Изданіе Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

В. Е. Тимоновъ,

Профессоръ Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

ВОДОСНАБЖЕНІЕ и ВОДОСТОКИ.

(Курсъ лекцій, читанныхъ студентамъ Института).

Выпускъ I.

Общее введеніе. (Главы I и II).
Водоснабженіе. (Главы III—VII).

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.
1899.

Печатано по распоряженію Института Инженеровъ путей сообщенія
Императора АЛЕКСАНДРА I.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Водоснабженіе и водостоки.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Основанія гигіены городовъ.

стр.

§ 1. Искусственная жизнь городовъ 9
§ 2. Загрязненіе воздуха, почвы, подъземныхъ водъ и рѣкъ 10
§ 3. Санитарныя или оздоровительныя мѣры 15
§ 4. Главные принципы гигіены городовъ 19
§ 5. Удаленіе твердыхъ отбросовъ, грязи и пыли 26
§ 6. Дренажъ почвы 30
§ 7. Водоснабженіе и водоудаленіе 31
§ 8. Кругообращеніе воды въ городѣ 36
§ 9. Водоснабженіе двойное и одиночное 38
§ 10. Задача канализаціи городовъ 43

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Историческій обзоръ развитія санитарно-инженернаго дѣла.

§ 11. Древніе народы Африки и Азіи 46
§ 12 Древніе Греки 58
§ 13. Римская эпоха 61
§ 14. Средніе вѣка 75
§ 15. Эпоха возрожденія 78
§ 16. Семнадцатый вѣкъ 80
§ 17. Восемнадцатый вѣкъ 84
§ 18. Первая часть девятнадцатаго вѣка 86
§ 19. Современная эпоха 90

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

ВОДОСНАБЖЕНІЕ.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Источники водоснабженія.

§ 20. Происхожденіе воды 101
§ 21. Морская вода 102
§ 22. Атмосферная вода 102
§ 23. Рѣчная и озерная вода 103
§ 24. Грунтовая и ключевая вода 113
§ 25. Опредѣленіе количествъ воды, могущихъ быть полученными изъ даннаго источника 124

СТР.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Количества воды, потребной для разныхъ цѣлей.

§ 26. Способъ измѣренія количества доставляемой воды 127
§ 27. Примѣры количествъ воды, доставляемыхъ разными водопроводами . . . 128
§ 28. Нормы суточнаго расхода воды для отдѣльныхъ потребностей города. . . 130
§ 29. Неизбѣжная потеря воды 134
§ 30. Безполезная трата воды 136
§ 31. Колебанія расхода воды 137
§ 32. Приростъ населенія 141
§ 33. Среднія годовыя нормы суточнаго потребленія воды на одного жителя . . 142

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Изслѣдованіе и выборъ воды для водоснабженія.

§ 34. Требуемыя качества воды 146
§ 35. Качественное изслѣдованіе воды 151
§ 36. Гидротиметрія 153
§ 37. Попытки классификаціи питьевыхъ водъ 157
§ 38. Выборъ воды въ зависимости отъ ея назначенія 158

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Добываніе воды.

§ 39. Разные способы добыванія воды 163
§ 40. Сборъ атмосферной воды въ малыхъ и большихъ количествахъ 164
§ 41. Добываніе воды изъ ручьевъ, рѣкъ и озеръ 169
§ 42. Водохранилища съ водоудержательными плотинами для собиранія текучихъ и атмосферныхъ водъ 179
§ 43. Добываніе грунтовой воды колодцами 202
§ 44. Артезіанскіе колодцы 225
§ 45. Классификація способовъ водоснабженія изъ буровыхъ колодцевъ въ зависимости отъ свойствъ водоносныхъ горизонтовъ. 229
§ 46. Сборъ грунтовой воды горизонтальными трубами 238
§ 47. Нѣкоторыя теоретическія данныя для опредѣленія расхода грунтовыхъ водосборовъ 248
§ 48. Добываніе воды изъ ключей 257

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

Общее распредѣленіе водопроводныхъ сооруженій и устройства для проведенія воды.

§ 49. Классификація водопроводовъ 269
§ 50. Примѣры расположенія сооруженій въ водопроводахъ 274
§ 51. Трубопроводы 289
§ 52. О расчетѣ размѣровъ чугунныхъ трубъ 310
§ 53. Акведуки-каналы 327
§ 54. Переходъ черезъ долины (мосты-акведуки и сифоны) 331
§ 55. Производство работъ по устройству акведуковъ и укладкѣ трубъ 334
§ 56. Приборы трубопроводовъ 341
§ 57. Способы подъема воды 348
§ 58. Противопожарные водопроводы 354
§ 59. Приспособленіе существующихъ водопроводовъ къ тушенію пожаровъ . . 367

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Водоснабженіе и Водостоки читаются въ настоящее время въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія въ объемѣ, отвѣчающемъ утвержденнымъ Г. Министромъ Путей Сообщенія 11 марта 1897 года программамъ и назначенному для этихъ предметовъ по учебному плану Института времени.

При составленіи названныхъ программъ и опредѣленіи размѣра времени для чтенія лекцій имѣлось въ виду, что многія свѣдѣнія, необходимыя для проектированія водоснабженія и водостоковъ, излагаются студентамъ Института въ другихъ курсахъ.

Такъ, всѣ теоретическія основанія расчетовъ для опредѣленія сѣченій трубъ, каналовъ и пр. находятся въ курсѣ Гидравлики; размѣры сооруженій, зависящія отъ условій прочности и устойчивости, опредѣляются помощью пріемовъ, излагаемыхъ въ курсѣ Строительной Механики; проектированіе машинъ для водоснабженія и водоудаленія, паровыхъ и иныхъ, въ надлежащей мѣрѣ объясняется въ курсѣ Паровыхъ Машинъ и т. д.; насосы входятъ въ составъ особаго курса приложеній Гидравлики.

Въ виду всѣхъ этихъ обстоятельствъ настоящее руководство не заключаетъ въ себѣ многихъ данныхъ, которыя обыкновенно помѣщаются въ сочиненіяхъ о водоснабженіи

и водостокахъ, имѣющихъ характеръ полныхъ трактатовъ, а не пособія, отвѣчающаго опредѣленной программѣ учебнаго заведенія.

Источниками при составленіи настоящаго труда служили по преимуществу сочиненія, поименованныя въ особомъ спискѣ предъ каждымъ отдѣльнымъ выпускомъ.

Сверхъ поименованныхъ сочиненій составитель пользовался данными, разбросанными въ различныхъ журнальныхъ статьяхъ или полученными непосредственно отъ лицъ, завѣдывающихъ водоснабженіями нѣкоторыхъ городовъ, что указано въ текстѣ или въ поясненіяхъ къ чертежамъ особыми ссылками.

По отношенію къ самому характеру изложенія составитель настоящаго курса также не могъ упустить изъ вида, что курсъ этотъ предназначается для лицъ, имѣющихъ уже серьезную техническую подготовку. Поэтому онъ стремился вездѣ съ возможной точностью установить основныя идеи и принципы тѣхъ или другихъ системъ, устройствъ и пр., избѣгая подробнаго разъясненія частностей, которыя въ достаточной мѣрѣ могутъ и должны быть усвоены изъ помѣщенныхъ въ курсѣ чертежей и таблицъ.

Указатель литературы къ первому выпуску.

Ф. Е. Максименко. Атласъ водопроводныхъ сооруженій.

Ф. Е. Максименко. Курсъ водопроводовъ (Литогр. изд.).

G. Bechmann. Salubrité urbaine. Distribution d'eau. Assainissement. I изданіе 1888, II изданіе 1898. Paris.

Edward Crecy. An Encyclopaedia of Civil Engineering, historical, theoretical and practical, London, 1847.

Труды русскихъ водопроводныхъ съѣздовъ:

а) Съѣздъ первый. 1893. Москва.

б) Съѣздъ второй. 1895. Варшава.

в) Съѣздъ третій. 1897. С.-Петербургъ.

O. Lueger. Die Wasserversorgung der Städte. Darmstadt. 1890.

A. Frühling und **F. Lincke.** Wasserversorgung und Entwässerung der Städte. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. III Bd. I Abth. 2 Hälfte. Leipzig. 1893.

J. T. Fanning. A practical Treatise on Water-Supply Engineering. New-York. 1877.

Войславъ. О способахъ водоснабженія изъ буровыхъ колодцевъ въ зависимости отъ свойствъ водоносныхъ горизонтовъ. (Изв. С. И. П. С., 1895 г.).

М. И. Алтуховъ. Новѣйшія усовершенствованія въ американскихъ водопроводахъ по примѣненію ихъ къ тушенію пожаровъ. Спб. 1880.

E. Delhotel. Traité de l'épuration des eaux naturelles et industrielles Paris. 1893.

H. Darcy. Les fontaines publiques de la ville de Dijon. Paris. 1856.

Н. П. Зиминъ. Объ улучшенныхъ способахъ фильтрованія воды механическими фильтрами. Москва. 1897.

Н. П. Зиминъ. Хозяйственно-противопожарная водопроводная система.

Бар. Дельвигъ. Руководство къ устройству водопроводовъ. Москва. 1856.

Н. Бѣлелюбскій. Новочеркасскій водопроводъ. Спб. 1868.

И. Рербергъ. Московскій водопроводъ. Москва. 1892.

Debauve. Manuel de l'Ingénieur. 16-me fascicule. Distributions des eaux. Paris. 1875.

E. Grahn. Statistik der städtischen Wasserversorgungen mit einer geschichtlichen Einleitung. München. 1878.

Въ этомъ сочиненіи приведено описаніе весьма многихъ водопроводовъ Германіи, Австріи и Швейцаріи, коему предпосланъ очень обстоятельный историческій обзоръ развитія водопроводныхъ сооруженій и машинъ съ древнихъ временъ до нашего періода.

Краткое описаніе русскихъ водопроводовъ, составленное по даннымъ, собираемымъ постояннымъ бюро русскихъ водопроводныхъ Създовъ. 1897. Москва.

Н. К. Чижовъ. Водопроводы. Разсчетъ и устройство городскаго водоснабженія. Курсъ, читанный въ Инст. Гражд. Инс. Императора Николая I. Литогр. изд. 1898. Спб.

Handbuch der Architektur. Bade- und Schwimm-Anstalten. Stuttgart. 1899.

Heusinger von Waldegg. Handbuch für specielle Eisenbahn-Technik. Leipzig. 1873.

A. Jacob. On the Designing and Construction of Storage Reservoirs. London. 1867.

И. Борзовъ. Атласъ чертежей по устройству желѣзно-дорожныхъ водоснабженій. Вып. I. Пріемники, очистители, храненіе и распредѣленіе воды на станціяхъ. Спб. 1898.

Stadler. Die Wasserversorgung der Stadt Wien. Wien. 1873.

J. G. Richert. Om vattenledningar och vattenaflopp. Stockholm. 1869.

A. Bürkli-Ziegler. Die Wasserversorgung der Stadt Zürich. Winterthür. 1872.

E. Lent. Köln in hygienischer Beziehung. 1898.

T. Schramke. Description of the New-York Croton Aqueduct.

Huet. Note sur les Aqueducs du Croton et du Potomac. Paris. 1864.

Tudsberry & Brightmore. The principles of Waterwork Engineering. London. 1897.

W. K. Burton. The Water Supply of Towns and the Construction of Waterworks. London, 1894.

G. W. Fuller. Report on the investigations into the purification of the Ohio River Water at Louisville Kentucky. New-York. 1898.

Merrimann. Elements of Sanitary Engineering. New-York. 1898.

Hartman-Knoke. Die Pumpen. Berlin. 1897.

Berättelse öfver Stockholms vattenlednings verksamhet under ar. 1897.

В. Г. Линдлей. Описаніе водопроводныхъ и канализаціонныхъ сооруженій города Варшавы. Варшава. 1895.

J. Wein. Die Wasserversorgung der Hauptstadt Budapesth. Budapesth. 1883.

Rey. Le puits artésien de Grenelle. Paris. 1844.

Таблица и атласъ чертежей нормальныхъ размѣровъ раструбныхъ и флянцевыхъ соединеній чугунныхъ трубъ, выраб. перв. русск. водопр. Съѣздомъ. Москва. 1894.

ПРОГРАММЫ

КУРСОВЪ

ВОДОСНАБЖЕНІЯ и ВОДОСТОКОВЪ,

УТВЕРЖДЕННЫЯ

Г. Министромъ Путей Сообщенія

ДЛЯ

ИНСТИТУТА ИНЖЕНЕРОВЪ ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ

Императора Александра I

11 Марта 1897 года.

ПРОГРАММА КУРСА ВОДОСНАБЖЕНІЯ.

I. Количества и качества воды, потребной для разныхъ цѣлей.

1. Количество воды для домашнихъ, заводскихъ, городскихъ и пр. потребностей. Колебанія суточнаго расхода.

2. Происхожденіе воды: атмосферные осадки, ключи, колодцы, рѣки, озера.

3. Жесткость и др. свойства водъ разныхъ происхожденій.

4. Выборъ воды въ зависимости отъ ея назначенія.

II. Добываніе воды.

5. Разные способы добыванія воды. Добываніе воды изъ ручьевъ, рѣкъ и озеръ.

6. Сборъ грунтовой воды колодцами и горизонтальными трубами.

7. Артезіанскіе колодцы.

8. Сборъ атмосферной воды въ малыхъ и большихъ количествахъ.

III. Храненіе воды.

9. Общія основанія ўстройства малыхъ и большихъ резервуаровъ въ зависимости отъ ихъ назначенія.

10. Форма резервуаровъ. Матеріалъ для образованія ограждающихъ стѣнъ.

11. Сооруженія для выпусканія воды изъ резервуаровъ.

IV. Очищеніе воды.

12. Общіе принципы. Очистка небольшихъ количествъ воды. Очистка значительныхъ количествъ воды. Отстойные бассейны. Массовые фильтры.

V. Сооруженія для провода воды.

13. Водопроводы съ естественнымъ уклономъ, открытые и закрытые.

14. Водопроводы съ напоромъ. Трубы. Дюкеры. Способы подъема воды.

VI. Городское водоснабженіе.

15. Общія указанія для начертанія городской водопроводной сѣти.

16. Насосныя станціи. Водонапорныя башни. Уравнительные водоемы. Основныя данныя относительно эксплоатаціи водопровода. Водомѣры. Пожарныя устройства.

VII. Водоснабженіе желѣзнодорожныхъ станцій.

17. Особенности водоснабженія желѣзнодорожныхъ станцій. Количество и качество воды. Пріемники рѣчной воды. Отстойники и фильтры. Пользованіе грунтовою водой. Водопроводы съ самотекомъ и напоромъ. Водоподъемное зданіе и машины. Распредѣленіе воды по станціи. Гидравлическіе краны.

ПРОГРАММА КУРСА ВОДОСТОКОВЪ.

I. Общія понятія.

1. *Основанія гигіены городовъ.* Искусственная жизнь городовъ. Загрязненіе воздуха, почвы, подземныхъ водъ и рѣкъ. Санитарныя или оздоровительныя мѣры. Главные принципы гигіены городовъ. Удаленіе твердыхъ отбросовъ. Дренажъ почвы. Санитарное и антисанитарное значеніе воды. Водоснабженіе и водоудаленіе.

Кругообращеніе воды въ городахъ. Водоснабженіе одиночное и двойное. Задача канализаціи городовъ.

Историческій обзоръ развитія санитарно-инженернаго дѣла.

2. *Количество и составъ сточныхъ водъ.* Вещества, подлежащія удаленію изъ предѣловъ населенныхъ мѣстностей. Свойства поверх-

ностныхъ (уличныхъ) водъ. Количество уличныхъ водъ. Свойства домовыхъ водъ. Фабричныя воды. Грунтовыя воды. Составъ сточныхъ водъ.

3. *Системы водостоковъ и главнѣйшія основанія для ихъ проектированія.* Силы, посредствомъ коихъ удаляются нечистоты. Классификація системъ удаленія нечистотъ. Данныя, необходимыя для составленія проекта водостоковъ. Общій порядокъ разсчета сѣти водостоковъ.

4. *Поперечныя сѣченія водостоковъ, поверхностныхъ и подземныхъ.* Общія указанія. Прямоугольное сѣченіе. Трапецоидальное сѣченіе. Круглое сѣченіе. Овоидальное сѣченіе. Лотковое сѣченіе. Водостоки-туннели съ кюветомъ. Сѣченіе водосточныхъ трубъ при наличности значительныхъ напоровъ. Водостоки нераціональныхъ типовъ.

II. Общесплавная система водостоковъ.

5. *Общее расположеніе сѣти.* Непосредственный спускъ нечистотъ въ рѣки. Пересѣчная схема. Радіальная схема. Скорость теченія. Уклонъ поверхности воды въ водостокахъ. Уклонъ подошвы водостоковъ.

6. *Пріемники сточныхъ водъ.* Пріемники уличныхъ поверхностныхъ водъ. Пріемники дворовыхъ водъ. Пріемники домовыхъ отбросовъ. Домовая канализація. Гидравлическіе затворы внутри домовъ.

7. *Устройство уличныхъ водостоковъ.* Трубопроводы. Гончарныя и штейнгутовыя трубы. Асфальтовыя и цементныя трубы. Металлическія трубы. Кирпичные коллекторы. Бетонные коллекторы. Производство работъ по сооруженію водостоковъ.

8. *Соединительныя, смотровыя, водоотводныя и дренажныя сооруженія водосточной сѣти.* Патрубки. Соединительные колодцы въ трубопроводахъ. Соединеніе овоидальныхъ коллекторовъ. Смотровые колодцы. Ливнеотводы. Пересѣченія съ газовыми и водопроводными трубами. Дюкеры или сифоны. Приспособленія для дренажа почвы.

9. *Поддержаніе чистоты въ водосточной сѣти.* Необходимость промывки и вентиляціи водостоковъ. Промывка трубопроводовъ чистой и сточной водой. Промывка коллекторовъ большихъ размѣровъ. Промывка стоковъ водой рѣки, каналовъ и т. п. Расположеніе про-

мывныхъ приборовъ. Сохраненіе чистоты воздуха въ предѣлахъ сѣти. Дезинфекція коллекторнаго воздуха въ мѣстахъ сообщенія съ наружнымъ.

III. Раздѣльныя системы водостоковъ.

10. *Общія основанія устройства раздѣльныхъ системъ.* Способъ Ліернура. Способъ Бурова. Способъ Веринга. Способъ Берлье.

11. *Гидропневматическая система Шона.* Общее описаніе. Эжекторъ и его дѣйствіе. Эжекторныя станціи. Канализація сжатаго воздуха. Промываніе водосточной сѣти. Примѣненіе системы Шона.

IV. Очистка сточныхъ водъ.

12. *Послѣдствія спуска нечистотъ въ рѣки.* Общее положеніе вопроса о судьбахъ нечистотъ и сточныхъ водъ. Загрязненіе рѣкъ. Мнѣнія объ уменьшеніи опасности загрязненія рѣкъ исключеніемъ изъ сточныхъ водъ изверженій. Самоочищеніе рѣчной воды. Неопредѣленность современной постановки вопроса о пользованіи рѣками для спуска нечистотъ.

13. *Очистка сточныхъ водъ химическимъ и механическимъ путемъ.* Общія основанія искусственной очистки сточныхъ водъ. Очистительные бассейны въ Франкфуртѣ-на-Майнѣ. Способъ Рекнеръ-Роте и его примѣненіе въ Эссенѣ. Торфяной фильтръ Петри. Условія необходимости очистки сточныхъ водъ предъ спускомъ ихъ въ рѣки.

14. *Очистка сточныхъ водъ посредствомъ фильтраціи чрезъ почву.* Очистительныя свойства почвы. Относительная пригодность разныхъ почвъ для цѣлей очистки въ зависимости отъ состава почвъ. Количественное значеніе очистительной способности почвъ. Практическія затрудненія въ примѣненіи очистки сточныхъ водъ фильтраціей и соединеніе фильтраціи съ орошеніемъ.

15. *Очистка сточныхъ водъ посредствомъ орошенія полей.* Историческія указанія. Основныя черты очистительнаго процесса при орошеніи. Значеніе состава почвы. Отношеніе между количествомъ водъ и орошаемой поверхностью. Сооруженія для отвода сточныхъ водъ на орошаемыя поля. Поля для орошенія и ихъ устройство. Зимнее орошеніе и зимніе бассейны. Значеніе орошаемыхъ сточными водами полей въ санитарномъ отношеніи.

ВВЕДЕНІЕ

КЪ КУРСАМЪ

ВОДОСНАБЖЕНІЯ И ВОДОСТОКОВЪ.

Глава I. Основанія гигіены городовъ.

Глава II. Историческій обзоръ санитарно-инженернаго дѣла.

Водоснабженіе и водостоки.

ВВЕДЕНІЕ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Основанія гигіены городовъ.

СОДЕРЖАНІЕ: § 1. Искусственная жизнь городовъ.—§ 2. Загрязненіе воздуха, почвы, подземныхъ водъ и рѣкъ.—§ 3. Санитарныя или оздоровительныя мѣры.—§ 4. Главные принципы гигіены городовъ.—§ 5. Удаленіе твердыхъ отбросовъ и пр.—§ 6. Дренажъ почвы.—§ 7. Водоснабженіе и водоудаленіе.—§ 8. Кругообращеніе воды въ городѣ.—§ 9. Водоснабженіе одиночное и двойное.—§ 10. Задача канализаціи городовъ.

§ 1. Искусственная жизнь городовъ.

Людямъ, живущимъ небольшими группами на обширномъ пространствѣ полей, лѣсовъ и луговъ, природа почти всегда доставляетъ въ изобиліи необходимыя условія для здоровья: чистый воздухъ, воду свободную отъ вредныхъ примѣсей и почву, быстро обезвреживающую не унесенные проточными водами остатки гніющихъ органическихъ веществъ.

Но съ увеличеніемъ количества людей, сосредоточенныхъ на одной и той же площади, появляется рядъ вредно вліяющихъ на здоровье причинъ, съ которыми природа одна не въ состояніи бороться. Въ этихъ случаяхъ необходимо придти къ ней на помощь, примѣняя тѣмъ болѣе сложные и совершенные способы борьбы съ антисанитарными условіями, чѣмъ многочисленнѣе и гуще населеніе города.

Такимъ образомъ, однимъ изъ условій благополучнаго существованія большихъ городовъ является вообще нѣкотораго рода *искусственная жизнь*. Безъ нея было бы невозможно наблюдаемое повсюду развитіе громадныхъ столицъ, быстрый родъ которыхъ требуетъ постоянно рѣшенія все болѣе и болѣе трудныхъ задачъ по ихъ оздоровленію.

§ 2. Загрязненіе воздуха, почвы, подземныхъ водъ и рѣкъ.

Дыханіе большаго числа людей, собранныхъ въ ограниченномъ пространствѣ, обусловливаетъ различныя вредныя для здоровья измѣненія въ составѣ воздуха: количество кислорода уменьшается, а количество водяныхъ паровъ и углекислоты увеличивается. Кромѣ того въ воздухѣ накопляются органическія частицы, способствующія порчѣ воздуха и распространенію различныхъ болѣзней. Изъ этого слѣдуетъ, что воздухъ—это необходимое вещество для жизни, легко теряетъ тѣ свои свойства, которыя обусловливаютъ поддержаніе жизни, и становится, наоборотъ настоящимъ ядомъ. Къ этой первой причинѣ порчи воздуха (дыханіе) присоединяются еще въ городахъ многія другія: сожиганіе твердыхъ и газообразныхъ матеріаловъ въ печахъ и топкахъ, въ лампахъ, фонаряхъ и пр., разложеніе животныхъ и растительныхъ остатковъ на дворахъ, огородахъ, на рынкахъ и водосточныхъ канавахъ, испаренія выгребныхъ ямъ, больницъ, фабрикъ и заводовъ.

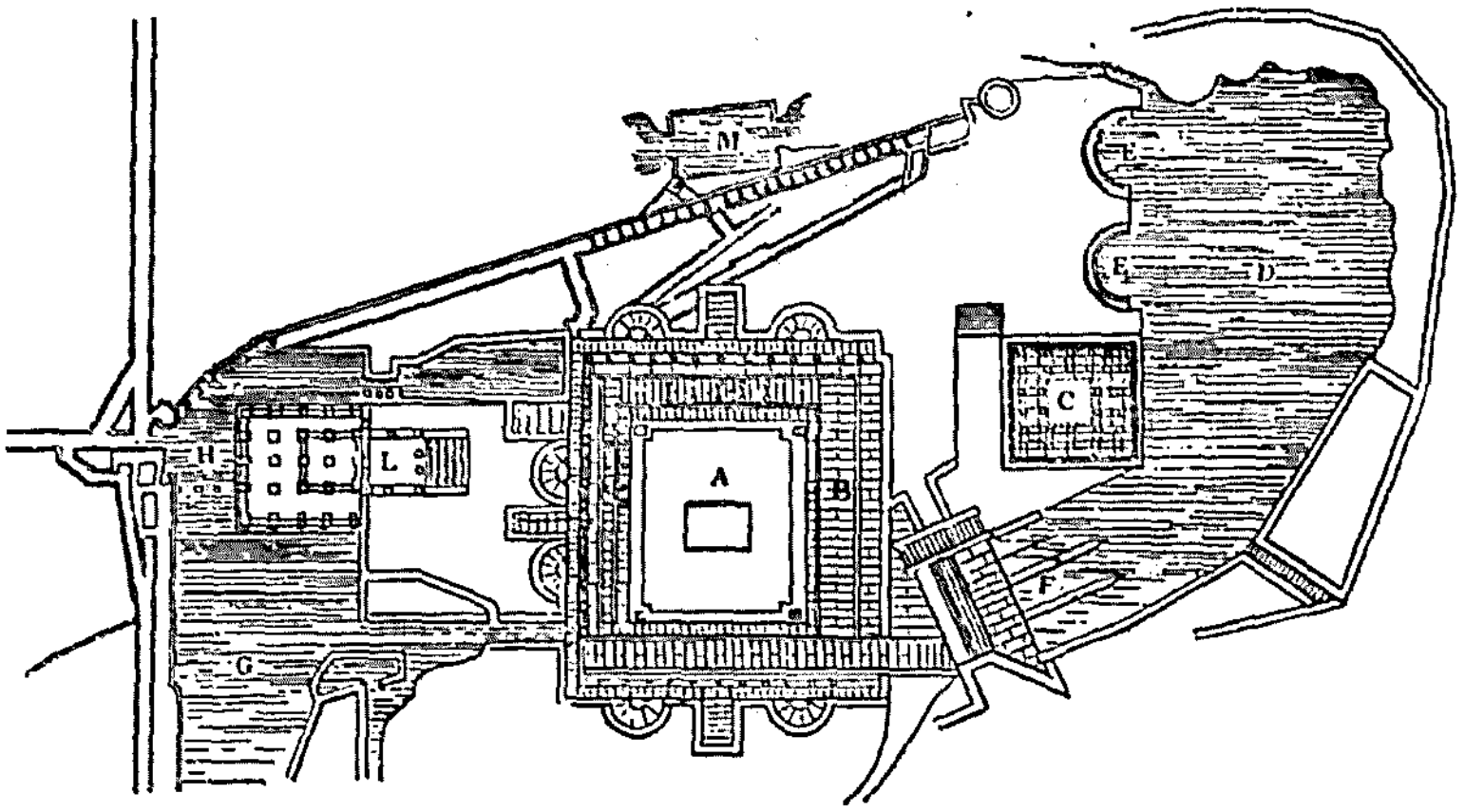
Наряду съ загрязненіемъ воздуха при скученномъ населеніи происходитъ загрязненіе почвы, подземныхъ водъ и рѣкъ.

Если бы не принимать особыхъ мѣръ для очистки городскихъ улицъ то органическія вещества и разнаго рода нечистоты скоро образуютъ на нихъ толстые все болѣе и болѣе наростающіе слои грязи. Явленіе это слишкомъ знакомо всѣмъ видѣвшимъ наши провинціальные города, чтобы о немъ нужно было распространяться. Грязь проникаетъ и въ верхніе слои почвы, которые кромѣ того постепенно загрязняются еще стекающими въ открытыхъ лоткахъ или по подземнымъ трубамъ грязными водами, содержимымъ выгребныхъ ямъ съ проницаемыми стѣнками, продуктами гніенія человѣческихъ труповъ на кладбищахъ и пр. Во всѣхъ современныхъ городахъ и даже въ тѣхъ изъ нихъ, гдѣ принимаются всевозможныя

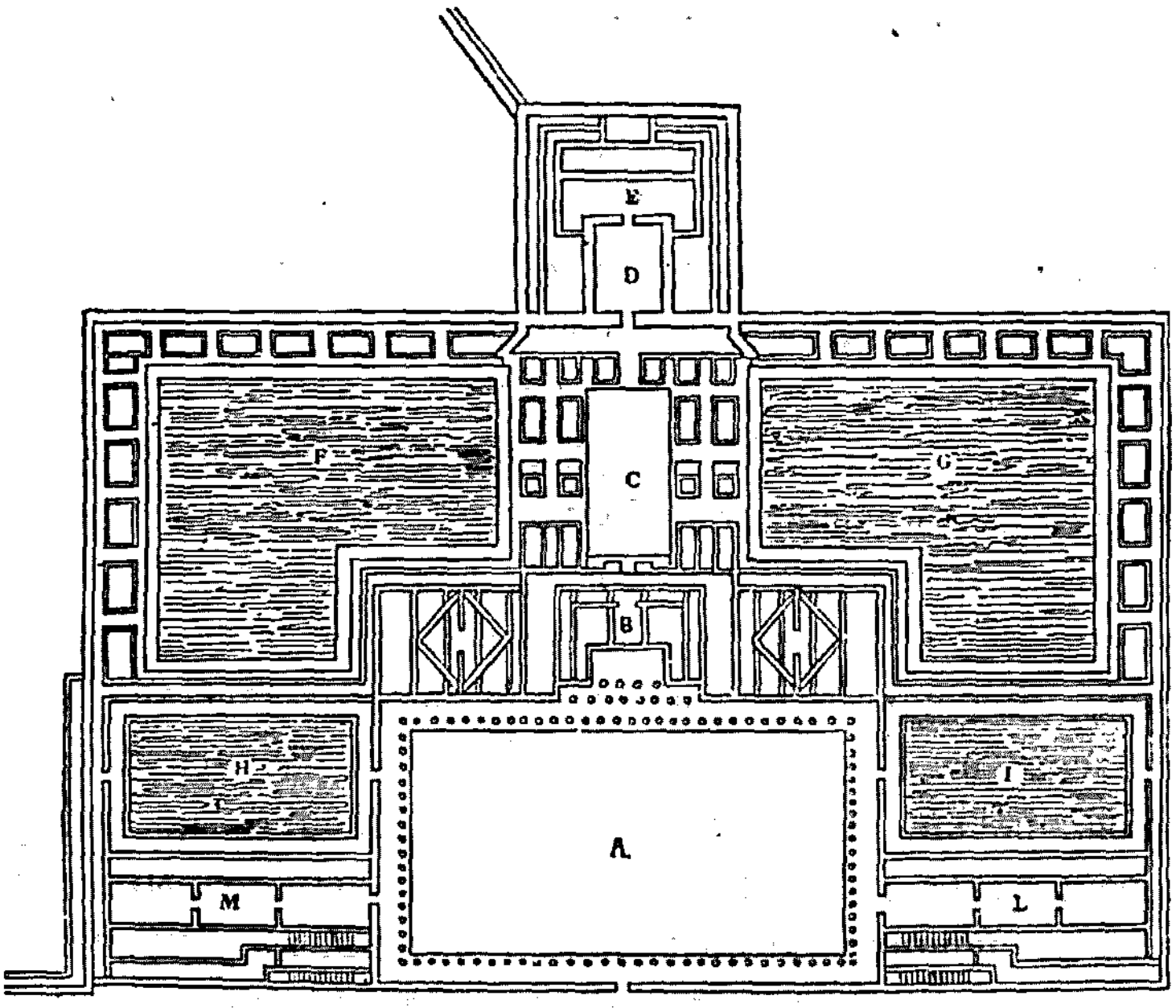
мѣры для устраненія причинъ, дѣйствующихъ вредно на здоровье, существуютъ въ большей или меньшей степени подобныя печальныя условія. Среди нихъ слѣдуетъ, въ настоящее время, помѣстить и освѣщеніе газомъ, который улетучивается черезъ неизбѣжныя течи въ разныхъ частяхъ громадной сѣти трубъ, проникаетъ въ окружающую почву, пропитываетъ ее углеродистыми соединеніями и сообщаетъ ей черный цвѣтъ и характерный запахъ. Почва при такихъ условіяхъ теряетъ способность питать растенія, санитарное значеніе коихъ такъ велико (см. § 4). Кромѣ того тутъ является опасность взрывовъ, которые могутъ произойти отъ утечки газа и скопленія гремучей смѣси въ водосточныхъ каналахъ, подвалахъ домовъ, и пр.

Подземныя (грунтовыя) воды, находясь на небольшой глубинѣ, подвергаются тѣмъ же причинамъ загрязненія, какъ и почва, и обыкновенно еще болѣе способствуютъ вредному дѣйствію этого загрязненія. Съ одной стороны грунтовыя воды почти всегда утилизуются для разныхъ цѣлей въ домашнемъ хозяйствѣ, а часто даже для питья, и такимъ образомъ, будучи загрязнены, непосредственно вліяютъ на здоровье; съ другой стороны—уровень этихъ водъ подверженъ періодическимъ измѣненіямъ, такъ что иногда обнажаются слои почвы, которые большею частью находятся подъ водою, иногда же, наоборотъ, воды затопляютъ такіе слои, которые обыкновенно остаются сухими, и такія перемѣны въ нѣкоторыхъ случаяхъ существеннымъ образомъ измѣняютъ установившееся постепенно состояніе этихъ слоевъ, вызывая выдѣленіе вредныхъ для здоровья испареній, и даже иногда служатъ прямою причиною появленія эпидемическихъ болѣзней. Въ Индіи давно замѣчено, что возникновеніе холеры всегда совпадаетъ съ періодомъ пониженія уровня грунтовыхъ водъ.

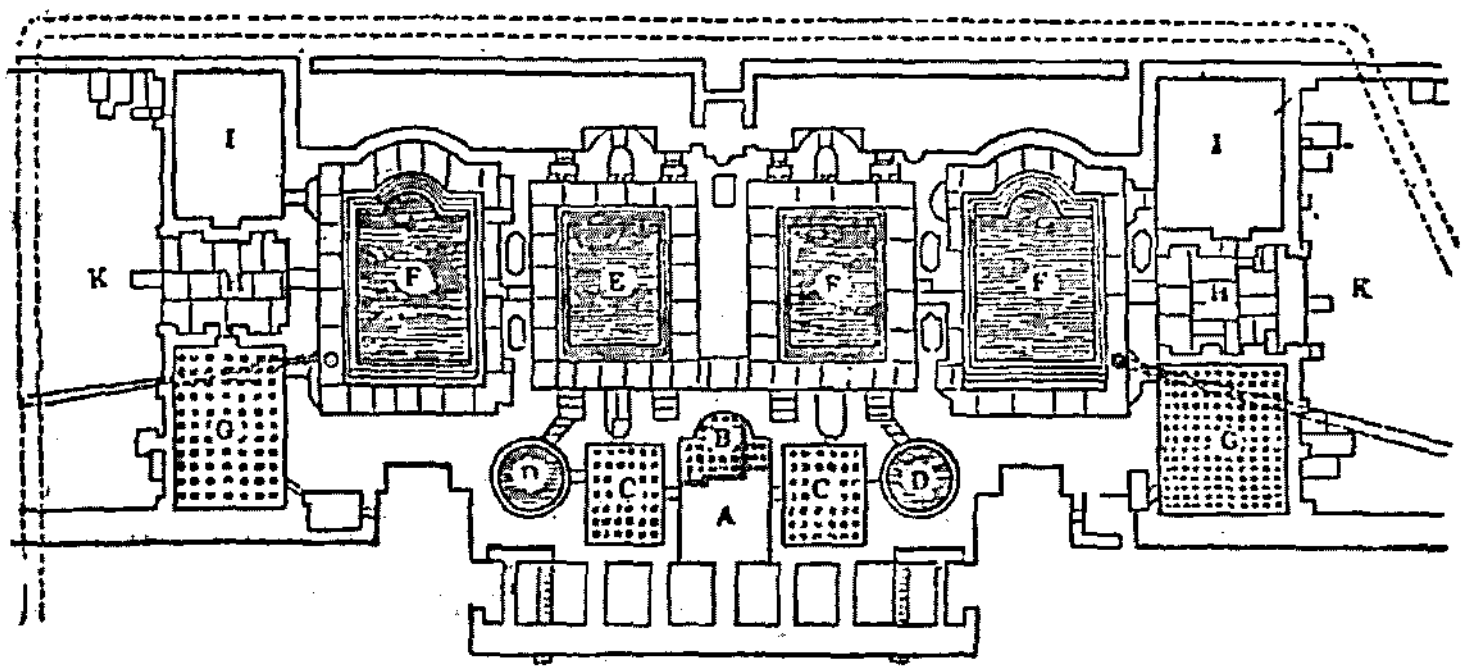
Наконецъ, рѣки, пересѣкающія города или даже протекающія вблизи нихъ, получаютъ также значительное количество органическихъ остатковъ въ видѣ городскихъ отбросовъ разнаго рода. Вмѣстѣ съ дождевою водой, стекающею непосредственно по поверхности улицъ, черезъ устья изливающихся въ рѣку водосточныхъ каналовъ, а также съ питающими ее подземными водами, въ рѣку непрерывно попадаютъ элементы загрязненія, составъ которыхъ тѣмъ болѣе является опаснымъ въ отношеніи вліянія на здоровье обывателей, чѣмъ гуще городъ населенъ и чѣмъ больше въ немъ развита промышленность. По мѣрѣ прибавленія этихъ вредныхъ примѣсей, рѣч-



Черт. 1. Планъ римскихъ купаленъ въ г. Нимѣ. Вода получается изъ рѣчки и собирается въ резервуарахъ. *A*—большой дворъ, окруженный крытымъ перестилемъ *B*; *C*—нижнія купальни; *D*—резервуаръ—источникъ воды; *E*—полувинтовыя лѣстницы ведущія къ водѣ; *F*—мостъ чрезъ каналъ; *G*—второй резервуаръ, откуда вода проведена въ частныя купальни; влѣво отъ резервуара *G*—отводный каналъ отработавшей воды изъ купаленъ; *L*—небольшой храмъ; *M*—третій резервуаръ—меньшихъ размѣровъ (Cresy—Cyclopaedia of Civil Engineering. London, 184¯).



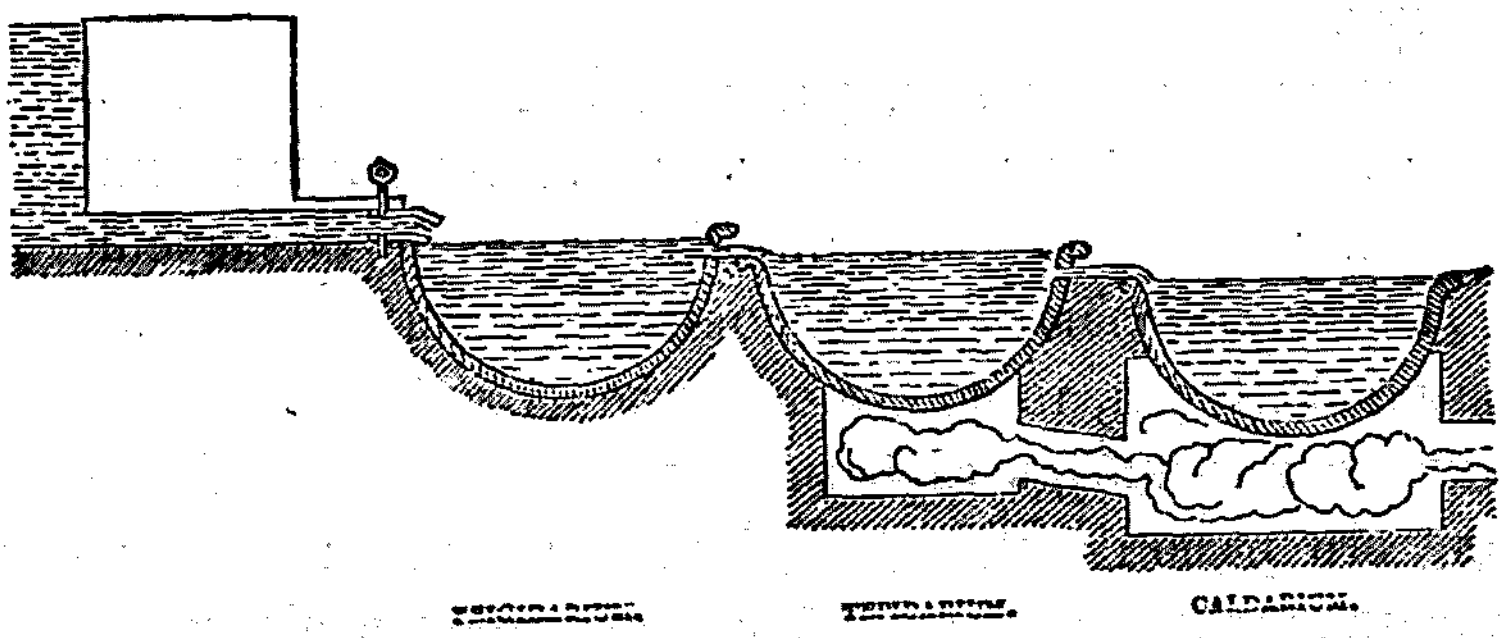
Черт. 2. Планъ римскихъ купаленъ въ Stura. Онѣ были построены въ морѣ близъ Анціума при устьѣ рѣчки Stura, нынѣ называемой Conca. *A*—большой дворъ, окруженный колоннами; *B*—вестибюль; *C*—залъ сообщающійся съ морскими купальными бассейнами; *F*—большіе и *H*—малые бассейны для купанья и плаванья—съ морской водой, окруженные кабинетами для купальщиковъ; *D-E*—выступы зданія, откуда начинается морской молъ; *L* и *M*—входы въ купальни со стороны города (Cresy).



Черт. 3.

Планъ римскихъ бань въ Baden-Weiler.

Въ этихъ баняхъ имѣлись отдѣленія для мужчинъ и женщинъ, симметрично расположенныя относительно оси зданія. Значеніе буквъ: *A*—hypocaustum, *B*—очагъ, *C*—caldaria, *D*—покрытыя сводами Sudatorii, *E*—tepidaria, *F*—*frigidaria*, *G*—*залы съ полами* нагрѣваемыми печами, какъ въ caldaria, *H*—вестибюли, *I*—elaeothesia, *K*—exedrae (Cresy).



Черт. 4.

Разрѣзъ котловъ для нагрѣванія воды въ римскихъ баняхъ (по Витрувію). Они дѣлались изъ мѣди и располагались такъ, что вода стекала изъ одного въ другой, постепенно переходя отъ самой низкой температуры къ самой высокой (Cresy).

ная вода постепенно теряетъ свои естественныя качества, такъ что въ нѣкоторыхъ частяхъ рѣки, гдѣ количество вредныхъ веществъ становится особенно значительнымъ, вымираетъ вся рыба.

Вездѣ, гдѣ скопляются органическія отбросы: и въ воздухѣ, и въ почвѣ и въ подземныхъ и въ текучихъ водахъ, происходитъ разложеніе этихъ отбросовъ и микроскопъ обнаруживаетъ присутствіе безконечно мелкихъ организмовъ, которые, согласно новѣйшимъ научнымъ открытіямъ, играютъ громадную роль въ природѣ и имѣютъ весьма глубокое вліяніе на условія общественной и индивидуальной жизни. Нѣкоторые изъ этихъ организмовъ живутъ и дышутъ подобно растеніямъ; другіе, напротивъ приближаются къ животному царству, поглощаютъ изъ воздуха кислородъ и выдѣляютъ углекислоту.

Тѣ и другіе носятъ общее названіе *микробовъ* и размножаются или посредствомъ дѣленія (*раздвоеніе*), или же образованіемъ *споръ* или жизнеспособныхъ *зародышей*, которые могутъ быть переносимы на дальнія разстоянія, сохраняя почти безконечную способность къ развитію при встрѣчѣ благопріятной для этого среды.

Многіе изъ этихъ микроскопическихъ организмовъ безвредны, и мы ихъ безнаказанно поглощаемъ постоянно вмѣстѣ съ воздухомъ, которымъ мы дышемъ, съ водою, которую пьемъ, а также въ самой нашей пищѣ. Но нѣкоторые изъ нихъ обладаютъ, повидимому, способностью вызывать опредѣленныя болѣзни, такъ называемыя *инфекціонныя*.

Современное состояніе науки не даетъ еще возможности утверждать, что всякая болѣзнь имѣетъ своего микроба; но многочисленные факты, уже давно извѣстные и нашедшіе объясненіе въ этой новой гипотезѣ, дѣлаютъ ее вѣроятною, если не для всѣхъ заразительныхъ болѣзней, то по крайней мѣрѣ для большинства изъ нихъ.

Одинъ какой-нибудь зародышъ, попадая въ условія, благопріятныя для его развитія, немедленно даетъ начало тысячамъ подобныхъ же зародышей, и единственный случай заболѣванія можетъ, такимъ образомъ, сдѣлаться въ весьма короткое время исходною точкою многочисленнаго ряда такихъ же заболѣваній, началомъ настоящей *эпидеміи*.

Эти микроскопическіе зародыши носятся въ воздухѣ и обыкновенная пыль всегда содержитъ ихъ въ громадномъ количествѣ. Если воздухъ и не представляетъ благопріятной среды для развитія мик-

робовъ, онъ во всякомъ случаѣ играетъ для нихъ роль проводника, и вѣтеръ разноситъ ихъ на дальнія разстоянія по всѣмъ направленіямъ. Воздухъ нашихъ жилищъ и улицъ наполняется микробами, которыя, черезъ дыханіе, могутъ осаждаться въ нашихъ легкихъ или проглатываться съ пищей и, такимъ образомъ, проникать во внутрь организма.

Текучая вода также содержитъ и несетъ съ собою зародыши и микробовъ; нѣтъ, притомъ, сомнѣнія, что она часто представляетъ благопріятныя условія для ихъ развитія и распространенія и что они въ ней *размножаются*. Многочисленныя наблюденія приводятъ къ убѣжденію, что вода можетъ вызвать и передать заболѣваніе зобомъ, дизентеріею, болотною лихорадкою и пр. Вода, загрязненная изверженіями городовъ, содержимымъ водостоковъ, отбросами промышленности и другими подобными веществами, въ этомъ отношеніи особенно подозрительна.

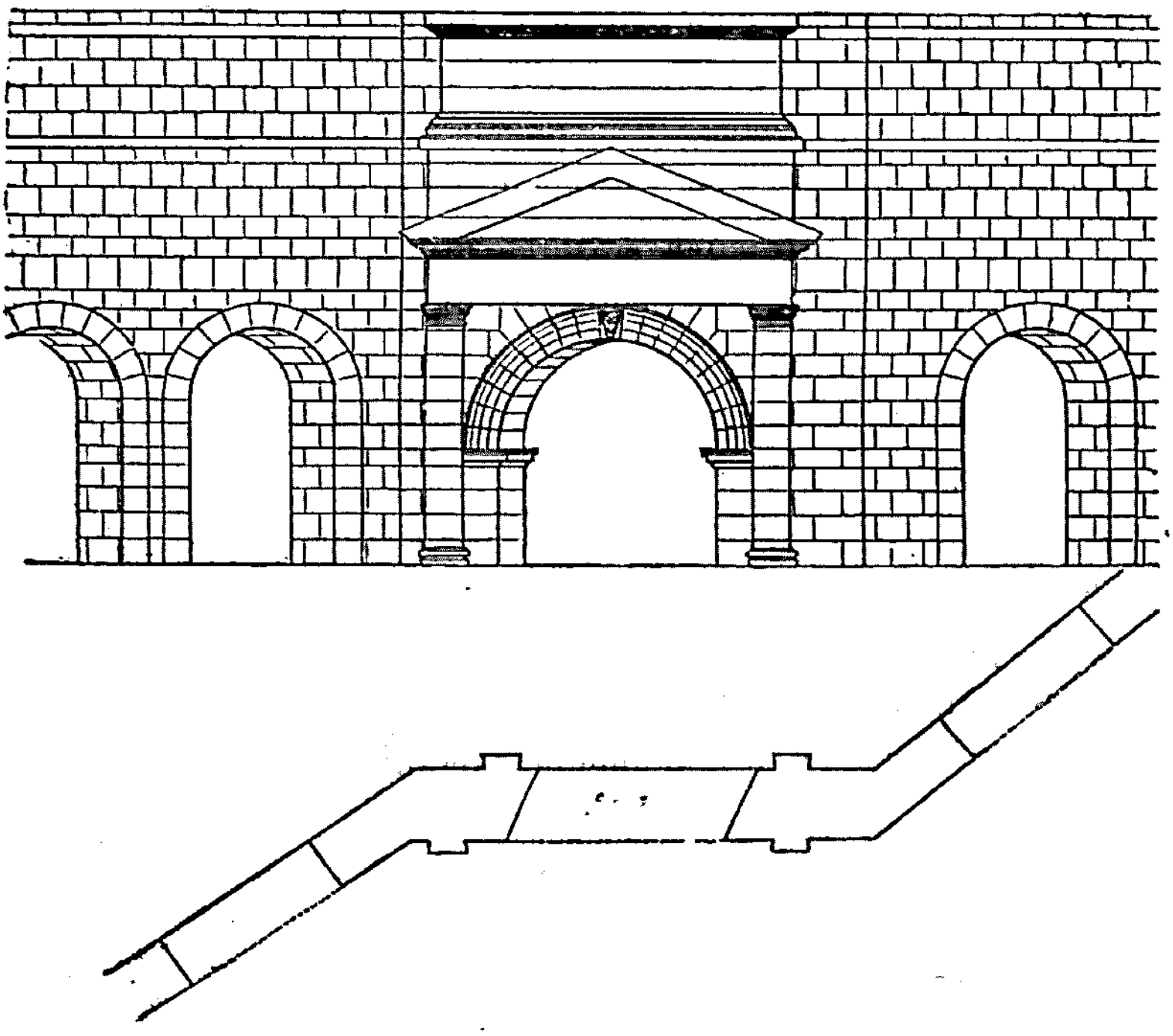
Отсюда очевидна опасность, которой постоянно подтвержена жизнь обитателей большихъ городовъ, и нельзя не проникнуться сознаніемъ громадной важности тѣхъ задачъ, которыя имѣютъ цѣлью оздоровленіе городовъ, и благотворныхъ послѣдствій, которыя должны получиться отъ изученія и совершенствованія способовъ ихъ рѣшенія.

§ 3. Санитарныя или оздоровительныя мѣры.

Вынужденные испытывать на себѣ тяжелыя послѣдствія загрязненія воздуха, почвы и воды, обитатели городовъ во всѣ времена чувствовали необходимость бороться съ этими причинами, угрожающими ихъ здоровью, принимая рядъ мѣръ, единственною цѣлью которыхъ было возмѣстить искусственными способами тѣ преимущества, которыхъ не можетъ дать имъ природа. Они придумали и осуществили цѣлую массу пріемовъ для уничтоженія опасныхъ послѣдствій для здоровья людей отъ жизни скученными большими массами въ одномъ мѣстѣ.

Совокупность этихъ пріемовъ обнимаетъ то, что можно было бы назвать *гигіеною городовъ*, и наука имѣющая предметомъ изученіе законовъ оздоровленія, изслѣдованіе и постоянныя усовершествованія практическихъ средствъ для примѣненія этихъ законовъ, получила названіе *санитарной науки*.

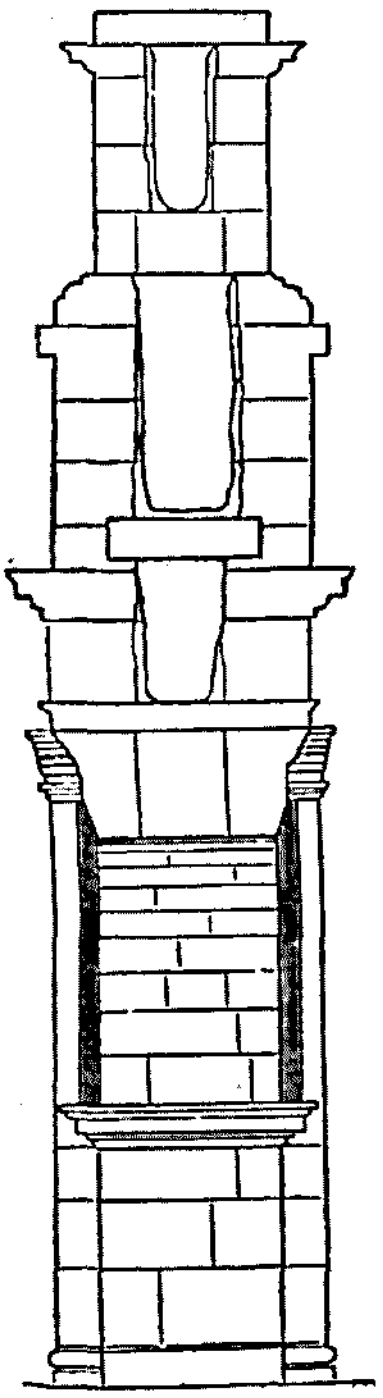
Водоснабженіе города Рима.



Черт. 5 и 6.

Фасадъ и планъ части водопроводнаго моста (моста-акведука) Terula и Julia, въ городѣ Римѣ.

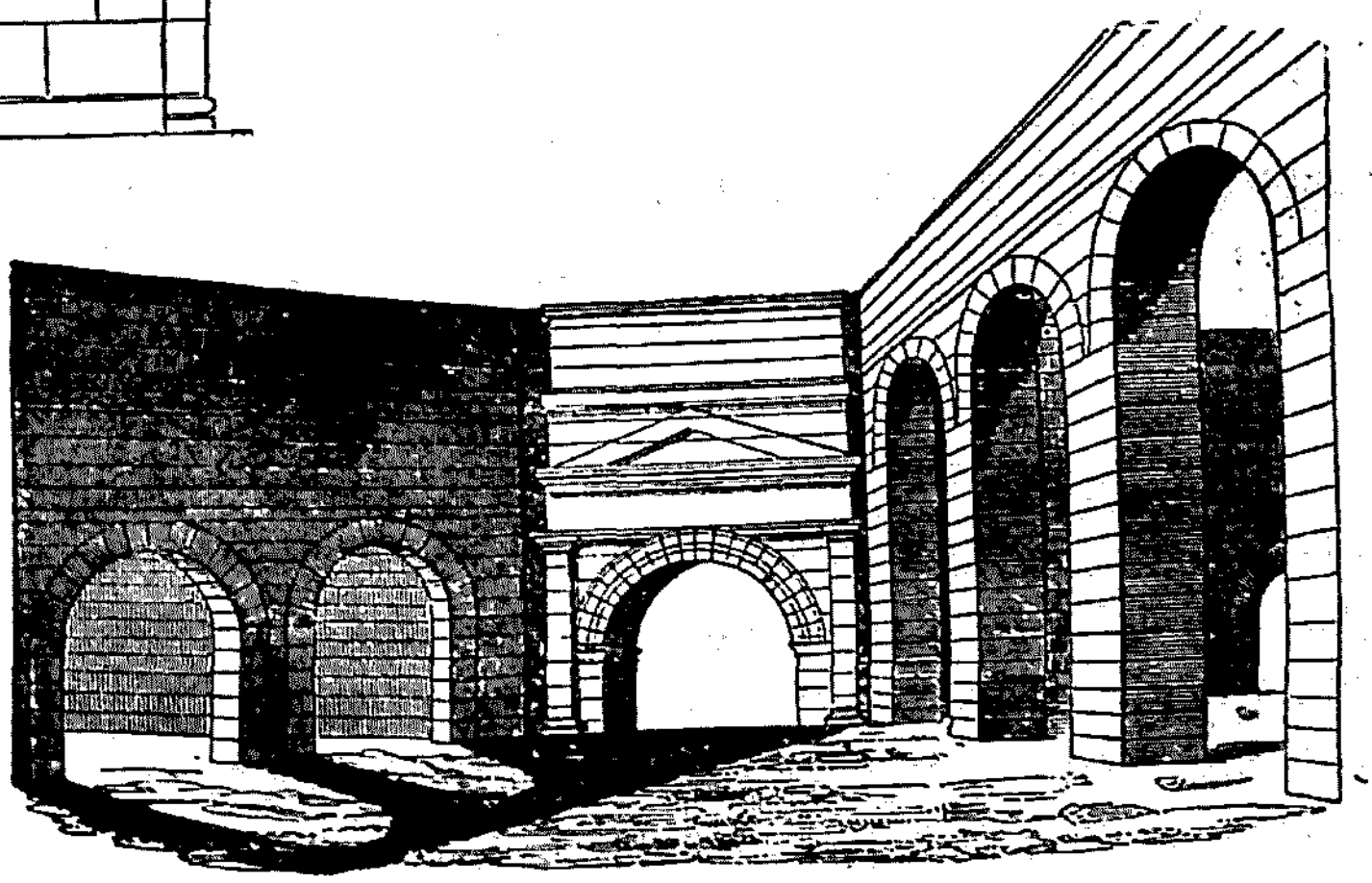
Водопроводъ Terula построенъ за 126 лѣтъ до Р. Х. Къ нему въ царствованіе Юлія Цезаря былъ присоединенъ новый водопроводъ, названный Aqua Julia. Чертежи показываютъ общую часть моста акведука обоихъ водопроводовъ (Cresy).



Водоснабженіе города Рима.

Черт. 7.—**Поперечный разрѣзъ моста акведука водопроводовъ Julia, Tepula и Marcia.**

Всѣ эти три водопровода получали воду изъ разныхъ источниковъ. Вода была разнаго качества. У города три водопровода сходились на общемъ мостѣ акведукѣ (черт. 7). Разныя воды текли другъ надъ другомъ въ отдѣльныхъ каналахъ. Чтобы предупредить просачиваніе воды изъ верхнихъ каналовъ въ нижніе, принимались особыя мѣры. Дно каждаго канала было изъ цѣльнаго камня, задѣланнаго краями въ кладку. Сверхъ камня былъ положенъ слой черепицы и цемента. Каждый каналъ былъ доступенъ осмотру при помощи особыхъ входныхъ отверстій. Такой осмотръ регулярно производился особыми суб-инженерами, которые были обязаны постоянно доносить о состояніи сооруженій (Cresy).



Черт. 8.

Видъ соединенія римскихъ водопроводовъ Julia, Tepula и Marcia (черт. 7) въ одинъ общій акведукъ.

Эта наука не нова, и древніе въ этомъ направленіи достигли въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ такого совершенства, до котораго намъ еще очень далеко, но только въ послѣднее время санитарныя наука опять пріобрѣла почетъ и лишь съ недавнихъ поръ снова заняла подобающее мѣсто среди другихъ стремленій человѣчества. Теперь нѣтъ ни одной цивилизованной страны, гдѣ не посвящали бы много усилій и денежныхъ средствъ улучшенію условій городской жизни, примѣненію и распространенію санитарныхъ или оздоровительныхъ мѣръ.

Дѣло идетъ, это уже благоразумно сознали, о сохраненіи жизни. «Жизнь безцѣнна», сказалъ совершенно справедливо знаменитый англійскій гигіенистъ Baldwin Latham, и для защиты ея никакія жертвы не могутъ считаться чрезмѣрными. И такъ какъ обитатели городовъ всѣ вмѣстѣ подвергаются опасности и по необходимости должны быть между собою солидарны, то нѣтъ ни одного человѣка, который могъ бы относиться безразличнокъ общему санитарному благополучію, хотя бы онъ благодаря своему положенію, жилъ повидимому при самыхъ прекрасныхъ условіяхъ. Всѣ заинтересованы въ улучшеніи общественнаго здоровья и уменьшеніи общей цифры смертности. Для лицъ же, завѣдующихъ городскими дѣлами, первѣйшею обязанностью должно быть—устраивать и безпрестанно совершенствовать санитарную часть городскаго управленія и стремиться къ тому, чтобы всегда и вездѣ соблюдались правила, необходимыя для охраны санитарнаго благополучія.

