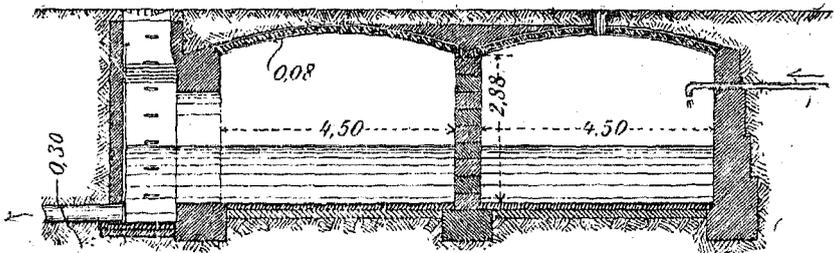
Если же въ городѣ не имѣется высоко-лежащаго источника водоснабженія, то можно его создать искусственнымъ путемъ, преградивъ для этой цѣли оврагъ или небольшой ручей и скопивъ въ немъ атмосферную воду; такой прудъ, какъ мы увидимъ дальше можетъ играть и другую весьма важную роль—оградить канализаціонную сѣть отъ поступающей верховой воды съ окрестностей города. Весьма также выгодно использование самотечной артезіанской воды, для скопленія которой приходится устраивать сборные резервуары; такіе же резервуары нужны и для сбора грунтовыхъ водъ водосборными трубами.

Для пользованія отработавшими водами общественныхъ сооружений и промышленныхъ заведеній также представляется необходимымъ предварительно собрать воду въ резервуарахъ. Само собой разумѣется, что самымъ простымъ съ *технической точки зрѣнія* будетъ примѣненіе водопроводной

воды, которая легко может быть подведена къ любой промывной камерѣ; это можетъ быть особенно выгоднымъ при существованіи въ городѣ раздѣльной системы водоснабженія. Способы забора воды при примѣненіи естественныхъ источниковъ водоснабженія зависятъ отъ рода источника; конструкции водосборныхъ сооружений должны отвѣчать наиболѣе простымъ конструкціямъ, употребляющимся при постройкѣ водопроводовъ, съ той только разницей, что здѣсь нѣтъ надобности въ послѣдующей очисткѣ воды. Не останавливаясь въ настоящемъ сочиненіи на приведеніи подобныхъ конструкций, составляющихъ достояніе курсовъ Водоснабженія, мы лишь упомянемъ, что вслѣдствіе незначительнаго давления въ промывочныхъ разводныхъ приводахъ, они могутъ дѣлаться изъ керамиковыхъ и бетонныхъ трубъ. Центральные резервуары для расходоуемой на промывку воды могутъ быть круглаго или прямоугольнаго сѣченія; матеріаломъ для нихъ могутъ служить кирпичъ, бетонъ и желѣзо-бетонъ. Полезная емкость такихъ резервуаровъ выбирается по соображенію съ расходомъ и потребленіемъ воды для промывки.

Показанный на чертѣжѣ 326 промывной резервуаръ въ г. Бременѣ имѣетъ полезную емкость въ 200 куб. мет., считаемую до пяти свода; онъ

чер. 326.



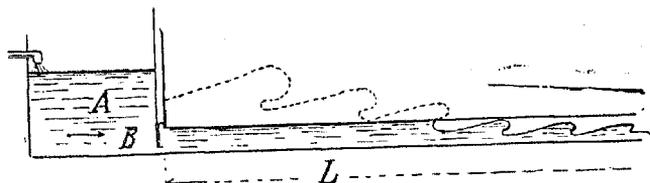
снабженъ трубами: приводной и разводной, которая въ данномъ случаѣ можетъ служить и спускной трубой для полного опорожненія резервуара. Для прекращенія притока воды въ резервуаръ слѣдуетъ поставить на приводной трубѣ не показанный на чертѣжѣ затворный кранъ. Для осмотра и очистки резервуара сбоку его устроенъ смотровой колодезь. Резервуаръ сдѣланъ изъ бетона и перекрытъ сводами Монье. Подобные резервуары имѣются и въ другихъ городахъ: Франкфуртъ на Майнѣ, Сераевъ<sup>1)</sup> и др. Такимъ образомъ для полученія промывочной воды требуется построить водосборное сооруженіе, сборный резервуаръ и сѣтъ для разведенія промывочной воды къ слѣпымъ концамъ и другимъ нуждающимся въ промывкѣ пунктамъ канализаціонной сѣти.

§ 2. Теорія промывки. Большинство промывочныхъ приборовъ въ канализаціонной сѣти представляютъ собой камеру А, гдѣ скоплена въ нѣско-

1) Frühling, Die Entwässerung der Städte.

торомъ количествѣ вода на известной высотѣ надъ центромъ канала, входъ въ который закрыть какимъ-нибудь затворомъ *B* (черт. 327); для производства промывки мы быстро открываемъ щитъ *B*, и промывная волна устремляется въ трубу и смываетъ скопившіеся въ ней осадки на известномъ разстояніи *L*. При этомъ вслѣдствіе постепеннаго расходоваія воды въ

чер. 327.



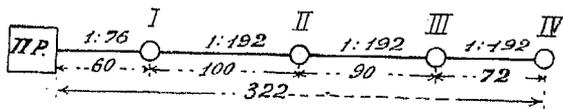
резервуарѣ *A* уровень въ немъ понижается, а слѣдовательно понижается и высота гребня волны. Слѣдовательно, мы здѣсь имѣемъ дѣло съ волнообразнымъ движеніемъ воды въ трубѣ съ переменнѣйшей высотой волны.

Гидравлика въ современномъ состояніи не рассматриваетъ подобнаго движенія, и поэтому намъ для нашихъ *практическихъ цѣлей* приходится пользоваться формулами, построенными на сдѣланныхъ для выясненія этого вопроса опытахъ. При проектированіи канализаціи предъ инженеромъ стоитъ задача: установить число промывныхъ камеръ, ихъ необходимую емкость *Q*, а также и ту длину *L*, на которой еще будетъ промывка производить свое дѣйствіе, такъ какъ промывочная волна, пройдя известное разстояніе, приобретаетъ такую скорость, которая уже не будетъ достаточна для пронесенія осадковъ; въ такомъ мѣстѣ намъ будетъ нужно установить новый промывочный приборъ.

Для выясненія величины скорости и длины промывочной волны было предпринято до настоящаго времени очень мало опытовъ, изъ которыхъ нужно отмѣтить опыты *Ogden*<sup>1)</sup> и *Adams*<sup>2)</sup>.

Инженеръ *Ogden* организовалъ въ г. Ithaca (Соед. Штаты) опыты надъ дѣйствіемъ промывки на участкѣ съти діам. 200 мм. общей длиной 342 мет., раздѣленномъ тремя смотровыми колодцами. Разстоянія между колодцами и уклоны отдѣльныхъ частей трубы написаны на чертежѣ 328.

чер. 328.



Воду для промывного резервуара онъ бралъ изъ сосѣдняго водоразборнаго крана въ среднемъ количествѣ 28 литровъ въ секунду; на дно смо-

1) *Ogden*, Sewer design.

2) См. пояснительную записку къ проекту канализаціи СПб—а, состав. Общ. Брянскихъ заводовъ.

тровыхъ колодцевъ онъ набросалъ окрашенные куски щебня различной величины и побольше куски кирпича. Затѣмъ онъ произвелъ 17 опытовъ, мѣняя количество воды въ камерѣ отъ 700 литровъ до 3400 литровъ.

Результаты опытовъ Ogden'a сведены въ слѣдующей таблицѣ XLIII.

Т а б л и ц а XLIII.

Количество промывной воды.	Число промывокъ.	С м о т р о в ы е к о л о д ц ы.			
		I.	II.	III.	IV.
700 лит.	1			никакого дѣйствія.	Н и к а к о г о д ѣ й с т в і я .
850 „	1	Все вынесено изъ	Все вынесено изъ	„	
1130 „	8	смотрового	смотрового	ничтожное дѣйствіе.	
1700 „	2	колодца.	колодца.	немного щебня смыто.	
2260 „	2				
3400 „	3				

Затѣмъ инженеръ *Adams* испытывалъ дѣйствіе своего промывателя-сфидра, поставленнаго въ слѣсныхъ концахъ сѣтк, на основаніи которыхъ онъ пришелъ къ заключенію, что *длина, на которую дѣйствуетъ промывка прежде всего зависитъ отъ начальной скорости промывного потока и сравнительно меньше отъ объема промываной трубы.*

Опыты *Adams'a*<sup>1)</sup> интересны въ томъ отношеніи, что они дали возможность инженеру Гансену предложить эмпирическую формулу, устанавливающую связь между объемомъ воды въ резервуарѣ  $Q$ , уклономъ трубы  $I$ , скоростью промывной волны  $v$  и длиной, на которую распространяется промывка  $L$ , и дающую результаты, совпадающіе съ опытами *Adams'a*.

$$Q = \frac{64,3\omega L^2(I_m - I)}{v_1^2 - v_2^2} \dots \dots \dots (167),$$

гдѣ  $Q$  (въ куб. фут.),  $L$  (саж.) и  $I$  имѣютъ указанные обозначенія,  $\omega$  площадь сѣченія трубы въ кв. фут.,  $v_1$ —скорость промывной волны въ начальномъ сѣченіи промываемой трубы въ футахъ,  $v_2$ —заданная нами скорость промывки въ сѣченіи, соответствующимъ другому концу длины  $L$ , и  $I_m$ —нѣкоторый фиктивный гидравлическій уклонъ, по которому какъ бы движается вода. Этому  $I_m$  соответствуетъ фактивная скорость  $v_m$ , определяемая по формулѣ

1) Подробности см. *Moore, Sanitary Engineering.*

$$v_m = v_2 \left( 1 + l_s e \frac{v_1}{v_2} \right) - \frac{v_2^2}{v_1^2} \dots \dots \dots (168)$$

по общей формулѣ Ganguillet и Kutter'a

$$I_m = \frac{v_m^2}{A}, \text{ гдѣ } A = C\sqrt{R}, \text{ гдѣ } C \text{ (для футовыхъ мѣръ)} = \frac{41,6 + \frac{1,811}{n}}{1 + \frac{41,6n}{\sqrt{R}}};$$

$$\text{отсюда } A = \frac{\left( 41,6 + \frac{1,811}{n} \right) R}{\sqrt{R} + 41,6n}$$

$v_1$  принимается имъ равной  $0,75 \sqrt{2gh}$ , гдѣ  $h$ —высота слоя воды въ промывномъ колодцѣ;  $v_2$  берется на практикѣ въ 2,'5—3,'5 (0,6—0,8 мет.). Принявъ извѣстный діаметръ промывного колодца и предполагая наполнить его до высоты  $h$ , мы, вычисливъ  $v_1$ ,  $v_2$  и  $I_m$  для трубы извѣстнаго діаметра, уложенной съ извѣстнымъ уклономъ, можемъ вычислить  $L$ , и наоборотъ задавая  $L$  можемъ вычислить  $Q$ .

Формула Гансена разнится отъ данныхъ опытовъ Adams'a на 2—3% и потому можетъ <sup>считъ</sup> рекомендована для употребленія.

На практикѣ задача по нахожденію длины промывной волны обычно разрѣшается экспериментальнымъ путемъ: сначала устанавливають промывныя камеры во *всѣхъ слѣдующихъ концахъ* и такихъ *пунктахъ*, гдѣ *расчетомъ* указана *недостаточная скорость*, а затѣмъ по мѣрѣ эксплуатаціи присоединяють добавочныя камеры для наиболѣе заносимыхъ каналовъ, что легко достигается перестройкой смотровыхъ колодцевъ. Тѣмъ не менѣе необходимо было бы произвести рядъ опытовъ въ этомъ направленіи и распространить эти опыты и на большіе каналы разнообразныхъ сѣченій. Въ заключеніе упомянемъ, что формула Гансена примѣнена въ проектахъ канализаціи С-Петербурга<sup>1)</sup> и Астрахани<sup>2)</sup>.

**Численный примѣръ.** Имѣется промывной резервуаръ, уровень воды въ которомъ на 1,5 фута выше оси выходящей изъ него уличной трубы діам. 7" (175 мм.), конечная скорость  $v_2 = 2,5$  фута,  $L = 100$  саж.;  $I = 0,0045$ . Требуется опредѣлить полезную емкость промывного резервуара?

Площадь сѣченія  $\omega = 0,27$  кв. фут.;  $v_1 = 0,75 \times 8,03 \sqrt{1,5} = 7,35$  фута въ секунду

$$v_m = 2,5 \left( 1 + lge \cdot \frac{7,35}{2,5} \right) - \frac{2,5}{1,35^2} = 4,33; \quad I_m = 0,0165;$$

$$\text{Отсюда } Q = \frac{64,3}{7,35^2 - 2,5^2} \times 100^2 \times 0,27 (0,0165 - 0,0045) = 44 \text{ куб. фут.}$$

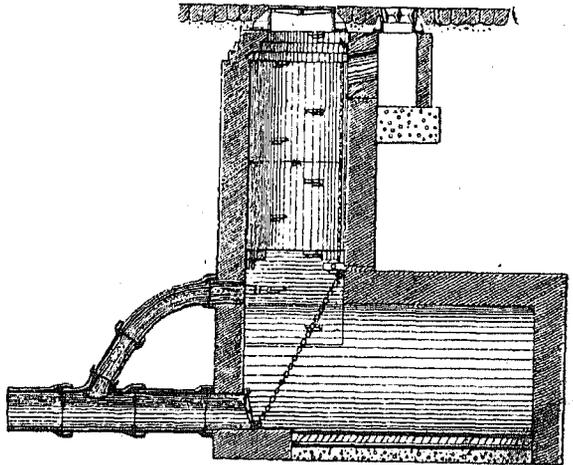
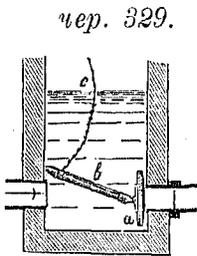
Слѣдовательно, при данныхъ условіяхъ достаточно имѣть резервуаръ емкости въ 44 куб. фута, чтобы было достаточно промыть трубу діам. 7" на протяженіи 100 сажень.

1) Пояснительная записка къ канализаціи г. С.-Петербурга, общ. Брянскихъ заводовъ.  
2) Пояснительная записка къ канализаціи г. Астрахани.

§ 3. Промывка небольших каналов. Промывные сифоны. Приспособления для промывки можно разделить на два класса: для промывки малых труб и для промывки больших каналов.

Для промывки слепых концов и труб небольшого сечения применяют ручные переносные затворы (черт. 329); в обыкновенный смотровой колодезь для закрытия отверстия промываемой трубы вставляют деревянный щиток *a*, который подпирается прикреплённым къ нему на шарнирѣ шестомъ *b*; къ концу этого шеста привязана цѣпочка, дергая которую можно произвести промывку. Неудобство применения такихъ затворовъ заключается въ необходимости ихъ переноски и установки на мѣсто. Кроме того они вызываютъ подпоръ въ домовыхъ проводахъ. Поэтому ихъ стоитъ применять главнымъ образомъ для промывки дворовыхъ трубъ<sup>1)</sup>.

чер. 330.

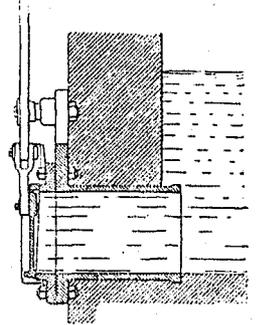
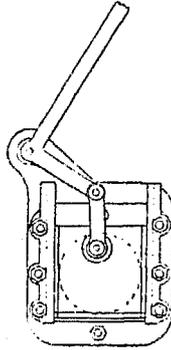
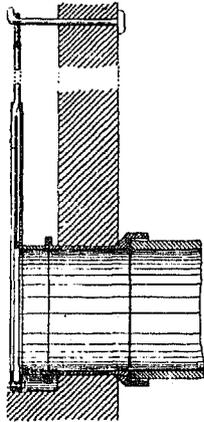
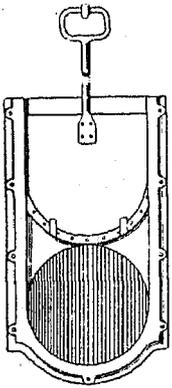


Болѣе удобными для промывки небольшихъ трубъ представляются вращающіеся и подъемные затворы. Типъ вращающагося затвора (клапана), назначеннаго для промывки слѣпыхъ концовъ показанъ на чер. 330.

Затворъ для промываемой трубы устроенъ въ видѣ заслонки, вращающейся вокругъ горизонтальной оси; къ нижнему концу заслонки прикрѣпляется цѣпочка, которая перекидывается черезъ блокъ и надѣвается на крючекъ подъ крышккой смотроваго колодеца. Промывная вода берется изъ водопровода посредствомъ планга изъ сосѣдняго поливнаго крана; помѣщенная въ стѣнкѣ колодеца переливная труба сдѣлана для того, чтобы поднятіе воды въ камерѣ не вызвало большаго подпора въ домовыхъ проводахъ.

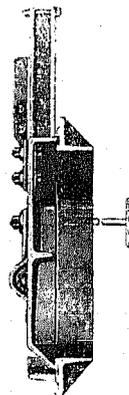
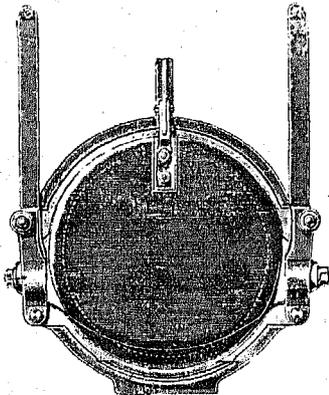
<sup>1)</sup> см. В. Ф. Ивановъ, Санитарная техника. Устройство водопроводовъ и водосточковъ въ домахъ, т. 1, вып. 1-й.

*Подъемные* затворы имѣютъ то преимущество предъ клапанами, что болѣе плотно закрываютъ сѣченіе промываемой трубы. Простейшій типъ *подъемнаго щита*, изображенъ на черт. 331; движеніе щита по направляющимъ производится посредствомъ штанги, которая зацѣпляется за вдѣлающійся на щитѣ крючокъ. Этотъ затворъ сдѣланъ изъ чугуна, такъ какъ онъ подвергается менѣе ржавчинѣ. Къ классу подъемныхъ затворовъ можетъ быть причисленъ и Парижскій затворъ (черт. 332), движущійся вверхъ при помощи рычажной передачи; этотъ затворъ сдѣланъ для большей прочности противъ разрыва брѣззовымъ.



ный въ стѣнкѣ промывнаго колодца крючекъ. Въ этомъ промывномъ колодцѣ также необходимо имѣть переливную (холостую) трубку во избѣжаніе подпора. Этотъ затворъ сдѣланъ изъ жельза, но предпочтительнѣе дѣлать ихъ изъ чугуна, такъ какъ онъ подвергается менѣе ржавчинѣ. Къ классу подъемныхъ затворовъ можетъ быть причисленъ и Парижскій затворъ (черт. 332), движущійся вверхъ при помощи рычажной передачи; этотъ затворъ сдѣланъ для большей прочности противъ разрыва брѣззовымъ.

чер. 333.



Къ этому же классу относится затворъ *системы Geiger* (черт. 333). Затворъ представляетъ собой чугунный щитъ, который скользитъ по чугуннымъ направляющимъ; онъ можетъ быть поднятъ и опущенъ посредствомъ штанги и привинчиваемаго къ нему ключа прямо съ улицы.

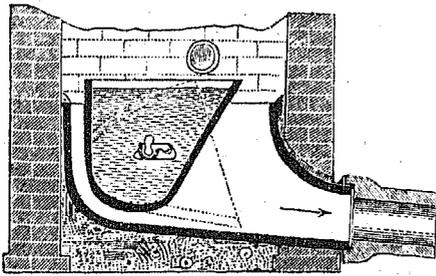
Чтобы поднятый щитъ не могъ упасть, на штангѣ сдѣлана зарубка (черт. 334), которая зацѣпляется за обоймцу.

Подъемные щиты изнашиваются подъ дѣйствіемъ сточныхъ водъ, что вызываетъ собой неплотное запертіе или отверстій, а следовательно и бесполезную трату промывной воды. Также неплотному запертію щитовъ можетъ способствовать попаданіе въ пазы рамъ частицъ, содержащихся въ сточныхъ водахъ.

Другую многочисленную группу составляютъ *автоматическіе приборы*, которые по наполненіи промывной камеры водой сами производятъ промывку. Автоматическіе промывные приборы могутъ быть устроены или съ примѣненіемъ подвижныхъ частей или же безъ таковыхъ.

Простейшимъ типомъ первой подгруппы является *опрокидывающійся сосудъ Duckett'a* (чер. 335). Сосудъ, вращающійся на горизонтальной оси, устроенъ такимъ образомъ, что, когда онъ наполненъ водой, центръ тяжести его перемѣщается вправо, влѣдствіе чего сосудъ опрокидывается, и находящаяся въ немъ вода разомъ выливается въ

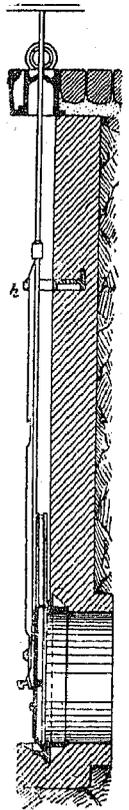
чер. 335.



промывную трубу. Приборъ этотъ является пригоднымъ лишь для промывки дворовыхъ трубъ, гдѣ для его наполненія утилизируются туалетныя и кухонныя воды; его недостатокъ—малый объемъ сосуда, влѣдствіе чего промывная полна будетъ имѣть небольшую длину.

Промывной приборъ сист. *Geiger'a* изображенъ на черт. 336. Къ промываемымъ трубамъ присоединяется вертикальная труба, входящая въ промывной резервуаръ; въ этой вертикальной трубѣ ходитъ мѣдная трубка, къ которой прицѣпленъ открытый сверху сосудъ *s*. По трубѣ *l* поступаетъ вода, а трубка *p* служитъ для спуска грязи изъ промывного резервуара. Дѣйствіе прибора заключается въ слѣдующемъ: по мѣрѣ наполненія резервуара водой мѣдная труба и сосудъ поднимаются до тѣхъ поръ, пока клапанъ *v* не закроетъ входъ въ трубу; тогда наполняющая резервуаръ вода быстро наполнитъ сосудъ *s*, и онъ быстро опустится, влѣдствіе чего вода изъ резервуара устремится въ промываемую трубу. Недостатокъ прибору

чер. 334.



съ подвижными частями, подвергающимися быстрому изнашиванию, заставилъ техникувъ перейти къ примѣненію *неподвижныхъ промывочныхъ приборовъ—сифоновъ*.

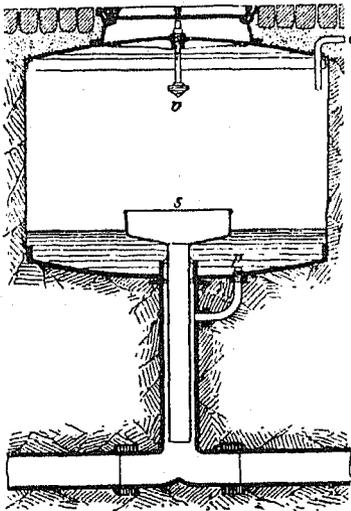
*Сифоны* представляютъ собой многочисленный классъ приборовъ, которые отличаются другъ отъ друга деталями, обеспечивающими быстрое ихъ зарядженіе по достиженіи водой извѣстнаго уровня въ промывныхъ резервуарахъ.

Основные требованія, которымъ должны удовлетворять *сифоны*, суть слѣдующія:

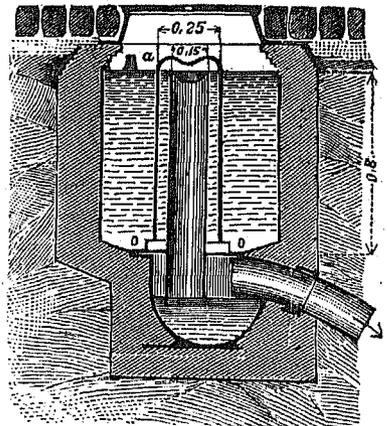
1) *Зарядженіе сифоновъ должно быть мгновенное, чтобы не было бесполезной траты воды, предназначенной для промывки.*

2) *Зарядженіе сифоновъ не должно зависетьъ отъ быстроты наполненія промывного резервуара.*

чер. 336.



чер. 337.



3) *Сифоны не должны имѣть въ своей конструкции подвижныхъ частей.*

4) *Во время дѣйствія сифоновъ вытѣсненный воздухъ не долженъ возвращаться въ сифонную трубу, чтобы не мѣшать ихъ дѣйствию.*

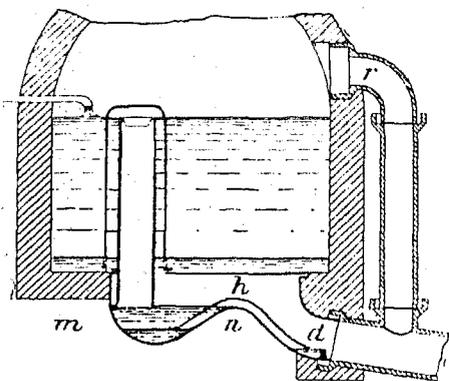
5) *Прекращеніе дѣйствія сифоновъ т. е. возстановленіе въ нихъ атмосфернаго давленія должно происходить весьма быстро.*

Однимъ изъ старинныхъ типовъ сифоновъ является *сифонъ Роджерса Фильда (Rogers Field)*, патентованный въ Англии еще въ 1889 году и нѣсколько усовершенствованный фирмой *Böckling* (черт. 337). Вода поступаетъ чрезъ трубу *a* въ резервуаръ *п*, наполняя его, проходитъ чрезъ отверстія *о* въ наружную трубу сифона; воздухъ, заключающійся въ трубѣ, сжимается, и уровень воды въ пей отстаетъ отъ уровня воды въ резервуарѣ; при дальнѣйшемъ повышеніи уровня воды часть сжатого воздуха проры-

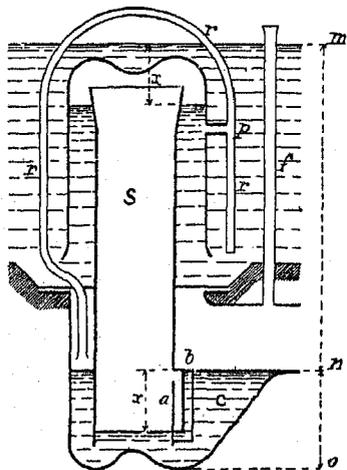
васть гидравлическій затворъ подь колпакомъ; тогда устанавливается атмосферное давленіе и уровень воды въ трубѣ будетъ на одной высотѣ съ уровнемъ воды въ резервуарѣ. Такимъ образомъ при наполненіи промывного резервуара вода подь колпакомъ поднимается не послѣдовательно, а скачками. Когда уровень воды въ резервуарѣ дойдетъ до верхняго края трубы, то при послѣдующемъ прорывѣ нижняго затвора, находящаяся подь колпакомъ вода, рванувшись вверхъ и встрѣтивъ препятствіе въ глухой зигзагообразной крышкѣ сифона, устремляется во внутреннюю трубу, и наполнивъ его, выгоняетъ воздухъ наружу, вслѣдствіе чего заряжается сифонъ; дѣйствіе сифона продолжается до обнаженія нижняго края наружной трубы сифона, такъ какъ вступающій въ трубу воздухъ возстановляетъ атмосферное давленіе. Въ этомъ типѣ фирмой *Böcking* примѣнена вмѣсто закругленной крышки *Rogers Field* изогнутая крышка, уменьшающая объемъ воздуха, подлежащаго вытѣсненію.

Къ типу *Field Верингъ* добавилъ *дополнительный сифонъ*, облегчающій дѣйствіе главнаго сифона (черт. 338).

чер. 338.



чер. 339.



Дополнительный сифонъ начинаетъ дѣйствовать при зарядкѣ главнаго сифона и понижаетъ уровень гидравлическаго затвора до линіи *mn*, благодаря чему облегчается выходъ изъ главнаго сифона воздуха, увлеченнаго изливающейся чрезъ него водой.

Для зарядкѣ главнаго сифона послѣ образованія полнаго гидравлическаго затвора достаточно очень небольшого разрѣженія воздуха. Сифоны Веринга<sup>1)</sup> были примѣнены изобрѣтателемъ въ Мемфисѣ и пользуются довольно большимъ распространѣемъ въ сѣверо-американскихъ городахъ.

Въ Парижѣ весьма употребителенъ сифонъ системы *Geneste-Herschel* и *Carette*<sup>2)</sup> (черт. 339).

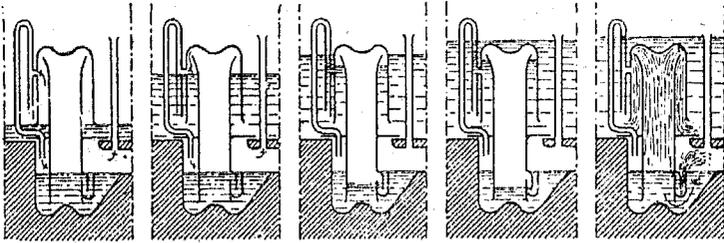
1) Waring, Sewerage and Land drainage.

2) Hervieu Traité pratique de la construction des égouts.

Сифонъ состоитъ изъ центральной трубы *s*, покрытой колпакомъ, въ которомъ сдѣлано отверстіе, соединяющее колпакъ съ регуляторной трубой *rr*; *ab*—малый сифонъ-разрядитель, *c*—гидравлическій затворъ. Регуляторная трубка *rr* служитъ для отвода воздуха изъ сифона въ нижнюю камеру, пока не будетъ затоплено отверстіе *p*. Трубка *f*, называемая *воздушной или барометрической*, служитъ для прохода атмосфернаго воздуха въ случаѣ затопленія нижняго кювета сифона.

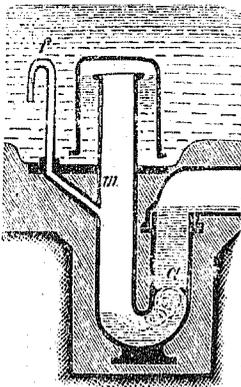
Дѣйствіе сифона начиаается послѣ затопленія отверстія *p* и извѣстнаго сжатія воздуха подъ колоколомъ; дополнительный сифонъ *п* въ этомъ случаѣ способствуетъ ускоренію зарядженія. Дѣйствіе сифона этой системы видно изъ черт. 340, гдѣ изображены пять послѣдовательныхъ фазъ положенія сифона по мѣрѣ поднятія уровня воды въ промывномъ резервуарѣ.

чер. 340.



Сифонъ системы Adams<sup>1)</sup> (черт. 341) представляетъ собой и-образную трубу *m* съ невысокимъ колоколомъ, въ короткомъ колѣнѣ котораго сдѣлано чугунное кольцо *a* для задерживанія малыхъ частицъ воздуха, вслѣдствіе чего выгоняемый изъ колокола воздухъ выходитъ сразу большими количествами. Это ускоряетъ зарядженіе сифона даже при слабомъ его питаніи. Баростатическая трубка *f* подводитъ воздухъ для быстрого прекращенія дѣйствія сифоновъ.

чер. 341.

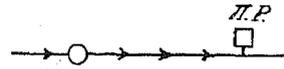


Кромѣ описанныхъ типовъ сифоновъ имѣются еще сифоны съ подвижными частями (van Yraken, Parenty), съ гидравлическимъ инсекторомъ (Kuntz) и съ неподвижными частями (Miller, Miller-Geiger, Marich, Doulton, Aimond и др.).

§ 4. Промывныя камеры. Промывныя камеры для слѣпыхъ концовъ устанавливаются по оси промываемыхъ каналовъ; въ нѣкоторыхъ случаяхъ такія камеры съ сифонами могутъ обслуживать два и даже три слѣпыхъ конца заразѣ (черт. 64—глава VII). Если же промываемая труба имѣетъ длину, большую, чѣмъ промывная волна, то по ея длинѣ устанавливаются дополнительные камеры;

1) См. Труды VIII Водопроводнаго Съѣзда, сообщеніе инженера Н. П. Доброумова, Проектъ канализаціи г. С.-Петербурга общества Брянскихъ заводовъ.

въ этомъ случаѣ ихъ приходится ставить сбоку, чтобы не задерживать движенія воды въ каналахъ. (черт. 342). Количество воды въ промывныхъ камерахъ зависитъ отъ диаметра и длины промываемой трубы и для трубъ небольшихъ сѣчоній колеблется въ предѣлахъ 2—4 куб. метровъ; въ Парижѣ камеры для промывки каналовъ вълѣдствіе большихъ ихъ размѣровъ дѣлаются отъ 6 до 8 кв. мет.



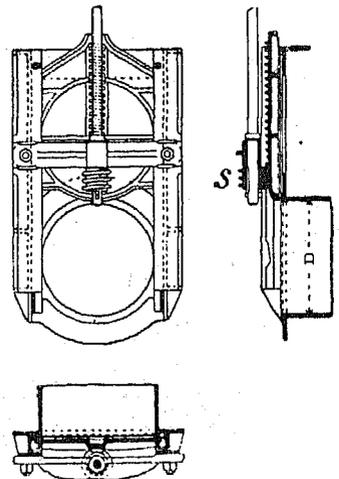
Диаметръ внутренней трубы сифоновъ дѣлается отъ 10 до 35 см. (сифонъ Geneste-Herscher), отъ 10 до 22,5 (Miller-Geiger) и т. под. Количество притекающей воды зависитъ отъ конструкции сифона, отъ диаметра промываемой трубы и др. факторовъ.

Такъ, напр., Geiger указываетъ, что для сифоновъ диаметромъ 10 см. должно притекать въ секунду 20 литровъ, для 15 см.—40 литровъ и 22,5 см.—80 литровъ.

§ 5. Промывка большихъ каналовъ. Промывка большихъ каналовъ требуетъ естественно и большихъ количествъ промывной воды, чѣмъ, конечно, и объясняется, что для ихъ промывки стараются использовать содержащуюся въ нихъ сточную воду, подпирая ее щитами разнообразной конструкции. Это представляется тѣмъ болѣе возможнымъ, что большіе каналы укладываются съ небольшими уклонами, и поэтому скопленіе сточной воды не вызоветъ большого подпора въ домовыхъ проходахъ. Щиты, которые здѣсь применяются, могутъ быть разбиты на двѣ группы: *подъемные* и *вращающіеся*, при чемъ они могутъ закрывать собой или все сѣченіе или только его часть.

Типы *подъемныхъ* щитовъ для большихъ каналовъ сходны съ типомъ, изображеннымъ на чертежахъ 332 и 333, отличаются лишь конструкціями приспособленій для подъема самыхъ щитовъ. *Подъемныя* конструкции пріобрѣтаютъ здѣсь большое значеніе, такъ какъ при подъемѣ щитовъ приходится преодолевать не только возрастающій съ размѣрами канала вѣсъ щита, но и давленіе, прижимающее щитъ къ своей рамѣ.

черт. 343.



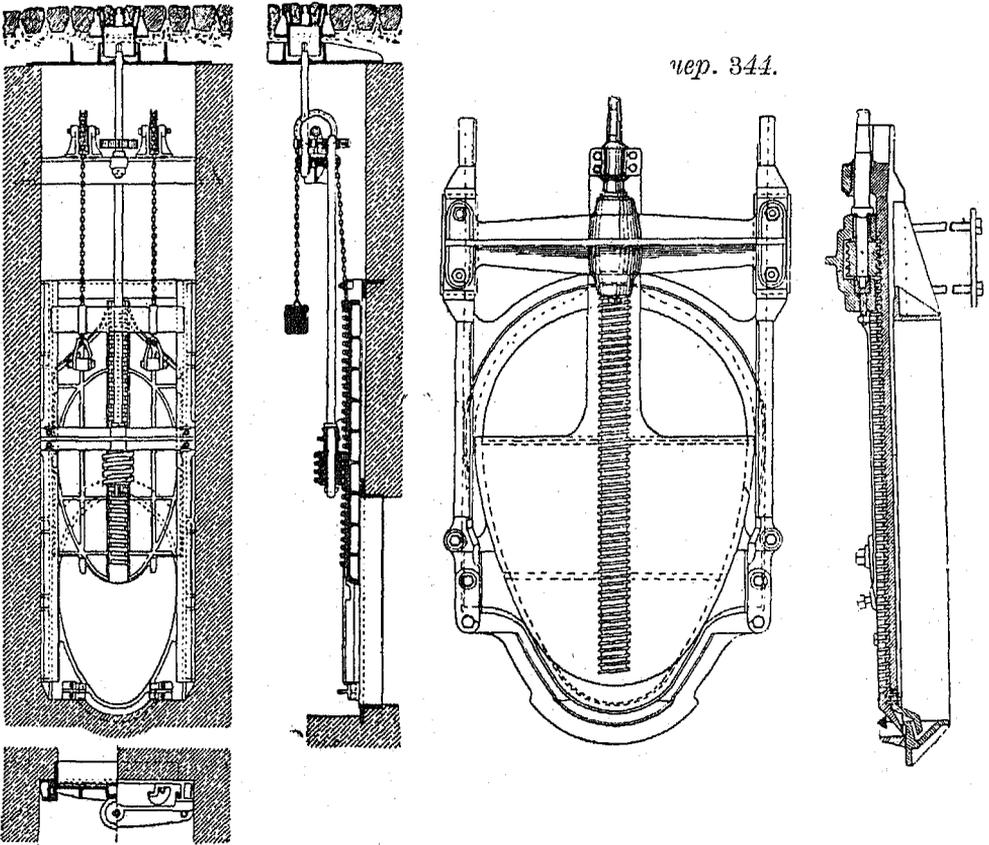
Одной изъ распространенныхъ въ Англіи конструкций щитовъ является изображенная на черт. 343, гдѣ движеніе производится *вращеніемъ штанги*, заканчивающейся *червякомъ* (безконечнымъ винтомъ), сѣвляющимся съ приделанной къ нему *кремальерой*. При большихъ щитахъ для сокращенія мертваго вѣса самого щита его уравниваютъ

*противовѣсомъ*, подвѣшеннымъ *на цѣпи*, перекинутой чрезъ *блoкъ* (черт. 343).

Въ разсмотрѣнныхъ нами типахъ происходитъ загрязненіе подъемнаго винта частицами, содержащимися въ сточныхъ водахъ, вслѣдствіе чего подъемъ ихъ затрудняется.

Поэтому въ *типѣ*, предложенномъ заводомъ *Geiger*, червякъ предохраненъ отъ загрязненія *чехломъ* и снабженъ приспособленіемъ для сма-

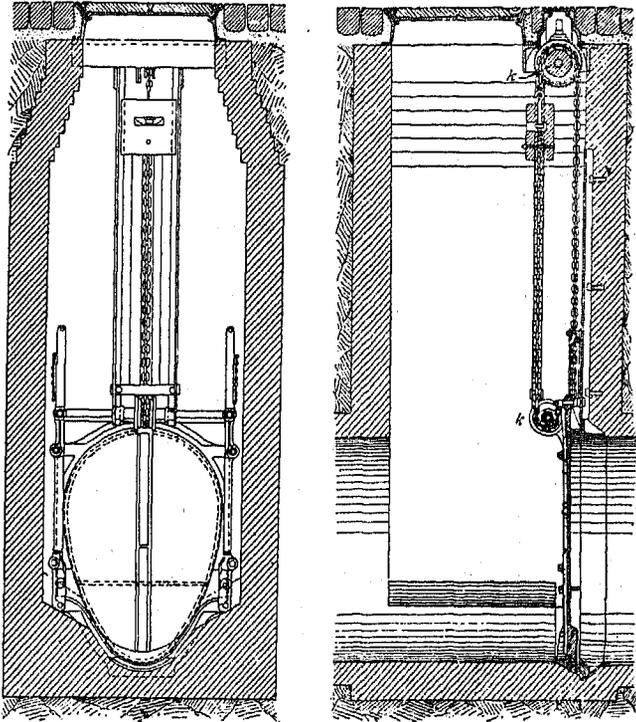
чер. 343.



зыванія (черт. 344); направляющіе рельсы сдѣланы изъ красной мѣди, а самый щитъ имѣетъ внизу двойное острое ребро, что ведетъ къ большей плотности запиранія. Наконечъ, на поверхности земли ось винта, входящая въ особый ящикъ, снабжена указателемъ, который позволяетъ видѣть положеніе щита, не прибѣгая къ открытію крышки смотрового колодца. Изображенный на черт. 344 щитъ не закрываетъ цѣпкомъ сѣченія, что сокращаетъ величину подпора воды за щитомъ; скопленное такимъ образомъ количество является въ большинствѣ случаевъ достаточнымъ для промывки большаго канала. Недостатокъ описанныхъ затворовъ—медленность ихъ

*открыванія, благодаря чему часть промывной воды, вытекая сравнительно съ небольшою скоростью, тратится бесполезно. Этотъ недостатокъ устраненъ въ слѣдующемъ типѣ (черт. 346), гдѣ движеніе червяка по кремальерѣ замѣнено движеніемъ безконечной цѣпи по зубчатымъ блокамъ.*

чер. 346.

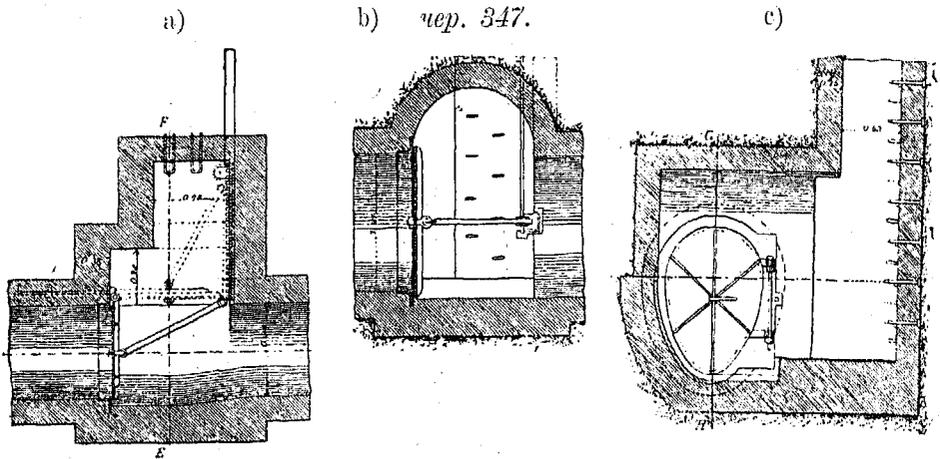


*Подъемъ щитовъ требуетъ для промывныхъ камеръ большой высоты, которой вслѣдствіе неглубокаго заложенія каналовъ съ одной стороны и большихъ размѣровъ каналовъ можетъ въ данномъ пунктѣ не быть. Въ этомъ случаѣ болѣе подходящимъ является примѣненіе *вращающихся щитовъ*, закрывающихъ также все сѣченіе или часть его.*

Вращающіеся щиты подвѣшиваются на петляхъ къ рамѣ, задрѣланной въ стѣнки колодца, вращаясь вокругъ вертикальной оси (чер. 347 а—с). Они запираются по направленію движенія воды, такъ что отпираніе ихъ вслѣдствіе напора воды происходитъ безъ всякаго труда. Вслѣдствіе этого приходится прибѣгать къ примѣненію сложныхъ приборовъ для плотнаго запиранія щита. На изображенномъ на чертежѣ 347 типѣ можно видѣть, что для запиранія пользуются штангой, соединенной шарнирами со щитомъ и съ кремальерой, которая скользитъ по охватывающимъ ее съ боковъ рельсамъ; самое же запираніе производится вращеніемъ вправо (помощью ключа съ

поверхности земли) вертикального стержня съ посаженной на него шестерней, которая, цѣпляясь за кремальберу, заставляетъ ее двигаться влѣво и помощью штанги закрывать щитъ.

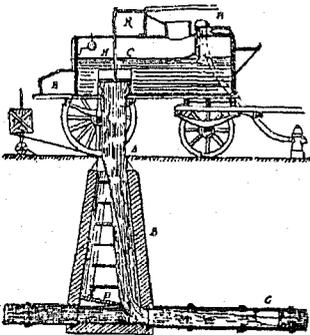
*Вращающіеся щиты* страдаютъ тѣмъ недостаткомъ, что влѣдствіе вращенія дверецъ промывной потокъ устремляется въ одну сторону,



что не остается безъ нѣкотораго вліянія на результаты промывки.

Вмѣсто многочисленныхъ описанныхъ нами постоянныхъ камеръ съ промывными приборами въ нѣкоторыхъ городахъ употребляютъ *подвижные промывныя бочки*, которыя подвозятся къ смотровому колодезю; послѣ прикрѣпленія отверстия промываемой трубы простымъ переноснымъ затворомъ

чер. 348.



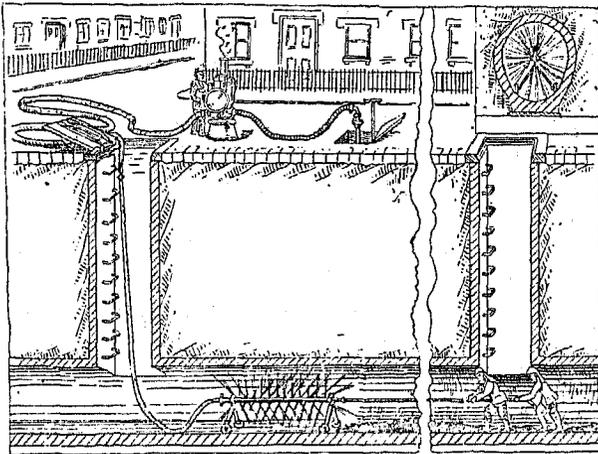
вода изъ бочекъ выливается въ смотровые колодезцы. Открывая клапанъ, производятъ промывку. Такъ, напримѣръ въ Нью-Хэвель (Сѣв. Америка) для такой промывки вблизи дна смотровыхъ колодезевъ устанавливаютъ наклонную рѣшетку, въ которую упирается труба В (черт. 348); съ этой трубой соединяется труба А, движущаяся въ подвижной бочкѣ посредствомъ рычажной передачи Н. Подобныя промывныя бочки применяются также въ нѣкоторыхъ городахъ Бельгій и Франціи.

Заслуживаетъ также вниманія интересный приборъ, который употребляется для промывки малыхъ и большихъ каналовъ и можетъ быть перемѣщенъ въ любомъ пунктѣ сѣти. Этотъ приборъ, называемый *гидравлическимъ промывателемъ* и изобрѣтенный *Merryweather*<sup>1)</sup> не только промываетъ ско-

<sup>1)</sup> Engineering, 1908 г.

пившіеся въ каналахъ осадки, но и моетъ стѣнки водостоковъ водой, вслѣдствіе чего онъ съ санитарной точки зрѣнія заслуживаетъ *глубокаго вниманія*. *Гидравлическій промыватель* (черт. 349) состоитъ изъ дырчатой трубы, передвигающейся на колесикахъ по каналу; труба эта протаскивается между смотровыми колодцами. Вода въ трубу поступаетъ изъ резиноваго рукава, соединяемаго съ ближайшимъ пожарнымъ краномъ. Опыты съ этимъ приборомъ были сдѣланы въ городѣ Eccles (близъ Манчестера). Эти опыты показали, что для прочистки 12"овой трубы протяженіемъ 120 англ. футовъ требуется всего 45 минутъ.

чер. 349.



Несмотря на установку и правильную работу промывныхъ приборовъ въ канализаціонной сѣти могутъ быть случайныя засоренія вслѣдствіе стремленія жителей бросать въ канализацію слишкомъ крупныя отбросы.

Далѣе и сама промывка не всегда достигаетъ цѣли, вслѣдствіе чего въ каналахъ образуются довольно плотныя наносы. Для удаленія такихъ осадковъ приходится прибѣгать къ примѣненію *механической очистки*, особенно *удобной для проходимыхъ каналовъ*. Изложеніе приѣмовъ по механической очисткѣ канализаціонной сѣти будетъ изложено ниже въ главѣ XXIII, посвященной эксплуатаціи канализаціи.

## Г Л А В А XVII.

§ 1. **Значеніе вентиляціи для канализаціонной сѣти.** Сточныя воды, протекающія по каналамъ и трубамъ канализаціонной сѣти, обладаютъ способностью подвергаться гнилымъ процессамъ, какъ бы хорошо ни были устроены и содержимы канализаціонные каналы; результатомъ процессовъ гніенія, какъ мы уже упоминали въ I главѣ, является образованіе дурно пахнущихъ газовъ (сѣроводорода, углекислоты, амміаку, и т. п.).

Если воздухъ не имѣетъ выхода изъ канализаціонной сѣти, онъ быстро загрязняется вслѣдствіе смѣшенія съ пахучими газами и протеканія по загрязненнымъ сѣткамъ каналовъ. Воздухъ подобнаго состава является *вреднымъ* главнымъ образомъ, вслѣдствіе примѣси къ нему *сѣроводорода*, который уже въ количествѣ 1,0—1,5<sup>0</sup>/<sub>00</sub> смертеленъ для человѣка, а вдыханіе его въ теченіе нѣсколькихъ часовъ при содержаніи 0,7<sup>0</sup>/<sub>00</sub> представляетъ серьезную опасность для здоровья; содержаніе углекислоты отъ 8 до 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> также угрожаетъ здоровью людей.

Воздухъ такого состава становится вреднымъ какъ для здоровья городского населенія, если онъ выходитъ изъ каналовъ у троттуаровъ, или попадаетъ черезъ водосточныя трубы въ жилища помѣщенія, такъ въ особенности для здоровья рабочихъ, занимающихся очисткой каналовъ. Для борьбы съ этимъ явленіемъ является необходимымъ устраивать канализаціонную сѣть такимъ образомъ, чтобы *въ ней было бы какъ въ засуху, такъ и во время ливня, обезпечено обновленіе воздуха*, причѣмъ свѣжій воздухъ поступалъ бы чрезъ серію предназначенныхъ для этой цѣли отверстій, а испорченный вытягивался бы чрезъ другую серію отверстій. Это достигается *раціонально устроенной вентиляціей*, о чемъ можно судить по анализамъ состава воздуха хорошо вентилируемыхъ каналовъ. Такъ, анализы показываютъ, что воздухъ хорошо вентилируемой сѣти содержитъ въ себѣ лишь слѣды сѣроводорода, едва замѣтныя количества амміаку, до 3,5<sup>0</sup>/<sub>00</sub> въ среднемъ углекислоты; воздухъ подобнаго состава, какъ подтверждаютъ свѣдѣнія наблюденія, уже *не оказываетъ на рабочихъ вреднаго вліянія*, тѣмъ болѣе еще и потому, что во время чистки каналовъ открываютъ крышки смотровыхъ колодцевъ для впуска свѣжаго воздуха.

*Количество бактерий*, которое содержится въ сточныхъ водахъ въ очень большомъ количествѣ (см. главу VI, *не переходитъ* въ такомъ количествѣ въ воздухъ каналовъ). Такъ по изслѣдованіямъ д-ра *Miquel'* въ воздухѣ парижскихъ каналовъ содержится микроорганизмовъ меньше, чѣмъ въ воздухѣ улицъ надъ ними. Это объясняется *полнымъ отсутствіемъ въ каналѣ пыли и постепеннымъ осажденіемъ микробовъ на влажную поверхность подѣ влияніемъ силы тяжести*. Нахождение микроорганизмовъ въ воздухѣ каналовъ раньше вызывало опасенія, что они являются причиной распространенія эпидемическихъ болѣзней; на этомъ и была основана англійская теорія коллекторныхъ газовъ (*sewer gas—theory*). Но съ развитіемъ Бактеріологіи были произведены многочисленные изслѣдованія, которые не подтвердили этихъ опасеній, и установили, что эпидемическія болѣзни не распространяются воздухомъ водосточныхъ каналовъ. Это отчасти можетъ зависеть отъ того, что *патогенныя бактерии погибаютъ въ борьбѣ съ болѣе сильными сапрофитными бактеріями*, содержащимися въ огромномъ количествѣ въ сточныхъ водахъ, или отъ того, что коллекторный воздухъ по выходѣ изъ каналовъ попадаетъ въ нижніе загрязненные слои городского воздуха.

Далѣе, *сведеніе* въ каналы *свѣжаго* атмосфернаго воздуха способствуетъ *окисленію* прилиплихъ къ стѣнкамъ каналовъ *органическихъ частицъ* и помогаетъ ихъ окисленію въ самой сточной водѣ, что не можетъ не отразиться на количествѣ выделяющихся изъ сточныхъ водъ газовъ.

Наконецъ, при помощи *вентиляціи* уравнивается *разница давленій внутри каналовъ и наружнаго воздуха*, благодаря чему въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ произойти нарушеніе работы водосточныхъ каналовъ. Такъ, при быстромъ наполненіи каналовъ дождевыми водами выветѣ съ водой нагнетается много воздуха, который въ случаѣ отсутствія вентиляціи можетъ, скопившись въ большихъ количествахъ, замедлять теченіе сточныхъ водъ, прорвать затворы домовыхъ приборовъ и такимъ образомъ установить *собщеніе жилыхъ помѣщеній съ каналами*. Обратнo, при спадѣ водъ, въ каналахъ происходитъ разреженіе воздуха, которое можетъ вызвать прорывъ водныхъ затворовъ домовыхъ приборовъ подѣ давленіемъ атмосфернаго воздуха т. е. и въ этомъ случаѣ установить *непосредственное собщеніе каналовъ съ жилыми помѣщеніями*.

Такимъ образомъ на обповленіе воздуха въ каналахъ оказываетъ известное влияніе дожди, заполняющіе стѣненіе каналовъ до верха, и промывка каналовъ; но эти факторы дѣйствуютъ періодически и потому являются недостаточными. Поэтому для постоянной вентиляціи необходимо создать условія, при которыхъ былъ бы обезпеченъ притокъ свѣжаго и выпускъ испорченнаго воздуха.

*Факторы*, которые обуславливаютъ собою *движеніе воздуха внутри каналовъ*, весьма многочисленны. Движеніе воздуха внутри каналовъ прежде всего поддерживается *разницей въ температурѣ и степени влажности коллекторнаго и уличнаго воздуха*. Въ теплые дни коллектор-

ный воздух бывает холоднее, а потому и тяжелее уличного, вследствие чего он движется вниз; в холодные дни—наоборот коллекторный воздух теплее уличного, такъ какъ онъ подогревается сточной водой, средняя температура которой 10—12 С°, и потому движется вверхъ. Однако въ различныхъ мѣстахъ сѣти въ одно и то же время движеніе воздуха можетъ происходить въ различныхъ направленіяхъ вследствие различнаго обогрева солнечными лучами отверстій для вентиляціи и выливанія горячей воды изъ ближайшихъ домовъ, а въ особенности бань и прачешныхъ. Далѣе оказываютъ вліяніе на направленіе движенія *уклоны каналовъ*, такъ какъ воздухъ, стремясь занять наивысшее положеніе, увлекается къ стѣннымъ концамъ сѣти. Затѣмъ нѣкоторое вліяніе оказываетъ *само движеніе сточныхъ водъ*, которое увлекаетъ за собой тонкій слой соприкасающагося съ нимъ воздуха, а слѣдовательно и *колебаніе горизонтовъ сточныхъ водъ* не безразлично для движенія канальнаго воздуха. Потомъ незначительное вліяніе оказываетъ *треніе воздуха о стѣнки каналовъ и о поверхность сточныхъ водъ*.

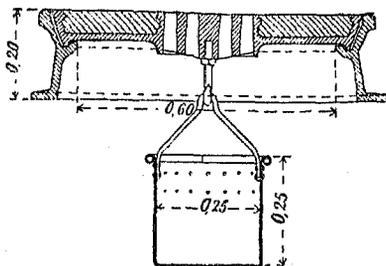
Наконецъ *подъ дѣйствіемъ вѣтровъ* возможно или задуваніе уличнаго воздуха или высасываніе коллекторнаго воздуха наружу; замѣтнымъ вліяніе вѣтра является при *открытыхъ устьяхъ ливнеотливовъ и всей канализаціонной сѣти*.

Вследствие многочисленности различныхъ факторовъ, обуславливающихъ движеніе воздуха въ уличныхъ каналахъ, и непостоянства ихъ дѣйствія было бы весьма трудно учесть *теоретическимъ путемъ ихъ взаимодѣйствіе* и потому можно или ограничиться изученіемъ нѣкоторыхъ наиболее важныхъ факторовъ или же устраивать вентиляцію, исходя изъ данныхъ, освѣщенныхъ долготѣннымъ опытомъ.

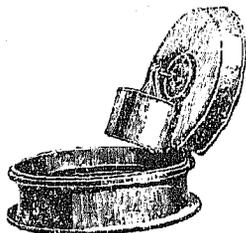
**§ 2. Устройство вентиляціи.** *Вентиляція каналовъ общесплавной системы* должна правильно работать какъ во время дождей, такъ и въ сухую погоду, для каковой цѣли канализаціонная сѣть должна обладать серіей *впускныхъ отверстій для уличнаго воздуха и выпускныхъ отверстій для испорченнаго коллекторнаго воздуха*. Специально устроенныя *впускныя отверстія* представляются необходимыми, такъ какъ существующія отверстія дождеприемниковъ во время ливней при полномъ заполненіи каналовъ будутъ залиты водой; поэтому впускныя вентиляціонныя приспособленія представляютъ собой трубу, однимъ концомъ примыкающую къ шельфъ сводовъ, а другимъ, выходящимъ на поверхность уличной мостовой. Для этой цѣли очень часто приспособляютъ смотровые и ламповые колодцы, устраивая въ нихъ дырчатые крышки. Для того, чтобы чрезъ эти отверстія смотровыхъ колодцевъ не проваливалась бы грязь, къ такимъ крышкамъ прикрѣпляютъ *на шпичкахъ ведра изъ оцинкованнаго жельза* (черт. 350); шарнирное прикрѣпленіе ведра дастъ возможность открывать крышку, не снимая ведра (черт. 351).

Другимъ способомъ для предотвращения попадания грязи является *отнесение вентиляционныхъ отверстій въ сторону въ видѣ небольшой*

чер. 350.

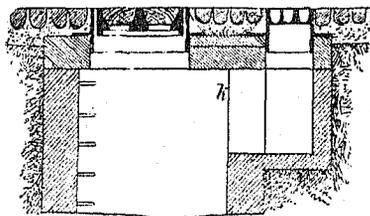


чер. 351.

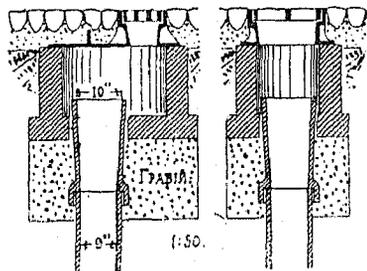


дырчатой крышки, подъ которой устраиваютъ маленькій осадочный колодець (черт. 352). Примѣненіе этого приѣма къ *ламповому колодцу* заставляетъ лишь только нѣсколько отодвинуть ось вентиляціонной трубы отъ оси крышки (черт. 353)

чер. 352.



чер. 353.

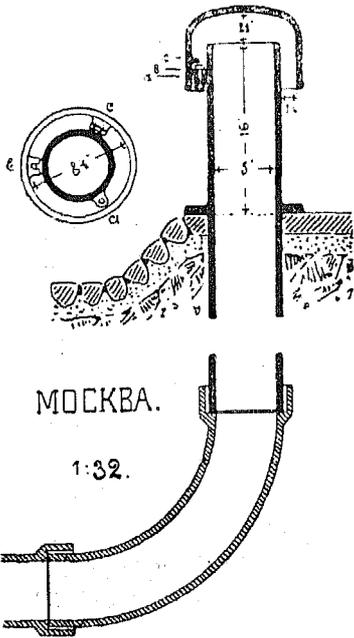


Подобные вентиляціонные колодцы устанавливаются на такихъ каналахъ, гдѣ разстояніе между смотровыми колодцами велико; діаметръ вентиляціонной трубы дѣлается въ 15—25 см. Въ сѣверныхъ городахъ подобныя отверстія, лежація на поверхности мостовой, легко забиваются снѣгомъ; поэтому болѣе практичнымъ является устраивать выпускныя отверстія на нѣкоторой высотѣ отъ мостовой. Къ такимъ устройствамъ принадлежатъ примѣненныя въ г. Москвѣ и Ц. Селѣ *вентиляціонныя тумбы*, которые отнесены къ троттуарамъ и соединены керамиковыми трубами съ каналами (черт. 354).

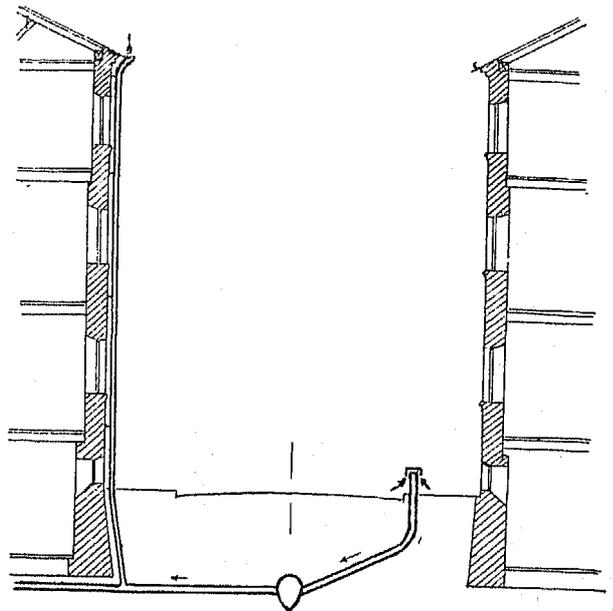
При расположеніи, показанномъ на черт. 353, опусканіе въ колодець лампы становится неудобнымъ, почему эти колодцы получаютъ названіе *вентиляціонныхъ*, такъ какъ онѣ служатъ исключительно цѣлямъ вентиляціи. При этомъ слѣдуетъ имѣть въ виду, что вентиляціонные колодцы и тумбы въ случаѣ опрокидыванія тяги могутъ превратиться въ выпускныя отверстія, и такимъ образомъ являться *источниками зловонья на мостовой и троттуарахъ*. Для предотвращения подобныхъ явленій стремятся

поднять впускныя отверстія на большую высоту; для такихъ устройствъ является удобнымъ использовать полые столбы трамваевъ, дождевыя водосточныя трубы или устраивать спеціальныя столбы или вентиляціонныя

чер. 354.

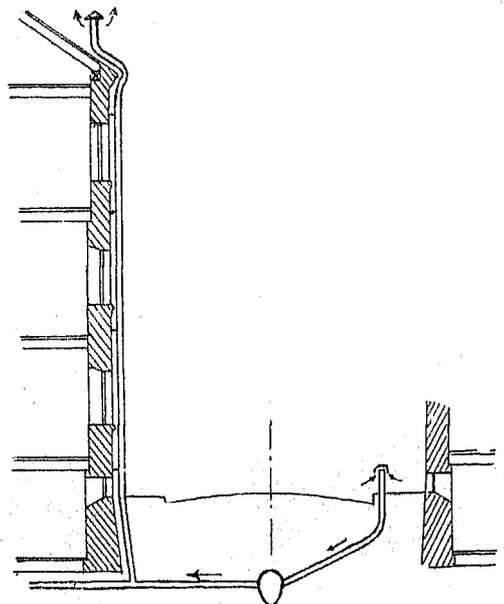


чер. 355.



трубы по стѣнамъ домовъ. Впускныя отверстія необходимо располагать на такой высотѣ, чтобы выходящій изъ каналовъ воздухъ никоимъ образомъ не могъ попадать въ жилища помѣщенія, для чего они должны помѣщаться надъ крышами строепій. Изъ этого ясно, что въ качествѣ впускныхъ отверстій можно было бы пользоваться дождевыми водосточными трубами (черт. 355) или особыми вентиляціонными трубами (черт. 356) или фановыми трубами (черт. 357).

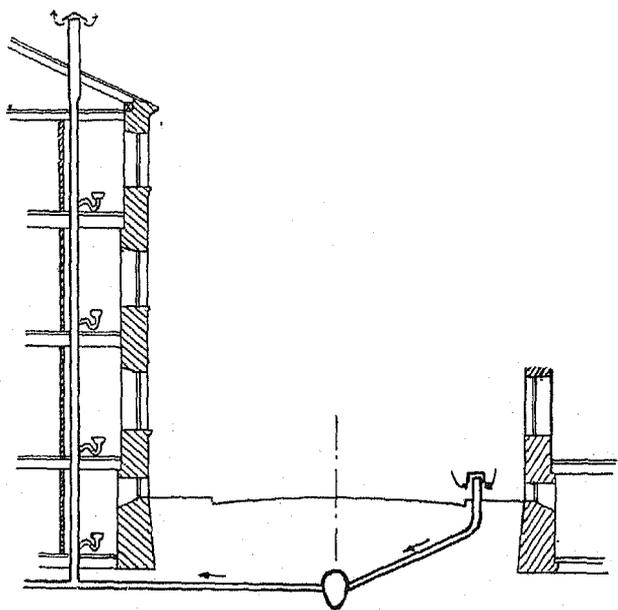
чер. 356.



Но дождевыя водосточныя трубы во время ливня не только служатъ для выпуска испорченнаго воздуха, но наоборотъ вмѣстѣ съ дож-

девой водою сами нагнетают воздухъ въ огромномъ количествѣ; кромѣ того въ жаркіе дни возможно опрокидываніе тяги т. е. водосточныя трубы стануть впускать воздухъ, а вентиляціонныя колоды или тумбы выпускать воздухъ и заражать имъ уличный воздухъ. *Спеціальныя вентиляціонныя тумбы*, конечно, не обладаютъ первымъ недостаткомъ трубъ, но зато въ нихъ также можетъ свободно проявиться обратная тяга.

чер. 357.



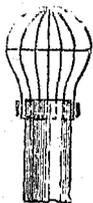
Поэтому самой простой системой вентиляціи является вентиляція черезъ фановыя трубы, которыя для этой цѣли продолжаютъ и выводятся сквозь крышу. Въ нихъ вслѣдствіе об-

оорѣванія ихъ теплою жилищныхъ помѣщеній случаи обратной тяги могутъ представить весьма рѣдкое явленіе. Диаметръ верхней части фановыхъ трубъ (вентиляціонныхъ) дѣлается болѣе на 2 д. (50 мм.) стойка вслѣдствіе возможности уменьшенія ея сѣченія инеемъ влажного коллекторнаго воздуха <sup>1)</sup>. *Выходныя отверстія фановыхъ трубъ* должны быть удалены отъ мансардныхъ оконъ, дымовыхъ трубъ и другихъ отверстій, черезъ которыя возможно сообщеніе съ жилищными помѣщеніями. Во избѣжаніе задуванія вѣтра концы фановыхъ трубъ или снабжаются *широкими защитными колпачками* (черт. 358) или *проволочными сетками* (черт. 359) или загнбаются внизъ.

чер. 358.



чер. 359.



Фановыя трубы ни въ коемъ случаѣ не должны впускаться въ дымоходы или въ какіе либо вентиляціонныя каналы, устроенныя въ толщѣ домовыхъ стѣнъ, такъ какъ въ обоихъ случаяхъ возможно прониканіе коллекторнаго воздуха въ жилища помѣщенія.

Вентиляція черезъ фановыя трубы не устраняетъ возможности непосредственнаго соединенія водосточныхъ

<sup>1)</sup> В. Ф. Ивановъ. Санитарная техника. Томъ I, вып. I. Устройство водопроводовъ и водосточковъ въ домахъ.

трубъ съ канализаціонной сѣтью, которыя въ данномъ случаѣ будутъ вспомогательными отверстіями для *впуска свѣжаго воздуха въ сѣть*.

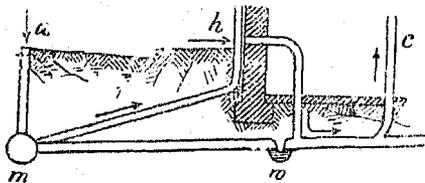
Если въ домѣ имѣется нѣсколько фановыхъ трубъ, то всѣ онѣ выводятся сквозь крышу и участвуютъ въ вентиляціи каналовъ; если нѣкоторыя изъ нихъ будутъ проходить сквозь холодныя помѣщенія, то легко можно предположить, что онѣ въ теплые дни будутъ не *вытяжными*, а *впускными* трубами.

Вентиляція чрезъ фановыя трубы получила за послѣднее время широкое распространеніе въ Германіи (Данцигъ, Берлинъ, Висбаденъ, Мангеймъ, Франкфуртъ на Майнѣ и др.) У насъ въ Москвѣ для изученія этого вопроса были произведены опыты подъ наблюденіемъ комиссіи, бывшей подъ предсѣдательствомъ профессора Эрнсмана <sup>1)</sup>, которая также признала *вентиляцію чрезъ уличныя тубы и фановыя трубы наилучшей*. Кроме Москвы она у насъ примѣнена въ Варшавѣ, Кіевѣ, Царск. Селѣ, Ростовѣ на Дону и др. городахъ.

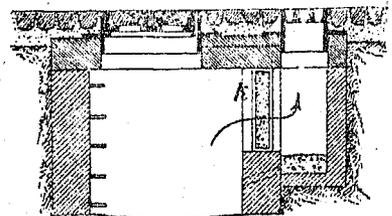
Схема вентиляціи (черт. 357) съ рашнымъ уснѣхомъ можетъ быть для узкихъ улицъ замѣнена схемой, гдѣ впускными трубами вмѣсто тубъ являются водосточныя и вентиляціонныя трубы.

Къ этой простой формѣ современной вентиляціи водосточной сѣти санитарныя инженерныя пришли не сразу и примѣняли различныя болѣе или менѣе дорогіе и сложныя приемы. Такъ, вслѣдствіе господствовавшей въ Англіи теоріи распространенія коллекторными газами эпидемическихъ болѣзней стремились отдѣлнить домовую сѣть отъ уличной *раздѣлительными сифонами*, вслѣдствіе чего приходилось каждую сѣть вентилировать отдѣльно (черт. 360); въ настоящее же время этотъ методъ признанъ *негоднымъ съ санитарной точки зрѣнія*, такъ какъ съ одной стороны самыя затворы, легко засоряясь, были пунктомъ *естественаго отложенія грязи*, и съ другой стороны вентиляція уличныхъ каналовъ производилась чрезъ водосточныя или вентиляціонныя трубы, при которыхъ не устранялась *возможность обратной тяги*. Затѣмъ были попытки обезвредить коллектор-

черт. 360.



черт. 361.



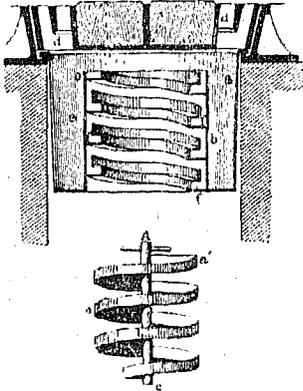
ный воздухъ *зведеніемъ въ сточныя воды химическихъ реактивовъ* (хлора, серной кислоты) или обезвреживаніемъ сточныхъ водъ *озономъ*, по

<sup>1)</sup> Докладъ подкомиссіи для производства опытовъ надъ вентиляціей въ сточныхъ трубахъ. Москва 1895 г.

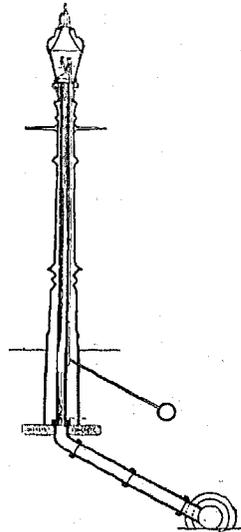
и эти попытки, какъ весьма дорогія и требовавшія усложненія эксплуатаціи давно были оставлены.

Далѣе для устраненія отъ смотровыхъ колодцевъ зловонія при обратной тягѣ пытались снабжать вентиляціонныя части *фильтрами изъ абсорбирующихъ матеріаловъ* (древеснаго угля, сухой земли и пр.). Одинъ изъ подобныхъ фильтровъ (сист. Rawlinson'a) изображенъ на черт. 361. Эта конструкция отличается отъ показанной на чертежѣ 352 добавленіемъ корзинки съ древеснымъ углемъ, чрезъ которую долженъ пройти воздухъ прежде, чѣмъ попасть наружу. Известный англійскій инженеръ Latham предложилъ другой фильтръ, въ которомъ стремился уменьшить сопротивленіе при проходѣ воздуха чрезъ угольную корзинку Rawlinson'a. Для этой цѣли онъ подвѣсилъ къ крышкѣ смотрового колодца ведро *aa* (черт. 362), въ кото-

чер. 362.



чер. 363.



рое онъ вставилъ бездонное ведро *bb*; въ послѣднее онъ вставилъ винтовой желобъ *f*, на которомъ онъ насыпалъ слой угля. Чтобы дождевая вода не попадала бы въ фильтры, на верху центрального ведра сдѣлано отверстіе *o*, чрезъ которое она стекаетъ въ большое ведро. Фильтры подобнаго типа оказались *весьма неудобными на практикѣ*, не говоря уже объ ихъ дороговизнѣ и въ настоящее время совершенно оставлены. Изъ новѣйшихъ устройствъ, дѣлающихъ излишнимъ вентиляцію чрезъ фановыя трубы, являются *газовые фонари особой конструкции, предложенныя Webb'омъ* <sup>1)</sup> (черт. 363).

Фонарь Webb'a представляетъ собой газовый фонарь, получающій газъ изъ городского газопровода и потребляющій въ часъ 15 куб. фут. свѣтительнаго газа. Вентиляціонная труба, сдѣланная изъ мѣди, даетъ выходъ коллекторнымъ газамъ, которые сгораютъ въ пламени газовой горѣлки. Такъ какъ температура горѣнія здѣсь доходитъ до 288° С. то этотъ фонарь играетъ роль *сильнаго*

*побудителя тяги.* Эти фонари были применены во многих городах Англии, Парижъ, Неаполь, Мельбурнъ. Фонари Webb'a являются удобнымъ для вентиляціи общественныхъ подземныхъ клозетовъ, но, какъ система въ особенности при существованіи въ городахъ электрическаго освѣщенія, представляется невыгодной и при томъ требующей дневного горѣнія фонарей.

Далѣе слѣдуетъ упомянуть, что для усиленія тяги въ каналахъ прибѣгали къ постройкѣ высокихъ вентиляціонныхъ *башенъ*, въ которыхъ подогрѣвался воздухъ, но опытъ 2 построенныхъ во Франкфуртѣ на Майнѣ кирпичныхъ башенъ (діам. 1,5 мет., высотой 25—30 мет.) показалъ, что ихъ вытяжное дѣйствіе обнаруживается на сравнительно небольшомъ районѣ. Болѣе практичнымъ является присоединеніе *каналовъ къ дымовымъ трубамъ фабрикъ и заводовъ*, если конечно, это не отразится на правильности предназначенной для ихъ работы. Такъ, введеніе огромныхъ количествъ холоднаго воздуха можетъ способствовать сильному пониженію ихъ вытяжной способности; поэтому желательнѣе имѣть на вентиляціонныхъ каналахъ задвижки и вести учетъ вытягиваемаго воздуха анемометрами.

Въ заключеніе мы упомянемъ, что для усиленія тяги пытались прибѣгнуть къ механической вентиляціи водосточковъ.

Одной изъ такихъ системъ является предложенная *инженерами Шонномъ и Аультомъ* и примененная въ Англии *механическая вентиляція стоковъ*, описаніе которой мы дадимъ ниже при общемъ изложеніи пневматической *канализаціи по системѣ Шона*.

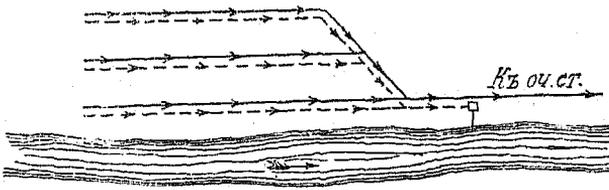
Но и эти сравнительно совершенные способы не получили широкаго распространенія вълѣдствіе усложненія первоначальнаго устройства и болѣе высокой стоимости ихъ эксплуатаціи.

1) Moore, Sanitary Engineering.

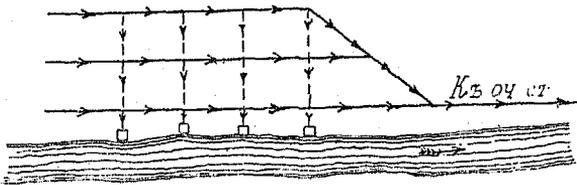
## ГЛАВА XVIII.

§ 1. Полная раздѣльная сплавная система. Какъ мы уже упоминали въ главѣ IV, *полная раздѣльная сплавная система* состоитъ изъ *двухъ отдѣльныхъ сетей каналовъ*: одной для домовыхъ водъ и другой для дождевыхъ водъ. При начертаніи сетей для обѣихъ системъ могутъ быть три случая: обѣ сети главныхъ коллекторовъ идутъ по одному направленію (черт. 363) или по разнымъ направленіямъ (черт. 364) или сначала по

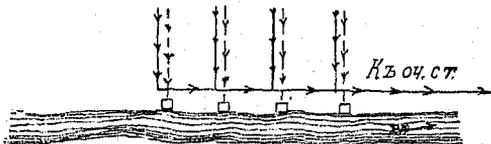
чер. 363.



чер. 364.



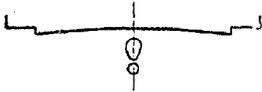
чер. 365.



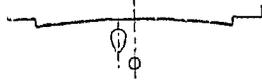
одному направленію, а затѣмъ по разнымъ (черт. 365). Первая схема, въ которой главные коллекторы устроены по параллельной схемѣ, применима въ томъ случаѣ, когда *дождевые воды* подвергаются *несложной очисткѣ до выгнуска въ рѣку*, а вторая и третья, когда дождевые воды спускаются

безъ очистки въ водные протоки; впрочемъ и въ этомъ случаѣ возможно устраивать осадочныя камеры предъ выпускомъ въ рѣку. Устройство особой дождевой сѣти прибавляетъ еще лишній проводъ къ уличнымъ проводамъ. Простѣйшимъ расположеніемъ будетъ помѣщеніе дождевого канала надъ домовымъ, при чемъ оси каналовъ могутъ быть или на одной оси (черт. 367) или же будутъ слегка сдвинуты (черт. 368);

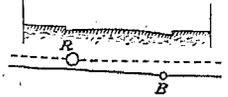
чер. 367.



чер. 368.

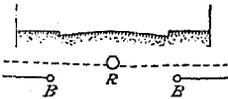


чер. 369.

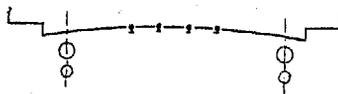


Послѣднее расположеніе возможно при хорошихъ грунтахъ, и поэтому его нерѣдко замѣняютъ совершенно независимымъ расположеніемъ проводовъ (черт. 369). Въ широкихъ улицахъ дождевые провода помѣщаются по срединѣ улицъ, а домовыя трубы устраиваются двойными (черт. 370);

чер. 370.



чер. 371.



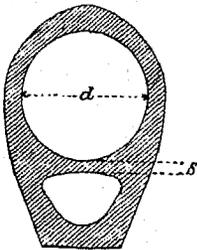
чер. 372.



если же на улицахъ проходятъ трамваи или имѣются бульвары, то и дождевые провода устраиваются двойными по одной изъ слѣдующихъ схемъ (черт. 371—372). Изъ этихъ схемъ ясно, что дождевые и домовыя каналы

или *располагаются одинъ надъ другимъ на одной оси или на близкомъ разстояніи другъ отъ друга или устраиваются совершенно независимо другъ отъ друга.* Первое расположеніе заставляетъ или заключать домовыя каналы въ бетонные массивы, на которыхъ можно установить дождевые каналы или строить изъ бетона спеціальныя двухъярусныя каналы, предложенныя инженеромъ Metzger<sup>1)</sup> черт. 373.

чер. 373.



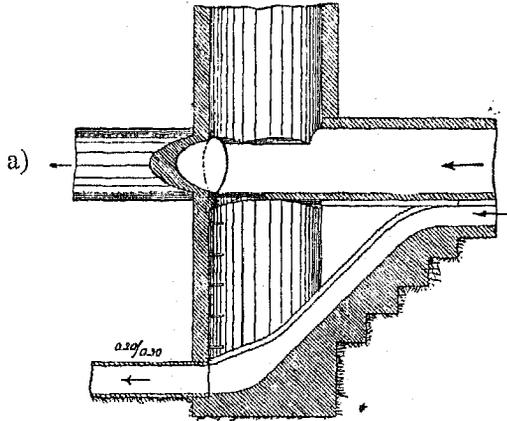
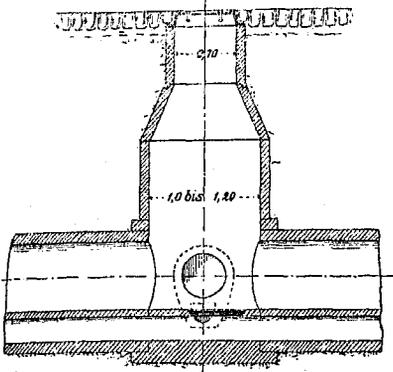
Построенная инженеромъ Metzger'омъ въ г. Бромбергъ (Германія) канализаціонная сѣть имѣетъ 9 типовъ каналовъ, гдѣ діаметръ верхняго канала измѣняется чрезъ каждыя 100 мм., начиная съ 300 мм. и кончая 900 мм.; толщина  $s$  въ различныхъ типахъ колеблется между 50 и 80 мм. Двухъярусныя каналы требуютъ для себя смотровыхъ колодцевъ особой конструкціи. На черт. 374 ( $a-b$ ) показанъ типъ *смотрового бетоннаго колодца* для Бромбергской канализаціи; отличие его отъ обычнаго колодца общесплавной системы въ *большемъ уширеніи его внизу для дождевыхъ водъ* и въ примѣненіи для прочистки домовыхъ трубъ *отверстій, закрываемыхъ стѣнными*

<sup>1)</sup> Metzger, Mitteilungen ueber ausgeführte Trennkanalesation Techn. Gemeindeblatt, 1903.

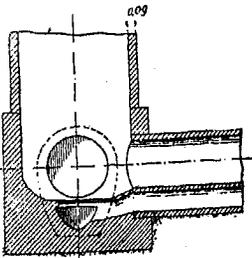
чугунными крышками. Затѣмъ здѣсь боковые каналы нѣсколько приподняты относительно главнаго во избѣжаніе подпора.

а) чер. 374.

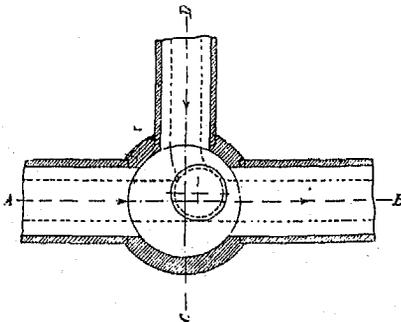
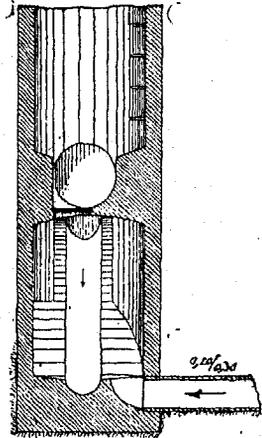
чер. 375.



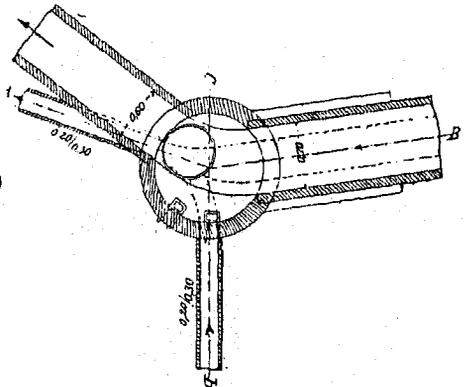
b)



b)



c)

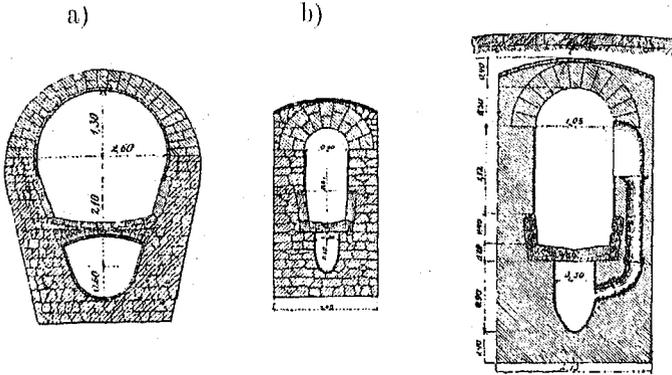


На черт. 375 а—с показанъ колодезь, гдѣ происходитъ раздѣленіе домовыхъ каналовъ, которые черезъ дюкеръ направляются на поля орошенія, отъ дождевыхъ каналовъ, выпускаемыхъ непосредственно въ рѣку.

Двухъярусные каналы также были применены вследствие малой ширины улицъ въ г. Неаполь<sup>1)</sup>, часть котораго канализирована по полной раздѣльной системѣ. Неаполитанскіе каналы сдѣланы изъ бутовой кладки (черт. 376), при чемъ нижнія части выложены тесанымъ камнемъ, а внутреннія поверхность смазана цементнымъ растворомъ. Въ тѣхъ случаяхъ, когда желали использовать дождевыя воды для промывки каналовъ, устраивали въ дождевыхъ каналахъ переливную трубу (черт. 377).

чер. 376.

чер. 377.



Двухъярусные каналы являются удобными въ томъ отношеніи, что они занимаютъ немного больше мѣста, чѣмъ общесплавные, и поэтому являются весьма пригодными для узкихъ улицъ. Но за ними имѣется одинъ недостатокъ—это необходимость придавать каналамъ обѣихъ стѣнъ по конструктивнымъ соображеніямъ параллельные уклоны дна, что можетъ быть затруднительнымъ для домовыхъ трубъ, гдѣ вследствие незначительности расходовъ приходится употребить болѣе крутые уклоны; это налагаетъ на строителя необходимость *примѣнять такіе каналы только въ такихъ улицахъ, которыя сами имѣютъ достаточные уклоны.*

Въ случаѣ же невозможности выполнения этого требованія приходится прибѣгать ко второму типу расположенія каналовъ (черт. 368), какъ дающему полную свободу въ распределеніи уклоновъ и подборъ стѣнъ.

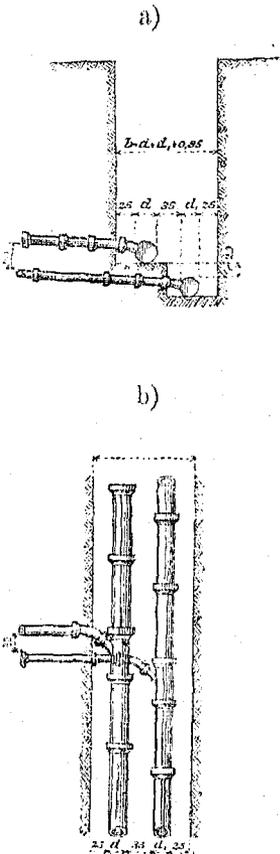
При такомъ расположеніи каналовъ является возможнымъ устройство обѣихъ рвовъ, если трубы сдвинуты другъ отъ друга на незначительное разстояніе. Ширина рвовъ должна быть такъ рассчитана, чтобы было бы можно возвести, не мѣняя направленія водосточныхъ линий, стѣнку смотрового колодца; вертикальное же разстояніе между каналами должно сообразоваться съ возможностью устроить домовыя отвлѣченія съ необходимыми для нихъ уклонами. Подобная система была применена въ г. Бармен<sup>2)</sup>, который

1) Zeit für Arch. und Ingenieurwesen, 1897, Städtebauten in Italien von Ross.

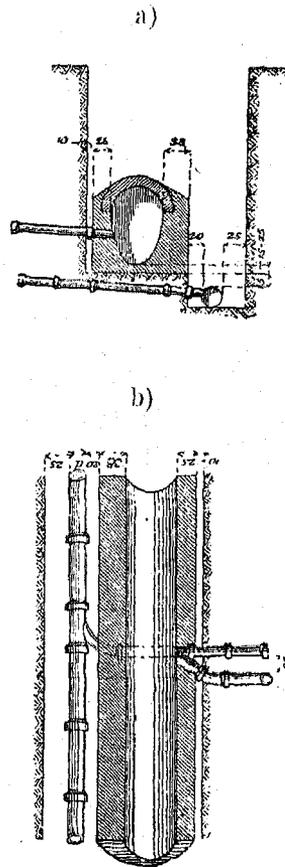
2) Vespermann, Die Kanalisation der Stadt Barmen nach Trennverfahren, Zeit f. Bauwesen 1902.

страдалъ отъ наводненій р. Вуппера; во время этихъ наводненій общесплавная канализация была бы затоплена, *вслѣдствіе чего домовья воды выступили бы на поверхность*. Поэтому тамъ остановились на примѣненіи *полной раздѣльной системы*. Ширина рвовъ для трубъ круглыхъ сѣченій исчислялась по формулѣ  $b=d+d_1+0,85$  (черт. 378 а—б) а для большихъ каналовъ зависѣла отъ ихъ размѣровъ. Черт. 379 а—б указываетъ подобный случай для расположенія въ одномъ рвѣ оvoidальнаго и круглаго каналовъ.

чер. 378.



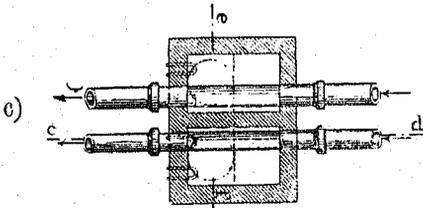
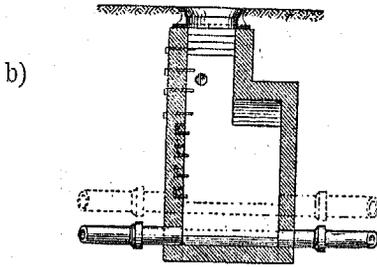
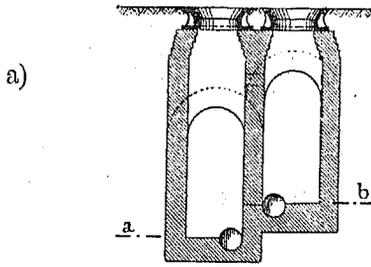
чер. 379.



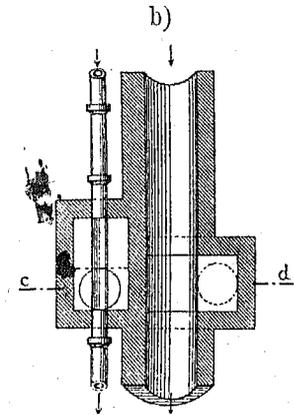
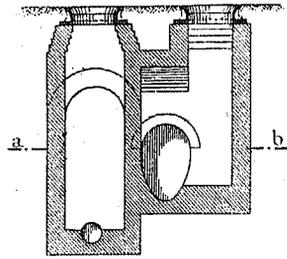
Смотровые и соединительные колодезъ были сдѣланы изъ кирпича черт. 380 представляетъ собой смотровой колодезъ въ случаѣ устройства обѣихъ водосточныхъ линий изъ трубъ небольшого діаметра; желоба для обѣихъ трубъ расположены у средней стѣнки для возможнаго сокращенія необходимой ширины рвовъ. Черт. 381 представляетъ собой смотровой колодезъ для линий, уложенныхъ по черт. 379.

Чертежи 382—385 представляют собой колодцы для соединения нескольких линий и для поворота их под углом.

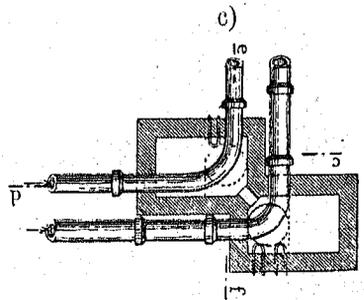
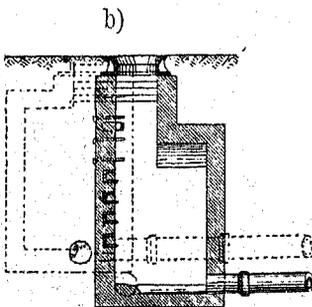
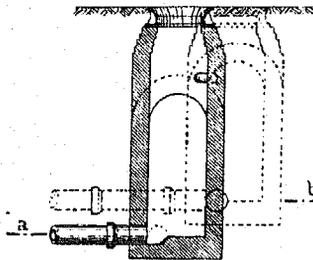
чер. 380.



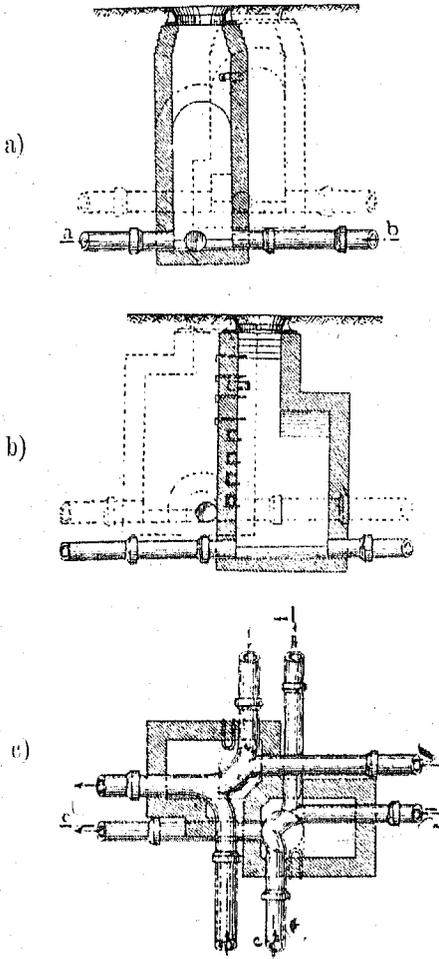
чер. 381. a)



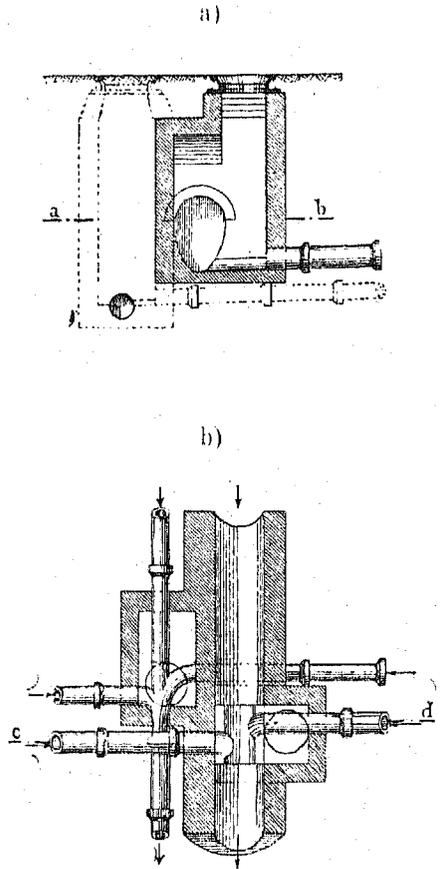
чер. 382. a)



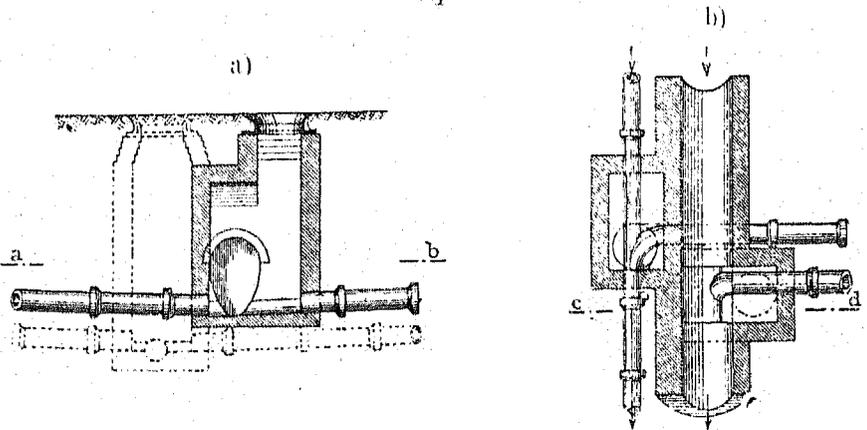
*чер. 383.*



*чер. 384.*



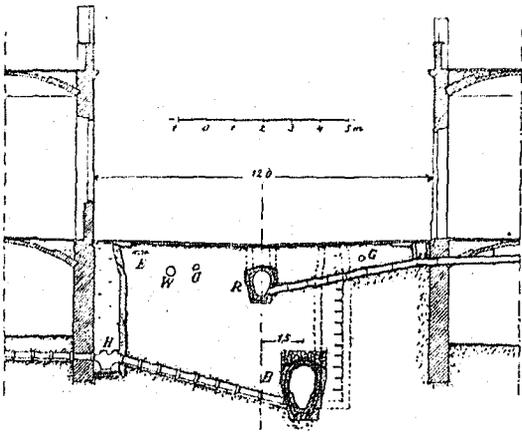
*чер. 385.*



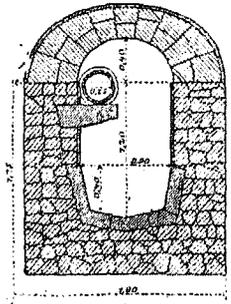
Устройства, подобныя г. Бармену, применены въ г. Кельге въ частяхъ, подверженныхъ наводненіямъ Рейна; самъ же городъ канализированъ по общесплавной системѣ. Подобная комбинація общесплавной системы съ полной раздѣльной встрѣчается и въ другихъ городахъ Западной Европы.

Примѣръ устройства *двухъ независимыхъ сѣтей* даетъ г. Туринъ (черт. 386), въ которомъ принята наименьшая глубина заложения домовыхъ каналовъ въ 4,5 метра; это даетъ возможность *устраивать безъ затрудненія пересѣченія домовыхъ съ дождевыми каналами*, направляющимися непосредственно въ р. По. Наконецъ упомянемъ еще о *возможности помѣщенія домового канала съ дождевымъ*, если послѣдній заложенъ

чер. 386.



чер. 387.

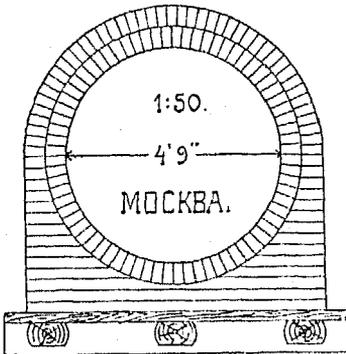


жесть ниже домовыхъ каналовъ и доступенъ для прохода рабочихъ. Подобный случай имѣетъ мѣсто въ одной изъ канализаціонныхъ зонъ г. Неаполя (черт. 387), въ некоторыхъ каналахъ Париска и др. Эта конструкція можетъ еще быть применима, *если одновременно съ устройствомъ канализаціи перекрываются глубокіе овраги или ручьи*, такъ какъ въ этомъ случаѣ имѣются и достаточныя размѣры каналовъ и ихъ глубокое заложеніе.

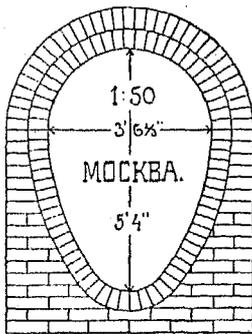
§ 2. **Неполная раздѣльная система.** Неполная раздѣльная сплавная система требуетъ устройства только одной подземной сѣти каналовъ для домовыхъ водъ, причѣмъ атмосферныя воды отводятся уличными лотками въ ближайшіе водные протоки. *Такъ какъ по домовымъ проводамъ протекаютъ весьма незначительныя количества сточныхъ водъ, составляющія отъ 1 до 3% расходовъ каналовъ общесплавной системы, то размѣры домовыхъ каналовъ получаются весьма незначительными.* Поэтому здѣсь круглыя (керамиковыя) трубы нерѣдко составляютъ отъ 75 до 90% всего протяженія канализаціонной сѣти. (Москва, Харьковъ, Астрахань); въ небольшихъ же городахъ возможно обойтись для устройства всей канализаціонной сѣти одними керамиковыми трубами (Ц.-Село). Подборъ

сѣченій трубъ неполной раздѣльной системы производится на тѣхъ же теоретическихъ основаніяхъ, что и общесплавной; только здѣсь въ дѣйствіе постоянства расхода и для главныхъ коллекторовъ употребляютъ круглыя сѣченія (черт. 388). Конструкція всѣхъ канализаціонныхъ устройствъ та же, что и для общесплавной системы. Для подтвержденія этого приведемъ нѣкоторые конструктивные детали канализаціи г. Москвы.

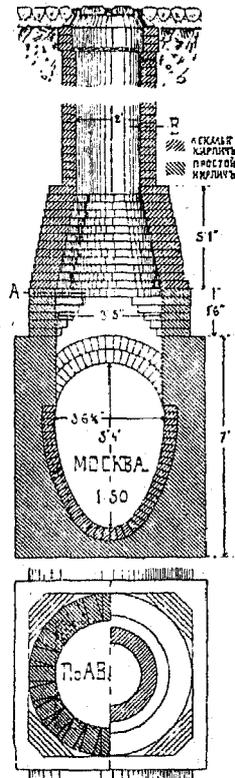
чер. 388.



чер. 389.



чер. 390.



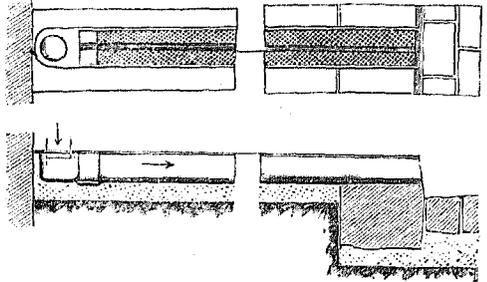
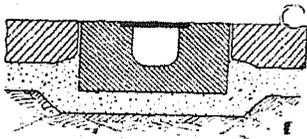
Чертежи 388 и 389 представляютъ собой типы главныхъ кирпичныхъ коллекторовъ гор. Москвы; чер. 390—смотровой колодець для коллектора, верхняя часть котораго сдѣлана изъ лекальнаго кирпича.

*Отведение атмосферныхъ водъ* при неполной раздѣльной системѣ, какъ мы уже упоминали выше, производится *уличными лотками*, которые располагаются непосредственно у троттуаровъ при выпукломъ профилѣ улицы или по срединѣ улицъ при вогнутомъ ихъ профилѣ. При этомъ дождевая вода, стекая съ обращенныхъ въ сторону улицъ крышъ чрезъ водосточныя трубы, течетъ или не посредственно по имѣющемуся поперечному уклону троттуара (1:20—1:30) къ лоткамъ или же для ея прониканія въ троттуары устраиваются мелкіе каналы (черт. 391). Подобныя устройства даютъ полную возможность образованія въ зимнее время

льда въ этихъ каналахъ, что является нередко причиной несчастныхъ случаевъ съ пешеходами въ особенности на крутыхъ улицахъ. Больше удобнымъ является перекрытіе подобныхъ желобовъ *рифленнымъ железомъ*. (черт. 392). Этотъ способъ при постепенномъ изнашиваніи рифленой рѣшетки *во время гололедицы* также не обезпечиваетъ безопаснаго движенія по троттуарамъ. Перекрытіе желобовъ деревомъ обезпечиваетъ отъ скользкости, но быстрое изнашиваніе дерева ведетъ къ скопленію воды въ желобахъ, которая, замерзая, также вызываетъ неудобство при движеніи.

чер. 392.

чер. 391.



Лучшимъ, по нашему мнѣнію, было бы примѣненіе бетонныхъ или *железобетонныхъ съемныхъ плитъ* для перекрытія подобныхъ желобовъ.

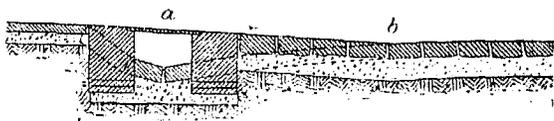
Что же касается отведенія атмосферной воды со дворовъ домовъ, то здѣсь примѣняются разные приемы ея удаленія. Если домъ построить по типу англійскихъ коттеджей и имѣть сзади садъ или огородъ, то лучше разставить бочки для сбора атмосферной воды, которую можно утилизировать для цѣлей поливки; также допустимо съ теоретической точки зрѣнія устройство при подходящихъ условіяхъ *поглощающихъ* колодцевъ, но *по бытовымъ условіямъ въ Россіи не слѣдуетъ допускать таковыхъ колодцевъ, такъ какъ при ихъ существованіи они скоро станутъ играть роль выгребовъ и будутъ очагами эпидемическихъ заболѣваній*. Самымъ простымъ способомъ будетъ отведеніе лотками, которые по выходѣ изъ домовыхъ воротъ въ предѣлахъ троттуаровъ должны быть также перекрыты по одному изъ вышерассмотрѣнныхъ способовъ. Также возможно здѣсь и подземное отведеніе дворовыхъ водъ посредствомъ сбора въ дворовые приѣмники и спуска изъ нихъ воды въ отводныя чугунныя трубы, подвѣшиваемыя къ потолкамъ подваловъ.