Для охраны санитарнаго благополучія возможно дѣлать и еще остается сдѣлать очень много. Много городовъ, въ особенности у насъ въ Россіи, находятся еще въ весьма печальныхъ санитарныхъ условіяхъ; самые простые гигіеническіе законы у насъ не признаются и не приняты даже наиболѣе элементарныя мѣры къ оздоровленію. Въ большинствѣ случаевъ замѣчается непростительный индифферентизмъ, освященный рутиною.

Прекрасные результаты, полученные повсюду, гдѣ современно приложены были серьезныя усилія и принесены были достачныя жертвы для улучшенія санитарнаго состоянія городовъ, должны поощрить къ распространенію этого замѣчательнаго движенія и въ предѣлахъ нашего отечества.

Въ Англіи лишь полъ-вѣка тому назадъ возникли заботы объ

улучшеніи санитарныхъ условій населенныхъ мѣстностей; и уже въ первую половину этого короткаго періода удалось сохранить много человѣческихъ жизней, предотвратить многія болѣзни и даже общественныя бѣдствія: статистика доказываетъ, насколько улучшилось общественное здоровье, и полученные въ короткое время результаты могутъ служить указаніемъ того, что должно получиться въ болѣе продолжительный періодъ, если съ настойчивостью и совокупными усиліями большаго числа людей преслѣдовать ту же цѣль въ широкомъ масштабѣ. Въ нѣкоторыхъ городахъ смертность уменьшилась въ теченіи первыхъ двадцати-пяти лѣтъ послѣ принятія общественныхъ санитарныхъ мѣръ на 5, 10, 20 и 30%. Въ Лондонѣ она уменьшилась, съ 1846 до 1871 года, на 10%.

Эти цифры достаточно краснорѣчивы, и работы, помощью которыхъ получаются подобные результаты, слѣдуетъ считать громаднымъ благодѣяніемъ для человѣчества.

Извѣстно, что на одинъ смертный случай въ городахъ приходится всегда 20 или 30 случаевъ тяжкихъ болѣзней. Такимъ образомъ, надо полагать, что вмѣстѣ съ пониженіемъ общей цифры смертности, принятыми санитарными мѣрами достигнуто соотвѣтственное уменьшеніе числа заболѣваній. Сколько вслѣдствіе этого предотвращено страданій, сколько сбережено расходовъ, сколько сохранено времени для труда.

§ 4. Главные принципы гигіены городовъ.

Гигіена городовъ сводится къ небольшому числу основныхъ принциповъ, въ соблюденію которыхъ направлены всѣ мѣры, предпринимаемыя съ цѣлью улучшенія условій общественнаго здоровья.

Необходимый для дыханія воздухъ долженъ быть сохраненъ по возможности чистымъ (вентиляція улицъ и зданій, растительность въ городахъ).

Вода должна доставляться въ количествѣ достачномъ для удовлетворенія всѣхъ потребностей чистоты, столь важной для сохраненія здоровья; съ другой стороны, воду эту, по крайней мѣрѣ ту часть ея, которая предназначена для питья и домашняго употребленія, необходимо выбирать крайне тщательно и охранять ее отъ всякаго рода загрязненій (водоснабженіе).

Почва и подземныя воды должны быть защищены всѣми средствами отъ угрожающаго имъ постоянно зараженія (мостовыя, дренажъ).

Наконецъ, необходимо принимать всевозможныя мѣры для быстраго удаленія всѣхъ веществъ, способныхъ къ разложенію, съ цѣлью охранить отъ заразы дома, улицы, атмосферу, подземные каналы и рѣки (водоудаленіе, удаленіе твердыхъ отбросовъ, пыли и грязи).

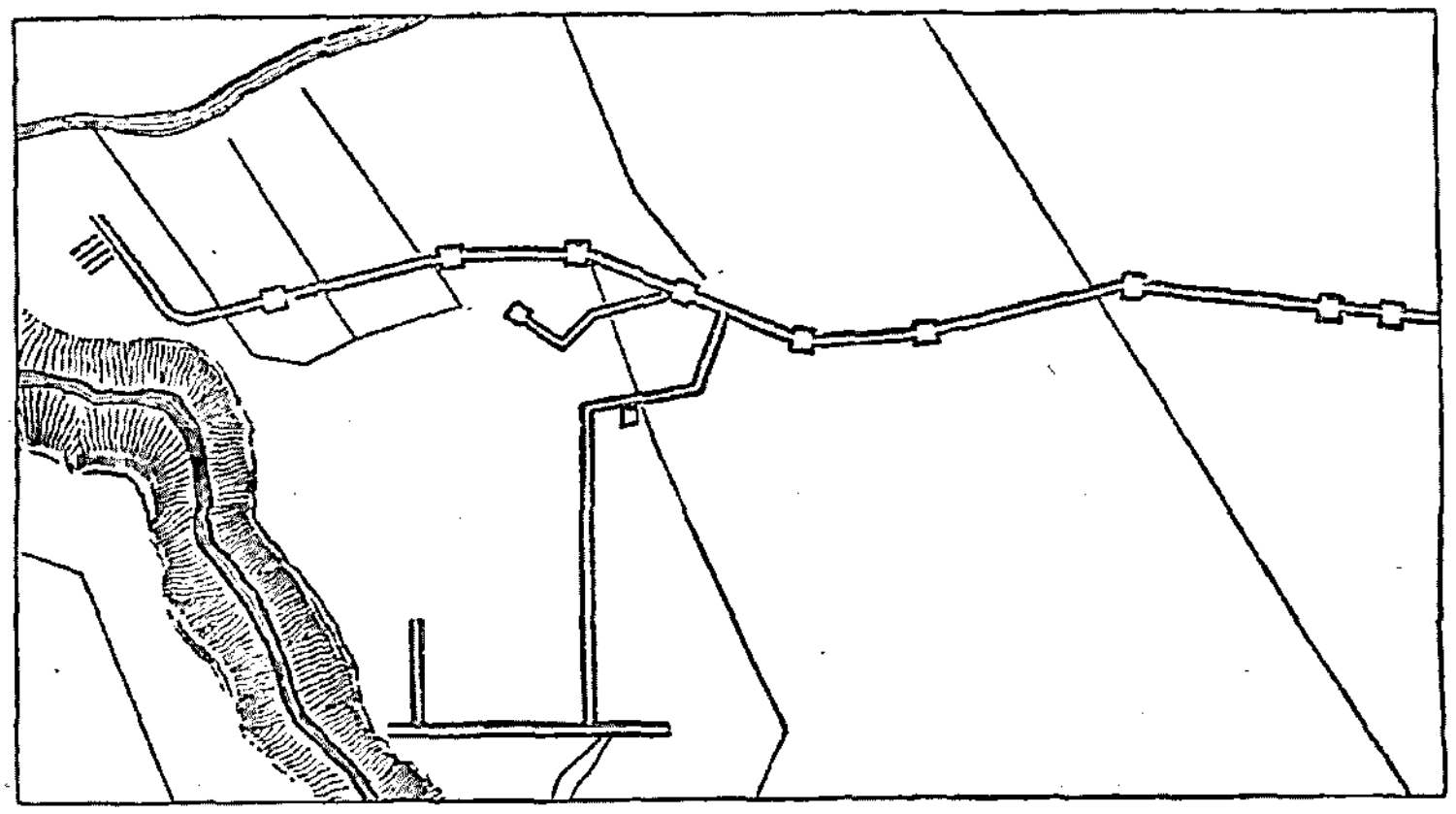
Для достиженія цѣли оздоровленія недостаточно исполнить одно изъ указанныхъ условій. Они всѣ необходимы и слѣдуетъ стремиться осуществить ихъ одновременно.

Естественныя причины, производящія перемѣщеніе воздуха на городскихъ площадяхъ и улицахъ, обыкновенно, обезпечиваютъ достаточно быстрое возобновленіе воздуха, такъ что искусственныя средства для сохраненія чистоты воздуха въ городахъ едва ли представляются нужными. Необходимо, однако, по мѣрѣ возможности, придти въ этомъ отношеніи на помощь природѣ, облегчая дѣйствіе вѣтра и сокращая всѣми доступными мѣрами обыкновенныя причины порчи воздуха.

Такимъ образомъ, при начертаніи городскихъ улицъ слѣдуетъ стараться располагать ихъ такъ, чтобы воздушныя теченія могли слѣдовать по нимъ безпрепятственно и солнце заглядывало въ нихъ почаще. При этомъ слѣдуетъ сообразоваться съ расположеніемъ странъ свѣта и направленіемъ господствующихъ вѣтровъ. Необходимо избѣгать образованія узкихъ и темныхъ переулковъ, окаймленныхъ слишкомъ высокими домами, и тѣсныхъ дворовъ, образующихъ въ нѣкоторомъ родѣ глубокіе колодцы, гдѣ воздухъ возобновляется съ трудомъ.

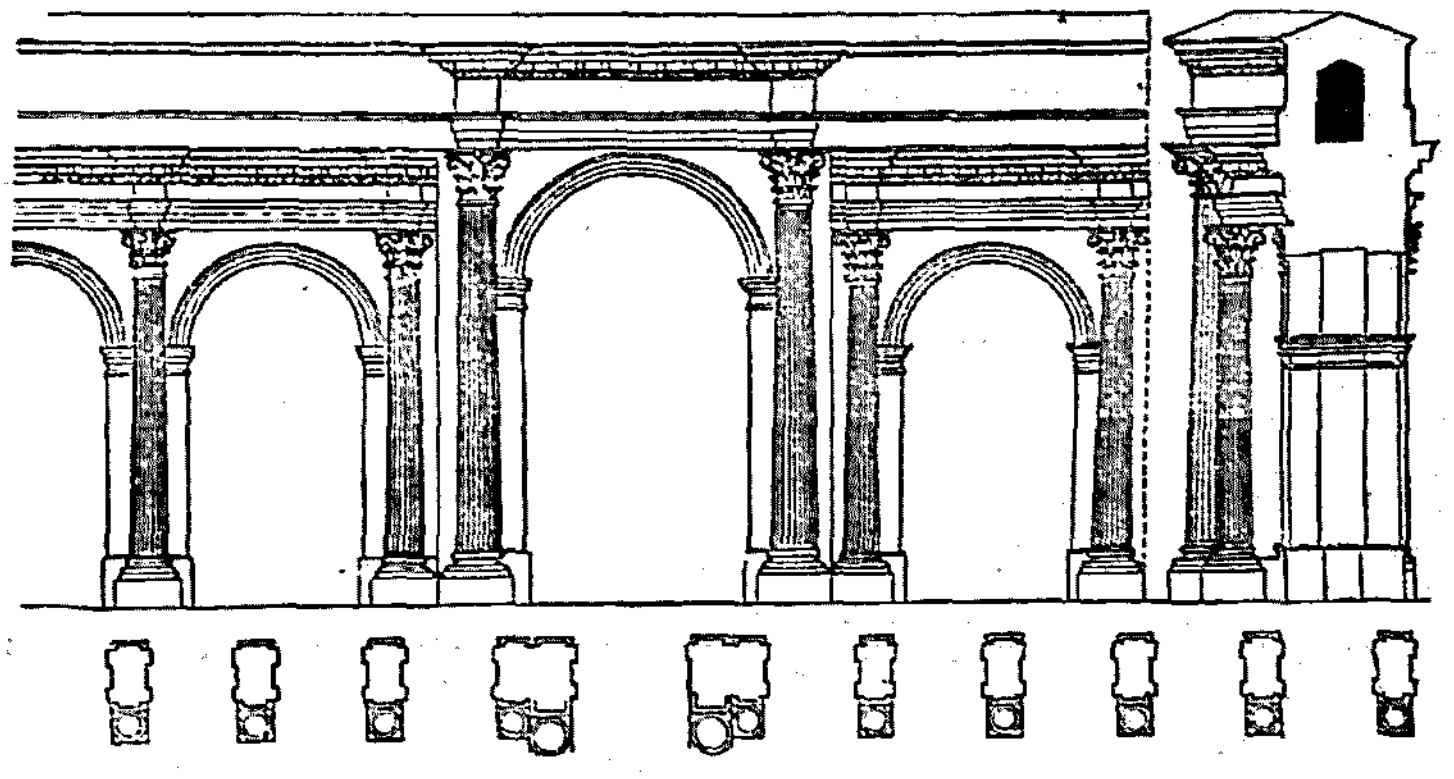
Съ другой стороны, должно принимать мѣры, чтобы вредные для дыханія газы, вытекающіе изъ трубъ различныхъ топокъ или происходящіе отъ освѣщенія, были удаляемы возможно скорѣе: для этого необходимо, чтобы газы черезъ высокія трубы отводились въ верхніе слои атмосферы, надъ крышами домовъ, гдѣ вѣтры не встрѣчаютъ препятствій. Заведенія, выдѣляющія непріятные и вредные для здоровья газы, должны быть расположены по возможности дальше отъ городскихъ жилищъ и помѣщаться за городомъ въ такихъ мѣстахъ, чтобы газы эти не направлялись господствующими вѣтрами къ центру города, а, наоборотъ, разсѣивались бы вѣтромъ по другимъ направленіямъ.

Водоснабженіе города Рима.



Черт. 9.

Планъ водопровода Virgo, устроеннаго послѣ 442 года по основаніи Рима. Длина его болѣе 8 миль. Онъ имѣлъ отстойный бассейнъ покрытый сводами (черт. 39—41). Его аркады (черт. 10) отличались большой красотой и богатствами украшеній (Cresy).



Черт. 10 и 11.

Фасадъ и разрѣзъ моста римскаго водопровода Virgo (водопроводный каналъ покрытъ на разрѣзѣ черной краской).

Едвали нужно прибавлять, что на улицахъ города не должны быть оставляемы вещества, способныя разлагаться, а, наоборотъ, необходимо убирать эти вещества и увозить ихъ прочь, прежде чѣмъ начнется ихъ гніеніе.

Опытъ показываетъ, однако, что для городовъ очень значительныхъ размѣровъ, какъ напр. Лондонъ, эти мѣры не могутъ быть соблюдены въ достаточной степени, чтобы дать жителямъ дѣйствительно чистый воздухъ. Въ Лондонѣ, поэтому, поднятъ вопросъ о снабженіи города воздухомъ изъ отдаленной мѣстности при помощи цѣлой сѣти воздухопроводовъ. Мы повидимому находимся, такимъ образомъ, наканунѣ эры *искусственной вентиляціи городовъ.*

Для поддержанія чистоты воздуха, рекомендуютъ также сохранять въ городахъ достаточно мѣста для растительности. Дѣйствительно растенія, какъ извѣстно, имѣютъ свойство утилизовать, для своего дыханія и питанія, какъ разъ тѣ элементы, которые выдѣляются всѣми существами, принадлежащими къ животному царству. Претворяя эти вещества, растенія выдѣляютъ ихъ въ атмосферу въ видѣ газовъ, снова способныхъ служить для дыханія людей и животныхъ.

Растенія служатъ еще причиною безпрестаннаго движенія грунтовыхъ водъ, весьма благопріятнаго для оздоровленія почвы, и для своего роста они извлекаютъ изъ почвы разлагающіяся вещества, которыя могли бы служить въ ближайшемъ или отдаленномъ времени причиною зараженій.

Поэтому нѣтъ никакого сомнѣнія, что слѣдуетъ сочувствовать всякой мѣрѣ, имѣющей цѣлью сохранить для растительности часть площади, занятой городскими поселеніями.

Возрастаніе стоимости земель въ большихъ городахъ побуждаетъ, однако, собственниковъ увеличивать постепенно застраиваемыя площади, уменьшая размѣры дворовъ, огородовъ и садовъ. Общественныя управленія должны бороться противъ этого вреднаго стремленія, создавая и ставя подъ охрану общества площади и участки, покрытые растительностью.

Аллеи, парки, общественные сады, скверы, которые столько способствуютъ украшенію города, доставляя также жителямъ удовольствіе, въ то же время являются могущественными средствами оздоровленія.

Воздухъ внутри зданій, въ особенности въ такихъ помѣщеніяхъ,

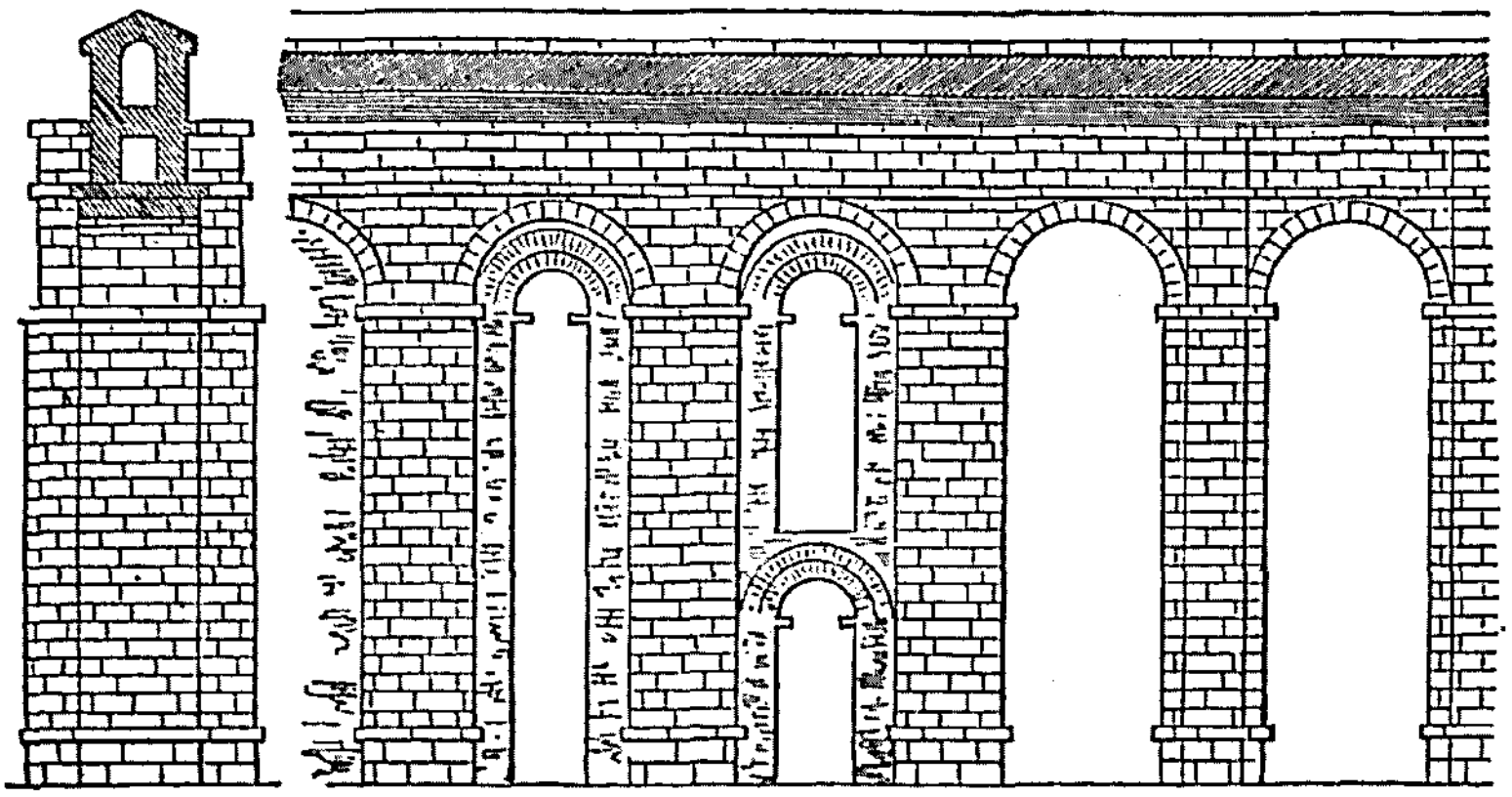
которыя служатъ для собраній, какъ напримѣръ: театры, цирки, рестораны и пр., а также въ общихъ жилищахъ, каковы казармы, тюрьмы, школы и пр., въ помѣщеніяхъ, отведенныхъ для больныхъ, госпиталяхъ, ночлежныхъ домахъ, амбулаторіяхъ, — весьма быстро портится дыханіемъ людей, и вредными для здоровья газами, выдѣляющимися изъ, источниковъ свѣта и теплоты. Замкнутый въ тѣсныхъ пространствахъ и отдѣленный отъ другихъ помѣщеній, воздухъ въ зданіяхъ подобнаго рода скоро сдѣлался бы совершенно негоднымъ для дыханія, если бы не употреблялись спеціальныя искусственныя средства для весьма частаго возобновленія его. *Вентиляція* зданій принадлежитъ къ числу существенныхъ условій, которыя необходимо имѣть въ виду при постройкѣ зданій, имѣющихъ указанныя выше назначенія; между тѣмъ весьма часто обращаютъ на нее еще слишкомъ мало вниманія, считая ее второстепеннымъ дѣломъ.

Необходимо также заботиться о закрытіи доступа во внутрь жилищъ всякому испорченному воздуху и принять особыя мѣры предосторожности, чтобы внутренній воздухъ помѣщеній не могъ придти въ соприкосновеніе съ воздухомъ канализаціонныхъ трубъ, выгребныхъ ямъ и пр. Вентиляціонныя трубы постоянныхъ погребовъ, спускныя трубы дождевыхъ и домашнихъ водъ и отхожихъ мѣстъ могли бы сдѣлаться очагами заразы, еслибы у насъ не было надлежащихъ способовъ, помощью которыхъ можно во всякое время закрыть совершеннымъ образомъ сообщеніе между ними и обитаемыми помѣщеніями.

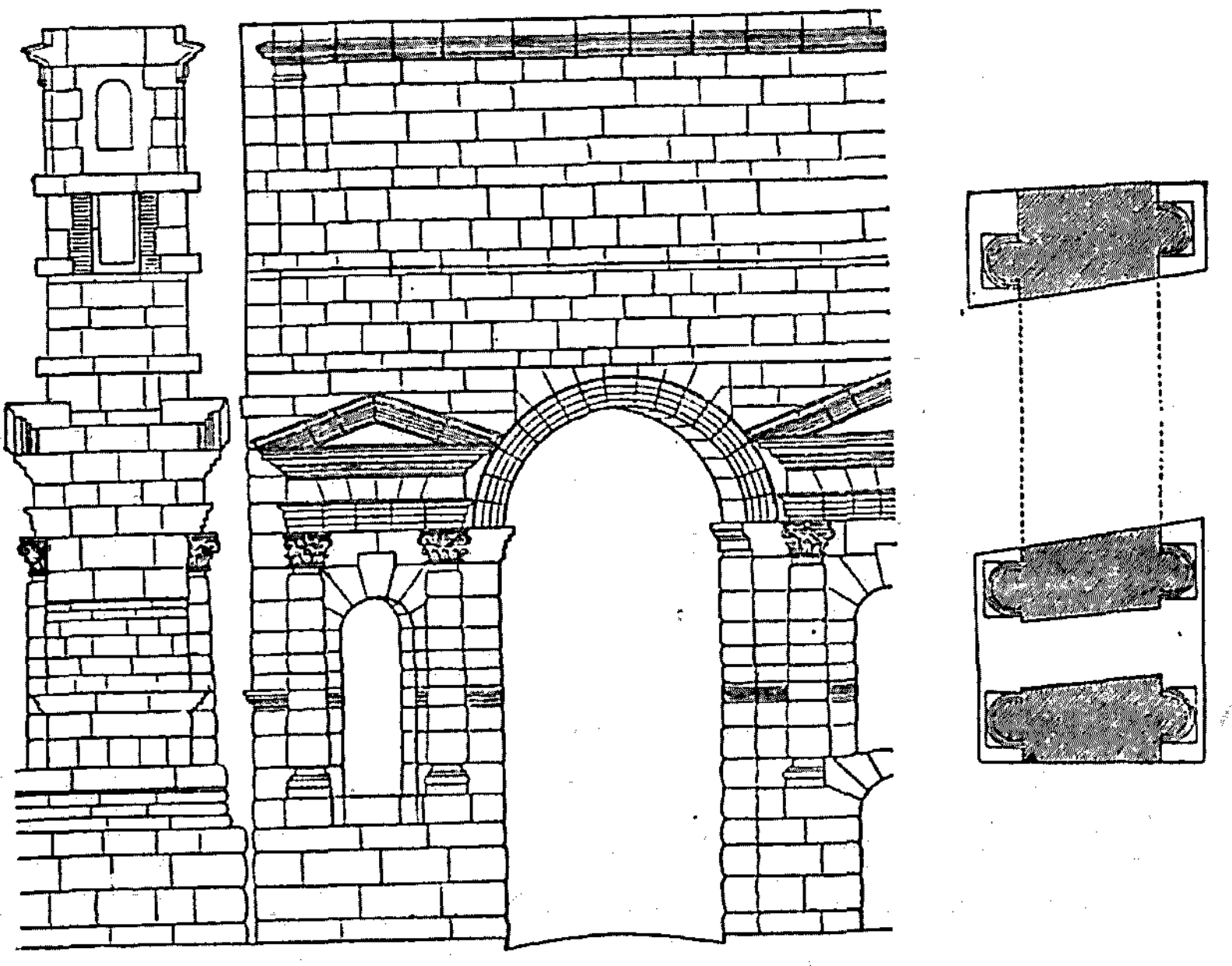
Для оздоровленія или ассенизаціи почвы прежде всего необходимо, точно также, какъ и для оздоровленія атмосферы, удалять, на сколько возможно скорѣе, всѣ твердые и жидкіе остатки, отбросы животныхъ и растеній, трупы животныхъ, гніющія или способныя къ разложенію вещества, грязь, отбросы домашняго хозяйства и всякаго рода образующійся неизбѣжно во всѣхъ городскихъ поселеніяхъ мусоръ, оставленіе коего неубраннымъ и послѣдующее разложеніе можетъ быть одною изъ самыхъ серьезныхъ причинъ зараженій.

Нѣкоторые санитарные дѣятели предлагали сожигать вещества способныя къ разложенію. Къ этимъ мѣрамъ относится также и проповѣдуемая многими въ послѣдніе годы «*кремація*» или *сожиганіе покойниковъ*. Этимъ средствомъ дѣйствительно достигается весьма быстрое и безопасное истребленіе тѣхъ веществъ, которыя при обык-

Водоснабженіе города Рима.

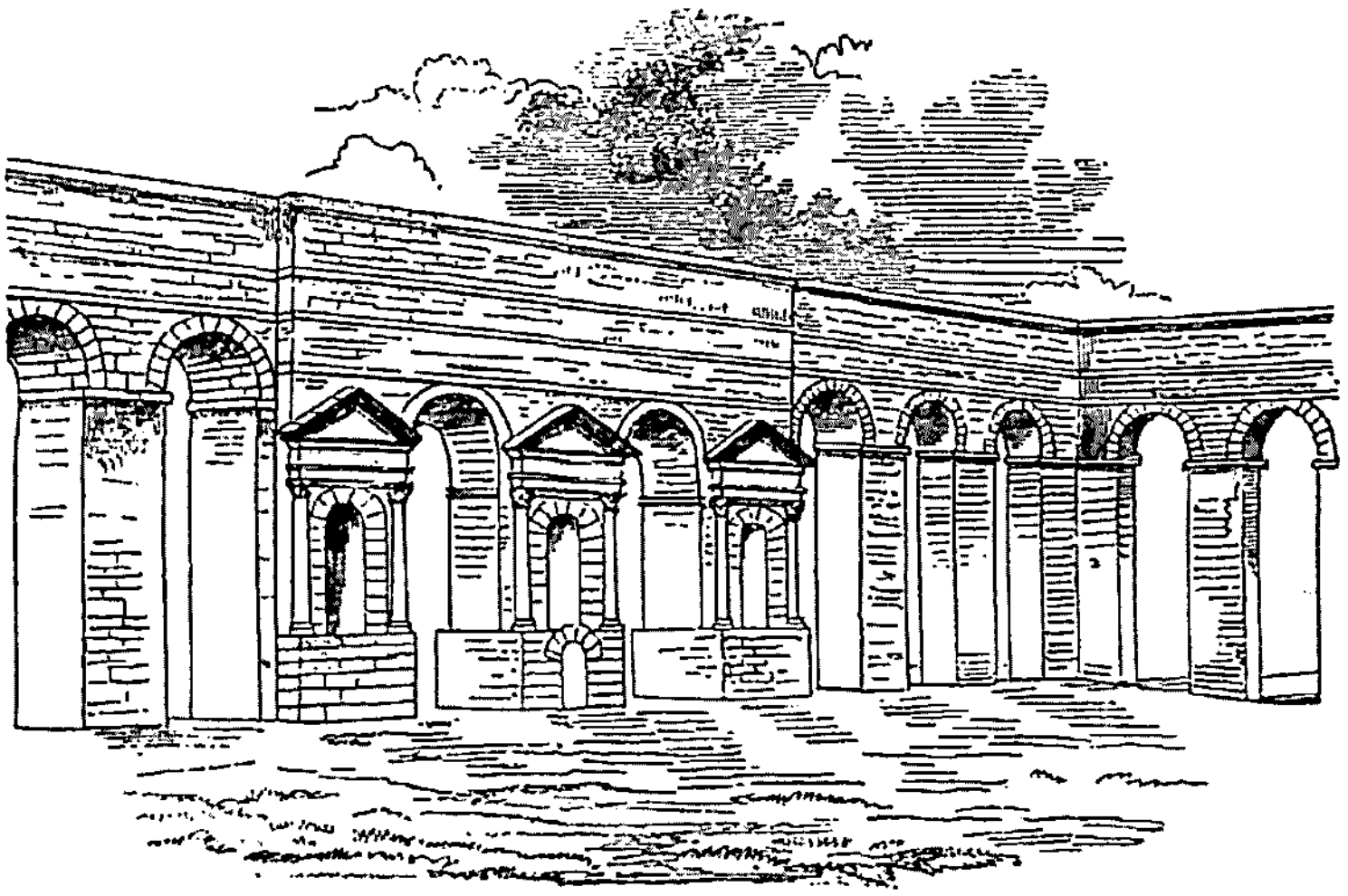


Черт. 12 и 13.—Общій водопроводный мостъ Aqua Anio Vetus и Aqua Claudia. Часть фасада и разрѣзъ (Cresy).

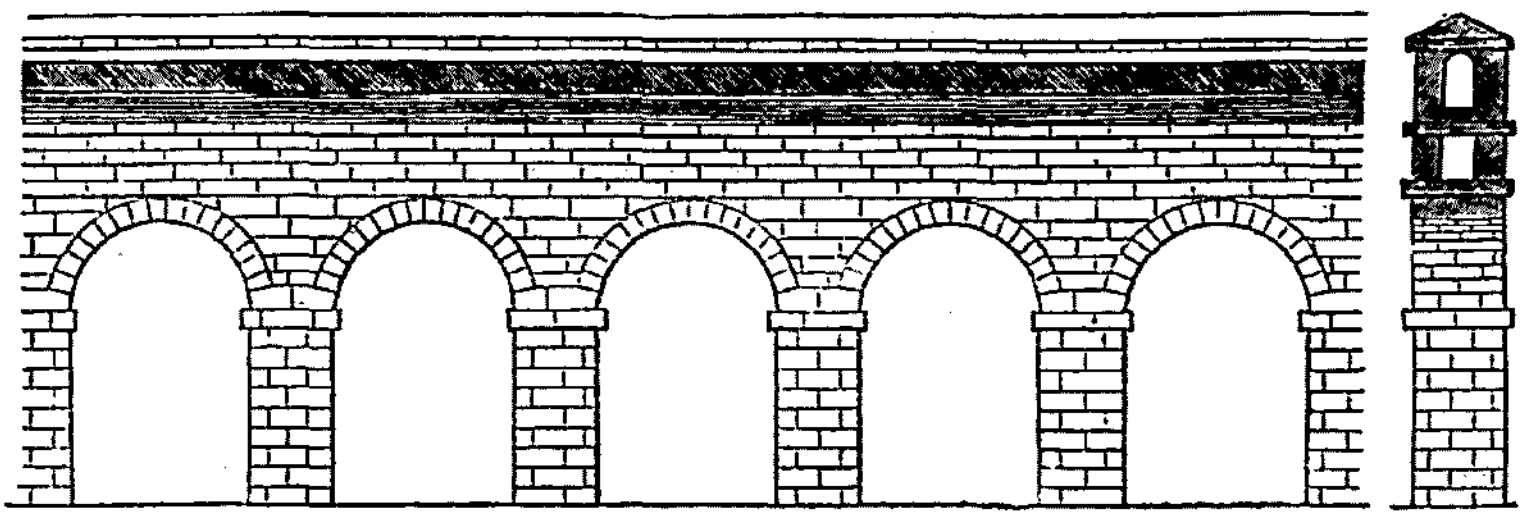


Черт. 14, 15 и 16. Общій водопроводный мостъ Aqua Claudia и Aqua Anio Novus. (Часть фасада, разрѣзъ и часть плана).

Водоснабженіе города Рима.



Черт. 17.—**Общій мостъ водопроводовъ Aqua Claudia и Aqua Anio Novus.** (См. черт. 14—16).



Черт. 18 и 19.—**Часть фасада и плана и разрѣзъ римскаго акведука Claudia и Anio Novus.** На немъ сходились два различныя водопровода, вода коихъ не смѣшивались, будучи разнаго качества. Общая длина водопровода Claudia (начатъ 481 г. по основаніи Рима) была 46406 римск. шаг., изъ коихъ 36230 — подъ землей и 10176 на аркадахъ; длина Anio Novus была 58700 рим. шаг., изъ нихъ 49300—подъ землей, 9300 на поверхности и 6491 на аркадахъ. Нѣкоторыя изъ нихъ имѣли болѣе 100 ф. вышины. Прежде чѣмъ войти въ акведукъ вода Anio Novus отстаивалась въ особомъ резервуарѣ (Cresy).

новенныхъ обстоятельствахъ уничтожаются дѣйствіемъ воздуха и почвы въ теченіи весьма продолжительнаго времени. Но въ большинствѣ случаевъ довольствуются тѣмъ, что располагаютъ *кладбища*, а также *бойни*, *свалочныя мѣста* и т. п. по возможности дальше отъ населенныхъ центровъ.

Запрещеніе устройства *выгребныхъ ямъ* и бездонныхъ колодцевъ для поглощенія нечистотъ, сооруженіе водостоковъ, усовершенствованныя системы удаленія нечистотъ — имѣютъ цѣлью предупредить вредоносное дѣйствіе жидкихъ остатковъ на почву и обезпечить быстрое удаленіе ихъ на дальнее разстояніе. Удаленіе пыли, грязи и отбросовъ домашняго хозяйства должно обезпечиваться при этомъ другими способами.

§ 5. Удаленіе твердыхъ отбросовъ, грязи и пыли.

Эта послѣдняя задача, которая на первый взглядъ кажется весьма простою, причиняетъ во многихъ городахъ весьма серьезныя затрудненія. Между системою, принятою въ Константинополѣ, гдѣ забота объ очисткѣ городскихъ улицъ отъ разныхъ отбросовъ и объ удаленіи остатковъ домашняго хозяйства предоставлена всецѣло бродячимъ собакамъ, и усовершенствованными сложными санитарными устройствами нѣкоторыхъ культурныхъ городовъ, есть еще много промежуточныхъ способовъ, болѣе или менѣе удовлетворительныхъ.

Вообще, устройство постоянныхъ свалокъ нечистотъ, *навозныхъ кучъ* и пр. должно быть также запрещено въ городахъ, какъ и устройство открытыхъ выгребовъ. Жители во французскихъ и германскихъ провинціальныхъ городахъ обязаны складывать домовый мусоръ на улицу, но лишь въ опредѣленные дни и въ извѣстные часы. Спеціальные рабочіе, вооруженные надлежащими инструментами, убираютъ немедленно грязь и всякія другіе твердые отбросы послѣ того, какъ *тряпичники* извлекутъ изъ нихъ все, что можетъ еще пригодиться для какого нибудь дѣла: тряпье, старую бумагу и т. д. Мусоръ этотъ увозится на телѣгахъ на отдаленныя свалочныя мѣста, гдѣ происходитъ разложеніе и вся масса превращается въ богатое удобреніе, которое охотно разбирается крестьянами.

Въ нѣкоторыхъ городахъ операція удаленія мусора является источникомъ дохода для общественнаго управленія. Во многихъ слу-

чаяхъ, гдѣ количество этихъ нечистотъ не слишкомъ значительно, удаленіе ихъ не требуется особенно часто и разстояніе перевозки не черезчуръ далеко, сосѣдніе земледѣльцы охотно берутъ на себя трудъ вывозки, засчитывая въ уплату городскому управленію свою работу въ качествѣ части договорной платы за получаемое ими удобреніе, или же принимая это удобреніе, какъ долю причитающагося имъ вознагражденія за удаленіе нечистотъ.

Въ Парижѣ, лѣтъ двадцать тому назадъ, городъ имѣлъ еще доходы отъ оплаты за пользованіе вывозкою отбросовъ домашняго хозяйства. Съ тѣхъ поръ они сдѣлались, напротивъ, предметомъ все болѣе и болѣе значительнаго расхода для городскаго бюджета (болѣе 2 милліоновъ франковъ въ годъ), хотя способъ вывозки не измѣнился. Ежедневно, рано утромъ, по всѣмъ городскимъ улицамъ проѣзжаютъ большія открытыя телѣги, принадлежащія подрядчикамъ, которые служатъ посредниками между городскимъ управленіемъ и земледѣльцами. Нагруженныя мусоромъ, телѣги доставляютъ его на мѣста свалки въ окрестностяхъ города или на станціи желѣзныхъ дорогъ, откуда онъ отправляется для удобренія полей, по различнымъ направленіямъ. Домовые отбросы дозволяется выносить на улицу лишь незадолго до назначеннаго времени для проѣзда мусорныхъ телѣгъ. Мусоръ долженъ помѣщаться въ ящикахъ особой формы, которые быстро опоражниваются особымъ небольшимъ механическимъ элеваторомъ, подвѣшеннымъ къ задку телѣги. Тряпичники имѣютъ право искать лишь въ ящикахъ, не выворачивая ихъ содержимаго.

Уличная же грязь, большею частью, спускается въ каналы водостоковъ.

При этихъ условіяхъ очистка производится быстро и довольно удовлетворительнымъ образомъ. Однако, нѣсколько разъ уже поднимался вопросъ о замѣнѣ открытыхъ телѣгъ крытыми фургонами, объ улучшеніи способа нагрузки и болѣе быстромъ отправленіи на станціяхъ. Также остается еще найти практическіе и удобные способы для удаленія домашнихъ отбросовъ изъ различныхъ этажей дома во дворъ, для облегченія ихъ уборки и храненія до того момента, когда они должны быть вынесены на улицу.

Въ нѣкоторыхъ городахъ за границей вывозка мусора и грязи образуетъ цѣлую службу, имѣющую свой личный составъ, инструменты

и склады и составляющую иногда источникъ дохода для городскаго управленія. Таковы, напримѣръ, условія въ нѣкоторыхъ частяхъ Лондона. Въ большинствѣ же случаевъ, напротивъ, содержаніе свалочныхъ мѣстъ причиняетъ значительный убытокъ администраціи города.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ удаленіе мусора представляется такимъ труднымъ дѣломъ, что прибѣгаютъ къ сожиганію его: спеціальныя устройства для этой цѣли существуютъ въ Манчестерѣ, Лидсѣ и Лондонѣ.

Въ Россіи мы находимся въ отношеніи уборки мусора и грязи въ совершенномъ младенчествѣ, даже въ столицахъ.

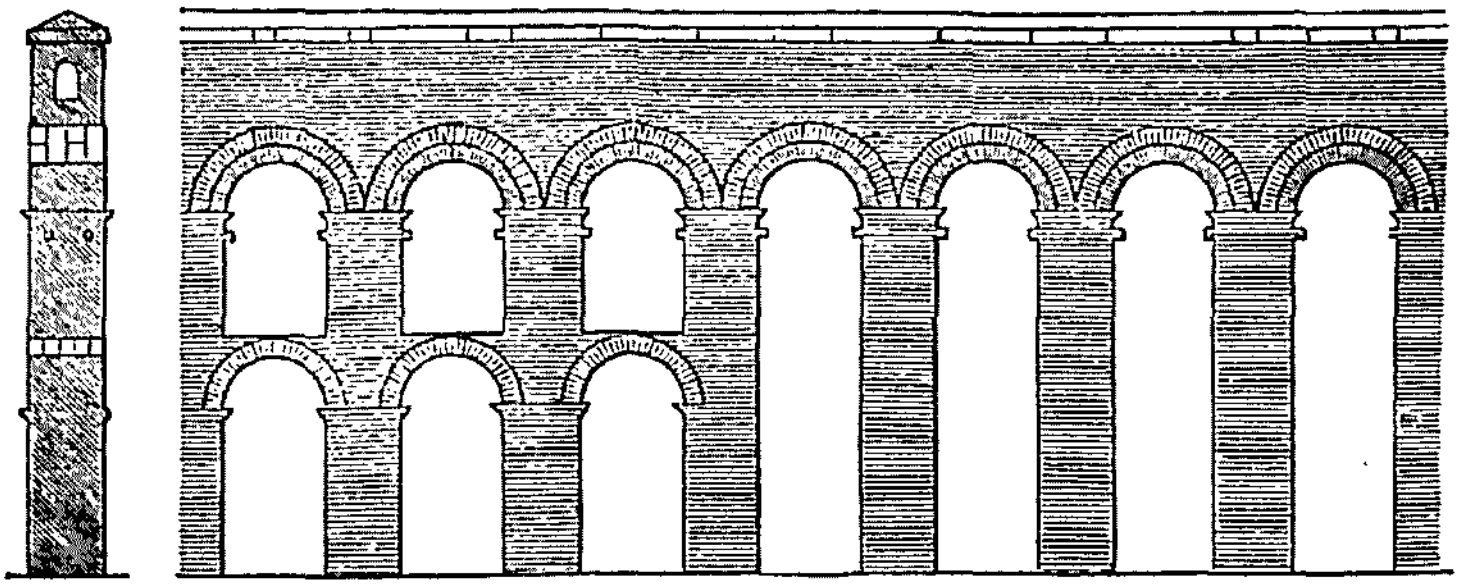
Какія бы мѣры ни были приняты для полнаго и быстраго удаленія твердыхъ отбросовъ, фактически невозможно достигнуть того, чтобы на городскихъ улицахъ не оставалась хотя бы малая часть этихъ отбросовъ. Правда, изъ этихъ остатковъ часть опять удаляется при метеніи улицъ, смывается дождями и уносится въ водостоки. Но нѣкоторая доля этихъ твердыхъ нечистотъ все таки остается, и эти остатки, обращаясь въ жидкую грязь, не замедлили бы пропитать верхній слой почвы и скоро совершенно загрязнили бы его, еслибы онъ не былъ хорошо защищенъ отъ проникновенія въ него органическихъ веществъ, соотвѣтственною *одеждою*.

Городскія улицы обдѣлываются въ видѣ шоссе, мостовыхъ, тротуаровъ—различною одеждою, соотвѣтствующею потребностямъ движенія. Эти способы обдѣлки въ большинствѣ случаевъ удовлетворяютъ указаннымъ выше санитарнымъ условіямъ, но не всѣ они въ одинаковой степени совершенны.

Нѣкоторыя обдѣлки совсѣмъ непроницаемы, напримѣръ *асфальтовыя и цементныя*, и вполнѣ защищаютъ нижній слой отъ проникновенія въ него органическихъ остатковъ.

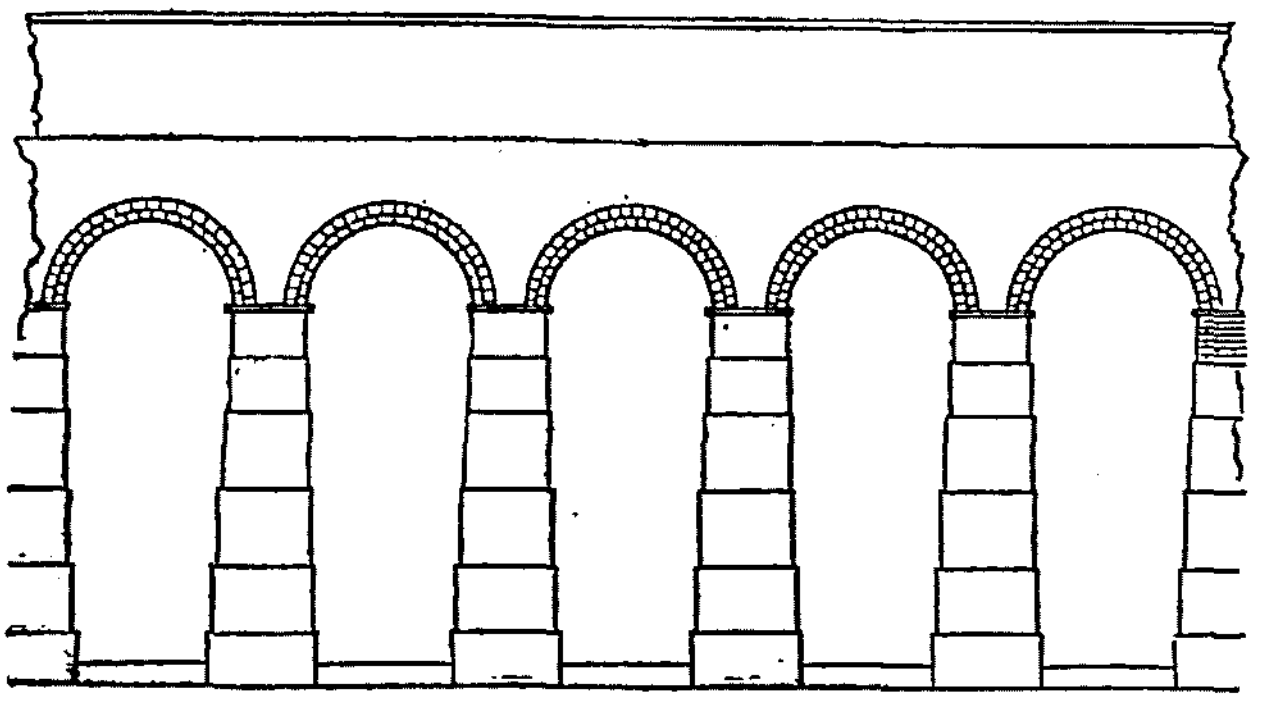
Менѣе совершенны другіе способы устройства одежды изъ непроницаемыхъ матеріаловъ, соединенныхъ, однако, такимъ образомъ, что между ними остается большее или меньшее количество швовъ. Въ послѣдніе, при нѣкоторыхъ условіяхъ, можетъ забираться вода, содержащая органическія примѣси, которыя затѣмъ подвергаются разложенію. Къ этой категоріи одеждъ принадлежитъ *булыжная мостовая*, которая при обыкновенныхъ условіяхъ не проницаема, но послѣ большихъ дождей песчаный слой въ швахъ между камнями иногда оказывается размытымъ или швы эти растрескиваются при

Водоснабженіе города Рима.

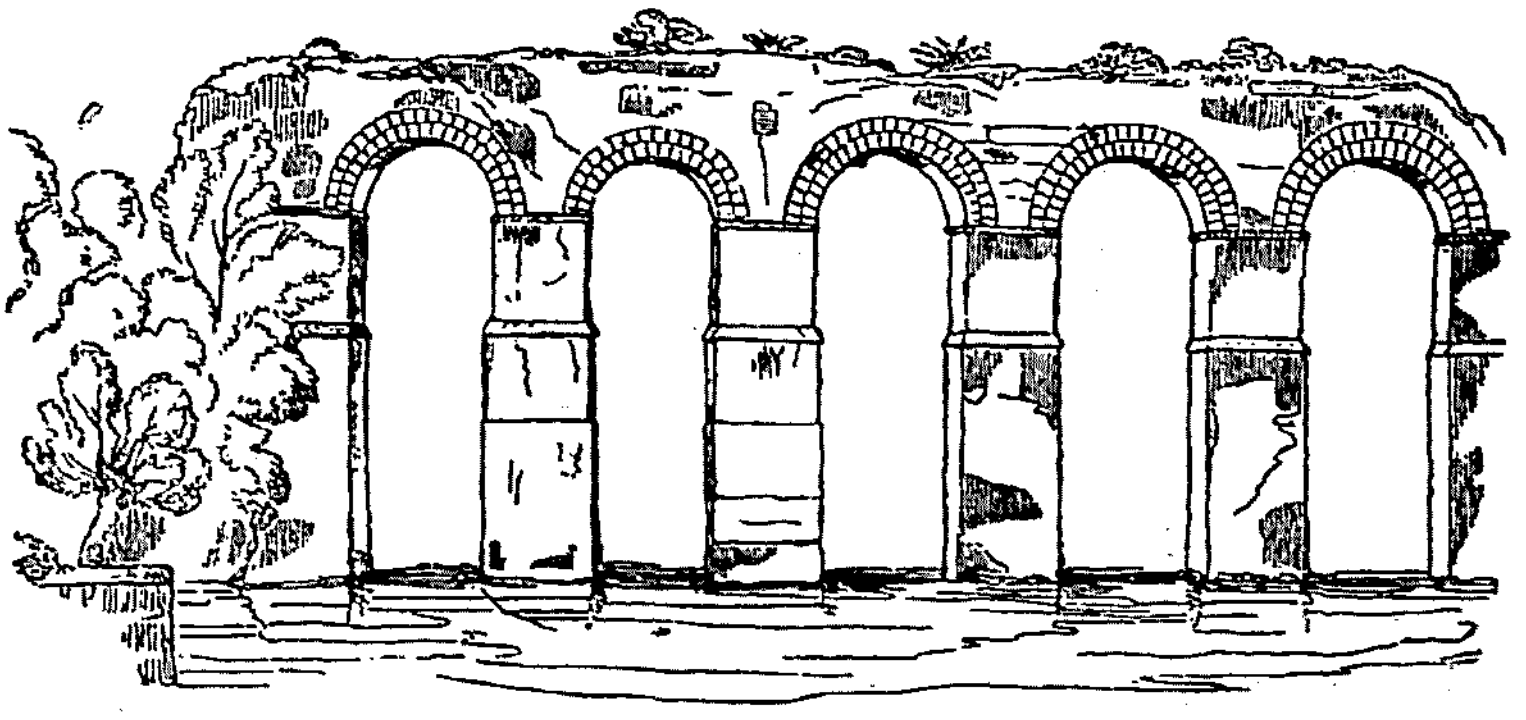


Черт. 20. — **Фасадъ и разрѣзъ водопроводнаго моста Alexandrina, построеннаго императоромъ Александромъ Северомъ въ III вѣкѣ до Р. Х.**

Водоснабженіе города Меца.



Черт. 21. — **Фасадъ моста акведука въ Jouy.**



Черт. 22.—**Общій видъ моста акведука въ Jouy въ полуразр. состояніи.**

Примѣчаніе: Къ черт. 21 и 22.—Мецкій водопроводъ Римлянъ имѣлъ въ длину 11373 туаза. Онъ доставлялъ городу воду ключей и пересѣкалъ р. Мозель мостомъ, представленнымъ на черт. 21 и 22 (Cresy).

внезапной оттепели. То же неудобство представлять каменная одежда въ видѣ шоссейнаго слоя, хотя и въ меньшей степени, такъ какъ въ шоссейной корѣ отдѣльные камешки или щебенки со всѣхъ сторонъ облѣплены пескомъ и швы между ними распредѣлены по всѣмъ направленіямъ и чрезвычайно малы.

Наконецъ, нѣкоторыя одежды составляются изъ матеріаловъ, непроницаемость которыхъ сама по себѣ не совершенна. Къ этому разряду относятся *досчатые тротуары* и *торцовыя мостовыя*. Даже въ томъ случаѣ, когда швы этихъ мостовыхъ заливаются асфальтомъ или цементомъ, полная непроницаемость не можетъ быть достигнута по причинѣ гигроскопичности и недостаточной долговѣчности самаго дерева. Неудивительно поэтому, что верхній слой такой мостовой, въ особенности на выбоинахъ, пропитывается иногда гнилостными веществами, что несомнѣнно должно вызывать неудобства, въ особенности во время жаровъ.

§ 6. Дренажъ почвы.

Дурнымъ условіемъ для гигіены города или участка является, вообще, существованіе подъ землею слоя грунтовыхъ водъ на *небольшой* глубинѣ.

Всѣ жидкія нечистоты, проникшія въ почву, вмѣсто того, чтобы просачиваться дальше, постепенно подвергаясь полному измѣненію, задерживаются стоячимъ слоемъ подпочвенныхъ водъ и загрязняютъ его. При этихъ условіяхъ у обывателей чаще всего является поползновеніе устраивать бездонные выгребы для спуска нечистотъ въ слой подземной воды, чтобы избѣгнуть расходовъ на очистку, и самыя строгія правила и бдительный надзоръ не въ состояніи совершенно прекратить подобныя, вредныя для общественнаго здоровья, злоупотребленія. Затѣмъ, малѣйшее разстройство и нарушеніе непроницаемости имѣющихъ дно выгребовъ, водостоковъ и пр. немедленно отражается загрязненіемъ предпочвеннаго слоя.

Уровень слоя грунтовыхъ водъ измѣняется въ зависимости отъ времени года и состоянія сухости или сырости атмосферы, и эти измѣненія вообще, какъ было указано, имѣютъ вредное вліяніе, съ точки зрѣнія санитарныхъ условій, потому что съ пониженіемъ уровня воды обнажаются загрязненные слои почвы, гніеніе кото-

рыхъ тогда ускоряется и, наоборотъ, при поднятіи уровня воды она приноситъ съ собою въ верхніе слои причины разложенія и зараженія. Весьма часто эти перемѣщенія уровня подпочвенныхъ водъ непосредственно вызываютъ болѣзни и эпидеміи, какъ объ этомъ уже упомянуто въ § 2.

Древніе знали о вредномъ вліяніи подпочвенныхъ водъ. Витрувій говоритъ о нихъ и совѣтуетъ бороться съ ними помощью *дренажа*.

Дѣйствительно, часто оказывается весьма полезнымъ понизить уровень грунтовыхъ водъ или дать имъ стокъ. Застоявшаяся вода тогда пріобрѣтаетъ подвижность и при возобновленіи ея въ почву переходитъ нѣкоторое количество кислорода, которое облегчаетъ процессъ постепенной переработки органическихъ веществъ.

Но до настоящаго времени случаи примѣненія дренажа въ городахъ еще весьма малочисленны. Въ нѣкоторыхъ довольно рѣдкихъ случаяхъ, при устройствѣ водостоковъ укладывали также дренажныя трубы, преимущественно въ тѣхъ же выемкахъ, рядомъ съ самыми водосточными трубами, или подъ ними, но безъ всякаго съ ними сообщенія. Это было сдѣлано, напримѣръ, въ Данцигѣ, въ нѣкоторыхъ участкахъ Мюнхена и въ различныхъ городахъ Англіи и Америки. Многочисленными наблюденіями установленъ фактъ весьма благопріятнаго вліянія дренажа на общественное здоровье и послѣ устройства его замѣчалось уменьшеніе числа заболѣваній чахоткою, тифозною горячкою, воспаленіемъ легкихъ и другими подобными болѣзнями.

§ 7. Водоснабженіе и водоудаленіе.

Явное вліяніе воды на благополучіе человѣческаго тѣла придаетъ ей совершенно особую важность. Она является необходимымъ проводникомъ новыхъ элементовъ, которые она доставляетъ организму, пробѣгая по всѣмъ частямъ его, затѣмъ она же уноситъ съ собою вещества, которыя не были усвоены организмомъ или выдѣляются различными его органами. Отсюда ясно вытекаетъ необходимость выбора для питья, по возможности, самой чистой воды. Это требованіе столь просто и естественно, что всѣми понимается какъ бы инстинктивно, и во всѣ времена, у всѣхъ народовъ, считалось такою безспорною истиной, противъ которой немыслимо было бы возражать.

Результаты новѣйшей науки также подтвердили самымъ положительнымъ образомъ, что вода, употребляемая для питья, имѣетъ громадное значеніе въ санитарномъ отношеніи. Едвали, по сему, какой-либо изъ санитарныхъ вопросовъ имѣетъ большее право на вниманіе гигіенистовъ, чѣмъ вопросъ о снабженіи городовъ доброкачественною водой.

Рядомъ съ заботами о доставленіи городскимъ жителямъ хорошей воды для питья, должно заботиться, какъ разъяснено выше, объ оздоровленіи самаго города, и въ числѣ всѣхъ дѣятелей, которыми можно пользоваться для достиженія этой цѣли, наиболѣе видная роль принадлежитъ опять-таки водѣ. Дождь очищаетъ атмосферу, отнимая отъ воздуха часть накопившихся въ немъ вредныхъ примѣсей. Затѣмъ, протекая по землѣ, на крышахъ и пр., дождевая вода увлекаетъ съ собою пыль и всякія другія мелкія частицы. Но дождь не можетъ освободить городскія улицы отъ всѣхъ нечистотъ, накопившихся въ разныхъ мѣстахъ. Для удаленія подобнаго рода частицъ мусора и грязи, которыя не могли быть смыты дождемъ или сметены вѣтромъ, необходимо прибѣгнуть къ искусственному воспроизведенію дождя, употребляя поливку и періодическую промывку улицъ, для чего необходимо имѣть обильное количество воды.

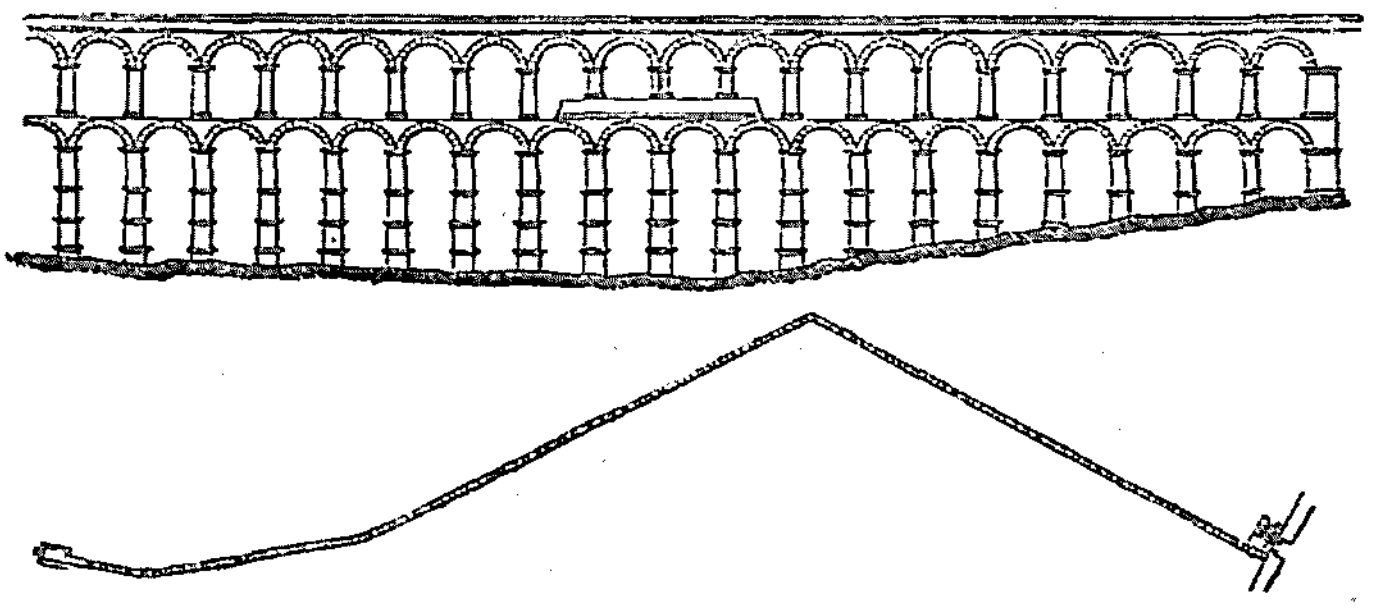
Къ этимъ главнымъ заботамъ — снабженію водою для питья и оздоровленію при помощи воды—присоединяется еще рядъ другихъ задачъ, которыя могутъ быть разрѣшены лишь при помощи воды и которыя составляютъ необходимое условіе человѣческой жизни и общественнаго здоровья: таковы доставленіе воды для домашняго употребленія, для варки пищи, для стирки и мытья всякаго рода, для бань и пр., и пр.