*Уличные лотки* при паличности уклона, имѣющагося на большомъ протяженіи, будутъ постепенно увеличивать свою глубину; для охраненія интересовъ движенія желательнo, чтобы глубина ихъ не была больше 25 сант. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда будетъ допущена глубина большая, необходимо перекрытіе лотковъ (черт. 393). Для улучшенія движенія на бойкихъ улицахъ возможно *придвинуть лотки непосредственно къ троттуару и перекрыть его* (черт. 394); вода поступаетъ въ лотокъ по желобамъ о.

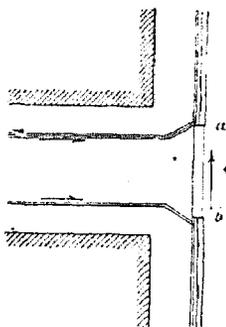
*При скрещеніи улицъ* приходится переводить атмосферныя воды черезъ улицу; здѣсь примѣняются два способа: устройство мостиковъ (черт. 395).

или устройство *Дюжеро* съ двумя осадочными камерами (черт. 396); эти осадочныя камеры должны по прекращеніи дождя опорожняться для предотвращенія зловонія отъ гніенія въ нихъ органическихъ веществъ.

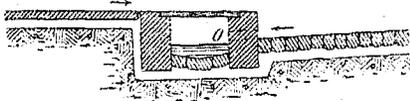
чер. 393.



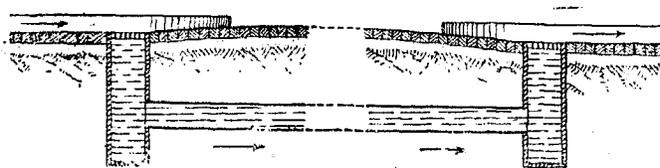
чер. 395.



чер. 394.



чер. 396.



§ 3. Система Веринга. Ближе всего къ неполной раздѣльной сплавной системѣ стоитъ *система Веринга*, впервые примененная имъ въ г. *Мемфисъ* (Сѣв. Америка) въ 1879 г. и впоследствии распространившаяся въ нѣкоторыхъ городахъ Америки и Зап. Европы (Англія). Она представляетъ собой ту же неполную раздѣльную систему, предположенную только для отведенія домовыхъ водъ, гдѣ движеніе сточныхъ водъ производится простымъ *сплавомъ*, но отличается отъ нея только нѣкоторыми конструктивными деталями.

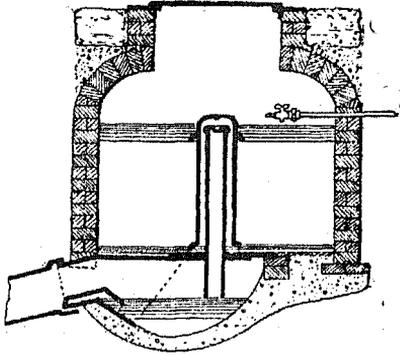
Уличные каналы этой системы, какъ и неполной раздѣльной сплавной системы, состоятъ по преимуществу изъ трубъ небольшого сѣченія отъ 15 см. до 60 см.; если же требуются большіе размѣры, то устраиваются круглыя трубы изъ кирпича. Далѣе Waring считаетъ достаточной скорость въ каналахъ лишь въ 0,60 мет. (2 фута) въ секунду, выполняя ея недостатокъ сильной промывкой, составляющей одну изъ особенностей системы.

Въ началѣ каждаго слѣзного конца устанавливается промывной резервуаръ съ сифономъ Верингъ-Фильда (черт. 397), полезная емкость котораго рассчитывается по нормѣ въ 0,5 куб. метра на 260 жителей, посылающихъ свои воды въ водостоки.

Наименьшая допускаемая емкость резервуара—1 куб. мет. Если водостокъ длиненъ (см. главу XVI), то устраиваются еще промежуточные резервуары на среднемъ разстояніи отъ 300 до 400 метровъ съ емкостью,

большой, чѣмъ верхніе резервуары (черт. 398 а-б). Промывка въ системѣ Веринга производится одинъ-два раза въ день. Вентиляція производится черезъ фановыя трубы, при чемъ впускъ свѣжаго воздуха дѣлается черезъ особые вентиляціонные колодцы (черт. 399).

чер. 397.

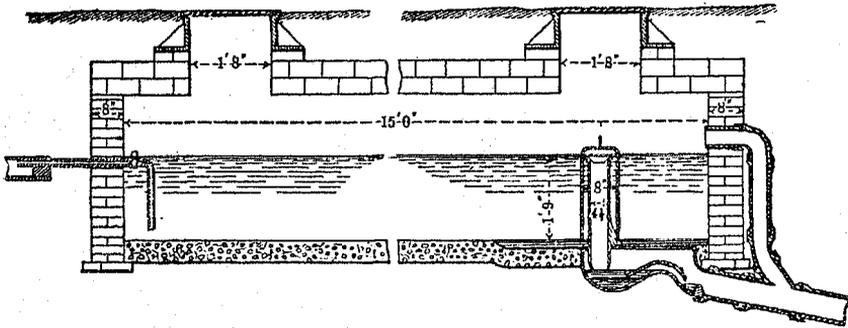


*Смотровые колодцы*, не предполагавшіеся вначалѣ въ системѣ Веринга, устроены весьма оригинально (черт. 400). Верхняя чугунная часть ставится на бетонномъ основаніи и поддерживается въ случаѣ надобности свайками. Изъ верхней фасонной части выходятъ двѣ наклонныя трубы, въ которыя очень удобно вводить инструменты для прочистки. *Атмосферныя воды* при этой системѣ отводятся отдѣльно уличными лотками, но въ нѣко-

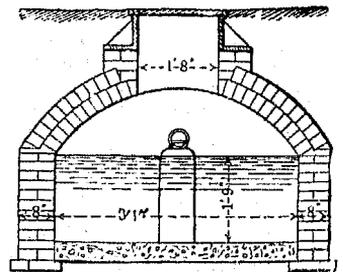
торыхъ городахъ (Геттингенъ) для усиленія промывки вводятъ ихъ въ сѣть Веринга.

а)

чер. 398.



б)



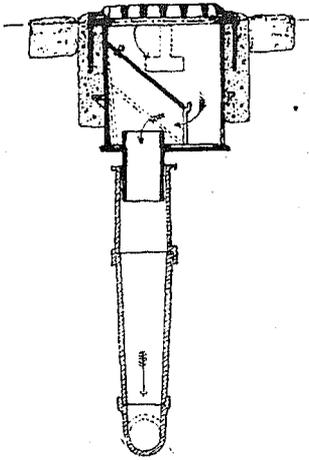
#### § 4. Значеніе пневматическихъ системъ.

Изъ приведенныхъ въ нашемъ сочиненіи соображеній не трудно видѣть, что канализація плоскихъ мѣстностей по общесплавной системѣ является весьма дорогой, а часто и совершенно невыполнимой. Дѣйствительно, стремясь придать уличнымъ каналамъ, необходимыя уклоны, мы при большихъ протяженіяхъ городскихъ улицъ будемъ

вынуждены заложить водостокъ на очень большой глубинѣ, на которой производство работъ станетъ невозможнымъ. Помощь этому мы можемъ двумя способами. *Первый* способъ заключается въ примѣненіи послѣдова-

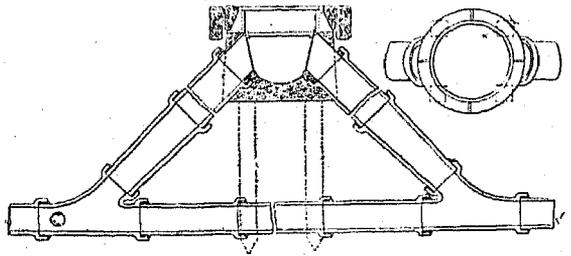
тельной перекачки (черт. 401), при которой устраивается ряд насосных станций в таких пунктах сѣти, гдѣ заложение трубъ достигаетъ предѣльной величины. Такой приемъ былъ примененъ некоторыми инженерами (Линдлеомъ, Рижертомъ) въ проектахъ канализаціи С.-Петербурга, гдѣ

чер. 399.



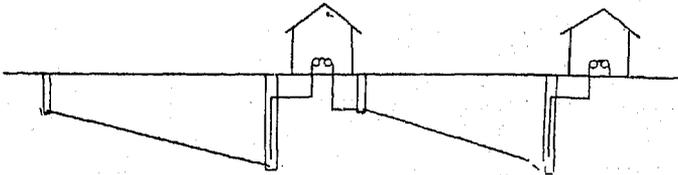
число послѣдовательныхъ перекачекъ было равно четыремъ. При примененіи этого способа каждая станція должна послѣдовательно поднять не только воды непосредственно прилегающаго къ ней района, но и воды верхнихъ станцій, что при примененіи общесплав-

чер. 400.



пой системы должно обуславливать высокую мощность насосныхъ станцій. Затѣмъ, желая сократить число большихъ насосныхъ станцій, часто стремятся уменьшить по возможности уклоны сѣти и допускать большія нормы для максимальной глубины заложения. Наконецъ, въ некоторыхъ случаяхъ можетъ быть затруднительнымъ и пріисканіе мѣстъ для подобныхъ насосныхъ станцій въ центральныхъ частяхъ города, гдѣ земля мо-

чер. 401.



жетъ стоять дорого. Эти соображенія способствовали появленію цѣлаго ряда системъ, гдѣ общая канализація была замѣнена канализаціей городскихъ районовъ, въ центрѣ которыхъ устраивались маленькія подъемныя устройства, получающую свою энергію отъ какой-нибудь центральной станціи силовой энергіи, поставленной на окраинѣ города.

При канализаціи отдѣльныхъ районовъ, радиусъ дѣйствія которыхъ колеблется въ предѣлахъ 150—250 с., удавалось трубамъ придавать необходимые уклоны, что обеспечивало самоочищение сѣти.

Разумается подобныя системы канализаціи могли бы быть только выгоными, если бы они были предназначены для однихъ домовыхъ водъ, такъ какъ подъемъ дождевыхъ водъ сильно бы увеличилъ строительные и эксплуатаціонные расходы и усложнилъ бы эксплуатацію.

Неполныя раздѣльныя системы съ подъемомъ районныхъ водъ могутъ быть въ зависимости отъ рода энергіи, употребляемой для подъема, разбиты на слѣдующія группы:

1) системы, дѣйствующія разрѣженнымъ воздухомъ (Лирнура, Берліе, Леваллуа-Перре и Бурова);

2) системы, дѣйствующія сжатымъ воздухомъ (Шона);

3) системы, дѣйствующія водяной энергіей (Грибоѣдова);

4) системы, дѣйствующія электрической энергіей.

§ 5. Система Лирнура. Система Лирнура принадлежитъ къ самымъ стариннымъ раздѣльнымъ системамъ канализаціи, первое примѣненіе которой было въ г. Прагѣ въ 1869 г. Эта система, не получивъ широкаго распространенія, имѣла огромное значеніе для развитія санитарной техники, такъ какъ она вызвала очень сильную полемику между ея защитниками и противниками, благодаря чему былъ предпринятъ рядъ изслѣдованій надъ дѣйствующими системами канализаціи. Число сочиненій, посвященныхъ разбору системы Лирнура было болѣе ста <sup>1)</sup>.

Сущность системы, предложенной первоначально Лирнуромъ, заключается въ устройствѣ районныхъ уличныхъ подземныхъ резервуаровъ для пріема однихъ экскрементовъ, въ которые входитъ рядъ уличныхъ чугунныхъ трубъ района, связанныхъ фановыми трубами съ воздушными клозетами его системы. Для приведенія этой системы въ дѣйствіе требовалось произвести или подвижнымъ насосомъ или трубами и насосомъ, установленнымъ на центральной станціи, разрѣженіе въ районномъ уличномъ резервуарѣ. Послѣ разрѣженія открывались краны, разобщающіе уличные трубы съ резервуарами, и экскременты подъ дѣйствіемъ атмосфернаго воздуха опорожнялись въ уличный резервуаръ, откуда могли быть вывезены бочками или должны быть втянуты по центральнымъ трубамъ въ большой резервуаръ центральной станціи, располагаемой на окраинѣ города.

Изъ этого описанія ясно, что этотъ способъ тождествененъ со способомъ пневматическаго опорожненія выгребовъ (см. главу III).

Лирнуръ въ своихъ первоначальныхъ предположеніяхъ наставлялъ на примѣненіи воздушныхъ клозетовъ своей системы, такъ какъ онъ конечной цѣлью системы ставилъ переработку экскрементовъ въ пудреты, для какового процесса вода являлась излишней. Воздушный клозетъ системы Лирнура (черт. 402) состоитъ изъ конической глазурированной воронки *T*, въ верхнемъ устьѣ которой установлена чугунная эмаллированная воронка *E*; нижняя часть воронки *E* соединяется съ фановой трубой *d* гидравлическимъ затворомъ *S*; труба *V* служитъ для вентиляціи пещистотнаго

<sup>1)</sup> См. проф. В. Е. Тимоночь, томъ III. Водостоки стр. 639—642.

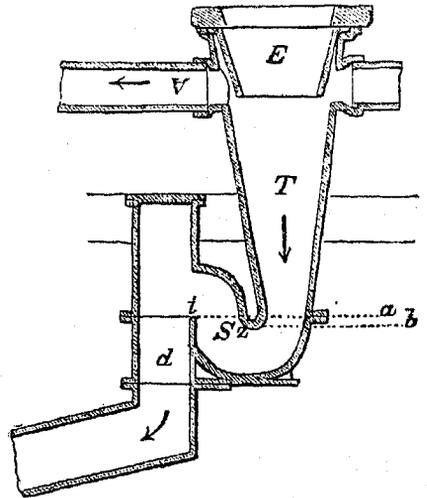
затвора S. Фаловая домовая труба соединилась съ уличной чрезъ дворовую трубу, на которой устраивалось нѣсколько сифоновъ (чер. 403). Кроме этой канализаціи, предназначенный для отвода домовыхъ водъ, Лирнуръ считалъ необходимымъ еще устройство сѣти для отвода дождевыхъ водъ и сѣти дренажныхъ трубъ, но въ такомъ полномъ видѣ система Лирнура нигдѣ не была осуществлена.

Уже вскорѣ послѣ первыхъ примѣненій системы Лирнура на нее посыпались многочисленныя возраженія со стороны инженеровъ и врачей, которые указывали на неудобство примѣненія въ домахъ воздушныхъ клозетовъ и на возможность легкаго засоренія сифоновъ дворовыхъ трубъ, что при отсутствіи смотровыхъ колодцевъ дѣлаетъ прочистку сѣти весьма затруднительной. Вслѣдствіе этого Лирнуръ замѣнилъ воздушный клозетъ водянымъ съ малымъ потребленіемъ воды и ввелъ еще нѣкоторыя упрощенія въ конструкцію уличной сѣти. Впоследствии уже послѣ его смерти были введены еще нѣкоторыя добавленія, которыя значительно приблизили систему Лирнура къ основнымъ системамъ канализаціи. Такъ въ послѣднихъ

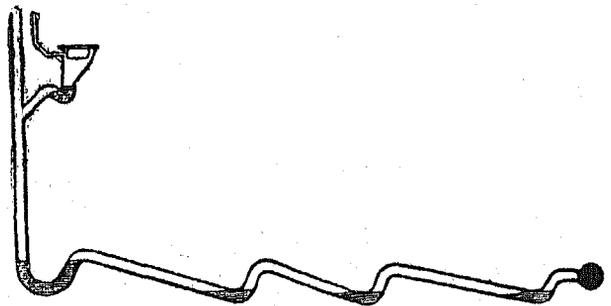
установкахъ въ канализацію допущены не только экскременты, но и вся отработавшая вода городского водоснабженія, допущены водяные клозеты любыхъ системъ и уничтожены нечистотные затворы. Для того, чтобы предоста-

вить себѣ ястѣ современную канализацію по системѣ Лирнура, опишемъ канализацію, устроенную во французскомъ приморскомъ курортѣ Трувилль въ 1897 году.

чер. 402.

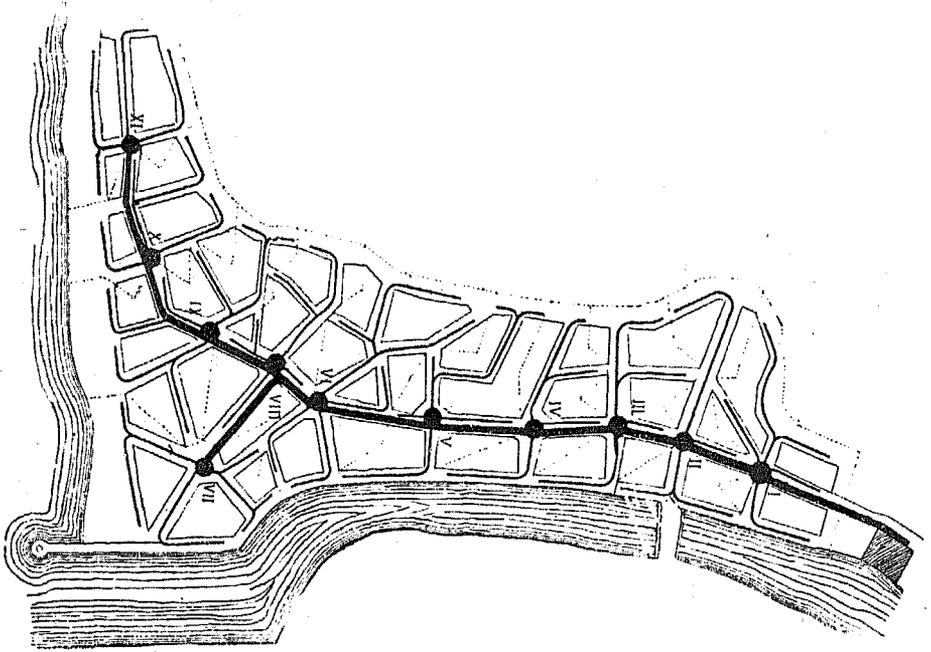


чер. 403.



Все уличные резервуары связаны с двумя центральными трубами (коллекторами), из которых по одной перемещаются нечистоты в резервуар центральной станции, а по другой производится разрежение воздуха в уличных резервуарах.

чер. 404.



Уличный резервуар (черт. 405) представляет собой чугунный горизонтальный цилиндр с боковыми сферическими стѣнками. Въ этотъ резервуаръ входятъ трубы и краны различныхъ назначеній: 1) 4 уличные трубы *C*, закачивающіяся кранами *R*, 2) главный коллекторъ *E* съ краномъ *A*, по которому перемѣщаются нечистоты на центральную станцію и 3) труба *V* съ краномъ *M*, служащая для производства разреженія въ уличныхъ резервуарахъ; кранъ *H* служитъ для выпуска въ резервуаръ атмосфернаго воздуха. Для перемѣщенія нечистотъ изъ домовъ на центральную станцію рабочий долженъ посредствомъ ключа продѣлать слѣдующія манипуляціи съ кранами:

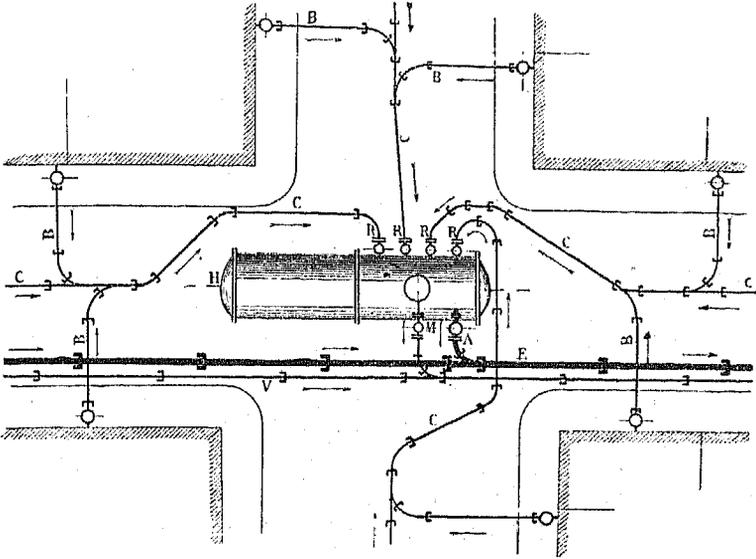
- 1) онъ закрываетъ краны *R* и открываетъ кранъ *M* для производства разреженія въ резервуарѣ;
- 2) закрываетъ кранъ *M* и послѣдовательно открываетъ краны *R*, благодаря чему все домовыя воды попадаютъ въ резервуаръ;
- 3) закрываетъ краны *R* и открываетъ краны *H* и *A*, вследствие чего домовыя воды по коллектору *E* пойдутъ въ станціонный резервуаръ;
- 4) послѣ опорожненія резервуара онъ закрываетъ краны *A* и *H* и открываетъ краны *R*.

Все манипуляціи съ кранами для одного резервуара рабочий въ Трунвиллѣ выполняетъ въ 10—12 минутъ; для опорожненія же всехъ уличныхъ резервуаровъ, дѣлаемаго разъ въ сутки, рабочий затрачиваетъ 3 часа.

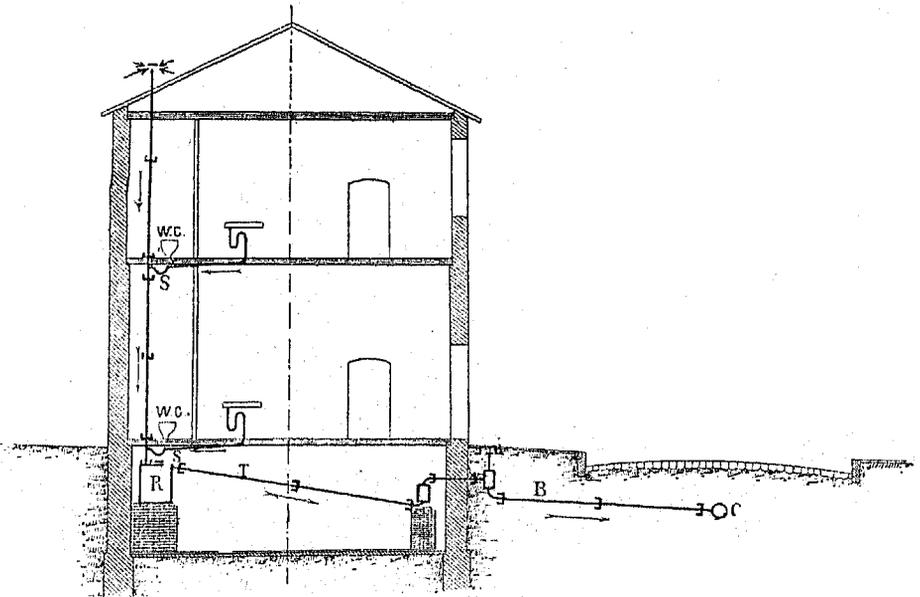
Домовая канализація по системѣ Липриура устрояется согласно чертежу 406. Все домовыя приборы, какъ и въ стальныхъ канализаціяхъ, снабжены сифонами,

которые или непосредственно или через отводные трубы соединяются съ вертикальной фановой трубой.

Внизу фановой трубы находится приемный резервуар R, объемъ котораго рассчитанъ на приемъ нечистотъ въ течение сутокъ; изъ него выходитъ труба T, чер. 405.



чер. 406.



проходить через раздѣлительный сифонъ и соединяется съ уличной трубой C; у каждаго дома имѣется затворъ B для выдѣленія его изъ канализаци. Во время соединенія уличныхъ трубъ съ уличнымъ резервуаромъ, въ которомъ имѣется нуж-

ное разрѣженіе, происходитъ полное опорожненіе домовой канализаціи и пріемника *R*.

Диаметръ уличныхъ трубъ принять въ 125 мм., а глубина заложенія ихъ въ Трувиллѣ 1,50 метра.

Такимъ образомъ изъ этого описанія мы видимъ, что современное устройство раздѣльной канализаціи по системѣ Лирнура *удовлетворяетъ санитарнымъ требованіямъ*: загрязненія почвы вѣдствие употребленія чугунныхъ трубъ не можетъ быть; вѣдствие отсутствія какого-бы то ни было сообщенія нѣтъ мѣста и для загрязненія городского воздуха. Непороченный воздухъ, вытягиваемый вмѣстѣ съ нечистотами на центральной станціи, направляется въ тонкіе котловы и такимъ образомъ стерилизуется наилучшимъ образомъ. Большая скорость движенія воды въ трубахъ вызываетъ примѣненіе трубъ небольшихъ сѣченій, къ тому же закладываемыхъ на небольшую глубину; промывка и прочистка сѣтъ не требуется, такъ какъ она здѣсь обезпечивается разрѣженіемъ воздуха. Тѣмъ не менѣе примѣненіе этой системы едва-ли можетъ быть выгодно съ экономической точки зрѣнія для городовъ, имѣющихъ достаточные уклоны. Затѣмъ слабую сторону системы составляетъ ея сложность, требующая устройства уличныхъ резервуаровъ и центральныхъ станцій. Далѣе къ недостаткамъ ея нужно отнести то, что экскременты приходится перерабатывать въ пудреты и продавать ихъ въ качествѣ удобренія окрестнымъ жителямъ, что трудно практически осуществить для большихъ городовъ. Кромѣ того, дефектомъ системы съ санитарной точки зрѣнія является резервуаръ *R* (черт. 406).

Поэтому намъ представляется возможнымъ *примѣненіе этой системы для плоскихъ небольшихъ городовъ, курортовъ, санитарно-инженерныхъ сооружений*, гдѣ почему-либо желаютъ примѣнить только одну раздѣльную систему. Комбинація же системы Лирнура съ сѣтью для дождевыхъ водъ едва ли будетъ экономически выгодной, такъ какъ въ этомъ случаѣ придется вести работы по устройству двухъ независимыхъ сѣтей. Система Лирнура примѣнена въ части г. Амстердама и Лейдена (гдѣ она была устроена въ 1870—71 г. самимъ изобрѣтателемъ), больницѣ г. Риги, рабочей колоніи Нейзальцъ, заводахъ Гарбурга, Трувиллѣ, по примѣненія въ среднихъ и большихъ городахъ (кромѣ части г. Амстердама) она не получила вѣдствие сложности устройствъ.

§ 6. Системы Берліе и Леваллуа-Перрэ. Неполная раздѣльная система *Берліе* (Berlier), изобрѣтенная имъ въ 1881 г., также дѣйствуетъ *разрѣженіемъ воздуха* и весьма близко подходитъ къ системѣ *Лирнура*. Пріемъ нечистотъ производится прямо въ сѣть, а отсюда въ станціонный резервуаръ, для каковой цѣли въ сѣти поддерживается постоянно разрѣженіе. Такимъ образомъ *Берліе* обходится совершенно *безъ уличныхъ резервуаровъ Лирнура*, но взамѣнъ ихъ предлагаетъ устанавливать въ подвалахъ домовъ особые изобрѣтенные имъ приборы, въ которые входятъ фановыя трубы.

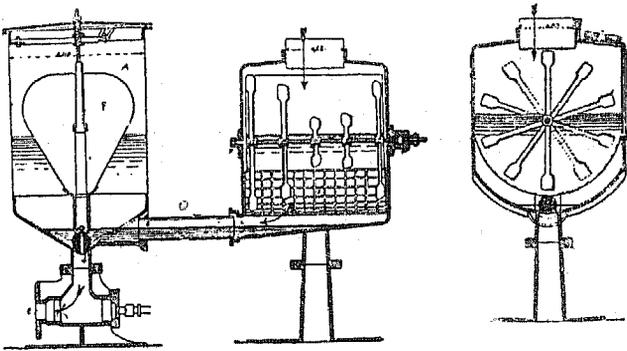
По системѣ Берліе всѣ домовыя воды допускаются въ сѣть. Приборъ Берліе состоитъ изъ двухъ сосудовъ: *пріемника* и *опорожнителя* (черт. 407).

Нечистоты, падая въ *пріемникъ*, оставляютъ крупныя частицы (тряпки, кости) на помѣщенной внизу его проволоочной корзинкѣ и проходятъ по трубѣ *о* въ *опорожнитель*; въ *опорожнитель* имѣется грушевидный металлическій поплавокъ, къ концу котораго прикрѣпленъ шаровой каучуковый клапанъ. Когда горизонтъ воды въ опорожнителѣ поднимется,

поплавок всплывает, и клапанъ откроетъ сообщеніе съ уличной сѣтью, гдѣ постоянно поддерживается разряженіе, вслѣдствіе чего нечистоты быстро всосутся изъ домовыхъ трубъ. Такимъ образомъ оморозители дѣйствуютъ періодически.

Система Берліе не получила почти никакого распространенія и была только разъ примѣнена въ казармахъ de la Périnière въ Парижѣ.

чер. 407.

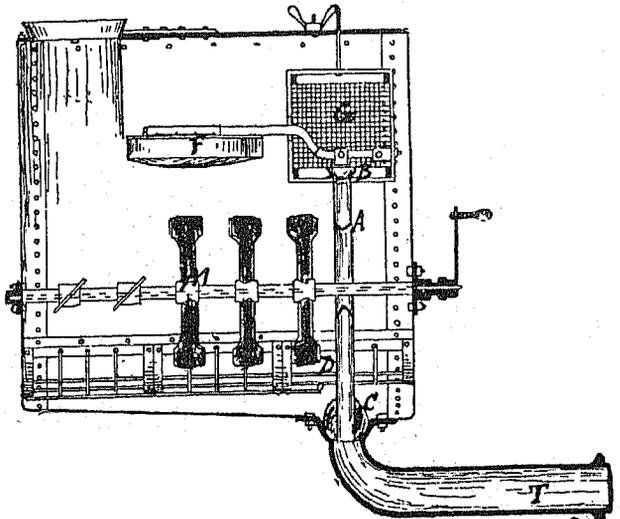


Сложность приборовъ Берліе заставила ввести въ ихъ конструкцію нѣкото- рые упрощенія, которые были сдѣланы фирмой *Леваллуа-Перретъ* (черт. 408).

Приборъ *Levallois-Perret*, изобрѣтенный въ 1892 г., представляетъ собою желѣзный ящикъ размѣрами  $0,80 \times 0,8 \times 0,4$  м.; нечистоты попадаю- ть по фановой

трубѣ въ сосудъ и вытекаютъ изъ него въ уличную сѣть чрезъ два отверстія. Одно изъ нихъ, расположен- ное на половинѣ вы- соты прибора, нахо- дится въ верхній тру- бы *A*, закрываемое клапаномъ *B*, связан- нымъ съ поплавкомъ *F*; отверстіе клапана *B* защищено лату- нной проволочной сѣт- кой *G*. Труба *A* под- вижная, и въ концѣ ея имѣется отвер- стіе, закрываемое каучуковымъ клапаномъ *C*, связанное съ уличной сѣтью,

чер. 408.



въ которую нечистоты попадаютъ по трубѣ *T*. Въ нижней части ящика

имѣется полукруговая рѣшетка *D*, для очистки которой употребляется мѣшалка *M* съ ручкой, помѣщенной въ аппаратъ.

Система Levallois-Perret примѣнена для колоній въ 800 домовъ въ окрестностяхъ Парижа и предположена къ примѣненію для канализаціи г. Авиньона <sup>1)</sup>.

Къ этимъ системамъ слѣдуетъ отнести отрицательно *по санитарнымъ и техническимъ соображеніямъ*. Дѣйствительно, задерживаемыя проволочными рѣшетками нечистоты легко могутъ подвергаться *гнилостнымъ процессамъ, и образующіеся при томъ газы* поднимаются къ клозетамъ. Очистка этихъ корзинъ и рѣшетокъ, такъ какъ безъ таковой приборы могутъ отказаться дѣйствовать, представляетъ собой *отвертительную операцію, не безвредную для здоровья рабочихъ*. Затѣмъ каучуковые клананы быстро изнашиваются и требуютъ постоянного ремонта. Далѣе постоянное поддержаніе разрѣженія во всей сѣти уличныхъ трубъ едва ли можетъ считаться *выгодной операціей съ экономической точки зрѣнія*.

Наконецъ сбытъ экскрементовъ, сданныхъ къ центральной станціи, также, какъ и въ системѣ Лирнура можетъ представить огромное затрудненіе. Поэтому мы категорически высказываемся противъ какого-бы то ни было примѣненія этой системы.

---

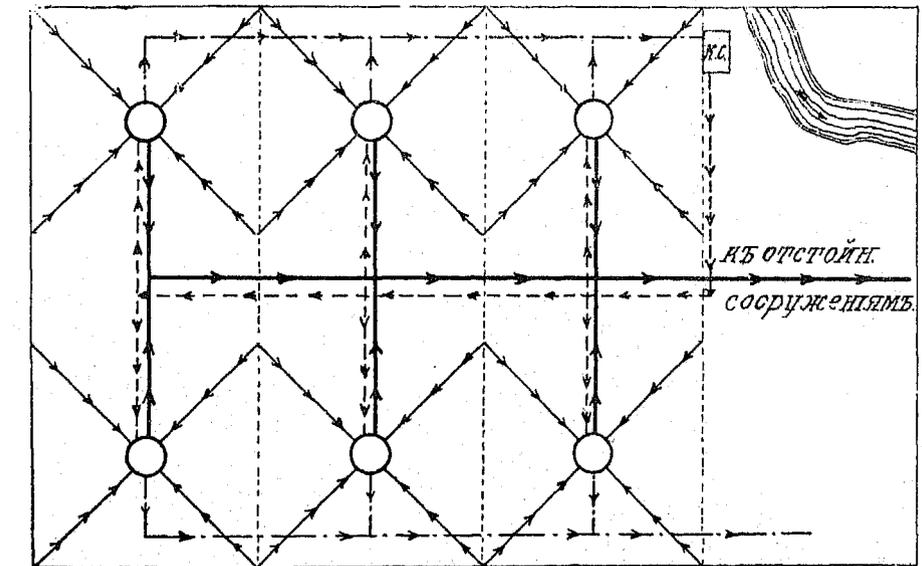
<sup>1)</sup> Imbeaux, L'assainissement der villes.

## Г Л А В А XIX.

§ 1. Система Шона. Система Шона, изобретенная в 1880 г., принадлежит къ числу неполныхъ раздѣльныхъ системъ, применяемыхъ для канализаціи *плоскихъ городовъ*. Сущность системы заключается въ подраздѣленіи плоскаго города на рядъ районовъ съ радіусомъ дѣйствія до 250 саж., въ центрѣ которыхъ установлены подъемные приборы, называемые *эжекторами Шона*, которые дѣйствуютъ посредствомъ подводимаго къ нимъ трубами *сжатого воздуха*, вырабатываемаго на *центральныхъ компрессорныхъ станціяхъ*. Эжекторы Шона поднимаютъ свои сточныя воды въ каналы, отводящіе ихъ за предѣлы города къ очистной станціи.

Такимъ образомъ устройство канализаціи по системѣ Шона требуетъ (черт. 409):

чер. 409.



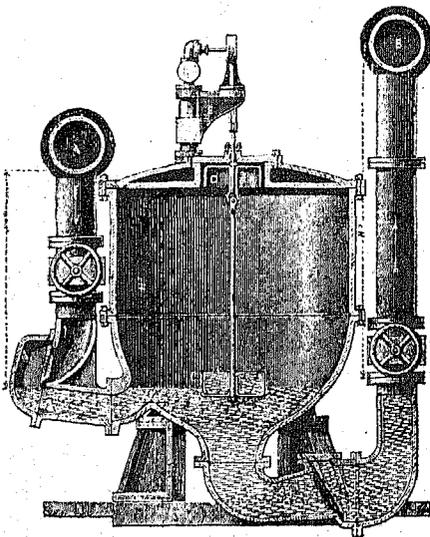
- Районная водосточная сѣть.      ○ Эжекторныя станціи.
- К.С. Компрессорная станція.      - - - - Воздухопроводная сѣть.
- — — Сѣть отводящихъ коллекторовъ отъ эжекторныхъ станцій.
- — — — — Воздухоотводная сѣть.

- 1) *устройства районныхъ сътеи*, которыя самотекомъ подводятъ сточныя воды къ эжекторнымъ станціямъ;
- 2) *устройства ряда эжекторныхъ станцій*, число которыхъ зависитъ отъ общей площади города;
- 3) *устройства одной или нѣсколькихъ компрессорныхъ станцій*, число которыхъ зависитъ отъ площади и топографіи города;
- 4) *съети трубъ, подводящихъ сжатый воздухъ къ эжекторамъ*;
- 5) *съети трубъ, отводящихъ сточныя воды за предѣлы города*;
- 6) *съети вентиляционныхъ трубъ, отводящихъ испорченный воздухъ изъ эжекторовъ*; эта съеть, къ сожалѣнію, рѣдко устраивается въ канализационныхъ устройствахъ по системѣ Шона.

*Диаметры* канализационныхъ трубъ для домовыхъ трубъ влѣдствіе незначительнаго радіуса дѣйствія эжекторныхъ станцій (не болѣе 250—300 саж. въ плоскихъ мѣстностяхъ) и хорошихъ уклоновъ получаются *небольшими*; обыкновенно для этой съети обходятся керамиковыми трубами, діам. 15—40 см. (г. Кіевъ).

*Эжекторъ* представляетъ собой герметическій чугунный грушеобразный или шарообразный резервуаръ (черт. 410), который устанавливается на чугунныхъ подставкахъ въ подземной шахтѣ рядомъ съ которымъ имѣется обычнаго типа смотровой колодець, въ которомъ сходятся всѣ канализационныя трубы района даннаго эжектора (черт. 411). Изъ этого соединительнаго

черт. 410.



колодца сточныя воды поступаютъ въ трубу *A* (черт. 410) и, открывая своимъ давленіемъ клапанъ, попадаютъ въ эжекторъ. Въ этомъ эжекторѣ имѣются двѣ чашки *C* и *D*, связанные стержнемъ; чашка *C* погружается въ жидкость по мѣрѣ поднятія горизонта сточныхъ водъ въ эжекторѣ.

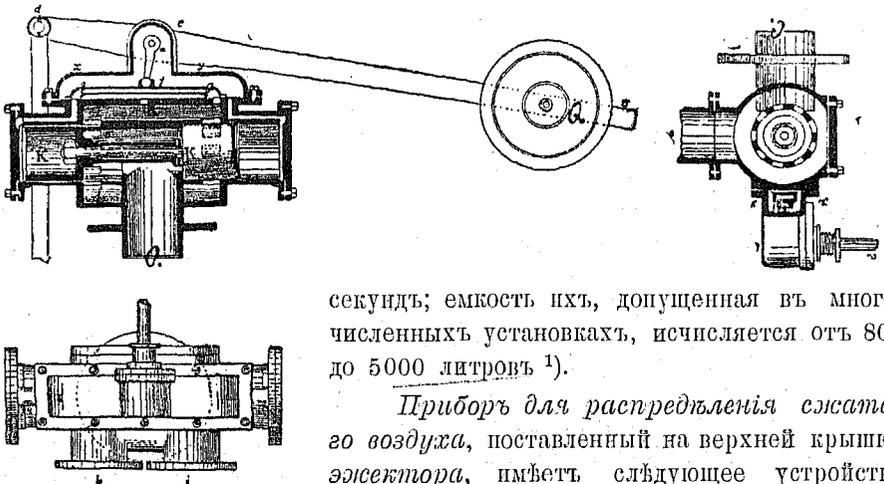
Сточныя воды, заполняя эжекторъ, постепенно сжимаютъ воздухъ въ свободномъ пространствѣ и въ верхней чашкѣ *D*; когда упругость сжимаемаго воздуха достигаетъ извѣстнаго предѣла, достаточнаго для поднятія обѣихъ чашекъ, то въ этотъ моментъ изъ установленнаго на крышѣ эжектора распредѣлительнаго прибора *E* поступаетъ въ эжекторъ, подведенный къ

нему сжатый воздухъ и вытѣсняетъ въ теченіе 20—30 секундъ своимъ давленіемъ сточныя воды по трубѣ *B*. Клапанъ на приводной трубѣ *A* во время выталкиванія сточныхъ водъ остается закрытымъ, такъ какъ онъ

прижать гидравлическимъ давленіемъ, вслѣдствіе чего въ это время поступленіе нечистотъ въ эжекторъ прекращается. Какъ только изъ эжектора сжатый воздухъ выгонитъ всѣ сточныя воды ниже горизонта нижней чаши, то она упадетъ и потянетъ за собой и верхнюю чашу, которая передвинетъ золотникъ въ распредѣлительномъ приборѣ, благодаря чему поступленіе сжатого воздуха прекращается и устанавливается сообщеніе для выхода отработаннаго сжатого воздуха чрезъ вентиляціонную трубу; послѣ этого эжекторъ вновь можетъ наполняться. На трубахъ *A* и *B* устанавливаются вентили для выдѣленія его на случай необходимаго ремонта.

Изъ этого описанія ясно, что *эжекторы работаютъ автоматически* и легко приспособляются къ работѣ по подъему водъ. Если притокъ будетъ идти медленно, то наполненіе эжектора будетъ происходить также медленно; въ противномъ случаѣ будетъ обратное явленіе. Прекраснымъ примѣромъ подобной приспособляемости могутъ служить эжекторы, установленные на дворѣ Парламента въ Лондонѣ: въ сухую погоду работаетъ одинъ эжекторъ, да и тотъ наполняется цѣлую недѣлю, а при сильномъ дождѣ каждый изъ 3 эжекторовъ станціи наполняется и опорожняется разъ въ минуту, такъ что здѣсь получается соотношеніе работъ 1:10000. Далѣе къ достоинствамъ эжектора, какъ прибора, слѣдуетъ отнести, что для перекачки ими сточныхъ водъ не требуется никакихъ песколовокъ и рѣшетокъ, необходимыхъ при подъемѣ насосами, и что крупныя части легко проходить чрезъ широкіе (до 12") клапаны. Объемъ эжектора опредѣляется въ зависимости отъ максимальнаго притока сточныхъ водъ въ теченіе 20—40

чер. 411.



секундъ; емкость ихъ, допущенная въ многочисленныхъ установкахъ, исчисляется отъ 800 до 5000 литровъ <sup>1)</sup>.

*Приборъ для распредѣленія сжатого воздуха*, поставленный на верхней крышкѣ эжектора, имѣетъ слѣдующее устройство (черт. 411). Онъ состоитъ изъ бронзоваго цилиндра, въ которомъ ходитъ поршень *КК*, закрывающій и открывающій, смотря по своему положенію, впускное и выпускное отверстія для прохода

1) Пояснительная записка къ канализациі г. С.-Петербурга, составленная обществомъ Брянскихъ заводовъ.

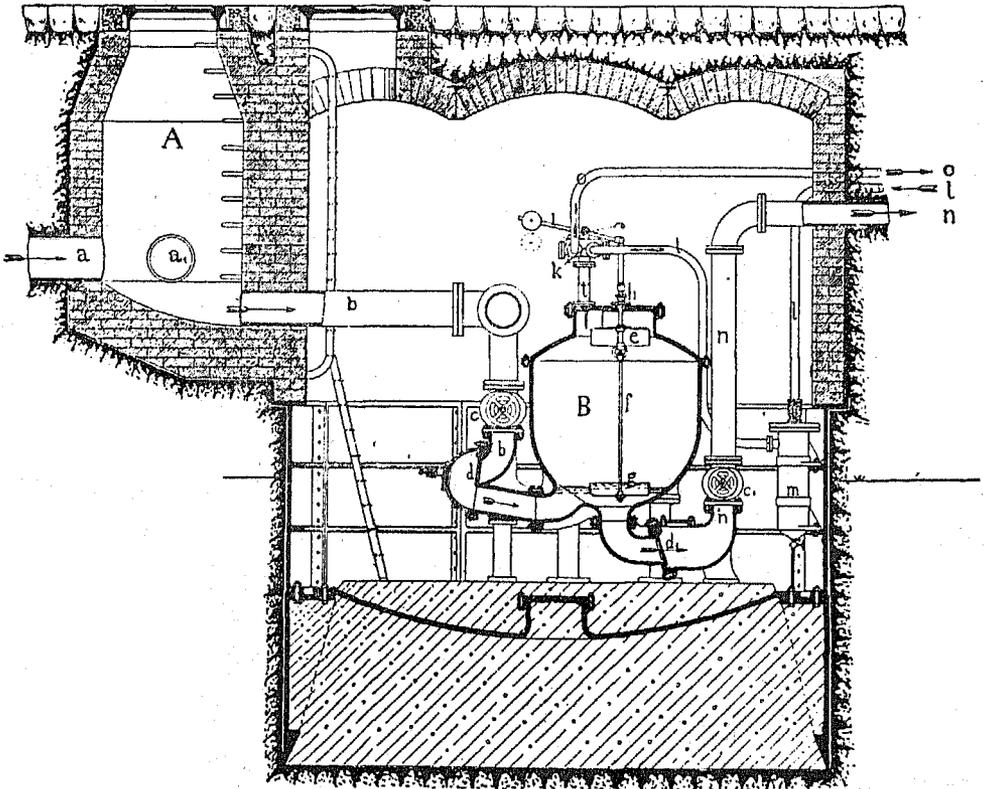
сжатого воздуха; сверху цилиндра прикреплена *эжекторная золотниковая коробка*, в которой золотник *qq* приводится в движение перемещением эжекторной штанги (чер. 412).

Эжектора размещаются в колодцах и шахтах разнообразной конструкции (чертежи 412 и 413).

В каждой шахтѣ при небольшом притоке жидкости желательно помѣстить два эжектора, из которых одинъ работает, а другой считается запаснымъ. В большихъ установкахъ в случае перекачки нечистотъ изъ одного эжектора в другой—выше-лежащій, возможна установка двухъ и болѣе работающих эжекторовъ и одного запасного.

*Глубина заложения* эжекторныхъ шахтъ зависитъ отъ геологическаго строения и уклоновъ мѣстности. Если грунтовые воды стоятъ высоко,

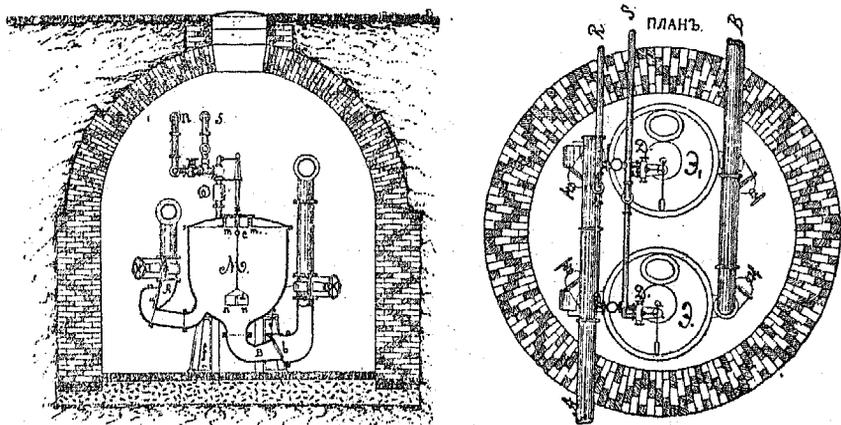
чер. 412.



то' выгодное стремиться уменьшить глубину ея заложения, такъ какъ в этомъ случаѣ придется устраивать шахту в видѣ опускающаго колодца (черт 412). Глубина заложения пола шахты при совершенно плоскихъ мѣстностяхъ зависитъ отъ слѣдующихъ факторовъ: глубины заложения уличнаго коллектора, уклоновъ, придаваемыхъ отдѣльнымъ трубамъ наидлиннѣйшей водосточной линіи, протяженія наидлиннѣйшей водосточной линіи и высоты эжек-

тора отъ устья до низа чугунныхъ подставокъ. Последняя величина дѣлается не болѣе 2—2,50 мет., остальные величины переменныя и зависящія отъ мѣстныхъ условій. Для уменьшенія глубины заложения шахты выгодно использовать паденіе мѣстности, для чего слѣдуетъ ее располагать на перекресткѣ улицъ въ самой пониженной точкѣ района; другая мѣра къ уменьшенію заложения—уменьшеніе величины радіуса района, но это ведетъ

чер. 413.



къ увеличенію числа эжекторныхъ станцій. Встрѣчающаяся на практикѣ глубина заложения эжекторныхъ шахтъ колеблется въ предѣлахъ отъ 5 мет. до 8 мет.

Компрессорныя станціи, желательно располагать по возможности въ центрѣ снабжаемаго сжатымъ воздухомъ района, такъ какъ при такомъ расположеніи получается наименьшая длина воздухопроводной сѣти; но на практикѣ вслѣдствіе цѣнности земли въ центральныхъ частяхъ города приходится относить ихъ къ окраиннымъ частямъ города, при чемъ слѣдуетъ стремиться расположить ее близъ рѣки, такъ какъ это облегчаетъ подвозъ топлива.

На станціяхъ для добыванія сжатого воздуха (компрессорныхъ) устанавливаются компрессоры соответственной мощности, приводимые въ движеніе двигателями, которые располагаются на одной оси съ компрессорами. Сжатый воздухъ изъ компрессоровъ поступаетъ въ сдѣланные изъ котельнаго желѣза *металлическіе резервуары (ресиверы)*, гдѣ онъ скопляется на случай порчи машинъ; *ресиверы* снабжаются манометромъ, предохранительнымъ клапаномъ и кранами для выпуска конденсаціонной воды. При примѣненіи паровыхъ двигателей представляется возможнымъ снабжить ихъ автоматическими регуляторами. Работа регуляторовъ заключается въ томъ, что они, будучи связаны съ парораспределеніемъ, повышаютъ работу машинъ, если воздуху мало въ сѣти, и уменьшаютъ число оборотовъ, если давленіе воздуха въ сѣти избыточно.

*Воздухопроводная сеть* состоитъ изъ обыкновенныхъ чугунныхъ трубъ съ растрюбнымъ соединеніемъ, укладываемыхъ на глубинѣ промерзанія грунта, чтобы не было чрезмѣрнаго охлажденія и конденсаціи воздуха. Въ нѣкоторыхъ эжекторныхъ станціяхъ для собиранія конденсаціонной воды устанавливаются конденсаціонные горшки (черт. 412). Потеря напора въ воздухопроводныхъ трубахъ опредѣляется по формулѣ проф. Унвина:

$$v = \sqrt{\left(\frac{gcT}{4E} \cdot \frac{d}{L} \cdot \frac{p_1^2 - p_2^2}{p_1^2}\right)} \dots \dots \dots (169),$$

гдѣ  $v$ —скорость движенія воздуха въ футахъ,  $d$ —діаметръ трубы,  $L$ —длина трубы,  $p_1$  и  $p_2$ —давленіе воздуха въ абсолютныхъ атмосферахъ въ началѣ и концѣ трубы,  $E$ —коэффициентъ тренія,  $g = 32,2$  фут.,  $c = k_p - k_c$ —разность удѣльной теплоты при постоянномъ давленіи и постоянномъ объемѣ  $cT = 27,71$ .

Формула Унвина даетъ скорость въ зависимости отъ потери давленія въ трубахъ ( $p_1 - p_2 = h$ ); для практическихъ цѣлей удобнѣе опредѣлять потерю давленія въ зависимости отъ принятой скорости и діаметра трубы. Вводя въ формулу Унвина соответствующія величины мы, выражая  $d$  въ дюймахъ, получимъ для потери напора  $h$  выраженіе

$$h = \frac{Lv^2}{1000000d} \cdot \frac{p_1^2}{p_1 + p_2};$$

замѣняя  $p_2$  чрезъ  $p_1 - h$  и дѣлая необходимыя преобразованія, получаемъ

$$h = p_1 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{Lv^2}{1000000d}} \right) \dots \dots \dots (170)$$

полагая  $L = 100$  пог. саж., вычислимъ таблицу для потери напора въ трубахъ діаметромъ отъ 3" до 31" (табл. XLIV).

ТАБЛИЦА XLIV.

Діаметръ трубы въ дюймахъ $d$	$v$ въ фу- тахъ	Протускае- мое коли- чество воз- духа въ куб. фут. въ сек.	$h$ на 100 пог. саж. въ абсолют- ныхъ атмо- сферахъ.	Діаметръ трубы въ дюймахъ $d$	$v$ въ фу- тахъ	Протускае- мое коли- чество воз- духа въ куб. фут. въ сек.	$h$ на 100 пог. саж. въ абсолют- ныхъ атмо- сферахъ.
3	15	0.737	0,00372	12	20	15.708	0.00167
4	16	1.395	0.00310	14	20	21.380	0.00142
5	17	2.340	0.00289	16	20	27.926	0.00125
6	18	3.531	0.00270	20	20	43.800	0.00100
7	19	5.070	0.00256	22	22	58.000	0.00111
8	20	6.982	0.00239	26	30	110.610	0.00173
9	20	8.836	0.00222	34	31	195.000	0.00142
10	20	10.908	0.00200	38	31	244.000	0,00127

*Расчет индикаторной мощности компрессора* производится на основании слѣдующихъ соображеній.