Вода, употребленная въ дѣло и содержащая различныя органическія примѣси, уже болѣе негодна къ употребленію, и, наоборотъ, присутствіе ея лишь вредно. Если ее оставить на мѣстѣ, то содержащіяся въ ней, въ видѣ раствора или просто въ формѣ мути, органическія вещества вскорѣ начнутъ разлагаться, распространяя дурной запахъ, вредныя испаренія и міазмы. Такая вода можетъ въ короткое время сдѣлаться серьезною причиною болѣзни. Поэтому необходимо заботиться о возможно быстромъ удаленіи этой воды, облегчая ей стокъ по поверхности земли или черезъ подземные каналы. Необходимо освободить отъ этой воды какъ жилища, такъ

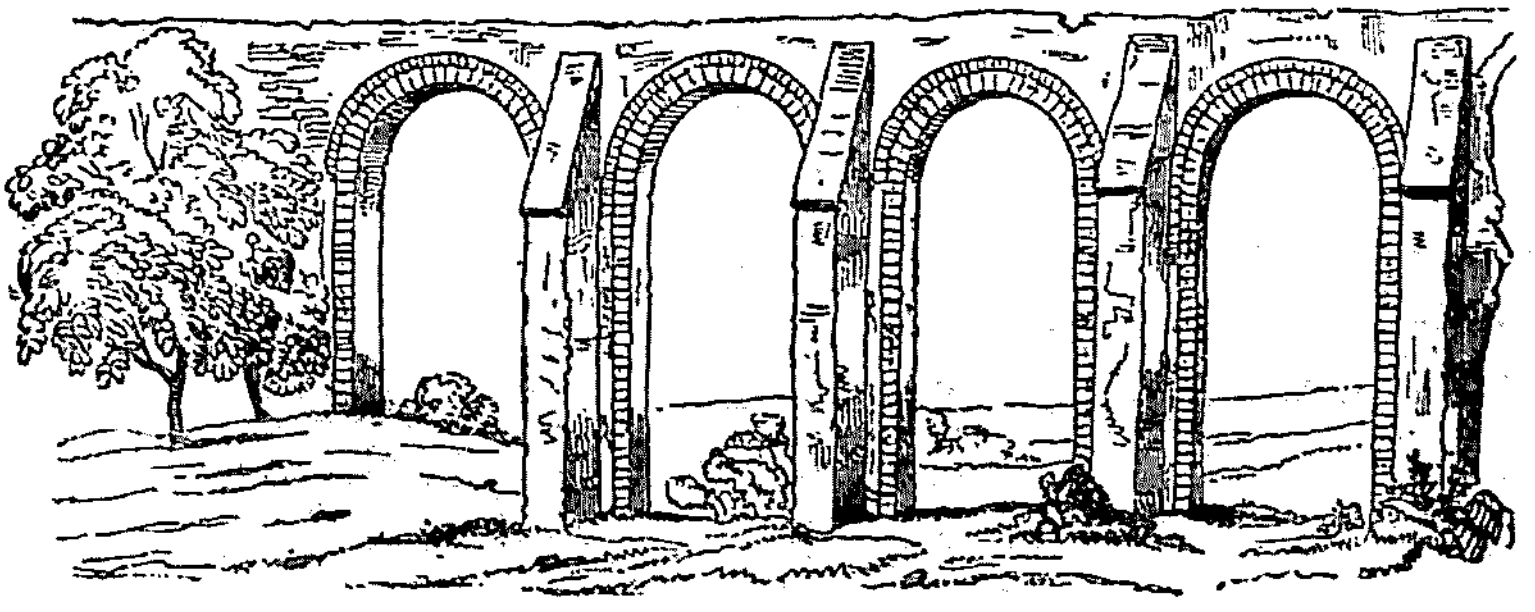
Водопроводные мосты древнихъ Римлянъ.



Черт. 23.—**Водопроводный мостъ близъ Volsci** (Этрурія). Время сооруженія точно неизвѣстно; его относятъ къ имперскому періоду.



Черт. 24. — **Водопроводный мостъ въ Сеговіи** (фасадъ и планъ). Построенъ Траяномъ. Кладка изъ отесанныхъ камней безъ раствора. Длина моста 2200 футъ. Высота до 100 футъ.



Черт. 25. — **Водопроводный мостъ Esterelle близъ Монса.** Его особенность контрфорсы у быковъ, вызванные сильными вѣтрами, дующими по долинѣ (Cresy).

и улицы и отвести ее въ возможно короткое время на такое разстояніе, чтобы разложеніе содержащихся въ ней органическихъ веществъ не могло имѣть вреднаго вліянія на здоровье населенія города.

Однако, этого еще недостаточно; слѣдуетъ опасаться, что загрязненная вода, стекая по естественному склону мѣстности, принесетъ заразу въ нѣкоторыя сосѣднія, ниже расположенныя мѣстности, раньше, чѣмъ естественные дѣятели освободятъ ее отъ содержащихся въ ней органическихъ веществъ и совершенно ее очистятъ. Поэтому можетъ оказаться необходимою *очистка* отработавшей воды искусственными способами.

Краткій обзоръ разнообразной дѣятельности воды въ городскихъ поселеніяхъ даетъ возможность усмотрѣть выдающуюся важность ея для дѣла охраненія народнаго здравія. Отсюда легко понять громадное значеніе всего того, что касается доставленія воды и снабженія ею, а также отведенія ея и очистки.

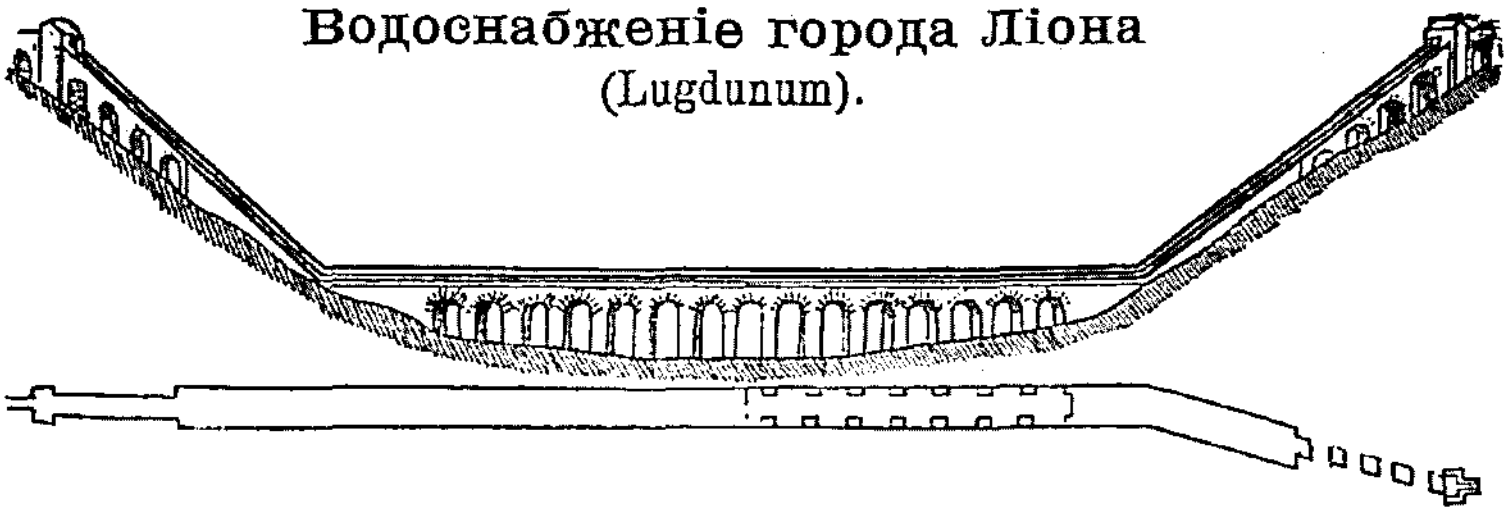
Дѣйствительно, въ городахъ пока еще весьма рѣдко производятся работы, направленныя къ очисткѣ воздуха и оздоровленію почвы: въ этомъ отношеніи чаще всего ограничиваются примѣненіемъ лишь нѣкоторыхъ полицейскихъ и административныхъ мѣръ, имѣющихъ цѣлью предупрежденіе порчи воздуха и зараженія почвы. Если иногда для этой цѣли и производятся какія-нибудь работы, то большею частью, лишь вслѣдствіе исключительныхъ обстоятельствъ, причемъ обыкновенно эти работы являются вспомогательными въ ряду болѣе важныхъ работъ другого характера.

Затѣмъ, способъ устройства дорожной одежды главнымъ образомъ примѣняется такой, который можетъ доставить наибольше удобствъ для движенія экипажей.

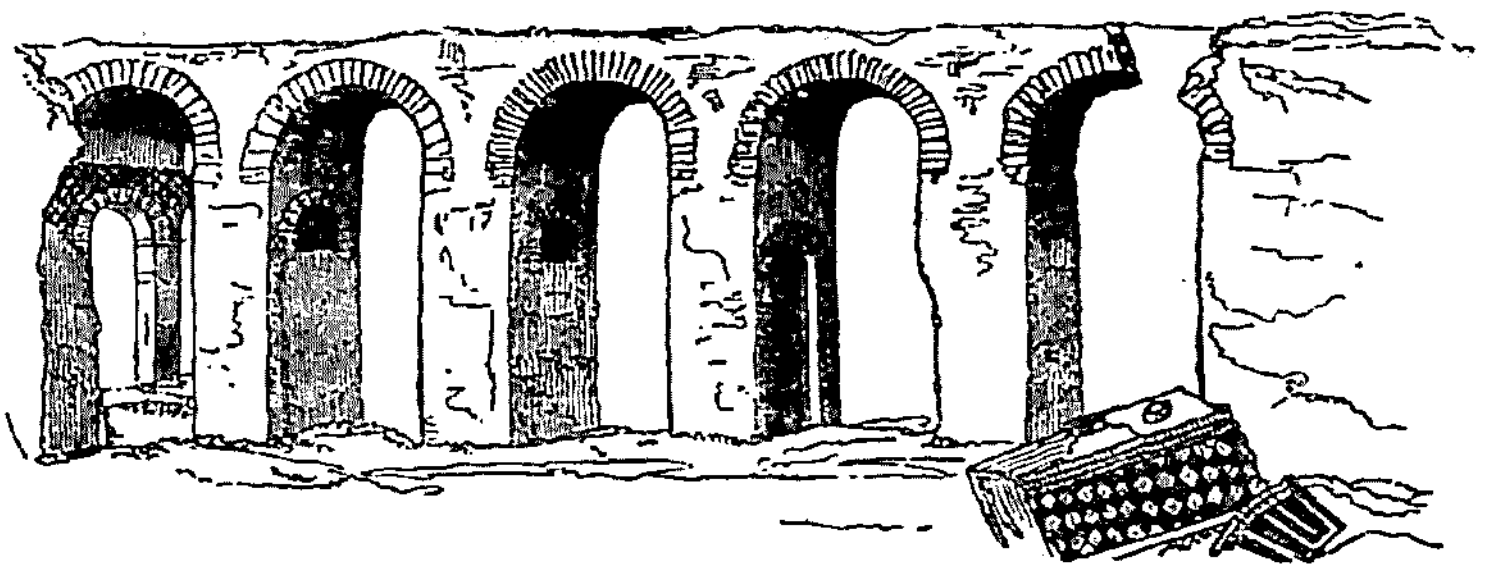
Разсадка деревьевъ, полезная въ санитарномъ отношеніи, производится главнымъ образомъ для украшенія города и доставленія пріятнаго отдыха жителямъ. Вентиляцію какого-либо зданія, сообразно его назначенію, устраиваютъ часто не при самой постройкѣ, а впослѣдствіи, когда опытъ выяснитъ нѣкоторые недостатки или неудобства, получающіеся вслѣдствіе недостатка чистаго воздуха. Наконецъ, дренажъ подпочвеннаго слоя подъ существующими жилищами предпринимается лишь въ чрезвычайныхъ случаяхъ, въ силу какихъ-либо настоятельныхъ для этого мотивовъ.

Но нельзя себѣ вообразить какой-либо изъ болѣе значительныхъ благоустроенныхъ современныхъ городовъ безъ *водоснабженія*, до-

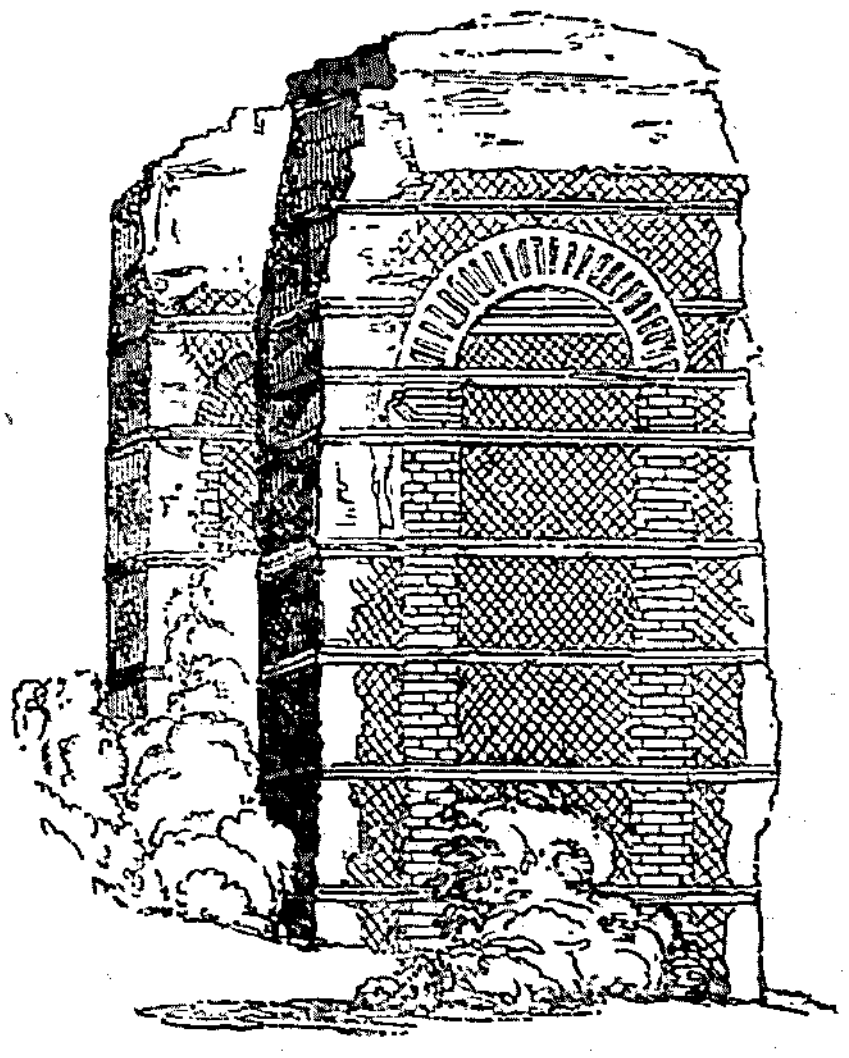
Водоснабженіе города Ліона (Lugdunum).



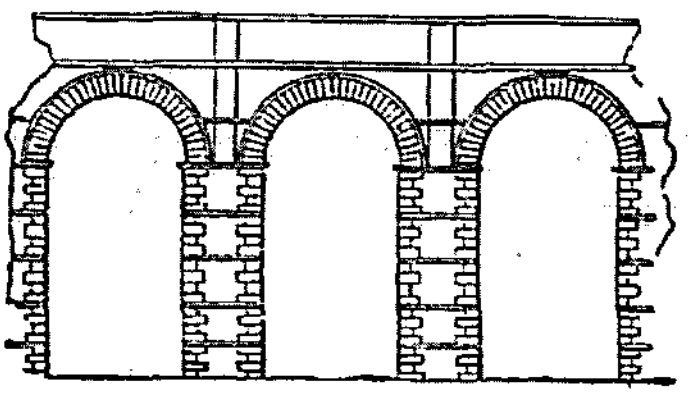
Черт. 26.—Фасадъ и планъ одного изъ мостовъ-сифоновъ водопровода Ліона.



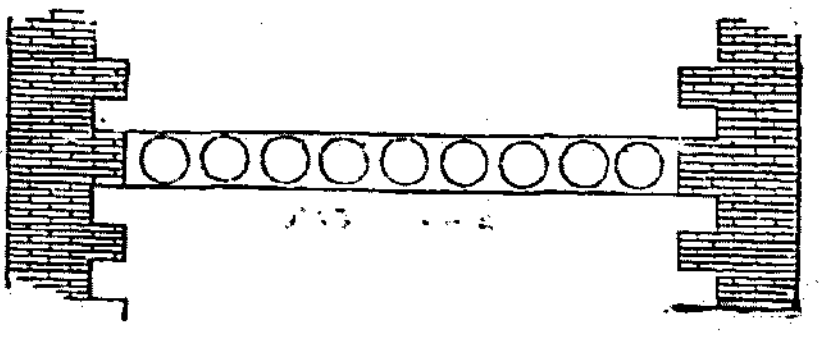
Черт. 27.—Видъ водопроводнаго моста St. Just въ Ліонѣ.



Черт. 28.—Современный видъ быковъ римскаго водопроводнаго моста въ Ліонѣ.



Черт. 29.—Фасадъ части водопроводнаго моста.



Черт. 30.—Деталь кладки быка.

Примѣчаніе къ черт. 26—30. Водоснабженіе Lugdunum'а Римлянъ (нынѣшняго Ліона) представляетъ ту замѣчательную особенность, что въ немъ большая роль была отведена мостамъ-сифонамъ, по которымъ вода переходила чрезъ долины, подъ напоромъ, при посредствѣ свинцовыхъ трубъ.

ставляющаго ко всѣмъ пунктамъ города необходимое количество воды для всякаго рода употребленія, для питья, мытья и другихъ хозяйственныхъ и гигіеническихъ потребностей,—и безъ *канализаціонной сѣти*, назначенной для удобнаго и быстраго удаленія воды, загрязненной органическими веществами.

И дѣйствительно, вода, являющаяся одновременно элементомъ питанія и дѣятелемъ для охраны здоровья, естественнымъ проводникомъ пищи и въ то же время—вредныхъ зародышей, точно такъ же, какъ и всякаго рода выдѣленій, — должна, безъ сомнѣнія, въ ряду другихъ необходимыхъ для жизни элементовъ, прежде всего привлекать къ себѣ вниманіе обитателей городовъ.

§ 8. Кругообращеніе воды въ городѣ.

Итакъ, съ одной стороны, общественное здравіе требуетъ, чтобы всѣмъ жителямъ города, въ какой бы части его они ни жили, доставлялась вода возможно лучшаго качества и въ такомъ количествѣ, которое во всякое время удовлетворяло бы всѣмъ ихъ потребностямъ; съ другой стороны, въ силу тѣхъ же требованій общественнаго здравія, необходимо, чтобы загрязненная различными вредными примѣсями и органическими веществами вода немедленно удалялась изъ домовъ, а затѣмъ возможно скорѣе была бы отведена на дальнее разстояніе отъ черты города.

Поэтому приходится установить въ городахъ родъ *непрерывнаго кругообращенія* или циркуляціи воды, и это система кругообращенія можетъ считаться однимъ изъ необходимыхъ условій жизни, однимъ изъ наиболѣе важныхъ правилъ гигіены.

Для этого требуется, чтобы чистая вода, доставляясь въ достаточномъ количествѣ каждому городу, непрерывно притекала въ различные его участки и распредѣлялась по всѣмъ домамъ и квартирамъ. Въ то же время отработавшая, загрязненная вода должна находить во всякомъ помѣщеніи выходное устье, черезъ которое она вытекала бы и, соединяясь съ грязными водами изъ сосѣднихъ обитаемыхъ помѣщеній, постепенно сливалась съ водой, притекающей изъ другихъ участковъ города, чтобы, наконецъ, общею массою излиться въ такое мѣсто, гдѣ она уже не можетъ причинить вреда.

Легко понять, что подобная полная система циркуляціи требуетъ сложныхъ и разнообразныхъ устройствъ, изъ которыхъ одни должны собирать воду изъ источниковъ водоснабженія, проводить ее и непрерывно собирать въ назначенныхъ для этого мѣстахъ для образованія необходимаго запаса; другія устройства должны быть назначены для распредѣленія воды, сначала по отдѣльнымъ участкамъ, а затѣмъ по развѣтвляющимся почти до безконечности, все болѣе и болѣе мелкимъ проводамъ, для доставленія къ безчисленнымъ отверстіямъ, откуда она разбирается для употребленія; наконецъ, еще одинъ рядъ устройствъ долженъ собирать грязныя воды во всѣхъ мѣстахъ, гдѣ онѣ образуются, отводить ихъ сначала помощью отдѣльныхъ пріемниковъ, которые, соединяясь, образуютъ систему послѣдовательно сливающихся и увеличивающихся проводовъ, такъ что въ концѣ концовъ отработавшая вода общею массою течетъ въ водостокъ большаго сѣченія, который и выводитъ ее за предѣлы города.

Часто сравниваютъ эту систему циркуляціи воды въ городахъ съ движеніемъ крови въ организмѣ животнаго.

Какъ въ одномъ, такъ и въ другомъ случаѣ, жизненная жидкость протекаетъ и распредѣляется по полной системѣ каналовъ, развѣтвленій и сосудовъ все меньшаго и меньшаго діаметра и, наконецъ, черезъ мельчайшія трубки достигаетъ тѣхъ пунктовъ, гдѣ происходятъ превращенія, существенно необходимыя для правильнаго функціонированія различныхъ частей организма. Затѣмъ, отслуживши своему назначенію, измѣнившись въ составѣ, вслѣдствіе употребленія въ дѣло, принявши въ себя безполезныя или вредныя вещества, выдѣляемыя тѣмъ самымъ организмомъ, которому она принесла жизнь, эта же жидкость, продолжая свое движеніе, переходитъ въ рядъ другихъ каналовъ, сначала весьма узкихъ и многочисленныхъ, а затѣмъ все болѣе и болѣе расширяющихся и объединяющихся въ небольшое число проводовъ, и наконецъ изливается въ общіе отводные стволы, которые приводятъ ее въ соприкосновеніе съ естественными дѣятелями, имѣющими назначеніе оживлять ее для новаго употребленія.

Водоснабженіе и сѣть водопроводовъ соотвѣтствуютъ *системѣ артерій*; водосточныя трубы, отводные каналы и коллекторы образуютъ *систему венъ*.

§ 9. Водоснабженіе двойное и одиночное.

Сначала человѣкъ употреблялъ воду только для утоленія жажды; онъ нуждался въ небольшомъ количествѣ ея и былъ не всегда разборчивъ относительно ея качества. Затѣмъ постепенно развивается потребность къ опрятности, человѣкъ при этомъ употребляетъ больше воды, которую онъ хочетъ имѣть свѣжею и чистою. Впослѣдствіи онъ научается пользоваться водою для разнообразныхъ потребностей: онъ употребляетъ ее для варки пищи, для мытья своей одежды; вскорѣ онъ начинаетъ ее утилизировать въ качествѣ движущей силы и проч. Съ каждымъ шагомъ впередъ человѣческой промышленности открывается новый способъ употребленія воды до того момента, когда она дѣлается необходимымъ элементомъ въ домахъ, на улицахъ, въ мастерскихъ, и, наконецъ, превращается въ одно изъ наиболѣе драгоцѣнныхъ средствъ къ охраненію общественнаго здравія.

Въ современныхъ городахъ водоснабженіе должно удовлетворять такимъ образомъ весьма различнымъ и многообразнымъ потребностямъ.

На первомъ мѣстѣ слѣдуетъ поставить снабженіе водою для *домашняго употребленія*, причемъ наиболѣе важна вода, употребляемая для *питья*. Есть мѣстности, гдѣ пьютъ мало воды: въ сѣверныхъ странахъ, напримѣръ, обыкновенное питье составляетъ пиво, сидръ и другія жидкости, получаемыя посредствомъ броженія, такъ что въ этихъ краяхъ относительно мало придаютъ значенія вкусу, свѣжести и чистотѣ воды для питья. Въ другихъ мѣстахъ, а въ особенности въ южныхъ краяхъ, вода, напротивъ, есть обыкновенный напитокъ, и поэтому качества ея весьма высоко цѣнятся. Но повсюду вода употребляется для мытья тѣла, для варки пищи и различныхъ относящихся къ этому потребностей, для стирки бѣлья, для содержанія въ чистотѣ комнатъ, для чистки дворовъ и пр.; затѣмъ идетъ водопой домашнихъ животныхъ, поливка садовъ и огородовъ и пр. Наконецъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ домахъ водою пользуются, какъ движущею силою, и въ этомъ отношеніи наиболѣе извѣстнымъ примѣромъ могутъ служить гидравлическія подъемныя машины, которыя въ послѣдніе годы распространяются въ большихъ городахъ.

Въ то же время водоснабженіе должно удовлетворять разнообразнымъ *общественнымъ нуждамъ*. Водою изъ водопроводовъ поль-

зуются для санитарныхъ цѣлей—поливки и очистки улицъ, промывки водосточныхъ канавъ и пр., для украшенія и освѣженія мѣстъ отведенныхъ для прогулокъ — поливки деревьевъ, питанія фонтановъ, а также, въ интересахъ безопасности—для тушенія пожаровъ.

Затѣмъ слѣдуютъ различныя *промышленныя потребности*, столь разнообразныя, что ихъ невозможно перечислить даже приблизительно: нѣтъ ни одной мастерской, въ которой вода не играла бы важной роли, ни одной фабрики, гдѣ бы она не примѣнялась.

Изъ приведеннаго выше краткаго разсмотрѣнія разнообразныхъ назначеній воды вытекаетъ, что разнообразные случаи пользованія ею можно раздѣлить на двѣ различныя категоріи.

Въ однихъ случаяхъ вода непосредственно или посредственно приводится въ соприкосновеніе съ нашими органами, и при этихъ условіяхъ заботы объ общественномъ здравіи возлагаютъ на насъ обязанность требовать, чтобы получаемая вода была совершенно чиста, такъ что возможность присутствія въ водѣ вредныхъ примѣсей не должна быть допущена.

Въ другихъ случаяхъ, гдѣ вода употребляется для мытья и вообще чистки всякаго рода, а также для другихъ цѣлей, съ примѣненіемъ нагрѣванія или химическихъ дѣйствій, абсолютная чистота воды не составляетъ необходимости. Изъ этого не слѣдуетъ, что мы должны отказаться отъ стремленія достать для указанныхъ цѣлей по возможности наиболѣе чистую воду, такъ какъ для нѣкоторыхъ промышленныхъ цѣлей въ этомъ отношеніи существуютъ весьма серьезныя требованія. Такъ, напримѣръ, для питанія паровыхъ котловъ заслуживаетъ предпочтеніе вода, содержащая наименьшее количество солей; но родъ микробовъ, которые могутъ содержаться въ этой водѣ, для насъ безразличенъ. Вообще для удовлетворенія потребностей, относящихся ко второй категоріи, можно пользоваться встрѣчающеюся въ большинствѣ случаевъ, водою.

Такимъ образомъ, можно разсматривать воду, назначенную для снабженія города, съ двухъ точекъ зрѣнія, отличая ту воду, которая назначена къ употребленію для санитарныхъ цѣлей въ тѣсномъ смыслѣ слова, причемъ качество ея безусловно должно имѣть вліяніе на общественное здоровье, отъ той воды, которая назначена для употребленія съ другими цѣлями, причемъ чистота ея гораздо менѣе важна, чѣмъ количество.

Съ одной стороны нужна вода *для питья*, беря это слово въ весьма широкомъ смыслѣ, съ другой стороны — вода для мытья и другихъ подобныхъ примѣненій, или *вода для промышленныхъ цѣлей*. Въ Германіи эти два разряда воды получили различныя названія, нынѣ общепринятыя, Trinkwasser—вода для питья, и Nutzwasser—вода для промышленнаго употребленія.

Совокупность всѣхъ устройствъ, назначенныхъ для доставленія необходимой воды для частныхъ, общественныхъ и промышленныхъ потребностей цѣлой группы жилищъ, чаще всего—цѣлаго города или нѣсколькихъ сосѣднихъ поселеній, а въ болѣе рѣдкихъ случаяхъ—отдѣльной части какого-нибудь города, называется *водопроводомъ*.

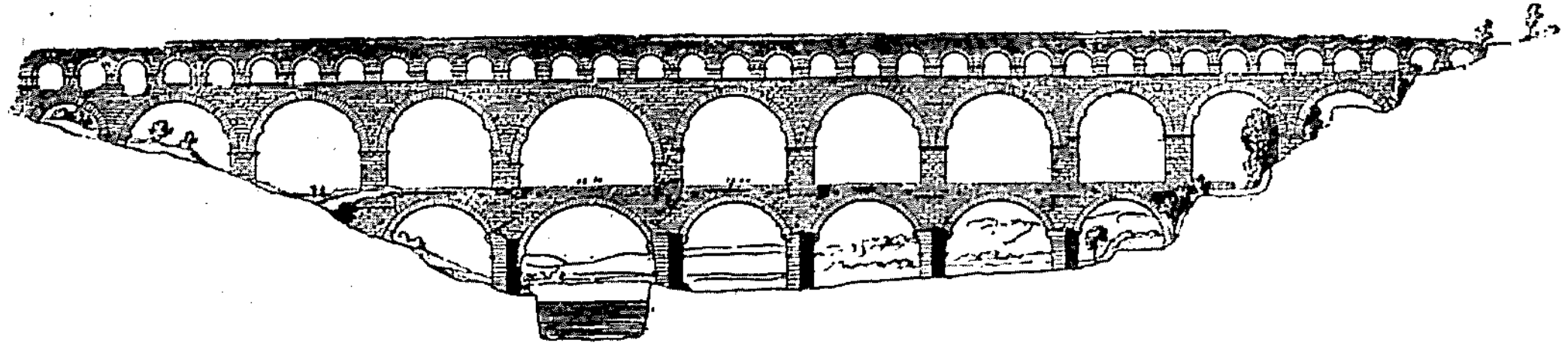
Выборъ источника, изъ котораго заимствуется вода, и общее расположеніе необходимыхъ сооруженій должны быть проектированы такъ, чтобы по возможности удовлетворить наилучшимъ образомъ всѣмъ главнымъ требованіямъ. Если, какъ это часто бываетъ, всѣ поставленныя условія не могутъ быть одновременно удовлетворены въ самой полной мѣрѣ, тогда необходимо съ точностью опредѣлить тѣ условія, которыя имѣютъ наибольшее значеніе и непремѣнно должны быть выполнены, безъ чрезмѣрнаго ущерба для тѣхъ или другихъ поставленныхъ требованій. Соотвѣтственно этимъ заданіямъ составляется проектъ и исполняются работы.

Иногда по санитарнымъ соображеніямъ приходится совершенно отказаться отъ такого проекта, который былъ бы превосходенъ во всѣхъ другихъ отношеніяхъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ необходимо рѣшиться на самыя тяжелыя денежныя жертвы, для предотвращенія санитарныхъ неудобствъ, если существуетъ опасность, что непринятіе своевременныхъ мѣръ можетъ повлечь за собою вредъ для общественнаго здоровья. Иногда наоборотъ приходится мириться съ нѣкоторыми неудобствами, не быть даже, особенно щепетильными въ требованіяхъ относительно абсолютной чистоты воды и т. п., напр., когда дѣло идетъ прежде всего о доставленіи въ достаточномъ количествѣ необходимой воды для промышленныхъ нуждъ.

Не смотря на разнообразіе потребностей и множество различныхъ условій, иногда совершенно противоположныхъ, которыя представляются при устройствѣ водоснабженія, слѣдуетъ предпочитать вообще систему *одиночнаго водоснабженія*; та же самая вода при

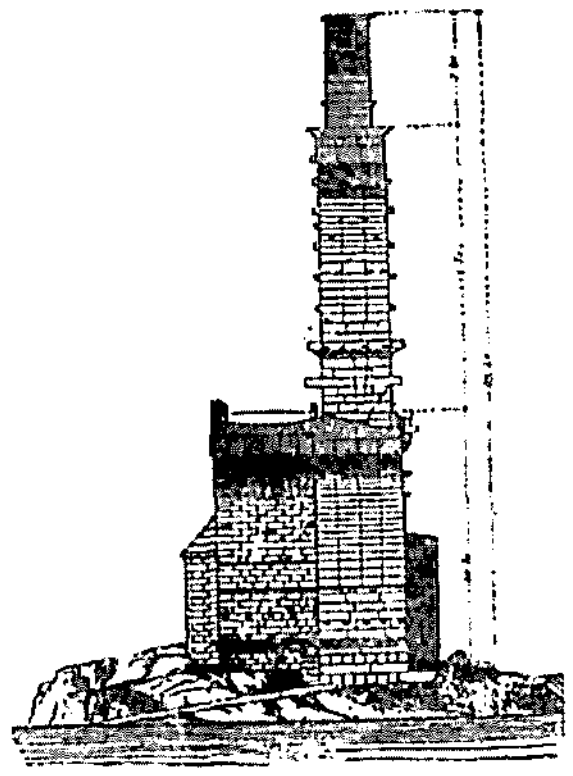
Водоснабженіе города Нима (Франція).

Гардскій мостъ (Pont du Gard).



Черт. 31. — **Фасадъ Гардскаго водопроводнаго моста въ современномъ состояніи** (Debauve).

Поясненіе: Гардскій мостъ — одинъ изъ первыхъ водопроводныхъ мостовъ, построенныхъ римлянами внѣ Италіи. Онъ считается однимъ изъ шедевровъ римскаго зодчества. Высота уровня воды въ акведукѣ надъ уровнемъ воды въ рѣкѣ болѣе 157 футъ; полная высота болѣе 161 фута; длина поверху болѣе 885 футъ. Онъ входитъ въ составъ гровитаціоннаго водопровода общей длиной 134.575 футъ, которымъ снабжался водой городъ Нимъ. Водопроводъ имѣлъ еще нѣсколько другихъ мостовъ акведуковъ, нынѣ разрушенныхъ. Гардскій мостъ построенъ изъ тщательно отесанныхъ камней, положенныхъ *безъ раствора;* цементированъ только кюветъ водопроводнаго канала. Уклонъ поверхности воды былъ—0,0004 (Cresy).



Черт. 32.

Разрѣзъ Гардскаго водопроводнаго моста въ современномъ состояніи.

этомъ служитъ для всѣхъ родовъ потребленія и доставляется всѣмъ жителямъ одною сѣтью водопроводовъ. Система эта заслуживаетъ предпочтенія по ея простотѣ, дешевизнѣ первоначальнаго устройства и эксплоатаціи и легкости содержанія. Она оказывается единственною цѣлесообразною, когда дѣло идетъ о доставленіи воды поселенію небольшихъ или среднихъ размѣровъ, причемъ необходимо достигнуть этой цѣли возможно скорѣе и проще и не имѣется особыхъ препятствій для полученія достаточнаго количества воды удовлетворительнаго качества.

Но во всѣхъ большихъ городахъ, гдѣ, по разнообразію потребностей, нельзя удовлетворить ихъ однимъ водопроводомъ и необходимо пользоваться нѣсколькими отдѣльными водопроводами, равно и въ тѣхъ поселеніяхъ, гдѣ часть воды уже доставляется существующими водопроводами, но вслѣдствіе развитія города настала необходимость обратиться къ дополнительному водоснабженію, а также во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда вода, добываемая съ легкостью, отличается низкимъ качествомъ, или когда полученіе чистой воды обходится очень дорого, тогда правильно будетъ обратиться къ системѣ *двойнаго водоснабженія*, т. е. устроить двѣ отдѣльныя полныя и параллельныя сѣти трубъ, изъ которыхъ одна доставляла бы чистую воду, назначенную для питья и употребленія въ домашнемъ хозяйствѣ, а другая менѣе доброкачественную воду для мытья, для снабженія фонтановъ, поливки улицъ и другихъ городскихъ потребностей, а также для промышленныхъ цѣлей. Это раздѣленіе устройствъ, конечно, усложняетъ дѣло и затрудняетъ эксплоатацію, но тѣмъ не менѣе оно можетъ оказаться иногда весьма выгоднымъ. Принципъ этого раздѣленія является, впрочемъ, естественнымъ слѣдствіемъ указаннаго выше различія между двумя назначеніями воды, доставляемой водоснабженіемъ.

Выборъ между этими двумя системами, конечно, совершенно зависитъ отъ мѣстныхъ условій, и по этому предмету нельзя дать никакихъ общихъ указаній. Въ каждомъ частномъ случаѣ, въ зависимости отъ мѣстныхъ обстоятельствъ и особыхъ требованій, необходимо разсмотрѣть предварительно различные способы рѣшенія поставленной задачи и затѣмъ, послѣ тщательнаго сравненія, выбрать тотъ способъ, который кажется наиболѣе подходящимъ.

§ 10. Задача канализаціи городовъ.

Быстрое удаленіе грязныхъ водъ, которыя неминуемо въ скоромъ времени стали бы вредными, есть необходимое продолженіе всякаго водоснабженія; къ *водоснабженію* должна присоединиться *ассенизація* при посредствѣ *водостоковъ* или *канализація* города, чтобы образовать тотъ кругооборотъ, ту непрерывную циркуляцію, о важномъ значеніи которой для оздоровленія городовъ сказано было выше.

Воды, употребленныя въ домашнемъ хозяйствѣ, *помои*, выпускаемые изъ домовъ, воды, выпускаемыя изъ фабрикъ, наконецъ, человѣческія изверженія—нечистоты изъ отхожихъ мѣстъ и ватерклозетовъ, всѣ это вмѣстѣ составляютъ *сточныя воды*, отъ которыхъ необходимо освобождаться съ наивозможно большею скоростью.

Къ этому количеству грязныхъ водъ, относительно небольшому и почти постоянному, слѣдуетъ прибавить весьма перемѣнный притокъ *дождевыхъ водъ*. Дождевую воду часто собираютъ и употребляютъ для хозяйственныхъ цѣлей; но въ городахъ вода эта такъ загрязняется, что ее нельзя не считать вредною, и повсюду, гдѣ устроено водоснабженіе, скоро перестаютъ пользоваться дождевою водою и помышляютъ лишь о томъ, чтобы возможно скорѣе и легче отъ нея освободиться.

Обильный и продолжительный ливень совершенно смываетъ нечистоты съ поверхности улицъ и въ значительной мѣрѣ содѣйствуетъ очищенію ихъ; менѣе продолжительные и слабые дожди дополняютъ поливку, производятъ естественную промывку сточныхъ канавъ и облегчаютъ очистку всѣхъ каналовъ, назначенныхъ для отвода вредныхъ водъ. Дождь такимъ образомъ слѣдуетъ считать вспомогательнымъ средствомъ ассенизаціи.

Но, съ другой стороны, количество дождевыхъ водъ, выпадающихъ во время грозы на данной площади, на столько превосходитъ количество грязныхъ водъ, доставляемыхъ тою же площадью, даже въ густо населенныхъ городахъ, что при условіи отвода дождевыхъ водъ приходится придавать сооруженіямъ городской ассенизаціонной сѣти гораздо большіе размѣры, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда сѣть эта служила бы лишь для стока нечистотъ и водъ домашняго хозяйства. Такимъ образомъ, смотря по обстоятельствамъ, дождевыя

воды могутъ играть роль весьма важнаго вспомогательнаго средства ассенизаціи или значительной для нея помѣхи.

Весьма часто, однако, стараются утилизировать дождевыя воды для ассенизаціи города и водосточную сѣть устраиваютъ такимъ образомъ, чтобы по каналамъ ея могли стекать одновременно всѣ грязныя воды вмѣстѣ съ дождевыми (общe-сплавная система).

Но въ послѣднее время, въ особенности въ Англіи и въ Америкѣ, удаляютъ отдѣльно дождевыя и отдѣльно домашнія воды вмѣстѣ съ нечистотами, устраивая для этого двѣ совершенно независимыя сѣти различнаго характера и состоящія изъ совершенно обособленныхъ сооруженій; устройство подобной *раздѣльной системы* водостоковъ оправдывается при этомъ приведенными выше соображеніями о роли дождевыхъ водъ.

Для правильнаго стока въ водосточные каналы всѣхъ попадающихъ на поверхность улицъ грязныхъ водъ, а равно и всѣхъ дождевыхъ водъ, необходимо придать соотвѣтственную профиль поверхности улицъ. Въ этомъ отношеніи современное устройство мостовыхъ, въ серединѣ выпуклыхъ, съ лотками съ обѣихъ сторонъ и возвышенными троттуарами для пѣшеходовъ, значительно лучше старинной постройки улицъ, покатыхъ отъ обоихъ краевъ къ серединѣ, съ срединнымъ лоткомъ. Продольные уклоны должны быть достаточны, чтобы не могло образоваться застоя воды, и чтобы всѣ воды въ самое короткое время попадали въ ближайшія пріемныя устья водосточной сѣти.

Здѣсь воды изливаются въ подземные каналы, гдѣ температура мало отклоняется отъ постоянной средней величины и гдѣ онѣ укрыты отъ вліянія свѣта и теплоты, ускоряющихъ обыкновенно разложеніе.

Собранныя такимъ образомъ въ трубахъ небольшаго сѣченія и съ гладкой внутреннею поверхностью, грязныя воды быстро стекаютъ, не находя нигдѣ большихъ препятствій и не дѣйствуя непріятно на зрѣніе и обоняніе. Не причиняя никакихъ неудобствъ улицамъ, онѣ текутъ вдоль всего города до того мѣста, гдѣ онѣ должны изливаться, причемъ мѣсто это по возможности выбирается такимъ образомъ, чтобы сточныя воды здѣсь не могли уже имѣть вреднаго вліянія на общественное здоровье.

Дѣйствіе сѣти водостоковъ не всегда влечетъ за собою полную ассенизацію. Чаще всего коллекторы впадаютъ въ рѣку, теченіе кото-

рой должно уносить въ даль все содержимое водостоковъ, чтобы всѣ вредныя составныя части уничтожались отъ смѣшенія съ обильнымъ количествомъ свѣжей воды и отъ естественнаго окисленія.

Но когда приходится отвести сточныя воды весьма большаго города и для этого имѣется рѣка съ небольшимъ сравнительно расходомъ воды, нечистоты не могутъ вполнѣ обезвредиться, и рѣка скоро въ свою очередь заражается. Въ водѣ ея образуются подозрительнаго свойства осадки, она начинаетъ портиться и дѣлается негодною для питья, рыба перестаетъ въ ней водиться, изъ нея выдѣляются зловонные газы и пр.

Въ такихъ случаяхъ задача ассенизаціи, какъ уже упомянуто въ § 7, *не можетъ оканчиваться спускомъ нечистотъ въ рѣку, и жители* городовъ должны принять необходимыя мѣры для предупрежденія зараженія рѣчной воды, которая скоро можетъ сдѣлаться вредною для нихъ самихъ и для жителей селеній, расположенныхъ по рѣкѣ ниже города.

Тогда прибѣгаютъ къ различнымъ способамъ *очищенія* сточныхъ водъ. Эта мѣра, во многихъ случаяхъ, должна составлять естественное дополненіе всякой значительной системы ассенизаціи городовъ.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Историческій обзоръ развитія санитарно-инженернаго дѣла.

СОДЕРЖАНІЕ: § 11. Древніе народы Африки и Азіи.—§ 12. Древніе Греки.—§ 13. Римская эпоха.—§ 14. Средніе вѣка.—§ 15. Эпоха возрожденія.—§ 16. Семнадцатый вѣкъ.—§ 17. Восемнадцатый вѣкъ.—§ 18. Первая часть девятнадцатаго вѣка.—§ 19. Современная эпоха.

§ 11. Древніе народы Африки и Азіи.

Оставшіеся до нашего времени памятники свидѣтельствуютъ, что многіе народы, съ самой глубокой древности, имѣли довольно высокое представленіе объ основныхъ законахъ общественнаго здравія. Почти повсюду существовали *въ видѣ религіозныхъ предписаній* правила, направленныя собственно къ охранѣ общественнаго здравія, и цѣлый рядъ обычаевъ *религіознаго культа* назначенъ былъ для укрѣпленія и регламентаціи строгаго примѣненія подобныхъ правилъ. Заботы о чистотѣ тѣла, омовенія, купанія въ священныхъ водахъ предписаны всѣми древними религіями.

Источники и фонтаны поставлены были подъ особую охрану божества, и весьма часто храмы воздвигались въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ ключи пробиваются изъ-подъ земли. Дельфійскій оракулъ, храмъ въ Геліополисѣ и Соломоновъ храмъ устроены были вблизи естественныхъ источниковъ.

Нѣтъ ни одного обитаемаго мѣста въ древнемъ мірѣ, имя котораго сохранено исторіею, гдѣ бы не находились слѣды спеціальныхъ устройствъ и часто весьма значительныхъ, для доставленія воды годной для питья или же для отвода вредныхъ водъ. Иногда устройство этихъ сооруженій исполнялось въ такихъ грандіозныхъ размѣ-

рахъ и съ такими условіями прочности и долговѣчности, что они пережили самые красивые, самые знаменитые памятники древней архитектуры и служатъ почти единственными указаніями мѣстъ исчезнувшей цивилизаціи. Таковы напримѣръ существующіе еще нынѣ колодцы въ Геліополисѣ и Эфесѣ, реставрированный Карѳагенскій акведукъ и др.

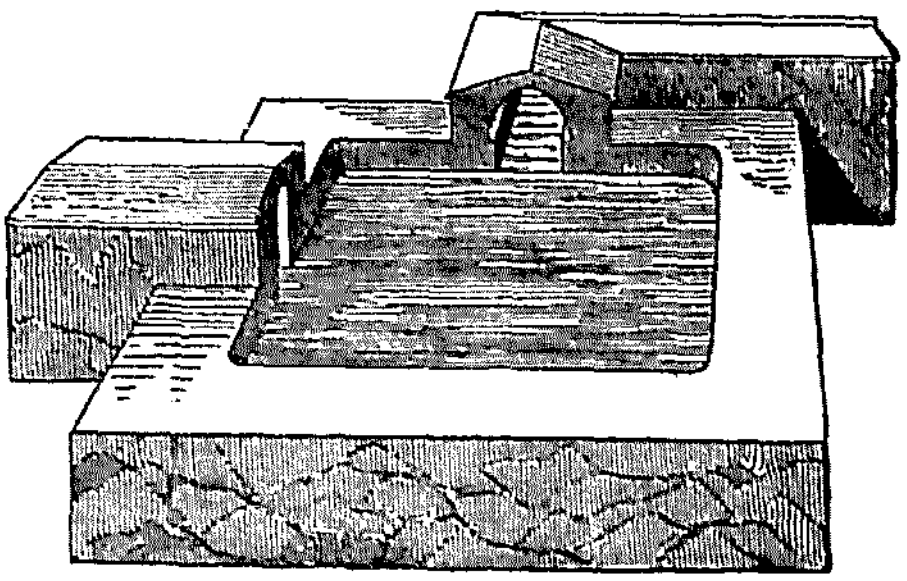
Месопотамія и Египетъ, эти колыбели нашей цивилизаціи, представляютъ собою страны съ теплымъ и сухимъ климатомъ, гдѣ дожди выпадаютъ не часто, а источники встрѣчаются рѣдко. Здѣсь необходимость въ водѣ давала себя чувствовать тѣмъ болѣе сильно, что средства для полученія ея были недостаточны. Поэтому изобрѣтательность человѣческаго ума въ этихъ странахъ весьма рано направлена была къ отысканію искусственныхъ способовъ для собиранія, подъема и сохраненія запасовъ воды для питья. Слѣды этихъ стремленій находятся повсюду. Письменные памятники всѣхъ эпохъ и историческіе факты доказываютъ важное значеніе, которое придавалось жителями этихъ странъ запасамъ воды: Авраамъ покупаетъ колодезь у Авимелеха, Моисей сейчасъ же послѣ перехода черезъ Черное море извлекаетъ свѣжую воду изъ скалы, бьющіе изъ земли ключи встрѣчаются въ мечтаніяхъ поэтовъ и Магометъ не забываетъ украсить ими рай, который онъ обѣщаетъ правовѣрнымъ.

Вообще на всемъ Востокѣ вода играетъ выдающуюся роль. Это же отношеніе къ водѣ встрѣчается опять въ Греціи и во всемъ римскомъ мірѣ, гдѣ все, что касается употребленія воды, получило чрезвычайное развитіе.

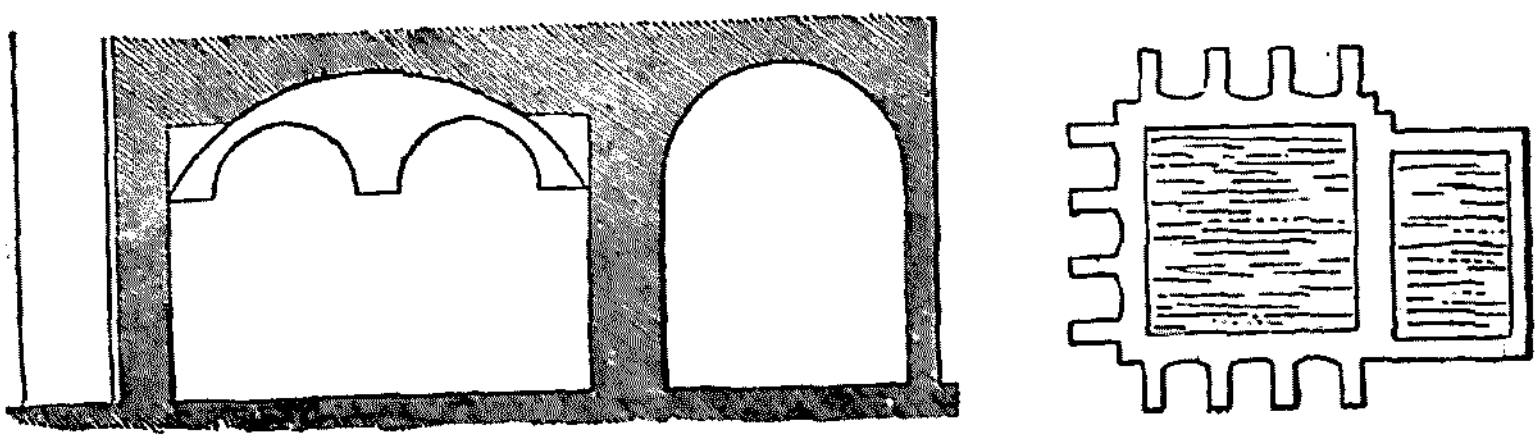
Благополучіе древняго Египта основано было всецѣло на изумительной искусственной системѣ орошенія, которая имѣла цѣлью утилизацію высокихъ водъ при разливѣ рѣки Нила.

Несомнѣнно, что древніе обитатели Египта изобрѣли *искусственныя водохранилища* для накопленія значительныхъ массъ водъ въ обильное влагою время, чтобы пользоваться ими впослѣдствіи малыми частями въ періоды засухъ. Они построили для этой цѣли гигантскія сооруженія. Наиболѣе извѣстное, если не самое большое, изъ этихъ водохранилищъ, Меридское озеро, имѣло водную площадь болѣе 12.000 гектаровъ. Указателями его уровня служили, какъ думаетъ историкъ, двѣ пирамиды, высотою въ 165 метровъ.

Египтянамъ мы также обязаны изобрѣтеніемъ различныхъ ти-

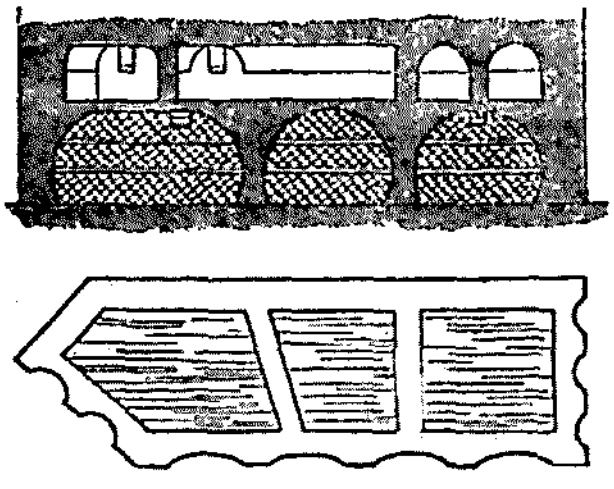


Черт. 33.—**Видъ римской Лимаріи** или отстойнаго бассейна, имѣющаго цѣлью дать возможность водѣ оставить наносы, прежде чѣмъ поступить въ распредѣлительный каналъ. Впускной и выпускной каналы расположены подъ прямымъ угломъ.



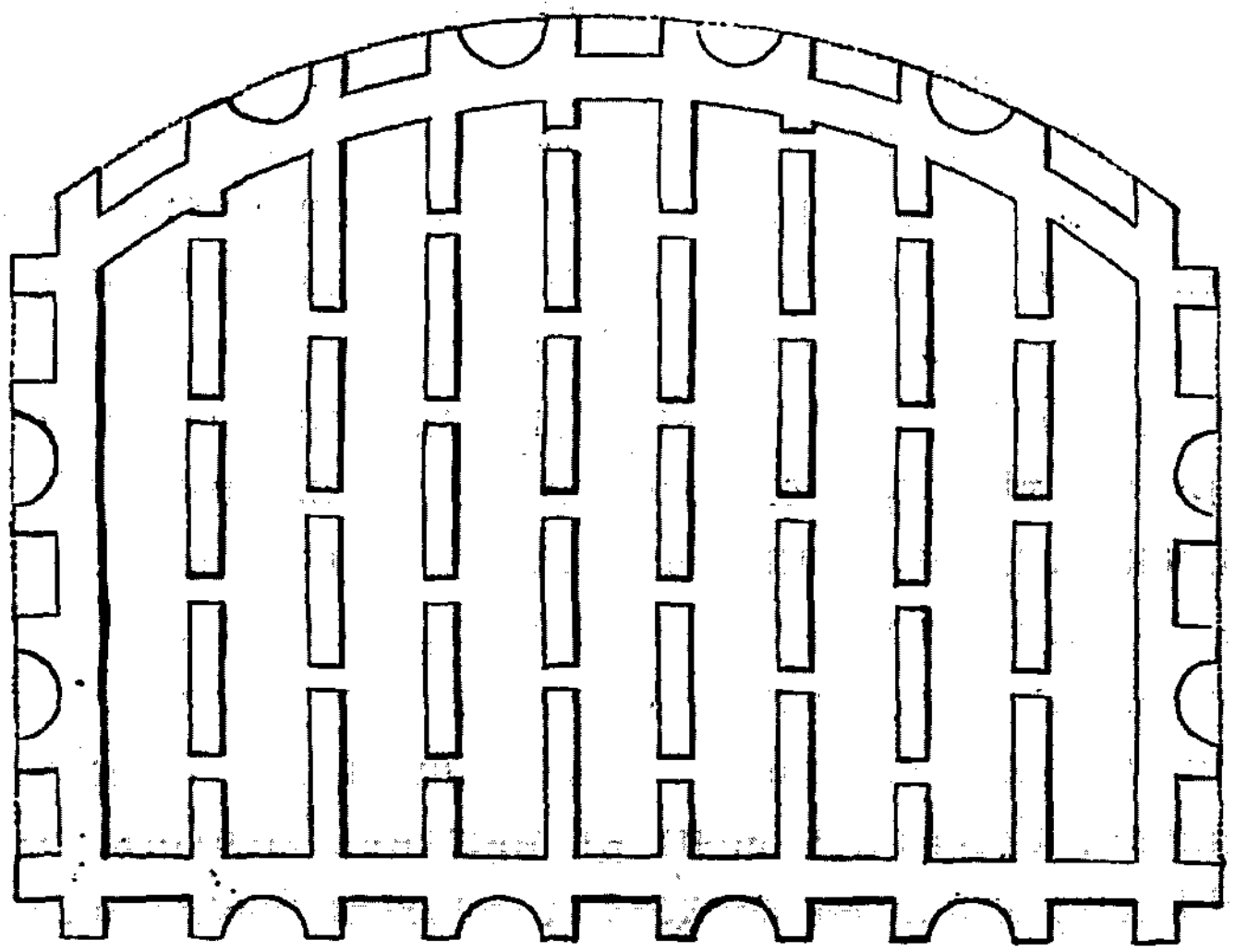
Черт. 34 и 35.

Разрѣзъ и планъ римской Contectis piscinis, т. е. резервуара покрытаго сводами и служащаго для храненія запаса воды внѣ вліянія колебаній температуры и пр.

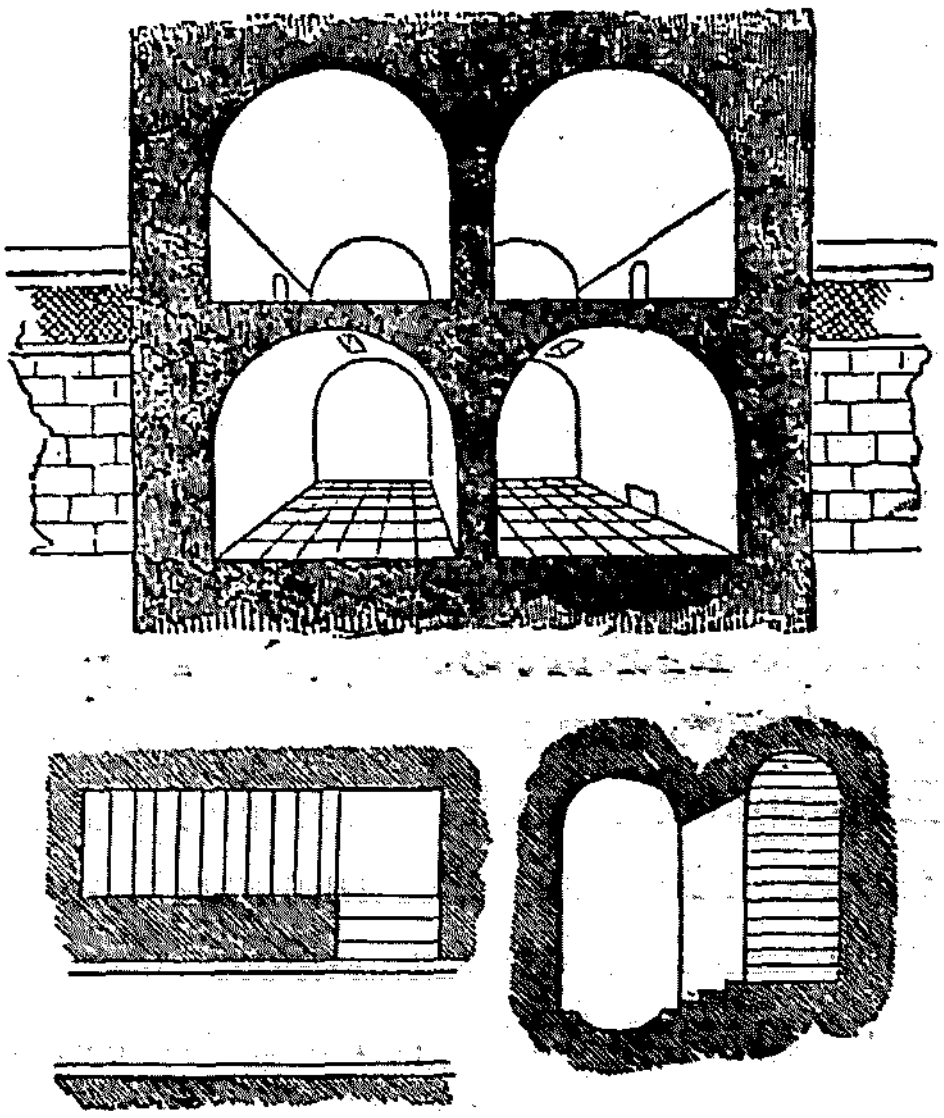


Черт. 36 и 37.—**Разрѣзъ и планъ римскаго фильтра** соединеннаго съ резервуарами чистой воды. Вода поступала въ нижнія три отдѣленія, гдѣ, проходя изъ одного въ другое, чрезъ фильтрующія препятствія, становилась все чище и чище и въ очищенномъ видѣ проходила въ верхнія галлереи, откуда ее можно было брать для употребленія (Cresy).

Водоснабженіе города Рима.



Черт. 38.—Планъ резервуара Sette Sale, въ которомъ вода собиралась для бань Тита въ Римѣ, а по мнѣнію нѣкоторыхъ писателей для арены Колизея, когда она превращалась въ бассейнъ для водныхъ представленій (naumachia). Наружныя стѣны имѣютъ обратныя арки. Резервуаръ покрытъ сводами. Онъ состоитъ изъ девяти сообщающихся между собой отдѣленій.



Черт. 39, 40 и 41. — Отстойный бассейнъ и резервуаръ (Concertacula) римскаго водопровода Virgo. Вода входила въ вершинѣ одной изъ верхнихъ галлерей и спускалась по второй верхней галлереѣ въ нижнія отдѣленія, гдѣ и отстаивалась. Объемъ этого резервуара былъ точно измѣренъ для разныхъ горизонтовъ — имѣлась возможность выпускать воду въ каждый моментъ въ желаемомъ количествѣ. На чертежѣ внизу показанъ планъ и разрѣзъ лѣстницы, ведущей къ верхнимъ отдѣленіямъ резервуара (Cresy).

довъ *водоподъемныхъ машинъ*, которыя служили для поднятія воды изъ Нила на обоихъ берегахъ его, для орошенія полей, и устройство которыхъ удалось возстановить, благодаря іероглифическимъ надписямъ.

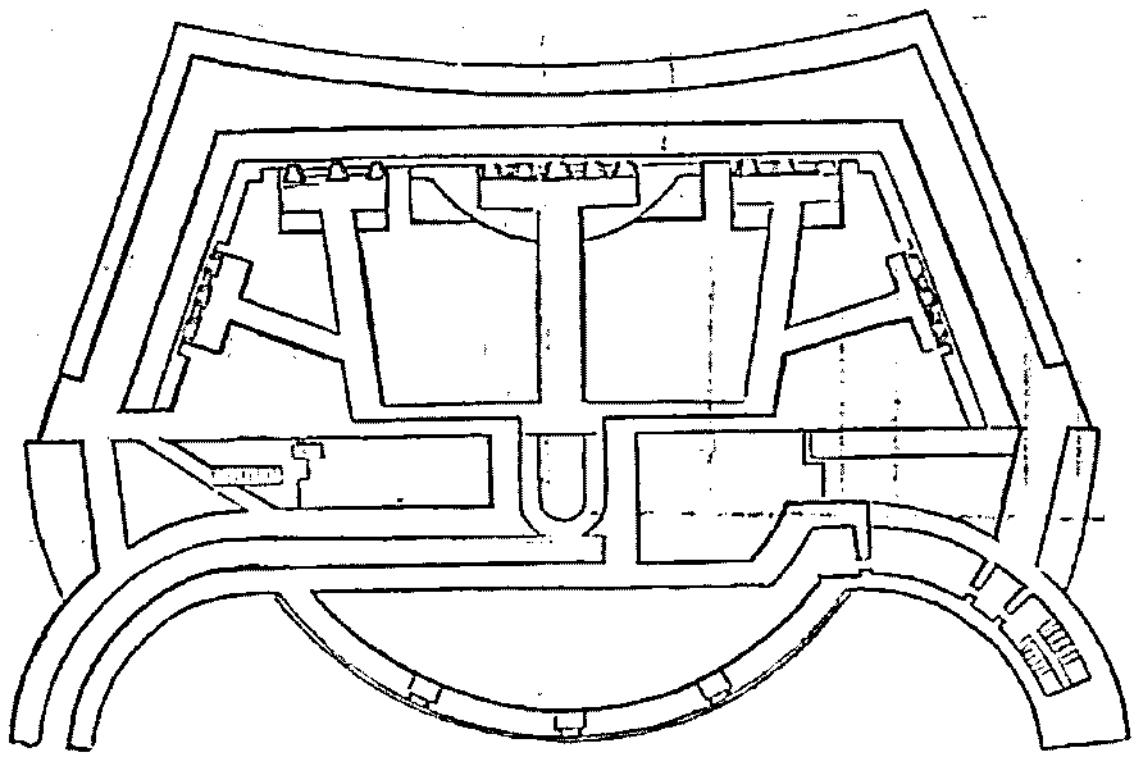
Люди, которые создали въ полномъ объемѣ эту удивительную систему оплодотворенія долины Нила, умѣли хорошо цѣнить услуги, доставляемыя водою въ жгучемъ климатѣ, и потому должны были подвинуть весьма далеко искусство, обнимающее способы ея собиранія, храненія и распредѣленія. Вблизи пирамиды Гизе находятся *колодцы*, которые безъ сомнѣнія относятся къ одному съ нею времени. *Колодезь Іосифа*, въ Каирѣ, сдѣланъ въ весьма отдаленную эпоху, а между тѣмъ устройство его свидѣтельствуетъ объ очень высокомъ уровнѣ гидравлическихъ знаній строителей. Онъ состоитъ изъ двухъ послѣдовательныхъ колодцевъ, весьма большихъ размѣровъ, высѣченныхъ въ скалѣ и соединенныхъ промежуточною камерою, гдѣ помѣщался механизмъ, приводившій въ дѣйствіе водоподъемную машину. Горизонтъ воды въ нижнемъ колодцѣ находился на глубинѣ 90 метровъ подъ землею. Считаютъ почти несомнѣннымъ, что въ эпоху Фараоновъ Египтяне знакомы были съ употребленіемъ гончарныхъ и свинцовыхъ трубъ.

Гигіена, наука, устанавливающая законы и правила чистоты и опрятности, была въ большомъ почетѣ у жрецовъ древняго Египта. Отъ нихъ, безъ всякаго сомнѣнія, Моисей заимствовалъ нѣкоторыя изъ своихъ санитарныхъ предписаній.

Хотя у насъ сохранилось меньше памятниковъ, относящихся къ гидравлическимъ познаніямъ древнихъ народовъ Азіи, однако, нѣтъ сомнѣнія, что у Ассиріянъ и Персовъ искусство орошенія находилось на высокой степени совершенства. На берегахъ Евфрата, какъ и на берегахъ Нила, были весьма распространены черпальныя машины для поливки полей, и весьма возможно, что въ этой странѣ надо искать происхожденіе норіи.

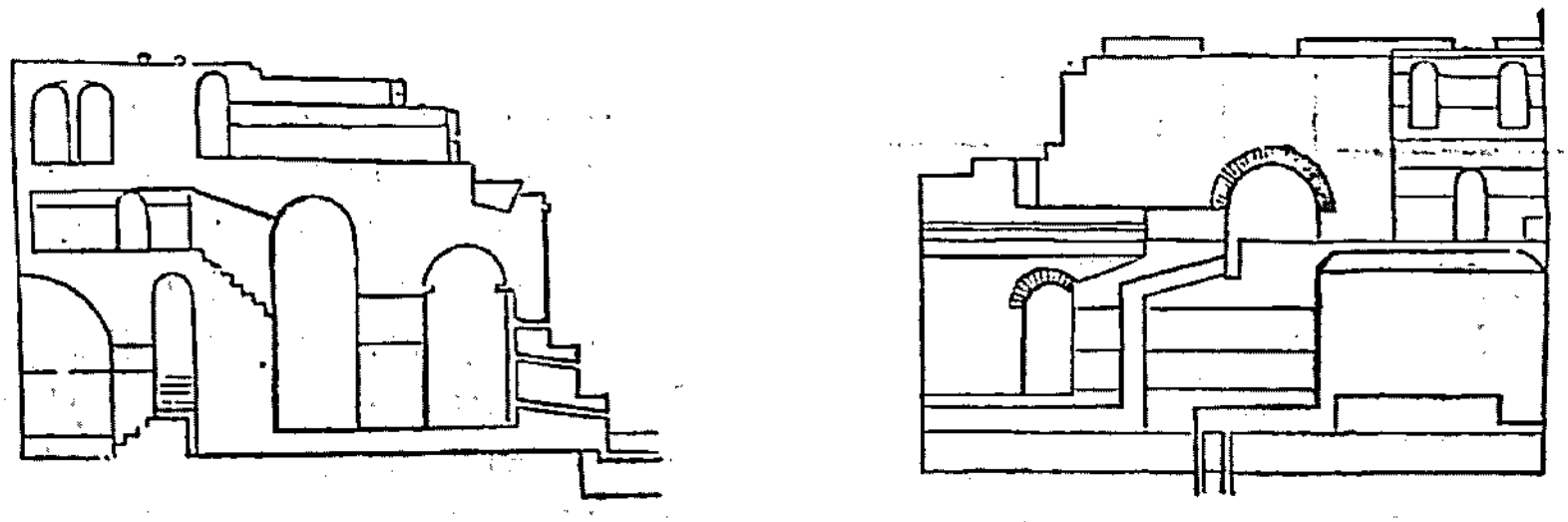
Ассурскій колодецъ, открытый среди развалинъ Ниневіи, устроенъ былъ въ доисторическія времена. Озеро или искусственное водохранилище, созданное царицею Нитокрисою, имѣло такіе громадные размѣры, что оно могло принять въ себя 22 дневный расходъ Евфрата. Для орошенія Вавилонскихъ *висячихъ садовъ* вода изъ Евфрата подымалась машиною на высоту 92 метровъ и затѣмъ рас-

Водоснабженіе города Рима.



Черт. 42.

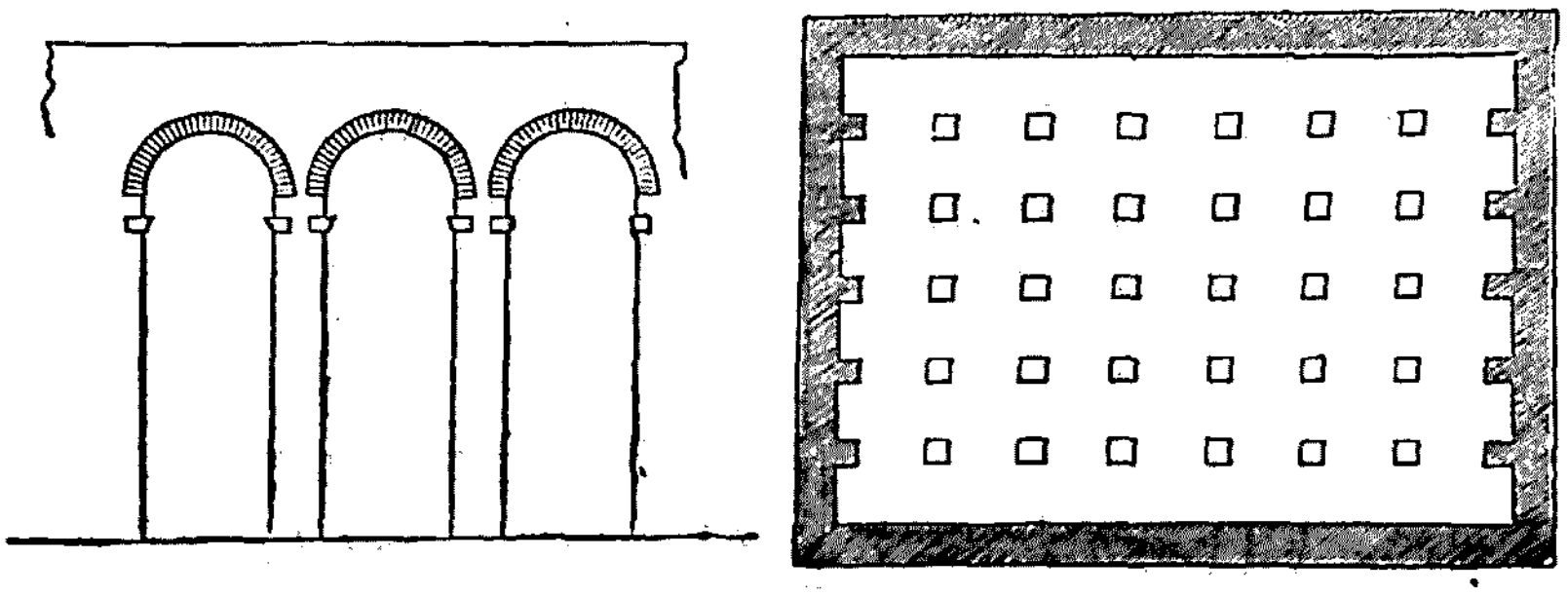
Планъ резервуара чистой воды (Castellum) въ водопроводѣ гор. Рима Aqua Julia. Резервуаръ былъ помѣщенъ передъ городской стѣной. Онъ имѣлъ три отдѣленія, изъ коихъ вода распредѣлялась такимъ образомъ, чтобы сначала могли быть удовлетворены общественныя, а затѣмъ уже частныя нужды.



Черт. 43 и 44.

Разрѣзы резервуара чистой воды (Castellum) (черт. 42) въ водопроводѣ города Рима Aqua Julia.

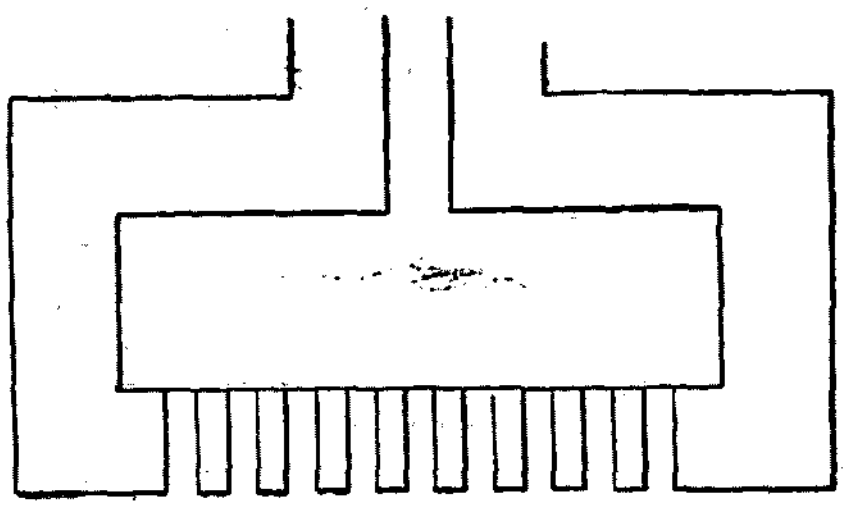
Водоснабженіе города Рима.





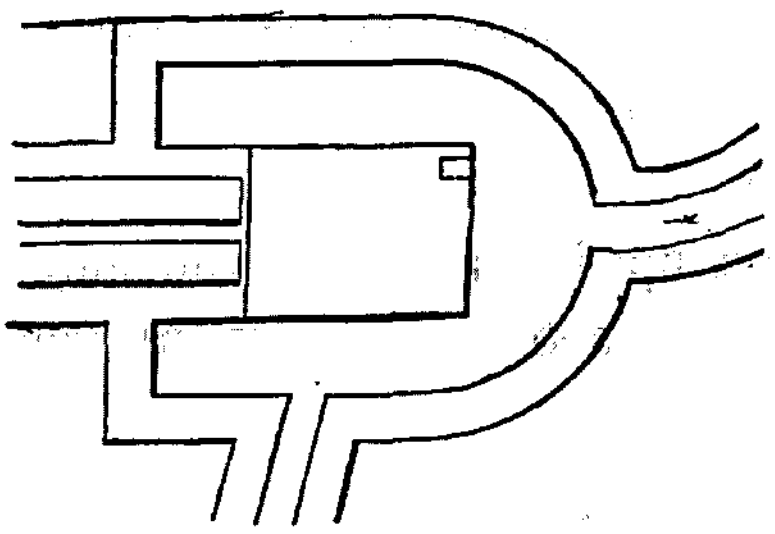
Черт. 45, 46, 47 и 48.

Разрѣзъ, планъ и детали крытаго резервуара большихъ размѣровъ.

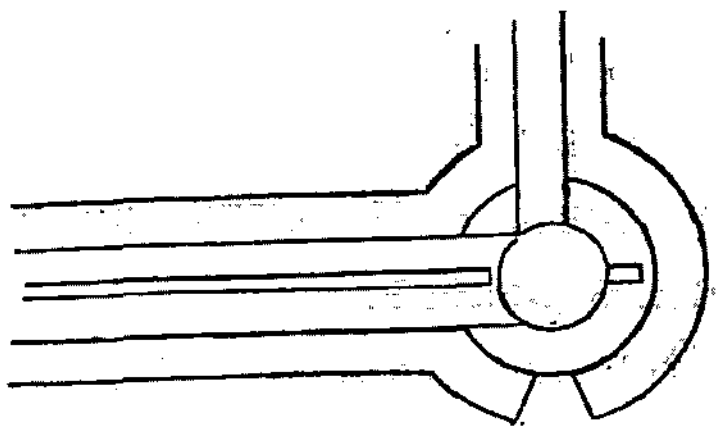


Черт. 49.—**Планъ резервуара помѣщавшагося предъ мостомъ-сифономъ Ліонскаго водопровода. Онъ помѣщался на вершинѣ башни. Его длина 14 футъ, ширина $4^1/_2$ фута. Со стороны долины онъ имѣлъ 9 овальныхъ отверстій на высотѣ 9 ф. отъ дна, къ которымъ примыкали 9 свинцовыхъ трубъ діаметромъ въ 8 дюймовъ, составлявшихъ 9 параллельныхъ сифоновъ и переходившихъ по мосту (черт. 26) на другую сторону долины въ другой, пріемный, резервуаръ. Назначеніе описаннаго резервуара — задерживать осадки и дать возможность удобно перейти отъ открытаго канала къ сифону (Cresy).**

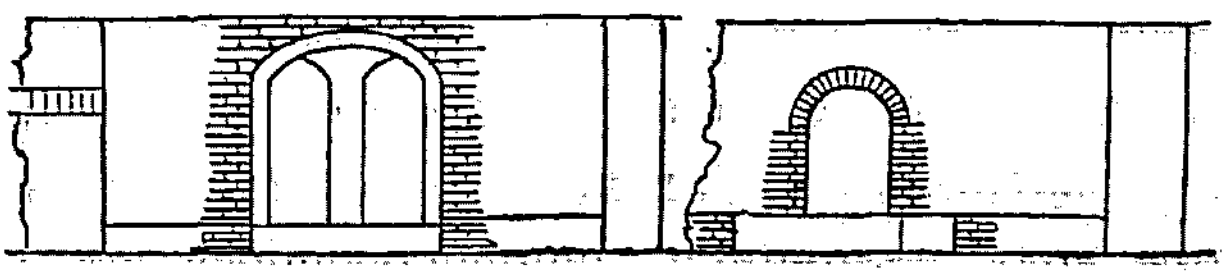
Водоснабженіе города Меца.

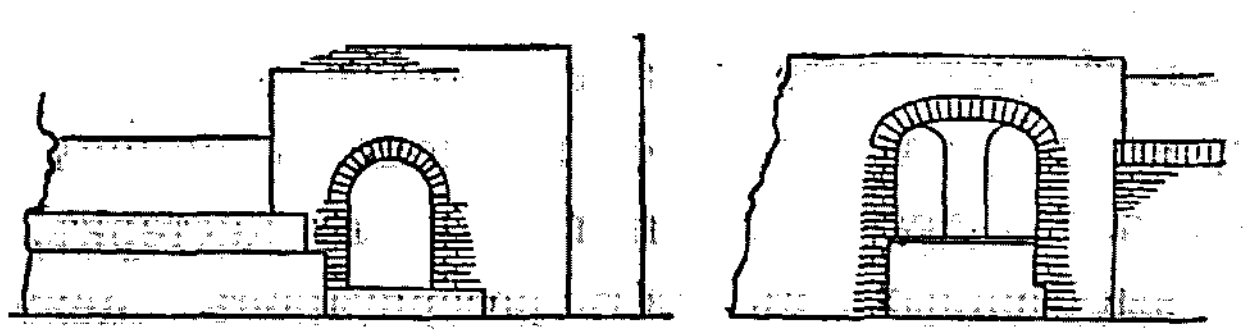


Четр. 50.—Планъ отстойнаго бассейна въ водопроводѣ древняго Меца.



Черт. 51. — Планъ резервуара чистой воды въ водопроводѣ древняго Меца.





Черт. 52, 53, 54 и 55.

Разрѣзы резервуара чистой воды въ водопроводѣ древняго Меца (Cresy).

предѣлялась подъ напоромъ по металлическимъ трубамъ. Семирамида могла съ справедливой гордостью сказать: «Я заставила теченіе воды направиться, согласно моей волѣ, и моя воля обратила ее туда, гдѣ она должна была принести пользу; черезъ нее я сдѣлала плодородными изсохшія земли». Ниневія и Вавилонъ снабжены были сѣтью настоящихъ водостоковъ. Употребленіе воды для удаленія экскрементовъ повидимому появилось прежде всего въ древней Азіи.

Персы столь хорошо понимали необходимость охранять рѣки отъ нѣкоторыхъ причинъ загрязненія, что ихъ законы запрещали бросать туда человѣческія изверженія.

Законы Моисея также изобилуютъ предписаніями, относящимися къ гигіенѣ, и Израильтяне благочестиво соблюдали ихъ въ теченіи многихъ вѣковъ.

Они понимали необходимость возможно скорѣйшаго удаленія изъ жилищъ всѣхъ органическихъ разлагающихся веществъ и изверженія уносились прочь за предѣлы обитаемыхъ строеній и глубоко закапывались въ землю.

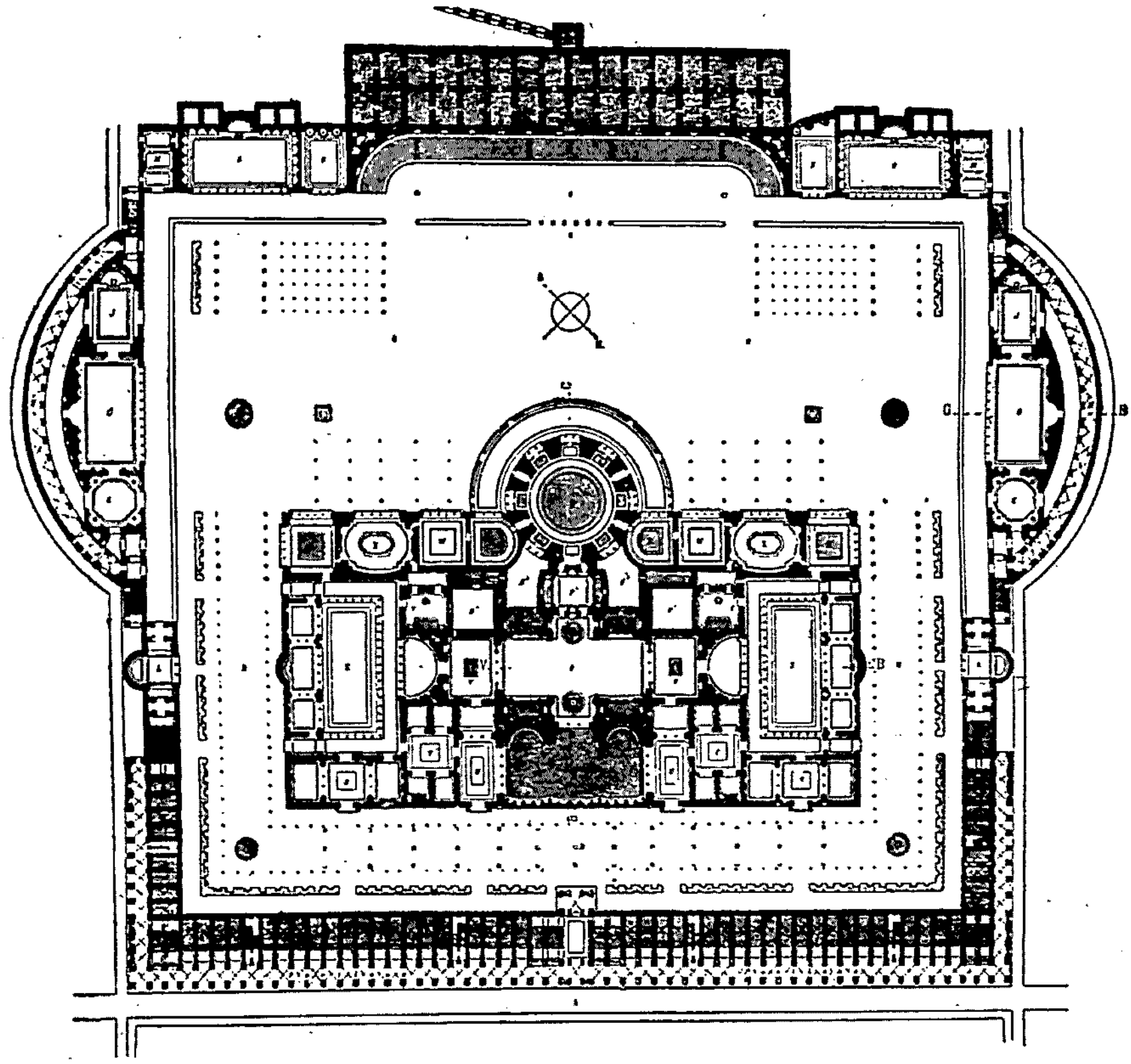
Вода играла выдающуюся роль въ исторіи еврейскаго народа. У колодца Елеазаръ встрѣчаетъ Ревекку, и молодая дѣвушка спускается по ступенькамъ, ведущимъ къ колодцу, чтобы почерпнуть своимъ кувшиномъ воду, которую она предлагаетъ посланцу Авраама. Знаменитый колодезь Іакова, изъ котораго патріархъ утолялъ свою жажду, расположенъ у Сихема и еще въ настоящее время изъ него пьютъ воду паломники, направляющіеся изъ Галилеи къ Іерусалиму; онъ высѣченъ въ скалѣ и глубина его болѣе 30 метровъ. Колодезь, изъ котораго пилъ воду царь Давидъ, между Виѳлеемомъ и Іерусалимомъ, и теперь еще посѣщается путешественниками.

Въ Іерусалимѣ было всего два колодца и одинъ источникъ на мѣстѣ храма; но искусство явилось на помощь природѣ, и дождевая вода собиралась тамъ въ большомъ числѣ цистернъ, открытыхъ прудовъ, или высѣченныхъ въ скалѣ резервуаровъ. Между Виѳлеемомъ и Хеврономъ находятся слѣды обширныхъ прудовъ Соломона, изъ которыхъ вода по каменной галлереѣ, діаметромъ въ 0,25 метра, текла къ храму на Сіонскую гору.

По свидѣтельству исторіи, вода лилась потокомъ къ Іерусалиму и та часть ея, которая не была потреблена въ городѣ, шла на поливку садовъ.

Купальни и бани древнихъ Римлянъ.

Термы Каракаллы въ Римѣ.



Черт. 56.—**Планъ** $\left(\frac{1}{4.000}\right.$ нат. в.$\left.\right)$

I. Круговыя строенія и площади.

A — главный входъ;
B — передняя площадь;
D — мѣста для сидѣнья;
E — резервуары воды;
F — отдѣльныя бани;
G, *H*, *I*, *K*, *L*, *M*, *N* — выходы, залы для ораторовъ, библіотеки, галлереи для прогулокъ, магазины и пр.

II. Центральное строеніе.

N′ — дворы;
O — frigidarium;
P — tepidarium;
Q — caldarium;
R, *W*, *X*, *Y*, *Z′* — продолженіе банныхъ помѣщеній;
S — входный залъ;
T — соединительные дворы;
V — переднія къ tepidarium'у;
Z — дворы съ колонадами.

(Handb. der Archit., изд. 1899 г., 5 Halbbd. 3. стр. 14; оттуда-же черт. 57, 58 и 59.

Открывши мѣсто, гдѣ стоялъ Соломоновъ храмъ, можно было возстановить общее его очертаніе въ планѣ, благодаря найденной цѣлой системѣ подземныхъ подопроводныхъ галлерей, высѣченныхъ подъ нимъ въ твердой скалѣ и поэтому ускользнувшихъ отъ разрушенія. Расположеніе ихъ совершенно соотвѣтствуетъ сохранившимся описаніямъ въ талмудѣ, и не подлежитъ повидимому сомнѣнію, что въ Іерусалимѣ дѣйствовала полная система ассенизаціи и очистки нечистотъ въ почвѣ; кровь приносимыхъ въ жертву животныхъ отводилась вмѣстѣ съ грязными водами изъ храма, и вѣроятно также со сточными водами всего города, къ двумъ бассейнамъ, расположеннымъ на разныхъ высотахъ и соединеннымъ подземною галлереею. Въ первомъ изъ этихъ бассейновъ осаждались твердыя вещества, которыя продавались на удобреніе садовникамъ долины Кедрона; во второмъ бассейнѣ собирались воды, для орошенія царскихъ садовъ.

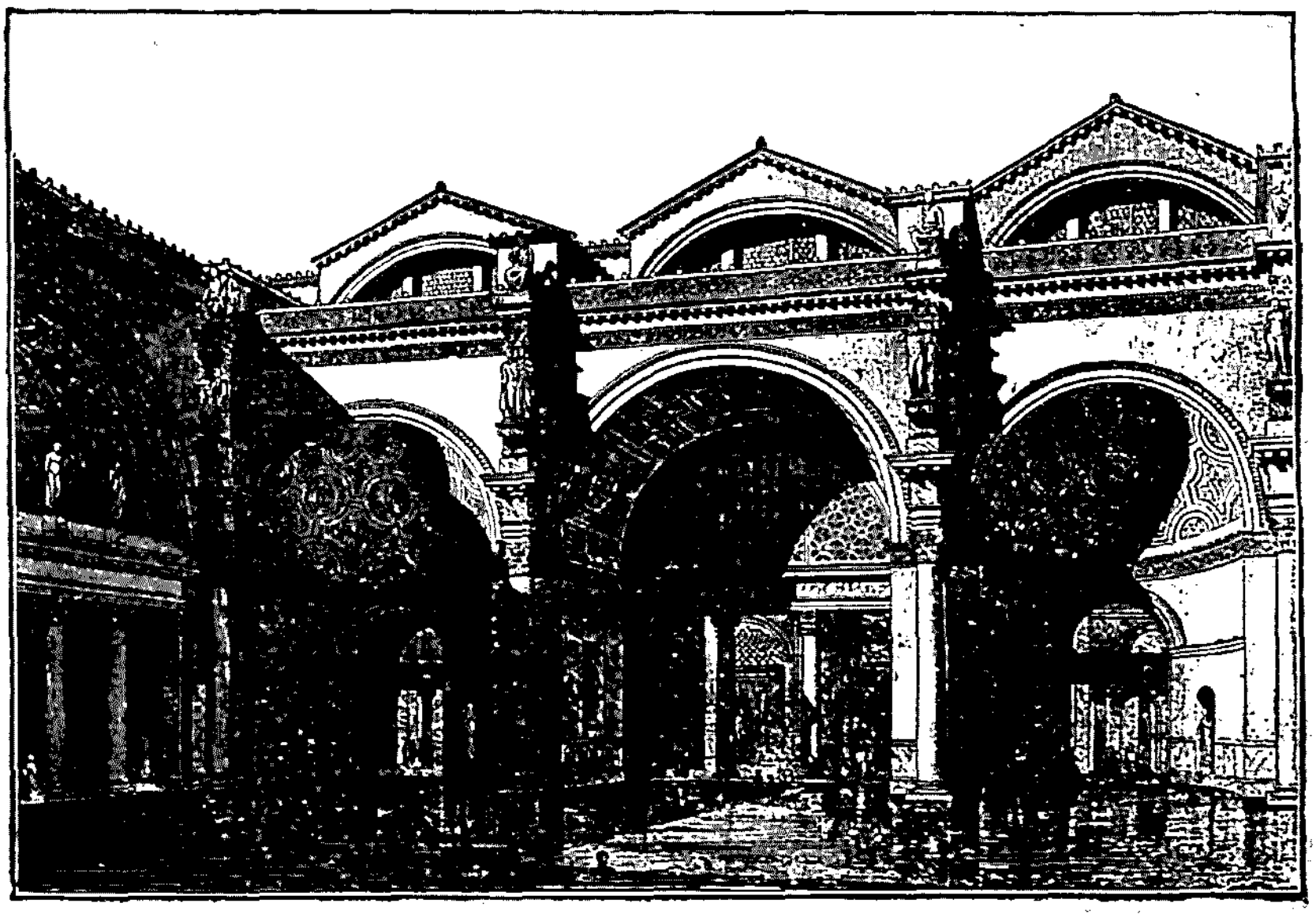
Народы крайняго Востока также умѣли въ самыя отдаленныя времена доставлять себѣ искусственными мѣрами необходимую воду для своихъ потребностей.

Китайцы во всѣ времена были, по имѣющимся свѣдѣніямъ, чрезвычайно искусны въ копаніи весьма глубокихъ колодцевъ, и полагаютъ также, что они весьма рано уже были знакомы съ устройствомъ артезіанскихъ колодцевъ.

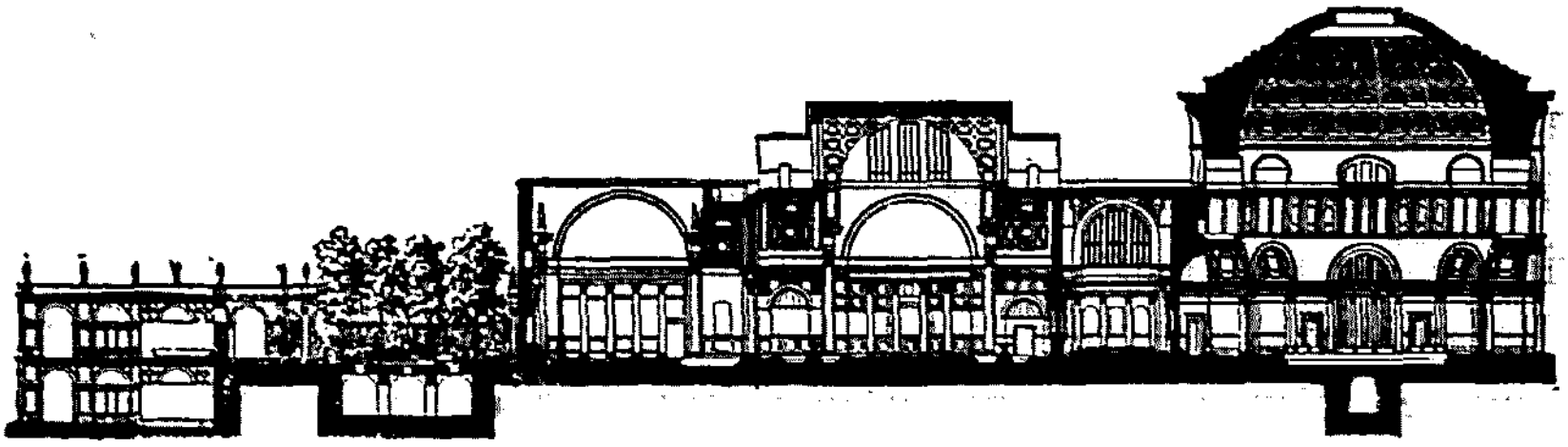
Въ Индіи колодцы и пруды такъ распространены, что происхожденіе ихъ необходимо приходится отнести къ самой глубокой древности. Англичане, при занятіи этой страны, нашли въ ней многія тысячи подобныхъ сооруженій. Въ одной Мадрасской провинціи насчитали болѣе 53.000 прудовъ или искусственныхъ водохранилищъ, и нѣкоторые изъ этихъ резервуаровъ отличаются колоссальными размѣрами. Одинъ изъ нихъ занимаетъ площадь въ 20.000 гектаровъ и имѣетъ въ окружности 48 километровъ. На Цейлонѣ нѣкоторыя долины заграждены земляными водоудержательными плотинами, которыя превосходятъ своими размѣрами величайшія сооруженія этого рода, устроенныя въ наше время.

Индійской медицинѣ, въ эпоху Ведъ, извѣстно было вліяніе воды на здоровье; она предписывала чистоту жилищъ и одежды и присвоивала цѣлебныя свойства чистой водѣ вообще, въ особенности водамъ Ганга, священной рѣки Индусовъ.

Термы Каракаллы въ Римѣ.



Черт. 57. — **Frigidarium** (0 — плана, черт. 56).



Черт. 58. — Разрѣзъ центральнаго строенія по линіи *AB* — *BC* плана (черт. 56), $\frac{1}{2000}$ нат. велич.

§ 12. Древніе Греки.

Влеченіе. проявленное Греками древнихъ временъ къ широкому пользованію водою въ жилищахъ и садахъ, слѣдуетъ, по всей вѣроятности, отнести къ числу многихъ заимствованій, сдѣланныхъ ими изъ цивилизаціи болѣе древнихъ народовъ Малой Азіи и Египта. Въ *Одиссеѣ* упоминается уже о существованіи двойной системы каналовъ въ садахъ Алкиноя. Одному изъ героевъ греческой миѳологіи, Геркулесу, преданіе приписываетъ изобрѣтеніе теплыхъ ваннъ. Къ числу весьма цѣнимыхъ Греками и жителями Востока роскошныхъ устройствъ принадлежатъ искусно исполненные фонтаны, художественные каскады и водометы для освѣженія воздуха.

Ключи почитались ими священными; не зная ихъ происхожденія, Греки охотно приписывали его сверхъестественнымъ причинамъ. Ключи представлялись воображенію то путями сообщенія къ внутренности земли, то тѣми расщелинами, черезъ которыя просочилась въ землю вода послѣ потопа. Ихъ часто старались ограждать отъ взоровъ непосвященныхъ, окружая ихъ зданіями, предназначенными культу боговъ.

Вода была для Грековъ одною изъ четырыхъ стихій природы; они высоко цѣнили ея благотворныя дѣйствія и поэты ихъ воспѣвали ей хвалу.

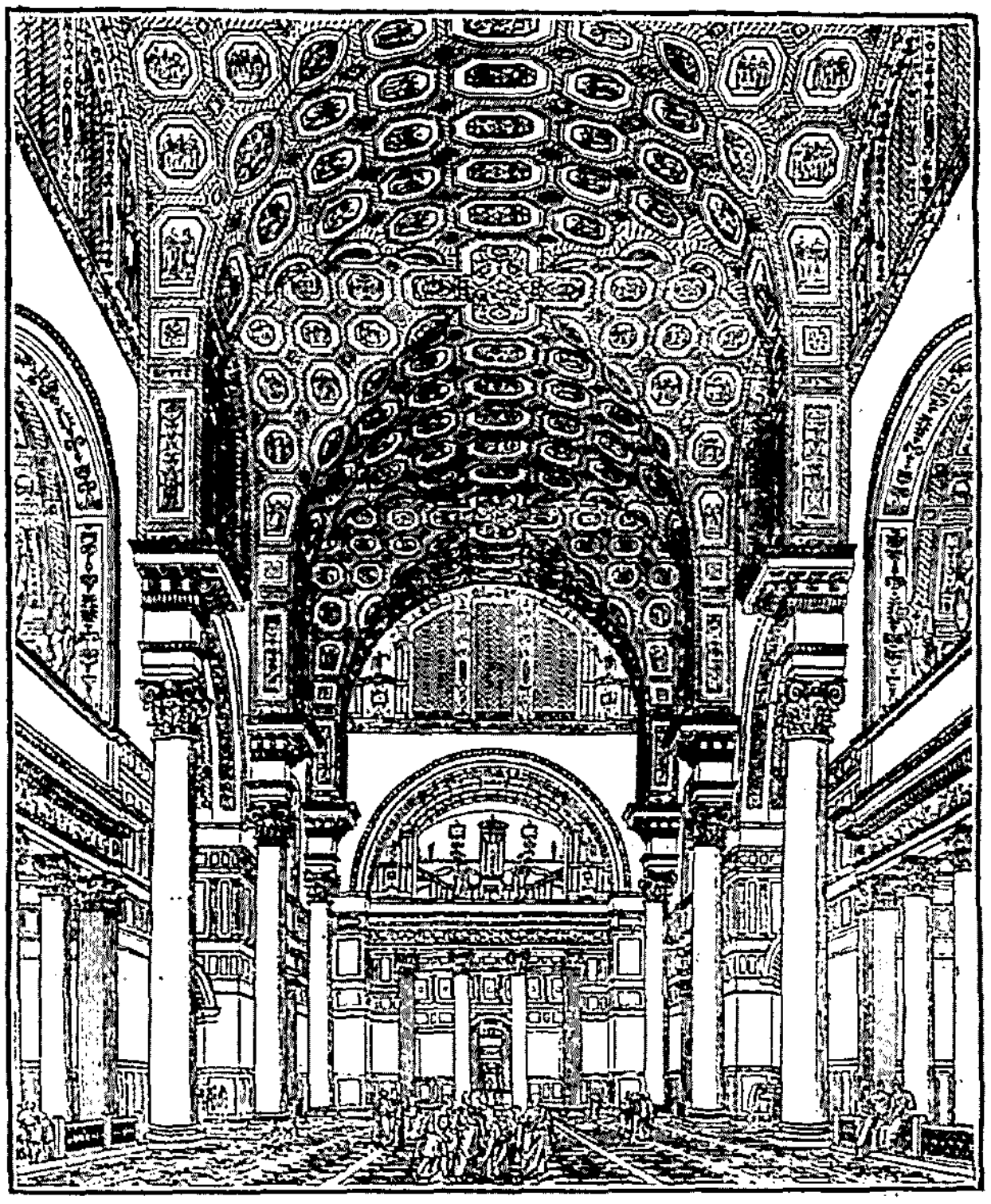
Не имѣя никакихъ средствъ анализа, Греки, однако, научились различать относительныя качества различныхъ водъ: Гиппократъ приписываетъ болотной водѣ, а равно и жесткой водѣ вредное вліяніе на здоровье; онъ предлагаетъ даже не пить воды, сохраняемой въ цистернахъ, но превозноситъ употребленіе свѣжей и въ особенности ключевой воды.

Въ Греціи колодцы были весьма многочисленны и заслугу прорытія перваго колодца приписывали Данаѣ.

Во многихъ пунктахъ этой страны найдены остатки древнихъ акведуковъ. Геродотъ даетъ нѣкоторыя подробности объ акведукѣ города Самоса, построенномъ архитекторомъ изъ Мегары, по имени Эвпалиносъ. Акведукъ этотъ состоялъ изъ подземной галлереи, шириною 2,46 метра и длиною 1295 метровъ.

Греками употреблялись различные типы *насосовъ*. Въ сочиненіяхъ Геродота находится самое древнее изъ извѣстныхъ описаній

Термы Каракаллы въ Римѣ.



Черт. 59. — **Tepidarium.**

(*P* — плана, черт. 56).

всасывающаго насоса, состоящаго изъ трубы, въ которой движется сплошной поршень. У Грековъ употреблялся также *подъемный насосъ*, съ полымъ поршнемъ, снабженнымъ клапаномъ; большинство ихъ кораблей снабжено было этимъ приборомъ. Наконецъ, Витрувій приписываетъ греку Ктезивію, ученику Герона, изобрѣтеніе *нагнетательнаго насоса*, который, слѣдовательно, появился за 150 лѣтъ до Р. Х. и сначала повидимому состоялъ изъ двухъ цилиндровъ и воздушнаго резервуара, какъ наши пожарные насосы. Насосъ былъ деревянный, а поршни чаще всего дѣлались изъ кожи.

Греки умѣли проводить воду помощью деревянныхъ желобовъ или гончарныхъ и свинцовыхъ трубъ, снабженныхъ деревянными или металлическими кранами.

Въ домахъ своихъ они устраивали часто отхожія мѣста, а при отсутвіи ихъ пользовались переносными сосудами.

Бани, которыя долгое время считались предметомъ роскоши, доступнымъ лишь для богачей, впослѣдствіи въ Греціи пріобрѣли значеніе общедоступныхъ учрежденій.

Сохранились многочисленныя письменныя доказательства того, что Греки придавали очень большое значеніе мѣрамъ чистоты и оздоровленія.

Однимъ изъ наиболѣе поразительныхъ—можетъ служить надпись на Дельфійскомъ храмѣ, состоявшая изъ слѣдующихъ словъ: «Запрещено производить нечистоты на этой священной почвѣ». Грустно признаться, что человѣчество въ теченіи тридцати вѣковъ совершенно не ушло впередъ въ этомъ отношеніи, такъ какъ еще въ настоящее время приходится писать на нашихъ зданіяхъ о такомъ же запрещеніи.

Великіе законодатели древней Греціи не упускали издавать постановленія, относящіяся до отысканія и употребленія воды. Солонъ опредѣлилъ периметръ, до котораго должно распространяться пользованіе общественнымъ колодцемъ. Внѣ этого периметра каждый долженъ для своего употребленія копать собственный колодезь и не ближе двухъ метровъ отъ сосѣднихъ владѣній. Но если кто нибудь, вырывъ колодезь до 20 метровъ, не находилъ въ немъ воды, то онъ имѣлъ право пользоваться каждый день водою въ размѣрѣ 54 литровъ изъ колодца своего сосѣда.

Платонъ и Аристотель оба считали необходимымъ условіемъ для

охраны общественнаго здоровья въ каждомъ человѣческомъ общежитіи доставленіе достаточнаго количества доброкачественной воды для питья; поэтому они вмѣняли въ обязанность всѣмъ лицамъ на которыхъ возложено завѣдываніе общественными дѣлами, обращать на этотъ предметъ всѣ свои попеченія.

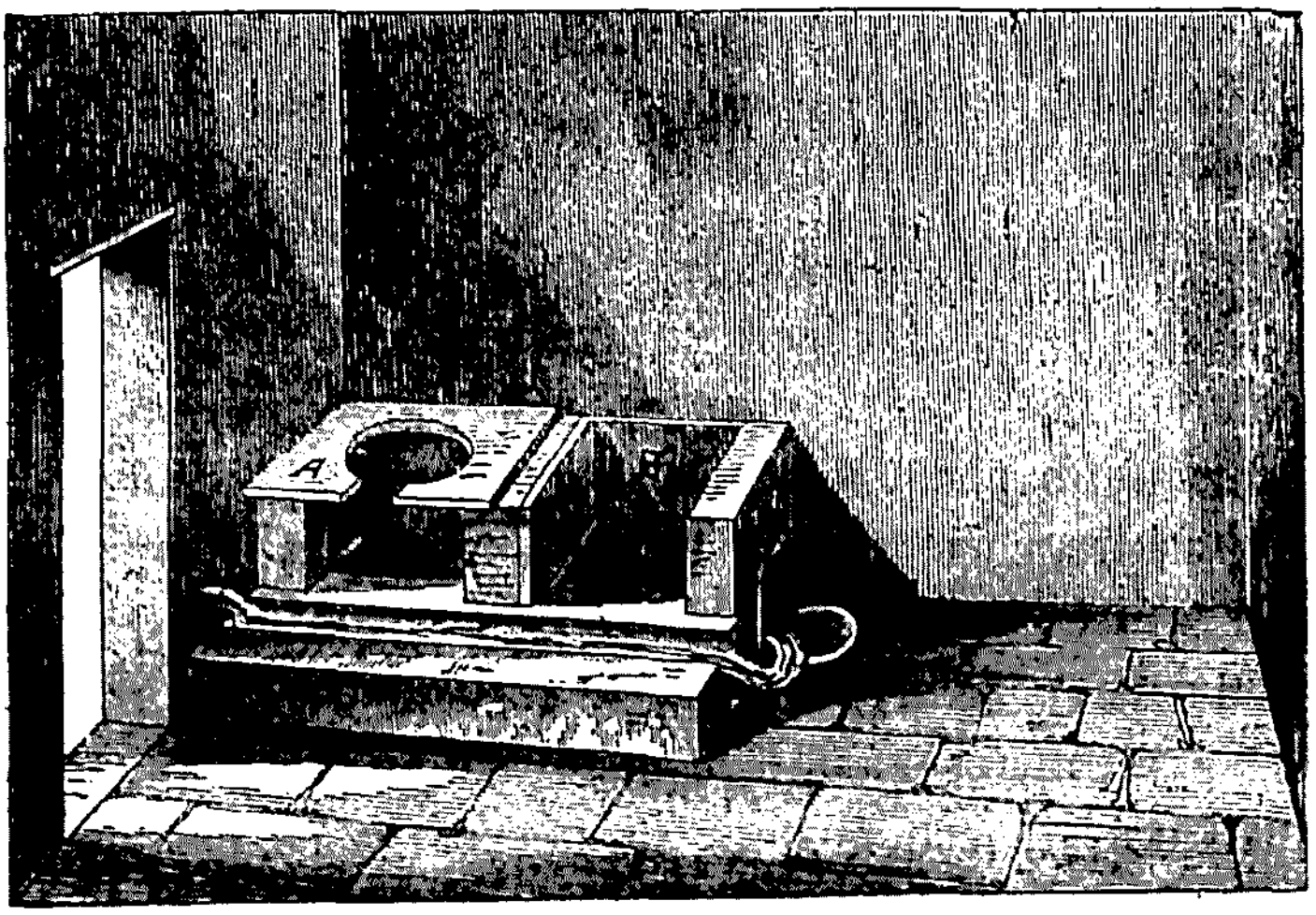
§ 13. Римская эпоха.

Въ древнемъ Римѣ обильное, доходившее до расточительности, употребленіе воды для общественныхъ и частныхъ надобностей стало дѣйствительною необходимостью, до такой степени, что лица, желавшія снискать себѣ расположеніе народа, считали лучшимъ для этого средствомъ жертвовать значительныя суммы на постройку новыхъ сооруженій для собиранія, проведенія и утилизаціи воды. Для полученія обильныхъ количествъ водъ, Римляне не жалѣли трудовъ и не отступали ни предъ какими препятствіями и матеріальными жертвами. Они такъ далеко подвинули искусство гидравлики, что еще въ настоящее время ихъ успѣхи въ этомъ дѣлѣ служатъ предметомъ удивленія. Оставленные ими образцы величественныхъ сооруженій и замѣчательная организація устроенной ими санитарной службы сдѣлали древній Римъ классическимъ городомъ водоснабженія и его примѣненій.

Бани и купальни находились въ Римѣ и римскихъ колоніяхъ всегда въ почетѣ (черт. 1—4 и 56—59), и большая часть воды, доставлявшаяся водопроводами, потреблялась банями. Въ первые три или четыре вѣка для этого пользовались водою изъ Тибра и мѣста для купанія находились вблизи Марсова Поля. Впослѣдствіи устроенъ былъ громадный прудъ съ общественными купальнями, куда вода доставлялась водопроводомъ Appia Claudia.

Врачъ Цицерона, повидимому, содѣйствовалъ распространенію болѣе утонченныхъ пріемовъ греческаго водолеченія. Вскорѣ появились горячія *бани* (термы), роскошь которыхъ достигла замѣчательнаго развитія. Бани сдѣлались мѣстомъ собраній и развлеченія. Наиболѣе богатые и вліятельные граждане проводили въ нихъ большую часть дня. Нѣкоторые пользовались банею до семи разъ въ день, и Плиній могъ сказать, что въ теченіи шести вѣковъ бани составляли всю медицину Римлянъ.

Ассенизація Помпеи и Пуццуоли.



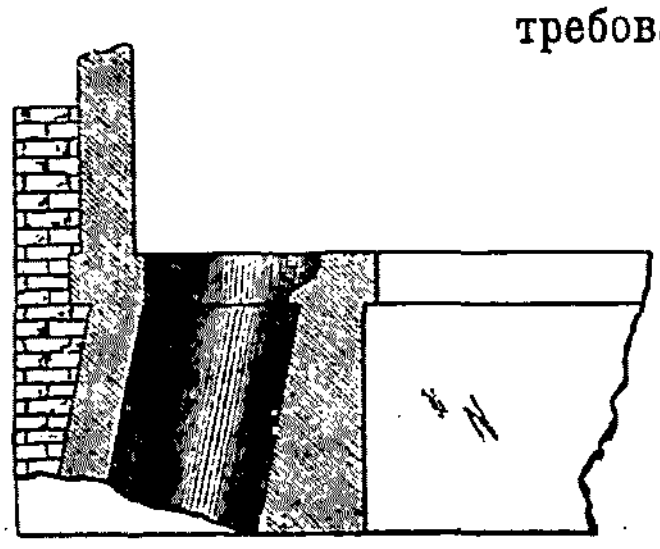
Черт. 60.

Помпейскій sterquilinium.

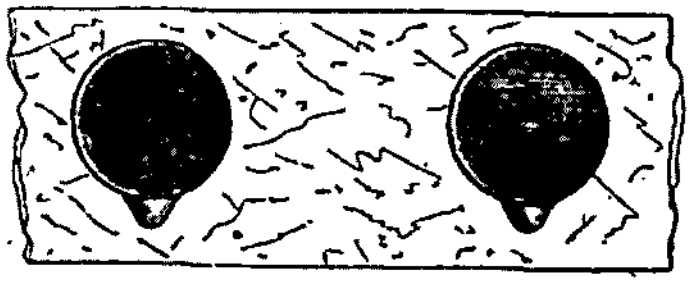
A.—Пріемникъ съ сидѣніемъ. *B.*—Пріемникъ безъ сидѣнья.
C.—Писсуаръ.

Впереди водопроводный желобъ для промывки всѣхъ трехъ пріемниковъ.

Все устройство отличается замѣчательнымъ соотвѣтствіемъ санитарнымъ требованіямъ (B. Latham).



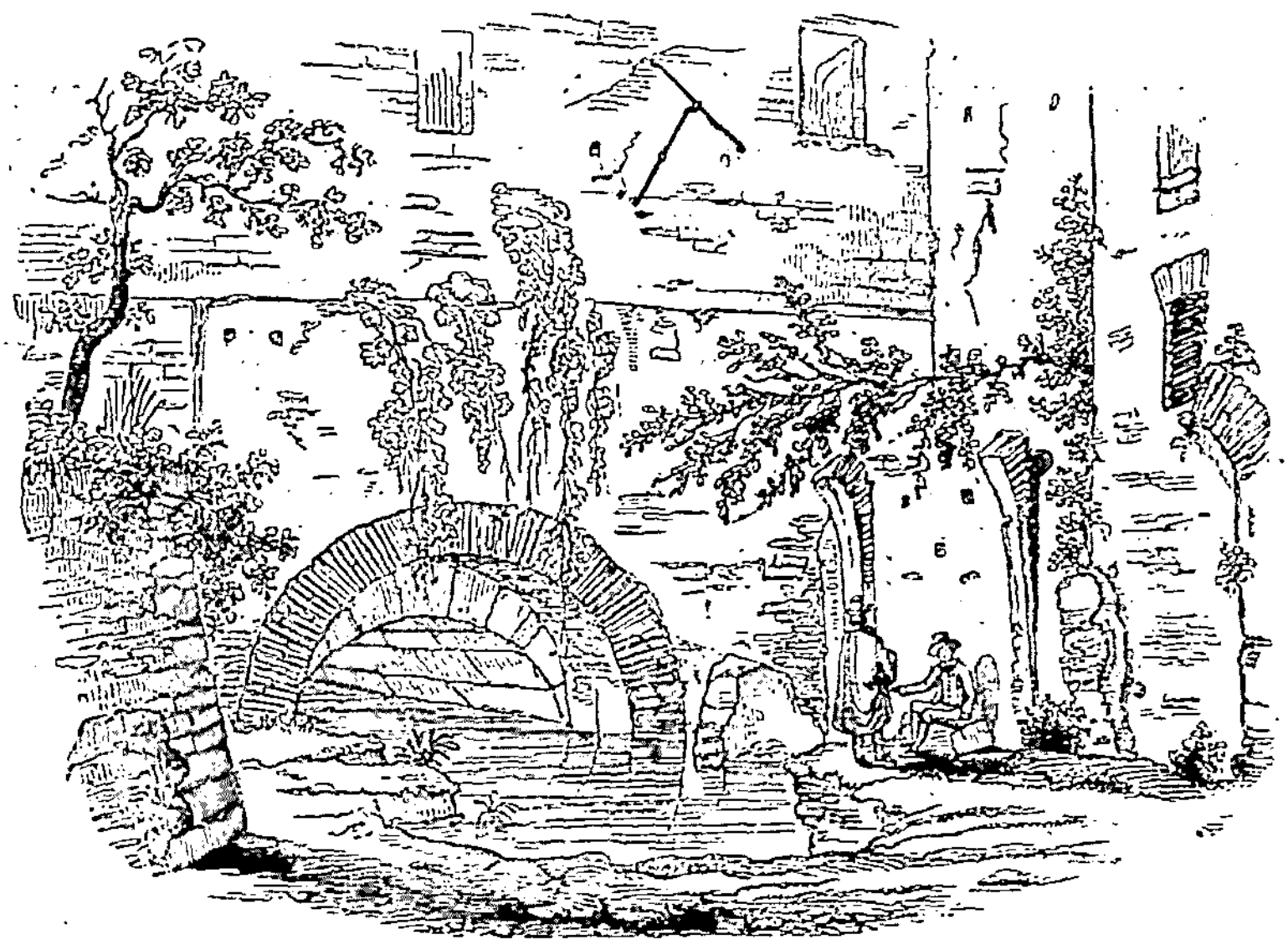
Черт. 61.



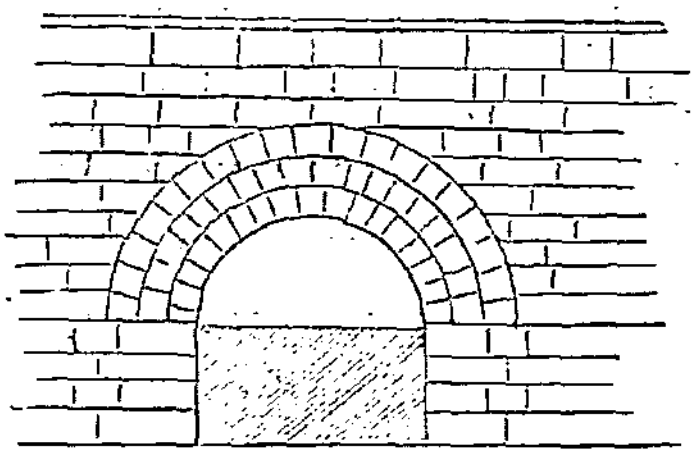
Черт. 62.

Разрѣзъ и планъ, ретирадъ открытыхъ Гг. Cochin и Bellicard въ Pozzuoli и описанныхъ въ «Antiquiiés d'Herculanum».

Ассенизація города Рима.

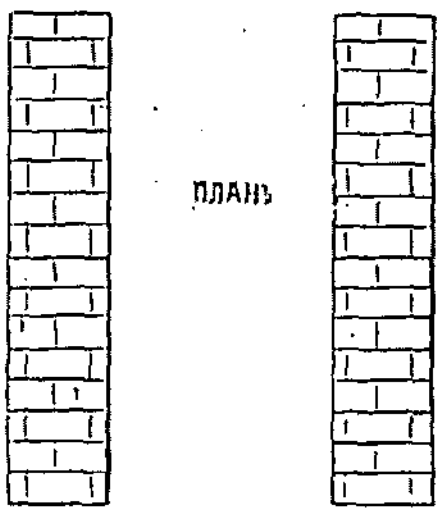


Черт. 63.— Устье водостока «Cloaca maxima» въ Римѣ.



Черт. 64.—Фасадъ устья востока «Cloaca maxima».

(Заштрихованная часть сѣченія теперь занесена грязью).



Черт. 65.—Планъ части водостоки «Cloaca maxima».

Наиболѣе полная римская баня состояла изъ шести главныхъ отдѣленій. Первое называлось *apodyterium* или *spoliatorium* и служило для раздѣванія. Оно было не во всѣхъ баняхъ. Гдѣ его не было — раздѣвались во второмъ отдѣленіи *frigidarium*, предназначенномъ въ баняхъ полнаго состава для купанья въ холодной водѣ.

Слѣдующее отдѣленіе *tepidarium* имѣло болѣе теплую воду и воздухъ и служило для постепеннаго перехода отъ холодной бани къ горячей *laconium* или *conamerata sudatio*, гдѣ воздухъ былъ сильно нагрѣтъ и гдѣ бралась горячая воздушная ванна.

Далѣе шло отдѣленіе — *balneum* или *caldaria* — гдѣ мылись въ теплой водѣ и, затѣмъ,

Eleonthesium или *onctuarium*, гдѣ опрыскивались духами и натирались благовоніями. Подъ теплыми помѣщеніями бань распространялись жаровые ходы отъ подземнаго очага *hypocaustum*.