Сначала опредѣляютъ количество атмосфернаго воздуха  $W$  по выраженію:

$$W = 1,10 p Q \dots \dots \dots (171),$$

гдѣ  $Q$ —количество удаляемой жидкости въ сек. въ куб. фут.,  $p$ —давленіе атмосфернаго воздуха, равное 16,28 фунтовъ на кв. дюймъ, 10% прибавлено на потери.

Полезная мощность компрессора  $N_c$  опредѣлится по формулѣ:

$$N_c = \frac{k}{k-1} \left[ \left( \frac{p_1}{p} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] W p \cdot \frac{144}{600} \dots \dots \dots (172).$$

Въ этой формулѣ:  $k$ —коэффициентъ сжатія воздуха при адиабатической работѣ (безъ охлажденія или нагрѣванія) = 1,41; въ хорошо охлаждаемыхъ компрессорахъ по Уинкуну  $k = 1,25$ ;  $p_1$ —абсолютное давленіе воздуха на станціи въ ресиверѣ въ футахъ на кв. дюймъ; остальные буквы имѣютъ тѣ же значенія, что и въ предыдущей формулѣ.

*Индикаторная мощность компрессора*  $N_i = \frac{N_c}{\eta}$ , гдѣ  $\eta$ —коэффициентъ полезнаго дѣйствія, равный 0,5—0,8. Отсюда, подставляя вмѣсто  $k = 1,25$  и  $\eta = 0,80$ , получаемъ

$$N_i = 24,435 \left[ \left( \frac{p_1}{p} \right)^{0,2} - 1 \right] W \dots \dots \dots (173).$$

*Поверхность ресиверезъ* обыкновенно опредѣляется по нормѣ 10 кв. фут. на одну индикаторную силу машины.

*Сѣть вентиляціонныхъ трубъ для вытяжки* испорченнаго воздуха эжекторныхъ станцій заканчивается нѣсколькими колоннами или трубами для вытяжки воздуха; возможенъ выпускъ такого воздуха черезъ дымовыя трубы существующихъ въ городѣ фабрикъ.

Въ установкахъ системы Шона за послѣдніе десять лѣтъ начали примѣнять *механическую вентиляцію системы Шона и Аульта*<sup>1)</sup>, какъ для вентиляціи канализаціонной сѣти, такъ и для вентиляціи испорченнаго воздуха въ эжекторныхъ станціяхъ (черт. 414).

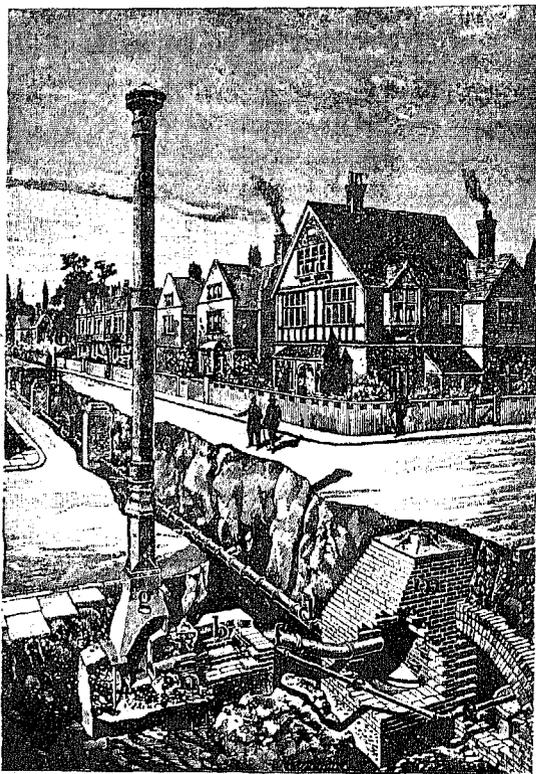
*Механическая вентиляція стоковъ сист. Шона и Аульта* имѣетъ слѣдующее устройство. Для впуска воздуха въ сѣть на слѣпыхъ концахъ каждаго водостока устанавливаются *впускныя столбы*  $o$  (выс. 7—12 ал. фут.) соединяемые чрезъ смотровой колодець съ сѣтью. Вблизи эжекторной станціи, устанавливается *выпускная труба*  $g$ , высота которой назначается выше крыши самыхъ высокихъ домовъ.

Около этой трубы  $g$  находится *камера*  $b$ , въ которой установленъ *инжекторъ*  $n$ ; съ инжекторомъ связана *вытяжная труба*  $e$ , идущая изъ

<sup>1)</sup> Moore and Silcock, Sanitary Engineering.

эжекторной станціи, и труба *f* из смотрового колодца, въ который входитъ конецъ водостока *d*. Дѣйствіе этой системы основано на дѣйствіи эжектора: когда послѣ опорожненія эжектора испорченный воздухъ устремляется къ инжектору *b* и, проходя чрезъ него, пропосится въ трубу *g*, то проходъ воздуха чрезъ инжекторъ вызываетъ сильное разрѣженіе. Благодаря

чер. 414.



этому въ столбы *o* всасывается воздухъ и, омывая водостокъ, проходитъ также въ трубу *g*; въ это время эжекторъ наполняется вновь сточными водами. Подобная система при частой работѣ эжекторовъ можетъ вполне достигать своей цѣли, какъ это было и доказано опытами въ г. Лейчестерѣ.)

Система Шона примѣнена въ рядѣ англійскихъ и западно-европейскихъ городовъ: Eastbourne, Darlaston, Teddington, Bombay, Karatschi, Rangoon, Arad (Венгрія) Кюренік (Германія) и др.; въ Россіи по системѣ Шона канализированы часть города Кіева<sup>1)</sup> и Московскія скотобойни.

Сфера примѣненія системы Шона—канализація плоскихъ городовъ при примѣненіи районной канализаціи;

только въ этомъ случаѣ эжектора Шона могутъ выдержать конкуренцію съ паровыми насосами, уменьшая расходы на рабочій персоналъ, покупку мѣста для станціи, устройство паровыхъ котловъ и т. п.

Тѣмъ не менѣе даже при примѣненіи децентрализованной перекачки нечистотъ эжектора Шона являются весьма неэкономичными въ сравненіи съ насосами, приводимыми въ движеніе газовыми, керосиновыми и электрическими двигателями. Кромѣ того къ недостаткамъ эжекторовъ

<sup>1)</sup> Подробнѣе см. Инженеръ 1899 г. Моргулевъ. Канализація г. Кіева и принципы ея примѣненія. Въ настоящее время канализація г. Кіева по системѣ Шона замѣняется сплавной неполной раздѣльной канализаціей съ примѣненіемъ подъемной станціи для плоской части Кіева (Подола). Авторъ.



Если же заменить эжекторныя шахты шахтами съ центробѣжными насосами и моторами и проложить по круговой схемѣ подземный электрической кабель для подведенія тока къ отдѣльнымъ станціямъ, то стоимость этихъ устройствъ, эквивалентныхъ по своему значенію эжекторамъ и воздухопроводной сѣти Шона, выразится въ суммѣ 278000 рублей т. е. *дешевле системы Шона въ три раза.*

Если продолжить сравненіе дальше и сравнить мощность компрессорной и электрической станцій, то оказывается, что мощность первой въ 252 эфф. силы, а второй въ 163 эфф. силы, т. е. опять таки *система Шона будетъ дороже почти въ 1,5 раза системы съ электрической перекачкой.*

Система съ электрической перекачкой удешевляется, если не нужно будетъ сооружать специальной станціи, а возможно воспользоваться энергіей съ существующей городской станціи<sup>1)</sup>. Подобная система перекачки была предложена въ проектѣ канализаціи СПБурга, составленномъ инженеромъ Парсонсомъ. Конструкція насосныхъ станцій будетъ описана въ слѣдующей главѣ.

**§ 3. Полураздѣльная система.** Полныя раздѣльныя системы, если не примѣнять очистки дождевыхъ водъ, и неполныя раздѣльныя системы не защищаютъ водныхъ протоковъ отъ загрязненій, причиняемыхъ спускомъ въ нихъ дождевыхъ водъ. Между тѣмъ анализы состава дождевыхъ водъ показываютъ, что въ нихъ содержится не мало различныхъ вредныхъ примѣсей и микроорганизмовъ, которые смываются дождями съ поверхности городскихъ улицъ и дворовъ въ первыя минуты послѣ начала ливней; спустя же нѣкоторое время текутъ въ водные протоки уже сравнительно чистыя воды. *Поэтому съ гигиенической точки зрѣнія желательна ограничить попаданіе въ водные протоки первыхъ порціи дождей.* На этомъ принципѣ основана, примѣненная въ г. Манчестерѣ и Буэнос-Айресѣ, *полураздѣльная система.* Эта система имѣетъ двѣ сѣти каналовъ: по одной протекаютъ *домовыя воды и известная часть дождевыхъ,* а по другимъ *дождевыя воды.*

Схема сѣти по полураздѣльной системѣ подчиняется мѣстнымъ условіямъ и является весьма удобной, если городъ—плоскій и въ немъ имѣется много каналовъ, но можетъ быть примѣнена и для плоскаго города, лежащаго на берегахъ одной рѣки. Для полураздѣльной системы требуется устроить:

1) *сѣть домовыхъ каналовъ, связанную съ сѣтью главныхъ перестичныхъ каналовъ, называемыхъ интерцепторами;*

2) *сѣть ливневыхъ каналовъ;*

3) *нѣсколько камеръ, устраиваемыхъ на интерцепторахъ* въ пунктахъ, куда подходятъ домовые и ливневые каналы; въ этихъ *камерахъ* слабые дожди и первыя порціи ливней попадаютъ въ интерцепторы и вмѣстѣ съ домовыми водами отводятся по нимъ къ очистнымъ станціямъ, а остающіяся количества ливней прямо стекаютъ въ водные протоки.

При наличности большого количества рѣкъ и каналовъ ливневая сѣть разбивается на районы, обслуживаемые одной камерой, располагаемой на

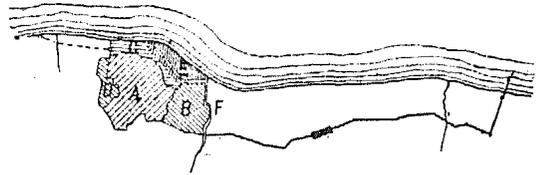
<sup>1)</sup> См. Труды VIII Водопроводнаго Съезда, докладъ В. В. Дмитрѣва, Объ устройствѣ центральныхъ электрическихъ станцій въ связи съ городскими водопроводами.

набережной водного протока, а домовая сеть канализируется по *пересычной схеме*, при чемъ отдѣльныя трубы слѣдуетъ укладывать по возможности по направленію ливневыхъ каналовъ для примѣненія здѣсь *двухъ-ярусныхъ каналовъ*.

Подобныя системы были предложены для канализаціи г. СПбурга.

Второй случай примѣненія полураздѣльной системы имѣется въ г. Буэносъ-Айресѣ, (черт. 416) гдѣ для этой цѣли городъ раздѣленъ на 29 районовъ; въ этомъ случаѣ камеры приходится устраивать въ зависимости отъ топографическихъ условій города. На черт. 417-а представлена сеть главныхъ коллекторовъ для домовыхъ водъ, на черт. 417-б сеть дождевыхъ водъ; кружками обозначены схематически камеры.

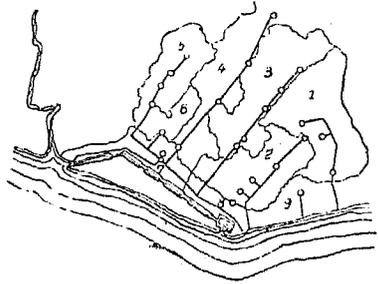
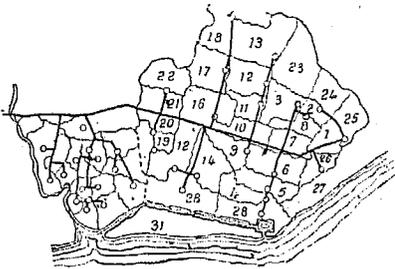
чер. 416.



Устройство камеръ, примѣненныхъ въ г. Буэносъ-Айресѣ, видно изъ чертежа 418.

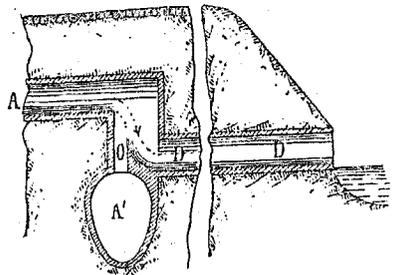
а) чер. 417.

б)



Въ извѣстномъ пунктѣ сѣти въ сводѣ интерцептора устраивается отверстие *O*, которое соединяется съ дождевымъ каналомъ *A*, имѣющимъ выходъ по трубѣ *D* въ водный протокъ. Когда по ливневымъ каналамъ протекаетъ мало воды, то она цѣликомъ по трубѣ *O* попадаетъ въ интерцепторъ *A'*; при увеличеніи же количества ливневая вода безпрепятственно стекаетъ по трубѣ *D* въ водный протокъ.

чер. 418.

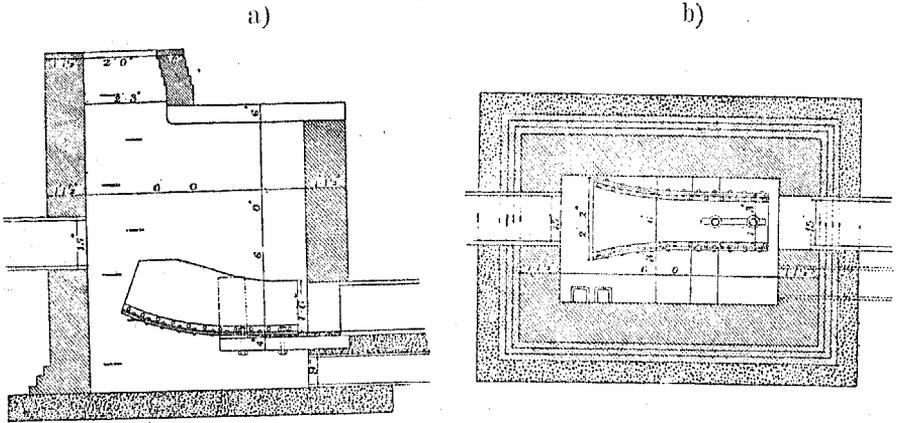


Вариантъ подобной камеры показанъ на чертежѣ 419; дѣйствіе ея аналогично предыдущему. Типъ двухъ-яруснаго канала, примѣненнаго въ г. Буэносъ-Айресѣ, показанъ на чертѣжѣ 420.

Такимъ образомъ *полураздѣльная система представляетъ собою систему, среднюю между общесплавной и полной раздѣльной, и съ гигиенической точки зрѣнія является безупречной.*

Въ разсмотрѣнныхъ нами раздѣльныхъ системахъ канализаціи отводятся только *одни домовыя воды*, при чемъ для *дождевыхъ водъ* примѣняется *надземное отведеніе*. Но на практикѣ нерѣдко бывають отсут-

чер. 419.

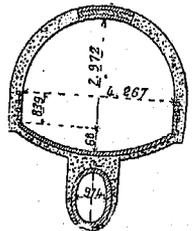


ленія отъ строгаго раздѣленія водъ этихъ категорій: при устройствѣ неполныхъ раздѣльныхъ системъ приходится прибѣгать и къ подземному отведенію дождевыхъ водъ въ нѣкоторыхъ частяхъ города.

*Дождевыя воды* могутъ или *спускаться непосредственно въ каналы для домовыхъ водъ* или *отводиться отдельной стѣю*. Первый случай встрѣчается при канализаціи усадебъ съ обратными уклонами, гдѣ возможно удалить дождевыя воды только въ трубахъ домовой сѣти; впрочемъ подобный спускъ осуществляется *и незаконно* даже въ участкахъ, имѣющихъ скатъ къ улицамъ, вслѣдствіе желанія домовладѣльцевъ осушенія своихъ дворовъ; съ этимъ злоупотребленіемъ слѣдуетъ бороться, такъ какъ введеніе добавочнаго количества водъ можетъ затруднить работу подъемныхъ и очистныхъ сооружений.

Второй случай возникаетъ, когда желаютъ избавить отъ подтопленія во время ливней нѣкоторыя части города, гдѣ приходится изъ за этого городу оплачивать претензіи владѣльцевъ магазиновъ вслѣдствіе затопленія ихъ подваловъ. Такой случай имѣется въ г. Кіевѣ, гдѣ въ 1910 году начаты планомѣрныя работы по устройству *стѣи ливнеотводовъ*, предназначаемыхъ для охраненія торговаго района города отъ затопленія.

чер. 420.



§ 4. Уравнительные бассейны. При постройкѣ канализационной сѣти по общесплавной, полной раздѣльной и полураздѣльной системѣ сѣченія общесплавныхъ и дождевыхъ каналовъ подбираются, какъ мы уже упоминали выше, по наибольшему ливню. Такіе интенсивные и близкіе къ нимъ по силѣ ливни выпадаютъ рѣдко, и въ дѣйствительности каналы *работаютъ при расчетныхъ условіяхъ нѣсколько разъ въ году въ теченіе нѣсколькихъ часовъ*.

Для такой короткой работы приходится строить каналы *большихъ сѣченій*, что, конечно, является *не экономнымъ*.

Для того, чтобы уменьшить сѣченія каналовъ, представляется возможнымъ ввести въ канализационную сѣть *уравнительные бассейны*, которые должны принимать въ себя дождевыя воды во время ливней и по ихъ прекращеніи медленно опорожняться по водосточнымъ каналамъ; понятно, что при устройствѣ подобнаго *уравнительнаго бассейна*, вся сѣть лежащая ниже его, получитъ *меньшіе размѣры*.

Роль такого бассейна подобна роли *аккумуляторовъ на электрическихъ силовыхъ станціяхъ*.

Такіе уравнительные бассейны полезно устраивать въ слѣдующихъ случаяхъ:

1) для приема дождевыхъ водъ, попадающихъ изъ окружающихъ его бассейновъ, имеющихъ стоки къ городу;

2) для приема дождевыхъ водъ, стекающихъ въ городскіе ручьи выше города; этимъ достигается сокращеніе размѣровъ каналовъ для перекрытія ручьевъ въ предѣлахъ городовъ;

3) для приема дождевыхъ водъ съ территории тѣхъ частей города, которыя предполагается впоследствии присоединить къ канализации; устройство бассейновъ освобождаетъ отъ увеличенія сѣченій канализационной сѣти въ застроенныхъ частяхъ города, такъ какъ домовые каналы новаго квартала могутъ быть непосредственно связаны съ каналами канализованныхъ кварталовъ.

4) для приема воды у насосныхъ станцій, съ цѣлью освободить сточныя воды отъ плавающихъ и взвѣшенныхъ веществъ для непрерывности работы насосовъ и имѣть возможность распредѣлять работу ихъ извѣстнымъ образомъ.

Для запасныхъ бассейновъ перваго и втораго типа представляется выгоднымъ использовать естественные тальвеги, преграждая ихъ плотинами и подбирая емкость пруда такимъ образомъ, чтобы во время самыхъ сильныхъ ливней уровень воды ~~бы~~ не доходилъ бы до гребня плотины. Скопленная такимъ образомъ вода можетъ быть въ сухое время использована для промывки, для пожарныхъ цѣлей, для установки небольшихъ водяныхъ колесъ и пр.

Уравнительные бассейны подобнаго типа устроены въ Дармштадтѣ, Дрезденѣ, Висбаденѣ и др. городахъ.

Для устройства уравнительных бассейновъ третьяго типа обыкновенно стремятся не пользоваться общественные сады и парки, устраняая въ нихъ открытые пруды, на которыхъ въ зимнее время могутъ устраиваться катки. Если же на лицо нѣтъ такихъ условій, то приходится строить уже сравнительно *дорогіе подземные резервуары*.

Понятно, что при устройствѣ *подземныхъ* резервуаровъ приходится уже стремиться къ *уменьшенію ихъ размѣровъ*, для каковой цѣли они вступаютъ въ дѣйствіе только при очень сильныхъ ливняхъ. Для достиженія этого каналы отводятъ все воды обыкновенныхъ и часто встрѣчающихся дождей, спуская въ уравнительный бассейнъ избытокъ только во время сильныхъ ливней. По окончаніи ливня подземные резервуары постепенно опорожняются; они могутъ быть использованы также для промывки, а въ зимнее время играть роль снѣговыхъ камеръ.

Уравнительные бассейны при насосныхъ станціяхъ также устраняются въ видѣ *подземныхъ бассейновъ*; болѣе подробно на нихъ мы остановимся въ главѣ XX. Для опредѣленія полезной емкости уравнительныхъ резервуаровъ требуется измѣрить обслуживаемые ими бассейны и, принявъ во вниманіе коэффициенты плотности застройки, вычислить количество притекающей къ нимъ воды и въ сопоставленіи съ наибольшей продолжительностью ливня опредѣлить полезную емкость. Если обозначимъ площади бассейновъ чрезъ  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , коэффициенты  $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n$  и  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ , продолжительность ливня въ минутахъ чрезъ  $t_n$ , количество выпадающей воды въ метрахъ въ секунду съ площади въ 1 гектаръ чрезъ  $m$ , то полезная емкость  $M$  равняется:

$$m (\psi_1 \psi_1 \omega_1 + \psi_2 \varphi_2 \omega_2 + \dots + \psi_n \varphi_n \omega_n) = M \dots (174).$$

Если въ уравнительномъ резервуарѣ будетъ устроенъ отводный каналъ извѣстной проводимости, то полезная емкость должна быть соответственно уменьшена.

Кромѣ вышеуказанныхъ случаевъ уравнительные резервуары могутъ быть *полезны при далекомъ расположеніи воднаго протока отъ канализируемаго города* или для сокращенія сѣченій каналовъ, которые не могутъ быть уложены въ узкихъ улицахъ и въ водоносныхъ грунтахъ или для предохраненія нѣкоторыхъ частей города отъ затопленія.

Если уравнительные резервуары устраиваются въ застроенныхъ частяхъ города, то необходимо ихъ быстрое опорожненіе во избѣжаніе застаиванія осадившихся на днѣ ихъ органическихъ веществъ; вообще необходимо удалять илъ съ ихъ дна чрезъ извѣстные промежутки времени, устанавливаемые практикой.

*На устройство уравнительныхъ резервуаровъ необходимо рѣшаться, если при этомъ будетъ достигнута экономія*, что можно выяснитъ лишь сравненіемъ варіантовъ. Для того, чтобы примѣрно опредѣлить экономію отъ уменьшенія сѣченій каналовъ, сдѣлаемъ предположеніе, что стоимость каналовъ пропорціональна ихъ периметрамъ. Возьмемъ круглые каналы.

Тогда стоимости ( $k$ ) —  $\frac{k_1}{k} = \frac{\pi r_1}{\pi r} = \frac{r_1}{r}$ ; площади сечения ( $\omega$ ) —  $\frac{\omega_1}{\omega} = \frac{\pi r_1^2}{\pi r^2} = \left(\frac{r_1}{r}\right)^2$ .

Отсюда  $\frac{k_1}{k} = \sqrt{\frac{\omega_1}{\omega}}$  . . . (175). Такимъ образомъ при уменьшеніи сечения канала въ 2 раза, уменьшеніе стоимости будетъ лишь на 30%, а если принять во вниманіе вліяніе на стоимость канала и земляныхъ работъ, то экономія будетъ лишь въ 15—20%. *Отсюда явствуетъ, что уравнительные бассейны представляются особенно выгодными при большихъ протяженіяхъ водосточныхъ каналовъ.)*

---

## Г Л А В А XX.

§ 1. **Подъемъ сточныхъ водъ.** При устройствѣ канализаціонной сѣти не всегда удастся удалять сточныя воды *сплавомъ*, а приходится прибѣгать къ ихъ *подъему*. Такіе случаи встрѣчаются при *подъемѣ* сточныхъ водъ *изъ нижнихъ зонъ въ верхнія*, при подъемѣ ихъ на *очистныя сооружеія*, а также при примѣненіи въ плоскихъ городахъ *децентрализаціонныхъ системъ* (Шона и др.). Характеръ *подъемныхъ устройствъ* зависитъ отъ многочисленныхъ факторовъ: *количества поднимаемой воды, высоты подъема, системы канализаціи, рода двигателя* и пр. Вообще же *подъемныя приспособленія* можно подраздѣлить на двѣ основныя категоріи: устройства для подъема *небольшихъ количествъ сточныхъ водъ* и устройства, которые поднимаютъ *большія количества*.

Подъемныя станціи *перваго* типа встрѣчаются *во всехъ системахъ канализаціи*, но они, по преимуществу свойственны системамъ *децентрализаціоннаго* характера, примѣняемыхъ, какъ мы уже упоминали выше, для *плоскихъ городовъ*. Для устройства районныхъ подземныхъ станціи пользуются или особыми подъемниками, приводимыми въ движеніе преимущественно сжатымъ воздухомъ и водой или установкой небольшихъ насосовъ, приводимыхъ въ движеніе различными двигателями (газовыми, керосиновыми, электрическими и пр.).

Къ подъемникамъ относятся уже извѣстные намъ *эжектора Шона, гидравлическіе эжектора Грибоѣдова, гидро-пневматическіе подъемники Адамса (Adams), пневматическіе подъемники Салмсона (Salmson) <sup>1)</sup>, гидравлическіе подъемники Тирьона (Thirion), гидравлическіе подъемники Самэна (Samain)* и др.

§ 2. **Подъемники Грибоѣдова и Адамса.** Гидравлическій эжекторъ *инженера Грибоѣдова <sup>2)</sup>* представляетъ собой *видоизмѣненіе эжектора Шона*, заключающееся въ замѣнѣ энергіи *сжатого воздуха* энергіей *имѣющей-ся подъ извѣстнымъ напоромъ воды въ городской разводящей сѣти*.

<sup>1)</sup> Imleaux, L'assainissement des villes, томъ II.

<sup>2)</sup> Труды VII и VIII Водопрводныхъ съѣздовъ, сообщенія инженера К. Г. Грибоѣдова.

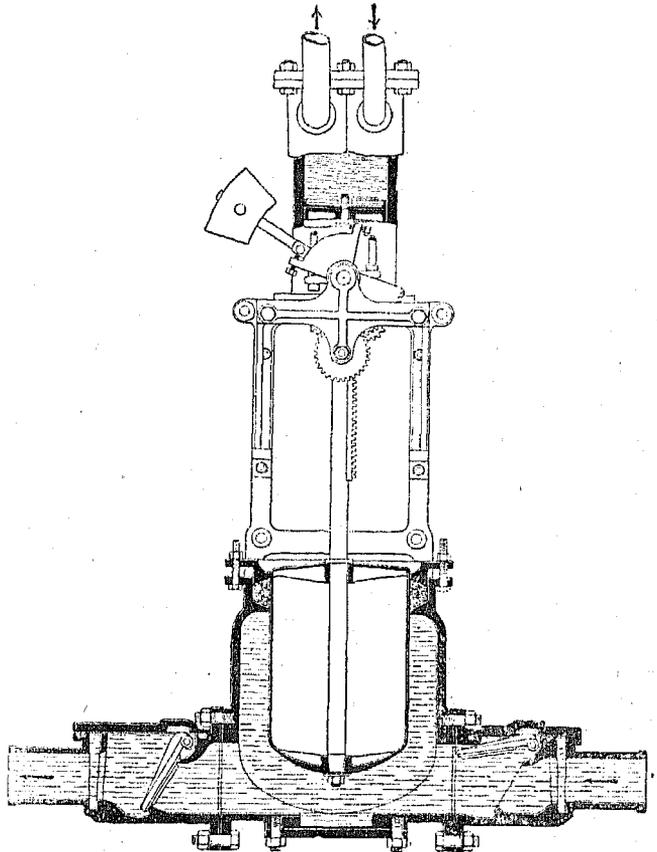
*Гидравлическій эжекторъ* Грибофдова (черт. 421) состоитъ изъ *двухъ чугунныхъ цилиндровъ* различныхъ диаметровъ, такъ подобранныхъ, чтобы отношеніе ихъ площадей соответствовало бы соотношенію между напорами рабочей жидкости (водопроводной воды) и гидродинамической высотъ перекачки. *Нижній цилиндръ* соответствуетъ чугунному сосуду эжектора *Шона*; онъ также имѣетъ *приводную и отводную трубы*, снабженныя *клапанами*, способными пропускать жидкость только въ *одномъ направленіи*.

Въ обоихъ цилиндрахъ ходятъ *поршни* (внизу плунжеръ), неразрывно связанные между собой *штокомъ* (трубкой малаго диаметра). При *верхнемъ цилиндрѣ* имѣется *распредѣлитель* который можетъ то впускать въ верхній цилиндръ водопроводную воду и одновременно разобщать его съ атмосферой, то сообщать внутренность этого цилиндра съ наружнымъ воздухомъ, прекращая доступъ въ него водопроводной воды.

*Распредѣлитель* приводится въ движеніе посредствомъ соответственныхъ *движеній* обоихъ поршней такимъ образомъ, что когда оба поршня подходятъ къ своимъ самымъ верхнимъ положеніямъ, то совершается впускъ *напорной воды* съ закрытіемъ сообщенія верхняго цилиндра съ наружнымъ воздухомъ; наоборотъ, при нижнемъ положеніи поршней происходитъ отсѣчка водопроводной воды и открывается сообщеніе верхняго цилиндра съ наружной атмосферой.

*Распредѣлитель* состоитъ изъ двухъ скользящихъ *золотниковъ*, движеніе которымъ сообщается ударами особаго *вращающагося рычага* по концамъ тягъ, выпущенныхъ изъ *золотниковыхъ коробокъ* черезъ сальники внаружу. *Рычагъ* при движеніи цилиндровъ внизъ взводится системой

чер. 421.



*зубчатыхъ колесъ*, связанныхъ съ *зубчаткой на штокъ рычаговъ*, и, дойдя до своего крайняго положенія, *автоматически* устраняетъ изычекъ храпового колеса, и, подъ влияніемъ пмѣющагося на его концѣ груза, при этомъ падающаго, поворачивается до своего другаго крайняго положенія, передвигая соответственнымъ образомъ и золотники. Въ случаѣ малаго напора сточной жидкости вѣсъ поршней со штокомъ уравнивается двумя противовѣсами (не показанными на чертѣхъ).

Дѣйствіе этого прибора заключается въ слѣдующемъ. Когда *поршни* находятся въ *нижнемъ* положеніи, то *сточныя воды* притекаютъ въ *нижній цилиндръ* и постепенно его заполняютъ; *по мѣрѣ затопленія* постепенно поднимается *плунжеръ* и *поршень* верхняго цилиндра, пока не достигнутъ своего верхняго положенія. Въ этотъ моментъ *напорная вода* войдетъ въ *верхній цилиндръ* и будетъ нажимать поршень внизъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и выдавливать сточныя воды въ отводную трубу. Такимъ образомъ дѣйствіе этого прибора, какъ и эжектора Шона, *автоматическое*. Отработавшая напорная вода выливается изъ верхняго цилиндра въ свою отводную трубу.

Гидравлическіе *эжектора* устанавливаются въ *шахтахъ* на такой же *глубинѣ*, какъ и пневматическіе эжектора Шона. Число приборовъ въ шахтѣ не должно быть менѣе двухъ, изъ коихъ одинъ запасный. Производительность эжекторовъ въ часъ колеблется отъ 40 до 400 ведеръ. Примѣръ установки эжекторовъ Грибоѣдова показанъ на черт. 422, гдѣ изображена станція съ 3 эжекторами, поднимающая сточныя воды въ количествѣ 720—900 ведеръ въ часъ на высоту 0,57 саж.; два эжектора—рабочіе, а третій—запасный.

*Количество ведеръ N*, поднимаемыхъ эжекторомъ Грибоѣдова, опредѣляется по формулѣ автора:  $N = 18,645 \frac{P}{h}$ , . . . . (176)<sub>1</sub> гдѣ *P* наименьшее давленіе въ атмосферахъ въ водопроводной магистральной и *h*—гидродинамическая высота подъема въ футахъ.

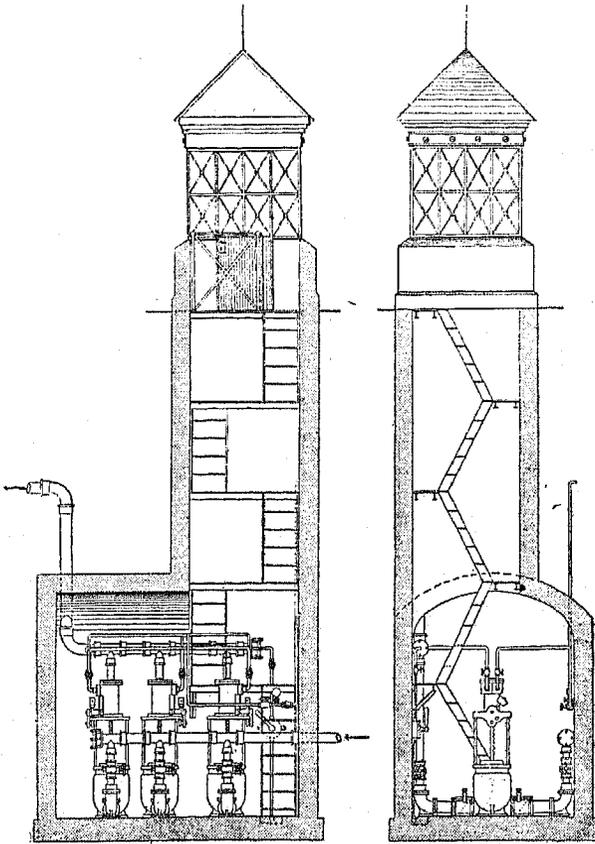
Эжекторъ Грибоѣдова можетъ быть подобно эжектору Шона примѣненъ, какъ подъемный приборъ для *раздѣльной канализаціи*. Изобрѣтателемъ составленъ подобный проектъ для канализаціи Васильевского острова въ СПБургѣ<sup>1)</sup>; кромѣ того онъ предполагаетъ распространить примѣненіе своего эжектора на весь городъ, гдѣ придется установить для этого до 256 эжекторныхъ станцій.

Этотъ приборъ, по нашему мнѣнію, *представляется не экономичнымъ*, какъ и *эжекторъ Шона*, и не можетъ выдержать конкуренціи съ *электрическими насосами* или *насосами, приводимыми въ движеніе калорическими двигателями*.

1) К. Д. Грибоѣдовъ, Проектъ канализаціи Васильевского острова.

Значительно больший интерес представляет собой *гидропневматический подъемник системы Adams'a*, где для подъема воды из нижней зоны в верхнюю используется *энергия падающей воды*, преобразуемая в энергию сжатого воздуха, поднимающего сточные воды (черт. 423).

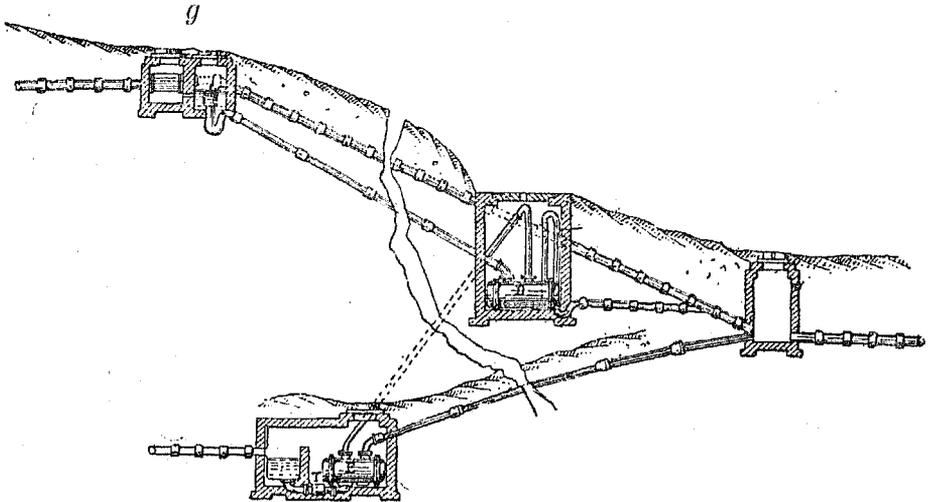
черт. 422.



Водосток верхней зоны входит в особый колодезь *g*, раздѣленный на двѣ части, изъ коихъ первая служитъ для осажденія содержащихся въ сточной водѣ примѣсей, а во второй установленъ *промывной сифонъ Adams'a* (чер. 341). Изъ второй части камеры выходятъ *двѣ трубы*, изъ коихъ *верхняя* ведетъ самотекомъ воды верхней зоны, а *нижняя* служитъ для изліянія воды изъ сифона. *Нижняя труба* входитъ въ *среднюю камеру*, гдѣ установленъ *цилиндръ D* для сжатія воздуха, изъ котораго выходятъ *двѣ трубы*: одна для отведенія *сжатого воздуха* въ *цилиндръ E*, установленный въ камерѣ, гдѣ скопляется *предназначенная для подъема сточныхъ воды*, и *сифонная труба* для опорожненія резервуара *D*. *Нижняя камера* также раздѣлена на двѣ части, изъ коихъ первая играетъ роль *грязеловки*, на днѣ которой устроено загражден-

ное рѣшеткой отверстіе для трубы, приводящей жидкость во второе отделение; *цилиндръ E* снабженъ *клапаномъ T*, отпирющимся для пріема сточныхъ водъ, и *трубой*, по которой жидкость поднимается въ верхнюю зону. Дѣйствіе этого прибора заключается въ слѣдующемъ. Когда *резервуаръ g* наполнится *сточной водою*, то *сифонъ зарядится* и опорожнитъ свое содержимое по *трубѣ въ цилиндръ D*. Благодаря быстрому изливанию воды въ *цилиндръ D* произойдетъ *сжатіе содержащаго тамъ воздуха*

чер. 123.



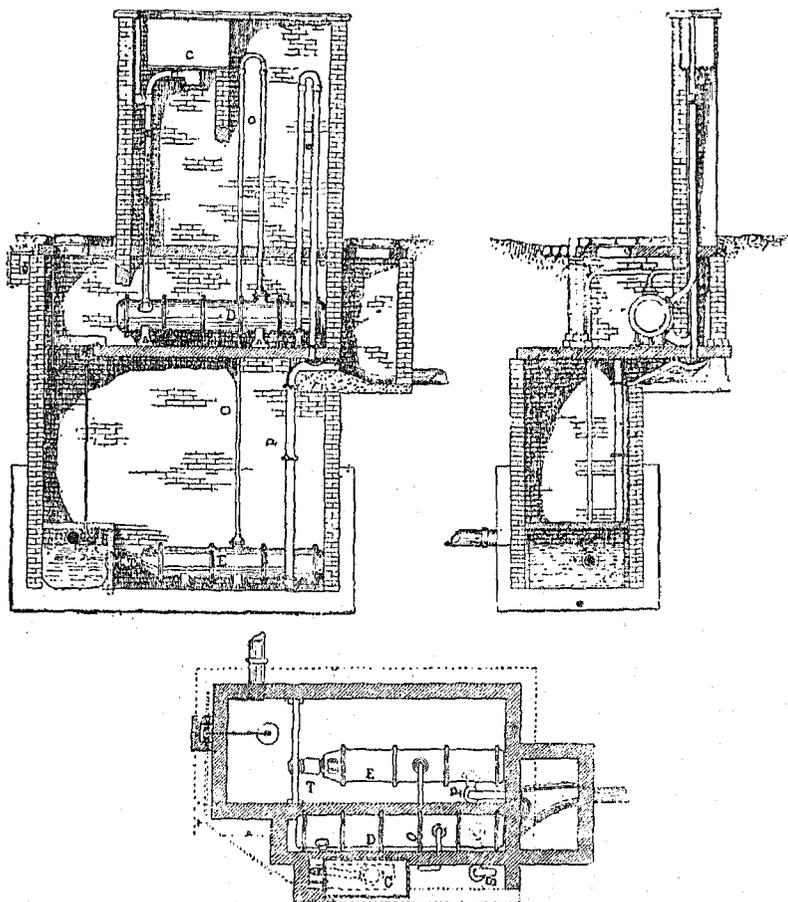
и вытѣсненіе его по *трубѣ въ цилиндръ E*. Сжатый воздухъ въ *цилиндръ E* выдавитъ сточныя воды на необходимую высоту *въ верхнюю зону*. Чтобы освободить *цилиндръ D* для пріема новыхъ порцій промывной воды, онъ снабженъ сифонной трубкой, опорожняющей его содержимое въ верхній водостокъ. Цилиндръ *E* послѣ опорожненія находится подъ давленіемъ сжатого воздуха, пока не будетъ опорожненъ сифонной трубкой *цилиндръ D*, послѣ чего *клапанъ T* откроетъ отверстіе для пріема сточныхъ водъ. *Количество сточныхъ водъ*, расходуемое на подъемъ воды, зависитъ отъ статической высоты подъема воды, потери, затрачиваемой на сжатіе, длины и діаметра воздухопроводной трубы, діаметра сифона и отъ соотношенія между высотами поднятія воды и сжатого воздуха.

Такимъ образомъ подъемникъ Adams'a принадлежитъ къ числу весьма *простыхъ приборовъ*, дѣйствующихъ *сжатымъ воздухомъ*, *вырабатываемымся тутъ же безъ всякихъ компрессоровъ*, какъ это требуется для эжектора *Шона*. Кромѣ того этотъ приборъ лишенъ всякихъ *подвижныхъ частей*, за исключеніемъ пріемнаго клапана, что составляетъ его преимущество предъ системами *Шона* и *Грибождова*, включающими въ свои сташіи запасные эжекторы. Для сифона Adams'a легко можетъ быть использована и водопроводная вода, и въ этомъ видѣ подобный приборъ удобенъ для при-

мѣненія въ усадьбахъ съ обратными уклонами. Подобная установка схематически показана на черт. 424.

§ 3. Песколовки. Насосныя канализаціонныя станціи для подъема большихъ и малыхъ количествъ воды могутъ имѣть весьма разнообразное устройство, зависящее, главнымъ образомъ, отъ рода двигателя и конструкціи канализаціонныхъ насосовъ. Положеніе насосныхъ канализаціонныхъ станціи опредѣляется по возможности *самою пониженною точкою сѣти или характеромъ самой системы канализаціи* (районныя станціи). Далѣе является

чер. 424.



важнымъ располагать насосныя станціи вблизи воднаго протока для удобнаго подвоза топлива и питанія котловъ; требованіе это можетъ быть и не выполнено при районныхъ станціяхъ, которыя не имѣютъ паровыхъ двигателей. Такъ какъ канализаціоннымъ насосамъ приходится поднимать *сточныя воды*, то приходится предъ нихъ всасываніемъ насосами *принимать муть* для удаленія плавающихъ, взвѣшенныхъ и тяжелыя частицъ

изъ состава сточныхъ водъ, чтобы опѣ, попадая въ корпусъ насосовъ, не могли бы препятствовать правильной работѣ и не вызывали бы быстраго изнашиванія рабочихъ частей насосовъ. Это выдѣленіе достигается въ особыхъ резервуарахъ, называемыхъ обыкновенно *песколовками*, которыя устраиваются предъ насосными станціями.

*Песколовки* кромѣ своего непосредственнаго назначенія играютъ еще и роль *уравнительныхъ резервуаровъ*, которые должны уравнивать колебанія притока сточныхъ водъ и работу канализационныхъ насосовъ (гл. XIX). Такимъ образомъ песколовки играютъ двойную роль, что должно имѣть значеніе при опредѣленіи ихъ полезной емкости.

Для выдѣленія *тяжелыхъ и взвѣшенныхъ веществъ* изъ сточныхъ водъ естественно приходится вызывать ихъ осажденіе въ *песколовкахъ* путемъ спльнаго *увеличенія* ихъ *сѣченія* сравнительно съ *сѣченіемъ* *приводнаго водосточнаго канала*, что въ свою очередь вызываетъ соответственное *уменьшеніе скорости* протекающихъ чрезъ песколовки сточныхъ водъ, а слѣдовательно и осажденіе тяжелыхъ и взвѣшенныхъ частицъ.

*Выдѣленіе эсе плавающихъ веществъ* можетъ быть произведено только при помощи *рѣшетокъ* и *ситъ*, или погружаемыхъ цѣпкомъ въ сточныя воды, или опускаемыхъ въ жидкость только на известную глубину.

*Полезная емкость песколовки* опредѣляется двойнымъ образомъ. Первый пріемъ, заключающійся въ примѣненіи законовъ Гидравлики, состоитъ въ слѣдующемъ. Для этой цѣли намъ необходимо знать ту *скорость протока сточныхъ водъ по песколовкѣ*  $v$ , при которой будетъ проходить желаемое осажденіе, и *время*  $t$ , въ теченіе котораго осажденіе достигнетъ той степени, при которой можно не опасаться засоренія насосовъ. Такъ какъ *наибольшій расходъ поднимаемыхъ сточныхъ водъ*  $Q$  намъ известенъ, то *площадь входнаго сѣченія* песколовки опредѣлится изъ простаго выраженія  $\omega = \frac{Q}{v}$ ; задаваясь средней величиной *полезной глубины песколовки*  $h$ , выбираемой обыкновенно по конструктивнымъ соображеніямъ и въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, мы получаемъ ширину песколовки  $b = \frac{\omega}{h}$ . Далѣе *длина песколовки*  $l$  будетъ зависѣть отъ скорости и времени  $t$  (въ минутахъ) и будетъ равна  $l = vt \cdot 60$ .

*Выборъ величины*  $v$  зависить отъ состава сточныхъ водъ, притекающихъ къ песколовкѣ, на которомъ въ свою очередь отражается оборудованіе канализационной сѣти устройствами для выдѣленія плавающихъ, взвѣшенныхъ и тяжелыхъ веществъ.

Такъ напримѣръ, на составъ сточныхъ водъ вліяетъ оборудованіе дождеприемниковъ осадочными ведрами и систематическое ихъ опорожненіе; далѣе въ нѣкоторыхъ сѣтяхъ (Парижъ, Кельнъ) устраиваютъ *большія песколовки предъ дюкерами*, что разумѣется способствуетъ большей числотѣ сточныхъ водъ, притекающихъ къ насоснымъ станціямъ.

Этимъ объясняется, что на практикѣ для  $v$  берутъ сильно различающіяся величины.

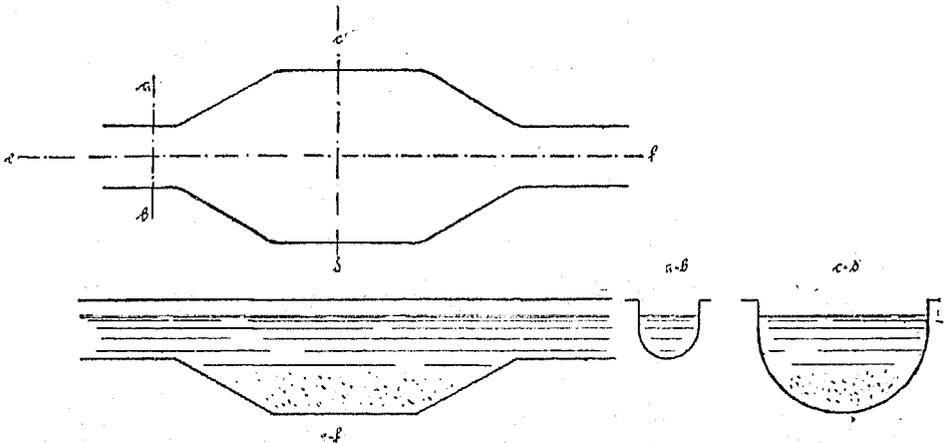
Такъ, напримѣръ въ старыхъ Гамбургскихъ песколовкахъ  $v=100$  сантим. въ секунду, въ Аахенѣ только 1,7 см./сек., въ Висбаденѣ 50 см./сек., Мангеймѣ 30 см./сек., Эльберфельдѣ и Барменѣ—5 см./сек.

Инженеръ Schmeltzner<sup>1)</sup> даетъ для  $v$  нормы въ 0,20—0,30 мет.; проф. Frühling находитъ достаточнымъ брать для  $v=0,10—0,15$  мет. Выбирая норму для  $v$ , не слѣдуетъ забывать, что мы имѣемъ дѣло со средней скоростью, такъ какъ въ дѣйствительности при колебаніяхъ въ притекающихъ къ песколовкамъ количествахъ сточныхъ водъ будетъ сильно колебаться и скорость. Поэтому въ нѣкоторыхъ городахъ (Аахенъ) раздѣляютъ песколовки на нѣсколько отдѣленій и пускаютъ ихъ въ дѣйствіе по соображенію съ притоками; въ противномъ случаѣ можно было бы опасаться загроможденія песколовки осадками или, говоря иначе, превращенія ея въ осадочный бассейнъ.

Для величины времени  $t$  можно, основываясь на размѣрахъ существующихъ сооружений, дать нормы въ 3—5 минутъ.

*Средняя глубина воды* въ песколовкахъ  $h$  зависитъ всецѣло отъ ихъ конструкціи. Песколовки устранились раньше въ видѣ цилиндрическихъ колодцевъ, гдѣ естественно величина  $h$  оставалась безъ измѣненія. Въ современныхъ конструкціяхъ песколовки представляютъ собой въ планѣ фигуру, изображенную схематически на черт. 425, гдѣ средняя часть ея для

чер. 425.



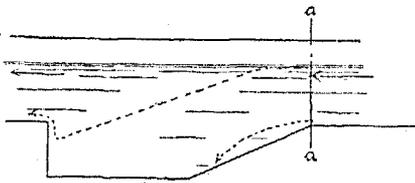
уменьшенія скорости уширяется; кромѣ того дно песколовки углубляется, при чемъ это углубленіе соединяется съ каналами прямыми линіями. Эти прямыя линіи въ нѣкоторыхъ конструкціяхъ имѣютъ неодинаковую длину (Самара), при чемъ линія большей длины соединяется для улучшенія эффекта осадженія съ каналомъ для сточныхъ водъ.

<sup>1)</sup> Ing. Schmeltzner, Grundzüge der mechanischen Abwaesserklärung, 1908.

Дальнейшая эволюция схемы песколовки приводит насъ къ типамъ, показаннымъ на черт. 426 (Шарлоттенбургъ) и черт. 427 (Гамбургъ). *Второй типъ* является болѣе удобнымъ для эксплуатаціи, чѣмъ первый, такъ какъ при его примѣненіи тяжелыя частицы располагаются на днѣ песколовки въ ея углубленіи по кривой *ab*, тогда какъ въ первомъ типѣ онѣ располагаются на наклонной стѣнкѣ нижней кривой. Такимъ образомъ мы видимъ, что величина *h* представляетъ собою среднее арифметическое изъ тѣхъ глубинъ, которыя по своей длинѣ имѣетъ песколовка; въ простѣйшемъ случаѣ  $h = \frac{h_0 + h_{max}}{2}$ , гдѣ  $h_0$  высота слоя воды въ каналѣ при заданномъ расходѣ, а  $h_{max}$  колеблется на практикѣ въ предѣлахъ 2—3,5 метровъ.

Определенный такимъ образомъ *полезный объемъ песколовкозъ* долженъ быть согласованъ съ *работою насосовъ и колебаніями притока сточныхъ водъ*. Поэтому намъ необходимо сдѣлать провѣрку емкости песколовкозъ въ день наибольшаго потребленія. Пусть

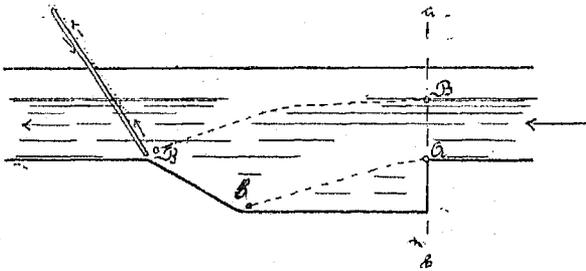
черт. 426.



$Q$  будетъ суточный расходъ.  $\frac{Q}{24} = \alpha_0 Q$  — средний часовой расходъ сточныхъ водъ, а  $\alpha_1 Q, \alpha_2 Q, \alpha_3 Q \dots \alpha_{24} Q$  — дѣйствительные расходы сточныхъ водъ,  $\beta_1 Q, \beta_2 Q \dots \beta_{24} Q$  — количества

поднимаемой воды. Тогда мы должны составить для каждаго часа дня разности  $(\alpha_1 - \beta_1) Q$  и по нимъ опредѣлить наименьшую полезную емкость песколовки. Эта же задача легко можетъ быть опредѣлена и графически путемъ составленія особыхъ графиковъ, на которыхъ мы должны были бы нанести сна-

черт. 427.