Фонтаны, бассейны и другія устройства для общественнаго пользованія водою были въ Римѣ чрезвычайно многочисленны и обыкновенно украшались скульптурами, мраморными или бронзовыми статуями Юпитера-Дожденосца, египетскаго божества Канопа или аллегорическими фигурами, скрывавшими въ себѣ водопроводныя трубы, причемъ пасть или другая часть тѣла фигуры служила устьемъ, черезъ которое изливалась водяная струя. Большое число подобныхъ фонтановъ найдено было въ Помпеѣ и Геркуланумѣ, и сохранившіеся образцы древней живописи указываютъ, что тогда уже умѣли устраивать фонтаны, въ которыхъ вода подымалась вертикальною струею. Въ загородныхъ домахъ, гдѣ Римляне развивали пышную роскошь, сады украшались фонтанами и искусственными водопадами. При этомъ они умѣли соединять самыя эффектныя изобрѣтенія гидравлики съ богатѣйшею художественною декораціею.

Храмы, театры и ристалища, устроенныя на окраинахъ Рима, снабжались обильно водою. То же было и въ циркахъ; много бассейновъ назначено было для навмахій, которыя такъ забавляли населеніе Рима, и лишь для одной этой цѣли императоръ Августъ велѣлъ отвести воды Альсіетины, а Клавдій устроилъ трибуны на берегахъ Фукинскаго озера.

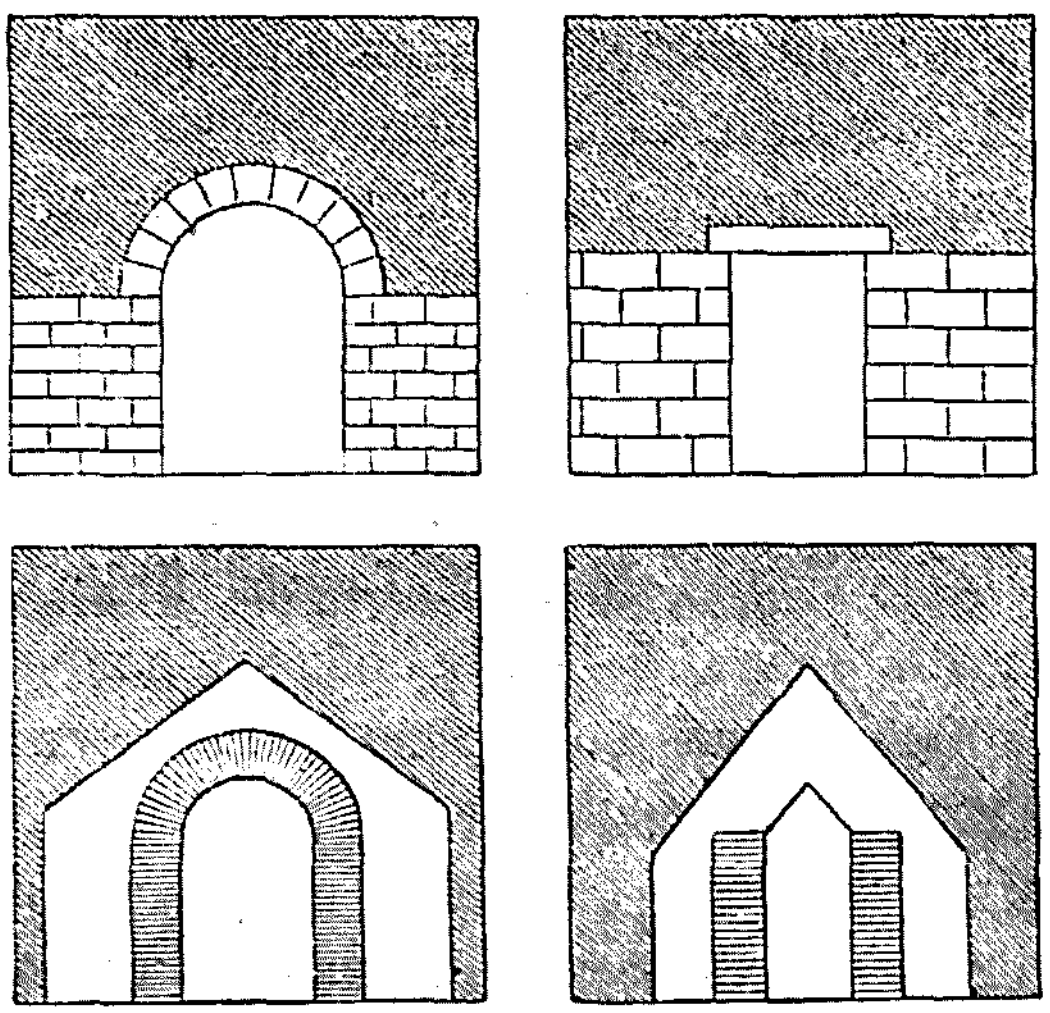
Римляне были не только замѣчательными строителями водопроводовъ, но и превосходными техническими писателями въ этой

области. Такъ Sextus Julius Frontinus, занимавшій при Неронѣ и Траянѣ должность начальника (куратора) водоснабженія города Рима, въ этомъ качествѣ составилъ книгу: «De Aquae ductibus Urbis Romae». Въ ней заключается описаніе водопроводовъ, построенныхъ въ его время, перечень всѣхъ римскихъ водопроводовъ съ указаніемъ кѣмъ и когда они построены, и съ какого разстоянія проведена вода, длины подземныхъ акведуковъ и мостовъ—акведуковъ, размѣровъ и устройства послѣднихъ, протяженія водопроводовъ внѣ и въ предѣлахъ города, количествъ воды, доставляемыхъ каждымъ водопроводомъ по измѣренію въ натурѣ, числа общественныхъ и частныхъ резервуаровъ, стоимости сооруженій казнѣ и частнымъ лицамъ, платы за воду, установленной сенатомъ и декретами императора и т. д.

Изъ записки Фронтина о древне-римскихъ водопроводахъ, переведенной Ронделе на французскій языкъ въ 1820 году, видно, что въ царствованіе Траяна въ Римѣ было не менѣе 9 водопроводовъ, Appia Claudia, Anio vetus, Marcia, Tepula, Julia, Virgo, Alsietina, Claudia, Anio novus (черт. 5 — 20), общею длиною въ 443 километра, съ 49.500 метрами водопроводныхъ мостовъ высотою до 32 метровъ, и 2.400 метрами подземныхъ галлерей. Эти водопроводы доставляли ежедневно 947.200 кубическихъ метровъ воды, изъ которыхъ около двухъ третей назначены были для общественнаго потребленія, а одна треть удѣлялась банямъ и другимъ частнымъ потребностямъ. При императорѣ Августѣ въ Римѣ расходовалось уже 2,7 кубическихъ метровъ воды на голову населенія въ день, причемъ уже существовало 1.350 водоразборныхъ крановъ и 591 фонтанъ. Въ теченіи одного года Агриппа устроилъ 130 резервуаровъ и 105 фонтановъ. Въ царствованіе Константина въ Римѣ находилось до 34 водопроводовъ, 15 термъ и 856 общественныхъ купалень.

Такое громадное число сооруженій и водопроводныхъ устройствъ разнаго рода, конечно, могло дѣйствовать правильно лишь при существованіи весьма сложной организаціи управленія. Во времена республики завѣдываніе этимъ дѣломъ возложено было на цензоровъ и эдиловъ. При имперіи водопроводами управлялъ сановникъ, носившій титулъ куратора. Наиболѣе выдающіяся лица не отказывались занимать эту должность, и Фронтинъ, о которомъ упомянуто выше, оставилъ для занятія этой должности высшее командованіе римскою арміею въ Бретани.

Ассенизація города Рима.



Черт. 66, 67, 68 и 69.

Поперечныя профили нѣкоторыхъ изъ древне-римскихъ водостоковъ.

Стѣны и своды водостоковъ дѣлались преимущественно изъ серпентина, а плоскія покрытія изъ мраморныхъ плитъ.

Доказательство важнаго значенія, придававшагося римлянами всему тому, что касалось употребленія воды, мы находимъ еще въ роскоши, съ которою они обставляли внутренность своихъ термъ, гдѣ весьма часто, напримѣръ, употреблялись мозаики и мраморная обдѣлка, причемъ трубы и краны сдѣланы были изъ массивнаго серебра. Что говорить о спеціальной сѣти трубъ, устраивавшейся въ театрахъ для освѣженія зрителей брызгами мелкихъ водяныхъ капель, на подобіе цѣлаго облака росы.? Столовая Нерона снабжена была также подобнымъ приспособленіемъ, и во время пиршествъ императоровъ или богатѣйшихъ патриціевъ устраивали подобную искуственную росу, причемъ часто затрачивались громадныя суммы на самые рѣдкіе и тонкіе духи, для сообщенія ей особаго аромата.

Вкусы и привычки жителей Рима мало по малу распространились въ провинціяхъ и во всемъ римскомъ мірѣ. Повсюду строились въ большомъ числѣ водопроводныя сооруженія (черт. 5—55) и въ Италіи, Греціи, Испаніи, Франціи, Венгріи и даже въ Германіи встрѣчаются остатки, иногда величественные, древнихъ римскихъ акведуковъ. Изъ числа самыхъ извѣстныхъ можно назвать во Франціи знаменитый Гардскій мостъ (Pont du Gard) (черт. 31, 32); въ Испаніи акведуки Сеговіи и Севильи (черт. 24). Интересныя подробности собраны о римскихъ акведукахъ въ Ліонѣ (черт. 26 — 30) и Сансѣ. Мецъ (черт. 21, 22, 50—55) и Антибъ снабжаются водою изъ реставрированныхъ римскихъ водопроводовъ, а въ Парижѣ воспользовались при сооруженіи одного изъ новыхъ водопроводовъ остатками Аркейльскаго акведука, построеннаго во время римскаго господства въ Галліи, для питанія термъ императора Юліана.

При устройствѣ водоснабженія, римляне пользовались примущественно гравитаціоннымъ типомъ сооруженій направляя воду *самотокомъ*, и повидимому насосы и водоподъемныя машины не играли сколько нибудь выдающейся роли въ этихъ устройствахъ.

Настоящими мастерами римляне показали себя въ также искусствѣ добыванія воды.

Они умѣли весьма успѣшно отводить воду изъ рѣкъ и озеръ, собирать воду изъ естественныхъ ключей и открывать подземные ключи, отыскивать и утилизировать подземные водоносные слои и создавать искусственные ключи посредствомъ настоящихъ дренажныхъ рвовъ (cuniculi), которые встрѣчаются еще повсюду въ окрестностяхъ Рима.

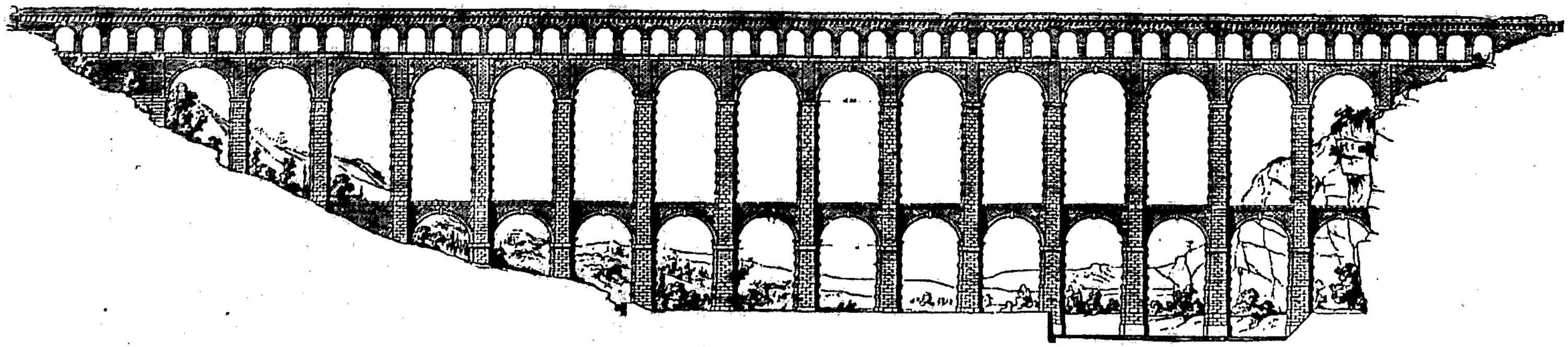
Римскіе инженеры превосходно знали свойства текучей воды, понимали законы ея движенія и умѣли ими пользоваться.

Доказательство этому нельзя не видѣть въ ихъ сооруженіяхъ. Въ водопроводѣ Клавдія (черт. 12—19) вода проведена напримѣръ за 50 верстъ каналомъ, проходящимъ въ туннеляхъ и на мостахъ. На всемъ этомъ протяженіи сохраненъ равномѣрный уклонъ, чтобы не замедлить движенія или не вызывать ненужныхъ потерь живой силы при увеличеніи скорости.

Римскіе инженеры не переставали притомъ совершенствоваться въ изученіи законовъ гидравлики, и въ водопроводахъ позднѣйшаго времени направленіе выбрано болѣе искусно и естественные уклоны грунта утилизированы лучше, чѣмъ въ древнѣйшихъ постройкахъ. Сѣченіе акведуковъ, вообще, не вычислялись въ зависимости отъ расхода; при выборѣ ихъ, кажется, скорѣе сообразовались съ тѣмъ чтобы возможно было проходить людямъ внутри сооруженія, вѣроятно—для производства исправленій. Матеріаломъ для нихъ служилъ иногда тесовый камень, иногда буть или кирпичъ, а иногда и бетонъ, употребленіе котораго впослѣдствіи стало все болѣе и болѣе распространяться. Кладка болѣе старинныхъ акведуковъ (Appia, Anio vetus, Marcia) состоитъ изъ камней, положенныхъ насухо, съ нѣкоторою лишь обмазкою внутри (черт. 12, 13). Позднѣе растворъ встрѣчается по всей толщинѣ кладки. При пересѣченіи долинъ акведуки большею частью поддерживаются рядами аркадъ въ одинъ или нѣсколько этажей, причемъ иногда одинъ изъ этажей служитъ для пропуска существующей дороги или второго акведука. Между тѣмъ устройство сифоновъ не было неизвѣстно римлянамъ. Въ Ліонѣ найдены были остатки сифона, состоявшаго изъ свинцовыхъ трубъ. Однако топографическое положеніе Рима, въ обширной низменной равнинѣ, на незначительномъ разстояніи отъ известковыхъ горъ, заставило ихъ отдавать предпочтеніе красивымъ рядамъ аркадъ, которыя, притомъ, имѣли преимущество дѣйствовать на толпу и льстить тщеславію жертвователей.

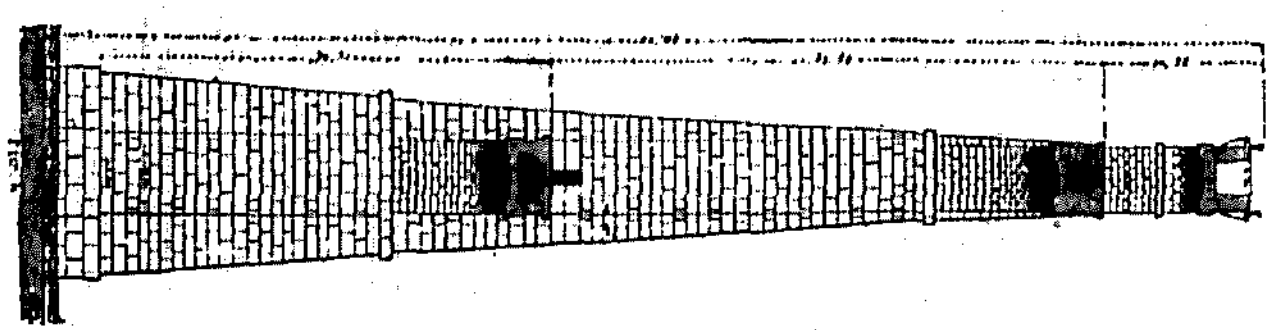
Возвышенные водопроводы, римлянъ имѣли еще то достоинство, что они давали возможность немедленно обнаружить самую незначительную течь и безъ затрудненія исправить ее, не прерывая и даже не стѣсняя движенія по улицамъ. Этимъ они очень отличались отъ нашихъ трубопроводовъ, лежащихъ въ землѣ. Течь обнаруживается

Водоснабженіе города Марсели.



Черт. 70. — **Фасадъ Рокфавурскаго водопроводнаго моста.**

Марсель снабжается водой рѣки Дюрансы, проведенной гравитаціоннымъ водопроводомъ (самотокомъ) за 81.754 метра. Расходъ канала 3,75—8,00 кубич. мет. въ секунду. Скорость теченія въ выемкахъ 0,84, въ туннеляхъ 1 м. въ секунду. Водопроводъ имѣетъ 18 туннелей, 11 мостовъ, 230 прочихъ искусственныхъ сооруженій. Самый замѣчательный мостъ l'aqueduc de Roquefavour, построенный инженеромъ Montricher.



Черт. 71. Разрѣзъ Рокфавурскаго водопроводнаго моста.

въ трубахъ только, когда она достигнетъ очень большого значенія и повредитъ мостовую, а исправленіе трубъ требуетъ разрытія улицы и сопровождается большими затрудненіями и неудобствами для движенія людей и экипажей.

Римляне, повидимому, обращали большее вниманіе на *количество* воды, которую они доставляли помощью своихъ водопроводовъ, нежели на *качество* ея. Вычислено, что запасы воды, которыми располагалъ древній Римъ, должны были достигать 1.200.000 кубическихъ метровъ въ сутки. Трудно объяснить необходимость такого громаднаго расхода воды, для населенія, состоявшаго изъ 300.000 или 400.000 жителей если не допустить, что значительная часть воды терялась въ пути, черезъ щели въ акведукахъ или течи въ трубахъ. Но, съ другой стороны, не слѣдуетъ упускать изъ виду, что вода, доставлявшаяся этимъ водопроводомъ, была, вообще, низкаго качества. Часто она получалась мутною, и осадочные бассейны, устроенные у концовъ каналовъ, не могли совершенно ее освѣтлять. Вода эта могла употребляться на чистку улицъ, питаніе фонтановъ и навмахій (зрѣлища морскихъ битвъ), снабженіе термъ и бань. Вода же, предназначенная для питья, напротивъ, выбиралась самымъ тщательнымъ образомъ, и, хотя римляне не обладали никакими средствами для анализовъ, они тѣмъ не менѣе хорошо умѣли различать и классифицировать различныя воды по вкусу ихъ, прозрачности и температурѣ. Они не обманывали себя на счетъ гигіеническихъ качествъ воды, которая доставлялась въ ихъ дома для другихъ потребностей, и Плиній Старшій, распространяясь въ своемъ сочиненіи о величіи сооруженій, доставлявшихъ Риму такія громадныя массы воды, тѣмъ не менѣе заявляетъ, что лучше всего для питья годится колодезная вода, которая находится во всеобщемъ употребленіи.

Изъ осадочныхъ бассейновъ вода текла къ водосборнымъ резервуарамъ (castella, receptacula), которыхъ было въ Римѣ, согласно Фронтину, въ его время 247, и которые по всей вѣроятности служили не только вмѣстилищами, но и распредѣлителями воды по различнымъ направленіямъ (dividicula); отсюда вели многочисленные проводы, снабжавшіе водою общественныя зданія, императорскіе дворцы и дома частныхъ владѣльцевъ (черт. 34 — 55). Трубы эти были совершенно отдѣлены одна отъ другой, и было строго за-

прещено устраивать какой либо отводъ отъ общественной водопроводной трубы. Трубы были свинцовыя и имѣли сѣченіе грушевидной формы, что объясняется способомъ ихъ изготовленія: для полученія ихъ сгибали свинцовый листа, спаивая оба края его на верхней сторонѣ.

Во времена республики частныя лица имѣли право пользоваться тою водою, которая переливалась черезъ край въ резервуарахъ; однако нѣкоторыя высокопоставленныя лица могли проводить воду въ свои дома. При имперіи кураторы давали разрѣшеніе отдѣльнымъ лицамъ на пользованіе водою, но эта льгота всегда оставалась личною и пожизненною; она представлялась обыкновенно, какъ вознагражденіе за оказанныя государству услуги. Мало по малу число лицъ, пользовавшихся такимъ образомъ водою изъ общественныхъ водопроводовъ, увеличивалось, и Фронтинъ насчитываетъ 13.595 подобныхъ получателей для одного лишь изъ участковъ водопровода. Количество воды, опускавшееся каждому владѣльцу, измѣрялось посредствомъ трубки опредѣленнаго сѣченія на длинѣ 15 метровъ. Единицею измѣренія служилъ *кинарій*, расходъ, получавшійся при помощи особой мѣры (calix), бронзовой трубки, длиною 0,22 метра и діаметромъ около 23 миллиметровъ, помѣщенной въ резервуарѣ вертикально и открывавшейся на глубинѣ 0,22 метра подъ горизонтомъ воды.

Необходимые матеріалы для устройства водопроводныхъ сооруженій можно было заимствовать у частныхъ собственниковъ путемъ понудительнаго отчужденія за опредѣленное вознагражденіе, причемъ, curator operis пользовался, между прочимъ, также правомъ устраивать на частныхъ земляхъ мостки для облегченія перевозки матеріаловъ.

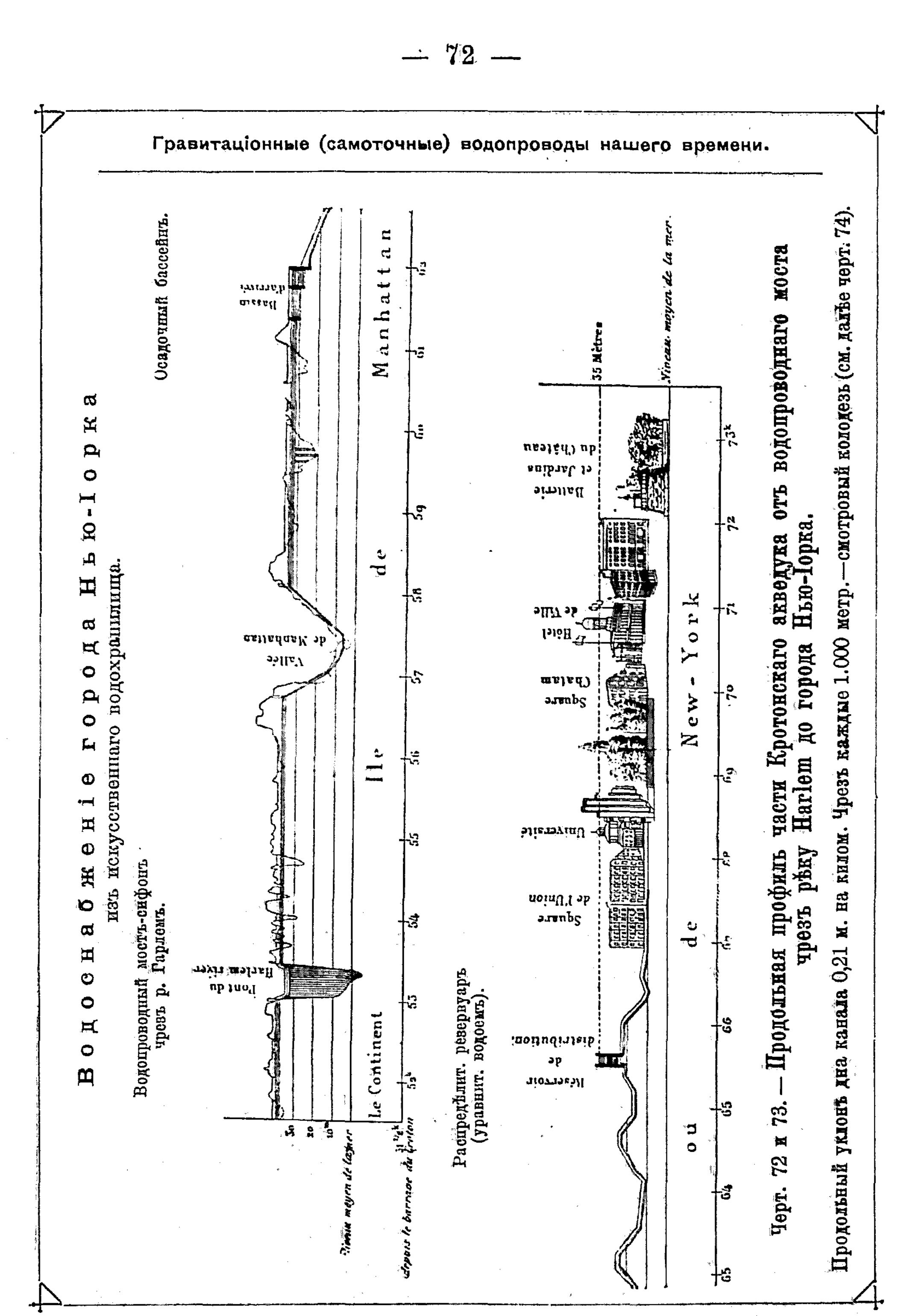
Содержаніе сооруженій и всѣхъ устройствъ водопроводовъ возложено было на различныя категоріи рабочихъ; каждая группа завѣдывала тою или другою частью водоснабженія. Во времена Агриппы въ Римѣ ихъ было 240; при Клавдіѣ число ихъ увеличилось до 700; часть ихъ содержалась правительствомъ, а остальная получала жалованье отъ императора.

Изданные въ разныя времена строгіе законы имѣли цѣлью охрану водопроводовъ: запрещено было сажать деревья, въ городахъ—ближе 1,60 метра, а въ деревняхъ ближе 4,80 метра отъ водопроводныхъ

Гравитаціонные (самоточные) водопроводы нашего времени.

Водоснабженіе города Нью-Іорка

изъ искусственнаго водохранилища.



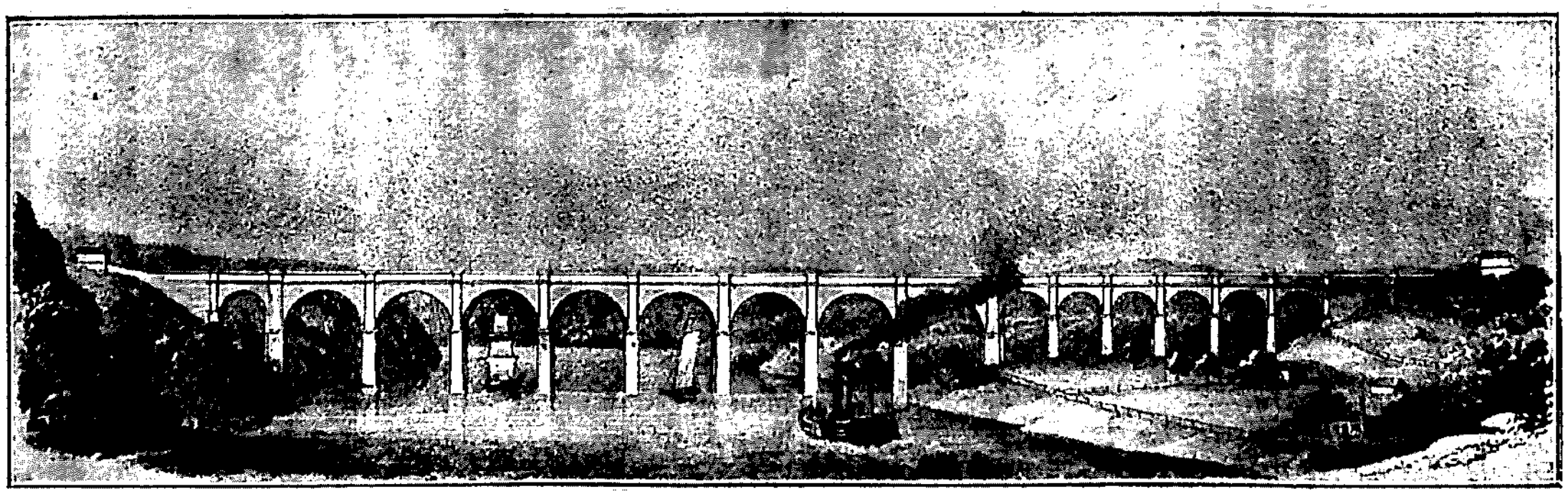
Расподѣлит. резервуаръ
(уравнит. водоемъ).

Черт. 72 и 73. — Продольная профиль части Кротонскаго акведука отъ водопроводнаго моста чрезъ рѣку Harlem до города Нью-Іорка.

Продольный уклонъ дна канала 0,21 м. на километр. Чрезъ каждые 1.000 метр.—смотровый колодезь (см. далѣе черт. 74).

Водоснабженіе города Нью-Іорка

изъ искусственнаго водохранилища.



Черт. 74.

Видъ Кротонскаго водопроводнаго моста Нью-Іоркскаго водопровода.

Водоснабженіе Нью-Іорка производится съ 1842 года изъ Кротона, небольшой рѣчки, подпертой плотиной въ 70 киломметрахъ (приблизительно) отъ города. Водопроводныя сооруженія Нью-Іорка получали непрерывно значительное развитіе по мѣрѣ роста населенія. Водопроводъ гравитаціонный. Водопроводный каналъ проходитъ въ туннеляхъ и на мостахъ; есть и сифоны (Schramke, Huet).

каналовъ; отводъ воды запрещенъ былъ подъ страхомъ значительнаго штрафа: согласно закону, за каждую унцію похищенной воды положенъ былъ штрафъ въ одинъ фунтъ золота.

Римлянамъ знакома была также большая часть пріемовъ ассенизаціи городовъ. Въ болѣе раннюю эпоху домашніе отбросы и другія нечистоты собирались въ сосудахъ, которые по утрамъ опоражнивались на улицы, откуда они регулярно убирались. Впослѣдствіи противъ этого изданы были строгія запрещенія, но, если вѣрить Ювеналу, обычай этотъ тѣмъ не менѣе сохранился и въ его время пользовались ночною темнотою для многократныхъ нарушеній изданныхъ постановленій. До временъ имперіи, дома римлянъ снабжены однако уже были ретирадниками. Устройства этого рода найдены въ Помпеѣ и Пуццуоли. Они постоянно промывались обильною струею воды. По странному и необъяснимому обычаю, они постоянно помѣщались въ ближайшемъ сосѣдствѣ съ кухнею. Въ императорскихъ дворцахъ не считали лишнимъ украшать ихъ даже мраморомъ (см. черт. 60—62).

Въ Римѣ существовали также въ большомъ числѣ общественные ретирадники. Говорятъ, что въ царствованіе Діоклетіана ихъ было 144. Они находились въ вѣдѣніи форикаріевъ, которые взимали плату за пользованіе ими.

Постройку cloaca maxima (черт. 63—65) относятъ ко времени Тарквинія Древняго. Это большой подземный каналъ, который, безъ сомнѣнія, образованъ былъ посредствомъ перекрытія естественнаго ручья каменнымъ сводомъ и первоначально назначенъ былъ для ассенизаціи Форума. Оконченный Тарквиніемъ Гордымъ, онъ сдѣланъ былъ главнымъ коллекторомъ сточныхъ каналовъ древняго Рима. Онъ существуетъ еще въ настоящее время и продолжаетъ исполнять, по крайней мѣрѣ частію, ту же роль, которая предназначена была ему 2.500 лѣтъ тому назадъ.

Агриппа усовершенствовалъ сѣть римскихъ водостоковъ (черт. 66—69) и расширилъ ихъ устройствомъ семи резервуаровъ, напоромъ которыхъ пользовались для промывки водосточныхъ каналовъ. Плиній Младшій, правитель провинціи Понта и Виѳиніи, нѣсколько разъ затрогивалъ въ письмахъ своихъ къ императору Траяну вопросы, относящіеся къ устройству водостоковъ. Между прочимъ онъ предложилъ, а императоръ разрѣшилъ перекрыть сводомъ одинъ ручей, который

было превратился въ настоящую открытую водосточную канаву, вдоль одной изъ главныхъ улицъ города Амастріи.

§ 14. Средніе вѣка.

Въ послѣдній періодъ римскаго могущества императоры, поглощенные внутренними неурядицами и защитой границъ, перестали интересоваться санитарно-инженерными работами, которыя въ теченіи долгаго времени были предметомъ особыхъ попеченій ихъ предшественниковъ. Когда центръ правленія былъ перенесенъ въ Византію, они стали заботиться лишь о томъ, чтобы новая столица сравнилась со старою, а на Римъ перестали обращать вниманіе.

Вторженіе варваровъ въ Италію въ V-мъ столѣтіи нанесло ему послѣдній ударъ. Новые пришельцы относились къ изощреніямъ римской цивилизаціи съ очевиднымъ презрѣніемъ. Подъ ихъ владычествомъ нравы и привычки совершенно преобразились: вскорѣ отъ термъ и акведуковъ остались однѣ развалины.

Христіанская церковь, получившая около этого времени преобладаніе и принявшая умственное наслѣдіе римскаго міра, сдѣлалась хранительницею науки, литературы и искусства, но совершенно оставила въ сторонѣ санитарныя преданія древней Греціи и Рима. Кажется даже, что она отвергла правила гигіены, какъ неподобающую роскошь. Монахи стали подвергать себя разнымъ лишеніямъ, подражая знаменитымъ отшельникамъ, и нѣкоторые изъ нихъ доводили свое пренебреженіе къ удобствамъ жизни до того, что мѣняли одежду только разъ въ годъ.

Съ этого времени употребленіе воды сократилось до наименьшихъ размѣровъ, едва необходимыхъ для удовлетворенія самыхъ крайнихъ потребностей. «Въ теченіи болѣе тысячи лѣтъ, говоритъ д-ръ Playfair, ни одинъ человѣкъ въ Европѣ не мылъ своего тѣла». Этотъ отзывъ, безъ сомнѣнія, нѣсколько преувеличенъ, но онъ вѣрно характеризуетъ эпоху.

Кромѣ того, феодальный порядокъ, отнимавшій всю силу отъ государственной власти и лишавшій города свободы дѣйствій, представлялъ собою непреодолимое препятствіе для всякаго рода значительныхъ общественныхъ предпріятій по доставленію воды и ассенизаціи. Каждый могъ полагаться лишь на свои собственныя силы

и долженъ былъ самъ о себѣ заботиться, причемъ, конечно, искалъ для себя поблизости то небольшое количество воды, которое ему безусловно необходимо было для жизни. Подобно первобытному человѣку онъ долженъ былъ довольствоваться водою изъ ближайшей рѣчки или изъ колодцевъ, выкопанныхъ въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ жилищами.

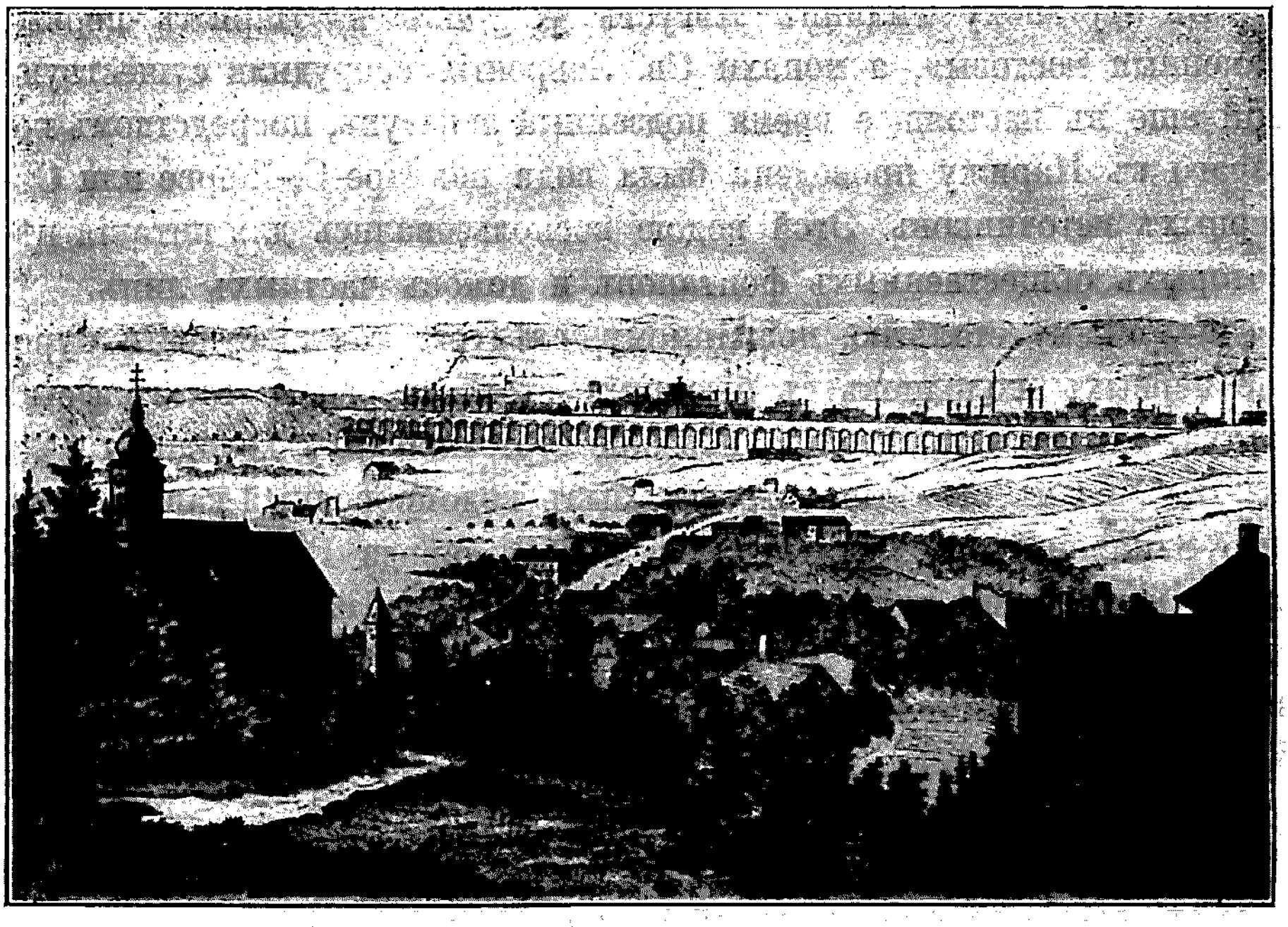
Что же касается удаленія нечистотъ, то часто невозможно было выступить для этой цѣли изъ тѣсныхъ предѣловъ монастыря или укрѣпленнаго замка. Поэтому приходилось для нихъ отводить мѣсто внутри стѣнъ, въ какомъ нибудь отдаленномъ углу. Отхожія мѣста замковъ часто помѣщались наверху наружныхъ стѣнъ, въ свѣшивающихся выступахъ, откуда нечистоты могли прямо падать въ крѣпостной ровъ. Около IX-го столѣтія появляется употребленіе непроницаемыхъ *выгребовъ* и поглощающихъ или *бездонныхъ выгребовъ*. Нѣчто въ родѣ этого были въ средневѣковыхъ замкахъ ямы (oubliettes), или колодцы, въ которые неожиданно проваливались тѣ, отъ кого почему либо хотѣли отдѣлаться. Отхожія мѣста располагались тогда надъ выгребами, иногда въ нѣсколько этажей одни надъ другими, въ особыхъ башняхъ.

Послѣдствія глубокаго забвенія, которому подверглись, столь развитыя у древнихъ Римлянъ, правила гигіены и санитарной науки, не замедлили обнаружиться самымъ жестокимъ образомъ. До тѣхъ поръ неизвѣстныя болѣзни, между прочими проказа и чума, эпидемически стали опустошать всю Европу. Необходимы были долгіе вѣка и новый переворотъ въ исторіи человѣчества, для избавленія его отъ этихъ бичей Божіихъ, которые, какъ предполагаютъ, истребили тогда болѣе четвертой части населенія.

Постепенное пробужденіе умовъ, подъемъ королевской власти и освобожденіе городскихъ общинъ отъ феодальной зависимости имѣли послѣдствіемъ нѣкоторое развитіе торговли и промышленности, и вмѣстѣ съ тѣмъ дали начало движенію къ соблюденію законовъ гигіены и требованій общественнаго здоровья. Но эта реакція совершалась лишь постепенно и распространялась чрезвычайно медленно, задерживаясь притомъ крайне недостаточными средствами зарождающихся городскихъ общинъ.

Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, когда вблизи населенныхъ центровъ не находилось въ достаточномъ количествѣ годной для питья воды, ее

Водоснабженіе города Вѣны.



Черт. 75.

Общій видъ Liesinger'скаго водопроводнаго моста Вѣнскаго водопровода.

Вѣнскій водопроводъ доставляетъ ключевую воду изъ ключей **Kaiserbrum и Stixenstein**, находящихся въ горахъ въ 80 километрахъ отъ города. Онъ оконченъ въ 1873 году. Вода превосходнаго качества съ неизмѣнной температурой 8—9° С. Общая длина водопровода 94750 метровъ, паденіе канала 275,44 метра или 2,80 м. на километръ. Мостовъ — водопроводныхъ, особенно выдающихся по своимъ размѣрамъ (длина 100—350 вѣнскихъ саж.) — шесть. Изъ нихъ самый значительный Лизингерскій. Онъ имѣетъ при 350 саж. — 43 арки; вышина 9 саж.; матеріалъ камень и кирпичъ (Stadler—Die Wasserversorg. d. St. Wien).

стали искать въ болѣе удаленныхъ окрестностяхъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ отводили для этого ключи, обыкновенно посредствомъ небольшихъ открытыхъ лотковъ или деревянныхъ трубъ. Затѣмъ на берегахъ рѣкъ стали устраиваться различныхъ системъ водоподъемныя машины, составленныя изъ насосовъ неуклюжей конструкціи, приводимыхъ въ дѣйствіе гидравлическими двигателями.

Въ эту эпоху Филиппъ Августъ устроилъ въ Парижѣ первыя каменныя мостовыя, а монахи Св. Лаврентія соорудили существующій еще въ настоящее время подземный акведукъ, посредствомъ котораго къ Парижу проведена была вода изъ Пре-С.-Жерве или Сѣверныхъ источниковъ. Этой водою воспользовались для питанія нѣкоторыхъ общественныхъ фонтановъ и домовъ частныхъ лицъ.

Къ XII-му столѣтію, повидимому, слѣдуетъ также отнести буреніе первыхъ колодцевъ съ бьющимъ столбомъ воды въ графствѣ Артуа, откуда и произошло названіе Артезіанскихъ колодцевъ.

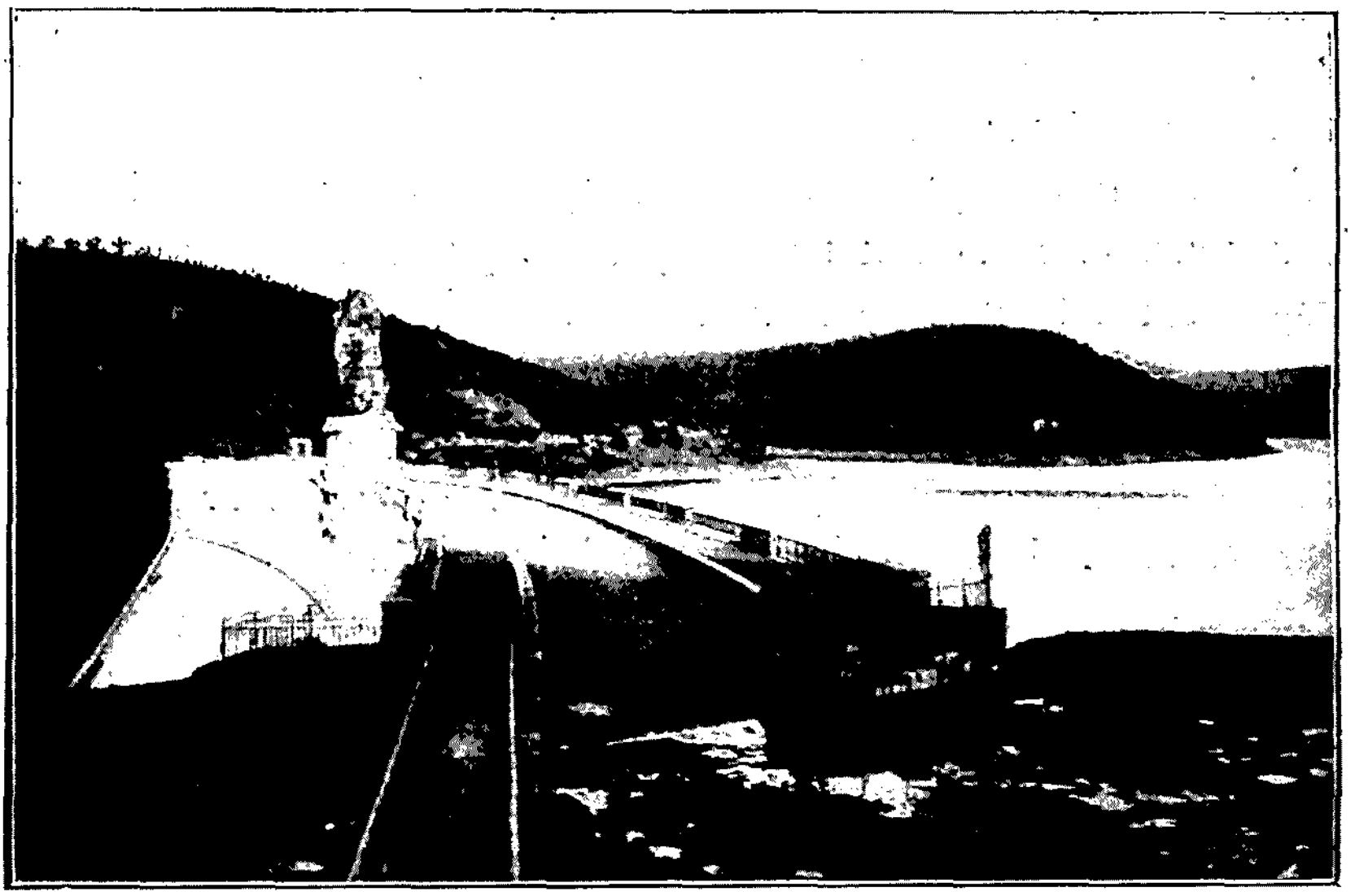
Въ XIII-мъ столѣтіи устроенъ былъ водопроводный каналъ, длиною 8 километровъ, для питанія водою города Генуи. Въ то же время въ Лондонѣ устроенъ былъ *большой водопроводный каналъ*, сложенный изъ камня и выложенный свинцомъ. Онъ доставлялъ воду изъ Педдингтона къ самому старинному резервуару Сити, въ Уестчипѣ.

§ 15. Эпоха возрожденія.

Стремленіе къ прогрессу, обнаружившееся около XI или XII столѣтія, продолжаетъ усиливаться и становится все болѣе и болѣе общимъ къ началу дальнѣйшей эпохи. Во всѣхъ странахъ Европы нравы измѣняются. Общее движеніе умовъ, характеризующее періодъ Возрожденія, имѣло смягчающее вліяніе и на нравы, причемъ появились новыя потребности, вызвавшія исполненіе многочисленныхъ работъ по части оздоровленія и улучшенія санитарныхъ условій городовъ.

Папы, въ Италіи, предприняли возобновленіе нѣкоторыхъ акведуковъ древняго Рима: Аква Вирджине, каналъ, устроенный въ 1568 году для питанія 50 общественныхъ и частныхъ фонтановъ, есть не что иное, какъ реставрированный древній каналъ Аква Вирго; а Аква Феличе образовалась изъ соединенія водъ каналовъ Аква Клаудіа и Аква Марціа съ нѣкоторыми ближайшими источниками.

Водоснабженіе города Вервье.



Черт. 76.

Общій видъ искусственнаго водохранилища, образованнаго устройствомъ водоудержательной плотины на р. Жилеппъ (Gilepre).

(Съ фотографіи, сообщенной г. Kremer'омъ).

Высота плотины — 47 метровъ. Ширина внизу — 66 метровъ, вверху — 15 метровъ. Объемъ каменной кладки — 248.470 куб. м. Общій видъ кладки — 571.480.000 килограмм. Площадь озера — 800.000 кв. метровъ. Вмѣстимость — 12.238.000 куб. метр. воды. Пьедесталъ Льва — 8 метр., высота Льва — 13,5 метр. Стоимость работъ — 7 милліоновъ франковъ.

Значительное развитіе приняло устройство водопроводовъ въ Англіи. Всѣ главныя части Лондона послѣдовательно были снабжены водопроводами. Въ 1582 году, Петръ Морисъ установилъ подъ береговою аркою Лондонскаго моста водоподъемную машину, которая приводилась въ движеніе вертикальнымъ колесомъ. Въ связи съ этимъ создано было первое устройство для распредѣленія воды по домамъ помощью свинцовыхъ трубъ.

Система, введенная въ Лондонѣ Петромъ Морисомъ, еще раньше этого времени была извѣстна и практиковалась въ Германіи. Ганноверскіе пивовары устроили въ 1527 году насосы, приводимые въ дѣйствіе гидравлическою силою; этому примѣру послѣдовали Гамбургъ и Нюренбергъ. Весьма даже возможно, что первые примѣры примѣненія гидравлическихъ двигателей къ подъему воды относятся въ Германіи къ XIV-му столѣтію, такъ какъ въ эту эпоху образовались тамъ общества для снабженія городовъ водою (Pumpenbrüder—Genossenschaften). Аугсбургъ, въ XV-мъ столѣтіи, снабжался обильно водой. Въ Ульмѣ, въ 1489 году, считалось 168 общественныхъ купалень.

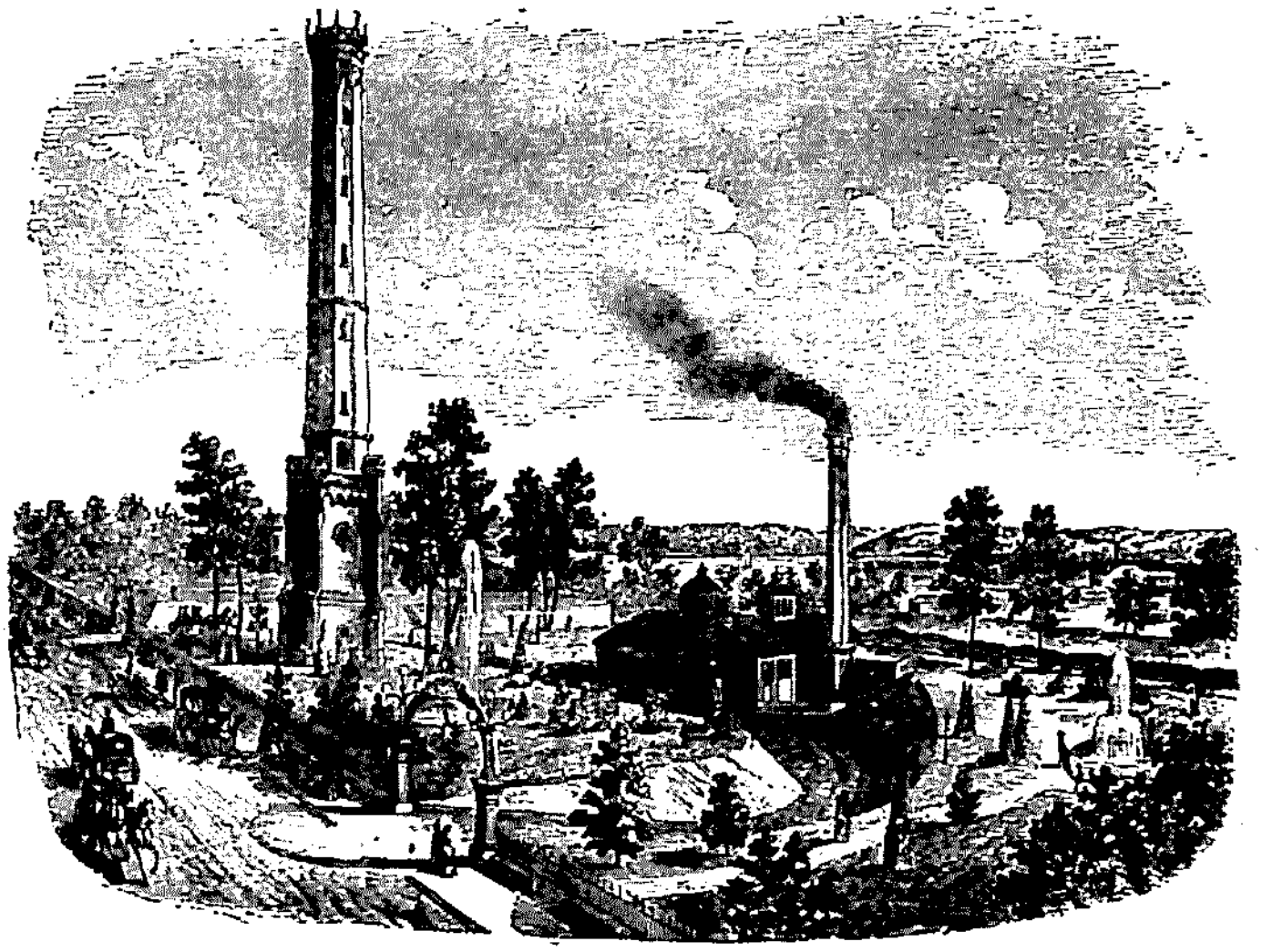
Парижъ, въ XVI-мъ столѣтіи безплатно пользовался водою, доставлявшеюся изъ Сѣверныхъ источниковъ, но затѣмъ появляются первыя предпріятія для доставленія воды, за очень высокую цѣну.

Ручей Менильмонтанъ, впадавшій нѣкогда въ Сену, перекрытъ былъ уже въ XVI вѣкѣ сводомъ и превращенъ въ водосточный каналъ. Указомъ Парламента 1633 году владѣльцамъ вмѣнено было въ обязанность устройство въ каждомъ домѣ отхожаго мѣста.

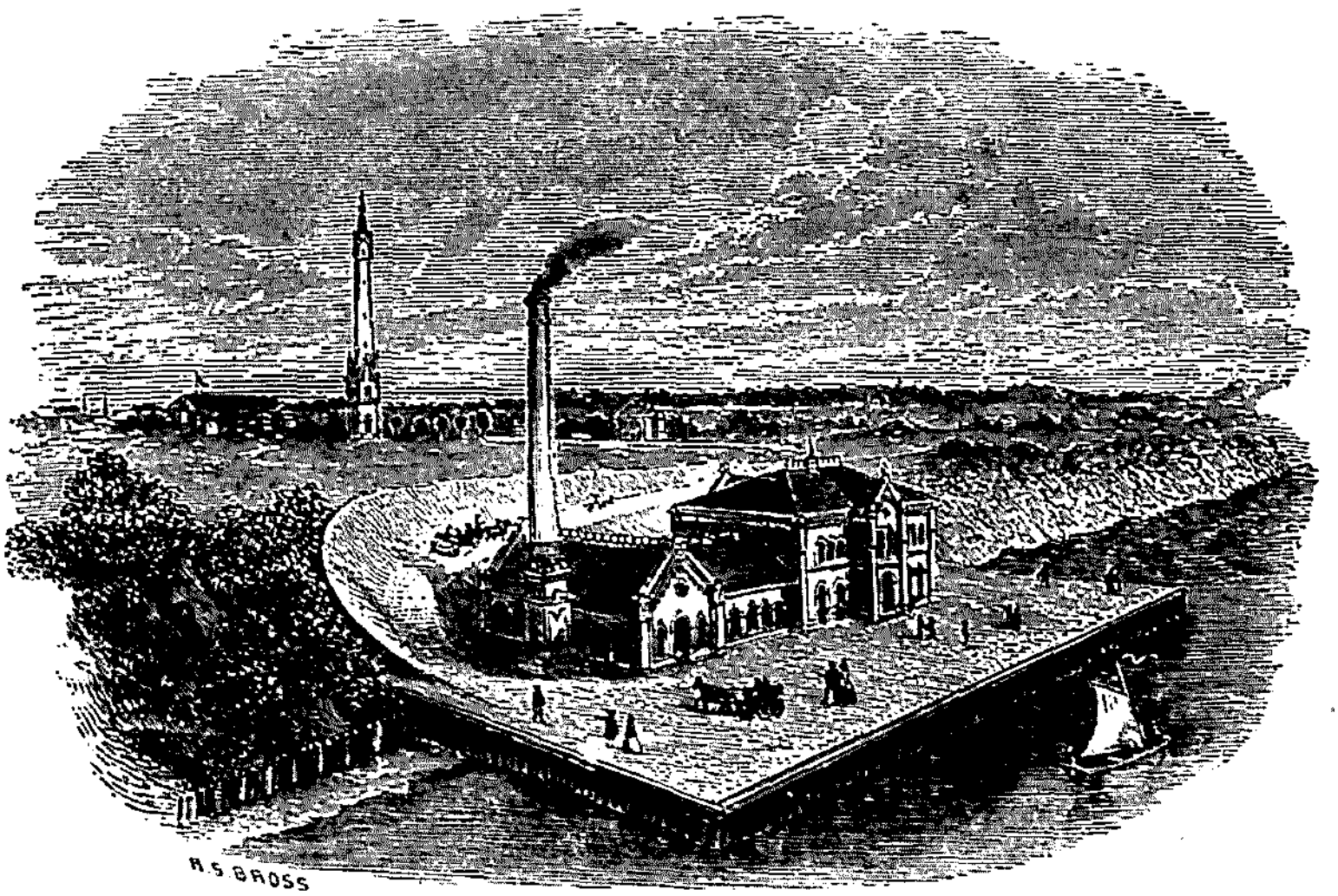
§ 16. Семнадцатый вѣкъ.

Послѣ перваго толчка движеніе не останавливается и прогрессъ продолжается болѣе или менѣе быстро до нашихъ дней.

Въ XVII-мъ столѣтіи Франція, находясь въ періодѣ небывалаго до того времени величія и процвѣтанія, предпринимаетъ наиболѣе значительныя и замѣчательныя работы. Генрихъ IV велѣлъ устроить подъ второю аркою Новаго Моста насосы для накачиванія воды дѣйствіемъ вертикальнаго гидравлическаго колеса, для питанія Лувра и Тюльерійскаго парка. Людовикъ XIII, или скорѣе его мать, Марія Медичи, пользуется водами Рюнжи, которыя питали когда то термы императора Юліана, и для проведенія ихъ строитъ надъ нижнимъ



Черт. 77. — **Общій видъ насосной станціи въ г. Толедо.**



Черт. 78. — **Общій видъ насосной станціи въ Milwaukee на берегу** *озера* **Мичиганъ (Сѣв.-Американскіе Соединенные Штаты).**

строеніемъ временъ римлянъ Аркейльскій акведукъ, названіе котораго присвоивается всему водопроводу; такимъ образомъ Парижъ получаетъ новое количество воды, для питанія 14 общественныхъ фонтановъ. Наконецъ, Людовикъ XIV, построивъ Версальскій дворецъ въ безводной мѣстности и желая провести туда воду въ обильномъ количествѣ, не останавливается ни передъ какими трудностями и расходами для достиженія этой цѣли. По его приказанію, Голландецъ Rennequin установилъ въ Марли машину, которую тогда считали чудомъ и которая помощью 227 насосовъ тремя послѣдовательными подъемами подымала воду на высоту 162 метровъ. Этотъ же король поручилъ Вобану устроить каналъ для отвода водъ р. Эръ (Eure) и Ментенонскій акведукъ, который однако не былъ оконченъ, и затратилъ большія суммы на устройство мраморныхъ бассейновъ и разнообразныхъ фонтановъ, питаемыхъ громадною сѣтью чугунныхъ и свинцовыхъ трубъ.

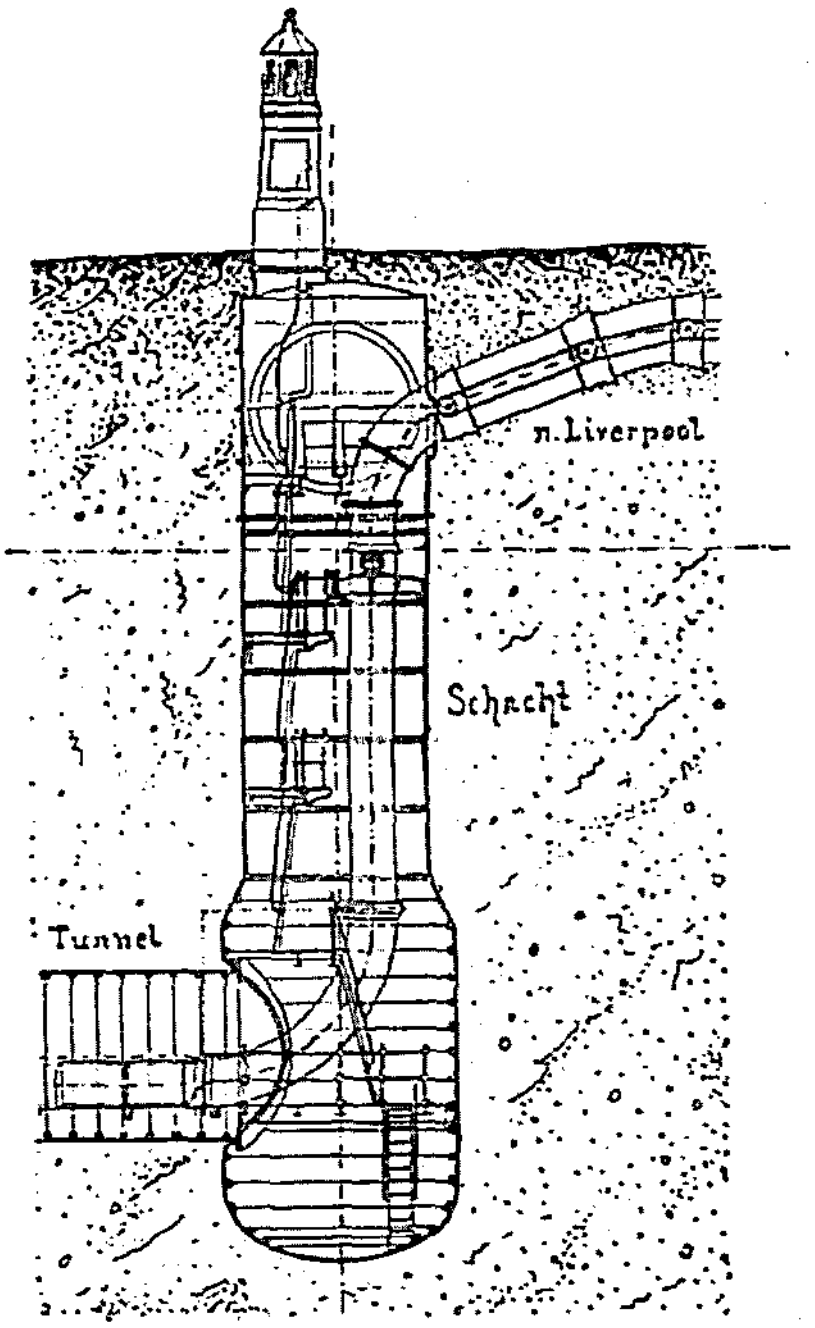
Однако, въ 1670 году, водоснабженіе города Парижа доставляло всего отъ 400 до 500 куб. метровъ воды въ сутки. Постройка водоподъемной машины Нотръ-Дамъ увеличила это количество до 1.400 куб. метровъ. Но этою водою невозможно было пользоваться для общественныхъ цѣлей, такъ какъ многія частныя лица пользовались правомъ безплатно получать воду и королевскіе эдикты не были въ силахъ уничтожить укоренившіяся вслѣдствіе этого злоупотребленія.

Въ это время въ Парижѣ стали строить водостоки, но общая ихъ длина къ концу столѣтія едва достигала трехъ километровъ. Къ этой же эпохѣ должно относиться введеніе воды для промывки отхожихъ мѣстъ и употребленіе этого способа перешло, какъ говорятъ, изъ Франціи въ Англію около 1660 года. При всемъ томъ въ Берсальскомъ дворцѣ существовало такое ограниченное количество отхожихъ мѣстъ, что всѣ придворныя особы должны были имѣть особые стульчаки въ своихъ уборныхъ.

Въ Лондонѣ водоснабженіе также прогрессировало. Къ этому времени относится устройство водопроводнаго канала Нью-Риверъ. Здѣсь устроены были первые пожарные краны и первыя общественныя прачешныя. Тѣмъ не менѣе санитарныя устройства Лондона были еще весьма несовершенны и смертность значительна въ эпоху англійской революціи.

Водопроводные туннели-сифоны.

При пересѣченіи водопроводами большихъ рѣкъ, когда желательно имѣть возможность легко осматривать и исправлять трубу и въ тоже время не представляется возможнымъ уложить ее по мосту, приходится прибѣгать къ устройству водопроводныхъ туннелей. Это сооруженія вообще дорогія и рѣдко встрѣчающіяся. Примѣры ихъ есть во Франціи (Grenoble), въ Англіи (Liverpool) и др.



Черт. 79.

Разрѣзъ начала водопроводнаго туннеля-сифона въ Ливерпулѣ подъ рѣкой Мерзей.

Длина туннеля 240 м., сѣченіе круглое, діаметромъ 3 метра, матеріалъ стѣнъ — чугунъ, толщина стѣнъ 18 миллиметровъ. Стѣны состоятъ изъ сегментовъ, соединенныхъ фляицами. По концамъ туннеля вертикальные колодцы, въ которыхъ поставлены автоматически дѣйствующіе насосы (движутся водой изъ водопровода) для откачиванія просачивающейся въ туннель извнѣ воды. Водопроводныхъ трубъ двѣ; діаметръ ихъ 800 миллиметровъ. Они лежатъ на поперечныхъ балкахъ. Исполненіе работъ по сооруженію этого туннеля было очень затруднительно. Онъ проводитъ воду изъ водохранилища Virnwy, коего плотина представлена на черт. главы IV. (См. Shield Tunneling in loose Ground with special reference to the Virnwy-Aqueduct Tunnel under the Mersey. Engin. 1892, p. 158; *Deacon*—Lake Virnwy and the Virnwy water Supply to Liverpool. Engin. 15 July 1892; Raynald Legouëz—Emploi du bouclier dans la construction des Souterrains. 1897, p. 157; Lueger, p. 720).

§ 17. Восемнадцатый вѣкъ.

XVIII вѣкъ ознаменовалъ себя большими усовершенствованіями въ устройствѣ водоподъемныхъ машинъ: насосы болѣе или менѣе неуклюжей конструкціи прежнихъ временъ замѣняются первыми насосами новѣйшаго устройства—*двойного дѣйствія* (Ла Гиръ, 1716 годъ) *центробѣжными* насосами (Де Муръ, въ 1732 году), усовершенствованнымъ нагнетательнымъ насосомъ *съ ныряломъ* (Брама, въ 1785 году), *гидравлическимъ тараномъ* (Монгольфьеръ, въ 1797 году). Въ то же время появляется *водостолбовая машина*. Наконецъ, *паровая машина*, приспособленная для практики Ньюкоменомъ въ 1711 году, примѣняется съ 1761 года для подъема воды изъ Темзы и послѣ усовершенствованій, сдѣланныхъ въ ней Уаттомъ и Больтономъ, переносится въ Парижъ въ 1781 году. Первое примѣненіе *фильтровъ* изъ пористаго камня и употребленіе *вантузовъ* на водопроводныхъ трубахъ также относится къ этой эпохѣ, когда пользовавшаяся большимъ почетомъ Гидравлика подготовила многочисленныя усовершенствованія, которыя дали возможность послѣдующему столѣтію значительно улучшить и поднять искусство водоснабженія.

Въ XVIII-мъ столѣтіи основаны были нѣкоторыя изъ большихъ обществъ, занимающихся водоснабженіемъ Лондона: Челси — Chelsea (1724 годъ), Ламбетъ—Lambeth (1785 г.), Гретъ-Дженкшенъ — Great-Junction (1798 г.) и начался тотъ колоссальный ростъ англійской столицы, который привелъ ее къ ея нынѣшнему чудовищному размѣру. Роль водоснабженія и его успѣховъ выступаетъ при этомъ на примѣрѣ Лондона крайне рельефно. Если мы бросимъ взглядъ на послѣдовательный рядъ плановъ, изображающихъ различныя степени развитія этого города, то увидимъ, какъ онъ сначала простирается вдоль обоихъ береговъ Темзы, не удаляясь отъ рѣки и не подымаясь на холмы. Затѣмъ на ближайшихъ склонахъ образуются новые кварталы, по мѣрѣ установки для подъема воды первыхъ машинъ съ ихъ несовершеннымъ устройствомъ и деревянными трубами. Городъ быстро начинаетъ расти, когда усовершенствованіе паровой машины при Уаттѣ и введеніе чугунныхъ водопроводныхъ трубъ устранили всѣ препятствія. Возможность доставить воду повсюду какъ бы сняла осаду, которая мѣшала городу расши-

ряться, и съ этого момента начинается быстрый ростъ города, который продолжается на нашихъ глрзахъ и въ настоящее время съ постоянно увеличивающеюся скоростью.

Въ Парижѣ въ теченіи многихъ лѣтъ настоятельно чувствовалась необходимость увеличить количество воды, доставляемой для питья. Вслѣдствіе этого дѣлались многочисленныя изысканія и составлены были различные проекты, изъ числа которыхъ слѣдуетъ упомянуть о предложенномъ въ 1762 году Депарсье водопроводнаго канала отъ рѣки Иветтъ. Разработкою этого предложенія занимались Шези и Перроне, но въ 1782 году проектъ этотъ былъ оставленъ и замѣненъ устройствомъ канала отъ рѣки Бьевръ. Постройка канала предоставлена была въ видѣ концессіи нѣкоему де Феру; однако въ 1789 году предпріятіе это разстроилось.

Въ 1777 году братья Перье получили разрѣшеніе установить насосы и паровыя машины для подъема воды изъ р. Сены, и создали въ 1781 и 1783 гг. два водоподъемныхъ зданія въ Шальо и Гро-Кальу (Gros-Caillou). Организованное ими общество водопроводовъ пало вслѣдствіе усиленнаго ажіотажа и страстныхъ нападокъ Мирабо, но установленныя ими машины, системы Уатта и Больтона, пережили это паденіе и въ теченіи 70 лѣтъ служили съ пользою водоснабженію Парижа. Къ концу XVIII столѣтія Парижъ, при населеніи въ 600.000 душъ, располагалъ едва 10.000 кб. метровъ воды въ сутки.

Впрочемъ, къ тому времени въ немъ было всего 26 километровъ водосточныхъ каналовъ, частью перестроенныхъ въ 1755 г. Тюрго, съ напорными резервуарами для промывки. Центральный пунктъ, куда собирались нечистоты, устроенъ былъ у Монфокона, и расположенные въ нѣсколько ярусовъ бассейны, всегда полные до краевъ, заражали воздухъ сѣверныхъ частей города и портили колодезную воду.

Но нигдѣ еще не принимались серьезно за разрѣшеніе тѣхъ вопросовъ ассенизаціи, которые въ настоящее время сдѣлались предметомъ столькихъ трудовъ, исходнымъ пунктомъ столькихъ работъ.

Въ концѣ XVIII вѣка появляются первые водопроводы и въ Россіи: въ Москвѣ — *Мытищенскій*, и въ Царскомъ Селѣ — *Таицкій*, устроенные въ царствованіе Екатерины II. Первый построенъ въ 1779 году; онъ проводилъ воду ключевую изъ села Большіе Мытищи (по Московско-Ярославской желѣзной дорогѣ) въ количествѣ около 330.000 ведеръ и имѣлъ длину $22^1/_2$ версты. (Впослѣдствіи

этотъ водопроводъ былъ перестроенъ по частямъ и въ такомъ видѣ до 1892 года доставлялъ воды около 550.000 ведеръ. Съ 1892 г. вода въ Москву доставляется въ количествѣ около 1.500.000 ведеръ Новымъ Мытищенскимъ водопроводомъ. — См. Рерберъ — Московскій водопроводъ, 1892.).

Таицкій водопроводъ и понынѣ доставляетъ изъ ключей близъ мызы Таицы около 400.000 ведеръ воды, расходуемой въ Царскомъ Селѣ и Павловскѣ.

§ 18. Первая часть девятнадцатаго вѣка.

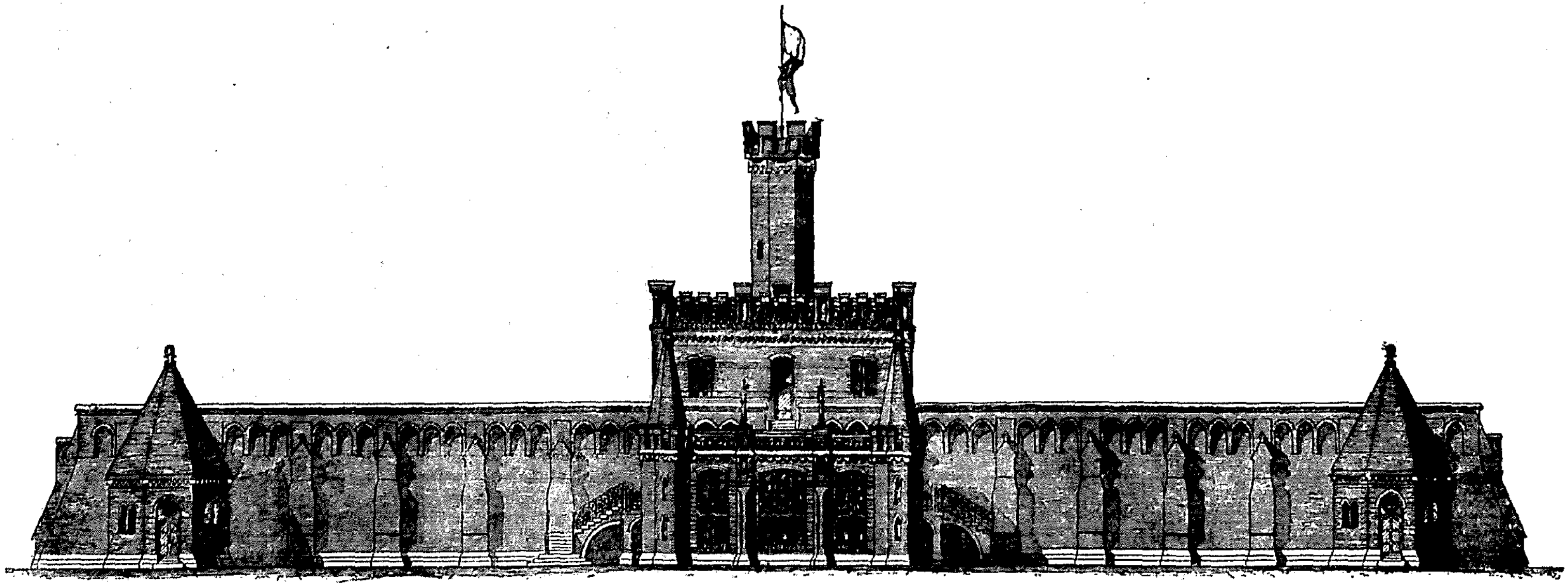
Въ дѣлѣ водоснабженія и ассенизаціи начало XIX столѣтія было лишь продолженіемъ предшествующаго періода.

Достигнутые въ теченіи этой эпохи успѣхи заключаются въ слѣдующемъ: продолженіе усовершенствованій въ устройствѣ водоподъемныхъ машинъ, новые типы насосовъ, коловратныхъ, дифференціальныхъ и пр.; устройство водопроводныхъ каналовъ и въ особенности водоподъемныхъ машинъ, гидравлическихъ и паровыхъ во Франціи, Англіи, Германіи, Соединенныхъ Штатахъ и пр., новые способы устройства фильтровъ и первыя примѣненія въ большихъ размѣрахъ песочныхъ фильтровъ (компанія Чельси въ Лондонѣ), улучшеніе въ производствѣ чугунныхъ трубъ и введеніе ихъ во всеобщее употребленіе взамѣнъ прежде распространенныхъ деревянныхъ и свинцовыхъ трубъ, изобрѣтеніе кранов-регуляторовъ, первое появленіе водомѣровъ для контроля расхода воды.

Задача ассенизаціи едва начинаетъ выдвигаться: въ Парижѣ ограничиваются нѣкоторыми постановленіями относительно непроницаемости постоянныхъ выгребовъ и переводомъ свалки изъ Монфокона въ Бонди (въ 1817 г.), и лишь послѣ холеры 1832 года въ первый разъ приступаютъ къ доставленію проекта достаточно обширныхъ водостоковъ и устраиваютъ свалочное мѣсто въ Ла-Виллетѣ.

Наиболѣе замѣчательнымъ сооруженіемъ этой эпохи считаютъ *Уркскій каналъ*. Исполненіе этого канала рѣшено было при правленіи Консульства (29 флореаля X г.), съ двойною цѣлью водоснабженія Парижа и открытія новаго пути для внутренняго судоходства. Работы дѣятельно продолжались съ 1802 по 1814 годъ, затѣмъ были прерваны и возобновлены были въ 1823 г. компаніею концессіонеровъ. Они были окончены совершенно лишь въ 1837 году.

Появленіе холеры въ Европѣ привлекло всеобщее вниманіе къ



Черт. 80.

Фасадъ напорнаго резервуара на горѣ Линденъ.

Вмѣстимость 10.923 куб. метр.

(Ф. Е. Максименко, Атласъ водопроводныхъ сооруженій).

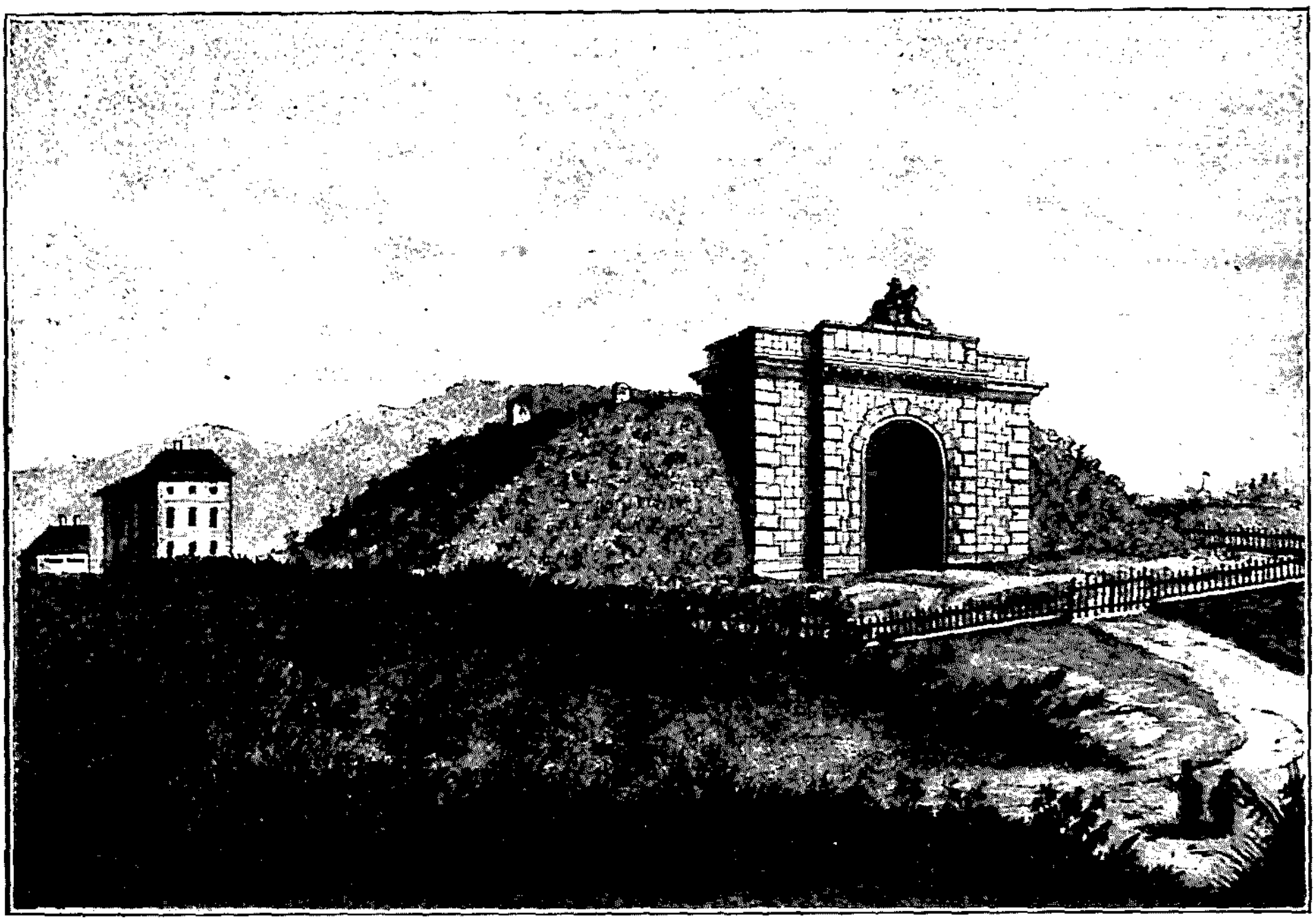
вопросамъ общественной гигіены. Роковымъ послѣдствіемъ развитія путей сообщенія явился громадный приростъ населенія въ большихъ центрахъ, а потому вопросы, касающіеся оздоровленія городовъ, сразу пріобрѣли первостепенное значеніе. Отсюда ясно, почему въ дѣлѣ усовершенствованія санитарнаго благоустройства замѣчается такое громадное и всеобщее движеніе впередъ.

Въ короткое время предпринимаются глубокія изслѣдованія по всѣмъ направленіямъ. Появляются новыя идеи. Широко задумываются и быстро исполняются замѣчательныя работы, которыя освящаютъ эти идеи практически. Полученные результаты производятъ выгодное дѣйствіе на общественное мнѣніе. Водоснабженіе и оздоровленіе городовъ дѣлаются съ этихъ поръ предметомъ оживленныхъ обсужденій и споровъ, иногда страстныхъ, но всегда плодотворныхъ. Наука, направляя свои изслѣдованія на указанныя ими стороны, обогащается новыми данными. Она открываетъ существованіе и опредѣляетъ роль микробовъ, что даетъ ей ключъ къ пониманію явленій, дотолѣ необъяснимыхъ. Затѣмъ появляются гигіеническіе конгрессы, которые способствуютъ распространенію движенія, начавшагося сначала въ большихъ городахъ и охватывающаго постепенно поселенія второго и третьяго порядка.

Движеніе это началось прежде всего въ Англіи и въ этой странѣ оно обнаружилось на первыхъ же порахъ многочисленными и разнообразными примѣненіями на практикѣ, благодара Закону объ общественномъ здравіи—1848 года. Но къ этому движенію не замедлили присоединиться Соединенные Штаты и Франція, и мало по малу оно охватило всѣ цивилизованныя страны, которыя, вступивши послѣдовательно на новый путь, въ настоящее время соперничаютъ другъ съ другомъ въ своихъ усиліяхъ къ постоянному улучшенію условій общественнаго здоровья и гигіены городовъ.

Полученіе обильнаго количества воды сдѣлалось для городовъ безусловною необходимостью, и потребленіе ея, увеличиваясь въ неслыханныхъ размѣрахъ, весьма скоро превзошло самые широкіе предварительные разсчеты. Въ началѣ этого столѣтія Парижъ едва располагалъ 15 литрами воды на человѣка въ сутки, а въ настоящее время уже оказывается недостаточнымъ доставляемое водопроводами количество слишкомъ въ 200 литровъ въ сутки на жителя, причемъ не останавливаются передъ новыми значительными и весьма дорогими работами для полученія необходимаго количе-

Водоснабженіе города Вѣны.



Черт. 81.

Видъ резервуара „am Rosenhügel“.

Протекающая по гравитаціонному водопроводу вода (черт. 75) поступаетъ сначала въ пріемный резервуаръ am Rosenhügel, откуда идетъ по трубамъ въ два другіе «auf der Schmelz» и «am Wienerberge». Устройство ихъ въ общихъ чертахъ одинаково. Резервуаръ «am Rosenhügel», какъ главный, имѣетъ монументальный порталъ, показанный на рисункѣ. (Stadler).

ства воды посредствомъ дополнительнаго водоснабженія. Водопроводный каналъ Ваннъ, доставлявшій въ 1874 году въ Парижъ 110.000 куб. метровъ ключевой воды, вмѣсто 20.000 куб. метровъ, получавшихся прежде изъ стараго водопроводнаго канала Dhuis'ы, былъ признанъ недостаточнымъ уже въ 1881 г., т. е. черезъ семь лѣтъ послѣ постройки. Точно также, въ Нью-Іоркѣ потребовалось лишь восемь лѣтъ для обнаруженія того, что всѣ предварительные разсчеты, на которыхъ основанъ былъ проектъ увеличенія весьма значительнаго уже расхода Кротонскаго водопровода, далеко не отвѣчаютъ совокупности существующихъ потребностей, и тамъ дѣятельно занялись постройскою новаго акведука, который доставляетъ еще большее количество воды.

§ 19. Современная эпоха.

Число городовъ съ водопроводами постепенно увеличивалось въ особенности со второй половины текущаго столѣтія, которое является временемъ наибольшаго распространія водопроводовъ и наивысшаго развитія водопроводной техники. Въ Англіи и Сѣверо-Американскихъ Штатахъ всѣ города и даже мѣстечки имѣютъ уже водопроводы. Во Франціи и Германіи также почти во всѣхъ городахъ устроены водопроводы. Заслуживаетъ особеннаго вниманія Виртембергское королевство, въ которомъ около четырехъ сотъ населенныхъ мѣстностей (городовъ, мѣстечекъ, селъ) имѣютъ правильно устроенное водоснабженіе. Изъ этого числа около 75%—села, населеніемъ меньше 1.000 жителей въ каждомъ. Въ Германіи существуютъ нѣсколько примѣровъ устройства водопровода, общаго для нѣсколькихъ населенныхъ пунктовъ, такъ какъ устройство отдѣльныхъ водопроводовъ для каждаго изъ такихъ пунктовъ было бы имъ не по средствамъ. Въ Вюртембергѣ напримѣръ для 183 селъ и мѣстечекъ съ населеніемъ свыше 42.000 жителей устроенъ одинъ общій водопроводъ стоимостью около 2.600.000 кредитныхъ рублей, доставляющій имъ воды около 400.000 ведеръ въ сутки.

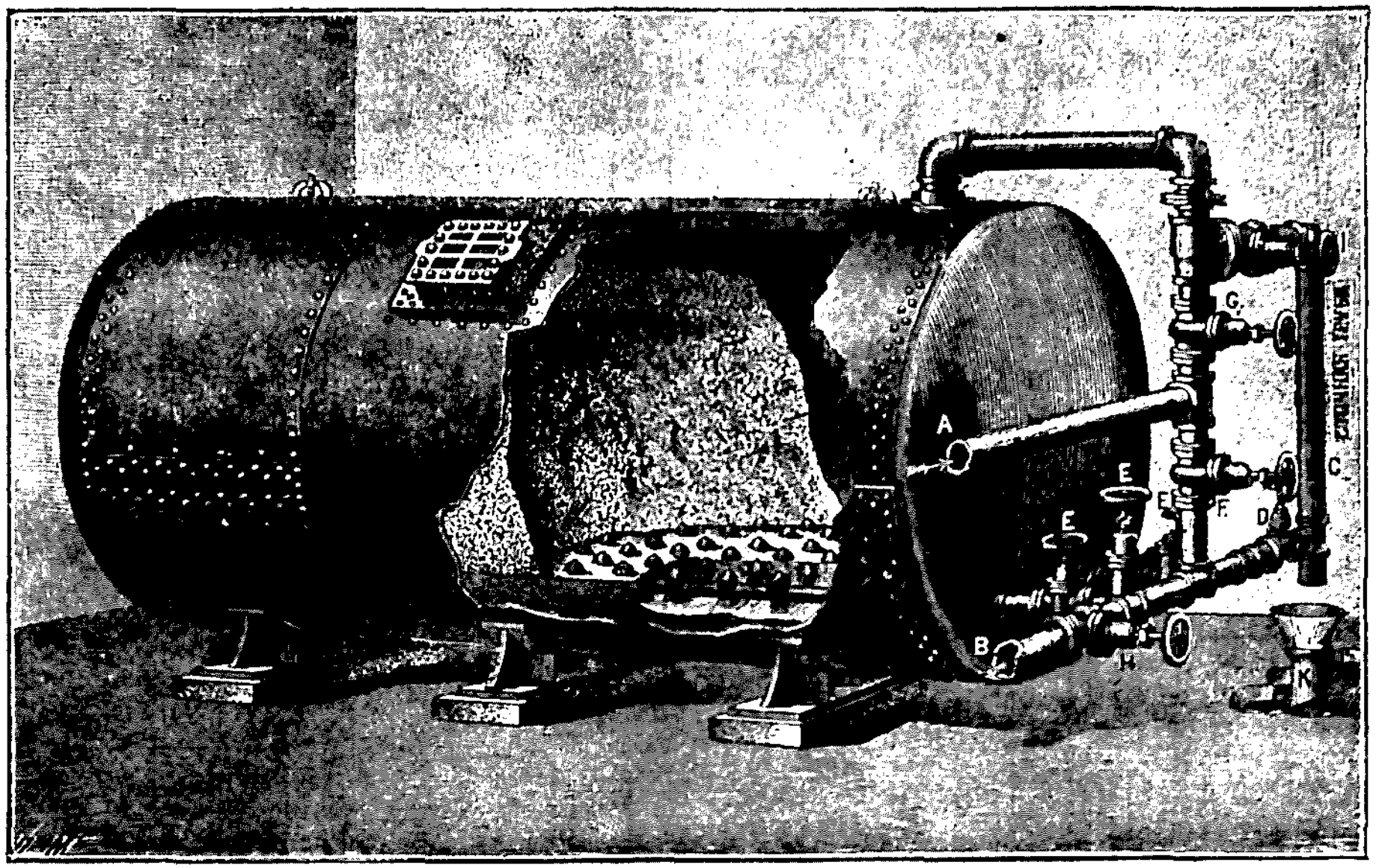
Водопроводное дѣло особенно сильно развито въ Сѣверо-Американскихъ Штатахъ. Тамъ устроены водопроводы болѣе чѣмъ въ пятистахъ городахъ съ населеніемъ болѣе чѣмъ въ двадцать милліоновъ жителей, причемъ общая длина трубъ городскихъ сѣтей около

сорока тысячъ верстъ, а общая стоимость водопроводовъ составляетъ около милліарда кредитныхъ рублей.

Словомъ, въ настоящее время уже не считаютъ тѣхъ городовъ, которые построили или перестроили сѣть своихъ водопроводовъ съ затратою большихъ расходовъ. Многіе изъ нихъ должны были исполнить для этого грандіозныя сооруженія, которыя съ честью выдерживаютъ сравненіе съ самыми замѣчательными сооруженіями, оставшимися съ древнихъ временъ. Для примѣра можно привести: водопроводный каналъ отъ р. Дюрансъ, для водоснабженія Марселя, съ прекраснымъ Рокфавурскимъ акведукомъ (черт. 70, 71), построеннымъ инженеромъ Montricher; каналы pp. Dhuis и Vannes Парижа выдающіеся произведенія Бельграна; американскіе водопроводы Кротонскій (черт. 72—74) и Потомакскій; каналъ, доставляющій въ Вѣну воду изъ ключей (черт. 75); затѣмъ колоссальныя паровыя водокачальныя машины, устроенныя на р. Темзѣ, выше Лондона (14.000 паровыхъ лошадей); новую машину въ Марли и большую гидравлическую машину въ С. Моръ для Парижа, которыя служили образцами для множества устройствъ этого рода во всѣхъ частяхъ обитаемаго міра, и проч. и проч. (См. чертежи 76—84 и др. въ дальнѣйшихъ главахъ курса).

Нѣсколько десятковъ лѣтъ тому назадъ въ большинствѣ городовъ вовсе не было извѣстно употребленіе воды для поливки постовыхъ, водоотводныхъ лотковъ и тротуаровъ, для оздоровленія (ассенизаціи) въ настоящее же время употребленіе это все болѣе и болѣе распространяется.

Въ то же время возникли новыя потребности у частныхъ лицъ, пользующихся водопроводами. Теперь уже не довольствуются полученіемъ воды въ каждомъ домѣ: необходимо имѣть ее во всѣхъ этажахъ, чтобы она повсюду находилась подъ рукой. Съ другой стороны для домашняго потребленія начинаютъ настоятельно требовать, чтобы вода была совершенно прозрачная, чистая и абсолютно безвредная для здоровья, и для полученія этихъ результатовъ не останавливаются ни передъ какими денежными жертвами. Нѣкоторыя воды, которыя тридцать лѣтъ тому назадъ считались превосходными, въ настоящее время, даже при употребленіи различныхъ усовершенствованныхъ способовъ фильтраціи, не могутъ уже удовлетворять возвысившимся во всѣхъ отношеніяхъ требованіямъ. Въ Парижѣ изгнали изъ домовъ воду изъ р. Сены и замѣнили ее почти повсюду ключевою водою, собираемою вдали и доставляемою по за-

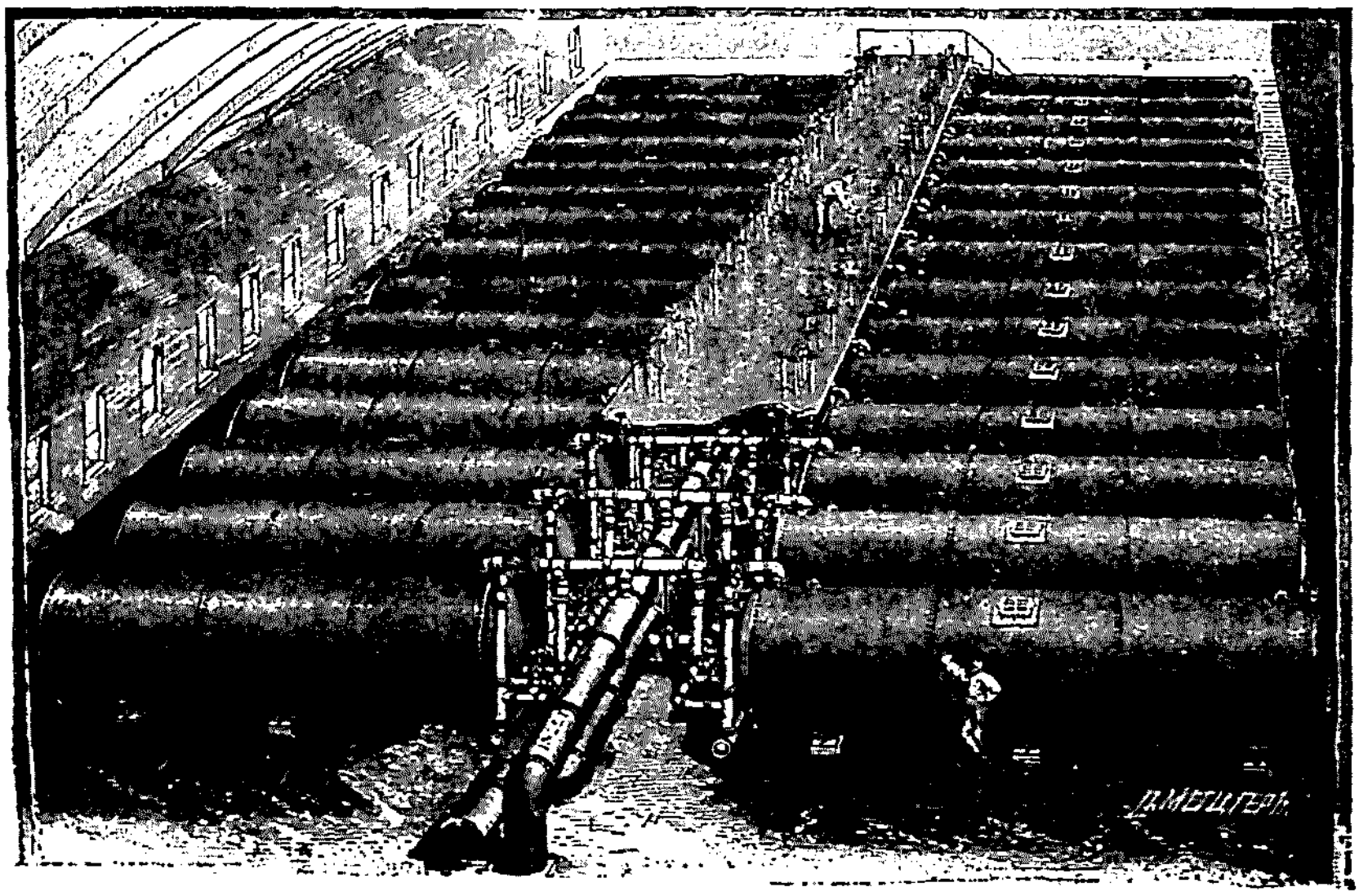


Черт. 82.

Видъ фильтра Нью-Іоркской системы.

Напорный фильтръ Нью-Іоркской системы состоитъ изъ желѣзнаго горизонтальнаго цилиндра, герметически закрытаго и засыпаннаго болѣе половины кварцевымъ пескомъ, горизонтальная поверхность коего есть фильтрующая поверхность. Толщина слоя песка 4—5 ф. Фильтрованная вода собирается внизу системой сѣтчатыхъ сосковъ. (См. далѣе объясненіе къ черт. 83).

Механическіе напорные фильтры.



Черт. 83.

Станція фильтровъ Нью-Іоркской системы въ Новомъ Орлеанѣ

на 4.000.000 ведеръ въ сутки

(Н. П. Зимина—докладъ водопроводному Съѣзду 1897 г.).

Промывка производится обратнымъ движеніемъ воды, причемъ она направляется сначала въ каждую $^1/_3$ фильтрующаго матеріала, а потомъ во весь фильтръ заразъ.

Промывка длится около 10 минутъ и дѣлается обыкновенно разъ въ сутки. Воды требуетъ не менѣе $3^0/_0$ фильтруемаго количества.

крытымъ со всѣхъ сторонъ трубамъ, ограждепнымъ отъ всякаго загрязненія. Въ Вѣнѣ совершенно отказались отъ дунайской воды. Въ Берлинѣ воду р. Шпрее частью замѣняютъ другою. Даже въ Лондонѣ общественное мнѣніе начинаетъ относиться несочувственно къ водѣ, получаемой изъ Темзы и доставляемой въ дома въ фильтрованномъ видѣ.

Естественнымъ послѣдствіемъ быстраго развитія водоснабженія явился значительный шагъ впередъ въ производствѣ чугунныхъ трубъ. Въ настоящее время трубы эти изготовляются на большомъ числѣ заводовъ, діаметромъ гораздо болѣе метра и полезною длиною до 4 метровъ. Въ то же время возросло число и усовершенствовалось устройство различнаго рода приборовъ, употребляемыхъ для водопроводовъ, въ особенности входятъ въ употребленіе и быстро распространяются водомѣры для измѣренія расходовъ воды. Въ одномъ Парижѣ ихъ установлено въ настоящее время до 80.000. Съ различныхъ сторонъ появляются новыя примѣненія воды подъ напоромъ, въ качествѣ движущей силы, для гидравлическихъ подъемниковъ и пр.

Одновременно съ этими быстрыми успѣхами въ дѣлѣ водоснабженія городовъ, достигнуты были во второй половинѣ нашего вѣка еще болѣе замѣчательныя усовершенствованія способовъ ихъ оздоровленія.

До того времени наиболѣе хорошо устроенные города обладали нѣсколькими километрами водостоковъ, уложенными безъ общей системы и большею частью нерацiонально. Они плохо содержались и рѣдко очищались. Можно сказать, ни въ одномъ изъ нихъ даже въ самомъ Парижѣ, не смотря на значительныя работы, исполненныя въ этомъ городѣ съ 1832 года, не существовало настоящей *сѣти водостоковъ* въ томъ смыслѣ, какъ это понимается въ настоящее время.

Въ нѣсколько лѣтъ громадная поверхность Лондона оказалась прорѣзанною по всѣмъ направленіямъ подземными каналами, устроенными по общему, изумительно разработанному плану и доведенными до большихъ коллекторовъ, изъ которыхъ всѣ отбросы британской столицы помощью могучихъ паровыхъ машинъ отводятся на значительное разстояніе отъ города. Это есть наиболѣе значительное примѣненіе открытой или обще сплавной системы водостоковъ, названной довольно мѣтко французами системою Tout à l'égout.

Почти въ это же время Бельгранъ составилъ общій проектъ ассенизаіци Парижа, устроилъ Аньерскій коллекторъ, образующій большой пріемникъ парижскихъ водостоковъ, выработалъ новые типы

водосточныхъ каналовъ и раціопальный и экономичный способъ ихъ постройки. Благодаря его трудамъ, исполнена была великолѣпная сѣть повсюду доступныхъ галлерей, служащихъ одновременно для стока дождевыхъ и домовыхъ водъ, для укладки водопроводныхъ трубъ и прокладки телеграфныхъ проводовъ, и удобныхъ для очистки помощью замѣчательно приспособленныхъ инструментовъ.

Полученные результаты оказались столь удивительными и быстрыми, что примѣру, поданному Лондономъ и Парижемъ, немедленно послѣдовали въ значительномъ числѣ большихъ городовъ; повсюду, сначала въ Англіи, а затѣмъ и на континентѣ, предпринято было устройство сѣтей водостоковъ, не взирая на значительныя денежныя жертвы, которыя на это потребовались.

Соединеніе всѣхъ сточныхъ водъ вмѣстѣ съ нечистотами большаго города въ общемъ коллекторѣ влечетъ за собою сосредоточеніе въ одномъ мѣстѣ значительной массы разлагающихся органическихъ веществъ. Такимъ образомъ создается очагъ вредныхъ для здоровья газообразныхъ выдѣленій, а потому естественнымъ послѣдствіемъ устройства большихъ сѣтей водостоковъ явилось стремленіе къ очисткѣ или утилизаціи сточныхъ водъ, содержащихъ городскіе отбросы.

Опыты были сдѣланы въ Лондонѣ, въ Парижѣ и во многихъ другихъ большихъ городахъ. Различныя системы были предложены для этой цѣли и частью осуществлены на практикѣ, но ни одна изъ нихъ не получила еще окончательной санкціи опыта. Задача притомъ осложнилась и представляется въ различныхъ видахъ, въ зависимости отъ принятыхъ способовъ удаленія нечистотъ изъ выгребовъ, которые во многихъ мѣстахъ сохранились еще въ первобытной варварской формѣ. Но вопросъ этотъ находится на очереди, подвергался уже всестороннему разсмотрѣнію и въ достаточной мѣрѣ уже освѣщенъ. Нѣтъ поэтому сомнѣнія, что разрѣшеніе его не заставитъ себя долго ждать. Въ нѣкоторыхъ городахъ (Берлинѣ, Одессѣ и др.) уже пошли впередъ и устроили болѣе или менѣе раціональную систему утилизаціи сточныхъ водъ, причемъ полученные на первыхъ порахъ результаты, повидимому, вполнѣ оправдываютъ принятое устройство.

Такимъ образомъ въ значительной части городовъ Западной Европы прогрессъ является всеобщимъ: повсемѣстно въ небывалыхъ доселѣ размѣрахъ увеличивается потребленіе воды, доставляемой водопроводами; удаленіе сточныхъ водъ, столь необходимое для сохраненія

общественнаго здравія въ населенныхъ мѣстахъ улучшено въ большинствѣ значительныхъ городовъ. Осталось лишь освободить рѣки отъ притока вредныхъ веществъ, которыя могутъ повліять невыгоднымъ образомъ на качества рѣчной воды и можно надѣяться что усилія, направленныя со всѣхъ сторонъ къ разрѣшенію этой задачи, увѣнчаются полнымъ успѣхомъ.

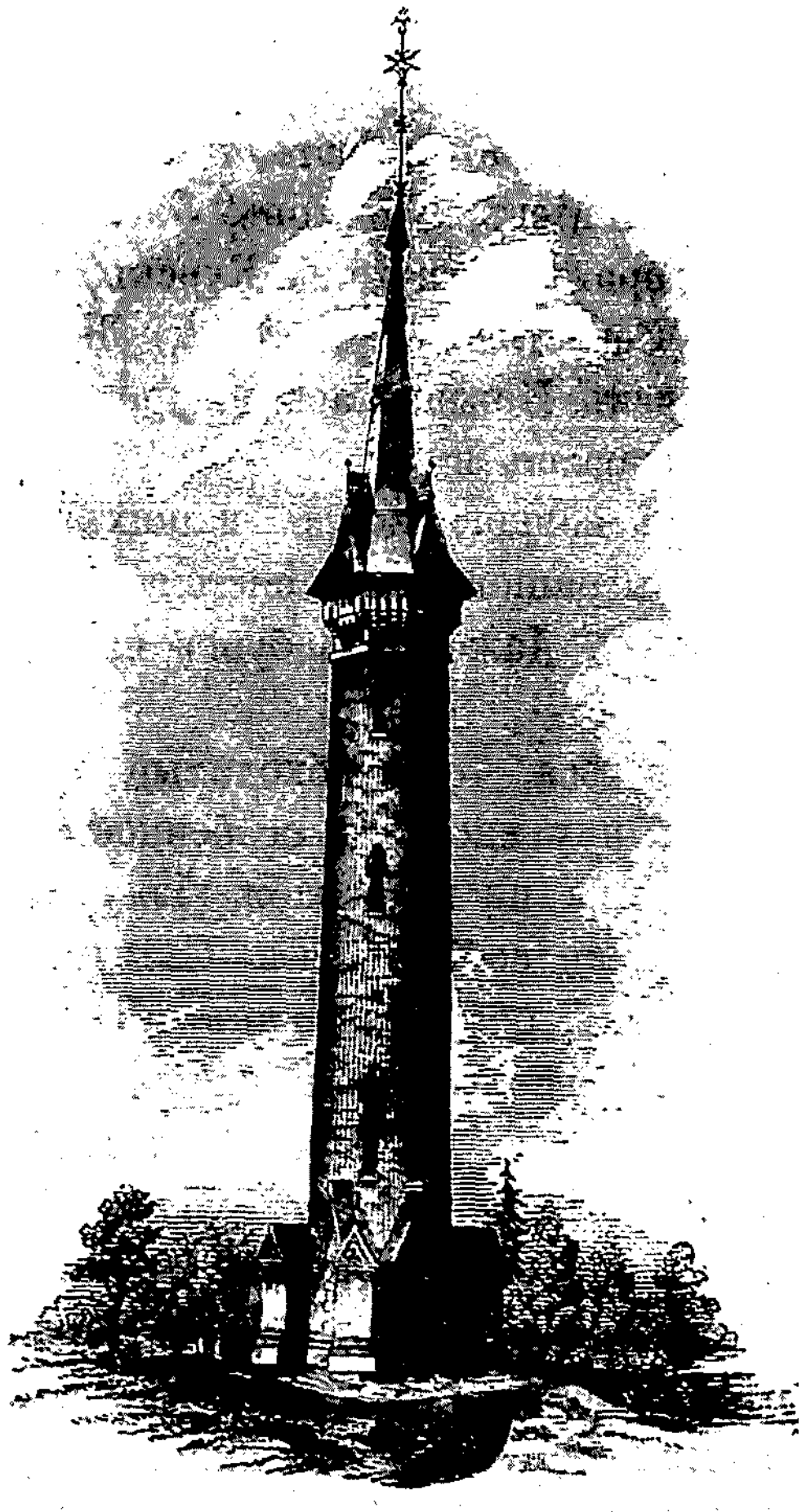
Среди научнаго и промышленнаго переворота, который навѣки утвердитъ честь XIX-го столѣтія, немалымъ предметомъ славы для нашей эпохи послужитъ то, что она положила основаніе новѣйшей санитарной наукѣ и съ рѣшимостью стала примѣнять ея принципы.

Въ наше время нѣтъ нужды доказывать необходимость устройства водоснабженій и водостоковъ въ мѣстностяхъ со скученнымъ населеніемъ, каковы города и села. Всякій знаетъ, что вода нужна для *дома*, для *улицъ*, для *заводовъ* и что отработавшая вода должна удаляться.

Весь историческій ходъ развитія водоснабженія и водостоковъ, краткій очеркъ коего приведенъ здѣсь показываетъ, какъ рано были поняты нѣкоторыми народами всѣ полученныя выгоды, доставляемыя водою хорошаго качества, проведенною въ достаточныхъ количествахъ, и усвоено понятіе о необходимости удаленія грязныхъ водъ.

Вопросъ идетъ прежде всего о сохраненіи жизни и здоровья массъ населенія и въ этомъ смыслѣ онъ не можетъ даже быть переведенъ на языкъ денегъ. Каждый городъ долженъ стремиться получить наилучшія водоснабженіе и водостоки за тѣ наибольшія деньги, какими онъ можетъ располагать, отказываясь отъ всякой экономіи на этомъ предметѣ.

Но независимо отъ вопроса общественнаго здоровья съ водоснабженіемъ связаны вопросы о развитіи промышленности и о предохраненіи отъ пожаровъ. Оба они прямо финансоваго свойства. Безъ воды многія производства невозможны и заводы охотно платятъ за доставленную ими воду. Безъ воды во многихъ странахъ пожары превращаются въ истинныя стихійныя бѣдствія. Ежегодные убытки отъ пожаровъ и плата страховыхъ премій во многихъ случахъ въ нѣсколько лѣтъ окупили бы расходы по устройству превосходныхъ водоснабженій, особенно у насъ въ Россіи, гдѣ деревянныхъ домовъ, даже въ городахъ, такъ много и гдѣ сплошь и рядомъ выгораютъ даже цѣлые кварталы и улицы. Ежегодный убытокъ отъ пожаровъ въ Россіи оцѣнивается въ 80 милліоновъ рублей, изъ коихъ $^1/_4$ приходится на города (Н. П. Зиминъ).



Черт. 84.

Водонапорная колонна въ Бостонѣ.

(Сѣв.-Амер. Соед. Штаты) (Fanning).

Но Россія, во многомъ стоящая на высотѣ своихъ западныхъ сосѣдей, давно отстала отъ нихъ въ дѣлѣ водоснабженія и оздоровленія городовъ.

У насъ водопроводы распространяются довольно медленно, что объясняется отчасти недостаткомъ денежныхъ средствъ городовъ, отчасти малымъ пониманіемъ выгодъ, которыя доставляетъ водопроводъ съ большимъ количествомъ чистой, здоровой воды. Въ С.-Петербургѣ водопроводъ началъ дѣйствовать лишь съ 1858 г. Теперь многіе изъ губернскихъ городовъ имѣютъ, однако, водопроводы. Таковы: Одесса, Варшава, Кіевъ, Харьковъ, Казань, Саратовъ, Рига, Самара, Нижній Новгородъ, Астрахань, Курскъ, Тифлисъ, Тамбовъ, Черниговъ, Калуга, Севастополь, Ростовъ, Двинскъ, Бѣлостокъ, Елизаветградъ, Симбирскъ, Новочеркаскъ, Царицынъ, Тула, Сызрань, этомъ Ѳеодосія, Владикавказъ и др.

Но зато только въ немногихъ изъ нашихъ городовъ и то въ недавнее время устроены раціональныя системы водостоковъ (Одесса, Варшава, Кіевъ, Москва). Даже Петербургъ ничего не сдѣлалъ въ отношеніи.

Надо, однако, надѣяться, что необходимый прогрессъ не заставитъ себя долго ждать и у насъ, въ особенности благодаря тому, что въ Россіи спеціалисты по водоснабженію и канализаціи стали съ 1893 года періодически собираться въ Съѣзды чрезъ каждые два года въ разныхъ городахъ, обсуждая какъ мѣстные, такъ и общіе вопросы по своей спеціальности и освѣщая ихъ непрерывно новыми данными. Первый Съѣздъ былъ въ Москвѣ въ 1893 году, второй въ Варшавѣ въ 1895 г.; третій въ С.-Петербургѣ въ 1897 г.; четвертый назначенъ въ Одессѣ въ 1899 г. Съѣздъ имѣетъ постоянное бюро въ Москвѣ (предсѣдатель — инженеръ Н. П. Зиминъ, члены: Д. С. Зерновъ, К. П. Карельскихъ, П. К. Худяковъ), издаетъ свои труды и собираетъ непрерывно матеріалы для описанія русскихъ водопроводовъ (по мысли инженера В. И. Зуева). Одинъ выпускъ этихъ послѣднихъ данныхъ уже вышелъ въ 1897 г.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

ВОДОСНАБЖЕНІЕ.

Глава III.—Источники водоснабженія.

Глава IV.—Количества воды, потребной для разныхъ цѣлей.

Глава V.—Изслѣдованіе и выборъ воды.

Глава VI.—Добываніе воды.

Глава VII.—Общее расположеніе водопроводныхъ сооруженій и устройства для проведенія воды.

Глава VIII.—Очищеніе воды.

Глава IX.—Храненіе воды и уравниваніе напора и расхода.

Глава X.—Распредѣленіе воды.

Глава XI.—Водоснабженіе желѣзнодорожныхъ станцій. Полученіе воды.

Глава XII.—Водоснабженіе желѣзнодорожныхъ станцій. Распредѣленіе воды.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

ВОДОСНАБЖЕНІЕ.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Источники водоснабженія.

СОДЕРЖАНІЕ: § 20. Происхожденіе воды.—§ 21. Морская вода.—§ 22. Атмосферая вода.—§ 23. Рѣчная и озерная вода.—§ 24. Грунтовая и ключевая вода.—§ 25. Опредѣленіе количествъ воды, могущихъ быть полученными изъ даннаго источника.

§ 20. Происхожденіе воды.

Вода, какъ одинъ изъ могущественнѣйшихъ дѣятелей въ жизни земнаго шара, съ большою подробностью разсматривается въ курсѣ Физической Геологіи, читаемой въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія (И. В. Мушкетовъ. Физическая Геологія, т. II) и потому здѣсь должно ограничиться лишь краткимъ напоминаніемъ основныхъ понятій, имѣющихъ значеніе въ *вопросѣ о происхожденіи и составѣ воды, употребляемой для водоснабженія.* Вода, испаряясь съ поверхности земли, рѣкъ, озеръ и морей и обращаясь послѣдовательно въ паръ, облака и дождь, возвращается вновь на землю; при этомъ частью опять испаряется непосредственно, а частью попадаетъ въ рѣки, озера и моря и затѣмъ уже испаряется. Такимъ образомъ вода въ природѣ совершаетъ подъ дѣйствіемъ солнечной теплоты постоянный кругооборотъ.

Въ каждый моментъ своего кругооборота вода съ большими или меньшими удобствами можетъ быть собираема и утилизуема для

цѣлей водоснабженія. Можно *собирать паръ* получающійся при (искусственномъ) нагрѣваніи морской воды и сгущая его получать воду пригодную даже для питья. Можно собирать атмосферную воду, падающую на землю въ видѣ *дождя*, *града* или *снѣга*. Можно, далѣе, брать воду текущую на земной поверхности въ видѣ *ручьевъ*, *рѣкъ* или собравшуюся въ углубленіяхъ въ видѣ *прудовъ* и *озеръ*. Можно искать и брать воду въ *верхнихъ слояхъ* земной коры, куда она просачивается съ поверхности или же идти за ней еще глубже въ такіе слои, гдѣ она собирается съ отдаленныхъ площадей, отдѣляясь отъ поверхности въ данномъ мѣстѣ однимъ или нѣсколькими непроницаемыми слоями. Наконецъ, можно брать воду этихъ *подземныхъ слоевъ* въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ она подъ дѣйствіемъ тяжести выступаетъ на земную поверхность въ видѣ *ключей*. Свойства воды зависятъ, однако, въ значительной степени отъ момента, въ который она будетъ взята на пути ея кругооборота, какъ это будетъ видно изъ разсмотрѣнія различныхъ видовъ воды.

§ 21. Морская вода.

Моря получаютъ непрерывно минеральныя вещества, приносимыя рѣками въ растворѣ, не отдавая ихъ обратно, отчего морская вода содержитъ значительныя количества солей и для питья годна только послѣ *перегонки* въ дорогихъ и сложныхъ приспособленіяхъ. Поэтому въ настоящее время пользованіе для водоснабженія морской водой ограничивается лишь судами и нѣкоторыми обездоленными морскими станціями, лежащими на бездождныхъ берегахъ Аравіи и т. п. мѣстностяхъ. Для болѣе подробной характеристики морской воды можетъ служить таблица № 1, въ которой сгруппированы данныя анализовъ водъ различныхъ морей.

§ 22. Атмосферная вода.

Находясь въ верхнихъ слояхъ атмосферы въ чистомъ состояніи, вода, падая на землю въ видѣ осадовъ, проходятъ слои воздуха и вбираетъ изъ него органическія и неорганическія вещества, какъ-то: амміакъ, азотную и азотистую кислоты въ видѣ разныхъ соединеній, пылевыя частицы, микроорганизмы, такъ какъ вблизи поверхности земли въ воздухѣ имѣются продукты разложенія веществъ, находящихся на поверхности. Дождевая вода, выпадающая въ городахъ,

содержитъ больше амміака, азотной и азотистой кислотъ, чѣмъ выпадающая въ загородныхъ мѣстностяхъ.

Въ дождевой водѣ всегда много растворенныхъ газовъ, которые она поглощаетъ по пути. *Baumert* нашелъ при температурѣ 11°, что эти газы распредѣляются въ такой пропорціи:

Азота	64,46%
Кислорода	33,76%
Углекислоты.	1,77%

Общее количество газовъ по опредѣленію *Péligot* 20 — 40 сантиметровъ на литръ дождевой воды.

Количество минеральныхъ веществъ 35—50 и болѣе миллиграммовъ на литръ, въ томъ числѣ азотнокислаго аммонія 1,84 до 36 миллиграммовъ (*Barral*), хлористаго натра, увлекаемаго изъ океановъ и морей, 2,26—15 милигр. (*Barral*), замѣтное количество іодистыхъ соединеній и пр. (См. также таблицу № 2).

Такова дождевая вода, собираемая съ особой осторожностью для лабораторныхъ изслѣдованій. Вода же, стекающая съ крышъ, гораздо менѣе чиста. Въ ней много органической пыли и она легко загниваетъ, если для храненія ея не устроены надлежащія сооруженія.

Тѣмъ не менѣе атмосферная вода во многихъ случаяхъ можетъ примѣняться и примѣняется съ успѣхомъ для водоснабженія, какъ объ этомъ будетъ сказано подробно далѣе.

Атмосферныя воды, дождевыя или снѣговыя, значительно измѣняются въ своихъ свойствахъ, въ зависимости отъ длины и свойства пути, пройденнаго ими до мѣста, гдѣ ихъ собираютъ для цѣлей водоснабженія. Стекая по поверхности земли, атмосферныя воды растворяютъ одни вещества, уносятъ съ собою другія въ видѣ мути и т. д. Поэтому атмосферная вода, собираемая въ большихъ количествахъ въ искусственныхъ водохранилищахъ (резервуарахъ и прудахъ), обыкновенно отличается значительно по своему составу отъ дождевой воды, собираемой въ цистерны съ крышъ, приближаясь къ водѣ естественныхъ озеръ (§ 23), питающихся небольшими ручьями.

§ 23. Рѣчная и озерная вода.

Рѣки питаются главнымъ образомъ атмосферной водой, стекающей непосредственно съ поверхности земли, и грунтовой водой. Озера

Таблица № 1. Составъ морской воды (по данным A. Gautier — изъ соч. Delhotel — p. 36).

Въ таблицѣ приведены лишь вещества, находящіяся въ измѣримомъ количествѣ въ одномъ литрѣ воды.

Названія морей.	Мѣсто, гдѣ взята вода для изслѣдованія.	Въ одномъ литрѣ морской воды.														Кѣмъ даны цифры (авторы).
		Na	*Cl*	*Mg*	*Ca*	*K*	SO^3	*Br*	CO^3	*Fe*	*Mn*	AI^2	*SiO*	PO^4	Органическихъ веществъ.	Сухого остатка.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
Атлантич. океанъ .	0° 47′ S — 35° 20′ O . .	11,081	19,460	0,9568	0,4567	0,7604	2,577	0,4069	—	—	—	—	—	—	—	35,700	Bibra.
Нѣмецкое море . .	Между Бельгіей и Англіей	10,206	18,168	1,1582	0,3244	0,3536	2,590	?	—	—	—	—	—	—	—	32,800	Bischoff.
Ламаншъ.	Въ нѣсколькихъ миляхъ отъ Гавра . .	10,142	17,794	1,2305	0,4093	0,0425	2,882	0,1046	0,078	Слѣды.	Слѣды.	—	0,016	Слѣды.	—	32,700	Figuier et Mialhe.
Средиземное море .	Марсель.	10,688	21,099	3,0037	0,048	0,0041	5,716	?	0,142	—	—	—	—	—	—	40,700	Laurent.
Адріатическ. море	Венеціанскія лагуны	8,779	15,882	1,1646	0,1769	0,4356	2,662	?	—	—	—	—	—	—	—	37,700	Usiglio.
Тихій океанъ . . .	На 3,5 м. отъ поверхности	10,262	18,950	1,3151	0,4719	0,6038	2,786	0,3102	—	—	—	—	—	—	—	34,700	Bibra.
„ „ . . .	На глубинѣ 140 м. отъ поверхности	10,533	19,321	1,4714	0,4752	0,6336	2,827	0,2394	—	—	—	—	—	—	—	35,20	Id.
Балтійское море .	. . . . .	5,894	10,386	1,6115	0,0363	—	0,719	—	—	—	—	—	—	—	—	17,71	Pfaff.
Черное море . . .	У южнаго берега Крыма	5,512	9,574	0,6622	0,1305	0,0975	1,2505	0,005	0,2475	0,1271	—	—	—	—	—	17,705	Göbel.
Азовское море . .	Между Керчью и Маріуполемъ	3,997	6,585	0,4010	0,0908	0,0670	0,8045	0,004	0,0695	0,0358	—	—	—	—	—	11,900	Id.
Мертвое море . .	На поверхности . .	0,885	17,628	4,177	2,150	0,474	0,2424	0,167	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды.	0,006	Слѣды.	Слѣды	27,078	Terreil Comptes rendus
„ „ . .	На 300 м. глубины . .	14,400	174,985	41,428	17,269	4,386	0,6276	7,093	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды.	278,135	Id.