чала количества притекающей и поднимаемой воды, а затѣмъ построить кривую объемовъ  $(\alpha_1 - \beta_1) Q$  и найти максимальную ординату этой кривой, которая и будетъ указывать собою полезную емкость песколовки. Графическій способъ, который будетъ нами болѣе подробно изложенъ нѣсколько дальше, является весьма удобнымъ для выбора числа и мощности насосовъ.

Опредѣленная на основаніи данныхъ о работѣ насосовъ емкость песколовки не должна быть во всякомъ случаѣ *меньше емкости, необходимой для осажденія.*

*Рѣшетки для песколовокъ* устраиваются изъ прямоугольных или круглыхъ желѣзныхъ полосъ, между которыми дѣлаются промежутки въ 15—25 мм.; *ситя*, устраниваемые въ видѣ сѣтки, имѣютъ отверстія въ 10—15 кв. мм.

*Площадь рѣшетки и ситя* дѣлается въ 1,5—3 раза больше площади входного канала; впрочемъ величина ихъ площади зависитъ отчасти отъ ширины и глубины того сѣченія песколовки, въ которомъ онѣ будутъ установлены.

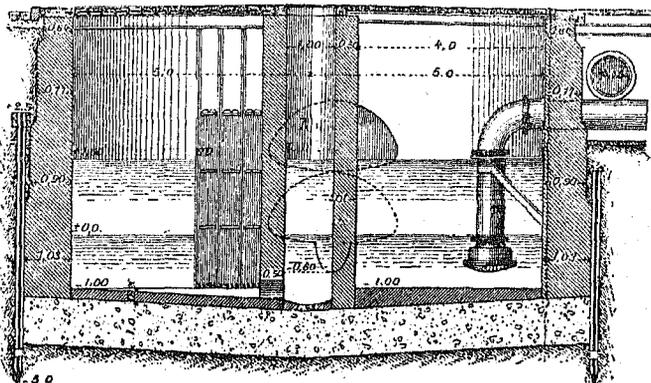
Рѣшетки должны задерживать *плавающія* вещества, а сита тѣ *взвѣшенные вещества*, которыя не успѣли осадиться на днѣ песколовки.

Конструкція рѣшетокъ и ситъ весьма разнообразна. Такъ, онѣ могутъ устанавливаться вертикально, наклонно къ вертикали и даже горизонтально; далѣе онѣ дѣлаются неподвижными или приводятся въ движеніе подъемными механизмами. Очистка рѣшетокъ производится или вручную, при чемъ онѣ вытаскиваются изъ песколовокъ или механически путемъ примѣненія особыхъ очистителей.

Очистка песколовокъ отъ осадковъ производится или вручную черпаками или же посредствомъ подвижныхъ подъемныхъ приспособленій (корій, подъемныхъ ящиковъ, подъемныхъ крановъ съ храповыми механизмами). Разумѣется съ *гигіенической точки зрѣнія механическая очистка какъ рѣшетокъ, такъ самихъ песколовокъ предпочтительнѣе ручной*<sup>1)</sup>.

Простѣйшій типъ песколовки, примѣненный въ гг. Кенигсбергѣ и Берлинѣ, показанъ на чертѣжѣ 428.

чер. 428.



Она представляетъ собой цилиндръ изъ кирпичной кладки, діаметромъ 10 мет., раздѣленный двумя вертикальными рѣшетками, состоящими изъ

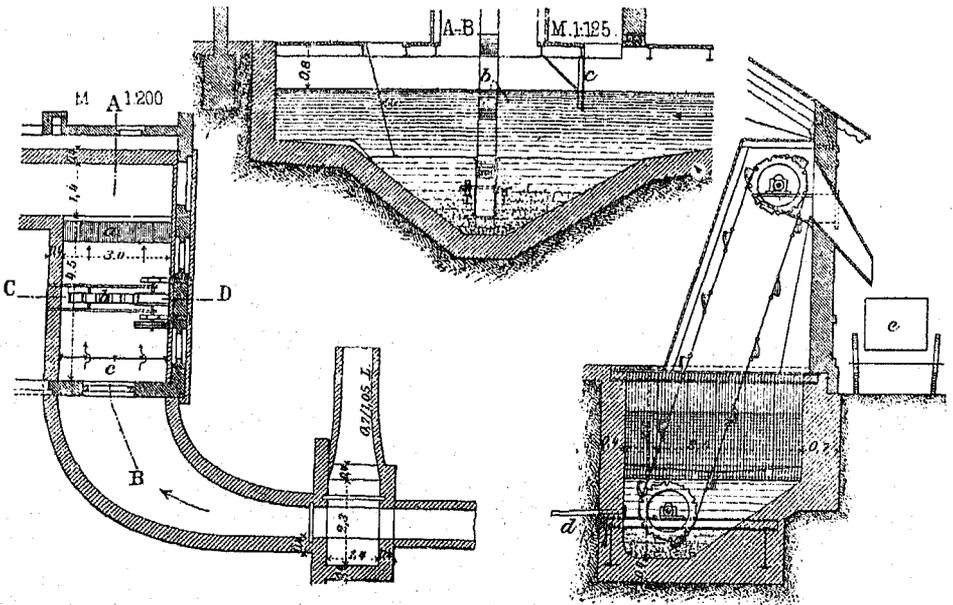
<sup>1)</sup> Подробнѣе конструкція рѣшетокъ см. въ сочиненіи D-ring Schmetzner — Grundzüge der mechanischen Abwässerklärung 1908.

отдельных частей шириной 1,2 м., на две равные части. В центр цилиндра устроен колодезь, діам. 1 мет., куда чрезъ нижнія отверстія стекаетъ осаденная грязь; этотъ колодезь даетъ возможность легко удалить грязь изъ песколовки, не нарушая ея дѣйствія и служить одновременно опорнымъ столбомъ для перекрытія песколовки и установки рѣшетокъ. Перекрытіе дѣлается изъ укладываемыхъ на желѣзныхъ балкахъ деревянныхъ досокъ, но разборкѣ которыхъ можно легко очистить песколовку. Въ песколовку опущена всасывающая труба насосовъ, снабженная клапаномъ.

Въ верхней части песколовки устроенъ ливнеспускъ для освобожденія насосовъ отъ излишней воды, который располагается уже за рѣшетками; ливнеспускъ во время подъема высокихъ водъ запирается затворомъ. Устройство ливнеспуска требуетъ въ свою очередь близости насосной станціи къ водному потоку. Для удаленія образующихся отъ гніенія осаденныхъ органическихъ веществъ зловонныхъ газовъ въ песколовкѣ надъ наивысшимъ уровнемъ сточныхъ водъ устраивается вентиляціонная труба, соединяемая съ дымовой трубой станціи.

Описанная конструкція является довольно устарѣлой, такъ какъ здѣсь очистка песколовки производится вручную; ея небольшіе размѣры объясняются раздѣленіемъ Берлина на секторы и выдѣленіемъ значительной части грязи въ дождеприемникахъ и самихъ каналахъ, имѣющихъ небольшіе уклоны.

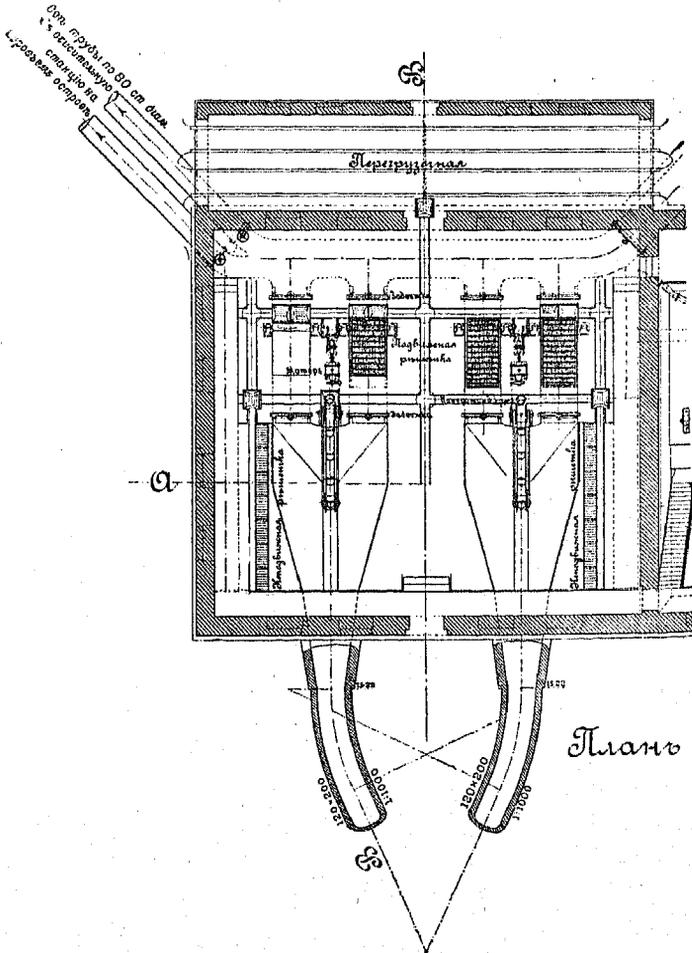
чер. 429.



Съ этой точки зрѣнія безусловное преимущество должна имѣть песколовка въ г. Нейштадтѣ (Верхняя Силезія), предложенная *Майрихомъ* (черт. 429), гдѣ для облегченія удаленія осадковъ песколовкѣ придана вышзу

коническая форма; плавающая по поверхности вещества здесь задерживаются при помощи погруженной на 30 см. рѣшетки *с*, а болѣе тяжелыя и взвѣшныя частицы посредствомъ косої рѣшетки *а*. Обѣ рѣшетки очищаются вручную, но удаленіе тяжелыхъ осажденныхъ веществъ производится посредствомъ *норія съ черпаками*, которая механически опорожняетъ грязь чрезъ рукава въ вагонетку *е*. Подобное механическое удаленіе грязи дало возможность обойтись однимъ отдѣленіемъ для песколовки.

чер. 430 а).

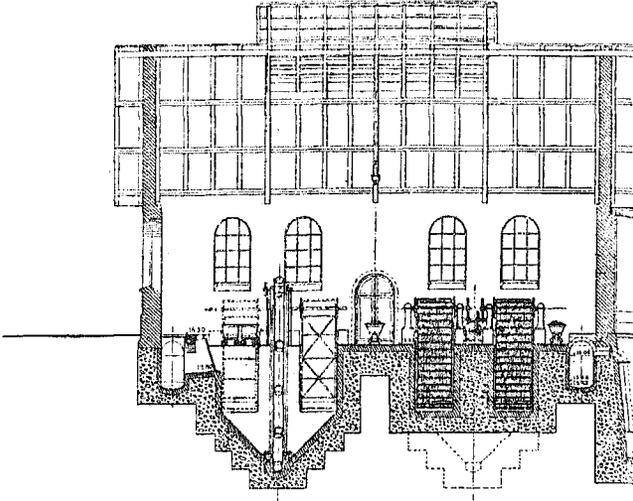


Весьма интересный типъ песколовки представляетъ собой проектъ ея, составленный инженеромъ Лидлеемъ для г. Самары<sup>1)</sup>, канализация которой имъ запроектирована по общесплавной системѣ съ раздѣленіемъ города на двѣ зоны. Песколовки для каждой зоны помѣщены въ общемъ зданіи. Песколовка верхней зоны (черт. 430 а—с) состоитъ изъ двухъ независимыхъ

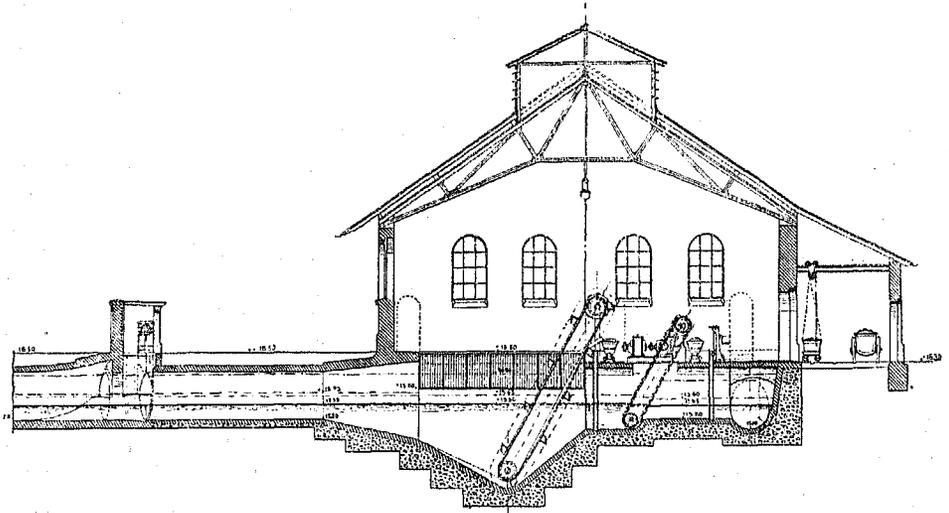
1) Проектъ канализации г. Самары инженера В. Г. Лидлея.

отдѣлений, что облегчаетъ очистку и ремонтъ каждаго изъ нихъ. Приводный коллекторъ раздѣляется предъ входомъ въ песколовку на двѣ части; каждая изъ частей канала сначала принимаетъ коническую въ продольномъ направленіи форму и затѣмъ уже входитъ въ самую песколовку.

чер. 430. б)



чер. 430. с)



Въ песколовкѣ установлена *подвижная норія* съ черпаками для грязи на вагонетки, которыя отвозится по рельсамъ въ *перегрузочное помещеніе*, примыкающее къ песколовкѣ. Въ перегрузочной кузовъ вагонетки поднимается ручнымъ краномъ и опораживается въ фургонъ для вывоза со

станціи. За песколовкой устанавлены *подвижныя рѣшетки* для выдѣленія плавающихъ веществъ, приводимыя въ движеніе моторами. Подвижныя рѣшетки состоятъ изъ двухъ *цѣпныхъ* рѣшетокъ, звенья которыхъ образваны металлическими полосами около 5 миллиметровъ толщиною въ разстояніяхъ 5 миллиметровъ другъ отъ друга. Рѣшетки проходятъ чрезъ два шестигранныхъ барабана, изъ коихъ верхній приводится въ движеніе электромоторомъ и двигаетъ всю рѣшетку. Такимъ образомъ всѣ оставшіяся на рѣшеткѣ вещества поднимаются наверхъ и счищаются съ нея—на вагонетки, направляемыя въ перегрузочную,

Работа подвижныхъ рѣшетокъ расчѣтана на пропускъ 500—600 литровъ въ секунду въ сухую погоду, для работы же при усилившемся дождѣ (до 3600 литровъ въ секунду) служатъ боковыя рѣшетки (разм. 7 мет.  $\times$  1 мет.), устанавленыя наклонно на порогахъ водосливовъ. Осѣвпія на рѣшеткахъ вещества поднимаются граблями въ корыттообразную балку, на которую опираются рѣшетки, и проталкиваются вдоль него въ стоящую въ концѣ его вагонетку. Послѣ прохожденія механическихъ подвижныхъ рѣшетокъ сточныя воды попадаютъ въ сборную галерею, шириной въ 1,60 мет., расположенную позади нихъ, въ нее впадаютъ также оба боковыхъ канала отъ водосливовъ. Отъ юго-западнаго угла сборной галереи отходитъ выпускной каналъ для выпуска излишнихъ водъ въ Волгу, а отъ юго-восточнаго канала къ очистнымъ сооруженіямъ.

Изъ этихъ примѣровъ видно, что *въ конструкцію песколовокъ долженъ быть введенъ ливнепускъ съ предохранительными затворами противъ наводненія*. Кроме того является необходимымъ на случай капитальнаго ремонта или перестройки насосной станціи имѣть *запасныя выпуски*, чтобы имѣть возможность пустить воды помимо станціи.

**§ 4. Опредѣленіе количества поднимаемой воды и числа канализаціонныхъ насосовъ.** Прежде чѣмъ перейти къ описанію устройства насосныхъ канализаціонныхъ станціи намъ необходимо остановитъ свое вниманіе на особенностяхъ ихъ работы. При постройкѣ насосныхъ канализаціонныхъ станціи для общеглавной системы необходимо отмѣтить, что намъ приходится поднимать переменное количество сточныхъ водъ, колебанія котораго для общеглавной системы зависятъ отъ принятаго у насосной станціи коэффициента разжиженія и могутъ доходить до пяти-шестикратнаго увеличенія объема поднимаемыхъ сточныхъ водъ въ сухую погоду. Это обстоятельство, вызывая необходимость устройства уравнительныхъ резервуаровъ (*песколовокъ*), значительно усложняетъ оборудованіе станціи. *Насосныя станціи для раздѣльныхъ системъ*, какъ крупныя, такъ и мелкія районныя находятся въ лучшихъ условіяхъ, такъ какъ они поднимаютъ количество воды, которое колеблется въ предѣлахъ колебаній въ теченіе дня примѣрно отъ 1 до 7—8%. При проектированіи насосныхъ станціи прежде всего нужно *установитъ число и размѣры насосовъ, отвѣчающихъ притоку сточныхъ водъ*. Правильнаго рѣшенія этого вопроса можно добиться только путемъ экономическаго сравненія нѣсколькихъ варіантовъ, для каковой цѣли пред-

ставляется удобнымъ использовать графическій методъ. Для этой цѣли намъ приходится составить ступенчатую диаграмму притока сточныхъ домовыхъ водъ въ день наибольшаго потребленія чрезъ расчетное количество лѣтъ безъ расширенія, показанную на чертежахъ 39 и 40, (см. главу V) и диаграмму ливневыхъ водъ въ предѣлахъ часовъ наибольшаго притока домовыхъ водъ. Затѣмъ нанести на этой же диаграммѣ количества воды, которыя будутъ поднимать насосы по часамъ въ теченіе дня. Такъ какъ при каждой насосной станціи уже должна имѣться песколовка, емкость которой определяется по вышеприведеннымъ соображеніямъ, *то необходимо при выборѣ числа и мощности насосовъ сообразовать ихъ съ этой уже заранее установленной полезной емкостью песколовки.*

Такое предположеніе должно быть *первымъ и необходимымъ варіантомъ. Вторымъ варіантомъ* надо считать сокращеніе числа часовъ работы въ день насосовъ за счетъ нѣкотораго увеличенія емкости песколовки, при чемъ возможно въ нѣкоторыхъ случаяхъ достигнуть *равнообразнаго нагнетанія насосовъ.* Если бы пожелали увеличить песколовку до отстаиванія въ ней сточныхъ водъ въ теченіе 4—6 часовъ, то она превратилась бы въ *осадочный бассейнъ* (бассейнъ при насосной станціи Клинки въ г. Парижѣ); кромѣ того въ этомъ случаѣ пришлось бы увеличить эксплуатационные расходы по отвозу осажденной грязи изъ города, такъ какъ насосныя станціи устраиваются обыкновенно въ городской чертѣ. Поэтому замѣна песколовки отстойнымъ бассейномъ возможна только для небольшихъ городовъ, канализуемыхъ по раздѣльной системѣ, гдѣ вслѣдствіе этого можно уничтожить почую работу насосной станціи. Въ обычныхъ же случаяхъ приходится сравнивать два основныя варіанта: оставленіе песколовки и увеличеніе ея размѣровъ за счетъ ослабленія мощности машинъ. *Съ санитарной точки зрѣнія важно избѣжать застаиванія сточныхъ водъ въ предѣлахъ городской территоріи и скопленія органическихъ веществъ, по каковой причинѣ представляется желательнымъ выбирать по возможности первый варіантъ.*

При выборѣ мощности насосовъ необходимо сообразоваться съ *тѣми типами, которые разработаны на заводахъ;* это обстоятельство часто вліяетъ на нѣкоторое увеличеніе емкости песколовки.

Для уменьшенія ея величины возможно выбирать и насосы одинаковой мощности, которыя дѣлятся на двѣ серіи: насосы, работающіе при среднемъ расходѣ, и насосы, вступающіе въ работу при наибольшемъ расходѣ, но для *эксплуатационныхъ цѣлей все-таки слѣдуетъ стремиться непременно къ употребленію одного типа,* такъ какъ при этомъ одинъ насосъ можетъ легко, въ случаѣ надобности, замѣнять другой; кромѣ того упрощается уходъ за ними и ремонтъ износившихся частей.

Насосы для перекачки дождевыхъ водъ обыкновенно дѣлаются одинаковой мощности, выбираемой также по соображеніямъ съ заводскими данными; мощность ихъ въ большинствѣ случаевъ больше мощности насосовъ для домовыхъ водъ.

*Подборъ насосовъ для раздѣльныхъ системъ* дѣлается на тѣхъ же основаніяхъ, что и для общесплавныхъ. Простѣйшимъ случаемъ будетъ такой, когда для подъема одной домовой воды будетъ достаточно одного насоса; тогда устанавливаютъ два насоса: одинъ дѣйствующій и другой запасный. Самымъ обыкновеннымъ случаемъ нужно считать установку трехъ насосовъ: одного постоянно работающаго, другого, вступающаго въ дѣйствіе въ часы наибольшаго притока, и третьяго запаснаго. При большемъ количествѣ поднимаемой воды число насосовъ возрастаетъ. По установленіи общаго числа насосовъ слѣдуетъ установить *сроки ихъ покупки* съ такимъ расчетомъ, чтобы сначала были куплены насосы для количества воды, которая будетъ подниматься чрезъ 7—10 лѣтъ.

Для этой цѣли весь расчетный періодъ дѣйствія канализаціи безъ расширенія дѣлятъ на  $n$  частей (по 5—7 лѣтъ) и для каждаго малаго періода строятъ діаграммы для подбора насосовъ и опредѣленія емкости песколовокъ, какъ уравнительнаго резервуара.

Для своевременнаго пуска въ ходъ насосовъ, начинающихъ работать при увеличеніи расхода поднимаемыхъ водъ, необходимо имѣть указатели уровня воды въ песколокахъ, которые машинисту на станціи давали бы сигналъ для своевременнаго включенія въ работу насосовъ; впрочемъ для нѣкоторыхъ установокъ является возможнымъ включать насосъ автоматически посредствомъ поплавковъ, связанныхъ съ электрической сигнализаціей.

Далѣе при проектированіи насосныхъ станціи общесплавной системы необходимо имѣть *серію запасныхъ насосовъ для перекачки дождевыхъ водъ*, если періодъ дождей совпадаетъ съ періодомъ стоянія высокнхъ водъ въ водныхъ протокахъ, такъ какъ въ этихъ случаяхъ ливневуски или вовсе не отводятъ дождевыхъ водъ или отводятъ незначительную часть. Насосы въ этомъ случаѣ могутъ получиться значительной мощности; напр. при притока 20 литровъ съ гектара, общей величины канализируемой площади 400 гектаровъ, высотѣ подъема въ 5 метровъ требуется общая мощность насосовъ въ 700 HP.

**§ 5. Опредѣленіе мощности канализаціонныхъ насосовъ.** Послѣ установленія количества воды, которые должны поднимать канализаціонные насосы, является необходимымъ опредѣлить ихъ *дѣйствительную (эффетивную) и индикаторную мощность*. Полезная работа насосовъ заключается въ поднятіи известнаго объема воды  $Q$  на высоту  $H$ , представляющую собой разность между наимншимъ горизонтомъ воды въ песколоки и наивысшимъ уровнемъ, на который требуется поднять сточныя воды. При всѣхъ куб. ед. воды  $\Delta$  — полезная работа насоса будетъ равна  $\Delta QH$ . Но насосамъ при ихъ работѣ приходится преодолевать вредныя сопротивленія, которыя заключаются въ преодоленіи сопротивленія, оказываемаго треніемъ при движеніи сточныхъ водъ по всасывающей и напорной трубамъ, сопротивленію движенію сточныхъ водъ при проходѣ чрезъ насосы, сопротивленія при движеніи жидкости въ поворотахъ, закругленіяхъ и т. под.

Поэтому  $N_{ef}$  действительная мощность насоса въ лопатныхъ сѣлахъ будетъ равна:

$$N_{ef} = \frac{\Delta Q (H + \Sigma h)}{75} \dots (186) \text{ для метр. мѣр; здѣсь мы называемъ}$$

сокращенно чрезъ  $\Sigma h$  всѣ вышеназванныя сопротивленія.

Такъ какъ съ одной стороны главный членъ  $\Sigma h$  представляетъ собой членъ, выражающій потерю на треніе въ напорной трубѣ, а съ другой было бы затруднительно опредѣлять всѣ остальные потери напора, то на практикѣ не исчисляють всѣхъ потерь отдѣльно, а просто оцѣпываютъ ихъ въ 10—15% отъ общей потери на треніе въ напорной трубѣ.

Потери напора на единицу длины (см. главу XV) равняется  $\frac{v^2}{c^2 R}$ ; для напорной линіи діаметромъ  $d_f$  и длиной  $l_f$  потери  $h = \frac{v^2 l_f}{c^2 R}$ ,  $R$ —для полного

$$\text{заполненія} = \frac{d_f}{4} \text{ а отсюда и } c = \frac{100\sqrt{R}}{0,3 + \sqrt{R}}$$

$$N_{ef} = \frac{\Delta Q \left( H + \frac{1,15 v^2 l_f}{c^2 R} \right)}{75} \dots (177);$$

$v_f$  принимается обыкновенно въ 1—1,2 метра, а  $\Delta$  — въсь 1 куб. метра воды равняется 1000 метровъ.

Далѣе, для полученія индикаторной мощности насоса необходимо принять во вниманіе коэффициентъ полезнаго дѣйствія насоса  $\eta$  отъ 0,5 до 0,85. Поэтому

$$N_i = \frac{N_{ef}}{\eta} = \frac{\Delta Q \left( H + \frac{1,15 v^2 l_f}{c^2 R} \right)}{75 \eta} \dots (178)$$

Изъ этого выраженія ясно, что  $N_i$  при данныхъ  $Q$  и  $H$  зависитъ отъ принятой намъ величины *діаметра и длины напорной линіи*. Увеличивая *діаметръ*, мы удорожаемъ *стоимость напорной линіи*, но зато уменьшаемъ *мощность насосовъ*, а слѣдовательно и *величину расходовъ по содержанію насосовъ*; при обратномъ рѣшеніи мы получаемъ обратное соотношеніе между стоимостью напорной линіи и стоимостью установки и эксплуатаціи насосовъ. На этомъ соотношеніи построена экономическая формула для опредѣленія діаметра напорной линіи <sup>1)</sup>, выводъ которой мы приведемъ въ XXI главѣ; здѣсь же удовольствуемся приведеніемъ численнаго примѣра.

Такъ напр. для подъема сточныхъ водъ въ количествѣ 600 литровъ въ секунду на высоту 20 мет., при длинѣ напорной линіи 15 килом. получаютъ слѣдующія соотношенія.

<sup>1)</sup> В. Ф. Ивановъ. Исслѣдованіе вліянія экономическихъ условій на начертаніе водопроводной и оросительной сѣти.

При діам. напор. ліній въ 75 мм. гидродинамическая высота подъема со всѣми потерями) будетъ 129 мет. и мощность насосной станціи 2064 *HP*, а при  $d=100$  мм. гидродинамическая высота подъема будетъ 43 мет., а мощность 688 *HP*.

Понятно, что для окончательнаго выбора необходимо избрать вариантъ, дающій наименьшіе строительные и эксплуатаціонные расходы, что и опредѣляется достаточно точно для практическихъ цѣлей вышеупомянутой экономической формулой.

§ 6. Двигатели для канализаціонныхъ насосовъ. Послѣ установленія мощности необходимо разрѣшить вопросъ *о родѣ двигателя и типѣ канализаціоннаго насоса*. Для приведенія въ движеніе насосовъ можно использовать различныя двигатели: паровые, газовые, керосиновые, бензиновые, нефтяные и электрическіе. Примѣненіе водяныхъ и вѣтряныхъ двигателей для канализаціонныхъ подъемныхъ установокъ можетъ встрѣтиться крайне рѣдко, и поэтому на такихъ установкахъ мы не будемъ останавливаться.

При рѣшеніи вопроса *о выборѣ двигателя* необходимо знать прежде всего *цѣны на топливо въ пунктѣ его потребленія*, для каковой цѣли слѣдуетъ установить цѣну топлива *на мѣстѣ его добычи и стоимость его перевозки и подвоза къ насосной станціи*. Другимъ факторамъ при выборѣ топлива является *его теплопроизводительность*, т. е. *способность одного килограмма топлива при совершенномъ сгораніи выдѣлить определенное количество калорій*. Величина теплопроизводительности даннаго топлива зависитъ главнымъ образомъ отъ количества содержащагося въ немъ кислорода и углерода. Какъ для твердаго, такъ и для жидкаго топлива наблюдаются значительныя колебанія рыночныхъ цѣбъ и болѣе или менѣе случайныя ихъ пзмѣненія; въ особенности это имѣетъ мѣсто по отношенію къ жидкому топливу. Въ виду такого положенія при выборѣ рода топлива необходимо считаться еще съ тѣмъ, насколько обезпечено постоянное полученіе этого топлива.

Большое вліяніе на установленіе цѣны на топливо оказываетъ приобретаемое количество; особенно это относится къ жидкому топливу, которое при заказѣ крушыхъ партій доставляется въ вагонахъ-цистернахъ.

Для выбора топлива приведемъ нижеслѣдующую таблицу XLV, въ которой мы укажемъ теплопроизводительность и стоимость 1 нуда нѣкоторыхъ сортовъ топлива въ Москвѣ въ 1908 году <sup>1)</sup>.

Послѣ опредѣленія стоимости и теплопроизводительности различныхъ сортовъ топлива въ данномъ пунктѣ, мы могли бы перейти къ выбору *самого двигателя и насоса съ экономической точки зрѣнія*. Для этой цѣли намъ представляется необходимымъ найти такіе типы двигателей, которые при данной мощности насосовъ потребуютъ *наименьшей суммы* строительныхъ и эксплуатаціонныхъ расходовъ. До перехода къ подобному сра-

---

<sup>1)</sup> Э. Юссе. Современныя силовыя установки. Техническое и экономическое ихъ изслѣдованіе, перев. инж. Н. К. Пафнутаева.

ТАБЛИЦА XLV.

Название топлива <sup>1)</sup> .	Теплопроизводительность (полезная) въ кал./кгт.	Цѣна за 1 пудъ топлива въ Москвѣ въ коп.	Стоимость 10000 калорій въ Москвѣ на мѣсяцъ потреб. въ коп.
<b>I. Каменный уголь.</b>			
Голубовскій (Донецкій) . . . .	6500	23	2,15
Голубовскій, грохоч. $1/2$ — $1^{1/2}/29$ . непекающійся . . . . .	6550	25	2,32
Монтанъ (Донец.) сортир. . . . .	6790	25	2,24
Березов. кузнечный, мытый . . . .	7150	25	2,12
Домбровскій . . . . .	6070	—	—
<b>II. Антрацитъ.</b>			
Донецкій рядовой . . . . .	6200--6570	19	1,87—1,77
„ сортиров. . . . .	67230	23	1,94
„ пласта „Велик.“ . . . .	7600	22	1,80
Грушевскій сортир. . . . .	7600	23	1,84
<b>III. Торфъ машинный</b>			
(съ сод. воды 20—30%) . . . . .	3560--3040	—	—
<b>IV. Дрова.</b>			
Сырыя . . . . .	2400	—	—
Лежалыя . . . . .	3400	—	—
<b>V. Нефтяные остатки . . . . .</b>			
	10200	43	2,58
<b>VI. Керосинъ <sup>2)</sup> . . . . .</b>			
	9500-10200	120	—
<b>VII. Бензинъ . . . . .</b>			
	9500-10200	320	—

<sup>1)</sup> Цѣны на каменный уголь и коксъ приведены также въ книгѣ Н. Г. Сергеевскаго „Стоимость и оцѣнка машинъ“.

<sup>2)</sup> См. инж. Вромлей, „Газовые, бензиновые и керосиновые двигатели“,

нению мы должны рассмотреть некоторые свойства, относящиеся къ определенному типу двигателей. Прежде всего слѣдуетъ имѣть въ виду, что паровые и газогенераторные двигатели требуютъ для устройства насосныхъ станцій *большихъ площадей*, такъ какъ для первыхъ требуется устройство *котельныхъ* помѣщеній, а для вторыхъ—*газогенераторныхъ* помѣщеній.

Наоборотъ, двигатели Дизеля, керосиновые и бензиновые требуютъ значительно меньшихъ площадей насосныхъ станцій; также мало мѣста требуетъ установка газовыхъ и электрическихъ двигателей, если они получаютъ энергію изъ центральныхъ городскихъ станцій. Это свойство двигателей можетъ оказать существенное вліяніе, *если мы не располагаемъ большимъ участкомъ земли*, и если *стоимость земли является высокой*. Подобный случай часто встрѣчается въ жизни, какъ при устройствѣ крупныхъ насосныхъ станцій (зонная система), такъ въ особенности при устройствѣ мелкихъ станцій районнаго типа, которыя обыкновенно располагаются на городскихъ площадяхъ. Въ такихъ случаяхъ изъ сравненія слѣдуетъ устранять тѣ двигатели, которые бы потребовали для себя много мѣста.

Наконецъ, въ насосныхъ установкахъ для общесплавной системы является потребность въ случаѣ наступленія дождя перекачивать количество сточныхъ водъ, превышающее нормальное въ 3—6 разъ. Такъ какъ дожди наступаютъ внезапно, то насосы должны имѣть возможность быстро вступить въ дѣйствіе; поэтому для такихъ дождевыхъ насосовъ желательно примѣнять газовые (свѣтильный газъ) или электрическіе двигатели.

Приведеніе подробныхъ данныхъ для полнаго экономическаго сравненія двигателей между собой отвлекло бы насъ далеко отъ содержанія настоящаго труда, и поэтому мы вынуждены отослать интересующихся къ специальной литературѣ<sup>1)</sup>.

Здѣсь же мы считаемъ нужнымъ только упомянуть, что для определенія эксплуатационныхъ расходовъ двигателей необходимо вычислить: стоимость топлива, прислуги, матеріаловъ для смазки и чистки, проценты и погашеніе по капиталу на установку двигателя (со всѣми принадлежностями, включая фрахтъ, монтажъ и фундаменты), проценты и погашенія по капиталу на постройку машиннаго зданія и расходы по ремонту двигателя и машиннаго зданія.

Если намъ извѣстна индикаторная мощность насоса  $N_i$ , то по ней мы легко опредѣлимъ  $N_m$  — мощность двигателя  $N_m = \frac{N_i}{\eta_m}$  . . . (179) гдѣ  $\eta_m$  —

1) *Barth*, Die Zweckmässigste Betriebskraft 2 части.

2) *Marr*, Kosten der Betriebskräfte, 1901.

3) *Marr*, Die neueren Kraftmaschinen, ihre Kosten und ihre Verwendung, 1904.

4) *Гюльднеръ*, Газовые, нефтяные и прочіе двигатели внутреннего сгорания перев. съ нѣм. 1907.

5) *Проф. В. Ф. Ивановъ*, Исслѣдованіе вліянія экономическихъ условій на начертаніе въ некоторыхъ частныхъ случаяхъ водопроводной и оросительной свѣтл.

6) *Э. Юссе*, Современныя силовыя установки, перев. съ нѣм. и пр.

механической коэффициент полезного действия двигателя. Величина  $\eta_m$  для главнейших типов двигателей помещена в следующей таблице XLVI.

ТАБЛИЦА XLVI.

Название двигателя 1).	Величина $\eta_m$
Паровые . . . . .	0,70—0,85
Газовые . . . . .	0,75—0,90
Нефтяные Двезели . . . . .	
Керосиновые . . . . .	0,8—0,90
Электрические . . . . .	

§ 7. Канализационные насосы. Не останавливаясь в настоящем труде на подробностях описания канализационных насосов, составляющих достояние соответственных отделов Прикладной Механики и отсылая интересующих к специальным сочинениям<sup>2)</sup>, мы здесь считаем нужным лишь отметить те особенности, которыми отличаются канализационные насосы от насосов для других назначений.

*Канализационные насосы* в большинстве случаев предназначаются для подъема загрязненных с *механической точки зрения* вод, объем которых подвержен значительным колебаниям. Для уравнивания работы насосов и для поторой очистки сточных вод от примесей прибегают, как мы уже выше говорили к устройству *песколовок (уравнительных резервуаров)*,

Кромѣ того в тѣх случаях, когда одним и тѣм же насосом приходится поднимать то только домовыя воды, то воды, разжиженные дождевыми водами, выбирают такіе типы, которые могут вѣдствие увеличения числа ходовъ поршня или оборотовъ вращенія колесъ *увеличивать* сильно свою *производительность* (Лигницъ, Брауншвейгъ и пр.).

Для подъема канализационных вод употребляют насосы *поршневые* и *центробежные*. Прежде в насосных установках употребляли *пор-*

1) Коэффициенты  $\eta_m$  приведены для двигателей мощностью не менее 10 HP.  
 2) проф. Худековъ. Построеніе насосовъ.  
 3) Хедеръ. Насосы и компрессоры.  
 4) Hartmann und Knocke, Die Pumpen.  
 5) Handb. der Ingenieurwissen. Die Baumaschinen.  
 6) Riedler. Schnellbetrieb.  
 7) Körting. Wasser und Kanalisationswerke и пр.

*шневые насосы*, по за последнее время стали преобладать *центробежные насосы*, такъ какъ они совершенно не имѣютъ клапановъ, правильное дѣйствіе которыхъ легко можетъ быть нарушено крупными примѣсями, содержащимися въ сточныхъ водахъ и, могущими проскочить черезъ песколовки.

Благодаря такому составу сточныхъ водъ при конструированіи *поршневыхъ насосовъ* для канализаціонныхъ жидкостей обращали особенное вниманіе на конструкцію *всасывающихъ и нагнетательныхъ* клапановъ. Поэтому было признано необходимымъ, чтобы *клапаны канализаціонныхъ насосовъ имѣли широкій проходъ для увлеченія съ собою всѣхъ крупныхъ частей, содержащихся въ сточныхъ водахъ*. Далѣе конструировали насосы такимъ образомъ, чтобы сточныя воды проходили бы черезъ насосы *по прямой линіи*, такъ какъ этимъ избѣгаешь въ насосахъ осадки изъ примѣсей сточныхъ водъ. Кроме того въ тѣхъ же цѣляхъ устраивали въ насосахъ приспособленія для промыванія ихъ клапановъ и корпуса чистой водопроводной водой.

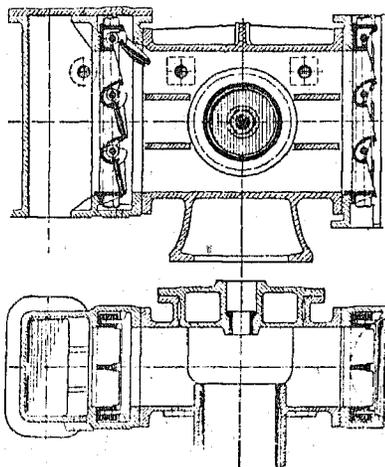
*Старѣйшимъ типомъ клапановъ* являются *клапаны* старыхъ *Берлинскихъ* насосовъ, установленныхъ въ концѣ 70-ыхъ годовъ прошлаго столѣтія. Они (черт. 431) представляютъ собой прямоугольные, подвѣшенные другъ надъ другомъ, клапаны съ кожаной прокладкой; высота хода ихъ равняется 0,13 мет. Само собой разумѣется, что подобная конструкція подверглась значительнымъ видоизмѣненіямъ, вводимымъ по мѣрѣ усовершенствованія техники построенія канализаціонныхъ насосовъ.

Изъ такихъ усовершенствованій слѣдуетъ отмѣтить конструкцію клапановъ съ ихъ *принужденной посадкой* на сѣдла, предложенныхъ *проф. Ридлеромъ* (Riedler).

Подобныя каналы примѣнены для насосовъ города Лигница.

Какъ можно видѣть изъ чертежа (432 а—е) число прямоугольныхъ клапановъ *уменьшено*, благодаря чему ихъ *проходныя сѣченія увеличены*; на клапанахъ не имѣется никакихъ *выступовъ*, чтобы частицы, содержащіяся въ сточныхъ водахъ не могли бы приставать къ поверхности клапановъ; также добавлены *трубы для смыванія осадковъ*, приставшихъ къ сѣдламъ клапановъ. Черт. 432 с показываетъ детальное устройство клапана съ кожаной прокладкой; клапаны имѣютъ принужденную посадку посредствомъ связанныхъ съ ними рычаговъ, которые посредствомъ спиральныхъ пружинъ прижимаютъ ихъ въ концѣ хода къ сѣдламъ. Принужденная посадка требуетъ

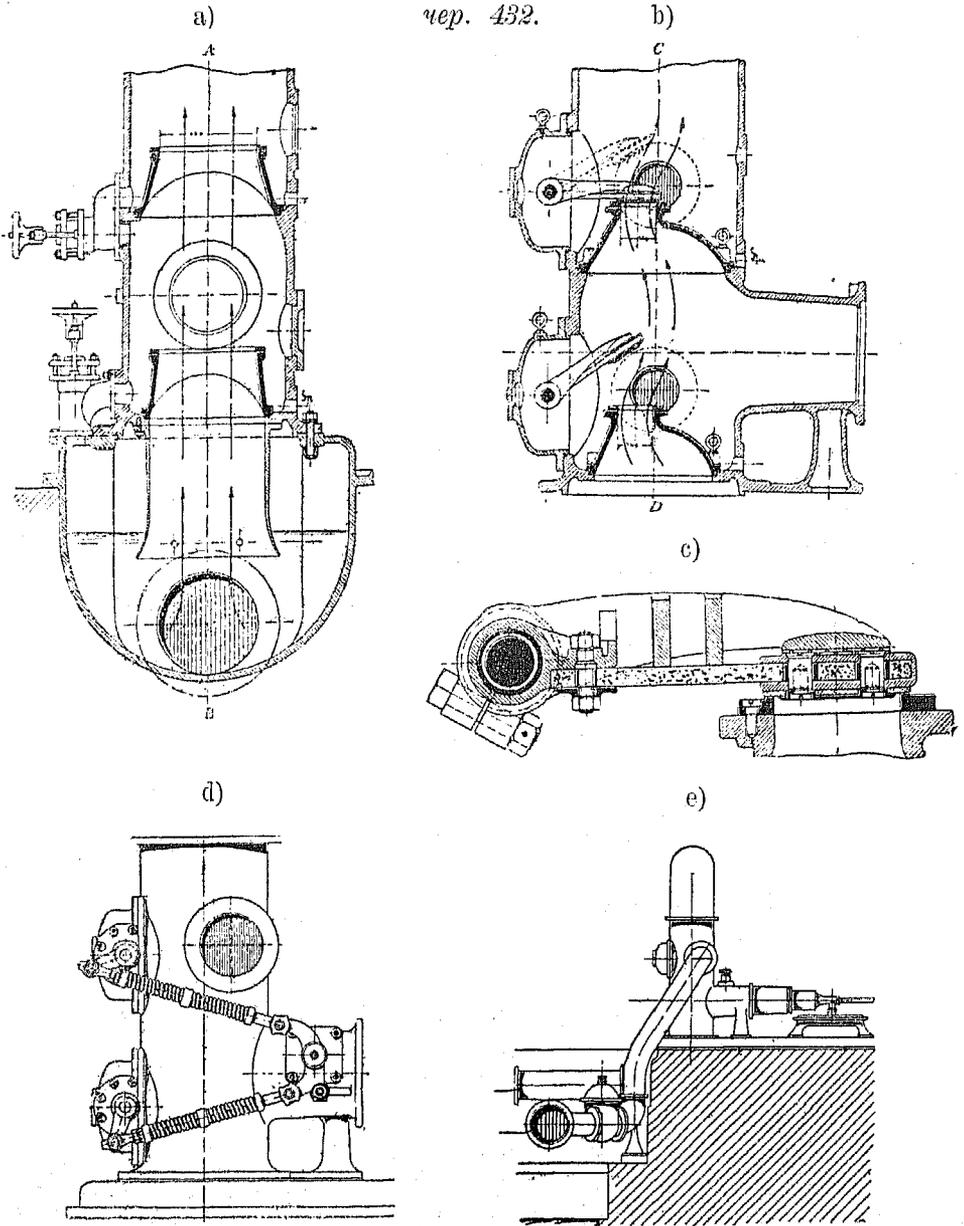
черт. 431.



увеличенія числа оборотовъ, которое въ насосахъ г. Лигница доходитъ до 65, что въ свою очередь естественно ведетъ къ сокращенію размѣровъ насосовъ. Это видно изъ черт. 431 e.

Изъ многочисленныхъ конструкцій поршневыхъ насосовъ отдають предпочтеніе *плунжернымъ*, такъ какъ при перекачкѣ сточныхъ водъ могло бы имѣть мѣсто быстрое истираніе внутреннихъ набивокъ поршней частицами,

чер. 432.



содержащимися въ сточныхъ водахъ. За послѣдніе годы тѣмъ же профессоромъ Ридлеромъ выдвинуты конструкціи плунжерныхъ *быстроходныхъ*

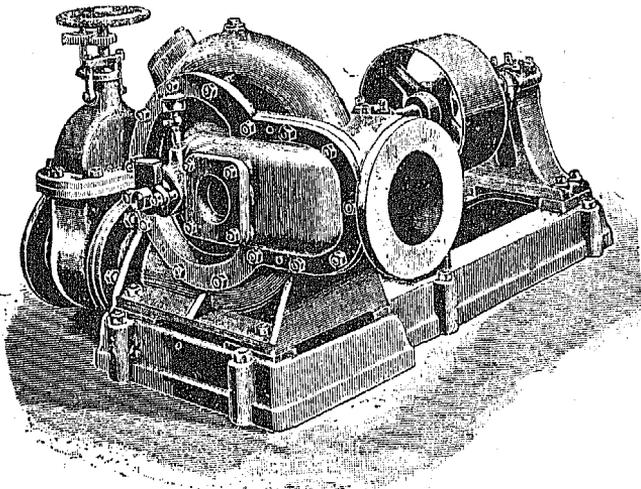
*насосовъ* (экспрессъ-насосовъ), со средней скоростью поршня до 1,5—1,75 мет., которые для возможности дѣлать 175—200 оборотовъ плунжера въ минуту должны приводиться въ дѣйствіе соответственными двигателями (электрическими).

Тѣмъ не менѣе слѣдуетъ признать, что центробѣжные насосы въ сравненіи съ поршневыми имѣютъ серьезныя преимущества. Не говоря уже объ отсутствіи клапановъ, весьма важномъ для перекачки канализаціонныхъ водъ, они требуютъ для себя меньше мѣста въ особенности при примѣненіи калорическихкихъ и электрическихкихъ двигателей.

Одна изъ конструкцій *центробѣжныхъ насосовъ* Берлинской фирмы *Brodnitz u Seydel* показана на чертежѣ 433.

Нужно замѣтить, что въ этомъ типѣ напорная труба расположена ниже насоса; это сдѣлано для скорѣйшаго пропесенія примѣсей, проскочившихъ въ насосъ послѣ прохожденія сточныхъ водъ черезъ песколовки.

чер. 433.



*Центробѣжные насосы* этой фабрики для нагнетанія 5000 лит. въ минуту должны имѣть слѣдующія числа оборотовъ въ минуту: при высотѣ до 2,5 мет.—495—до 4 мет.—590—до 7 мет.—675 и до 10 мет.—750; при этомъ діаметры всасывающей и нагнетательной трубы дѣлаются въ 250 мм. Наибольшая высота нагнетанія для насосовъ этого типа 15 мет. Для большихъ количествъ воды и для нагнетанія на высоту до 50 метровъ той же фирмой строятся *центробѣжные насосы двойного дѣйствія* (высокаго давленія).

Это обстоятельство, важное и для крупныхъ насосныхъ станцій, имѣетъ огромное значеніе для мелкихъ районныхъ станцій, разбросанныхъ по всей территоріи города, гдѣ вопросъ о мѣстѣ для насосной станціи имѣетъ большую остроту.

По установленіи мощности насоса и двигателя и выборѣ типа насоса необходимо установить основные размѣры насоса для возможности выдачи заказа спеціальнымъ заводамъ.

Количество жидкости, подаваемой поршневымъ насосомъ, зависитъ:

- 1) отъ времени, въ теченіе котораго работаетъ насосъ;
- 2) отъ способа дѣйствія (одиночного, двойного, тройного);
- 3) отъ размѣровъ насоснаго цилиндра (діаметра и хода поршня);
- 4) отъ средней скорости хода насоса;
- 5) отъ величины наполненія насоснаго цилиндра.

Обозначая чрезъ  $Q$  — количество воды въ метрахъ, которое должно быть поднято насосомъ въ минуту,  $q$  — количество воды въ литрахъ, поднимаемое каждымъ изъ поршней въ минуту,  $F$  — рабочую площадь насоснаго поршня въ кв. мет.,  $s$  — ходъ поршня въ мет.,  $n$  — число оборотовъ вала въ минуту,  $c$  — скорость поршня въ мет. въ секунду,  $e$  — коэффициентъ наполненія насоснаго цилиндра и  $K$  — число, показывающее, какого именно дѣйствія насосъ: простого, двойного, тройного и т. д., — мы получимъ слѣдующія уравненія, которыя между собой связываютъ вышеприведенныя величины:

$$Q = Kq . . . (180); \quad q = \frac{Q}{K} . . . (181);$$

$$c = \frac{sn}{30} . . . (182); \quad q = 1000 F s n e = 30000 F c e . . . (183).$$

$K$  для насосовъ простого дѣйствія равняется 1, — для двойного — 2, для тройного — 3 и т. д. Намъ при расчетѣ всегда извѣстны  $Q$  и  $K$ , вслѣдствіе чего легко по выраженію (181) опредѣляется  $q$ ; отсюда  $F = \frac{\pi D^2}{4}$ ;

$$F = \frac{q}{1000 s n e} = \frac{q}{30000 c e} . . . (184), \quad \text{гдѣ } D \text{ — внутренний діаметръ}$$

поршня насоснаго цилиндра.

Слѣдовательно для опредѣленія  $D$  изъ уравненія (184) намъ необходимо знать  $s$ ,  $n$  и  $e$  или  $c$  и  $e$ . На практикѣ берутъ для  $e$  отъ 0,85 до 0,95; что же касается величинъ  $s$ ,  $n$  и  $c$ , то ими задаются въ зависимости отъ того типа насоса, который выбираютъ для насосной станціи; эти данныя имѣются обыкновенно въ заводскихъ прейсъ-курантахъ. Для сокращенія подсчетовъ при употребленіи формулъ (180)—(184) можно пользоваться таблицами, приведенными въ курсѣ проф. Худекова „Построеніе насосовъ“.

Для заказа *центробѣжныхъ* насосовъ собственно достаточно знать мощность насоса  $N_i$ , количество подаваемой насосомъ воды въ секунду въ метрахъ  $Q$ , статическую высоту подъема  $H$ , высоту всасыванія и длины напорной и всасывающей линіи. Но, такъ какъ одно и то же количество воды можетъ быть подано центробѣжными насосами съ лопатками различныхъ конструкцій, дѣлающими различное число оборотовъ въ минуту, то намъ представляется полезнымъ привести здѣсь нѣкоторые выраженія, устанавли-

вающія связь между основными элементами, по которымъ конструируются центробѣжные насосы.

*Скорость на наружной окружности работающаго колеса центробѣжнаго насоса*

$$u_2 = \sqrt{1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \operatorname{ctg} \beta_2} \sqrt{\frac{g}{\eta_h}} \sqrt{H} \dots \dots \dots (185)$$

*абсолютная скорость при выходѣ воды изъ колеса—*

$$c_2 = \sqrt{\frac{\operatorname{sn} \beta_2}{\operatorname{sn} (\alpha_2 + \beta) \operatorname{cs} \alpha_2}} \sqrt{\frac{g}{\eta_h}} \sqrt{H} \dots \dots \dots (186);$$

въ этихъ выраженіяхъ  $g = 9,81$ ,  $H$  — статическая высота подъема,  $\eta_h$  — гидравлическій коэффициентъ полезнаго дѣйствія колеса,  $\alpha_2$  — уголь, составляемый векторомъ абсолютной скорости  $c_2$  съ векторомъ скорости  $u_2$  и  $\beta_2$  — уголь, составляемый векторомъ относительной скорости  $w_2$  при выходѣ изъ колеса съ  $u_2$ ; далѣе

$$\eta_h = \frac{H}{(1 + \zeta) H + \frac{c_d^2}{2g}} \dots \dots \dots (187), \text{ при}$$

чемъ  $\zeta$  оцѣниваетъ собой всѣ вредныя сопротивленія, которые испытываетъ жидкость при проходѣ чрезъ всасывающую трубу, при входѣ на колесо, при проходѣ чрезъ колесо, при переходѣ въ пространство между кожухомъ насоса и колесомъ, при проходѣ чрезъ него и при протеканіи по напорной трубѣ; а  $\frac{c_d^2}{2g}$  представляетъ собой высоту скорости, съ которой вода поступаетъ въ напорную трубу,

Такимъ образомъ величины  $u_2$  и  $c_2$  зависятъ отъ величины угловъ  $\alpha_2$  и  $\beta_2$  т. е. отъ конструціи лопатокъ центробѣжнаго насоса.