Таблица №. 2. Анализы дождевыхъ и снѣговыхъ водъ.

(По даннымъ, собраннымъ Delhotel'емъ).

Названіе водъ.	На одинъ литръ воды.											Имена изслѣдователей.
	O	Az	CO^2	AzH^3	AzO^3H	CO^3AzH	AzO^3AzH^4	$ClNa$	So^4Na^2	SO^4Ca	Органическія вещества.	
	кб.сант.	кб.сант.	кб.сант.	грамм.	грамм.	грамм.	грамм.	грамм.	грамм.	грамм.	грамм.	
Дождевая вода .	8,42	16,4	0,45	„	„	„	„	„	„	„	„	Beaumert.
Тоже	7,75	16,8	0,60	„	„	„	„	„	„	„	„	Péligot.
Тоже (зимой). . .	„	„	„	0,0163	0,0003	„	„	„	„	„	„	Bineau въ Лионѣ.
Тоже (весной) . .	„	„	„	0,0121	0,0010	„	„	„	„	„	„	Тоже.
Тоже (лѣтомъ). .	„	„	„	0,0031	0,0020	„	„	„	„	„	„	Тоже.
Тоже (осенью) . .	„	„	„	0,0040	0,0020	„	„	„	„	„	„	Тоже.
Тоже	„	„	„	„	„	0,00174	0,00189	?	0,0107	0,00087	0,0248	Marchand въ Fécamp. въ Мартѣ и Апрѣлѣ 1892 г.
Тоже	„	„	„	0,00079	„	„	„	„	„	„	„	Boussingault. Средняя въ деревнѣ.
Тоже	„	„	„	0,004	„	„	„	„	„	„	„	Тоже въ Парижѣ.
Снѣговая вода . .	„	„	„	0,00017	„	„	„	„	„	„	„	Boussingault. Свѣжій снѣгъ.
Тоже	„	„	„	„	„	0,00129	0,00145	0,01701	0,01563	0,00088	0,0238	Marchand въ Fécamp. Мар. и Апр.

Примѣчаніе. Знакъ „—выражаетъ, что соотвѣтствующее опредѣленіе не было сдѣлано.

питаются дождевой, грунтовой и рѣчной водой. Въ виду разнообразія питанія рѣкъ и озеръ, рѣчная и озерная вода по составу чрезвычайно разнообразна, будучи различна не только для разныхъ мѣстъ рѣки или озера, но даже въ одномъ и томъ же мѣстѣ, въ разные времени года. Рѣчная или озерная вода заключаетъ амміака меньше, чѣмъ дождевая, а минеральныхъ веществъ, меньше, чѣмъ грунтовая; послѣднее обстоятельство объясняется тѣмъ, что грунтовая вода, попадая въ рѣку, освобождается отъ углекислоты и черезъ то не въ состояніи держать въ растворѣ нѣкоторыя соли, которыя и осаждаются. *Горныя* рѣки содержатъ минеральныхъ веществъ больше, чѣмъ *степныя*, такъ, напр., въ Эльбѣ, Рейнѣ и др. горныхъ рѣкахъ вода послѣ выпариванія даетъ осадка на 1 литръ 240—290 миллиграммовъ и больше, тогда какъ въ Волгѣ 148 миллиграммовъ, въ р. Донѣ—124 миллиграмма, въ Днѣпрѣ—103—193 миллиграмма и въ Невѣ—50—64 миллигр. Въ озерахъ вода часто имѣетъ менѣе солей, чѣмъ въ рѣкахъ: напр. въ оз. Rachal (въ Богеміи)—69 мг., въ Цюрихскомъ озерѣ—139 мг., въ оз. Mysfic (Соед. Шт.)—98 мг. на литръ. Минеральныя вещества состоятъ большею частью изъ *известковыхъ* солей, а именно изъ *углекислыхъ* и *сѣрнокислыхъ* соединеній; магнезіальныхъ солей бываетъ всегда значительно меньше, чѣмъ известковыхъ; азотной и азотистой кислотъ и амміака въ рѣчной водѣ очень мало, часто лишь—слѣды.

Количество органическихъ веществъ колеблется въ довольно широкихъ предѣлахъ; для окисленія ихъ требуется кислорода 3—20 миллиграммовъ и болѣе на 1 литръ воды: для Невской воды отъ 6—9 миллиграммовъ, для Москворѣцкой—3—4 миллиграмма, для Днѣпровской 9—14,9 миллиграммовъ. При сравненіи воды, взятой изъ различныхъ источниковъ, необходимо обращать вниманіе на происхожденіе заключающихся въ водѣ органическихъ веществъ: будутъ ли они растительнаго или животнаго происхожденія, такъ какъ первыя не столь вредны, какъ вторыя. Количества эти крайне различны и зависятъ отъ притока загрязняющихъ воду элементовъ и скорости ихъ разрушенія. Чѣмъ быстрѣе течетъ рѣка, чѣмъ сильнѣе на ней судовое движеніе, словомъ чѣмъ больше ея вода получаетъ кислорода, тѣмъ разрушеніе органическихъ веществъ идетъ усиленнѣе и тѣмъ количество ихъ меньше. Вообще количество кислорода растворенаго въ водѣ можетъ служить показателемъ ея чистоты. Напр. въ Парижѣ въ водѣ рѣки Сены до входа ея въ городъ въ

Таблица №. 3. Анализы рѣчныхъ, грунтовыхъ и ключевыхъ водъ.

(По даннымъ Delhotel'я, p. 26).

Названіе водъ.	На одинъ литръ воды.												Имена изслѣдователей.
	Плотнаго остатка.	*O*	*Az*	CO^2 свободн.	*Ca*	*Mg*	*Na*	*K*	Al^2O^3 et Fe^2O^3	CO^3	SO^4	*Cl*	SiO^2	AzO^3	Органическія вещества.	
	грам.	куб. с.	куб. с.	куб. с.	грам.	грам.	грам.	грам.	грам.	грам.	грам.	грам.	грам.	грам.	грам.	
Рейнъ у Страссбурга	0,2317	7,4	15,9	7,6	0,0586	0,0014	0,0051	„	0,0083	0,0849	0,0195	0,0012	0,0488	0,0038	„	H. Deville.
Рона у Женевы	0,182	8,0	18,4	8,4	0,0453	0,0027	0,0031	„	0,0039	0,0508	0,0429	0,001	0,0238	0,0085	„	Ibid.
Луара у Орлеана	0,1346	7,0	13,2	1,8	0,0192	0,0017	0,0093	„	0,0126	0,0415	0,0023	0,0029	0,0406	„	„	Ibid.
Гаронна у Тулузы	0,1367	7,9	15,7	17,0	0,0258	0,0009	0,0058	0,0034	0,0031	0,0448	0,0078	0,0019	0,0401	„	„	Ibid.
Сена выше Парижа	0,2544	3,9	12,0	16,2	0,0739	0,0048	0,0074	0,0022	0,00198	0,1018	0,0219	0,0074	0,0244	„	„	Ibid.
P. Doubs	0,2251	9,5	18,2	17,8	0,0764	0,0098	0,0025	„	„	0,1162	0,0034	0,0018	0,0159	0,004	„	Ibid.
P. Vesle	0,1913	6,8	15,6	5,8	0.0657	„	0,0093	0,0028	0,0054	0,0986	0,0015	0,005	0,0018	„	0,0082	Maumenè.
Дунай близъ Вѣны	0,1414	„	„	„	0,0343	0,007	„	„	0,002	0,0609	0,0131	0,002	0,0049	„	„	Bischoff.
Шпрее въ Берлинѣ	0,114	„	„	„	0,026	0,0026	0,0023	0,0015	„	0,0454	0,0086	0,0006	„	0,002	„	Bauer.
Темза въ Chelsea	0,304	„	„	0,46	0,0766	0,0044	0,0083	0,004	0,0041	0,0906	0,0566	0,0175	0,0101	„	0,034	Graham Miller et Hoffmann.
Lys въ Туркуанѣ	0,4499	„	„	„	0,1132	0,01536	0,0201		„	0,1243	0,0068	0,0341	0,0103	„	0,0653	Gaillet et Huet.
Артезіанск. колодезь „Grenelle" въ Парижѣ	0,143	3,6	13,0	1,5	0,0272	0,004	„	0,0238	„	0,0605	0,0066	0,0052	0,006	„	0,020	Payen.
Тоже на Трафальгарскомъ скверѣ (Лонд.)	0,9915	„	„	39,4	0,0188	0,0091	0,2653	0,099	„	0,1971	0,1805	0,1742	0,0131	„	0,0130	Abel. et Rowney.
Изъ буровой скважины въ Лиллѣ	0,6352	„	„	„	0,1290	0,0051	0,0371		0,0180	0,1224	0,0684	0,0588	„	„	0,1430	Gaillet et Huet.
Изъ буровой скважины въ Лейденѣ	0,914	„	„	„	6,152	0,0293	0,1037	0,0328	0,010	0,1957	0,2478	0,1317	0,040	„	„	Gunning.
Изъ буровой скважины въ Копенгагенѣ	1,700	„	„	„	0,2311	0,0513	„	0,4108	„	0,3514	0,1616	0,3988	0,031	„	„	Johnstrug.
Вода горныхъ ручьевъ (долина Изеры, таяніе снѣга)	0,019	„	„	„	0,0073	„	„	„	„	0,0072	„	0,005	слѣды.	„	„	Niepce.
Ключъ Mouillerè близъ Безансона (типъ питьевой воды)	0,3085	„	„	„	0,1046	0,0008	0,0032	0,0011	0,0043	0,0029	0,0034	0,0048	0,002	„	„	H. Deville.
Ключъ Duc (Fonfroide близъ Нарбонны)	0,3438	„	„	„	0,1005	0,0062	0,0205	„	0,0023	0,2875	0,0458	0,0102	0,0060	„	„	A. Gautier.

Примѣчаніе. Знакъ „—выражаетъ, что соотвѣтствующее опредѣленіе не было сдѣлано.

литрѣ найдено 10,0 миллигр. кислорода, а по выходѣ изъ города 1,5 миллигр.

Болѣе подробную характеристику нѣкоторыхъ рѣчныхъ водъ даетъ таблица № 3, гдѣ сгруппированы данныя анализовъ, какъ рѣчныхъ, такъ и грунтовыхъ, и ключевыхъ водъ, что позволяетъ легко сравнивать воды разныхъ происхожденій между собой.

Количество *взвѣшенныхъ* частицъ (мути) измѣняется въ широкихъ предѣлахъ, убывая въ сухое время и увеличиваясь подъ вліяніемъ дождей; онѣ раздѣляются на минеральныя, органическія и микроорганизмы. Изъ минеральныхъ взвѣшенныхъ частицъ чаще всего бываютъ частицы кварца, глины, известняковъ и т. п.

Количество этихъ веществъ: въ Невѣ 1—14 миллиграммовъ въ 1 литрѣ, въ Москвѣ-рѣкѣ 2—8 миллигр., въ Днѣпрѣ 18—150 мг., въ Рейнѣ 12 (при низкомъ уровнѣ) и 250 миллигр. (при высокомъ уровнѣ): въ Сенѣ 7—500 миллигр., въ Нилѣ до 1.580, въ Дюрансѣ до 4.180, въ Желтой рѣкѣ болѣе 5.000 миллигр. Удаленіе взвѣшенныхъ веществъ изъ воды необходимо, такъ какъ онѣ придаютъ водѣ часто непріятный видъ и вкусъ и оказываются вредными, раздражая желудочно-кишечный каналъ. Въ озерахъ вода обыкновенно очень прозрачна, такъ какъ муть осаждается здѣсь на дно.

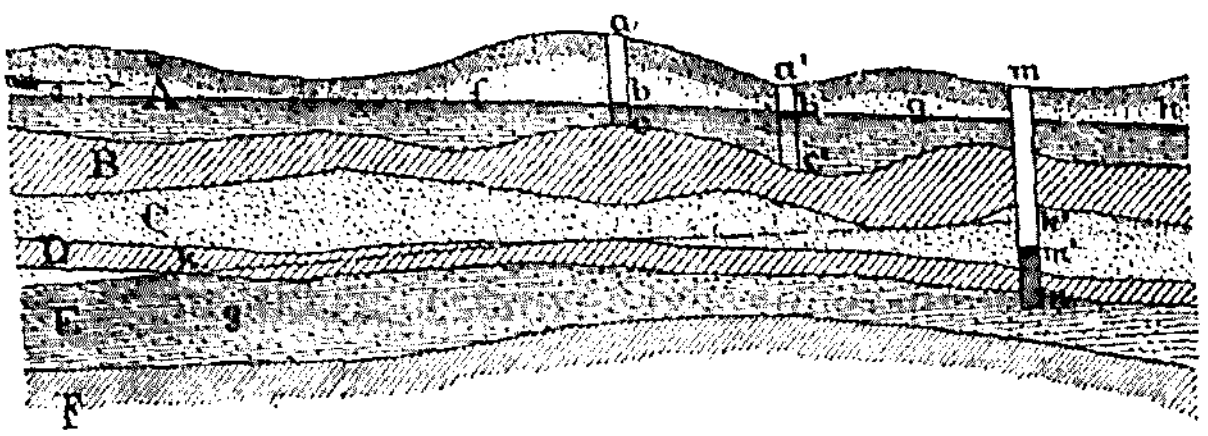
Рѣчная вода почти всегда загрязнена отбросами домашняго и городского хозяйства, такъ какъ рѣки давно уже представляютъ собою пути, по которымъ человѣкъ привыкъ удалять всякій соръ и грязь. Особенно сильно загрязняются рѣки въ чертѣ городовъ. Поразительнаго загрязненія достигли рѣки въ Англіи, гдѣ на сравнительно небольшой рѣкѣ нерѣдко расположены города съ значительнымъ населеніемъ; загрязненіе происходитъ не только оттого, что въ рѣку спускаются городскія нечистоты, но также и вслѣдствіе того, что фабрики и заводы, которыхъ особенно много въ англійскихъ городахъ, направляютъ свои отбросы въ тѣ же рѣки. Въ настоящее время въ Англіи и отчасти въ Германіи приняты энергическія мѣры противъ загрязненія рѣкъ; фабричныя воды должны обезвреживаться химическимъ путемъ, а городскія нечистоты должны или обезвреживаться тѣмъ же путемъ или направляться на поля для орошенія. Засореніе Сены нечистотами Парижа столь сильно, что правительство неоднократно принуждало городъ очищать рѣку отъ осѣвшихъ зловонныхъ массъ. Загрязненіе рѣкъ въ Россіи идетъ также большими

шагами впередъ по мѣрѣ увеличенія роста городовъ и развитія фабрикъ и заводовъ. Въ С.-Петербургѣ большая часть нечистотъ поступаетъ въ каналы, прорѣзывающіе городъ (Обводный каналъ, Фонтанка, Екатерининскій каналъ, Мойка), а оттуда въ Неву и далѣе на взморье.

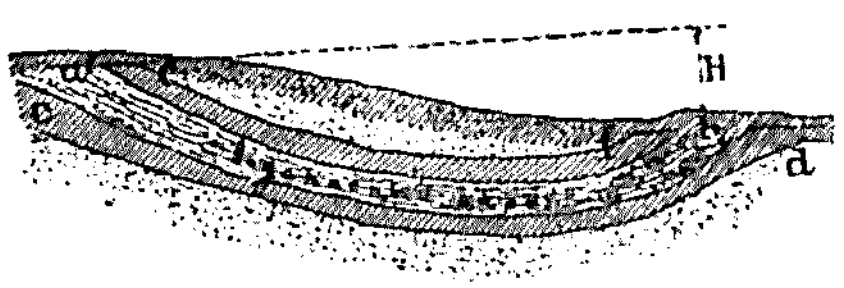
Съ увеличеніемъ загрязненія рѣки увеличивается въ сильной степени количество бактерій въ водѣ; такъ напр. вода въ Невѣ при вступленіи рѣки въ городъ содержитъ 300—3.000 зародышей въ 1 куб. сант., а вода прошедшая черезъ городъ заключаетъ 6.500 зародышей; въ Фонтанкѣ 21.600 зародышей и въ Мойкѣ—110.000 зародыщей. Въ Невской водѣ, взятой изъ водопроводнаго крана, т. е. фильтрованной, насчитывалось 280 зародышей; а раньше, когда рѣчная вода поступала въ водопроводъ нефильтрованной, оказывалось отъ 6.000 до 72.000 зародышей (проф. Максименко). Это явленіе обрисовывается еще сильнѣе въ Берлинѣ: вода рѣки Шпре при вступленіи въ городъ имѣла 210.000 зародышей; среди города 940.000 зародышей, по выходѣ изъ города 4.500.000 зародышей въ 1 куб. сант.

Загрязненная рѣчная вода по мѣрѣ своего теченія значительно очищается, если только на своемъ пути не встрѣчаетъ новыхъ источниковъ загрязненія. Очищеніе происходитъ вслѣдствіе многихъ обстоятельствъ: отъ разведенія загрязненной воды въ большой массѣ воды, отъ осажденія на дно взвѣшенныхъ частицъ и разложенія ихъ, отъ химическихъ процессовъ, происходящихъ въ водѣ при посредствѣ атмосфернаго кислорода; при этомъ углекислота, сѣроводородъ, амміакъ уходятъ въ воздухъ, а илъ садится на дно. Возстановленіе нормальнаго состава воды идетъ вообще тѣмъ скорѣе, чѣмъ быстрѣе теченіе; въ этомъ случаѣ происходятъ процессы *окисленія*, тогда какъ при медленномъ движеніи происходятъ нерѣдко процессы *гнилостнаго разложенія*. По мнѣнію нѣкоторыхъ ученыхъ, жидкость изъ водосточныхъ каналовъ, смѣшанная не менѣе какъ съ 20-ти кратнымъ количествомъ проточной воды, исчезаетъ изъ рѣки довольно скоро, и рѣчная вода, взятая въ разстояніи 30 — 35 верстъ ниже города имѣетъ почти нормальный составъ. Тѣмъ не менѣе такую воду слѣдуетъ считать опасной въ санитарномъ отношеніи (см. § 37).

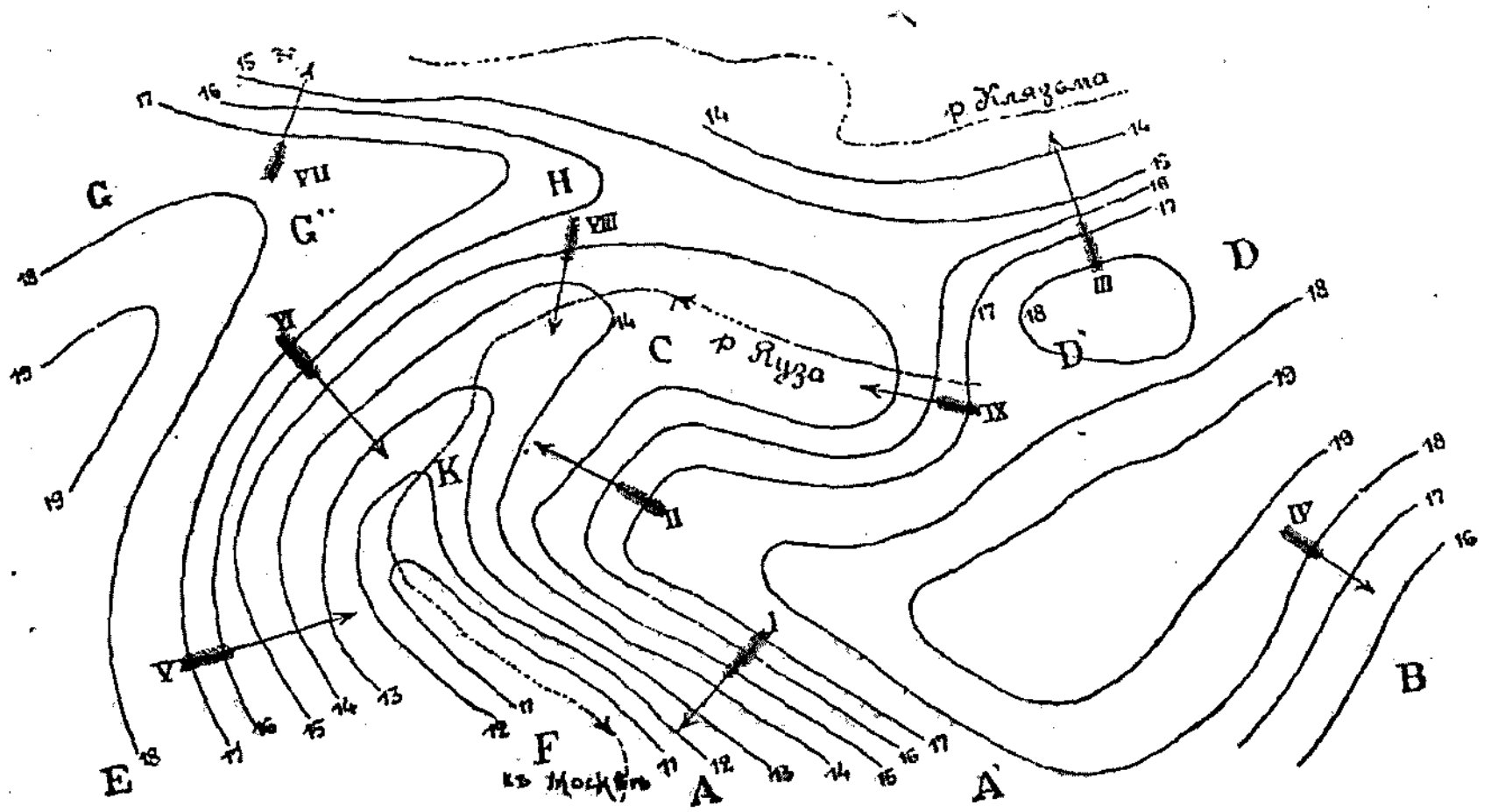
Температура рѣчной и озерной воды подвергается колебаніямъ въ теченіе года въ зависимости отъ температуры воздуха, но темпе-



Черт. 85. — **Схема двухъ водоносныхъ слоевъ.**



Черт. 86. — **Схема восходящаго ключа.**



Черт. 87. — **Планъ движенія грунтовыхъ водъ въ окрестностяхъ города Москвы.**

ратура рѣчной воды въ болѣе широкихъ предѣлахъ, чѣмъ озерной; послѣдняя вода, если берется съ значительной глубины (5—10 саж.), имѣетъ температуру довольно постоянную.

§ 24. Грунтовая и ключевая вода.

Вода, проникшая съ поверхности земли въ почву и находящаяся тамъ на различныхъ глубинахъ вообще называется грунтовою.

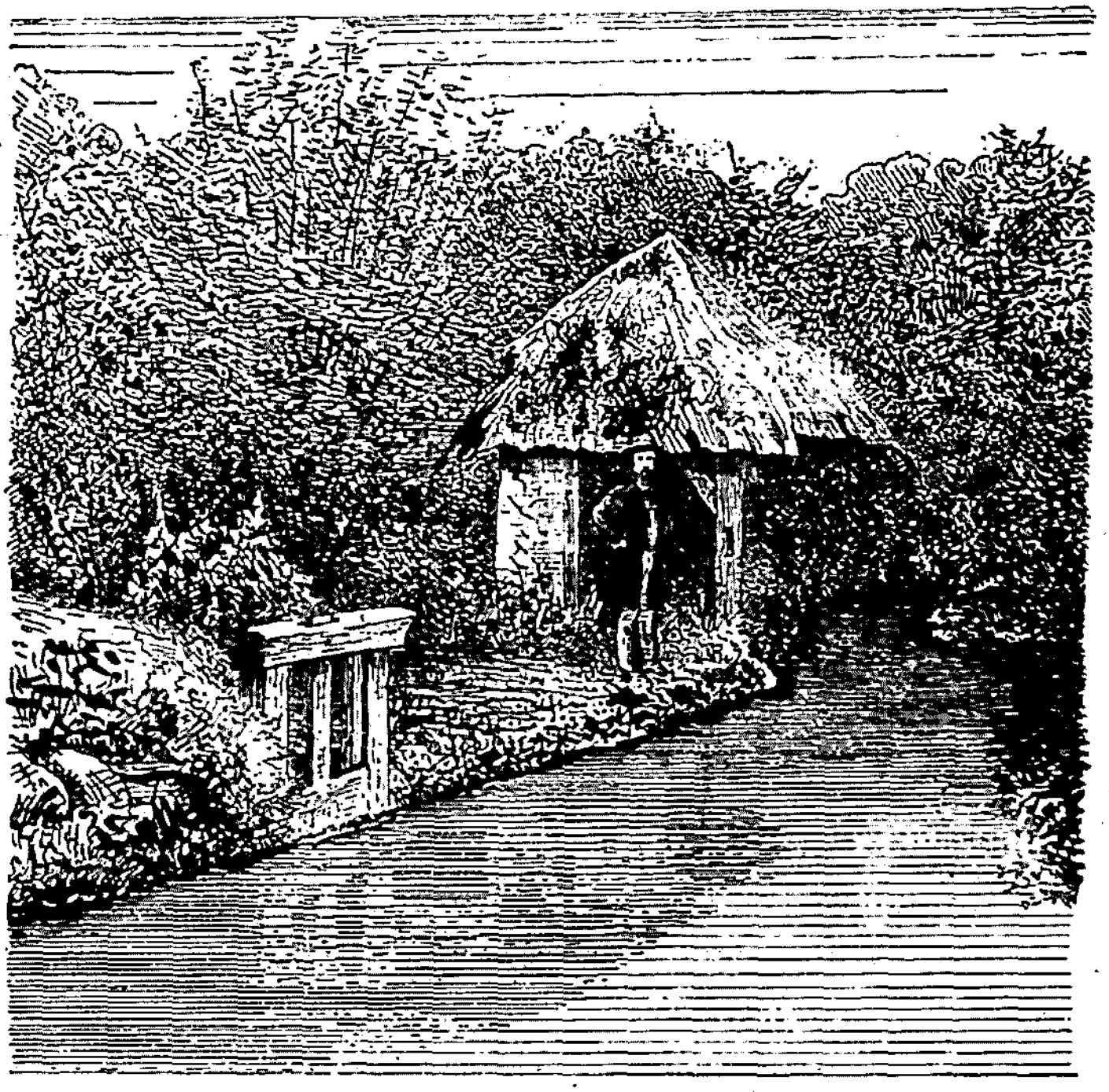
Обстоятельства движенія воды въ почвѣ могутъ быть весьма разнообразны; мы разсмотримъ только наиболѣе простые случаи.

Слои почвы относительно водопроницаемости раздѣляются на *водопроницаемые* и *водонепроницаемые*; къ первымъ принадлежатъ: слои песка различной крупности, чистаго или съ разнымъ содержаніемъ глины и ила, трещиноватые слои известняка, песчаника и т. п.; ко вторымъ относятся: слои глины чистой или съ малымъ содержаніемъ песка, слои плотнаго камня безъ трещинъ или съ прослойками глины. Если въ водопроницаемомъ слоѣ движется грунтовая вода, то онъ называется водоноснымъ. Водоносный слой, состоящій изъ очень мелкаго песка съ весьма обильнымъ притокомъ воды называется *плывуномъ*; плывуны часто встрѣчаются внизу водоноснаго слоя, т. е. вблизи водонепроницаемаго пласта.

Вода, просочившись черезъ верхніе водопроницаемые пласты A (черт. 85), доходитъ до водонепроницаемаго слоя B и движется въ видѣ подземнаго потока по поверхности слоя, слѣдуя по главному уклону. Это движеніе весьма медленное, непревосходящее иногда нѣсколькихъ дюймовъ въ сутки. Глубина потока можетъ измѣняться отъ нѣсколькихъ футъ до 10 и болѣе саженъ, а ширина его неопредѣленно велика и обыкновенно измѣряется верстами. Глубина и ширина потока обусловливаются рельефомъ верхней поверхности водонепроницаемаго пласта, напр. въ точкѣ a глубина потока равна bc, а въ точкѣ a' равна $b'c' > bc$. Глубина, на которой встрѣчается грунтовая вода, колеблется въ чрезвычайно широкихъ предѣлахъ и часто, какъ напр. на черт. 85, зависитъ отъ рельефа поверхности земли; въ точкѣ a эта глубина равна ab, а въ точкѣ a' равна $a'b' < ab$. Поверхность грунтовыхъ водъ можетъ въ разное время года для одной и той же мѣстности подниматься или понижаться; такое колебаніе уровня водъ обусловливается главнымъ образомъ

количествомъ атмосферныхъ осадковъ. *Уклонъ поверхности потока* вообще перемѣнный, что въ связи съ различной глубиной потока и съ различнымъ строеніемъ породъ, по которымъ протекаетъ вода, обусловливаетъ большія измѣненія въ скорости подземнаго потока. Подъ водонепроницаемымъ пластомъ *B* можетъ лежать водопроницаемый *C* и водонепроницаемый *D*, затѣмъ далѣе водопроницаемый *E* и водонепроницаемый *F* и т. д. Въ нѣкоторыхъ изъ водопроницаемыхъ пластовъ можетъ и не находиться грунтовая вода, напр. въ пластѣ *CC*. Въ пластѣ *EE* вода можетъ двигаться свободно (т. е. безъ напора и подъ напоромъ, напр. въ части *EG* — свободно, а далѣе — подъ напоромъ; такъ что если въ *m* устроить колодезь (или сдѣлать буровую скважину), то вода поднимется до горизонта *m'*, т. е. выше горизонта *n* на величину *m'n*; горизонтъ *m'* будетъ ниже горизонтальной линіи *kk'*, совпадающей съ поверхностью воды въ части *EG*, гдѣ вода движется свободно; высота *k'm'* представляетъ потерю напора на гидравлическія сопротивленія при проходѣ воды отъ *g* къ буровой скважинѣ. Такимъ образомъ, опуская буровую скважину все глубже и глубже, можемъ встрѣтить нѣсколько подземныхъ потоковъ, движущихся независимо другъ отъ друга; вода въ нихъ можетъ быть различнаго состава; чѣмъ глубже залегаетъ потокъ, тѣмъ больше обыкновенно въ немъ минеральныхъ веществъ. Такъ, напр. въ Петербургѣ найдено 4 подземныхъ потока: первый на глубинѣ 88 фут., второй—на 388 фут., третій—на 517 фут. и четвертый—на 638 фут. Минеральныхъ веществъ на 1000 частей содержится: въ 1-мъ—1,14 части, во 2-мъ—2,23 части, въ 3-мъ—4 части; главная составная часть этихъ веществъ поваренная соль, затѣмъ входятъ хлористыя и углекислыя соли кальція, магнія и т. п. Вода двухъ смежныхъ потоковъ можетъ смѣшиваться, если напр. водонепроницаемый слой, ихъ раздѣляющій, не на всемъ протяженіи сплошной, а имѣетъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ прорывы. Вода, встрѣчаемая буровыми скважинами на различныхъ глубинахъ, протекаетъ съ поверхности земли и часто съ весьма большихъ разстояній отъ мѣста скважины. Вода артезіанскаго колодца въ Москвѣ на Яузскомъ бульварѣ получается съ песчаныхъ слоевъ девонской системы, выходящихъ на поверхность земли на Валдайской возвышенности, а также южнѣе Тулы, и образующихъ, котловину, надъ которой и расположена Москва. Вода атмосфер-

Водоснабженіе города Парижа.



Черт. 88.

Ключъ Moulin de la Source.

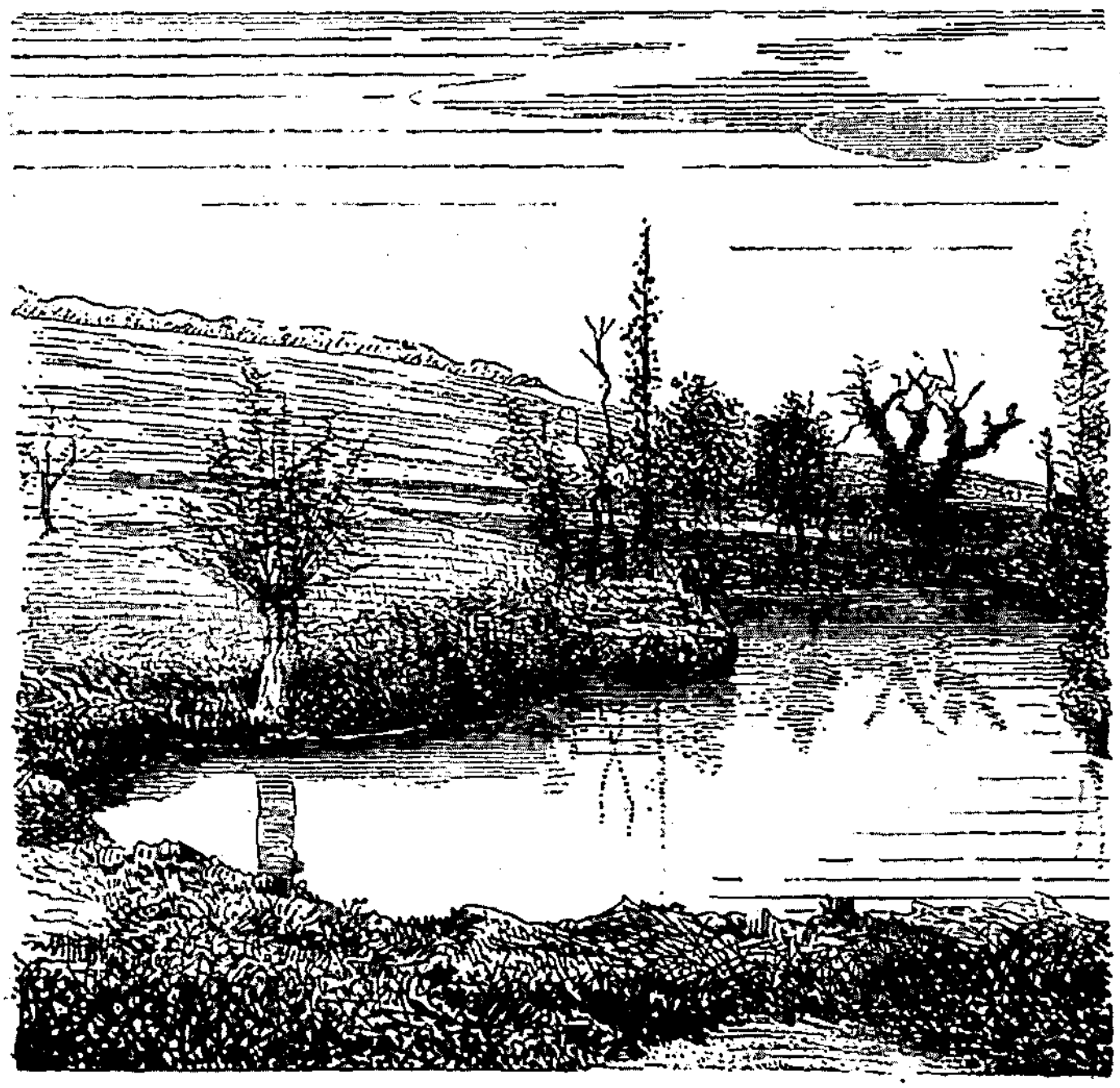
Онъ одинъ изъ ключей группы Dhuis, появляющихся на границѣ между трещиноватыми третичными наслояніями и землеными мергелями. Количество воды — 300 литровъ въ секунду. (Lueger).

ныхъ осадковъ, проходитъ по водопроницаемымъ пластамъ девонской системы, слѣдуя ихъ уклону и находится подъ Москвой на глубинѣ 1500 футъ. Такъ какъ Москва лежитъ на 500 футъ ниже девонскихъ пластовъ Валдайской возвышенности, то вода въ колодцѣ поднимается на большую высоту, но все-таки до поверхности земли не доходитъ на 6 саж. Эта вода, получающаяся въ количествѣ около 200.000 ведеръ въ сутки, довольно жесткая, почему жителями для питья не употребляется; она проведена на городскія скотобойни.

Какъ объяснено выше, вода, выпадающая на поверхность земли и просачивающаяся черезъ верхніе водопроницаемые пласты, задерживается водонепроницаемымъ пластомъ. При этомъ вода можетъ, въ предѣлахъ площади даже нѣсколькихъ квадратныхъ верстъ, образовать нѣсколько потоковъ съ различнымъ направленіемъ движенія. На черт. 87 представленъ планъ горизонталей, показывающихъ горизонты грунтовыхъ водъ въ мѣстности р. Яузы притока рѣки Москвы; изъ чертежа видно, что осадки, выпадающіе въ предѣлахъ площади *ABCD* и просачивающіеся до водонепроницаемаго пласта (Юрская глина), направляются по 3 различнымъ направленіямъ, указаннымъ стрѣлками I, II, III и IV, откуда ясно, что эти осадки попадаютъ въ 3 разные бассейна, а именно въ бассейны р. Яузы, р. Клязьмы и въ бассейнъ, лежащій вправо отъ *B*. Точно также въ предѣлахъ площади *EFGH* грунтовыя воды двигаются по разнымъ направленіямъ V, VII и пр. и попадаютъ въ бассейны р.р. Яузы и Клязьмы. Можно сказать, что атмосферные осадки, выпадающіе на площадь $EG'D'A'$, просачиваясь въ грунтъ образуютъ общій подземный потокъ, идущій приблизительно по направленію теченія р. Яузы, показанному на чертежѣ пунктиромъ и слѣдовательно, можно ожидать встрѣтить между точками *A* и *F* всю соотвѣтствующую массу грунтовой воды. Послѣднее заключеніе будетъ вѣрно однако только въ томъ случаѣ, когда въ водонепроницаемомъ пластѣ, *надъ* которымъ движутся разсматриваемыя грунтовыя воды, *нѣтъ* прорывовъ; если эти прорывы существуютъ, напр., въ *K*, то часть грунтовой воды уйдетъ въ этомъ пунктѣ въ нижележащій водоносный пластъ.

Изъ только-что сказаннаго слѣдуетъ, что о *направленіи движенія* грунтовыхъ водъ и о *количествѣ* ихъ въ предѣлахъ какой-либо площади нужно заключать очень осторожно и не иначе, какъ на основаніи достаточно подробныхъ изысканій.

Водоснабженіе города Парижа.



Черт. 89.

Ключъ Bime de Cerilly изъ группы ключей Vanne въ Шампаньи.

Онъ принадлежитъ къ категоріи восходящихъ ключей. Образуясь въ толщѣ мѣловаго пласта подъ которымъ лежитъ пластъ водонепроницаемой глины, ключъ этотъ даетъ начало ручью Bime de Cerilly. При каптажѣ горизонтъ воды былъ понижень приблизительно на 4 метра, что увеличило расходъ воды. Обыкновенная величина расхода — 150 литровъ въ секунду (Lueger). Въ настоящее время этотъ ключъ прикрытъ большой четырехугольной надстройкой со сводами и горизонтъ его очень понижень.

Грунтовыя воды, о которыхъ сейчасъ шла рѣчь, находятся на небольшой глубинѣ отъ поверхности земли всего около 2—10 саж. и совершенно отличны отъ воды Московскаго артезіанскаго колодца; часть этихъ водъ, двигающихся около точки C (черт. 87), служитъ уже давно для питанія Мытищенскихъ водопроводовъ въ Москвѣ (старыхъ и новаго).

Грунтовыя воды выходятъ на поверхность земли и образуютъ *ключи*, если притокъ воды довольно значительный; при маломъ притокѣ вода большею частью испаряется и мѣсто выхода воды обозначается только обильною и ярко-зеленою растительностью. Рѣки и рѣчки питаются часто грунтовыми водами.

Самый простой случай *ключа* состоитъ въ томъ, что атмосферная вода, проникая чрезъ водопроницаемые пласты и дойдя до водонепроницаемыхъ, стекаетъ по нимъ, какъ по наклонной плоскости и выходитъ на поверхность въ оврагѣ или долинѣ, прорѣзывающихъ оба пласта. Такіе ключи принадлежатъ къ категоріи *нисходящихъ*.

Ключи могутъ обнаруживаться не только въ оврагахъ или долинахъ. Если напр. (черт. 86) cd и ef — водонепроницаемые пласты, между которыми лежитъ водоносный слой ab, состоящій изъ трещиноватыхъ пластовъ известняка, песчаника и т. п., выходящій на поверхность земли въ точкахъ a и b, разность высотъ которыхъ H не очень мала, то грунтовая вода въ точкѣ b будетъ просачиваться на поверхность земли черезъ слои, прикрывающіе водоносный пластъ; раскрывая эти слои, можемъ значительно усилить выходъ наружу грунтовой воды, такъ какъ уменьшимъ сопротивленіе движенію. Многіе ключи съ большимъ притокомъ воды выходятъ на поверхность при подобныхъ условіяхъ и составляютъ категорію *ключей* поднимающихся или *восходящихъ*.

Обратимся теперь къ характеристикѣ *состава грунтовой воды*. Дождевая вода, попадая въ почву, претерпѣваетъ значительныя измѣненія въ своемъ составѣ въ зависимости отъ свойствъ пластовъ, по которымъ она проходитъ; одни вещества вода отдаетъ почвѣ, а въ замѣнъ ихъ изъ почвы принимаетъ другія. Изъ воды переходятъ въ почву: *амміакъ*, *фосфорная кислота*, *соли калія* и др., часть *взвѣшенныхъ веществъ* и часть *микроорганизмовъ*. Вода отдаетъ также часть своего *кислорода*, который затѣмъ производитъ въ почвѣ различныя процессы окисленія.

Для примѣра относительнаго состава газовъ, растворенныхъ въ грунтовой водѣ могутъ служить слѣдующія цифры парижскихъ ключей.

	Ключъ Vanne	Ключъ Dhuis
	куб. с. на литръ воды.	
Кислорода	6,4	7,2
Азота	14,9	13,6
Углекислоты	20,3	23,4
Итого . .	41,6	44,2

Поглощая *углекислоту*, вода становится въ состояніи растворить многія вещества, которыхъ не могла бы растворить иначе, и дѣлается еще болѣе богатой минеральными примѣсями. Чѣмъ больший путь пройденъ водою по водоноснымъ пластамъ, чѣмъ разнообразнѣе составъ этихъ пластовъ, тѣмъ больше минеральныхъ веществъ въ водѣ; вотъ почему артезіанская вода, добываемая съ большой глубины, прошедшая, слѣдовательно, очень длинный путь, всегда богата минеральными примѣсями (см. таблицы № 3, 4 и 5).

Таблица № 4. Количества солей, найденныя въ грунтовыхъ водахъ во Франціи (по Бешманну).

Характеръ источника водоснабженія.	Въ какомъ городѣ.	Количество минеральныхъ веществъ въ миллиграммахъ на литръ воды.
Ключи	Парижъ . Vanne	225
	Парижъ . Dhuis	297
	Парижъ . Arcueil	527
	Лилль	359
	Гавръ	368
	Besangon	280
	Dijon	260
	Fécamp	320
Ключъ	de la Somme-Sonde (Champagne)	140
Ключъ	de la Vigne (Normandie)	240
Артезіанскія воды	Парижъ . Grenelle	142
	Парижъ . Passy	141
	Руанъ	133
	Перпиньякъ	230
	Туръ	320
	Cambrai	605
	Elbeuf	710

Таблица № 5. Результаты анализовъ артезіанскихъ и рѣчныхъ водъ у Кіева.

(Изъ очерка Днѣпра — инж. Максимовича, стр. 26).

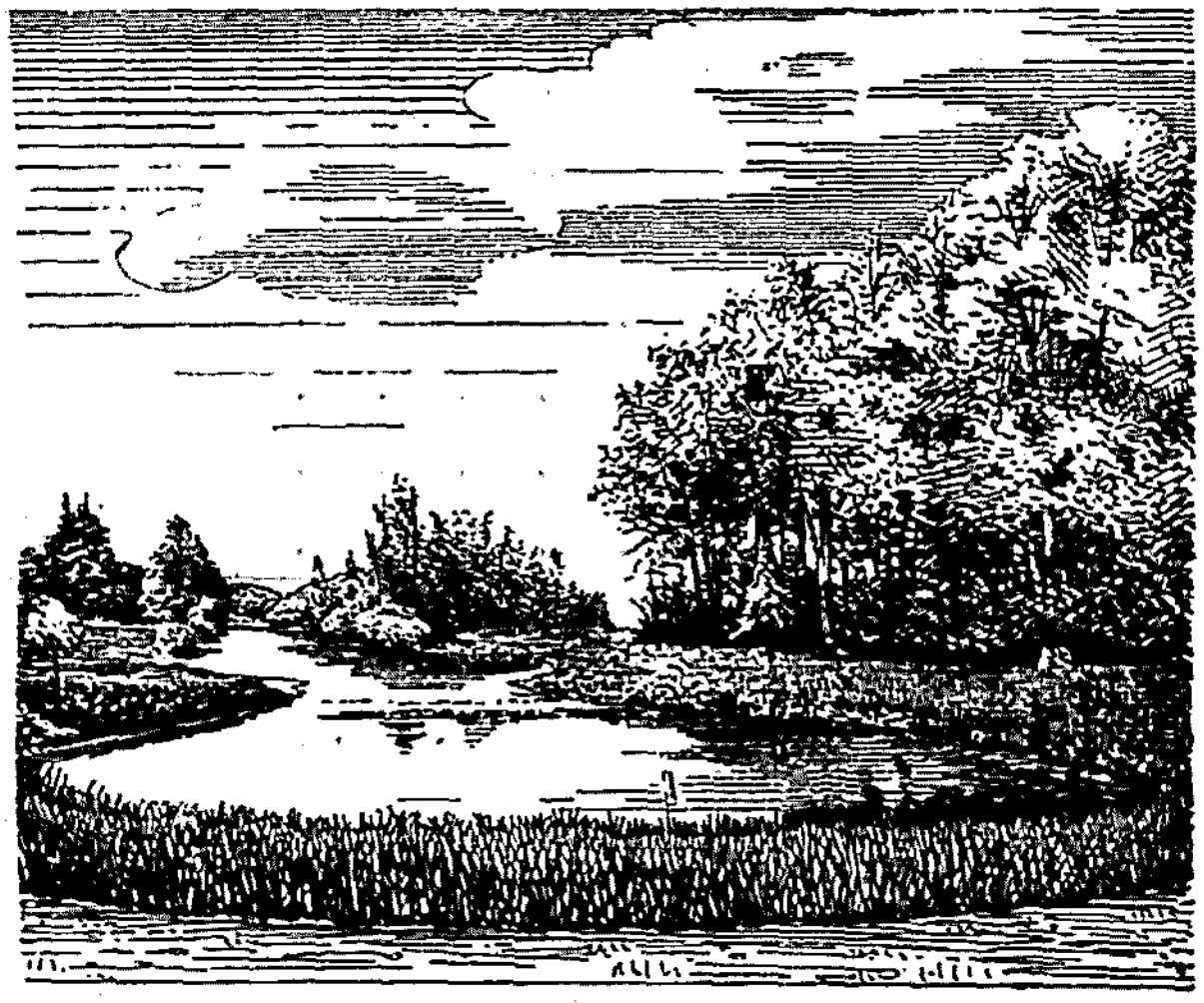
Содержаніе солей и другія свойства воды.	Въ литрѣ воды изъ артезіанскихъ горизонтовъ.				Въ лит. днѣпров текучей воды.
	1-го.	2-го.	3-го.	4-го.	
	на глубинѣ 22′ отъ ординара Днѣпра.	на глуб. 200′ отъ ор. Днѣп.	на глуб. 240′ отъ ор. Днѣп.	на глуб. 640′ отъ ор. Днѣп.	
	м п л л	и г р	а м м	о в ъ.	
Плотнаго остатка (при 100° Ц.) .	350,50	354,60	347,00	343,30	171,50
Извести	131,70	125,80	124,20	69,40	56,90
Магнезіи.	16,68	23,16	22,37	38,97	10,60
Окиси желѣза	0,24—0,60	0,60	1,2	0,20	0,80
Амміака свободнаго.	0,30	0,30	0,30	0,60	—
„ бѣлковиннаго	—	0,04	—	—	слѣды.
Окиси калія.	—	—	—	195,17	1,30
Окиси натрія.	—	—	—	30,62	4,00
Хлора	8,26	3,89	3,87	25,50	4,60
Сѣрной кислоты.	5,80	2,66	—	14,14	1,50
Кремневой кислоты	—	—	30,2	8,00	—
Азотной кислоты	сл.—0,92	слѣды.	слѣды.	8,02	—
Азотистой кислоты	0	0	0	0	—
Сѣрнистаго водорода	слѣды.	0-слѣды.	слѣды.	0	—
Окисляемость (въ мгрм. кислорода)	1,35	1,32	2,1	0,33	14,90
Жесткость въ нѣмецкихъ градусахъ.	15,5	16,8	15,5	12,4	7,17
Температура воды при выходѣ изъ скважины, по Ц.	9,4°	11,5°	—	15,1°	—

Если слои состоятъ изъ силикатовъ—гранита, кварца, полевого шпата, то вода мало растворяетъ ихъ, а потому будетъ бѣдна минеральными веществами. Проходя слои известняка, мѣла, доломита, вода дѣлается богатой известью и магнезіей, а послѣ прохожденія черезъ слои каменной соли и гипса вода оказывается съ содержаніемъ хлоридовъ и сульфатовъ.

Бактеріологическія изслѣдованія почвенной воды показали, что въ ней микроорганизмы встрѣчаются почти всегда: въ ключевой водѣ—въ маломъ количествѣ, а въ колодезной—въ значительно большемъ. Это обстоятельство объясняется тѣмъ, что вода въ колодцѣ остается въ покоѣ; при постоянномъ откачиваніи изъ колодца, вода

Примѣры большихъ ключей.

Черт. 90.



Ключъ, дающій начало рѣкѣ Loiret, притоку Луары во Франціи. Это одинъ изъ самыхъ могучихъ восходящихъ ключей. Онъ обязанъ своимъ существованіемъ цѣлому ряду пещеръ, образовавшихся въ отложеніяхъ нижняго Міоцена, наполняющихся водой Луары и грунтовыми водами. По Loiret плаваютъ пароходы до его истока (Lueger).

Черт. 91.



Знаменитый ключъ Sorgue во Франціи (Vaucluse), принадлежащій къ категоріи восходящихъ. Онъ вытекаетъ изъ воронкообразнаго кювета, соединеннаго съ глубокой пещерой. Грунтовыя воды собираются въ толщѣ трещиноватыхъ слоевъ, окруженныхъ со всѣхъ сторонъ водонепроницаемыми мергелями. Бассейнъ ключа имѣетъ 1.650 кв. километр. Расходъ ключа 6—60 кубич. метровъ въ секунду (Lueger).

колодезная будетъ содержать микроорганизмовъ значительно менѣе.

Количество бактерій въ ключевой водѣ измѣняется довольно замѣтно со временемъ года; такъ въ ключахъ Vanne и Dhuis, изъ которыхъ Парижъ получаетъ ключевую воду, число бактерій въ среднемъ измѣняется въ теченіе года слѣдующимъ образомъ.

	Бактерій на 1 куб. сантиметръ. Ключъ Vanne.	Ключъ Dhuis.
Зима	1.200	3.180
Весна	720	2.125
Лѣто	770	635
Осень	505	1.605
Среднее за годъ . . .	800	1.890

По классификаціи Микеля (см. § 34) вода обоихъ ключей должна считаться только чистой.

Если ключевая вода проводится въ городъ съ большихъ разстояній въ открытыхъ руслахъ, какъ это имѣетъ мѣсто, напр., въ Парижѣ, Вѣнѣ, Царскомъ Селѣ и т. д., то число бактерій въ водѣ по мѣрѣ приближенія ея къ городу увеличивается; такъ въ водѣ, взятой изъ Таицкаго ключа, снабжающаго водою Царское Село, найдено всего 26 бактерій въ 1 кубич. сантиметрѣ, а въ водѣ того же ключа, взятой въ городѣ (у Орловскихъ воротъ) оказалось 718 бактерій.

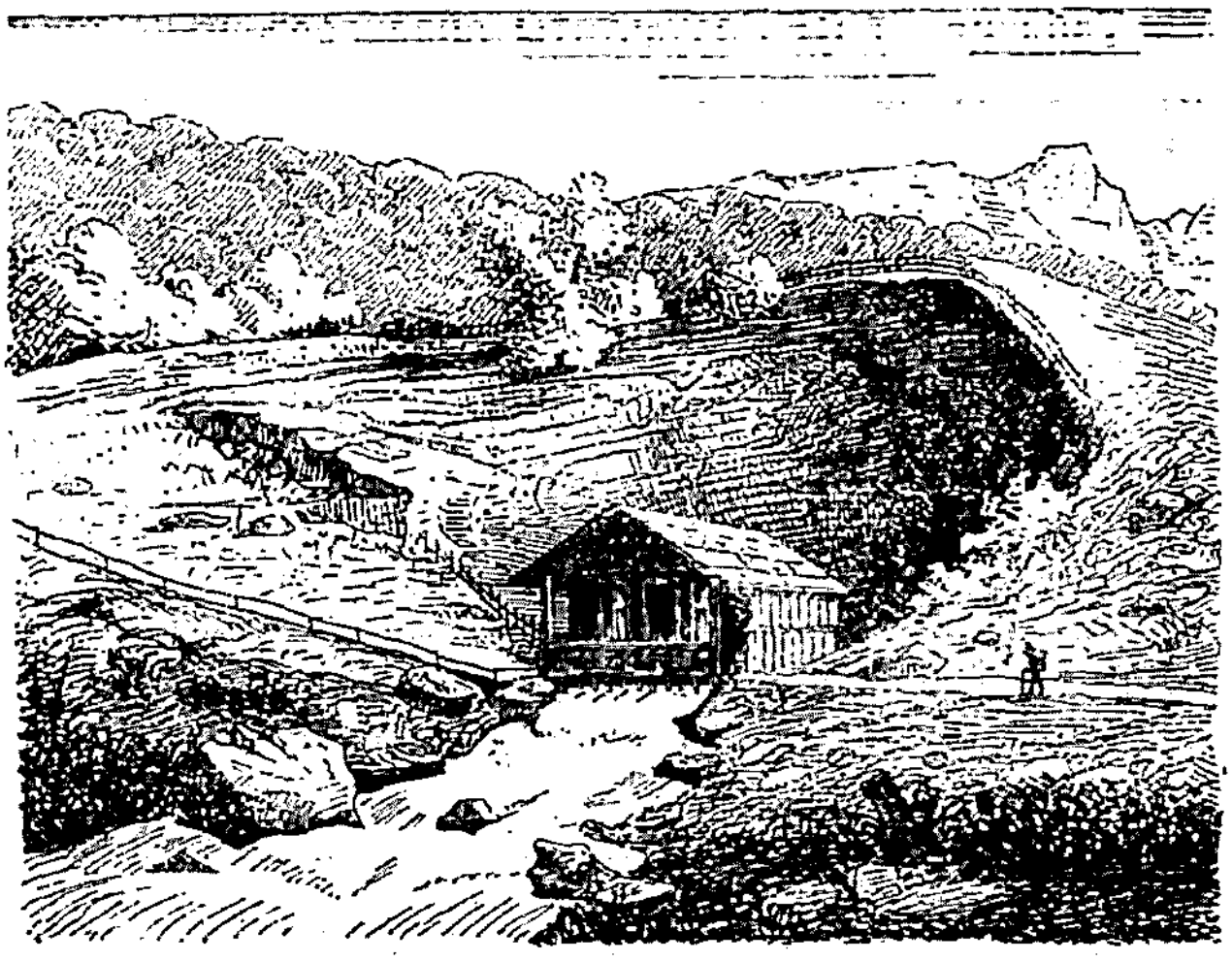
Что касается *температуры*, то ключевая и колодезная вода имѣетъ обыкновенно температуру въ 5° — 10° С. и эта температура остается довольно постоянной, будучи лѣтомъ холоднѣе атмосферной, а зимою теплѣе, почему, независимо отъ другихъ причинъ, ключевая и колодезная вода потребляется охотнѣе рѣчной и озерной.

Артезіанская вода обыкновенно имѣетъ температуру болѣе высокую, чѣмъ средняя годовая температура воздуха, почему спеціальныя примѣненія артезіанской воды могутъ быть довольно обширны.

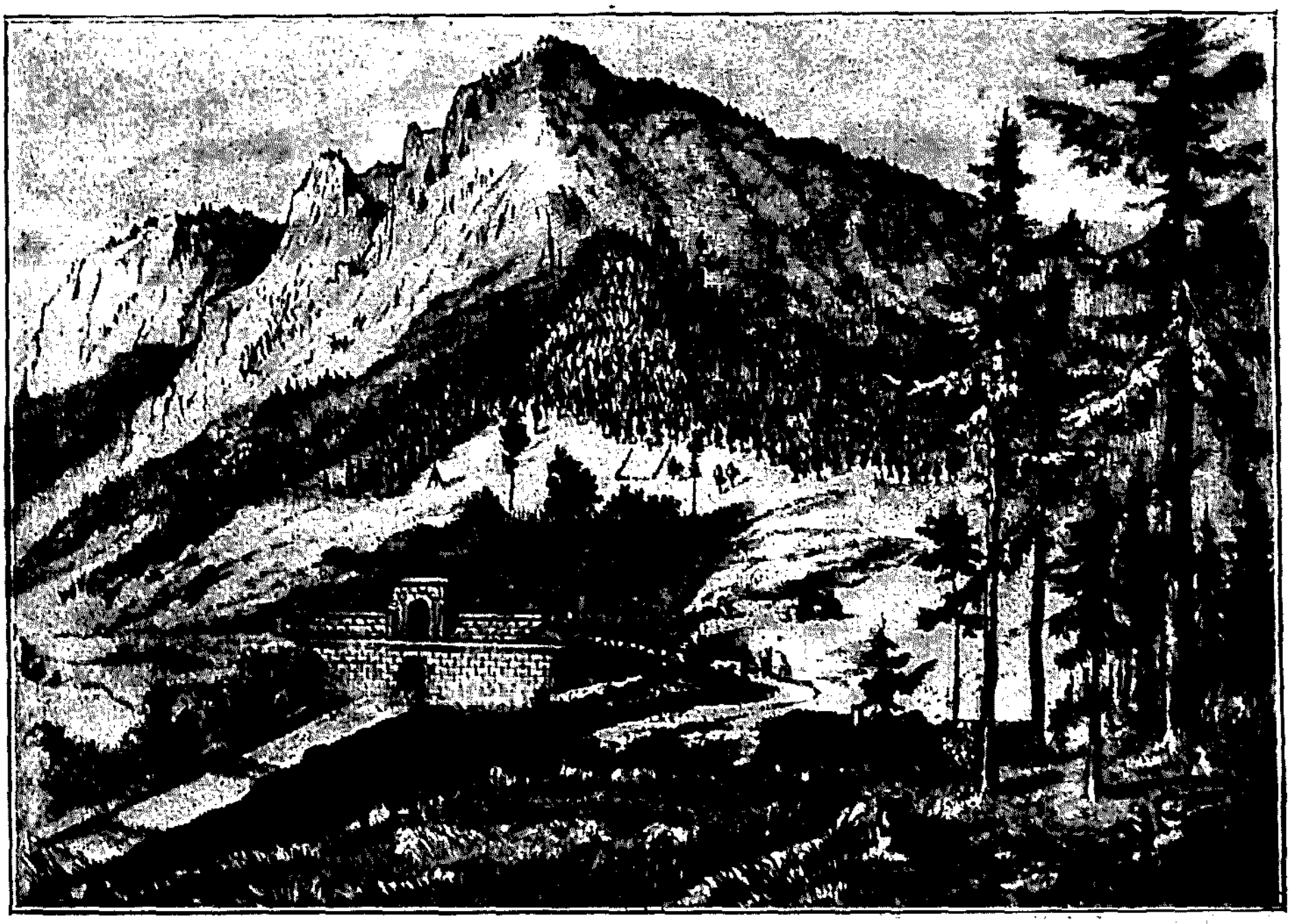
Весьма важнымъ является вопросъ о загрязненіи грунтовыхъ водъ. Почва въ городахъ всегда и въ сильной степени загрязнена отбросами городского хозяйства, такъ какъ содержимое въ выгребныхъ и помойныхъ ямахъ,—животные экскременты на улицахъ и т. п.—просачиваются мало-по-малу въ почву, загрязняютъ ее и, слѣдовательно загрязняютъ также грунтовую воду. Грунтовая вода въ чертѣ города всегда загрязена въ большей или меньшей степени. Чѣмъ сильнѣе загрязнена грунтовая вода, тѣмъ больше она заключаетъ *амміака*,

Водоснабженіе города Вѣны.