При  $\alpha_2 < 90$ ,  $\operatorname{tga} > 0$ ; если же при этомъ  $\beta_2 = 90^0$ , т. е. концы лопатокъ будутъ имѣть радіальное направленіе, то  $u_2 = \sqrt{\frac{g}{\eta_h}} \sqrt{H} \dots (188)$

При  $\beta_2 < 90^0$  (лопатки, отогнуты назадъ)  $u_2 > \sqrt{\frac{g}{\eta_h}} \sqrt{H} \dots (189)$

и при  $\beta_2 > 90^0$  (лопатки, изогнуты напередъ)  $u_2 < \sqrt{\frac{g}{\eta_h}} \sqrt{H} \dots (190)$

т. е.  $u_2$  будетъ больше, чѣмъ сильнѣе лопатки будутъ изогнуты назадъ.

Относительная скорость при выходѣ изъ колеса  $w_2$  опредѣлится изъ возраженія

$$w_2^2 = c_2^2 + u_2^2 - 2 u_2 c_2 \operatorname{cs} \alpha_2 \dots \dots \dots (191)$$

Необходимыя для вычисленія  $u_2$ ,  $c_2$  и  $w_2$  величины угловъ намъ должны быть извѣстны, если мы остановимся на типахъ насосовъ какого-нибудь завода.

Число оборотовъ въ минуту  $n$  опредѣляется изъ выраженія:

$$n = \frac{30 u_2}{\pi r_2} \dots \dots \dots (192), \text{ гдѣ}$$

$r_2$  — наружный радіусъ колеса насоса.

$$\text{Отсюда } r_2 = \frac{30 u_2}{\pi n} \dots \dots \dots (192')$$

Количество воды <sup>1)</sup>, поднимаемое насосомъ,  $Q$  опредѣлится изъ выраженія:

$$Q = \left( 2 \pi r_1 - \frac{z_1 \sigma}{s n \beta_1} \right) b_1 c_1 \dots \dots \dots (193)$$

гдѣ  $r_1$  — внутренній радіусъ колеса насоса,  $z_1$  — число лопатокъ на внутренней окружности колеса,  $\sigma$  — толщина стѣенокъ лопатокъ,  $b_1$  — внутренняя ширина колеса и  $c_1$  — абсолютная скорость при входѣ въ колесо.

Также количество воды  $Q$  можетъ быть опредѣлено изъ выраженія

$$Q = \left( 2 \pi r_2 - \frac{z_2 \sigma}{s n \beta_2} \right) b_2 c_2 s n a_2 \dots \dots \dots (194)$$

гдѣ  $z_2$  — число зубцовъ на наружной окружности колеса,  $b_2$  — наружный радіусъ колеса и  $b_2$  — наружная ширина колеса.

При пренебреженіи вліяніемъ стѣпленія прохода жидкости выраженія (193) и (194) превратятся въ:

$$Q = 2 \pi r_1 b_1 c_1 \dots \dots (193') \text{ и } Q = 2 \pi r_2 b_2 c_2 S_n a_2 \dots \dots (194')$$

Этими формулами можно пользоваться для опредѣленія  $r_1$  и  $r_2$ . На практикѣ  $r_2$  дѣлають равнымъ 2—3,5  $r_1$ , выбирая для  $r_2$  большее значеніе при увеличеніи высоты нагнетанія; для  $c_1$  берутъ 3—3,5 мет., а для  $2 r$  принимаютъ 1,1—1,3 діаметра всасывающей трубы.

При опредѣленіи действительнаго количества воды, поднимаемой насосами,  $Q$  необходимо имѣть въ виду, что не все количество, притекающее въ насосъ, перемѣстится въ напорную трубу т. е.  $Q_e = \mu Q \dots \dots (195)$ , гдѣ  $\mu$  — коэффициентъ наполненія насоса = 0,9 — 0,95.

Для скоростей во всасывающей и напорной трубахъ берутъ отъ 1 до 2,5 мет. въ секунду, при чемъ большія значенія соотвѣтствуютъ большому числу оборотовъ.)

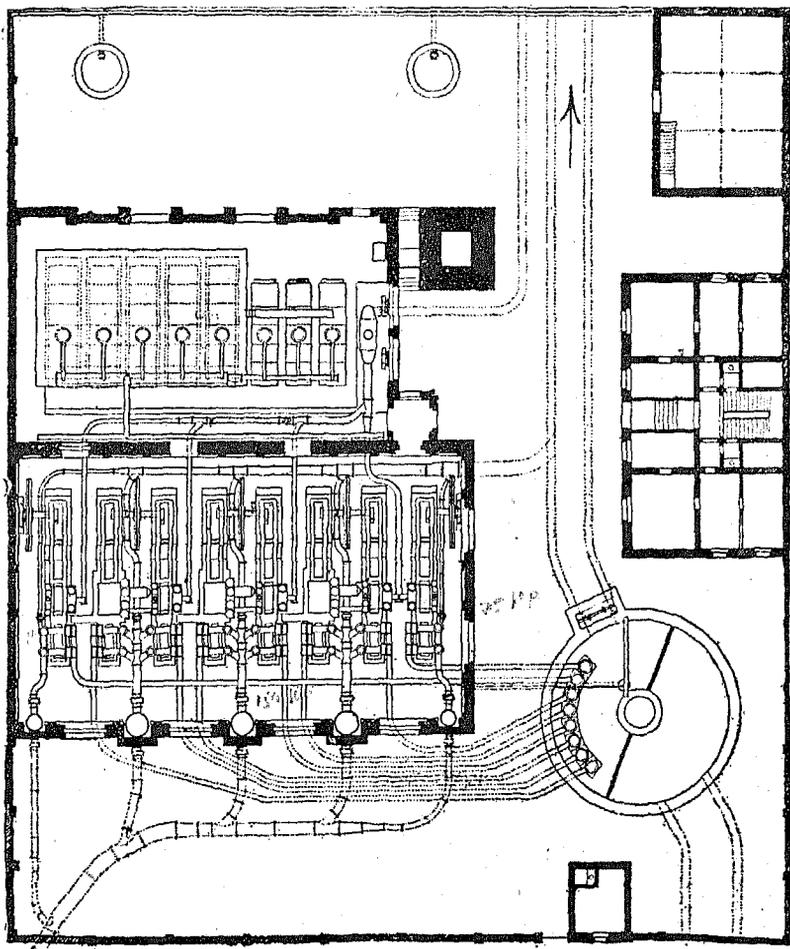
§ 8. Описание насосныхъ станцій. Примѣръ насосныхъ станцій съ паровыми машинами и поршневыми насосами представляютъ собой секторіальныя станціи Берлина <sup>2)</sup>, одна изъ которыхъ (V) изображена на чер. 433. Насосная станція состоитъ изъ котловой и машинной. Въ машинномъ отдѣленіи установлено 5 паровыхъ машинъ, изъ которыхъ три среднія

<sup>1)</sup> Подробнѣе см. расчетъ центробѣжныхъ насосовъ см. Hartmann und Klocke. die Pumpen.

<sup>2)</sup> Imbeaux, L'assainissements des villes, томъ II.

сдвоенны; каждая изъ крайнихъ машинъ имѣетъ мощность въ 75 лошадиныхъ силъ, а центральныя по 150 *HP*. Ночью работаетъ только одна машина въ 75 *HP*; по мѣрѣ усиленія притока другіе насосы вступаютъ въ дѣйствіе. Въ котловой установлено 8 котловъ: пять съ кипятильниками и три трубчатые. Къ каждому насосу (всего 7) ведется отдѣльная всасываю-

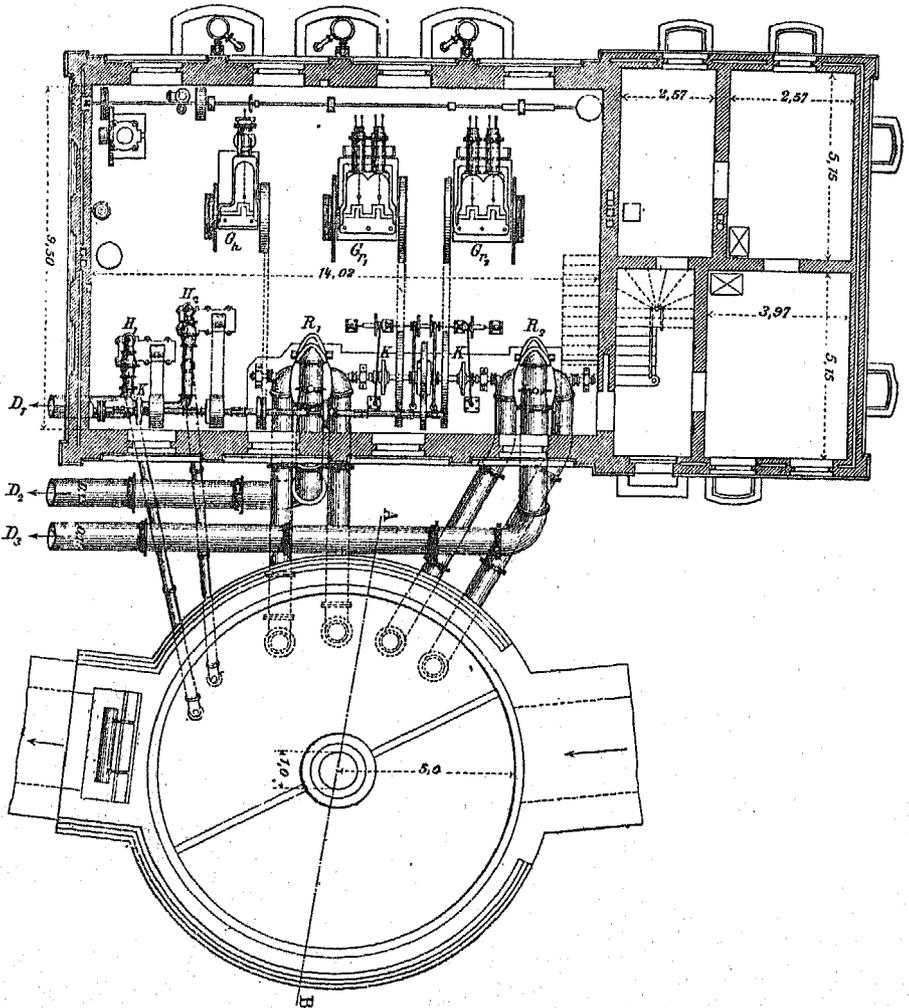
чер. 434.



щая труба; напорныя трубы снабжены воздушными колпаками; они сдвоенны у сдвоенныхъ паровыхъ машинъ. Всѣ отростки напорныхъ трубъ соединяются въ одну общую напорную трубу, ведущую на поля орошенія. Опорожненіе напорной трубы производится посредствомъ системы спускныхъ трубъ, связанныхъ въ свою очередь съ главной спускной трубой, изливающейся въ ливнепускъ, который выходитъ непосредственно изъ песколовки; на территоріи станціи имѣется еще жилой домъ для рабочихъ, складъ, будка для сторожа и колодцы съ водою для питанія котловъ.

Примеръ установки съ газовыми двигателями и центробѣжными насосами представляетъ собой станція въ г. Кенигсбергѣ (черт. 435),

Газовый двигатель системы Отто  $G_h$  въ 12 HP приводитъ черезъ трансмиссію въ движеніе два насоса  $H_1$  и  $H_2$  для подъема домовыхъ водъ, поступающихъ въ трубу  $D_1$ ; двигатели же  $G_{r1}$  и  $G_{r2}$  (мощностью по 30 HP) приводятъ въ движеніе два насоса для подъема дождевыхъ водъ  $R_1$  и  $R_2$ , ко-  
чер. 435.

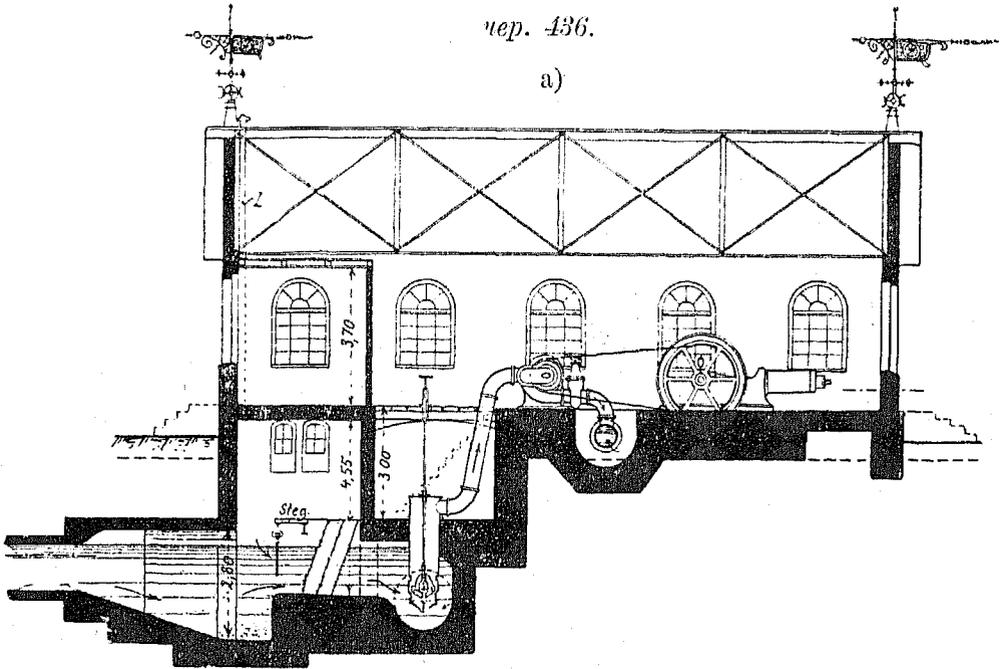


торые поднимаютъ эти воды въ ливнеспускъ черезъ трубы  $D_2$  и  $D_3$ . Для пуска въ ходъ двигателей установлена 3-хъ сильная машина, которая также приводитъ въ движеніе воздушные насосы. При этомъ устройствѣ съ момента появленія газоваго пламени въ 3-хъ сильной машинѣ достаточно одной минуты для пуска въ ходъ дождевыхъ насосовъ  $R_1$  и  $R_2$ . При станціи имѣется квартира для служащихъ.

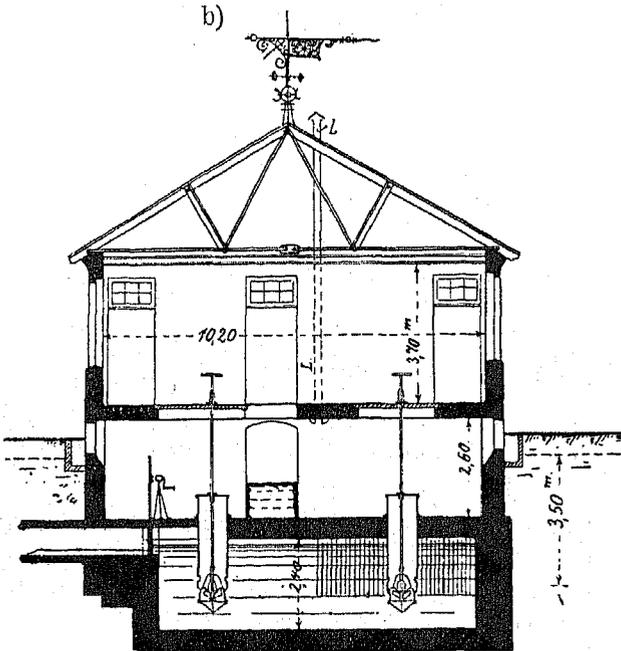
Примеръ насосной станции съ газовыми двигателями и центробежными насосами <sup>1)</sup> показанъ на чертежѣ 436 (а—с).

чер. 436.

а)



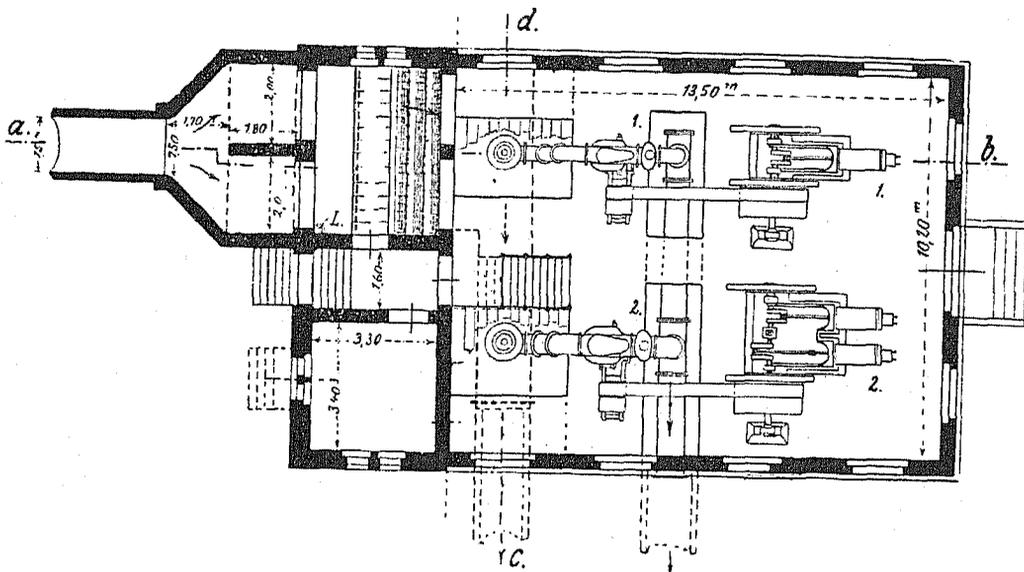
б)



1) Böhm, Leitende Grundsätze für Entwaessering von Ortschaften.

Здѣсь установлены два насоса различной мощности, которые посредством ременной передачи приводятся газовыми двигателями соответственной мощности. Всасывающія трубы снабжены клапанами, управляемыми съ пола машиннаго здания. Песколовка непосредственно примыкает къ насосной станціи и имѣетъ форму, показанную нами на черт. 427; для задержанія плавающихъ веществъ въ песколовкѣ установлены рѣшетки и сита, за которыми сдѣлано углубленіе для всасывающей трубы насоса 1.

чер. 436 с)



Насосная канализаціонная станція г. Москвы представляетъ собой примѣръ станціи для *неполной раздѣльной системы*, гдѣ 3 центробѣжныхъ насоса бр. Зульцеръ приводятся въ дѣйствіе посредствомъ ременной передачи тремя паровыми горизонтальными машинами тройного расширенія (черт. 437).

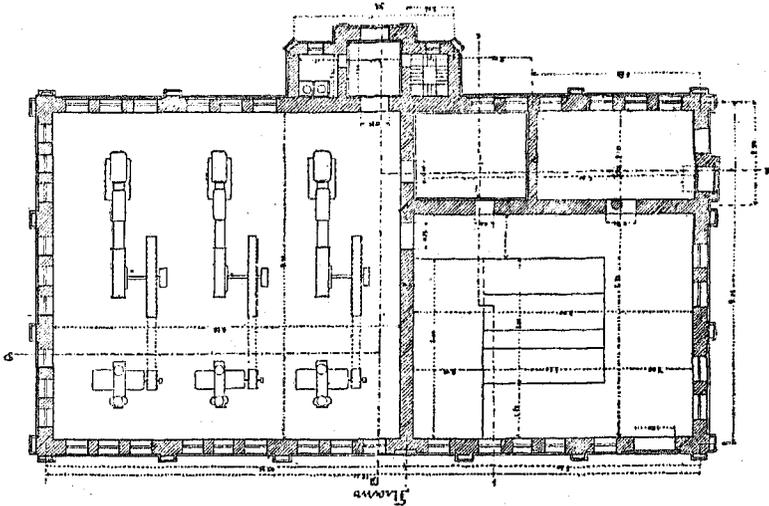
Центробѣжные насосы для уменьшенія высоты всасыванія помѣщены ниже уровня пола машиннаго здания, на которомъ установлены паровыя машины. Насосная станція состоитъ изъ машиннаго зала, гдѣ установлены машины и насосы, котельной, гдѣ помѣщены 3 котла, два питательныхъ насоса и вѣсы для нефти, мастерской и кабинета для завѣдующаго.

Для передвиженія частей машинъ и насосовъ по машинному залу на станціи установленъ катушій кранъ съ подъемной силой въ 350 пуд., по которому можетъ перемѣщаться установленная на немъ лебедка.

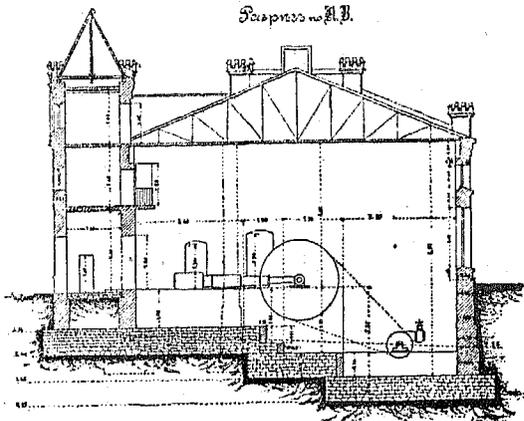
Интересный примѣръ станціи районнаго типа представляетъ собой станція въ г. Обершеневейде (черт. 437). Сточныя воды притекаютъ въ песколовку, въ которой установлена рѣшетка для задерживанія плавающихъ

веществъ; для подъема сточныхъ водъ установлены на днѣ сухой части колодца два центробѣжные насоса, приводимые чрезъ трансмиссію электромоторомъ, установленнымъ на верху и получающимъ свой токъ изъ центральной электрической станціи. При пониженіи уровня воды въ песколовкѣ насосы перестаютъ работать автоматически; обратно при повышеніи они вступаютъ въ дѣйствіе. Это достигается посредствомъ поплавка, опущеннаго

чер. 437. а)



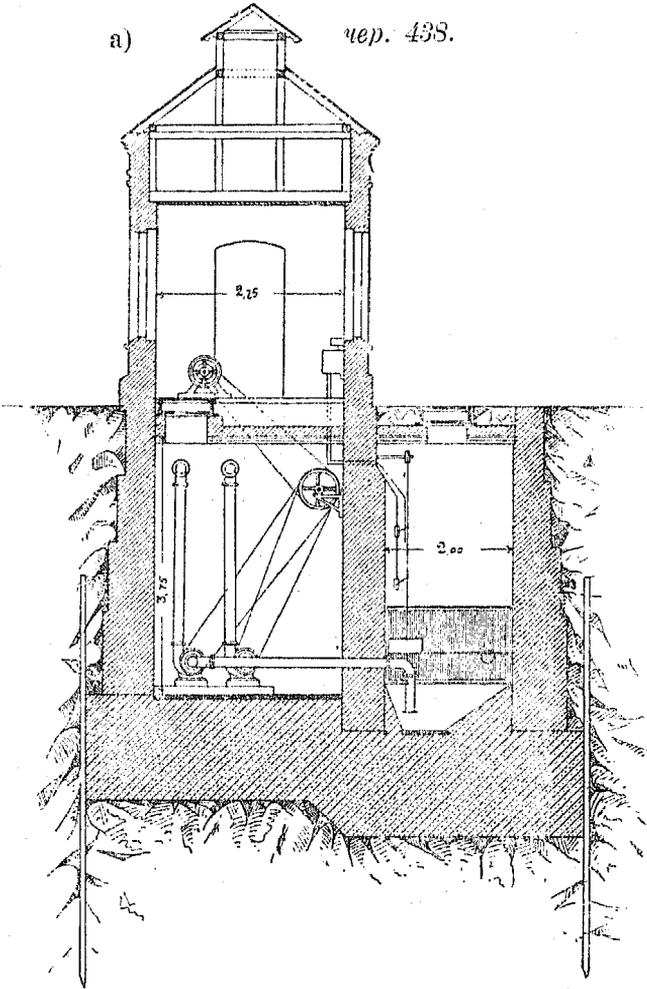
б)



въ песколовку и связаннаго съ приборомъ, чрезъ который доставляется токъ къ электромотору. На чертежѣ 439 показано генеральное расположеніе мѣстности у насосной станціи въ Обершеневейде <sup>1)</sup>.

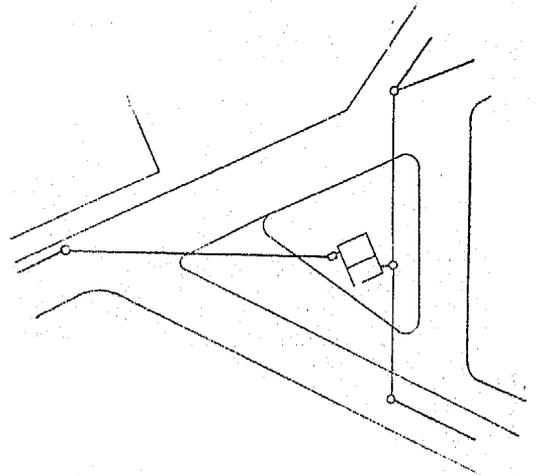
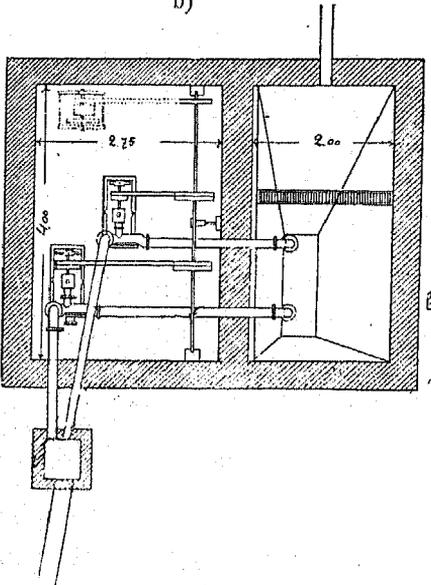
<sup>1)</sup> Установка съ механическимъ выключеніемъ насосовъ еще приведена въ статьѣ Electrically Operated Automatic Sewage Pumping Station at Waltham, помещенной въ журналѣ Engineering Record 1908 г.

a) чер. 438.



b)

чер. 439.



## Г Л А В А XXI.

§ 1. **Главные отводные коллектора.** Для удаленія сточныхъ водъ изъ города необходимо устраивать *отводные каналы*. Эти каналы или отводятъ сточныя воды *самотекомъ* и такимъ образомъ представляютъ собой естественное *продолженіе главныхъ коллекторовъ города* или же отводятъ ихъ *подъ напоромъ* или же частью отводятъ *самотекомъ*, частью *подъ напоромъ*. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы будемъ называть первые *главными отводными коллекторами*, а вторые *главными напорными трубами*. *Главные отводные коллектора* устраиваются обыкновенно подземными, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ за предѣлами поселеній изъ экономическихъ соображеній дѣлаются и открытыми. Опредѣленіе сѣченій главныхъ отводныхъ коллекторовъ дѣлается по обычнымъ формуламъ для подбора диаметровъ (см. главу IX); ихъ сѣченія дѣлаются круглыми, опрокинутыми овоидальными, эллиптическими и лотковыми. Въ качествѣ матеріала для ихъ постройки употребляютъ кирпичъ, бетонъ, желѣзо и сталебетонъ. Типы отводныхъ коллекторовъ, проводимыхъ въ обыкновенныхъ условіяхъ, естественно должны мало отличаться отъ типовъ городскихъ коллекторовъ.

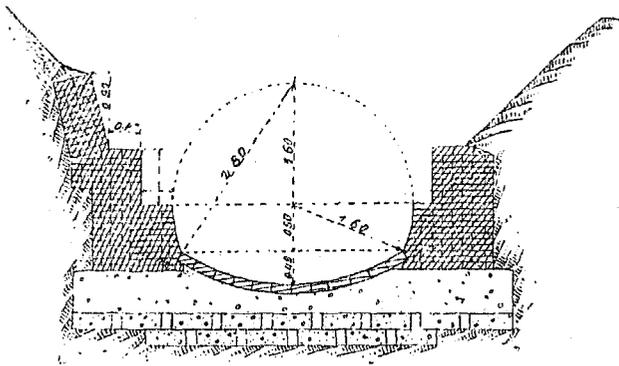
При постройкѣ же главныхъ отводныхъ коллекторовъ въ видѣ открытыхъ каналовъ имъ придаютъ трапецидальное сѣченіе, нижняя часть котораго подвергается укрѣпленію. Подобный примѣръ устройства открытаго коллектора представляетъ собой отводной коллекторъ Vigentino въ г. Миланѣ, гдѣ сѣченіе ближайшей къ городу части главнаго отводнаго коллектора обдѣлано такимъ образомъ, что превращеніе его въ закрытый каналъ по мѣрѣ расширенія города можетъ быть сдѣлано безъ всякой ломки, какъ это можно видѣть изъ чертежа 440. Въ загородной части этого же Миланскаго коллектора допущена простая досчатая обдѣлка (черт. 441).

Черт. 441 представляетъ собой сѣченіе другого Миланскаго коллектора Nosedo, гдѣ нижняя часть обдѣлана каменной кладкой на бетонѣ.

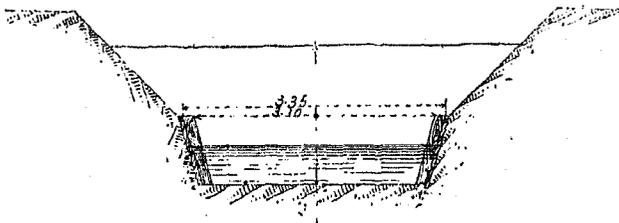
Главные отводные коллектора могутъ проводиться *въ насыти*, если это требуется для приданія имъ необходимаго уклона, и если при этомъ *шельги ихъ сводовъ выступаютъ на поверхность земли*; въ нѣкоторыхъ случаяхъ представляется выгоднымъ поднять коллектора въ видахъ

сокращенія стоимости земляныхъ работъ съ водоотливомъ, какъ это можетъ имѣть мѣсто при невысокомъ стояннн грунтовыхъ водъ. Примѣръ такого

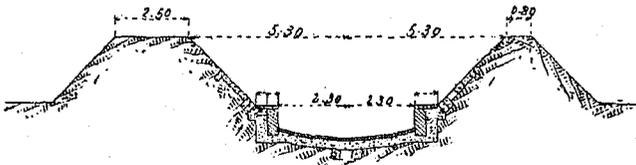
чер. 440.



чер. 441.



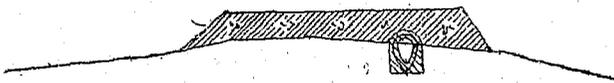
чер. 442.



чер. 443 а)



б)



устройства дастъ главный загородный каналъ Московской канализации, частью проведенный въ насыпи (черт. 443 а—б).

Но при проведеніи отводныхъ коллекторовъ въ насыпяхъ не слѣдуетъ забывать объ *отчужденіи соответственной площади земли для заложения резервовъ*. Также при пересѣченіи овраговъ приходится въ зависимости отъ ихъ величины и мѣстныхъ условій или переводить ихъ *дюкерами* или же по специально построеннымъ *мостамъ*, которые могутъ быть приспособлены и для провѣзда.

*Отводныя* напорныя трубы могутъ устраниваться изъ чугуна, желѣза, желѣзо и стале-бетона. Простѣйшимъ и наиболѣе распространеннымъ матеріаломъ является *чугунъ*, пригодный для трубъ не выше 1,20 мет.; въ этомъ случаѣ *примѣненіе чугуна* не представляется *опаснымъ*, какъ въ предѣлахъ городскихъ территорій, такъ какъ за городомъ обыкновенно не имѣется трамваевъ; кромѣ того здѣсь сѣченіе трубъ постоянно заполнено, т. е. *чугунныя трубы въ этомъ случаѣ не подвергаются разъѣдающему дѣйствію канального воздуха*.

*Чугунныя трубы для главныхъ напорныхъ коллекторовъ* примѣнены во многихъ городахъ (Берлинъ, Шарлотенбургъ, Москвѣ). Но если предѣльный размѣръ чугунныхъ трубъ 1,20 мет. является недостаточнымъ, то приходится проводить воды по двумъ или нѣсколькимъ трубамъ. Эта же задача съ успѣхомъ могла бы быть разрѣшена примѣненіемъ желѣзо и стале-бетонныхъ трубъ, стоимость которыхъ вообще ниже чугунныхъ, и размѣры которыхъ могутъ быть сдѣланы по нашему желанію.

Примѣръ широкаго примѣненія *желѣзо-бетона* и *стале-бетона* представляетъ собой главный отводной коллекторъ г. Парижа, имѣющій протяженіе въ 28 километровъ и отводящій сточныя воды отъ насосной станціи Клинья на поля орошенія; часть Парижскаго отводного коллектора устроена стальной, часть же напорной, какъ это можно видѣть изъ продольнаго профиля (черт. 444); планъ этого коллектора показываетъ (черт. 445) что ему приходится на пути своемъ пересѣкать и рѣки и овраги, что вызвало необходимость въ постройкѣ ряда искусственныхъ сооружений (сифоновъ и мостовъ).

Самотечные участки этого коллектора сдѣланы изъ бетонныхъ и желѣзо-бетонныхъ трубъ (446 и 448).

Напорная же часть состояла изъ сталебетонныхъ трубъ, заключенныхъ въ желѣзобетонную галерею d'Argenteuil (черт. 448d и 121).

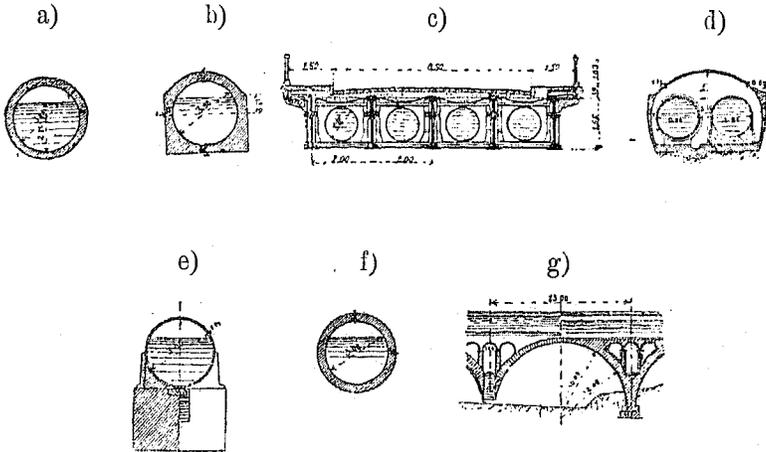
Въ напорныхъ трубахъ для достиженія водонепроницаемости заложены стальные листы (см. главу X).

Въ напорной же части трубы имѣется мостъ d'Argenteuil (черт. 447), подъ провѣзжей частью котораго помѣщены четыре трубы, діам. 1,10 мет. (черт. 448-с.).

На черт. 448 а—g показаны различные типы сѣченій Парижскаго отводного коллектора: черт. 448 а—b и е—f представляютъ собой типы сѣченій на самотечномъ участкѣ, черт. 448 с—мостъ d'Argenteuil, черт. 448 b—галерею d'Argenteuil, черт. 448 g—мостъ-акведукъ de la Frette.



чер. 448.



§ 2. Начертаніе главныхъ отводныхъ колленторовъ. Начертаніе главныхъ отводныхъ коллекторовъ и напорныхъ линий должно быть намѣчено послѣ тщательныхъ изысканій; послѣ этого должно быть сдѣлано сравненіе вариантовъ съ цѣлью найти такое направление, которое потребуетъ *наименьшихъ строительныхъ и эксплуатационныхъ расходовъ при соблюденіи всѣхъ техническихъ требованій*. На практикѣ очень часто стремятся исключительно къ достиженію *кратчайшаго направления*, но это далеко не всегда можетъ быть выгоднымъ, если по прямой линіи встрѣчаются рѣвки, овраги, болота, участки съ дорогой культурой, поселенія. Задача по проведенію главныхъ отводныхъ коллекторовъ технически не очень сложна и заключается въ использованіи того паденія, которое имѣется въ данной мѣстности. Если величину паденія, т. е. разность отмѣтокъ поверхности воды въ началѣ отводнаго коллектора и въ концѣ его предъ выходомъ на очистныя сооруженія обозначимъ чрезъ  $H$ , напоръ необходимый для движенія жидкости въ очистныхъ сооруженіяхъ чрезъ  $h$ , то паденіе, которое мы можемъ израсходовать на передвиженіе жидкости по отводному коллектору будетъ равняться  $H-h$ . Тогда скорость движенія воды въ главномъ отводномъ коллекторѣ въ случаѣ сохраненія на всемъ его протяженіи однообразнаго уклона опредѣлится по формулѣ Ganguillet и Kutter  $v = \frac{100 R}{0,35 + \sqrt{R}} \sqrt{I}$ , гдѣ  $I = \frac{H-h}{l}$  и  $l$  длина трубы.

Практически для скорости стремятся брать предѣлы отъ 0,6 мет. до 1 метра при стока въ сухую погоду и до 2—3 метровъ во время дождя. Зная расходъ  $Q$  и  $v$ , легко опредѣляютъ площадь сѣченія главнаго коллектора изъ выраженія  $\omega = \frac{Q}{v}$ ; по площади же сообразно выбранному типу устанавливаются внутренніе размѣры сѣченія. Если же мы имѣемъ участки

коллектора съ разнымъ паденіемъ, то мы можемъ использовать эти паденія въ каждомъ участкѣ отдѣльно, вычитая изъ нихъ послѣдовательно величины  $h$  и подбирая для каждаго изъ нихъ свою площадь  $\omega$ . При провѣркѣ скорости въ главныхъ отводныхъ коллекторахъ необходимо также провѣрять ее при томъ расходѣ сточныхъ водъ, который будетъ въ сухую погоду *при началѣ дѣйствія канализаціи*; величина этой начальной скорости не должна быть меньше 0,6 мет.

Если бы это условіе было бы трудно выполнить вслѣдствіе недостаточности напора, возможно сначала уложить главный отводной коллекторъ меньшаго діаметра, а чрезъ нѣкоторое время добавить другой коллекторъ однако съ соблюденіемъ указаннаго правила о минимальномъ  $c$ . Но, разумѣется, къ подобному рѣшенію приходится прибѣгать только въ крайнемъ случаѣ.

При трассированіи главныхъ отводныхъ коллекторовъ слѣдуетъ дѣлать *изысканія для выясненія рода грунтовъ и горизонтовъ грунтовыхъ водъ*, такъ какъ земляныя работы при устройствѣ самотечныхъ коллекторовъ могутъ обойтись довольно дорого. Если на пути главныхъ коллекторовъ и въ будущемъ не могутъ быть присоединены канализаціонныя сѣти пригородовъ или какихъ-либо селеній, то можно уменьшить его заложеніе до величины, обезпечивающей его отъ замерзанія. Работа по устройствѣ главныхъ отводныхъ коллекторовъ должна вестись непрерывно съ низового конца, чтобы дать естественный стокъ грунтовыми водамъ.

На главныхъ отводныхъ коллекторахъ чрезъ известное разстояніе должны быть устанавлены *смотровыя колодцы*, типъ которыхъ выбирается сообразно съ типомъ коллектора (см. главу XII). Въ пониженныхъ точкахъ коллекторовъ слѣдуетъ устанавливать колодцы со *спускными трубами*.

При изысканіяхъ для напорныхъ линий также необходимо стремиться по возможности къ кратчайшему направленію, уменьшенію количества земляныхъ работъ и сокращенію числа искусственныхъ сооружений. Но подборъ діаметра подобныхъ трубъ мы можемъ дѣлать двумя путями: чисто *гидравлическимъ* и *гидравлично-экономическимъ*. Первый способъ заключается въ опредѣленіи того напора, который должны развивать машины у насосной станціи, и который равняется суммѣ двухъ величинъ: статическому напору  $h_1$  представляющему собою разность отмітокъ наивысшаго уровня воды въ песколовкѣ насосной станціи и уровня воды, на которомъ сточныя воды поступаютъ на очистныя сооружения, и напору  $h_2$ , затрачиваемому на преодоленіе сопротивленій при движеніи жидкости въ трубахъ, въ поворотахъ, закругленіяхъ и пр.

$$\text{Такимъ образомъ } H = h_1 + h_2; \quad h_2 = \frac{1,15 v^2 l}{c^2 R} \quad \dots \dots \dots (196)$$

$$\text{гдѣ } c = \frac{100 \sqrt{R}}{0,3 + \sqrt{R}} \text{ и } R = \frac{d}{4}. \quad \text{Далѣе, } v = \frac{4 Q}{\pi d^2} \quad \dots \dots \dots (197);$$

подставляя это выраженіе въ формулу (196), мы опредѣлимъ  $d$ , а по нему легко вычислимъ  $v$ .

Для  $v$  берутъ величины отъ 0,6 до 1 мет., и оно должно быть не менѣ этихъ предѣловъ для перваго года канализаціи.

Но подобный расчетъ подбора діаметра напорной линіи, тѣсно связанный съ опредѣленіемъ мощности насосныхъ станцій, не можетъ дать вполне выгоднаго рѣшенія съ экономической точки зрѣнія.

Мы уже въ предыдущей главѣ упоминали, что между стоимостью напорной трубы, стоимостью насосовъ и эксплуатаціонными расходами имѣется обратное соотношеніе, которое даетъ намъ право утверждать, что для всякаго конкретнаго случая мы можемъ подобрать такое рѣшеніе, при которомъ расходы по постройкѣ и эксплуатаціи будутъ наименьшими. Эта зависимость подмѣчена была давно еще въ 50-хъ годахъ прошлаго столѣтія и послужила основаніемъ для вывода формулы для опредѣленія наивыгоднѣйшаго діаметра напорной линіи.

(Въ общемъ видѣ формула для наивыгоднѣйшаго діаметра имѣетъ видъ  $d_f$  (діаметръ напорной линіи)  $= AV\sqrt{q}$ , гдѣ  $q$  — средний секунднй расходъ, а  $A$  — численный коэффициентъ, зависящій отъ экономическихъ коэффициентовъ стоимости и эксплуатаціи напорной трубы и насосовъ.

Одно изъ простыхъ выраженій для коэффициента  $A$  было дано Смеркеромъ<sup>1)</sup> (*Smreker*).

$$A = \sqrt{\frac{k_p + \frac{3650}{3} sk_c}{k_f}} \dots \dots \dots (198),$$

гдѣ  $k_p$  и  $k_c$  — коэффициенты строительной и эксплуатаціонной стоимости водоподъемныхъ устройствъ, отнесенныхъ къ 1 HP,  $k_f$  — стоимость погон. метра трубы,  $s$  — число часовъ качанія.

Намъ же для пользованія предлагается другое выраженіе для  $A$ , устанавливающее его зависимость не только отъ указанныхъ экономическихъ коэффициентовъ и числа насосовъ качанія, но и отъ переменнаго расчетнаго расхода, времени дѣйствія канализаціи безъ расширенія, срока погашенія городскихъ займовъ и величины процентовъ его погашенія и пр. Эти формулы<sup>1)</sup> собственно выведены нами для опредѣленія наивыгоднѣйшаго діаметра водопроводныхъ трубъ, но они вполне применимы для опредѣленія наивыгоднѣйшаго діаметра напорныхъ трубъ неполной раздѣльной канализаціи. Первая формула выведена для случая равномернаго нагнетанія насосовъ

$$d_f = \sqrt[6]{\frac{(B_2 k_p + B_3 k_m + B_4 k_c) 5,5 \Delta \lambda}{B_1 k_f}} \sqrt{q_0} \dots \dots \dots (199);$$

гдѣ  $d_f$  — діаметръ напорной линіи,  $B_2 = P + \beta_2$ , при чемъ  $P$  представляетъ

<sup>1)</sup> *Smreker*, Die Bestimmung der finanziell günstigsten Geschwindigkeit des Wassers in Druckrohren bei künstlicher hebung, Zeit. der Ver. deut. Ing., 1889,

<sup>2)</sup> Подробнѣе см. В. Ф. Иваповъ. Изслѣдованіе вліянія экономическихъ условій на начертаніе водопроводной и оросительной сѣти.

величину годового взноса съ капитала, равнаго 1 рублю въ теченіе времени  $t$  (время дѣйствія водопровода безъ расширенія), а  $\beta_2$ —величина процентовъ съ первоначальной стоимости насосовъ и двигателей, которая ежегодно должна списываться съ ихъ стоимости вълѣдствіе постепеннаго изнашиванія насосовъ и двигателей;  $B_3 = P + \beta_1$ , при чемъ  $\beta_1$  обозначаетъ собою величину процентовъ съ первоначальной стоимости напорной линіи, искусственныхъ сооружений и насоснаго зданія, опредѣляющихъ собою расходы по ихъ текущему ремонту и на уменьшеніе ихъ первоначальной стоимости;  $B_4 = \frac{a^{3t} - 1}{(a^3 - 1)t}$ , при чемъ  $a = 1 + 0,01m$ , гдѣ  $m$  процентный приростъ народонаселенія;  $B_1 = P + \beta_1$ ;  $\Delta$  въсѣ куб. ед. воды,  $\lambda$  коэффициентъ тренія и  $q = \frac{rM_0}{3600 s}$ , при чемъ  $rM_0$ —средній за годъ расходъ въ сутки и  $s$ —число часовъ нагнетанія; коэффициенты  $k_f$  и  $k_e$  имѣютъ тѣ же значенія, что и въ формулѣ Smreker'a,  $k_p$ —коэффициентъ стоимости насосовъ и двигателей, отнесенной къ 1HP, а  $k_m$ —коэф. стоимости насосной станціи отнесенный также къ 1 HP.

Такимъ образомъ изъ формулы (199) мы видимъ, что *наивыгоднѣйшій діаметръ напорной линіи не зависитъ отъ ея длины*, а отъ коэффициентовъ стоимости  $k_f$ ,  $k_p$ ,  $k_m$  и  $k_e$ , отъ времени  $t$ , отъ прироста народонаселенія  $m$ , отъ процентовъ и времени погашенія городского займа, числа часовъ нагнетанія и средняго за годъ секунднаго расхода въ первый годъ эксплуатаціи канализаціи; наивыгоднѣйшая скорость напорной линіи будетъ  $v_f = \frac{4q_0}{\pi d_f^2} = \frac{1,27}{A^2} = A_1$  т. е. *наивыгоднѣйшая скорость напорной линіи зависитъ отъ тѣхъ же величинъ, что и  $d_f$ , но совершенно не зависитъ отъ  $q_0$* . Величина экономической скорости колеблется между 0,8 и 1 мет.

Такимъ образомъ для опредѣленія наивыгоднѣйшихъ діаметровъ напорной линіи необходимо вычислить въ зависимости отъ мѣстныхъ цѣнъ на генераторы, насосы, зданія, топливо и т. д. коэффициенты  $k_f$ ,  $k_p$ ,  $k_m$  и  $k_e$ . Коэффициентъ  $k_f$  для чугунныхъ трубъ равняется въ среднемъ 3, какъ это вычислено въ нашемъ трудѣ. „Ислѣдованіе вліянія экономическихъ условій на начертаніе водопроводной и оросительной сѣти“, гдѣ также приведены величины  $k_p$ ,  $k_m$  и  $k_e$  для паровыхъ машинъ.

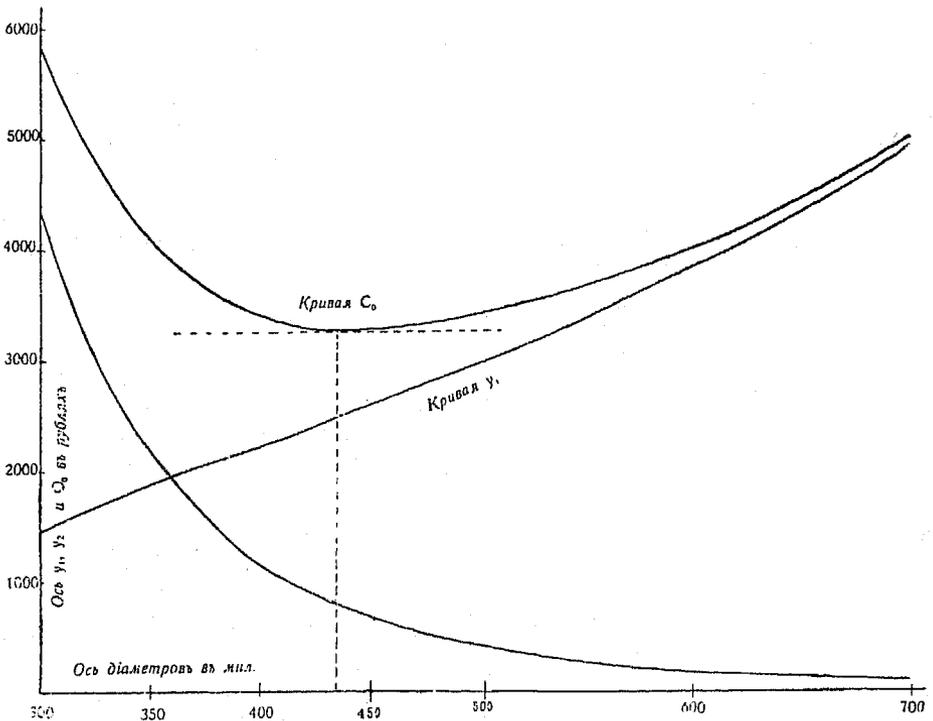
Задача и находженіе наивыгоднѣйшаго діаметра напорной линіи можетъ быть рѣшена и графически, если принять, что функція  $d_f$  измѣняется непрерывно. На чертежѣ 449 сдѣлано подобное построеніе, гдѣ кривая  $y_1$ , выражаетъ собою стоимость напорной линіи, а кривая  $y_2$ —стоимость насосной станціи. Кривая же  $C_0$ —суммированная кривая кривыхъ  $y_1$  и  $y_2$ ; касательная къ наименьшей точки кривой  $C_0$  указываетъ наименьшее значеніе для  $d_f$ .

Въ случаѣ *неравномѣрнаго нагнетанія* (что часто и встрѣчается на практикѣ) формула (199) для  $d_f$  превратится въ выраженіе:

$$d_f = \sqrt[6]{\frac{1,1\Delta\lambda[(B_2k_p + B_3k_m)]q_{max}^3 + k_c B_4 \sum_{i=1}^{i=h} q_0^3 s_i}{15 B_1 k_f}} \dots (200),$$

гдѣ  $\Delta$ ,  $\lambda$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $k_p$ ,  $k_m$ ,  $k_c$  и  $k_f$  с имѣють прежня значенія;  $q_{max}$  — наибольшій часовой расходъ въ первый годъ эксплуатаціи,  $B_4 = \frac{a^{3h} - 1}{(a^3 - 1)ts}$  и  $s_i$  — числа часовъ, въ которые нагнетаются переменные расходы.

чер. 449.

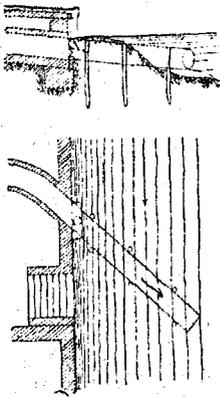


Формулы эти собственно выведены лишь для *неполной раздѣльной канализаціи*, такъ какъ при ихъ выводѣ не введено значеніе поднимаемаго количества *дождевыхъ водъ*, остающагося болѣе или менѣе постояннымъ, если не расширяется съ теченіемъ времени площадь канализируемаго района. Но съ другой стороны дождевыя воды поднимаются и особыми дождевыми насосами, такъ что этотъ расходъ не оказываетъ вліянія на размѣръ насосовъ для подъема домовыхъ водъ. Такъ какъ дожди выпадаютъ сравнительно рѣдко и не все достигаютъ большой силы, то діаметръ напорной линіи необходимо подбирать по домовому расходу и провѣрять лишь въ ней скорость при расходѣ дождевыхъ водъ. Такимъ образомъ *эти формулы являются пригодными и для общесплавной канализаціи*. Сложность ихъ конструкціи не должна отталкивать отъ ихъ употребленія, такъ какъ излишнее увеличеніе діаметра напорной линіи на 25 мм. (1 дюймъ) ведетъ къ излишнему расходу на версту въ 1500 руб.

§ 3. **Устье сѣти.** Въ настоящемъ параграфѣ мы не будемъ останавливаться на изложеніи условій, при которыхъ допускается стокъ въ водные протоки <sup>1)</sup>, такъ какъ этотъ вопросъ будетъ нами разсмотрѣнъ въ особомъ сочиненіи. Здѣсь мы лишь ознакомимся съ общими приемами, которыхъ слѣдуетъ придерживаться при устройствѣ выходныхъ концовъ главныхъ отводныхъ каналовъ, не считаясь съ тѣмъ, подвергаются ли воды какой-либо очисткѣ. Основное правило для устройства устья сѣти въ рѣкахъ заключается въ такомъ расположеніи отводного канала, чтобы *было обезпечено наилучшимъ образомъ смѣшеніе сточныхъ водъ и рѣчныхъ*. Естественно, что для этой цѣли необходимо устье сѣти выводить до *стремня рѣки*, гдѣ имѣется наибольшее сильное рѣчное теченіе при горизонтѣ с. низкихъ водъ. Далѣе желательно конецъ выводного канала во избѣжаніе отложеній *располагать не на дни рѣки, а въ срединѣ живого сѣченія*; затѣмъ *направленіе скорости* сточныхъ водъ, вытекающихъ изъ отводного канала, должно составлять съ *направленіемъ теченія воды при межсѣнномъ горизонтѣ по возможности острый уголъ*.

Далѣе необходимо располагать отводной каналъ *внѣ вліянія весеннихъ водъ и паводковъ*; конецъ устьевой трубы можетъ быть погруженъ въ воду, но съ такимъ уклономъ, чтобы подпоръ не распространялся бы на *большую длину канала*. Погруженіе выводного канала ниже уровня самыхъ низкихъ водъ имѣетъ то преимущество, что въ этомъ случаѣ *устье не подвергается дѣйствію вѣтра*, который можетъ нарушить правильность вентиляціи сточной сѣти, да и *смѣшеніе сточныхъ водъ съ рѣчными* производится *болѣе энергично*. Если устье устраивается для *общесплавной* канализаціи, то оно раздѣляется на *два канала*, изъ которыхъ нижній служитъ для отвода *домовыхъ водъ*, а верхній изливаетъ *дождевые воды*. Этимъ приемомъ достигается сохраненіе *должной скорости* въ обоихъ каналахъ даже при незначительномъ расхождѣ домовыхъ водъ.

чер. 450.



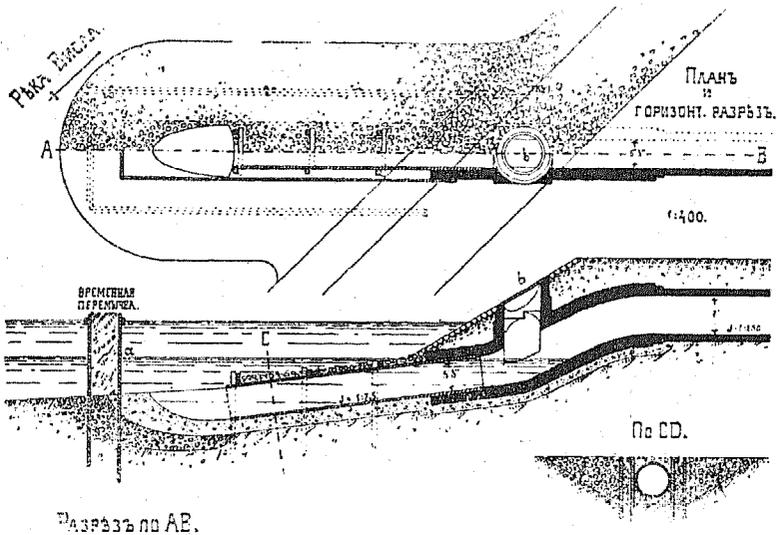
Существующія устройства устьевъ сѣти весьма разнообразны вѣдствие различныхъ мѣстныхъ условій. Но болѣе или менѣе общей *конструктивной частью* является устройство погруженной части выводнаго канала. Эта погруженная часть устраивается изъ *оцинкованныхъ желѣзныхъ, чугунныхъ шарнирныхъ и деревянныхъ трубъ*. Примѣръ устройства съ *железной трубой* даетъ г. Галле (черт. 450); *деревянная труба* примѣнена для устья городовъ Варшавы, Франкфурга на Майнѣ, Самары и пр. Черт. 451 представляетъ собой устройство *устья для г. Варшавы*, гдѣ деревянная труба круглаго сѣченія закрѣплена между сваями,

<sup>1)</sup> См. Труды VIII Водопроводнаго Съѣзда докладъ проф. В. Ф. Иванова. О спускѣ сточныхъ водъ въ водные протоки.

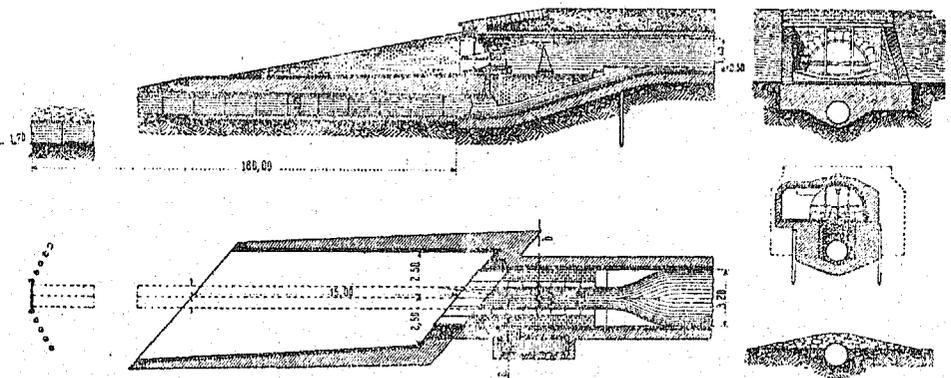
бетономъ и накиднымъ камнемъ съ помощью временныхъ двойныхъ пере-  
мычекъ съ глинянымъ заполненіемъ; колодезь *b* здѣсь играетъ роль обы-  
чнаго смотрового колодца, но чрезъ его рѣшетку могутъ выходить ливни-  
вые воды во время наводковъ.

Болѣе современными конструкціями являются устройства, гдѣ устье  
для полученія необходимой скорости устроено въ видѣ *двухъ каналовъ*:  
верхняго для дождевыхъ и нижняго для домовыхъ водъ. Примѣръ такого  
устройства имѣется въ *г. Кельнѣ* (черт. 452), гдѣ нижняя труба, діам.  
1,20 мет., толщиной 10 мм., имѣетъ протяженіе при меженномъ горизонтѣ

чер. 451.



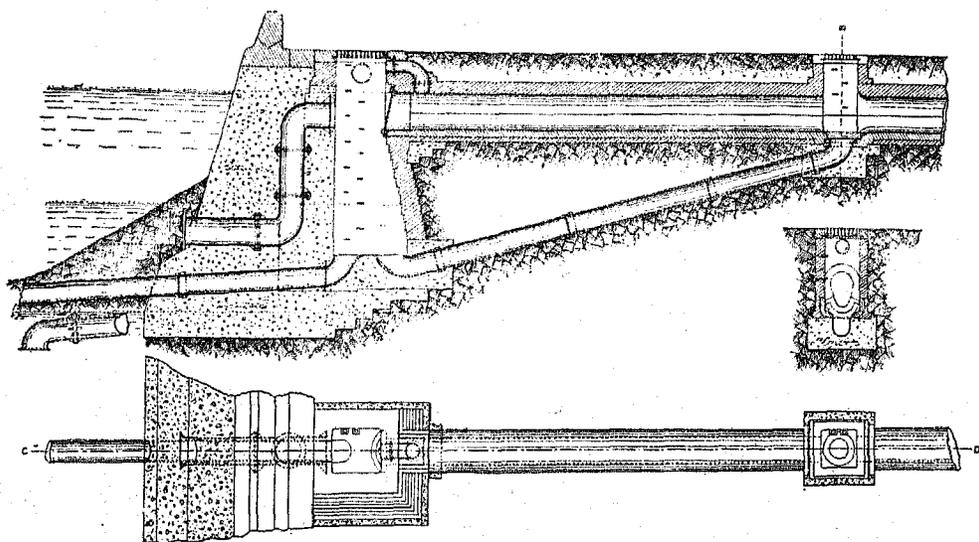
чер. 452.



до 145 мет. и при с. н. горизонтѣ до 85 мет. *Верхній каналъ* снабженъ  
*затворнымъ клапаномъ*, который открывается при давленіи 0,4—0,5 мет.,  
что усиливаетъ промывку нижняго канала дождевыми водами.

Дальнѣйшую эволюцію этого типа представляется типъ, примененный въ Англии на р. Tidal (черт. 453) гдѣ и *верхній каналъ* въ предѣлахъ набережной *погружается ниже горизонта меж. водъ*, что защищаетъ съѣтъ отъ вліянія вѣтра. Производство работъ по устройству выводныхъ каналовъ такое же, какое и при устройствѣ *дюкеровъ*: здѣсь также для рѣчной части канала применяется опусканіе съ подмостей, забитыхъ въ дно

чер. 453.



рѣки или установленныхъ на поверхности льда, и устройство береговой части въ перемычкахъ.

Для *приморскихъ городовъ* устройство выводного канала представляетъ большія трудности и требуетъ большихъ затратъ. Укладка выпускного канала на небольшомъ разстояніи отъ берега не предотвращаетъ возвращенія нечистотъ во время приливовъ или прибоевъ волнъ на береговую полосу, что, конечно, *съ санитарной точки зрѣнія является недопустимымъ*. Это положеніе особенно ухудшается для *морскихъ курортовъ*, гдѣ береговая полоса служитъ для купанья и для *портовыхъ городовъ*, гдѣ при выпускѣ сточныхъ водъ въ предѣлахъ порта, можно ожидать только загрязненій портовыхъ бассейновъ.

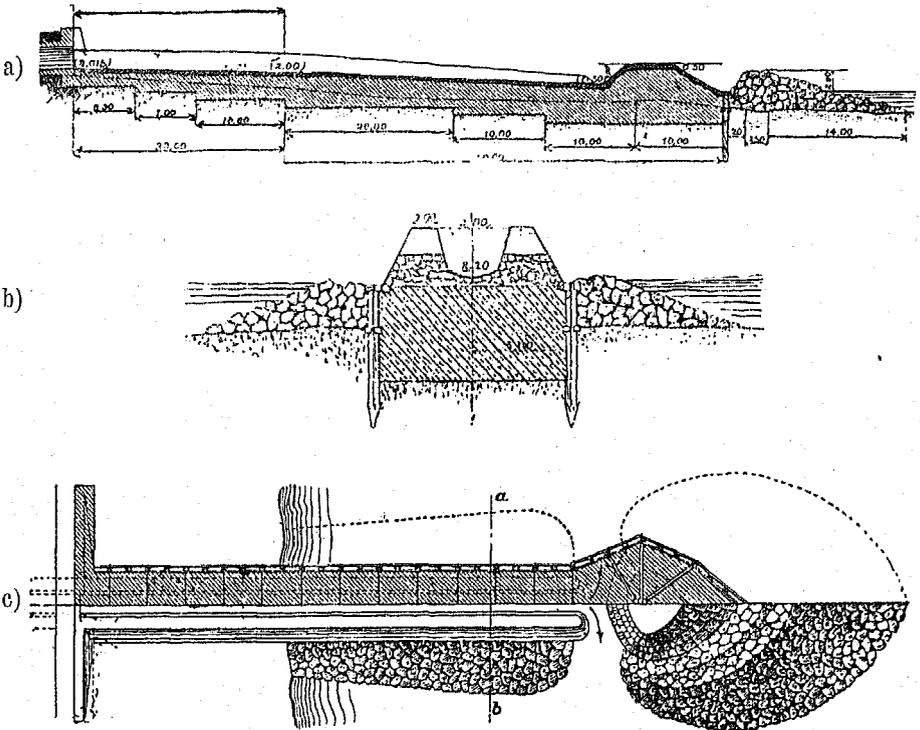
Поэтому для такихъ случаевъ слѣдуетъ отказаться отъ спуска нечистотъ непосредственно въ море безъ всякой очистки. Выпускъ же въ море<sup>1)</sup> можетъ быть произведенъ, но при соблюденіи условій, заключающихся въ томъ, что *выводной каналъ долженъ быть доведенъ до такого пункта*

<sup>1)</sup> Подробнѣе см. В. Ф. Ивановъ. О спускѣ сточныхъ водъ въ водные протоки Труды VII Володаровскаго Съѣзда.

моря, гдѣ существовало бы постоянное теченіе, относящее морскія воды отъ береговой полосы. Такой пунктъ находится обыкновенно на большомъ разстояніи, вслѣдствіе чего устройство выводного канала обходится очень дорого. Поэтому въ такихъ случаяхъ необходимо сопоставить стоимость двухъ вариантовъ: варианта съ очисткой и короткими выводными каналами и варианта безъ очистки, но съ длинными каналами. Классическимъ примѣромъ устройства длиннаго канала является городъ Бостонъ<sup>1)</sup> и рядъ окружающихъ его малыхъ городовъ, гдѣ длина выводныхъ каналовъ доходитъ до одного километра; глубина воды въ мѣстѣ выпуска 15 метровъ, скорость морского теченія 1,1 мет. въ секунду.

Интересный примѣръ устройства выводныхъ каналовъ въ море даетъ г. Неаполь, гдѣ они устроены въ видѣ открытыхъ каналовъ, напоминая по своей конструкціи сооруженія портовыхъ моловъ (черт. 454).

чер. 454.



Если въ морѣ еще представляется возможнымъ при соблюденіи извѣстныхъ условій устройство спуска безъ очистки, то для озеръ это недопустимо, такъ какъ озера представляютъ собой замкнутые бассейны съ почти стоячей водой, и нерѣдко являются источниками водоснабженія для близъ

<sup>1)</sup> Bull. de la société d'Encouragement, 1896, De l'assainissement des villes et des Cours d'eau par Ronna.

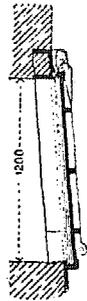
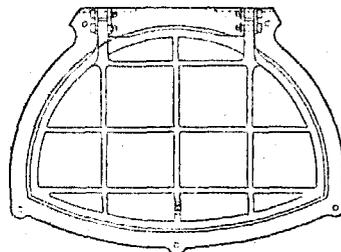
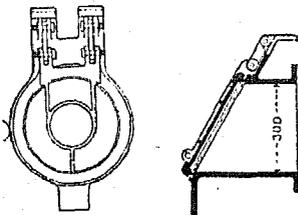
лежащих городов (Женевакое озеро). Здесь необходимо устья канализации располагать на возможно большия расстояния от забирающих труб водопроводных сооружений. Кроме того желательна и здесь погружать канализационные каналы на возможно большую глубину и выдвигать подальше от берега.

§ 4. **Предохранение канализации от наводнений.** При канализации городов по общеглавной системѣ въ низкихъ частяхъ города возможно *подтопление городскихъ кварталовъ рѣчной водой во время подъема воды черезъ ливнепуски или отводные каналы.* Для того, чтобы устранить это явление, канализируютъ такія части города по полной раздѣльной системѣ (Дрезденъ, Неаполь) или же запираютъ устья ливнепусковъ и каналовъ *щитами и клапанами.*

Для этой цѣли весьма употребительны *висячіе чугунные клапаны* (черт. 455 и 456), которые закрываются при незначительныхъ давленіяхъ воды.

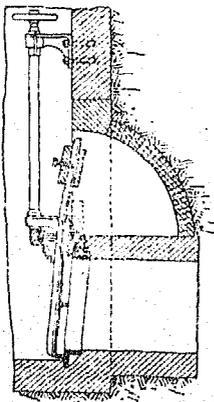
чер. 456.

чер. 455.



Для плотности запиранія затворовъ въ повѣйшія ихъ конструкции введены *противовѣсы.* На черт. 457 изображенъ подобный типъ затвора за-

чер. 457.



вода Гейтера, гдѣ можно при помощи тяги съ винтовой нарезкой и зубчатого сектора придать любое положеніе противовѣсу

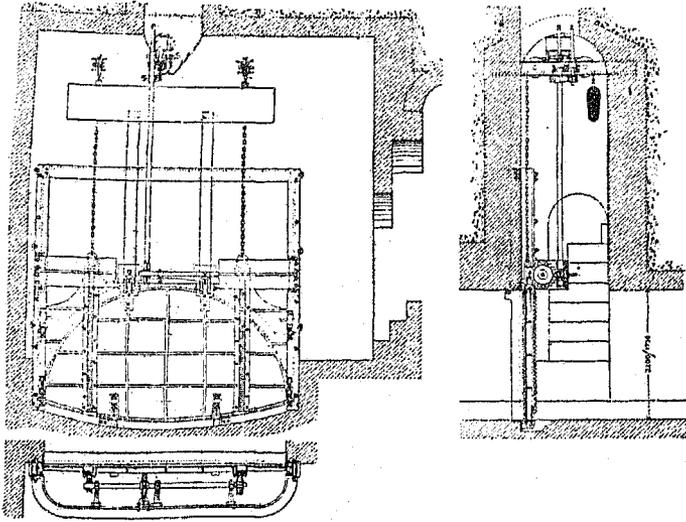
Запирание коллекторовъ и ливнепусковъ подобными автоматическими затворами является не совсемъ надежнымъ; поэтому ихъ часто замѣняютъ щитами, подобными по своей конструкции щитамъ промывныхъ камеръ (глава XXIII). Одинъ изъ большихъ щитовъ сложной конструкции для закрытія устья ливнепуска въ Кельнѣ показанъ на чертежѣ 458.

Но такъ какъ для употребленія этихъ щитовъ требуется для своевременнаго опусканія бдительный надзоръ, то нерѣдко встрѣчается установка двухъ щитовъ: *автоматическаго и ручнаго.*

Съ примѣненіемъ запорныхъ щитовъ вся сѣтъ на время наводка должна вмѣщать въ себѣ все сточныя воды города, для каковой цѣли необходимо провѣрить емкость сѣти въ этомъ отношеніи.

Но при такомъ рѣшеніи вопроса вся сеть общесплавныхъ каналовъ можетъ получить *излишніе размеры*, что вызываетъ уменьшеніе скорости въ сухую погоду и занесеніе каналовъ осадками. Поэтому практичнѣе на время стоянія высокихъ водъ скоплять сточныя воды въ резервуарахъ до-

чер. 458.



*статочной емкости* и выпускать изъ нихъ содержимое по окончаніи періода подъема воды. Подобные резервуары играютъ роль уравнительныхъ резервуаровъ (см. главу XIX) и по конструкціи съ ними тождественны. Они устроены въ Лондонѣ, Бостонѣ и др. городахъ.

## Г Л А В А XXII.

Въ предыдущихъ главахъ мы разсмотрѣли детали устройства *общесплавныхъ и раздѣльныхъ системъ канализаціи населенныхъ мѣстъ*; въ настоящей главѣ намъ представляется необходимымъ дать *основанія для выбора системы канализаціи*. Для этой цѣли необходимо сравнить системы канализаціи съ нѣсколькихъ точекъ зрѣнія: *гигиенической, технической, гидравлической и экономической*. Сначала мы будемъ вести сравненіе между системами *общесплавной, полной раздѣльной и полураздѣльной*, такъ какъ только въ этихъ системахъ отводятся всѣ загрязненныя воды за предѣлы города. Требования, которыя предъявляетъ Гигіена, заключаются въ томъ, чтобы сточныя воды удалялись бы за предѣлы поселеній до начала процессовъ разложенія органическихъ веществъ и въ неочищенномъ видѣ не попадали бы въ водные протоки. Эти требованія выполняются во всѣхъ системахъ, но не во всей ихъ полнотѣ. Такъ, общесплавная сѣтъ имѣетъ *ливнеспуски*, чрезъ которые дождевыя воды въ теченіе извѣстнаго количества дней въ году изливаются въ неочищенномъ видѣ въ водные протоки города.

Правда теоретически туда должны попадать дождевыя воды уже послѣ того, какъ разжиженіе достигло заданной величины, но наблюденія показываютъ, что *чрезъ ливнеспуски попадаютъ въ болшемъ или меньшемъ количествѣ экскременты и другіе отбросы домашняго хозяйства*. Это легко объясняется тѣмъ, что вслѣдствіе колебаній расходовъ сточныхъ водъ въ каналахъ общесплавной системы къ ихъ стѣнкамъ легко прилипаютъ грязевыя частицы и кусочки экскрементовъ, которые при ливняхъ смываются со стѣнокъ и проносятся въ ливнеспуски. Такимъ образомъ мы видимъ, что *ливнеспуски представляютъ собой слабое мѣсто общесплавной системы съ гигиенической точки зрѣнія*. Ослабить это явленіе вполне возможно, если канализаціонная сѣтъ будетъ въ достаточной мѣрѣ промываться даже и въ такихъ частяхъ своихъ, которые являются *самоочищающимися*. Полныя раздѣльныя системы не могутъ внести въ водные протоки въ болшемъ количествѣ экскременты, но зато онѣ при устройствѣ сѣти, непосредственно отводящей дождевыя воды въ ближайшія рѣчки и каналы, вносятъ экскременты животныхъ, уличный мусоръ и т. п. въ водные протоки.

Этому отчасти можно воспрепятствовать применением рациональных мостовых и содержанием улицъ въ строгой чистотѣ т. е. регулярной уборкѣ всего уличнаго мусора и мытьѣ ихъ поверхности. Тѣмъ не менѣе непосредственный спускъ всѣхъ дождевыхъ водъ съ улицъ въ водные протоки не можетъ быть признанъ желательнымъ съ строго гигиенической точки зрѣнія. Но полная раздѣльная система легко *технически* можетъ быть преобразована въ вполне *гигиеничную систему*, если дождевыя воды будутъ сконцентрированы въ одномъ или нѣсколькихъ пунктахъ, гдѣ они до выпуска въ водные протоки будутъ подвергаться предварительной *несложной очисткѣ (осажденіемъ)*. При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что на практикѣ подобный приемъ применяется весьма рѣдко; между прочимъ онъ былъ предложенъ въ качествѣ одного изъ вариантовъ канализаціи г. СПбурга. *Полураздѣльныя системы*, занимаая среднее мѣсто между общесплавными и полными раздѣльными системами, представляютъ большой интересъ съ гигиенической точки зрѣнія, такъ какъ при ея примѣненіи всѣ домовыя воды и первыя наиболѣе загрязненныя порціи дождевой воды отводятся за предѣлы населенныхъ мѣстъ къ очистнымъ станціямъ, и только наиболѣе чистыя дождевыя воды попадаютъ въ водные протоки. Поэтому эта система представляется намъ *самой гигиеничной* изъ всѣхъ системъ канализаціи. *Съ технической точки зрѣнія* общесплавная система является наиболѣе простой, такъ какъ здѣсь требуется построить только *одну сеть подземныхъ каналовъ*, требующихъ сравнительно несложныхъ приемовъ для ея выполненія; также при ея примѣненіи въ домахъ требуется устраивать также *одну сеть каналовъ*, что опять таки упрощаетъ устройство домовыхъ канализацій. *Съ гидравлической точки зрѣнія* общесплавная система представляетъ не мало затрудненій *вслѣдствіе сильныхъ колебаній протекающихъ по этимъ каналамъ дождевыхъ водъ*, которыя могутъ измѣниться отъ 1 до 100. Трудность въ подборахъ сѣченій, которые бы обуславливали достаточную скорость для самоочищенія въ сухую погоду, слишкомъ ясна въ особенности въ плоскихъ мѣстностяхъ; эта трудность еще усугубляется неизмѣняемымъ расположеніемъ ливнеспусковъ, положеніе которыхъ подчиняется колебаніямъ горизонтовъ протоковъ. Ясно, что въ тѣхъ случаяхъ, когда нельзя сдѣлать такого подбора, приходится прибѣгать къ энергичной промывкѣ подобныхъ частей каналовъ.

*Полная раздѣльная и полураздѣльная система съ технической точки зрѣнія* сложнѣе по своему устройству, такъ какъ приходится устраивать *два системы* каналовъ, уклоны которыхъ могутъ и не совпадать, что, несомнѣнно, вызываетъ усложненіе въ устройствѣ сѣти; кромѣ того обѣ системы требуютъ двойной канализаціи въ домахъ. *Съ гидравлической точки зрѣнія* домовыя каналы полной раздѣльной и полураздѣльной системы несутъ расходы воды, колеблющіеся въ тѣсныхъ предѣлахъ; значительные перемены расхода водъ происходятъ въ *дождевыхъ* каналахъ, гдѣ могутъ быть допущены и меньшія скорости. Въ полураздѣльной системѣ нѣкоторымъ колебаніямъ расхода подвергаются только *интерцепторы*.

Общая стоимость канализации по той или иной системе всецело подчиняется местным условиям, но тем не менее представляется возможным рассмотреть некоторые факторы, сильно влияющие на стоимость системы. Как общее правило следует установить, что стоимость одной сѣтки общесплавной системы всегда дешевле стоимости двух сѣтей полной раздѣльной системы, такъ какъ сѣчепія дождевыхъ каналовъ не подвергаются никакому измѣненію, если мы въ нихъ не будемъ принимать домовыхъ водъ; кромѣ того здѣсь налагается на домовладельцевъ почти двойной расходъ на устройство дворовыхъ водосточныхъ сѣтей. Это обстоятельство и служило всегда главной причиной предпочтенія общесплавной системы предъ полной раздѣльной. Но строгія требованія очистки сточныхъ водъ предъ выпускомъ воды въ водные протоки сильно видоизмѣнили дѣло: при примѣненіи общесплавной системы приходится вмѣсто одного объема сточныхъ водъ очищать четырехъ—пятикратные объемы смѣси домовыхъ и дождевыхъ водъ; слѣдовательно очистныя сооруженія для правильности своей работы должны занимать болѣе значительную площадь земли, а слѣдовательно и стоить гораздо дороже.

Если къ тому же сточныя воды приходится поднимать на очистныя сооруженія или изъ нижней зоны въ верхнюю, то расходы по устройству такихъ насосныхъ станцій также сильно возрастаютъ. Такимъ образомъ очистка и подъемъ сточныхъ водъ могутъ въ некоторыхъ случаяхъ представлять собой факторы, удорожающіе общесплавную систему. Само собою разумѣется, что общихъ указаній здѣсь дать нельзя, но необходимо продѣлать варианты, доходя даже до составленія параллельныхъ проектовъ по общесплавной и полной раздѣльной или полураздѣльной системѣ. Съ эксплуатационной точки зрѣнія содержаніе двухъ сѣтей будетъ стоить дороже, чѣмъ одной, но эксплуатация насосныхъ станцій и очистныхъ сооруженій будетъ меньше при полной раздѣльной или полураздѣльной системѣ, чѣмъ при общесплавной. Поэтому предпочтеніе нужно отдать той системѣ, у которой строительные и эксплуатационные расходы будутъ наименьшими.

Выгодность примѣненія полной раздѣльной системы вмѣсто общесплавной можно видѣть изъ сравненія строительныхъ и эксплуатационныхъ расходовъ, сдѣланныхъ инженеромъ Бредтшнейдеромъ (Bredtschneider)<sup>1)</sup> для Шарлоттенбурга.

Площадь канализуемаго района была къ 556 гектаровъ. Городъ омывался тремя водными протоками. Очистка была предположена на поляхъ орошенія, находящихся въ 10 километрахъ отъ города, куда приходилось поднимать сточныя воды. Для сравненія примѣненія системъ общесплавной и полной раздѣльной Бредтшнейдеромъ были для послѣдней системы сдѣланы два варианта: первый при которомъ на всѣхъ трехъ водныхъ протокахъ устраивались устья ливневыхъ и дождевыхъ каналовъ и второй, при которомъ выпускъ былъ лишь въ одинъ изъ протоковъ. Результатъ сравненія этихъ вариантовъ съ общесплавной системой приведенъ въ нижеслѣдующей таблицѣ XLVII.

<sup>1)</sup> Bredtschneider, Tramsystem.

ТАБЛИЦА XLVII.

№№ по порядку.	НАЗВАНИЕ РАСХОДОВЪ.	I вариантъ.		II вариантъ.	
		Общесплавная.	Полная раздѣльная.	Общесплавная.	Полная раздѣльная.
Въ маркахъ.					
1	Строительная стоимость съѣти а) для домовыхъ водъ б) для дождевыхъ „	6463069	2977700 4301600	6937417	2977700 5981600
2	Строительная стоимость насосной станции . . . . .	1116000	880000	1116000	880000
3	Строительная стоимость напорнаго провода на поля орошенія . . . . .	2407600	1666800	2407600	1666800
4	Капитализированные расходы изъ 3 1/2% по содержанію уличной съѣти . . . . .	639572	715343	713529	822643
5	Капитализированные расходы по содержанію насосной станции и напорнаго провода, . . . . .	2382174	1924859	2382174	1924859
6	Устройство и капитализированные расходы по содержанію полей орошенія . . . . .	2220000	1886000	2220000	1886000
7	Капитализированные расходы по текущему ремонту съѣти, насосной станции и напорнаго провода . . . . .	1426667	1403729	1494428	1643729
8	Капитализированные расходы по текущему ремонту полей орошенія . . . . .	590000	501500	590000	501900
	Итого .	17245082	16257531	17851147	18284831.

Изъ этой таблицы видно, что въ первомъ вариантѣ дешевле полная раздѣльная, а во второмъ—общесплавная.

Этотъ примѣръ ясно показываетъ, что *полная раздѣльная система* въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ быть *выгоднѣе общесплавной*, будучи равноцѣнной ей по гигиеническимъ свойствамъ и превосходя ее съ гидравлической точки зрѣнія.

*Неполная раздѣльная система* для однихъ домовыхъ водъ не можетъ съ *гигиенической точки зрѣнія* быть приравнена къ только что разсмотрѣннымъ системамъ канализаціи, такъ какъ при ней примѣняется наземное отведеніе дождевыхъ водъ, которое при плоскихъ городахъ можетъ быть причиной сильныхъ колебаній уровня почвенныхъ водъ, да и водные протоки не защищаются отъ загрязненіиныхъ дождевыхъ водъ. Но съ *гидравли-*

ческой точки зрѣнія она превосходитъ эти системы влѣдствіе малаго колебанія расходовъ. Едва-ли нужно доказывать, что съ *экономической точки зрѣнія* она должна быть *только дешевле общесплавной полной раздѣльной системы*. Экономія которая получается при примѣненіи неполной раздѣльной системы вмѣсто общесплавной, для городовъ средней величины достигаетъ 50%—60%. Этими экономическими соображеніями объясняется, что у насъ въ *Россіи* за послѣдніе годы строятся канализаціи *исключительно по неполной раздѣльной системѣ* (Москва, Кіевъ, Ростовъ на Дону, Царское Село и т. д.).

На этомъ сравненіи системъ можно построить нѣкоторыя основанія для выбора системы. Такъ, общесплавная система должна быть примѣнена для городовъ съ *крутыми уклонами и большими количествами отводимой воды*, если не приходится при этомъ поднимать сточныхъ водъ. Но она является *нежелательной* въ частяхъ города, *затопляемыхъ подъемами воды въ рѣкахъ*, такъ какъ въ этомъ случаѣ возможно выступленіе сточныхъ водъ на поверхность мостовыхъ и затопленіе подваловъ. Наоборотъ, полная раздѣльная или полураздѣльная системы предпочтительнѣе въ *плоскихъ мѣстностяхъ*, въ особенности при наличности въ городѣ нѣсколькихъ водныхъ протоковъ, сокращающихъ стоимость ливневой сѣти. Тѣмъ не менѣе въ сомнительныхъ случаяхъ желательно составленіе двухъ параллельныхъ проектовъ для сравненія.

Если не имѣется средствъ у города, и если онъ имѣетъ небольшіе размѣры, то возможно ограничиться неполной раздѣльной системой на первое время и въ будущемъ постепенно развивать сѣть ливнеотводоу. *Дешевѣйшей* изъ неполныхъ канализаціонныхъ системъ будетъ *сплавная*, но отсутствіе уклоновъ можетъ заставить перейти къ системамъ, *гдѣ города раздѣляются на мелкіе канализуемые районы*. Изъ этихъ системъ системы Берліе и Лирнура нужно признать мало употребительными, хотя послѣдняя система, удовлетворяя въ современномъ видѣ всѣмъ требованіямъ гигиены, можетъ и съ экономической точки зрѣнія дать нѣкоторыя выгоды въ сравненіи съ другими системами. Конкурирующими системами слѣдуетъ признать системы Шона и систему подъема электрическими насосами; первая система болѣе распространена чѣмъ, вторая. Съ *экономической точки зрѣнія* намъ представляется болѣе выгодной система *районныхъ электроподъемныхъ станцій*, такъ какъ *давленіе и передача электрической энергіи дешевле добыванія и передачи энергіи сжатого воздуха*. Кромѣ того въ *электростанціяхъ Шона или Грибовдова* жидкость *безполезно тупается на нѣкоторую высоту*, что, несомнѣнно, *увеличиваетъ стоимость поднятія воды*.

## Г Л А В А XXIII.

§ 1. Эксплоатація канализаціонной сѣти. Какъ мы видѣли изъ предыдущихъ главъ, канализаціонная сѣть имѣетъ разнообразное устройство, зависящее отъ мѣстныхъ условій и рода системы. Для того, чтобы канализаціонная сѣть удовлетворяла своему назначенію необходимо, чтобы *эксплоатація ея велась бы правильно*. Мѣропріятія, которыя надлежитъ производить для этой цѣли, заключаются въ *надзоръ за работой* водосточныхъ каналовъ и колодцевъ различныхъ назначеній, сифоновъ, водоподъемныхъ устройствъ и домовыхъ канализаціонныхъ устройствъ, присоединеніи новыхъ домовъ къ канализаціи, въ производствѣ *своевременнаго исправленія* всѣхъ поврежденій канализаціонной сѣти и относящихся къ ней сооруженій. Мѣры *перваго* рода заключаются, главнымъ образомъ, въ промывкѣ и прочисткѣ каналовъ, дюкеровъ и сифоновъ, очисткѣ дождеприемниковъ, таяніи снѣга въ снѣговыхъ камерахъ и въ уходѣ за насосными установками и подъемниками.

§ 2. Промывка и прочистка канализаціонной сѣти. *Промывка и прочистка каналовъ*, какъ намъ извѣстно изъ главы XVI, имѣетъ своею цѣлью протолкнуть скопившіеся въ нихъ осадки до ближайшихъ смотровыхъ колодцевъ, откуда эти осадки извлекаются простѣйшими подъемными средствами.

Употребленіе промывныхъ приборовъ должно производиться чрезъ *опредѣленные практикой* для данной части сѣти *промежутки времени*, величина которыхъ колеблется въ зависимости отъ количества протекающей по каналамъ воды, отъ уклоновъ каналовъ, отъ рода источника водоснабженія, утилизируемаго для промывки и т. под.

Эти факторы обуславливаютъ собой то обстоятельство, что въ разныхъ городахъ промывку производятъ чрезъ различные промежутки времени. Такъ, напр. въ Берлинѣ промываютъ трубы малыхъ сѣченій въ среднемъ каждыя 12 дней; въ Гамбургѣ нѣкоторые каналы съ очень слабыми уклонами промываютъ каждыя 2—3 дня, во Франкфуртѣ на Майнѣ каждыя 3 недѣли, во Фрейбургѣ (городъ съ круглыми уклонами)—разъ въ мѣсяць и т. п.

Вслѣдствіе этого количество воды, затрачиваемое на промывку каналовъ, весьма разнообразно, какъ это можно видѣть изъ слѣдующей таблицы XLVIII.

ТАБЛИЦА XLVIII.

Названіе города.	Общій расходъ воды на жителя въ сутки.	Расходъ воды на промывку въ сутки, отнесенный къ жителю.
	л и т р ы .	
Берлинъ . . . . .	68	2,5
Бреславль . . . . .	76	1,1
Нюренбергъ . . . . .	67	1,7
Эльберфельдъ . . . . .	98	5,8
Брауншвейгъ . . . . .	69	7,8
Висбаденъ . . . . .	75	5,8

Колоссальное количество воды на промывку водосточныхъ каналовъ въ размѣрѣ 139000 куб. метровъ въ сутки тратитъ г. Парижъ, что составляетъ до 38 % суточного количества потребляемой воды.

Проф. *Luеger* указываетъ, что слѣдуетъ при опредѣленіи количества промывной воды считать *отъ 8 до 10 литровъ на человека въ сутки*, если промывная вода не дорога: въ противномъ случаѣ приходится эту норму значительно понизить.

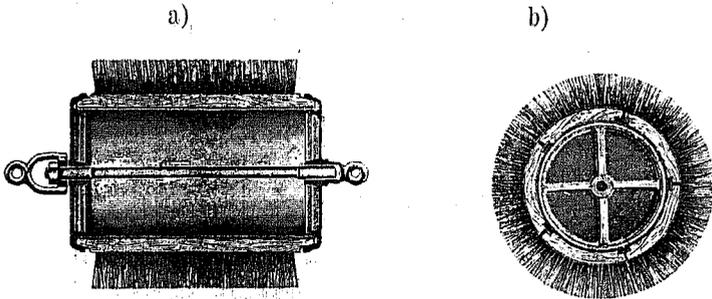
Какъ бы ни была хорошо организована промывка каналовъ, непроходимыхъ для рабочихъ, все-же въ частяхъ съти со слабыми уклонами можетъ произойти ихъ закупорка вслѣдствіе нѣкотораго отвердѣнія прилипшихъ къ стѣнкамъ осадковъ или попаданія въ сътъ крупныхъ предметовъ. Въ этихъ случаяхъ промывка оказывается безплодной, и приходится прибѣгать къ *механической очисткѣ каналовъ*

*Механическая очистка каналовъ* также является неизбежной и въ каналахъ, доступныхъ для прохода рабочихъ, уклоны которыхъ не велики; въ особенности удобными для этой цѣли являются *банкетные тѣты стѣченій*.

Для прочистки трубъ небольшихъ сѣченій въ Германіи протаскиваютъ между смотровыми колодцами щетки (черт. 459) при помощи станковъ особаго устройства, при чемъ самая операція по прочисткѣ производится слѣдующимъ образомъ. Сначала вводятъ узкую щетку, а потомъ уже щетку съ размѣрами, соответствующими діаметру очищаемой трубы.

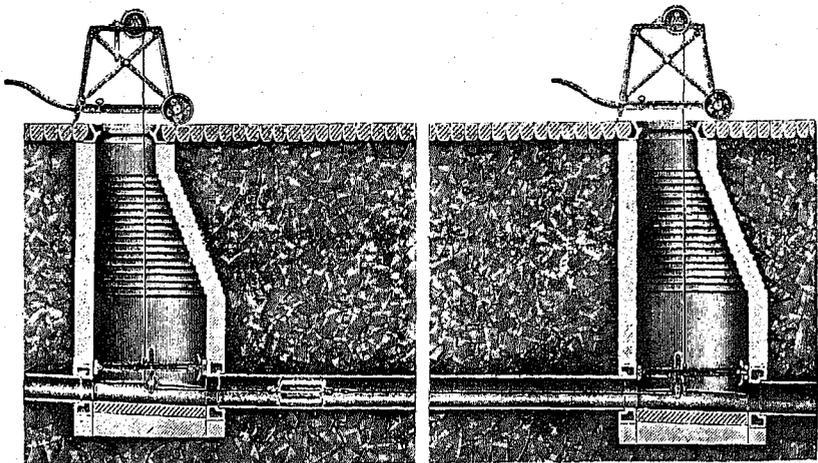
Для провода щетки через трубу употребляют небольшой поплавок съ привязанной къ нему длинной и тонкой просаленой бичевкой; поплавок пускаютъ изъ верхняго смотрового колодца въ трубу и усиливая его движеніе водой изъ поливного рукава, проталкиваютъ его въ нижній смо-

чер. 459.



тровой колодець, а затѣмъ, привязавъ къ бичевкѣ, протаскиваютъ поплавокъ со щеткой въ верхній смотровой колодезь. Эта операція облегчается при примѣненіи подвижныхъ станковъ и съемныхъ рамъ съ направляющими блоками для направленія движенія мѣдной проволоки, изготовляемыхъ нѣмецкой фабрикой Гейгера (черт. 460).

чер. 460.

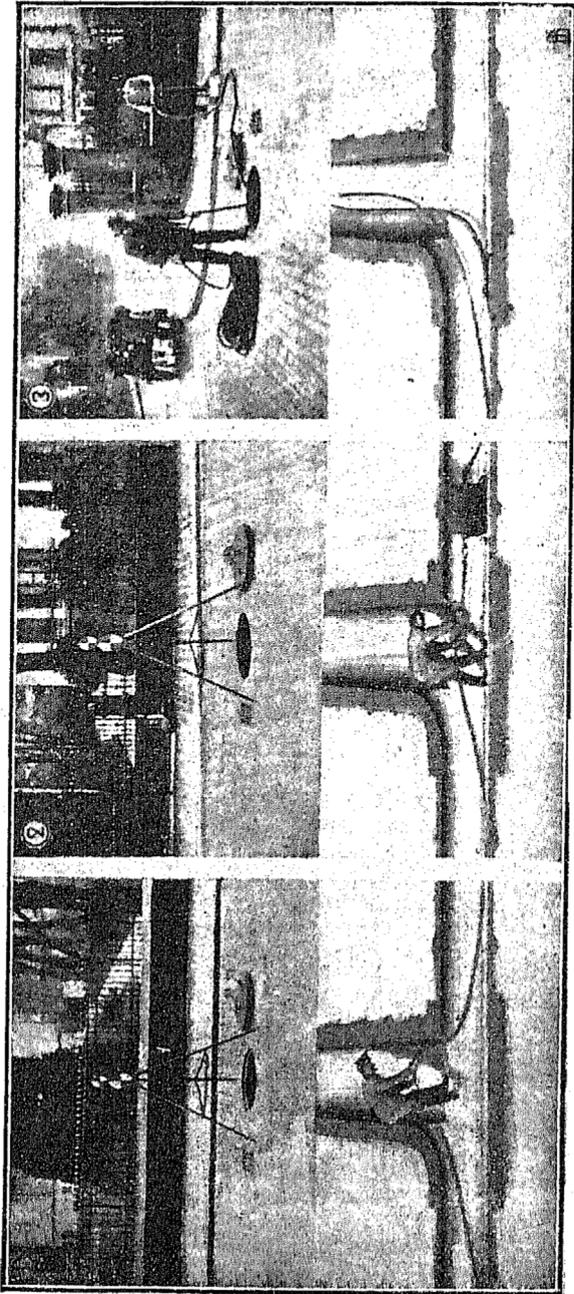


На черт. 461 показана фотографія производства прочистки маленькихъ каналовъ въ г. Висбаденѣ.

Вмѣсто щетки для прочистки *каналовъ малаго сѣченія* употребляютъ *тепловску*, катящуюся по трубѣ на трехъ каткахъ, которая, стѣсняя благодаря прикрѣпленнымъ къ ея концамъ деревяннымъ щиткамъ сѣченіе въ трубѣ, благодаря чему усиливается скорость движенія воды, двигаетъ

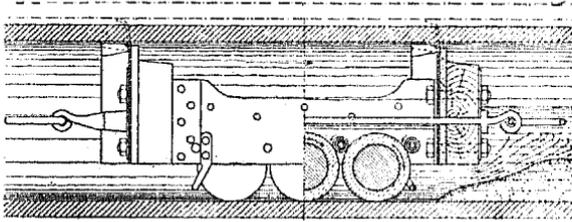
предь собой осадки (черт. 462). Къ концамъ тѣлѣжки прикрѣплены стяжки, къ которымъ привязываютъ канаты. Въ Англіи для тѣхъ же цѣлей упо-

чер. 461.



требляютъ цѣлый наборъ *повислыхъ скребковъ*, которые они вводятъ въ смотровые колодцы посредствомъ гибкихъ бамбуковыхъ стержней (чер. 463 *a-l*).

чер. 462.



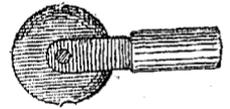
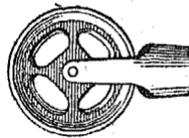
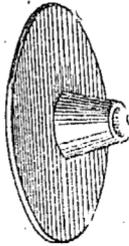
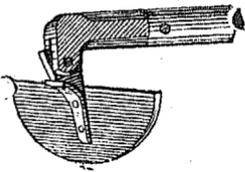
чер. 463

a)

b)

c)

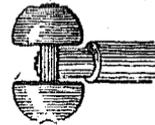
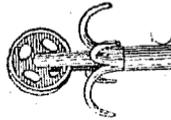
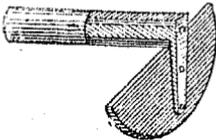
d)



e)

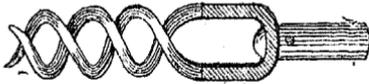
f)

g)

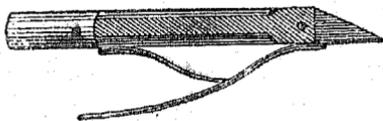


h)

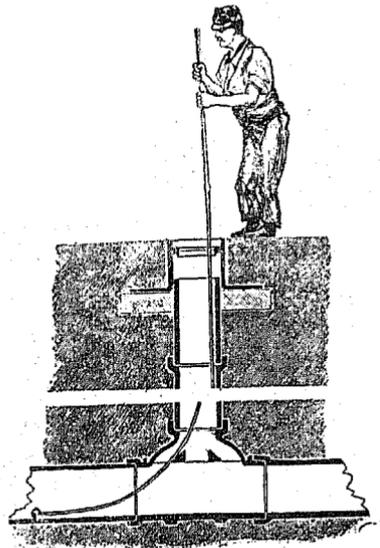
l)



i)



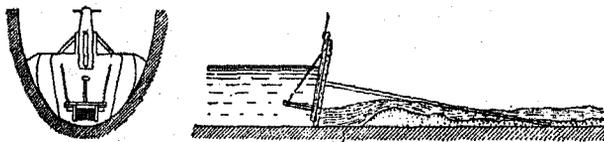
k)



Въ числѣ способовъ для прочистки трубъ малаго діаметра заслуживаетъ вниманія примѣненіе для этой цѣли *ледяныхъ шаровъ*, испытанное въ Московской канализаціи<sup>1)</sup>. Для этого берутся ледяные шары, изготовленные въ металлической формѣ, діаметромъ на 1"-2" меньше, чѣмъ діаметръ прочищаемой трубы. Шаръ, стѣсняя сѣченіе, усиливаетъ скорость движенія воды и проталкиваетъ осадки къ смотровымъ колодцамъ. При примѣненіи *ледяныхъ шаровъ* не возникаетъ опасности остановки въ ихъ движеніи если бы въ очищаемой трубѣ находились кости, тряпки и др. т. п. предметы, такъ какъ въ такихъ случаяхъ эти шары растаютъ подъ вліяніемъ температуры сточныхъ водъ. Кромѣ того этотъ способъ отличается и дешевизной: такъ въ Москвѣ прочистка 2-хъ верстной 12"-овой трубы обошлась около 20 рублей. Примѣненіе деревянныхъ или металлическихъ шаровъ для прочистки трубъ въ канализаціонной практикѣ встрѣчается давно, главнымъ образомъ, для прочистки дюкеровъ. Такъ, напримѣръ производится прочистка дюкерной трубы у моста Алма въ Парижѣ, гдѣ для этой цѣли примѣненъ деревянный шаръ діаметромъ на 15 см. меньше діаметра дюкерной трубы.

Для очистки *отъ осадковъ большихъ каналовъ* употребляютъ въ нѣкоторыхъ городахъ *щиты*, прикрѣпляемые къ особымъ *вагончикамъ или лодкамъ*, дѣйствіе каковыхъ также основано на *усиленіи скорости вслѣдствіе стѣсненія сѣченія канала*. Простейшимъ типомъ такихъ устройствъ является простой деревянный щитъ, употреблявшійся въ канализаціи гор. Парижа (черт. 464); въ днѣ его сдѣлано отверстіе для выпуска скопленной

чер. 464.



за щитомъ воды. Въ настоящее время вмѣсто такихъ щитовъ, называемыхъ *митральезами*, въ Парижѣ пользуются для передвиженія щитовъ *вагонетками и лодками* (черт. 465—466).

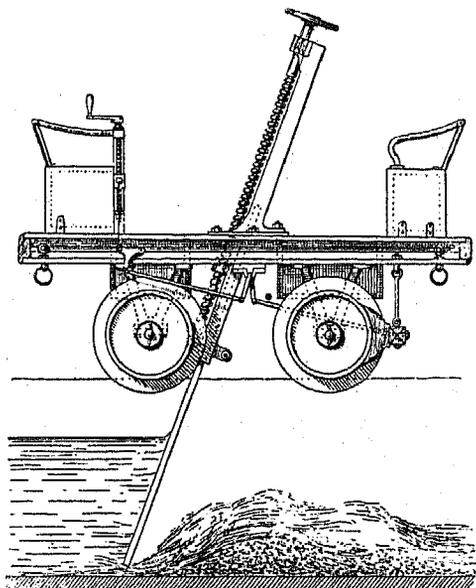
*Вагонетки* передвигаются по угловымъ полосамъ, заложеннымъ въ края банкетовъ общесплавныхъ Парижскихъ каналовъ. Подобныя вагонетки примѣняются въ банкетныхъ каналахъ Брюсселя, Кельна, Будапешта и нѣкоторыхъ французскихъ городовъ. Лодки употребляются только въ большихъ коллекторахъ Парижской сѣти.

Деревянные или желѣзные щиты вагонетокъ (черт. 465) устраиваются подвижными и опускаются не до самаго дна канала для образованія большой скорости скопленной за щитомъ воды; для этой же цѣли дѣлается от-

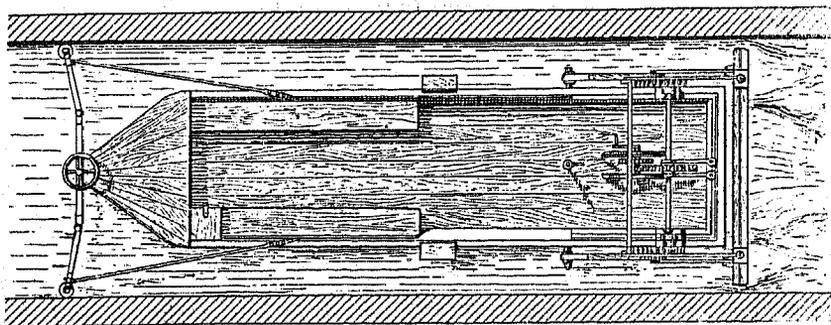
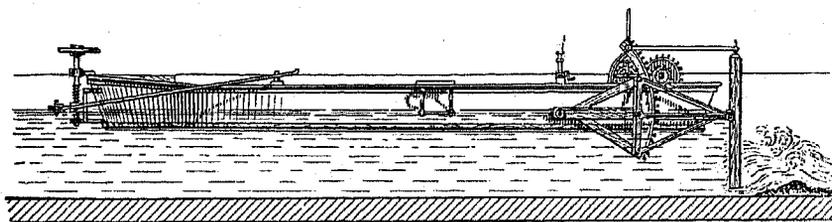
<sup>1)</sup> Труды V Водопроводнаго съѣзда, докладъ В. К. Шпейера.

верстие въ нижней части щита. Для регулированія движенія щита имѣется винтовой тормазъ и задвижные клапаны.

чер. 465.



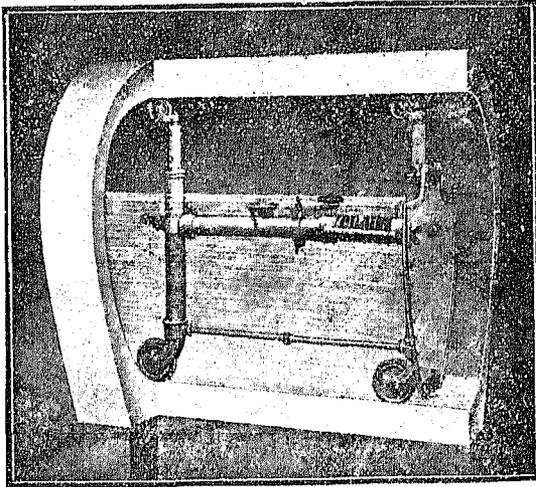
чер. 466.



Въ Германіи, гдѣ банкетные каналы представляютъ собой исключеніе, также примѣняютъ щиты, но нѣсколькой иной конструкціи, изъ которыхъ

представляет пѣкоторый интерес приборъ, примененный въ *Карлерузѣ* (черт. 467). Остовъ прибора состоитъ изъ двухъ вертикальныхъ и двухъ горизонтальныхъ стальныхъ трубъ. Вертикальныя трубы имѣютъ на нижнихъ концахъ колески, а на верхнихъ направляющіе ролики; на передней части прикрѣпленъ щитъ, не доведенный до дна и закрывающій сѣченіе оvoidальнаго канала только до пяти свода. Приборъ этотъ приводится въ движеніе, какъ и предыдущіе водой. Примененіе его требуетъ точной работы при постройкѣ каналовъ. Осадки, которые гонятся по каналамъ щитами, предвигаются къ ближайшимъ смотровымъ колодцамъ. Если этихъ осад-

чер. 467.



ковъ не много, то ихъ возможно извлекать при помощи незатѣйливыхъ подъемныхъ приспособленій. Въ большихъ же каналахъ башкетнаго типа применяютъ вагончики, которые наполняются грязью и отвозятся къ смотровымъ колодцамъ, откуда поднимаются посредствомъ подъемныхъ крановъ. Извлекаемая изъ каналовъ грязь *не безопасна съ санитарной точки зрѣнія* и поэтому можетъ находиться на поверхности улицъ только въ теченіе времени, достаточнаго для нагрузки въ фуры; въ Западной Европѣ эту грязь дезинфицируютъ известью, сульфатомъ желѣза, цинка и пр.

*Количество грязи, извлекаемой изъ каналовъ*, обуславливается ихъ устройствомъ (типомъ сѣченій, составомъ водъ, уклонами и пр.). Такъ напр. въ Берлинѣ извлекается 7 литровъ на человека въ годъ, въ Парижѣ 9 литровъ.

*Для таянія снѣга* въ шахтахъ одинъ рабочій забрасываетъ въ отверстіе снѣгъ, а другой, находясь внутри шахты на площадкѣ, сбрасываетъ снѣгъ въ каналъ (черт. 468).

Для производства промывки и прочистки сѣти, очистки дождеприемниковъ и пр. требуется создать *кадры постоянныхъ и опытныхъ рабо-*

*чихъ*, которые могли бы въ совершенствѣ изучить всѣ особенности эксплуатаируемой сѣти. Для этой цѣли канализаціонныя рабочіе дѣлятся на *артели*, во главѣ которыхъ слѣдуетъ ставить *десятниковъ* (*артельныхъ старостъ*); каждой артели предназначается *опредѣленная часть канализаціонной сѣти*. Такъ, на примѣръ въ Берлинѣ, гдѣ канализаціонная сѣть состоитъ изъ 11 секторовъ (площадью отъ 273 до 797 гектаръ), въ каждомъ секторѣ работаютъ 2—4 артели изъ 3 рабочихъ и одного надсмотрщика. Каждая артель имѣетъ участокъ города, на которомъ при населеніи въ 85000 человекъ приходится до 25000—38000 кв. метровъ каналовъ, 450—680—дождевыхъ приемниковъ, 350—550 смотровыхъ колодцевъ и 1500—2000 домовъ. Десятникъ устанавливаетъ родъ работъ, ведетъ отчетность о количествѣ промывочной воды и грязи, удаляемой изъ каналовъ, осматриваетъ проходимые каналы, предупреждаетъ закупорку каналовъ и присутствуетъ при ихъ промывкѣ и прочисткѣ. Рабочее время въ теченіе недѣли распределяется такимъ образомъ: 1 день тратится на осмотръ, 3 дня на промывку и 3 дня (въ ночные часы) на прочистку щетками и щитами, что соответствуетъ промывкѣ каждаго провода черезъ 12 дней и прочисткѣ оvoidальныхъ коллекторовъ черезъ 20 дней, а круглыхъ въ зависимости отъ ихъ состоянія. Самый процессъ осмотра и очистки каналовъ организованъ въ Берлинѣ слѣдующимъ образомъ. Впереди идетъ десятникъ съ фонаремъ, а за нимъ слѣдуетъ двое рабочихъ. Десятникъ вскапываетъ сухіе отложения посредствомъ спеціальнаго инструмента, первый рабочій предвигаетъ ихъ впередъ деревяннымъ черпакомъ, а второй подметаетъ ихъ метлой. Третій рабочій этой артели, остающійся наверху, открываетъ и закрываетъ крышки смотровыхъ колодцевъ. Очистка отъ грязи проходимыхъ каналовъ въ Берлинѣ производится ночью и черезъ такіе промежутки времени, когда слой грязи достигнетъ 15 сант.; для этой цѣли пользуются переносными ведрами. Чтобы судить о количествѣ рабочей силы, <sup>1)</sup> необходимой для канализаціонной сѣти, приведемъ для примѣра данныя изъ эксплуатаціи Московской сѣти, гдѣ въ 1907 году находилось 51 десятникъ, 67 рабочихъ, 3 слесаря, 3 каменщика, 2 плотника и 5 рабочихъ.

чер. 468.

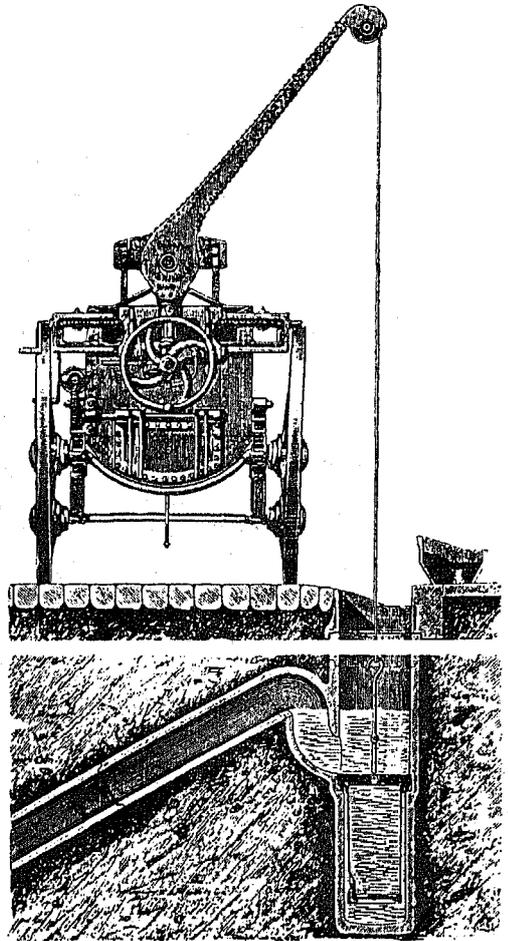
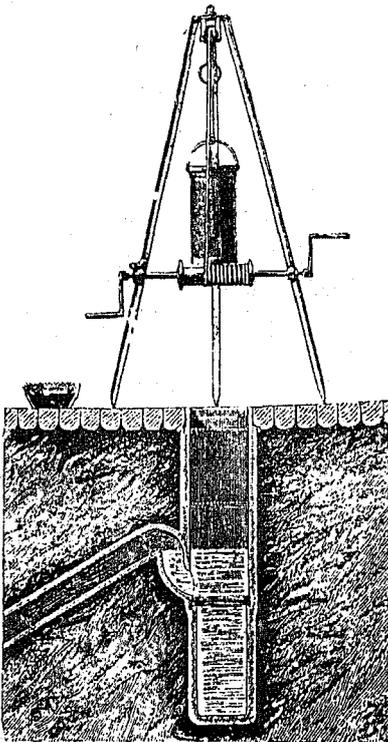


<sup>1)</sup> Отчетъ по эксплуатаціи Московской канализаціи за 1907 годъ.

Изъ сооруженій канализаціонной сѣти слѣдуетъ обратить серьезное вниманіе на *регулярную промывку люковъ*, которые въ противномъ случаѣ могутъ легко засориться, а прочистка ихъ не всегда можетъ быть удачной. Осадочныя ведра дождеприемниковъ должны очищаться по возможности каждую недѣлю. Извлеченіе наполнившагося грязью ведра производится или посредствомъ треноги съ блокомъ (черт. 469) или, что несрав-

чер. 470.

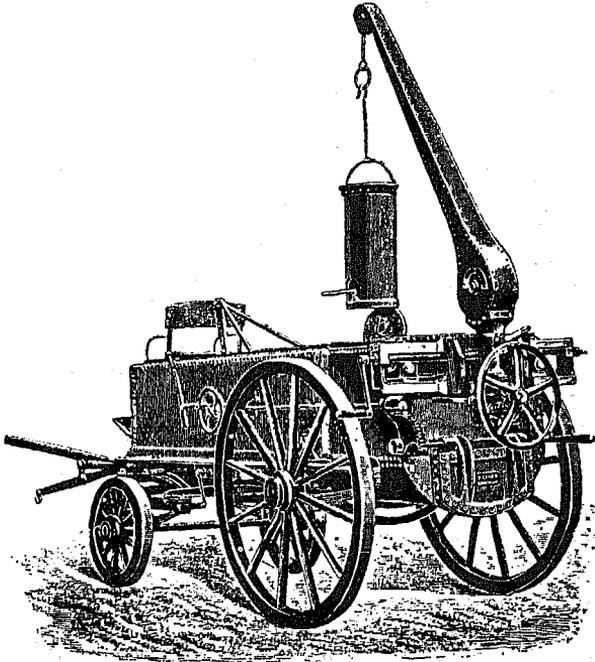
чер. 469.



ненно удобнѣе, при помощи особой повозки, изобрѣтенной Гейгеромъ (черт. 470—471). Если же дождеприемники не имѣютъ съемнаго осадочнаго ведра, то ихъ грязеловки очищаются вручную черпаками. Само собой разумѣется, что подобная очистка уступаетъ въ *гигиеническомъ отношеніи* предыдущей, чѣмъ еще разъ *подчеркивается выгода примѣненія современныхъ типовъ Geiger'a, Mairich'a и др.*

Очистка дождеприёмниковъ новѣйшаго типа производится днемъ, но на оживленныхъ улицахъ желательно для предотвращенія стѣсненія уличнаго движенія производить очистку ночью.

чер. 471.



§ 3. Эксплоатація насосныхъ канализаціонныхъ станцій. Эксплоатація песколовокъ заключается въ систематической очисткѣ ихъ отъ задержанныхъ ею на рѣшеткахъ плавающихъ веществъ и въ удаленіи скопившихся на днѣ осадковъ. Способы очистки, которые примѣняются въ этомъ случаѣ, зависятъ главнымъ образомъ отъ конструкціи приспособленій для очистки песколовокъ, (см. главу XX), при чемъ съ санитарной точки зрѣнія предпочтительнѣе подвижныя рѣшетки и норги. Вывозъ осадковъ изъ песколовокъ дѣлается въ вагонеткахъ или специальныхъ фурахъ. Эксплоатація канализаціонныхъ насосныхъ станцій сводится къ тщательному уходу за работающими на ней насосами и двигателями и своевременной заготовкѣ топлива. Для того, чтобы обезпечить правильность и выгодность работы насосныхъ установокъ, необходимо дѣлать ежедневныя наблюденія съ цѣлью возможно точной регистраціи ихъ работы въ теченіе сутокъ.

Для этой цѣли слѣдуетъ опредѣлять число ходовъ или оборотовъ насосовъ и двигателей, пользуясь для этой цѣли автоматическими счетчиками. Работа насосовъ и двигателей должна провѣряться еще посредствомъ особыхъ поплавковъ, которые, будучи установлены въ песколовокѣ, могутъ отмѣчать уровень стоянія въ ней воды, и если сдѣлать передачу отъ поплавка въ

насосную станцію и, прикрѣпивъ къ концу проволоки крандашъ, связать колебанія его положенія съ цилиндромъ, приводимымъ въ движенія часовымъ механизмомъ, то мы получимъ ежедневныя діаграммы подачи воды насосами, <sup>1)</sup> на которыхъ графически будутъ отмѣчаться всѣ колебанія въ ихъ работѣ. Эти графики дадутъ намъ возможность вести тщательный учетъ расходимаго топлива, что имѣетъ важное *экономическое значеніе*.

Далѣе насосныя станціи могутъ снабжаться *водомѣрами*, устанавливаемыми на напорныхъ трубахъ, если не будетъ установлено поплавковъ въ песколовахъ. Въ качествѣ системы водомѣровъ можно рекомендовать водомѣръ Вентури (Москва), такъ какъ онъ не имѣетъ никакихъ подвижныхъ частей въ трубной линіи и, слѣдовательно, не можетъ засориться примѣсями, содержащимися въ сточныхъ водахъ.

Всасывающія трубы насосовъ снабжаются *вакууметрами* для измѣренія разряженія воздуха, а напорныя—*манометрами* для измѣренія давленія въ напорныхъ трубахъ.

Для предупрежденія остановки въ дѣйствиі станціи необходимо ежедневно въ часы перерыва *провѣрять работоспособность всѣхъ насосовъ и двигателей*, не исключая и *резервныхъ*, и подвергать всѣ ихъ части тщательному осмотру, замѣняя всѣ испорченныя части новыми *запасными*.

Пріемы по *контролю работы* самихъ *двигателей* зависятъ отъ *рода энергии*, приводящей ихъ въ движеніе, и *типа самаго двигателя*.

Подробное изложеніе этихъ пріемовъ выходитъ за предѣлы настоящаго сочиненія, влѣдствіе чего мы ограничимся указаніемъ лишь нѣкоторыхъ общихъ пріемовъ.

Такъ, при *паровыхъ установкахъ* снимаются индикаторныя діаграммы паровыхъ и насосныхъ цилиндровъ для удостовѣренія правильности дѣйствія *парораспределенія и насосныхъ клапановъ*. Далѣе необходимо вести учетъ *питательной воды* для котловъ путемъ установки на питающей трубѣ небольшого *водомѣра* (объемнаго типа); при болѣе точныхъ измѣреніяхъ необходимо отмѣчать уровень воды въ котлѣ до начала и въ концѣ его работы въ теченіе дня и измѣрять температуру питательной воды. Также необходимо отмѣчать по манометру *давленіе пара въ котлахъ*. Далѣе слѣдуетъ *провѣрять дѣйствіе точки* путемъ установки особыхъ *контрольныхъ приборовъ*; наконецъ необходимо вести *учетъ топлива* путемъ *взвѣшиванія количества* его, расходимаго въ теченіе каждаго дня. Сопоставленіе этихъ цифръ съ графиками подачи воды дастъ намъ возможность вычислить *потребленіе топлива въ килограммахъ на 1 кубическій метръ поднимаемой воды*. Сравненіе цифры расхода топлива на 1 куб. метръ поднимаемой воды съ другими аналогичными установками даетъ намъ возможность судить *объ экономичности работы нашей станціи и объ умѣньш пріставленнаго для ея обслуживанія личнаго*

<sup>1)</sup> Подробнѣе см. Lueger, Die Wasserversorgung der Staedte, Zweite Abtheilung, стр. 521—523.

*персонала*. Равнымъ образомъ должно регулярно провѣрять количество пара на единицу вѣса топлива съ принятіемъ въ соображеніе состава горючаго.

Значительно проще эксплуатация *газовыхъ и электрическихъ двигателей*, получающихъ свою энергію отъ *центральныхъ станцій*. Но и въ этомъ случаѣ необходимо вести учетъ *газа газомѣрами и электрической энергіи особыми счетчиками*; кромѣ этого для газовыхъ и нефтяныхъ двигателей необходимо еще вести *учетъ охлаждающей воды*; при *газовыхъ и газогенераторныхъ* двигателяхъ необходимо дѣлать во время остановокъ *провѣрку герметичности въ мѣстахъ соединеній газопровода* посредствомъ вентилятора для растопки, чтобы имѣть возможность предотвратить поступленіе воздуха въ газопроводъ; при значительномъ поступленіи воздуха, не говоря уже о пониженіи работы двигателя, является опасность образованія въ газопроводѣ взрывчатой смѣси.

Далѣе слѣдуетъ замѣтить, что при примѣненіи *газовыхъ и нефтяныхъ* двигателей желательно регулярно очищать золотники, поршни и стѣнки цилиндровъ, выпускныхъ клапановъ и проч., такъ какъ вслѣдствіе высокой температуры при взрывѣ сзади поршня пригораетъ смазочное масло, а скопленіе продуктовъ горѣнія въ двигателяхъ способствуетъ быстрому изнашиванію рабочихъ поверхностей. Учетъ нефти для двигателей производится посредствомъ *нефтемѣровъ*. *Электромоторы* легко содержать въ исправности, такъ какъ они при большомъ числѣ оборотовъ требуютъ только хорошей смазки.

Эксплуатация *поршневыхъ насосовъ* заключается въ осмотрѣ и очисткѣ отъ примѣсей клапановъ и сальниковъ, смазкѣ трущихся частей, въ тщательномъ надзорѣ за плотностью соединеній насосовъ, чтобы препятствовать попаданію въ нихъ воздуха; также необходимо заботиться, чтобы насосы имѣли легкій, безшумный и плавный ходъ, такъ какъ толчки и удары, указывая на неправильность работы насоса, способствуютъ быстрому изнашиванію насосовъ.

Уходъ за *центробѣжными* насосами проще: онъ сводится, главнымъ образомъ къ обильной смазкѣ (автоматической), осмотру во время остановокъ внутренности насоса и въ промывкѣ и прочисткѣ ихъ отъ грязи, приносимой сточными водами.

Всѣ производимыя *испытанія и провѣрки* работы двигателей и насосовъ, а также ихъ ремонтъ заносятся въ особые *журналы*, гдѣ отмѣчается и время провѣрки или ремонта, а также всѣ данныя, добытыя наблюденіями или испытаніями.

**§ 4. Охрана здоровья канализаціонныхъ рабочихъ.** При эксплуатациіи канализаціи необходимо кромѣ общихъ гигиеническихъ мѣропріятій принимать *спеціальныя мѣры по охранѣ здоровья канализаціонныхъ рабочихъ*, такъ какъ ихъ жизнь можетъ подвергаться опасности при работѣ въ самихъ каналахъ. Опасность для здоровья рабочихъ заключается въ хорошо вентилируемой и правильно устроенной канализаціи не столько въ томъ,

что рабочимъ при чисткѣ каналовъ приходится дышать *дурнымъ воздухомъ*, сколько въ *постоянномъ соприкосновеніи съ нечистотами*, что понижаетъ сопротивляемость человеческого организма, предрасполагая его къ инфекціоннымъ заболѣваніемъ. Далѣе неблагопріятнымъ факторомъ для здоровья слѣдуетъ считать ту *сырость*, которая присуща канализаціоннымъ каналамъ, и *сквозные вѣтры*, являющіеся причиной цѣлага ряда заболѣваній. Наконецъ въ каналахъ всегда возможны *несчастные случаи* вслѣдствіе работы въ плохо освѣщаемомъ пространствѣ въ особенности на поворотахъ и крутыхъ перепадахъ каналовъ, а также при спускѣ въ смотровые колодцы.

Для борьбы съ этимъ необходимо *примѣнять* нѣкоторыя *микропріятія*, *защищающія здоровье рабочихъ*. Къ нимъ слѣдуетъ отнести: *ограниченіе времени пребыванія рабочихъ въ каналѣ*, для каковыхъ цѣлей они должны попеременно или оставаться на верху или опускаться въ каналъ, *открытіе всѣхъ отверстій* на томъ участкѣ сѣти, гдѣ производится въ данный моментъ чистка каналовъ, *запрещеніе принимать пищу и питье въ каналахъ*, *снабженіе рабочихъ казенной одеждой и непромокаемыми высокими сапогами* для предохраненія ихъ отъ дѣйствія сырости и простуды, *устройство душевыхъ бань* для обмыванія рабочихъ по окончаніи работъ и вообще *поддержаніе строгой чистоты тѣла*.

При соблюденіи подобныхъ правилъ опасность для здоровья рабочихъ не велика, какъ это доказано многочисленными санитарно-статистическими изслѣдованіями, по которымъ оказывается, что *смертность среди канализаціонныхъ рабочихъ* не превышаетъ *средней смертности въ городѣ*. Даже такія болѣзни какъ холера, брюшной тифъ, связъ которыхъ съ экскрементами въ медицинскомъ мірѣ считается доказанной, не поражаютъ сильнѣе канализаціонныхъ рабочихъ, чѣмъ другихъ жителей города.

## ГЛАВА XXIV.

§ 1. Стоимость канализационных устройств. После составления проекта канализационной сети представляется необходимым составить *строительную* и *эксплуатационную сметы*, так как, естественно, без таковых свѣдѣній нельзя обосновать всю *финансовую сторону канализационнаго предприятия*. Простѣйшій и обычный путь для составления строительной сметы—это опредѣленіе количествъ матеріаловъ и работъ, разработка единичныхъ цѣнъ на работы въ зависимости отъ мѣстныхъ цѣнъ на рабочіе руки и матеріалы и подведеніе общихъ итоговъ. Но при составленіи подобной сметы необходимо отчислять известное количество процентовъ (10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—20<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) на *дополнительныя работы* (водоотливъ, твердые грунты и пр.), которыя даже при тщательныхъ геологическихъ изысканіяхъ не всегда поддаются точному учету. Далѣе въ смету же необходимо включать *известный процентъ* (3—5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) на *техниескій надзоръ и составленіе проекта*. При собираніи справочныхъ цѣнъ на матеріалы необходимо устанавливать ихъ, учитывая стоимость провоза ихъ отъ пункта ихъ производства по путямъ сообщенія и доставки ихъ къ мѣсту производства работъ.

Хотя цѣны на рабочія руки и матеріалы очень различны въ городахъ, приведемъ для освѣщенія вопроса въ таблицѣ XLIX данныя о стоимости канализационной сети въ нѣкоторыхъ русскихъ городахъ, взятыя нами изъ пояснительныхъ записокъ къ проектамъ канализации этихъ городовъ.

По составленіи подробной строительной сметы является вполне цѣлесообразнымъ *сравнить ее съ канализационными сметами другихъ городовъ*, применяющихъ ту же систему канализации и обладающихъ близкими мѣстными условіями. Это сравненіе даетъ составителю проекта возможность проверить, дорого или дешево обойдется предлагаемый имъ проектъ. Такъ какъ подобныя данныя для сравненія имѣть очень трудно, то часто довольствуются сравненіемъ съ нѣкоторыми средними цифрами, опубликованными въ технической литературѣ. Въ качествѣ сравнительныхъ масштабовъ пользуются *величинами*: 1) *стоимости канализаціи на погонную единицу сети*  $k_1$ , 2) *стоимости канализаціи на одного жителя*  $k_2$  и 3) *стоимости канализаціи на единицу площади канализируемаго района*— $k_3$ . Изъ трехъ родовъ коэффициентовъ намъ наиболѣе представ-

ТАБЛИЦА XLIX.

Название города.	Система канализации.	Краткое описание сѣти.	Общая длина сѣти въ пог. саж.	Стоимость сѣти въ рубляхъ.
Самара . . . . .	Общесплавная.	Сѣть состоитъ изъ гончарныхъ трубъ и кирпичныхъ оvoidальныхъ каналовъ, ливнепускныхъ, промывного канала, смотровыхъ и промывныхъ колодцевъ, дождеприемниковъ, насосной станціи и пр.	19387	1900000
Москва . . . . .	Неполная раздѣльная сплавная система.	Сѣть состоитъ изъ гончарныхъ трубъ и кирпичныхъ каналовъ, смотровыхъ колодцевъ, насосной станціи и пр.	128250	4539600
Ростовъ на Дону . . . . .	Неполная раздѣльная сплавная система.	Сѣть состоитъ изъ гончарныхъ трубъ и бетонныхъ, круглыхъ и оvoidальныхъ каналовъ, смотровыхъ и промывныхъ колодцевъ и пр.	42397	914998
Харьковъ . . . . .	Неполная раздѣльная сплавная система.	Сѣть состоитъ изъ гончарныхъ трубъ и кирпичныхъ оvoidальныхъ каналовъ, смотровыхъ колодцевъ, промывныхъ танковъ и пр.	21006	775154
Астрахань . . . . .	Неполная раздѣльная система Шона.	Сѣть состоитъ изъ гончарныхъ и бетонныхъ трубъ, эжекторныхъ станцій, воздухопроводной сѣти, компрессорной станціи, промывныхъ камеръ и пр.	78750	3108000

ляется интересным коэффициентъ стоимости канализационной сѣти (включая сюда стоимость колодцевъ различныхъ назначеній) на 1 пог. метръ ея общаго протяженія  $\kappa_1$ , такъ какъ оба другихъ коэффициента зависятъ главнымъ образомъ отъ плотности населенія и плотности застройки въ городѣ, которая неодинакова не только въ разныхъ городахъ, но даже и въ одномъ и томъ же городѣ. Приведемъ въ нижеслѣдующей таблицѣ L нѣкоторыя цифры для величинъ  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  и  $\kappa_3$  въ западно-европейскихъ и русскихъ городахъ. Въ эти цифры не включена стоимость содержанія технического надзора и составленія проекта.

Въ этой таблицѣ можно видѣть, что примѣненіе неполныхъ раздѣльных системъ уменьшаетъ коэффициентъ  $\kappa_1$  болѣе, чѣмъ въ два раза при чемъ коэффициентъ  $\kappa_2$  падаетъ еще сильнѣе. Далѣе бросается въ глаза небольшая величина коэффициента  $\kappa_3$  въ русскихъ городахъ сравнительно съ заграничными: это легко объясняется тѣмъ, что въ Россіи города занимаютъ большія площади, и дома нерѣдко имѣютъ незначительную высоту.

## § 2. Опредѣленіе стоимости отведенія воды. Эксплуатационные расходы.

Для сооруженія канализаціи городскія самоуправленія не въ состояніи использовать текущія городскія средства и вынуждены прибѣгать къ долгосрочнымъ займамъ, срокъ погашенія которыхъ колеблется между 60 и 70 годами. Поэтому годовые проценты на занятый капиталъ съ постепеннымъ его погашеніемъ при столь большомъ времени  $t_0$  были бы незначительными. Съ другой стороны всѣ канализационныя сооруженія рассчитываются нами на опредѣленное количество лѣтъ  $t$ , послѣ истеченія котораго канализація или часть ея можетъ подвергнуться коренной перестройкѣ (или вслѣдствіе расширенія города или вслѣдствіе необходимости удалить отъ города очистныя сооруженія). Такъ какъ при исчисленіи способовъ погашенія любого предпріятія желательно провести его погашеніе къ концу возможнаго срока его службы, а съ другой стороны  $t_0$  всегда больше  $t$ , которое равняется 15—30 годамъ, то годовые расходы по погашенію и оплатѣ процентовъ займа должны быть новышнены и съ такимъ расчетомъ, чтобы изъ остатковъ, которые получатся вслѣдствіе разницы между годовыми процентами, идущими на заемъ и взимаемыми съ потребителей, составился бы капиталъ, который бы въ теченіе времени  $t_0 - t$  былъ бы достаточенъ для оплаты процентовъ и погашенія процентовъ по займу.

Величина годового взноса съ капитала равнаго 1 рублю, при погашеніи его въ  $t_0$  лѣтъ при  $p\%$

$$b = \frac{(1 + r_0)^{t_0} r_0}{(1 + r_0)^{t_0} - 1}, \quad \text{гдѣ } r_0 = \frac{p_0}{100}$$

Величина годового взноса  $B$  съ капитала, равнаго 1 рублю, въ теченіе времени  $t$  опредѣлится изъ слѣдующихъ соображеній.

ТАБЛИЦА L.

Название города.	Система канализации.	Стоимость канализационной сѣти и ея сооружений въ рубляхъ.			
		На погонный метръ протяженія сѣти k <sub>1</sub>	На одного жителя k <sub>2</sub>	На гектаръ канализуем. площ. k <sub>3</sub>	
Берлинъ . . . . .	О р ш е н н я н а л и н с к а	36,66	30,00	—	
Висбаденъ . . . . .		28,00	31,00	5330	
Гамбургъ . . . . .		43,00	22,00	3080	
Дрезденъ . . . . .		42,00	31,00	4207	
Кельнъ . . . . .		35,00	28,00	6350	
Мюнхенъ . . . . .		54,00	35,00	6683	
Парижъ . . . . .		40,00	29,00	—	
Самара 1) . . . . .		46,00	21,68	—	
Амстердамъ . . . . .		система Лирнура.	—	12,00	—
Москва . . . . .		Неполная.	17,00	20,00	1870
Ростовъ на Дону . . . . .	раздѣльная	10,00	7,70	—	
Харьковъ . . . . .	Сплавная система.	17,37	3,53	—	
Астрахань . . . . .	Неполная раздѣльн. система Шона.	19,00	22,14	—	
Бармень . . . . .	Полная раздѣльная сплавная система.	42,00	—	—	

1) Примѣчаніе. Коэффициенты для русскихъ городовъ исчислены только для работъ 1-й очереди.



Изъ группы расходовъ по эксплуатаціи канализаціи слѣдуетъ выдѣлить *расходы по промывкѣ сѣти и по очисткѣ дождеприемниковъ*. Они заключаются главнымъ образомъ въ содержаніи артелей рабочихъ, лошадей и фургоновъ для отвоза грязи. Для примѣрнаго опредѣленія величины этихъ расходовъ принято также относить ихъ или къ одному погонному метру сѣти или къ одному жителю.

Такіе расходы для гѣмецкихъ городовъ исчисляются въ 20—25 коп. на 1 п. мет. и въ 15—20 коп. на 1 жителя. Инженеръ Линдлей для г. Самары приводитъ расходъ въ 3000 руб. на промывку и прочистку сѣти и 7000 руб. на очистку дождеприемниковъ, что при протяженіи Самарской сѣти въ  $\infty$  19400 саж., даетъ нормы на 1 п. м. въ 25 коп. и на 1 жителя при населеніи въ 112000 человекъ въ 9 коп.

*Для неполныхъ раздѣльныхъ системъ*, гдѣ не имѣется дождеприемниковъ, приведенныя нормы должны быть нѣсколько ниже, хотя для небольшихъ городовъ они могутъ остаться на этой же высотѣ, такъ какъ для такой сѣти необходимо имѣть не менѣе одной артели изъ 3 рабочихъ и старосты.

*Расходы на текущій ремонтъ каналовъ и другихъ сооружений* обыкновенно исчисляются въ размѣрѣ отъ 0,5 до 1% ихъ стоимости, при чемъ большій размѣръ процента относится къ маленькимъ городамъ.

*Расходы по содержанію насосныхъ станцій* слагаются изъ расходовъ по приобрѣтенію топлива, смазочныхъ и обтирочныхъ матеріаловъ, по текущему ремонту и армотизаціи двигателей и насосовъ и расходовъ по содержанію лишняго состава для надзора. Здѣсь также приходится составлять смѣты для каждаго конкретнаго случая, изучая для этой цѣли аналогичныя существующія устройства.

Далѣе необходимо исчислить расходы по содержанію высшего личнаго состава (завѣдующаго и помощниковъ) и центрального управленія (канцеляріи и счетоводства). Это расходы, обыкновенно, опредѣляется по соображенію со штатами другихъ городскихъ предпріятій и зависятъ до нѣкоторой степени отъ общаго бюджета города.

*Послѣ опредѣленія всехъ эксплуатаціонныхъ расходовъ* ихъ слѣдуетъ сложить съ процентами по оплатѣ и погашенію городского займа, чтобы получить всю сумму ежегодныхъ расходовъ, падающихъ на населеніе; эта цифра служитъ базой для установленія канализаціоннаго сбора, съ домовадѣльцевъ, о чемъ мы будемъ говорить въ слѣдующемъ параграфѣ.

Зная величину эксплуатаціонныхъ расходовъ и количество воды, подлежащее отведенію, мы дѣленіемъ первой величины на вторую получимъ *стоимость отведенія 1 куб. метра воды (или 100 ведеръ)*.

Здѣсь слѣдуетъ имѣть въ виду, что для удешевленія канализаціонныхъ сооружений, что разумѣется, отражается и на величинѣ городского займа, *канализаціонныя работы разбиваются на очереди, которыя выбираются въ зависимости отъ величины народонаселенія и водопотребленія въ городскихъ частяхъ*. Поэтому при опредѣленіи стоимости отве-

денія 1 куб. метра воды слѣдуетъ ее также вычислить въ періодъ окончанія очередей работъ и въ концѣ расчетнаго періода дѣйствія канализаціи.

Обычные предѣлы, между которыми можетъ колебаться дѣйствительная стоимость отведенія 100 ведеръ сточныхъ водъ, на очистныя сооружеія для системъ сплавного тина въ первые годы устройства 5—7 коп., а для системъ съ районными станціями 7—9 коп. Такъ напр. въ Берлинѣ стоимость отведенія 100 ведеръ = 5,22 коп., въ Москвѣ—6,5 к., въ Кіевѣ—6,5 коп. и т. и.

**§ 3. Канализаціонные тарифы.** Годовые эксплуатаціонные расходы по канализаціи должны погашаться тѣми классами, которые принимаютъ согласно дѣйствующему законодательству непосредственное участіе въ городскомъ самоуправленіи, обладая активнымъ или пассивнымъ избирательнымъ правомъ. Погашеніе этихъ расходовъ можетъ быть организовано тремя способами. Эти расходы включаются въ *годовые расходные бюджеты городовъ* или же для ихъ погашенія *устанавливаются особыя канализаціонные налоги, которые такимъ образомъ входятъ и въ приходные и въ расходные городскіе бюджеты.* Третій способъ заключается въ покрытіи *части расходовъ по канализаціи за счетъ общаго городского бюджета и въ установленіи для остающейся части канализаціоннаго налога (сбора).* Изъ этихъ способовъ въ видахъ скорѣйшаго устройства канализаціи предпочтительнѣе установленіе особаго канализаціоннаго налога, такъ какъ въ большинствѣ случаевъ бюджеты русскихъ городовъ за недостаткомъ источниковъ обложенія и расходовъ на общегосударственныя и земскія потребности едва успеваютъ удовлетворять текущимъ городскимъ нуждамъ, а величина канализаціоннаго налога обычно меньше величины расходовъ, затрачиваемыхъ домовладѣльцами на вывозъ нечистотъ.

При примѣненіи этого способа канализаціоннымъ налогомъ должно облагать только тѣ части города, которые присоединены сразу къ канализаціи. Правда отъ улучшенія гигиеническихъ условій канализаціонныхъ частей города произойдетъ улучшеніе и для не канализованныхъ частей, но все-таки это улучшеніе незначительно и *было бы по нашему мнѣнію, крайне несправедливымъ облагать хотя бы и уменьшеннымъ сборомъ бѣдныя окраинныя части.* Далѣе при разработкѣ вопроса о базѣ канализаціоннаго налога должно имѣть въ виду, обязательно ли въ теченіе извѣстнаго срока присоединеніе домовъ къ канализаціи. Въ случаѣ отсутствія такихъ постановленій слѣдуетъ устанавливать сначала болѣе высокія *тарифы*, а затѣмъ уже *понижать ихъ величину по мѣрѣ возрастанія присоединеній къ городской канализаціи.* Это положеніе весьма невыгодно съ коммерческой точки зрѣнія, такъ какъ приходится въ этомъ случаѣ болѣе высоко обкладывать первыхъ, болѣе культурныхъ домовладѣльцевъ и вслѣдствіе высокой платы тормозитъ присоединеніе всѣхъ къ канализаціи, безъ чего ея гигиеническое значеніе сильно подрывается.

*Базы для основанія канализаціонныхъ тарифовъ* могутъ быть весьма различны, но они не должны быть построены такимъ образомъ,

чтобы понуждать домовладельцевъ къ сокращенію водонотребленія, а слѣдовательно и водоотведенія.

Канализаціонные налоги можно взимать пропорціонально:

- 1) суммѣ государственныхъ и городскихъ налоговъ,
- 2) или суммѣ государственныхъ или суммѣ городскихъ налоговъ;
- 3) копушной стоимости домового владѣнія;
- 4) величинѣ оцѣночнаго сбора (чистой доходности по городской оцѣнкѣ);
- 5) длинѣ уличнаго фасада;
- 6) площади дворового участка;
- 7) длинѣ уличнаго фасада и площади дворового участка;
- 8) площади улицы предъ фасадомъ дома,
- 9) числу домовыхъ присоединенныхъ отводовъ;
- 10) количеству потребленной воды, учитываемой водомѣрами;
- 11) числу зданій на дворовомъ участкѣ и пр.

Изъ этихъ способовъ взиманія канализаціоннаго налога наиболѣе удобнымъ для русскихъ условій представляется *взиманіе налога пропорціонально величинѣ оцѣночнаго сбора*, такъ какъ въ городскихъ управахъ всегда имѣются данныя по оцѣнкѣ доходности домовъ, что въ свою очередь облегчаетъ быстрое введеніе новаго налога. При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что этотъ сборъ можетъ взиматься независимо отъ общаго городского налога; къ сожалѣнію, наши Думы стремятся *включать этотъ налогъ въ общій городской налогъ*, вслѣдствіе чего эта часть городского налога остается неиспользованной для городского бюджета. *Взиманіе налога по количеству водопотребленія* возможно только въ городахъ, снабженныхъ домовыми водомѣрами: при такомъ способѣ всегда имѣется опасность съ гигиенической точки зрѣнія, такъ какъ домовладельцы, стремясь къ сокращенію расходовъ, будутъ уменьшать число ваннъ, клозетовъ и раковинъ въ домахъ. Но этотъ способъ вполне пригоденъ для фабрикъ и заводовъ.

*Взиманіе налоговъ пропорціонально длинѣ фасада или площади участка или длинѣ улицы* также неудобно, такъ какъ по этому способу сильнѣе облагаются невысокіе дома и слабо застроенные участки, размноженіе которыхъ въ городѣ представляется желательнымъ по гигиеническимъ соображеніямъ.

Иногда кромѣ годового налога города взимаютъ единовременную плату за присоединеніе къ канализаціи. Такъ, напримѣръ, поступаетъ г. Москва, которая взимаетъ канализаціонный сборъ съ чистой доходности: единовременно 3% за прокладку домовой вѣтви до воротъ дома и присоединеніе къ канализаціи и 4% за ежегодное пользованіе канализаціей; съ фабрикъ и заводовъ въ Москвѣ взимается 7 коп. за 100 ведеръ отведенной воды.

При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что обычной нормой для взиманія канализаціоннаго налога слѣдуетъ считать Московскую норму въ 4% отъ чистой доходности, получаемой съ дома.

Разумѣется при установленіи подобныхъ тарифовъ вполне возможно разсчитать ихъ такъ, чтобы они давали бы превышеніе доходовъ надъ расходами и поступали бы въ городскую кассу. Но *такая точка зрѣнія является неприемлемой для городскихъ самоуправленій*, такъ какъ не слѣдуетъ забывать, что *канализація* ведетъ къ дополнительному сокращенію заболѣваемости и смертности населенія отъ инфекціонныхъ болѣзней, а слѣдовательно *механически сокращаетъ расходы города по содержанію больницъ*. Эти же соображенія должны всегда удерживать наши города отъ отдачи канализаціонныхъ предпріятій *концессионерамъ*, такъ какъ при подобномъ взглядѣ на вещи легко додуматься *до отдачи въ концессию и городскихъ больницъ, ночлежныхъ пріемовъ, богадѣленъ и т. под.*

---

**Списокъ главнѣйшихъ источниковъ, послужившихъ для настоящаго  
сочиненія:**

- 1) Инж. Алексѣевъ. Канализація г. Москвы, 1902.
- 2) Инж. В. Акимовъ. Желѣзобетонъ въ практикѣ, 1908.
- 3) Assainissement des villes par le système Liernur, 1908.
- 4) Badois et Bieber. Assainissement comparé de Paris et des grandes vil-  
es de l'Europe, 1904.
- 5) Vanmeister. Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung, 1890.
- 6) Barth. Die Zweckmässigste Betriebskraft, 1904—1905.
- 7) Инж. М. Ю. Вѣлявскій. Канализація городовъ, 1909.
- 8) Инж. Е. Э. Бромлей. Газовые, бензиновые и керосиновые двигатели, 1900.
- 9) Bohm. Leitende Grundsätze für die Entwässerung von Ortschaften, 1906.
- 10) Prof. Beschmann. Salubrité urbaine. Distribution d'eau et assainis-  
sement des villes, 1898—1899.
- 11) Bredtschneider. Das Trennsystem, 1902.
- 12) Докладъ подкомиссiи для производства опытовъ надъ вентиляціей въ сточ-  
ныхъ водахъ г. Москвы, 1907.
- 13) Von Emperger. Handbuch der Eisenbetonbau, 1907.
- 14) Проф. А. К. Енинъ. Канализація городовъ и очистка сточныхъ водъ, 1903.
- 15) Idem. Проектъ канализаціи с. Рущука, 1908.
- 16) Folwell. Sewerage, New-York, 1903.
- 17) Fodor. Hygiene des Bodens, 1893.
- 18) Prof. Frühling. Die Entwässerung der Städte, 1905.
- 19) Инж. П. Горбачевъ. О расчетъ скоростей теченія и отводоспособно-  
стей въ водопроводахъ и водостокахъ, 1901.
- 20) Idem. Пояснительная записка къ проекту канализаціи города Ростова  
на/Дону, 1901.
- 21) Гюльднеръ. Двигатели внутренняго сгорания, 1907.
- 22) Hartmann und Knoeke. Die Pumpen, 1906.
- 23) Heyd. Die Wirtschaftlichkeit bei den Städteentwässerungsverfahren, 1908.
- 24) Idem. Die Kanalisation für Oppau in der Rheinpfalz, 1906.
- 25) Idem. Die Elemente des Kanalbaues, 1906.

- 26) Hervieu. Traité pratique de la construction d'égoûts, 1897.
- 27) Инж. Житкевичъ. Примѣненіе желѣзобетона къ канализаціи и водоснабженію городовъ, 1899.
- 28) Журналы засѣданій Комисіи по надзору за устройствомъ водоснабженія и канализаціи г. Москвы, 1897—1908.
- 29) Журналъ „La Technique Sanitaire“, 1907—1910.
- 30) Журналъ „Gesundheits-Ingenieur“, 1905—1910.
- 31) Журналъ „Engineering Record and Sanitary Engineering“, 1905—1910.
- 32) Журналъ „Le Genie Civil“, 1905—1909.
- 33) Журналъ „Инженерное Дѣло“, 1904.
- 34) Журналъ „Annales des ponts et chaussées“, 1905—1909.
- 35) Imbeaux. L'alimentation en eau et l'assainissement des villes, 1901.
- 36) Imhoff. Taschenbuch für Kanalisationsingenieure, 1907.
- 37) Проф. В. Ф. Ивановъ. Изслѣдованіе вліянія экономическихъ условий на начертаніе въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ водопроводной и оросительной стѣпн, 1908.
- 38) Idem. Устройство водопроводовъ и водостоконъ въ домахъ, 1909.
- 39) Кастальскій. Канализація Москвы по сплавной системѣ, 1899 г.
- 40) Керстенъ. Желѣзобетонныя сооруженія, 1908.
- 41) König. Anlage und Ausführung von Städte-Kanalisation, 1902.
- 42) Idem. Taschenbuch des Hydraulikers für Wasserversorgung und Städteentwässerung, 1905.
- 43) Gebr. Körting. Wasser und Kanalisationswerke, 1908.
- 44) Kraus. Kanalisation und Wasserversorgung der Städte, 1909.
- 45) Липдлей. Проектъ канализаціи г. Варшавы, 1879 г.
- 46) Idem. Проектъ канализаціи предмѣстья г. Варшавы—Праги, 1900.
- 47) Idem. Пояснительная записка къ проекту канализаціи г. Тифлиса, 1896.
- 48) Idem. Пояснительная записка къ проекту канализаціи г. Самары, 1908.
- 49) Проф. Лундбергъ. Санитарно-строительное дѣло, 1907—1908.
- 50) Prof. Lueger. Wasserversorgung der Städte, II Band, 1908.
- 51) Малишевскій. Пояснительная записка къ канализаціи г. Харькова, 1909.
- 52) Матвѣевъ, Канализація г. Саратова, 1906.
- 53) Macé, Imbeaux, Bluzet et Adam. Hygiène generale des villes et des agglomerations communales, 1910.
- 54) Moore and Silcock. Sanitary Engineering, 1909.
- 55) Metzger. Städte—Entwässerung und Abwasser-Reinigung, 1907.
- 56) Marr. Kosten der Betriebskräfte, 1901.
- 57) Notice sur le service des eaux et assainissement de Paris, 1901.
- 58) Ogden. Sewer design, 1901.
- 59) В. Л. Омелянскій. Основы микробиологіи, 1909.
- 60) Отчеты по эксплуатаціи канализаціи г. Москвы за 1905—1908.
- 61) Иаппенгудъ. Отхожія мѣста, выгребныя ямы, земляные и водяные клозеты, съ нѣмец., 1904.
- 62) Полещукъ, Курсъ строительнаго искусства,—часть VIII, Водопроводы и водостоки, 1904.

- 63) Д-ръ Праусняцъ, Основы гигиены, 1904.
  - 64) Пояснительная записка къ проекту канализациі СПБурга, составленная обществомъ Брянскихъ заводовъ, 1902.
  - 65) Пояснительная записка къ проекту канализациі г. Москвы, 1904.
  - 66) Rahison. Die öffentliche Gesundheitspflege Wiesbadens, 1909.
  - 67) Raikes. The design construction and maintenance of sewage disposal works 1909.
  - 68) Reich. Der Städtische Tiefbau, 1907.
  - 69) Reisebericht über Paris, 1901.
  - 70) Schmelzner. Grundzüge der mechanischer Abwässerklärung, 1908.
  - 71) Social. Budova kanalow nlicznuch, 1899.
  - 72) Проф. В. Е. Тимоповъ. Водоснабженіе и водостоки 1904.
  - 73) Труды I—IX Русскихъ Водопроводныхъ Съѣздовъ за 1893—1909.
  - 74) Хедеръ. Насосы и компрессоры, 1903.
  - 75) Проф. Худековъ. Построеніе насосовъ, 1899.
  - 76) Проф. Чижевъ. Водостоки. 1895—96.
  - 77) Idem. Пояснительная записка къ канализациі Нижняго Новгорода, 1903.
  - 78) Idem. Пояснительная записка къ канализациі Астрахани, 1905.
  - 79) Vogel und Smiedt. Die Entwaessering und Reinigung der Gebäude, 1908.
  - 80) Vogdt. Pumpen, hydraulische und pneumatische Anlagen, 1906.
  - 81) Шиманскій. Проектъ канализациі г. Вильны, 1905.
  - 82) Weyl. Die Assanierung von Kobenhavn, 1908.
  - 83) Weyrauch. Unterlagen zur Dimensionierung städtischer Kanalnetze, 1904.
  - 84) М. С. Ясюковичъ. Расчетъ водостоковъ съ помощью логарифмо-графическихкихъ таблицъ, 1905.
-

## Оглавление.

	стр.
<b>Введение.</b>	1
<b>Глава I.</b> § 1. Процессы гніенія и окисленія. § 2. Гигіеническое значеніе почвы. § 3. Свойства почвы. § 4. Загрязненіе почвы. § 5. Мѣропріятія для предохраненія почвы отъ загрязненія.	3
<b>Глава II.</b> § 1. Историческій очеркъ развитія канализаціи. § 2. Вліяніе канализаціи на пониженіе смертности населенія. § 3. Экономическія выгоды отъ устройства канализаціи.	17
<b>Глава III.</b> § 1. Способы удаленія нечистотъ. § 2. Значеніе выгребовъ. § 3. Приемы по устройству выгребовъ. § 4. Постоянные выгребы. § 5. Септические выгребы. § 6. Подвижные погребы. § 7. Опорожненіе выгребовъ.	31
<b>Глава IV.</b> § 1. Классификація системъ канализаціи. § 2. Изысканія для устройства канализаціи.	51
<b>Глава V.</b> § 1. Опредѣленіе количества домовыхъ водъ. § 2. Опредѣленіе количества общественныхъ водъ. § 3. Опредѣленіе количества промышленныхъ водъ.	58
<b>Глава VI.</b> § 1. Основанія для выбора расчетнаго дождя. § 2. Опредѣленіе количества атмосферныхъ водъ, попадающихъ въ водосточную сѣть. § 3. Формулы для опредѣленія коэффициента замедленія стока. § 4. Графическіе способы опредѣленія коэффициента замедленія. § 5. Опредѣленіе количества грунтовыхъ водъ. § 6. Составъ сточныхъ водъ.	71
<b>Глава VII.</b> § 1. Общія понятія о канализаціи. § 2. Приемы по начертанію канализаціонной сѣти. § 3. Скорость теченія и уклоны водостоковъ. § 4. Расположеніе каналовъ на улицахъ.	105
<b>Глава VIII.</b> § 1. Требования, предъявляемыя къ водосточнымъ каналамъ. § 2. Типы поперечныхъ сѣченій водостоковъ. § 3. Гидравлическія свойства поперечныхъ сѣченій. § 4. Свойства сѣченій водостоковъ съ экономической точки зрѣнія.	123
<b>Глава IX.</b> § 1. Формулы для расчета водостоковъ. § 2. Расчетные расходы. § 3. Глубина наполненія въ водостокахъ. § 4. Основныя задачи, встрѣчающіеся при подборѣ водостоковъ. § 5. Аналитическіе	

методы подбора сѣченій водостоконъ. § 6. Графическіе методы подбора водостоконъ. § 7. Уклонъ дна и построеніе продольнаго профила водосточныхъ каналовъ. . . . . 152

Глава X. § 1. Общія требованія, предъявляемыя къ матеріаламъ для водостоконъ. § 2. Каналы изъ бутовой, тесовой и кирпичной кладки. § 3. Бетонные каналы и цементныя трубы. § 4. Желѣзобетонныя каналы и трубы. § 5. Керамиковыя трубы. § 6. Чугунныя, желѣзные, асфальтовыя и деревянныя трубы. § 7. Опредѣленіе толщины стѣнокъ водосточныхъ трубъ и каналовъ. § 8. Подошва каналовъ. . . . . 207

Глава XI. § 1. Устройство и укрѣпленіе рвовъ. § 2. Устройство туннелей для водосточныхъ каналовъ. § 3. Постройка кирпичныхъ каналовъ. § 4. Постройка бетонныхъ каналовъ. § 5. Постройка желѣзобетонныхъ каналовъ. § 6. Устройство каналовъ изъ керамиковыхъ трубъ. § 7. Устройство каналовъ изъ бетонныхъ и желѣзобетонныхъ трубъ. § 8. Производство работъ по укладкѣ водосточныхъ линій изъ трубъ. § 9. Устройство отвѣтвленій для керамиковыхъ и бетонныхъ трубъ. § 10. Устройство основаній каналовъ. § 11. Испытаніе уложенныхъ водосточныхъ каналовъ. . . . . 227

Глава XII. § 1. Смотровые колодцы. § 2. Ламповые колодцы. § 3. Измѣненіе направленія коллекторовъ. § 4. Соединеніе малыхъ и большихъ коллекторовъ. . . . . 256

Глава XIII. § 1. Дождеприемники. § 2. Снѣговыя шахты. . . . . 273

Глава XIV. § 1. Назначеніе ливнеспусковъ. § 2. Типы ливнеспусковъ. § 3. Расчетъ ливнеспусковъ. § 4. Гигіеническая оцѣнка работы ливнеспусковъ. . . . . 285

Глава XV. § 1. Назначеніе дюкеровъ. § 2. Конструкція дюкеровъ. § 3. Производство работъ по укладкѣ дюкеровъ. § 4. Разсчетъ дюкеровъ. § 5. Сифоны. § 6. Разсчетъ сифоновъ. § 7. Система канализаціи, основанная на примѣненіи сифоновъ. § 8. Пересѣченія съ уличными проводами. § 9. Пересѣченія съ желѣзными дорогами. . . . . 295

Глава XVI. § 1. Общія понятія о промывкѣ каналовъ. § 2. Теорія промывки. § 3. Промывка небольшихъ каналовъ. Промывные сифоны. § 4. Промывныя камеры. § 5. Промывка большихъ каналовъ. . . . . 321

Глава XVII. § 1. Значеніе вентиляціи для канализаціонной сѣти § 2. Устройство вентиляціи. . . . . 338

Глава XVIII. § 1. Полная раздѣльная сплавная система. § 2. Неполная раздѣльная сплавная система. § 3. Система Веринга. § 4. Значеніе пневматическихъ системъ. § 5. Система Лирнура. § 6. Системы Берліе и Леваллуа-Перрѣ. . . . . 347

Глава XIX. § 1. Система Шона. § 2. Перекачка электрическими насосами. § 3. Полураздѣльная система. § 4. Уравнительные бассейны. . . . . 367

Глава XX. § 1. Подъемъ сточныхъ водъ. § 2. Подъемники Грибоѣдова и Адамса. § 3. Песколовки. § 4. Опредѣленіе количества под-

нимаемой воды и числа канализационных насосовъ. § 5. Определение мощности канализационныхъ насосовъ. § 6. Двигатели для канализационныхъ насосовъ. § 7. Канализационные насосы. § 8. Описание насосныхъ станцій.	382
Глава XXI. § 1. Главные отводные коллектора. § 2. Начертание главныхъ отводныхъ коллекторовъ. § 3. Устье сѣти. § 4. Предохраненіе канализаціи отъ наводненій.	415.
Глава XXII. Сравненіе системъ канализаціи и основанія для выбора системы.	430
Глава XXIII. § 1. Эксплуатація канализационной сѣти. § 2. Промывка и прочистка канализационной сѣти. § 3. Эксплуатація насосныхъ канализационныхъ станцій.	435
Глава XXIV. § 1. Стоимость канализационныхъ устройствъ. § 2. Эксплуатационные расходы. Определение стоимости отведенія воды. § 3. Канализационные тарифы.	449