Черт. 92.—**Видъ ключа Kaiserbrunnen** до постройки захватныхъ сооруженій Вѣнскаго водопровода. Ключъ вытекаетъ въ глубокой котловинѣ, окруженной крутыми склонами и представляетъ типичный примѣръ ключа, появляющагося на границѣ водонепроницаемыхъ и водопроницаемыхъ слоевъ.



Количество воды 800 литровъ въ секунду.



Черт. 93. — **Видъ ключа Kaiserbrunnen** послѣ постройки захватныхъ сооруженій Вѣнскаго водопровода (Stadler).

азотной кислоты, хлора и органическихъ веществъ. Для примѣра приводимъ въ таблицѣ № 6 анализъ грунтовыхъ водъ въ Москвѣ и Будапештѣ.

Таблица № 6. Результаты анализовъ нѣкоторыхъ грунтовыхъ водъ.

	Миллиграмовъ въ 1 литрѣ т. е. $\frac{1}{1.000.000}$			
	Амміакъ.	Азотная кислота.	Хлоръ.	Органич. вещества.
Грунтовая вода на окраинахъ Москвы	0,8	41,5	90,0	141,1
Грунтовая вода въ центральныхъ частяхъ Москвы	47,5	134,1	390,0	926,2
Грунтовая вода въ *чистой* почвѣ Будапешта	1,15	549,0	314,0	58,5
Грунтовая вода въ *загрязненной* почвѣ Будапешта	3,69	562,0	353,0	90,5

Можно было бы думать, что *кладбища* должны особенно сильно загрязнять грунтовую воду; однако, многочисленные анализы опровергаютъ такое предположеніе. Оказывается, что по содержанію амміака, азотной и азотистой кислотъ, хлора и органическихъ веществъ колодезная вода на кладбищахъ бѣднѣе, чѣмъ колодезная вода въ городахъ. Составъ грунтовой воды въ предѣлахъ города (т. е. загрязненной), оказывается далеко не постояннымъ и зависитъ отъ количества атмосферныхъ осадковъ, просачивающихся въ почву; послѣ дождей количество плотныхъ веществъ въ грунтовой водѣ увеличивается и она становится еще болѣе загрязненной.

Фабрики, заводы и вообще промышленныя заведенія очень часто загрязняютъ почву, а, слѣдовательно, и грунтовую воду, отбросами своего хозяйства; такъ, напр., газовые заводы вводятъ въ почву амміакъ и различнаго рода смолистыя вещества; содовые заводы увеличиваютъ содержаніе хлора, извести и сѣрной кислоты.

§ 25. Опредѣленіе количествъ воды, могущихъ быть полученными изъ даннаго источника.

Опредѣленіе количества воды, которое можетъ дать тотъ или другой источникъ (рѣка, озеро, водохранилище, ключи и пр.), должно быть исполнено съ возможно большей точностью, такъ какъ количество воды имѣетъ часто рѣшающее значеніе въ выборѣ источника.

Поэтому при изысканіяхъ водоснабженія, дѣлая общее гидрологи-

ческое и геологическое изслѣдованіе мѣстности при помощи съемокъ, нивелировокъ, буреній и пр., необходимо не опускать изъ вида изслѣдованія размѣровъ воднаго запаса стоячихъ водъ или расхода текучихъ водъ, коими желаютъ воспользоваться въ данномъ случаѣ.

Какъ получаются такія данныя для рѣкъ, озеръ и искусственныхъ водохранилищъ указано въ курсѣ Водяныхъ Сообщеній.

Поэтому мы остановимся здѣсь лишь на опредѣленіи расхода ключей, подземныхъ потоковъ и скопленій.

Если расходъ ключа не великъ, то онъ измѣряется непосредственно наполненіемъ сосуда опредѣленной вмѣстимости. При значительныхъ расходахъ устраиваютъ на выводномъ каналѣ водосливъ. При этомъ необходимо принять мѣры, чтобы не увеличить напоръ на выходныя отверстія ключевыхъ струй или не уменьшить его поднятіемъ или пониженіемъ горизонта воды въ ключѣ, такъ какъ въ обоихъ случаяхъ измѣренный расходъ будетъ не вѣренъ.

Измѣренія расхода ключей должны производиться многократно въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ, чтобы дать *годичный* и *абсолютный* минимумы расхода, соотвѣтствующіе сухому времени. Если нѣтъ такихъ долгихъ наблюденій, то къ добытымъ результатамъ необходимо относиться съ большою осторожностью, провѣряя состояніе ключей по показаніямъ сторожиловъ и ни въ какомъ случаѣ не принимая въ разсчетъ для водоснабженія всего, даже наименьшаго, количества воды, которое можетъ повидимому дать ключъ. Это тѣмъ болѣе необходимо, что ключи легко уменьшаются въ расходѣ и даже изсякаютъ при производствѣ въ сосѣдствѣ съ ними работъ туннельныхъ, горныхъ и т. п. Въ виду этого обстоятельства слѣдуетъ окружать ключи городскихъ водоснабженій возможно большой охранительной зоной, гдѣ всякія работы такого рода были бы запрещены.

Для опредѣленія расхода, который могутъ давать подземные потоки и скопленія воды, затрудненія еще болѣе значительны.

Прежде всего нужно составить при посредствѣ колодцевъ или буровыхъ скважинъ карту поверхности подземныхъ водъ съ горизонталями, чтобы установить, составляютъ ли эти воды потокъ или скопленіе. Подземный потокъ, въ общемъ случаѣ, можетъ давать болѣе воды (непрерывно), чѣмъ скопленіе въ коемъ вода можетъ возстановляться только медленно. Въ случаѣ потока—измѣряютъ его поперечную профиль посредствомъ буреній по линіямъ нормальнымъ къ оси

его, и скорость движенія воды. Послѣдняя, вообще малая величина, измѣряется только примѣрно, такъ какъ точное измѣреніе не возможно. Ее находятъ, наблюдая время, чрезъ которое подъемъ воды въ сообщающейся съ подземнымъ потокомъ рѣкѣ или озерѣ ощущается въ колодцахъ, время, нужное, чтобы окрашивающія вещества или соли перешли отъ одного колодца до другого и т. п.

Въ случаѣ скопленія—нужно опредѣлить не только общій размѣръ запаса, но и возможный расходъ. Это очень трудно. Тутъ дѣлаютъ наблюденія надъ количествомъ дождя, водопроницаемостью грунта и т. д. Но для сколько-нибудь опредѣленныхъ результатовъ нужнъ непосредственный опытъ. Роютъ колодезь и откачиваютъ въ немъ воду. Откачавъ извѣстный объемъ, даютъ колодцу вновь наполниться и замѣчаютъ время. Лучше же откачивать воду непрерывно, пока не установится нѣкоторый горизонтъ, ниже котораго вода не будетъ опускаться; расходъ помпъ—будетъ максимумъ того, что можетъ притекать въ колодезь въ секунду. При этомъ нужно отъ времени до времени прекращать выкачиваніе, чтобы убѣдиться, что прежній горизонтъ возстановляется быстро, и что помпы извлекаютъ только прибывающую воду, а не скопившійся вѣковой запасъ.

Такіе опыты нужно дѣлать много разъ въ разное время года и все-таки потомъ брать въ разсчетъ расходъ, много меньшій найденнаго.

Наконецъ, при артезіанскихъ водахъ предварительное опредѣленіе расхода съ какой бы то ни было увѣренностью—еще труднѣе. Тутъ невозможны ни непосредственныя измѣренія, ни даже пробныя буренія. Подробное геологическое изслѣдованіе мѣстности очень опытнымъ спеціалистомъ можетъ при посредствѣ аналогій дать нѣкоторыя указанія, къ которымъ необходимо относиться съ крайней осторожностью. Единственнное средство—прямой опытъ устройства колодца. Когда въ извѣстной мѣстности имѣется уже одинъ колодецъ, другіе могутъ быть устраиваемы съ большей увѣренностью, но при этомъ не слѣдуетъ думать, что они дадутъ то же количество воды. Въ большинствѣ случаевъ ея будетъ меньше въ обоихъ, если новый колодецъ близокъ къ старому.

Наблюденія надъ расходомъ артезіанскихъ колодцевъ показываютъ, что количество воды въ каждомъ изъ нихъ можетъ очень колебаться въ теченіи года отъ климатическихъ и другихъ условій.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Количества воды, потребной для разныхъ цѣлей.

СОДЕРЖАНІЕ: § 26. Способъ измѣренія количества доставляемой воды.— § 27. Примѣры количествъ воды, доставляемыхъ разными водопроводами.— § 28. Норма суточнаго расхода воды для отдѣльныхъ потребностей города.— § 29. Неизбѣжная потеря воды.—§ 30. Безполезная трата воды.—§ 31. Колебанія расхода воды.—§ 32. Приростъ населенія.—§ 33. Среднія годовыя нормы суточнаго потребленія воды на одного жителя.

§ 26. Способъ измѣренія количества доставляемой воды.

Обыкновенно количество воды, потребляемое въ извѣстномъ городѣ или потребность въ водѣ въ немъ, относятъ къ числу жителей города и выражаютъ въ единицахъ объема, приходящееся на *одного* жителя.

Въ зависимости отъ того, велика или мала эта цифра городъ считается плохо или хорошо снабженнымъ водой. Создается такимъ образомъ нѣкоторая, вполнѣ искусственная, *норма*, которая можетъ часто вводить въ заблужденіе.

Въ весьма большомъ числѣ случаевъ потребленіе воды совсѣмъ не пропорціонально числу жителей. Для домашнихъ потребностей такая пропорціональность можетъ быть и существуетъ, но ея вовсе нѣтъ для другихъ потребностей города, каковы поливка улицъ, тушеніе пожаровъ и проч. Кромѣ того, размѣръ потребленія воды зависитъ въ высокой степени отъ удобствъ въ пользованіи ею, предоставленныхъ жителямъ. Смотря по тому, можно ли получать воду въ каждой квартирѣ или за ней нужно ходить къ водоразборнымъ кранамъ, смотря по устройству домовъ въ видѣ англійскихъ отдѣльныхъ дачъ съ садиками или скученныхъ Петербургскихъ конгломератовъ

квартиръ и т. д., для одного и того же числа людей нужно будетъ предвидѣть большее или меньшее количество воды.

Тѣмъ не менѣе обычай относить потребленіе воды къ числу жителей такъ прочно установился въ практикѣ водопроводнаго дѣла, что инженеру, проектирующему водопроводъ, необходимо съ нимъ считаться и лишь стараться исправлять его недостатки осмотрительнымъ выборомъ единичной нормы въ каждомъ частномъ случаѣ.

Что касается до мѣръ объема воды, то онѣ крайне различны въ зависимости отъ общей системы мѣръ страны. У насъ потребленіе воды опредѣляется обыкновенно въ ведрахъ.

§ 27. Примѣры количествъ воды, доставляемыхъ разными водопроводами.

Въ нижеслѣдующихъ таблицахъ (№ 7 и № 8) приведены нѣкоторыя цифры, относящіяся къ водопроводамъ въ большихъ городахъ Западной Европы, Сѣверной Америки и Россіи; изъ этихъ таблицъ видно, что въ сѣверо-американскихъ городахъ потребленіе воды, выраженное количествомъ воды, приходящимся въ сутки на одного жителя, значительно больше, чѣмъ въ городахъ Западной Европы.

Изъ данныхъ таблицы № 7 видно также, что водопроводы настоящаго времени существенно отличаются устройствомъ своимъ отъ общественныхъ водопроводовъ древняго міра. Наши водопроводы берутъ воду не только изъ ключей, рѣкъ, озеръ и искусственныхъ прудовъ, какъ это дѣлалось почти исключительно въ древности, но также пользуются *грунтовой* водой, извлекаемой искусственно изъ глубины почвы. Кромѣ этого, замѣтимъ тутъ же, существуетъ большое различіе въ способѣ доставки воды въ городъ. Примѣнявшееся древними проведеніе воды въ городъ каналомъ, пересѣкающимъ возвышенности—туннелями, а долины—мостами-акведуками, хотя и употребляется и нынѣ, но довольно рѣдко; такъ напримѣръ въ *Вѣну* такимъ способомъ проведена вода изъ ключей Kaiserbrunn и Stixenstein въ разстояніи 80 килом. отъ города, въ *Нью-Іоркѣ* также вода проведена изъ рѣки Кротона, подпертой водоудержательной плотиной въ разстояніи 70 килом.; для провода въ *Парижъ* ключевой воды устроены между прочимъ водопроводы Ваннъ и Дюи (aqueducs de la Vanne

Таблица № 7. Количества воды, доставляемыя водопроводами главныхъ городовъ Сѣверной Америки и Европы (по даннымъ проф. Ф. Е. Максименко).

№№	Города.	Число жителей.	Количество доставляемой воды ведеръ.	Количество воды въ сутки на жителя ведеръ.	Длина сѣти трубъ верстъ.	Примѣчаніе.
1	Филадельфія. .	1.070.000	46.000.000	43,0	—	
2	Чикаго. . . .	1.500.000	60.000.000	40,0	1.820	Вода изъ верхняго озера.
3	Нью-Іоркъ . .	1.900.000	51.000.000	26,8	1.030	Изъ р. Кротона, притока р. Гудсона.
4	Парижъ . . .	2.500.000	45.000.000	18,0	1.400	Изъ ключей — 30%; изъ р.р. Сены и Марны 70%.
5	С.-Петербургъ.	1.000.000	15.000.000	15,0	600	Фильтрованная большей частью вода изъз р. Невы.
6	Лондонъ . . .	5.800.000	67.500.000	11,7	5.000	Изъ р. Темзы 51% изъ р. Ли 42%, изъ колодцевъ 7%.
7	Берлинъ . . .	1.700.000	8.100.000	4,8	675	Фильтрованная вода изъ р. Шпре и Тегельскаго озера.
8	Вѣна	1.400.000	6.200.000	4,4	315	Ключевая вода, изъ ключей въ разстояніи 80 миль.
9	Варшава . . .	450.000	1.200.000	2,7	90	Фильтрованная вода изъ р. Вислы.
10	Москва . . .	850.000	2.000.000	2,4	100	Грунтовая вода изъ колодцевъ около села Б. Мытищи.

et de la Dhuis) длиною первый 162 версты, а второй 123 версты, въ видѣ каналовъ, которые пересѣкаютъ долины отчасти акведуками, а преимущественно дюкерами изъ чугунныхъ трубъ. Въ большинствѣ случаевъ вода проводится однако не самотокомъ, а *подъ напоромъ*, причемъ вода нагнетается паровыми насосами въ чугунныя трубы, идущія отъ мѣста сбора воды къ городу. Наконецъ, существуетъ разница также и въ *способѣ разведенія* воды по городу; тогда какъ въ древности вода проводилась преимущественно въ главнѣйшія общественныя учрежденія, въ настоящее время вода разводится по всѣмъ улицамъ города, въ каждый домъ и каждую квартиру, почему водою въ достаточномъ количествѣ могутъ пользоваться не только богатые жители города, но и люди съ малыми средствами.

Таблица № 8. Количество воды, доставляемое водопроводами главныхъ городовъ Россіи (по даннымъ Русскихъ Водопроводныхъ Съѣздовъ и др.).

	ГОРОДА.	Число жителей.	Потребленіе воды въ сутки на жителя. Ведеръ.
1	С.-Петербургъ	1.000.000	15 и болѣе
2	Москва	850.000	1,7 — 2,4
3	Варшава	450.000	2,7
4	Одесса	350.000	$5^5/_7$
5	Кіевъ	200.000	$2^1/_2$
6	Харьковъ	170.000	0,9
7	Казань	140.000	1,24
8	Саратовъ	120.000	1,1
9	Самара	100.000	1,2 — 3,5
10	Нижній-Новгородъ	80.000	3,1
11	Курскъ	50.000	1,3
12	Царицынъ	50.000	1,3

Примѣчаніе 1: Приведенныя данныя приблизительны.
Примѣчаніе 2: 1 ведро=0,43436 куб. футовъ=12,2989 литровъ; 1 куб. футъ = 2,30226 ведеръ = 28,3153 литровъ; 10 литровъ = 0,8131 ведеръ= =0,3532 куб. футовъ.

§ 28. Норма суточнаго расхода воды для отдѣльныхъ потребностей города.

Приведенные примѣры показываютъ, въ какихъ широкихъ предѣлахъ колеблется потребленіе воды въ разныхъ городахъ: въ Филадельфіи 43 ведра, въ Харьковѣ менѣе ведра. И это еще не крайнія цифры. Между тѣмъ при проектированіи водопровода весьма важно знать возможно точное *количество воды*, потребное для водоснабженія даннаго города. Очевидно, что при рѣшеніи этого вопроса нельзя основываться на количествѣ воды, потребляемой городомъ до устройства водопровода, такъ какъ это количество можетъ въ дѣйствительности быть и недостаточнымъ, и если городъ тѣмъ не менѣе имъ удовлетворяется, то это объясняется или затруднительностью получать воду въ большемъ количествѣ, не прибѣгая къ устройству водопровода, или же ея дороговизной. Съ устройствомъ водопровода каждый житель можетъ получать воду и въ большемъ количествѣ,

и дешевле, почему является возможность удовлетворять полнѣе уже существующимъ потребностямъ въ водѣ. Но, кромѣ нихъ, нарождаются новыя, до того времени какъ бы не ощущавшіяся потребности, напримѣръ устройство въ домахъ ватерклозетовъ и ваннъ, фонтановъ въ садахъ и площадяхъ, поливка улицъ и т. п., и, такимъ образомъ, потребное для города количество воды значительно увеличивается сравнительно съ тѣмъ, которое было до устройства водопровода. Вотъ почему для рѣшенія поставленнаго выше вопроса необходимо возможно тщательнѣе взвѣсить всѣ предстоящія потребности и для каждой изъ нихъ назначить приличное количество воды.

Задача эта вообще очень трудна, и какъ было уже упомянуто, требуетъ отъ инженера огромной осмотрительности и осторожности, въ особенности, въ виду того, что на ряду съ расходами воды на полезныя потребности города, есть еще *неизбѣжная потеря воды и безполезная трата* воды, которыя могутъ достигать огромныхъ размѣровъ, а также въ виду *прироста населенія* города и постояннаго *колебанія секуднаго расхода воды*, вслѣдствіе неравномѣрнаго распредѣленія потребности въ ней въ теченіе сутокъ и года (см. §§ 29, 30, 31, 32).

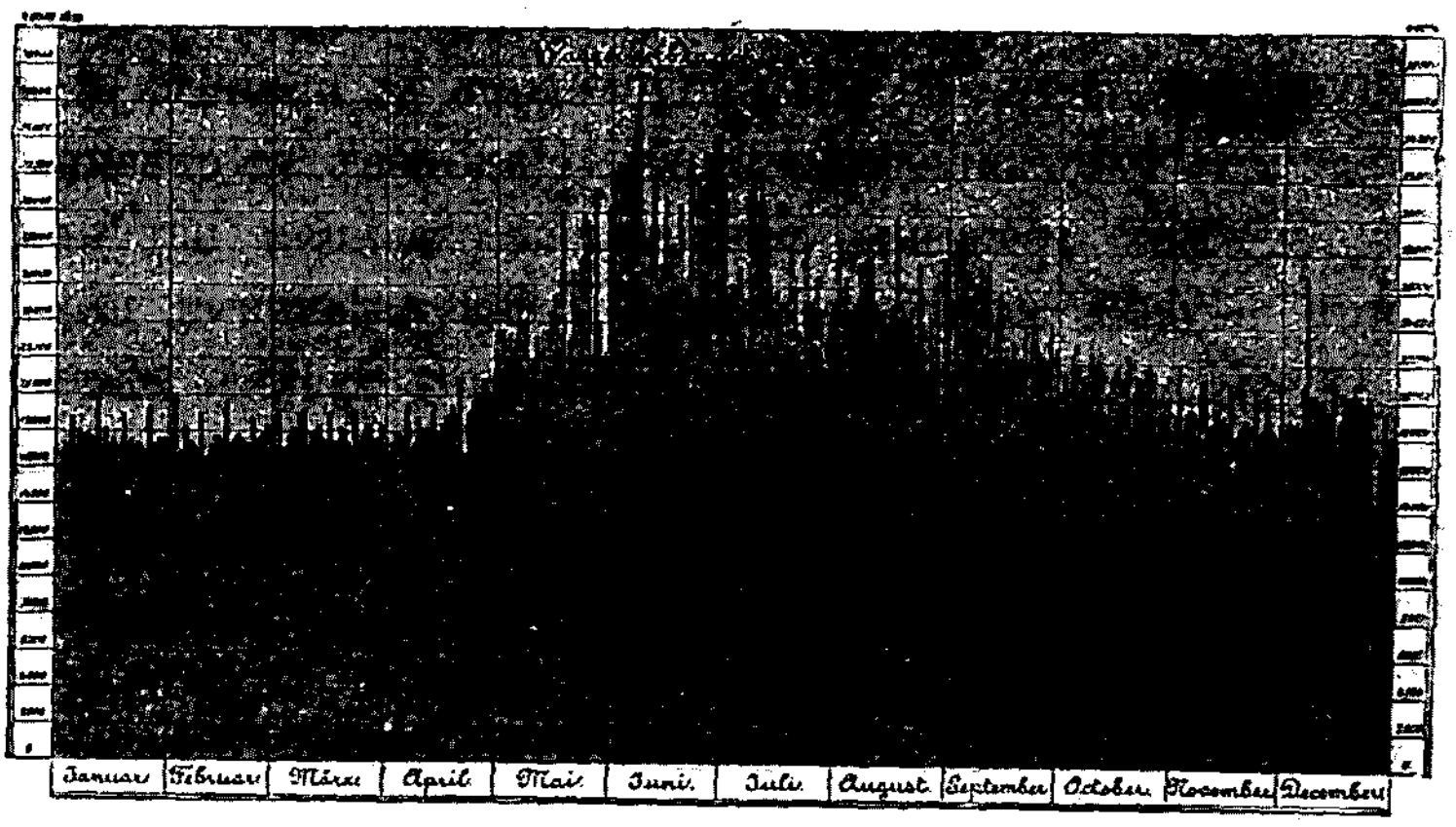
Вода, потребляемая въ городѣ, расходуется для различныхъ цѣлей, а именно: 1) для питья, варки пищи и поддерживанія чистоты въ квартирѣ, 2) для стирки бѣлья, 3) для клозетовъ, 4) для ваннъ, 5) для домашняго скота, 6) для бань, 7) для поливки улицъ, фонтановъ и т. п., 8) для скотобоень, 9) для заводовъ, фабрикъ и другихъ промышленныхъ заведеній, и 10) для тушенія пожаровъ и т. п. Для каждой изъ этихъ потребностей различными спеціалистами выработаны *нормы*, часто очень отличающіяся между собой. Объединившими наибольшее число мнѣній являются повидимому *нормы* Германскаго Общества газо- и водопроводныхъ инженеровъ (см. таблицу № 9).

Таблица № 9. Расходы воды, указанные въ 1884 г. германскимъ обществомъ газо- и водопроводныхъ инженеровъ для домашнихъ и для многихъ спеціальныхъ цѣлей.

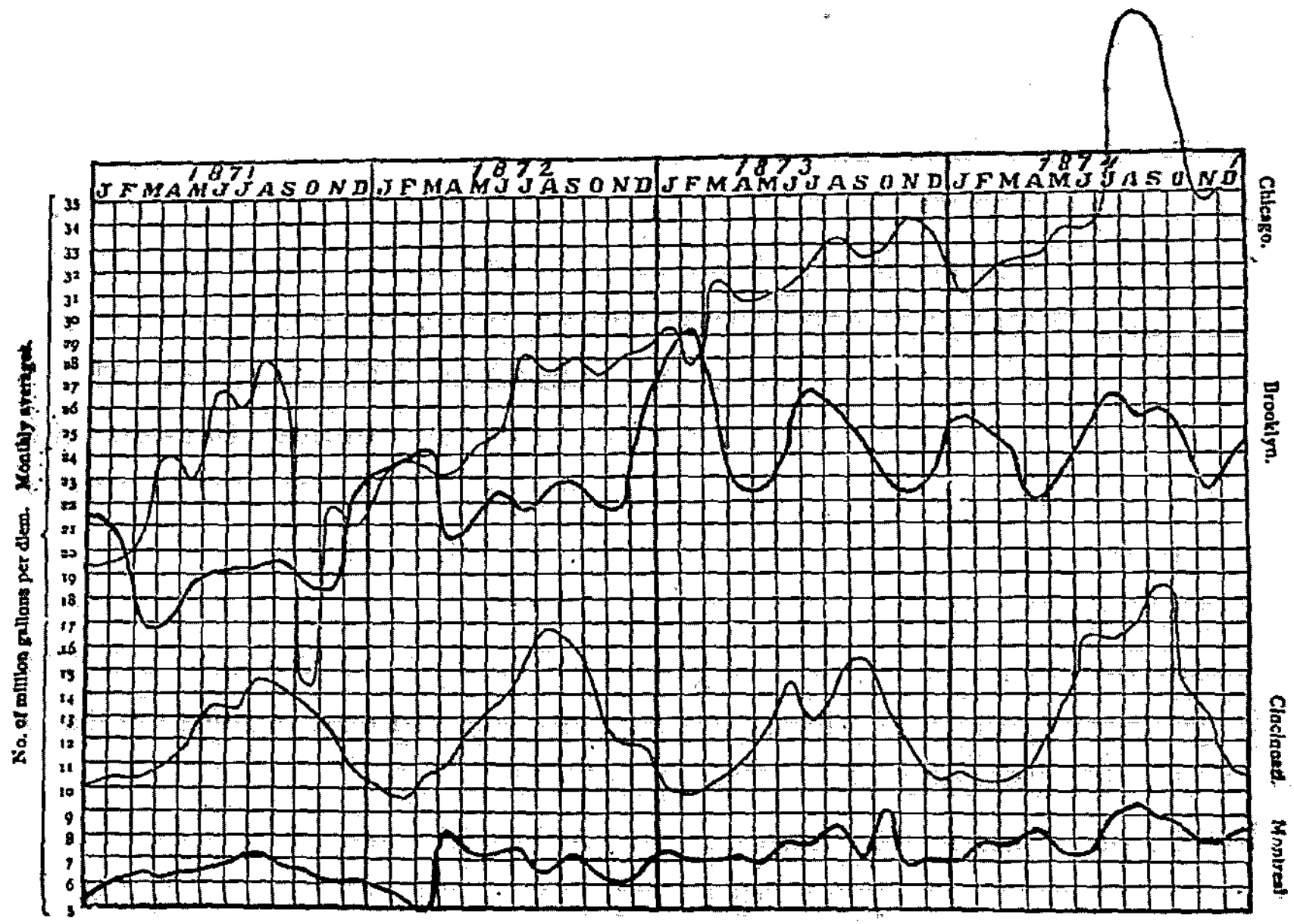
Назначеніе воды.	Количество воды.
1) для питья, варки и содержанія помѣщенія въ чистотѣ на жителя въ день . . . . . отъ 20 до	30 литр.
2) для стирки . . . . . „ 10 „	15 „

Назначеніе воды.	Количество воды.
3) для 1 промывки ватеръ-клозета . . . . . отъ 5 до	6 литр.
4) для обыкновенной промывки писсуара въ день	30 „
5) тоже, при постоянной промывкѣ на 1 погонный метръ промывной трубы въ часъ	200 „
6) для домашней ванны	350 „
7) для душа . . . . . отъ 20 до	30 „
8) для поливки садовъ въ сухой день на 1 кв. метръ	1,5 „
9) для поливки тротуаровъ и дворовъ на 1 „ „	1,5 „
10) для водопоя лошади и вообще крупныхъ животныхъ въ день на каждую голову	50 „
11) тоже для мелкихъ животныхъ (телятъ, овецъ, свиней и т. п.).	10 „
12) для очистки экипажа	200 „
13) въ школахъ на каждаго ученика въ день	2 „
14) въ казармахъ на каждаго человѣка	20 „
15) тоже на каждую лошадь	40 „
16) въ больницахъ, пріютахъ, богадѣльняхъ и т. п. на 1 человѣка . . . . . отъ 100 до	150 „
17) въ гостинницахъ на 1 человѣка	100 „
18) въ общественныхъ ваннахъ на 1 ванну	500 „
19) въ прачешныхъ на 100 килограммовъ бѣлья	400 „
20) въ бойняхъ на каждую убитую голову . . . . . отъ 300 до	400 „
21) въ рынкахъ на 1 кв. метръ площади въ день	5 „
22) для желѣзнодорожныхъ станцій на каждый находящійся въ движеніи паровозъ . . . . . отъ 6.000 до	8.000 „
23) для поливки улицъ на 1 кв. метръ	1 „
24) „ „ шоссе „ 1 „ „	1,5 „
25) „ „ общественныхъ садовъ въ сухіе дни на 1 кв. метръ каждый разъ	1,5 „
26) для общественныхъ писсуаровъ при постоянной промывкѣ въ часъ на 1 мѣсто	60 „
27) тоже при непрерывной промывкѣ въ часъ на 1 погон. метръ промывной трубы	200 „
28) для общественнаго колодца въ день на одно мѣсто . . .	3.000 „
29) для пивоварень на 1 гектолитръ свареннаго пива (безъ искусственнаго охлажденія погребовъ и безъ приготовленія льда).	500 „
30) для паровыхъ машинъ безъ охлажденія въ часъ на 1 паровую лошадь	30 „
31) тоже съ охлажденіемъ въ часъ на 1 паровую лошадь . .	800 „
32) для газовыхъ машинъ на 1 куб. метръ газа . . отъ 40 до	60 „
33) для малыхъ фонтановъ въ садахъ при діаметрѣ бассейна отъ 2 до 3 метровъ въ часъ . . . . . отъ 200 до	500 „
34) для большихъ фонтановъ, смотря по величинѣ въ часъ . . . . . отъ 10 до 100 куб. метр. и болѣе	
35) для приготовленія известковаго раствора на кладку 1.000 кирпичей	750 литр.

Колебанія расходовъ воды въ водопроводахъ.



Черт. 94.—**Діаграмма колебаній абсолютнаго суточнаго расхода воды** въ Дрезденѣ въ теченіи одного года (1889). (Lueger).



Черт. 95.— **Діаграмма колебаній среднихъ за мѣсяцъ суточныхъ расходовъ воды въ американскихъ городахъ**—Чикаго, Бруклинѣ, Цинцинати и Монтреолѣ въ 1871—74 гг. Расходъ выраженъ въ милліонахъ галлоновъ (средняя величина для каждаго мѣсяца и каждаго города отдѣльно). (Fanning).

§ 29. Неизбѣжная потеря воды.

Въ каждомъ водоснабженіи неизбѣжна потеря воды. Стыки въ трубахъ, какъ бы тщательно они ни были сдѣланы, съ теченіемъ времени пропускаютъ воду. То же происходитъ въ кранахъ и другихъ приспособленіяхъ удерживающихъ воду. Наконецъ, въ стѣнкахъ трубъ образуются нерѣдко трещины, причемъ вытекающая изъ нихъ вода поглощается почвой, не обнаруживая течи внѣшними признаками (сравн. § 13, стр. 68). Въ каждомъ отдѣльномъ такомъ мѣстѣ утечка не значительна, часто даже ничтожна, но при огромномъ числѣ стыковъ, кранокъ и проч. въ водопроводной сѣти общая потеря можетъ достигать большихъ величинъ. Ее слѣдуетъ принимать, напримѣръ, по мнѣнію Никольса (Nichols—Water Supply. New-York. 1883), въ 25—50% общаго расхода воды въ данномъ городѣ.

Потери воды имѣютъ тѣмъ болѣе вредное значеніе, что онѣ не могутъ быть учтены, хотя бы съ приблизительной точностью, въ виду самаго характера этого расхода чрезъ огромное число ничтожныхъ отверстій, хотя конечно можно было бы путемъ спеціальныхъ опытовъ выяснить размѣръ потерь для той или другой части сѣти въ извѣстный моментъ времени. Для этого надо было бы уединить эту часть, прекратить въ ней разборъ воды и поддерживать необходимое давленіе. Расходъ воды, нужный для этой цѣли, показалъ бы искомую потерю. Очевидно, что опыты такого рода не легко осуществимы, но они несомнѣнно желательны въ возможно большемъ числѣ.

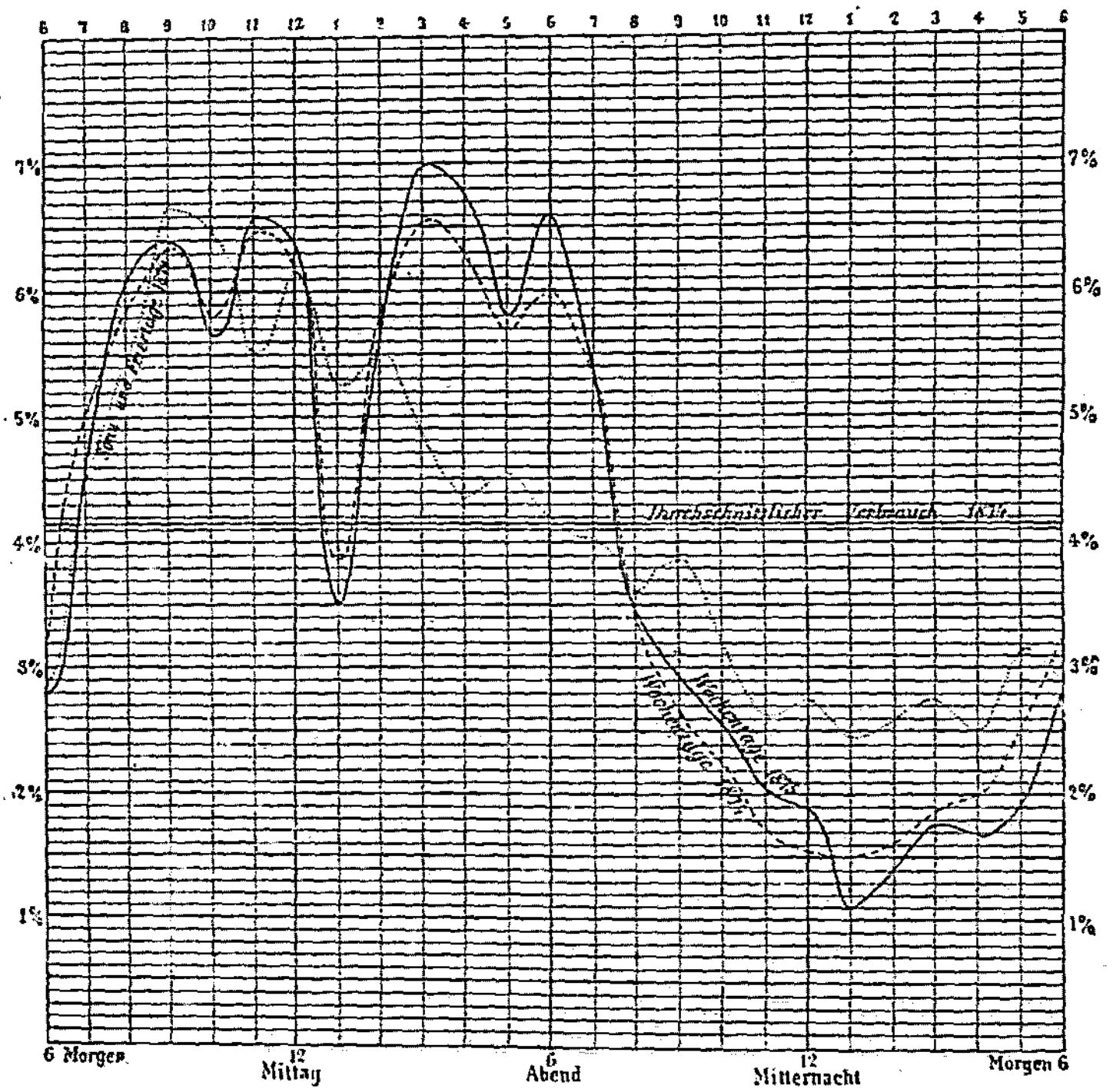
Въ нѣкоторыхъ городахъ западной Европы пошли, однако, далѣе временныхъ опытовъ указаннаго характера. Въ нихъ для обнаруживанія утраты воды и возможнаго ея уменьшенія:

1) учрежденъ особый штатъ служащихъ для постояннаго внѣшняго осмотра всѣхъ домовыхъ приспособленій и состоянія сѣти или—

2) установлены водомѣры утраты, показывающіе графически расходъ воды въ каждый моментъ времени.

Водомѣры утраты поставлены на уличныхъ трубахъ, приводящихъ воду для отдѣльныхъ участковъ города. Участки не должны быть очень велики: не болѣе 500 домовъ на одинъ водомѣръ (4-хъ-дюймовый системы Дикона). Для испытанія состоянія участка онъ изолируется вентильными задвижками такъ, чтобы вся вода для его потребностей шла чрезъ водомѣръ. Расходъ воды въ часы сутокъ, когда

Колебанія расходовъ воды въ водопроводахъ.



Черт. 96.

Графикъ колебаній часоваго расхода воды въ Цюрихѣ въ будніе и праздничные дни 1874—75 гг.

Часовой расходъ выраженъ для среднихъ будняхъ или праздничныхъ сутокъ въ процентахъ суточнаго расхода. Графикъ ясно показываетъ, какъ значительно увеличивается этотъ часовой расходъ въ теченіи дня надъ своей средней величиной (4,17 %) и какъ затѣмъ онъ падаетъ ночью. Въ частностяхъ колебаній часоваго расхода имѣютъ, вообще, большое значеніе мѣстныя условія (климатъ, привычки населенія), время года и даже, какъ показываетъ и настоящій графикъ, — характеръ дня (праздничный или рабочій).

(L u e g e r).

разборъ почти равенъ нулю, т. е. отъ 2 до 5 утра, показываемый водомѣромъ и будетъ чистая потеря воды. Такимъ образомъ по діаграммамъ расхода можно легко увидѣть какіе участки въ порядкѣ и какіе нѣтъ.

Система надзора безъ водомѣровъ менѣе эффективна, но дешевле водомѣрной, которая обходится, по опыту Лондона, около 150 фунтовъ стерлинговъ на каждые 1.000 домовъ, считая стоимость водомѣра, вентилей для изолированія участковъ и пр. (См. подробности въ докладѣ инж. Зуева—Утрата воды въ городскихъ водопроводахъ. Труды II рус. водопр. Съѣзда, 1897, стр. 93).

Неизбѣжность потери воды въ водоснабженіи налагаетъ на инженера очень важную обязанность стремиться къ доведенію этихъ потерь до возможнаго минимума: для этого онъ долженъ устанавливать самый строгій надзоръ за выполненіемъ различныхъ частей водоснабженія и ихъ ремонтомъ, выбирать наилучшій по водонепроницаемости типъ трубъ, кранонъ и т. д.

§ 30. Безполезная трата воды.

Во всѣхъ городахъ очень значительное количество воды тратится совершенно безполезно по небрежности или неразумію въ обращеніи съ кранами. Въ большинствѣ случаевъ прислуга никогда не закрываетъ кранонъ плотно и они текутъ. Часто ихъ совсѣмъ не закрываютъ, оставляя воду выливаться безъ всякой нужды. Иногда краны оставляютъ открытыми для предохраненія воды отъ нагрѣванія въ трубахъ домоваго водоснабженія или для предохраненія ея отъ замерзанія, вмѣсто того, чтобы иначе уложить домовыя трубы.

Въ уличномъ водоснабженіи въ городахъ благоустроенныхъ, гдѣ улицы моются ежедневно,—рабочіе также оставляютъ безъ надобности открытыми уличные краны. То же дѣлается на заводахъ, фабрикахъ и т. д.

Размѣры безполезной траты воды могутъ быть колоссальны и для С.-Петербурга, напримѣръ, выражаются въ милліонахъ ведеръ въ сутки.

Борьба съ этимъ зломъ крайне затруднительна, но возможна и приводитъ при настойчивомъ проведеніи нѣкоторыхъ мѣръ къ отличнымъ успѣхамъ.

Наиболѣе важная изъ этихъ мѣръ—введеніе счетчиковъ или во-

домѣровъ во всѣхъ домахъ пользующихся водой, и оплата воды по *израсходованному* количеству.

Въ Парижѣ напримѣръ этимъ путемъ было сбережено такое количество воды, что явилась возможность избѣжать расширенія водоснабженія, которое казалось нужнымъ, въ виду увеличенія населенія. Города, гдѣ водомѣръ введенъ вездѣ, расходуютъ примѣрно въ два раза менѣе воды на жителя, чѣмъ тѣ, гдѣ водомѣровъ нѣтъ, вполнѣ удовлетворяя притомъ всѣмъ потребностямъ.

Напримѣръ въ Берлинѣ и Бреславлѣ расходуется 75 — 90 литровъ, во Франкфуртѣ, Магдбургѣ, Дюссельдорфѣ при свободныхъ кранахъ—140—220 литровъ на человѣка въ сутки.

Отличной иллюстраціей сказанному можетъ служить чертежъ 98, на которомъ представлены величины расходовъ воды въ городѣ Кельнѣ параллельно съ развитіемъ сѣти водомѣровъ. Чертежъ ясно показываетъ, какъ понизился общій расходъ воды съ увеличеніемъ числа водомѣровъ.

§ 31. Колебанія расхода воды.

Потребленіе воды въ городѣ непрерывно измѣняется. Оно не одинаково въ разные часы дня, въ разные дни недѣли, въ разные мѣсяцы года (черт. 94—98). Всѣ эти колебанія расхода зависятъ отъ естественныхъ или искусственныхъ условій жизни. Въ теченіе дня наибольшее потребленіе воды бываетъ утромъ, когда она берется для умыванія, приготовленія пищи, мытья половъ, улицъ и т. д.; наименьшее ночью.

Въ теченіе недѣли наибольшее потребленіе бываетъ въ концѣ предъ праздникомъ, наименьшее въ началѣ. Въ русскихъ городахъ наибольшій расходъ соотвѣтствуетъ субботамъ и днямъ предъ большими праздниками, такъ какъ въ эти дни народъ обыкновенно пользуется баней. Въ теченіе года въ жаркіе и сухіе лѣтніе дни расходъ также больше, чѣмъ въ дождливые и холодные, потому что приходится поливать улицы и сады, и чаще, и обильнѣе пускать фонтаны и пр.

При разсчетѣ водопроводовъ необходимо знать *максимальный секундный* или хотя бы *часовой* расходъ, который можетъ быть нуженъ городу. Если опредѣлить для какого-нибудь города средній суточный расходъ (за годъ) и затѣмъ взять отношеніе къ нему

наибольшаго (въ году) суточнаго расхода, то это отношеніе для разныхъ городовъ будетъ различнымъ; такъ, напр., въ 1888—88 году оно было (См. V. A. Frühling. Die Wasserversorgung des Städte, p. 79) равно:

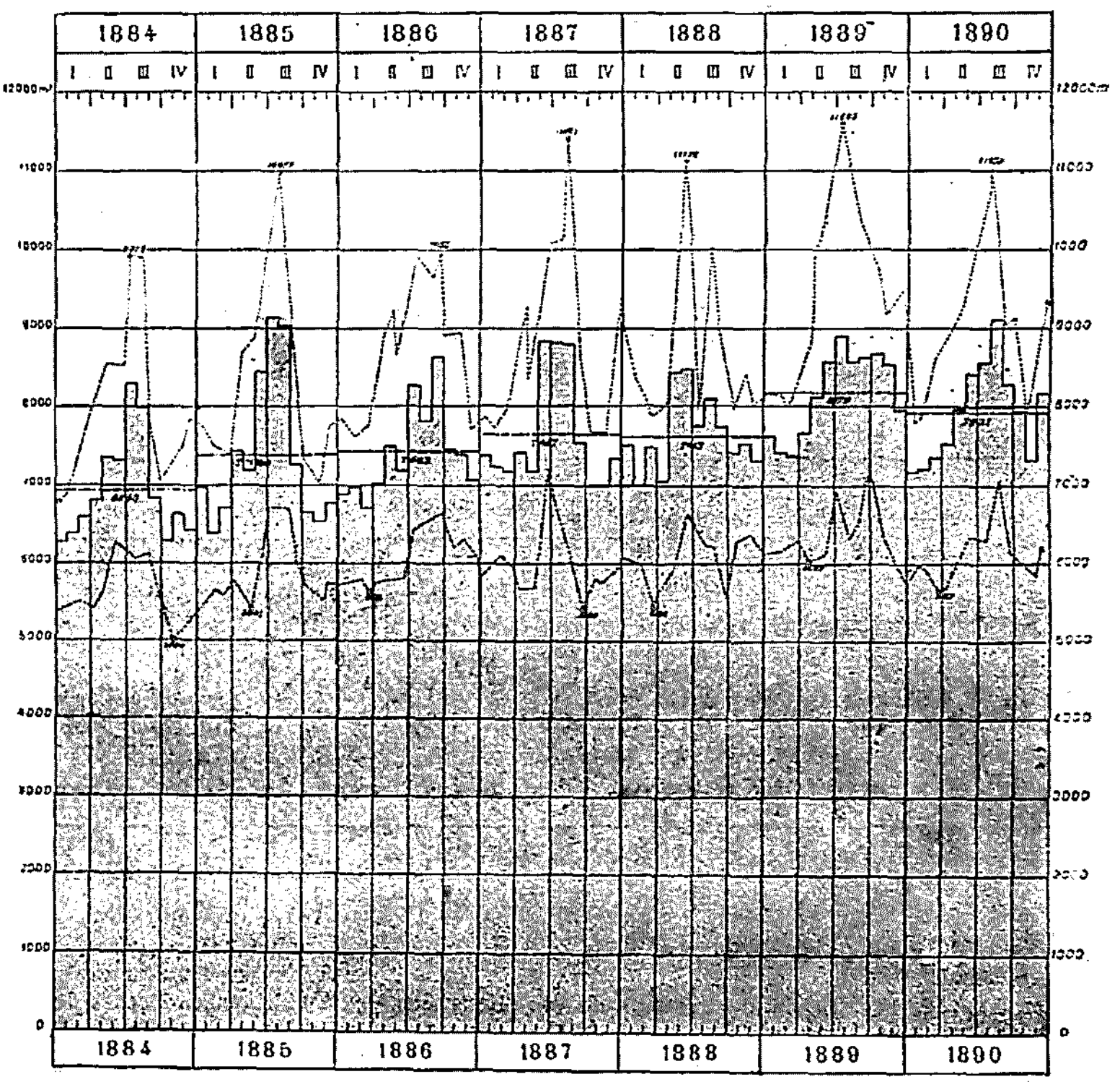
въ Штетинѣ.	1,19	въ Кельнѣ	1,49
» Гамбургѣ	1,27	» Галле.	1,53
» Лейпцигѣ	1,31	» Дюссельдорфѣ . . .	1,60
» Висбаденѣ	1,40	» Дрезденѣ.	1,77
» Берлинѣ	1,45	» Познани	1,89

Это отношеніе для одного и того же города не есть величина постоянная и съ каждымъ годомъ мѣняется; такъ, для Берлина оно равнялось: въ 1881 году — 1,31, а въ 1889 г. — 1,45; въ Штетинѣ въ 1881 г.—1,39, а въ 1889 г.—1,19.

Ежели бы суточный расходъ города былъ равномѣрный въ теченіе цѣлыхъ сутокъ, то, очевидно, часовое потребленіе воды составляло бы $\frac{100^0/_0}{24} = 4^1/_6{}^0/_0$ отъ суточнаго расхода; въ дѣйствительности потребленіе весьма неравномѣрно: наименьшее — въ ночные часы (отъ 11 час. до 4 час.) и наибольшее—въ утренніе (отъ 7 час. до 12 час.). Какъ видно изъ примѣра (черт. 96) графическаго измѣненія часоваго расхода въ Цюрихѣ, (по оси абсциссъ отложено время въ часахъ, а по оси ординатъ—часовое потребленіе въ $^0/_0$ отъ суточнаго расхода) отъ 11 часовъ ночи до 5 утра часовой расходъ меньше $2^0/_0$, а отъ 8 час. утра до 4-хъ час. дня около $6^0/_0$. Такимъ образомъ наибольшій часовой расходъ значительно больше средняго равнаго $4^1/_6{}^0/_0$. Если принять наибольшій часовой расходъ (въ теченіе сутокъ) въ $6^0/_0$, и, наибольшій (въ году) суточный расходъ, напримѣръ, въ 1,4 раза больше средняго, найдемъ, что *наибольшій* (въ году) *часовой* расходъ будетъ равенъ $6^0/_0 \times 1{,}4 = 8{,}4^0/_0$ или приблизительно $8^1/_2{}^0/_0$, т. е. въ *два* раза болѣе средняго или $^1/_{12}$ средняго суточнаго расхода.

Извѣстный германскій инженеръ Фрюлингъ принимаетъ, что наибольшій (въ году) суточный расходъ, въ 1,5 раза болѣе средняго, а наибольшій часовой расходъ (въ теченіе сутокъ) равенъ $6^1/_2{}^0/_0$; тогда наибольшій (въ году) часовой равенъ $6{,}5^0/_0 \times 1{,}5 = 9^3/_4{}^0/_0$ или приблизительно $10^0/_0$, т. е. $^1/_{10}$ средняго суточнаго расхода. Для русскихъ городовъ, считаютъ цѣлесообразнѣе принимать (проф.

Колебанія расходовъ воды въ водопроводахъ.

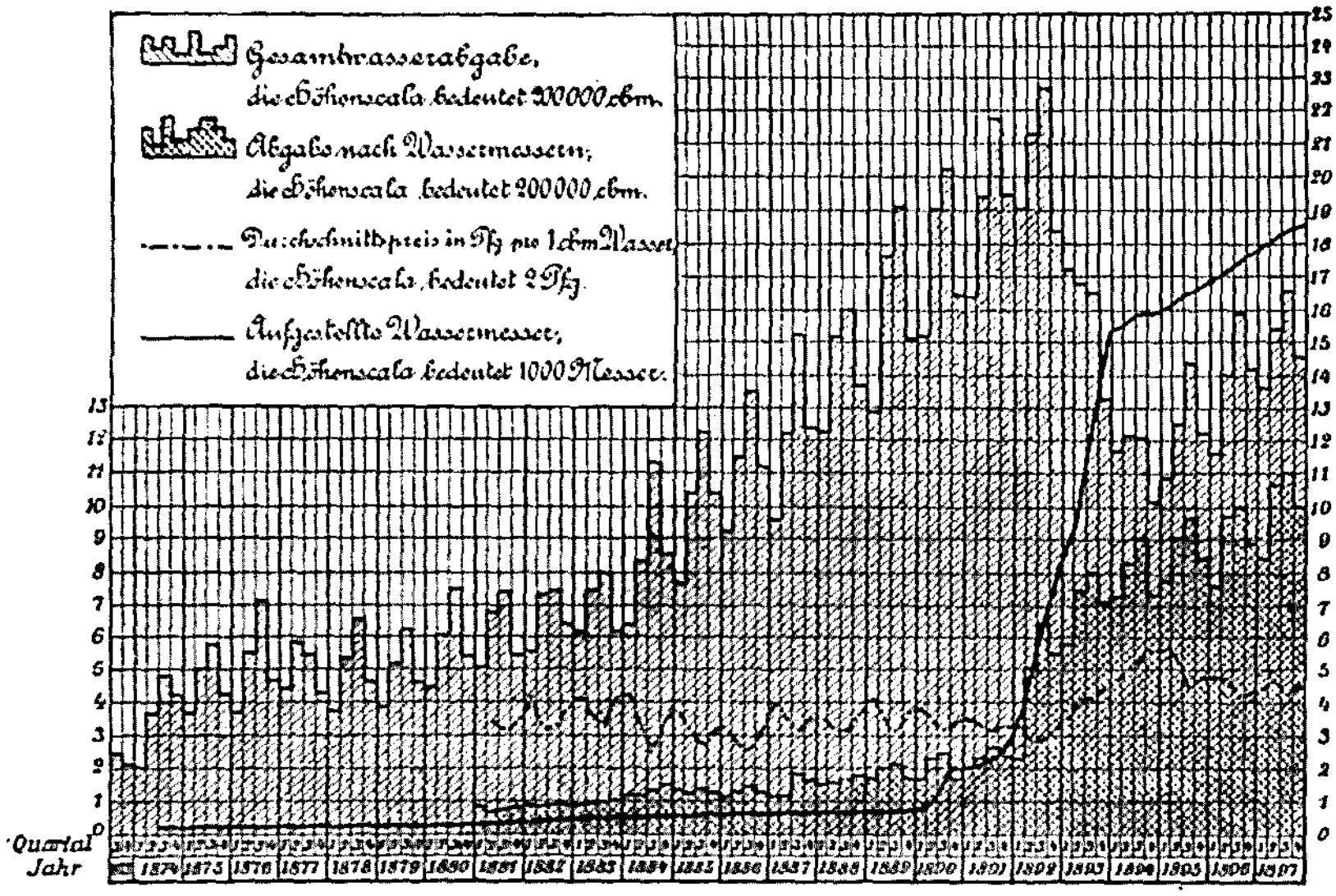


Черт. 97.

Графическое изображеніе колебаній абсолютнаго суточнаго расхода воды въ Базелѣ въ періодъ 1884—1890 гг.

Сплошныя линіи показываютъ средніе расходы въ сутки для каждаго мѣсяца, точечныя линіи (верхняя и нижняя) наибольшіе и наименьшіе для каждаго мѣсяца суточные расходы; линейно-точечныя линіи — средніе готовые суточные расходы. Масштабъ діаграммы — 7,05 миллиметръ ординаты соотвѣтствуетъ расходы въ 1000 куб. метровъ въ день, а 1,05 миллиметръ абсциссы протяженіе одного мѣсяца. (Lueger).

Колебанія расходовъ воды въ водопроводахъ.



Черт. 98.

Графическое изображеніе расходовъ воды въ г. Кельна до и послѣ установки водомѣровъ.

Обозначенія: 1) Gesamtwasserabgabe, die Höhenscala bedeutet 200.000 cbm. = Общій расходъ воды, масштабъ высотъ—одно дѣленіе соотвѣтствуетъ 200.000 куб. метровъ.

2) Abgabe nach Wassermessern, die Höhenscala bedeutet 200.000 cbm. = Расходъ по водомѣрами, масштабъ высотъ тотъ-же, что и въ № 1.

3) Durchschnittspreis in Pfg. pro 1 cbm. Wasser, die Höhenscala bedeutet 2 Pfg. = Средняя цѣна воды въ пфенигахъ за куб. метръ, масштабъ высота—одно дѣленіе соотвѣтствуетъ 2 пфенигамъ.

4) Aufgestellte Wassermesser, die Höhenscala bedeutet 1.000 Messer. = Установленные водомѣры, масштабъ высотъ — одно дѣленіе соотвѣтствуетъ 1.000 водомѣровъ.

(Köln in hygienischer Beziehung. 1898).

Максименко) не эту данность, а вышеприведенную; въ такомъ случаѣ, если обозначить черезъ q (въ ведрахъ) норму потребленія воды въ сутки на жителя, а черезъ N разсчетное ожидаемое въ будущемъ число жителей города,—наибольшій (въ году) часовой расходъ для всего города составитъ $(0{,}0833\,Nq)$ ведеръ, а наибольшій секундный расходъ будетъ равенъ $\left(\frac{0{,}0833\,Nq}{60\ \ 60}\right)$ ведеръ;

выраженный въ кубич. футахъ наибольшій секундный расходъ

$$= \left(\frac{0{,}0833\,Nq}{60\,.\,60}\ .\ 0{,}43436\right) \text{ куб. фут. } \ldots\ldots (a)$$

Этотъ расходъ называется *разсчетнымъ*, и по нему опредѣляются діаметры всѣхъ трубъ сѣти.

§ 32. Приростъ населенія.

Исчисляя расходъ воды въ городѣ, необходимо имѣть въ виду *приростъ селенія*, такъ какъ спроектированный и затѣмъ построенный водопроводъ, очевидно, долженъ доставлять требуемое количество воды не только для времени постройки водопровода, но также и значительное число лѣтъ спустя. Если обозначить черезъ: N'—число жителей въ городѣ во время постройки водопровода; N — число жителей, на которое слѣдуетъ проектировать водопроводъ; r—ежегодный приростъ населенія въ $^0/_0$, и n — число лѣтъ, въ теченіи которыхъ водопроводъ долженъ давать потребное городу количество воды, не требуя возведенія дополнительныхъ сооруженій для расширенія водопровода, то по правилу сложныхъ процентовъ получимъ:

$$N = N'\left(1 + \frac{r}{100}\right)^n \ldots\ldots\ldots (b)$$

По даннымъ для прусскихъ городовъ получается въ среднемъ $r = 2{,}7^0/_0$, причемъ для крупныхъ городовъ r больше средняго ($r = 2{,}8^0/_0$), для среднихъ городовъ (съ населеніемъ отъ 35.000 до 50.000 жителей) еще больше ($r = 3^0/_0$), а для малыхъ городовъ (съ населеніемъ отъ 20.000 до 35.000 жителей) меньше средняго ($r = 2{,}25^0/_0$); для городовъ съ населеніемъ меньше 20.000 жителей приращеніе еще меньше. Для нашихъ городовъ можно примѣрно принимать $r = 2{,}5^0/_0$; если затѣмъ положить, какъ это дѣлаетъ профессоръ Максименко, $n = 15$ лѣтъ, то получимъ изъ предыдущаго

уравненія $N = 1{,}45\ N'$. Такимъ образомъ, въ предположеніи $n = 15$, при проектированіи водопровода слѣдуетъ вводить въ разсчетъ число жителей примѣрно на 45% *больше* дѣйствительнаго и затѣмъ вышеприведенную норму нужно назначать по разсчетному числу жителей N, а не по дѣйствительному — N'.

Для еще болѣе правильнаго разсчета нужно опредѣлять возможный приростъ населенія для каждаго частнаго случая по мѣстнымъ статистическимъ даннымъ.

По мнѣнію профессора Люгера (Lueger—Die Wasserversorgung des Städte, Bd. II p. 587), не слѣдуетъ предвидѣть будущихъ потребностей города болѣе, чѣмъ за 10 лѣтъ впередъ, чтобы не увеличивать стоимости водопровода. Во всякомъ случаѣ, для правильнаго рѣшенія вопроса, въ опредѣленныхъ частныхъ условіяхъ, необходимо разсмотрѣть, не представляется ли возможнымъ придать водопроводу такое устройство, чтооы его можно было развивать постепенно по мѣрѣ роста населенія, и не будетъ ли такой водопроводъ къ концу 10—15 лѣтняго періода выгоднѣе заблаговременно устроеннаго съ запасомъ.

§ 33. Среднія годовыя нормы суточнаго потребленія воды на одного жителя.

Изъ предшествующаго видно, что для правильнаго опредѣленія размѣровъ водопровода количество воды, нужное для города, должно было бы быть исчислено слѣдующимъ образомъ.

Слѣдовало бы сначала точно опредѣлить *число единицъ потребности* въ водѣ разныхъ категорій (людей для питья и пр., животныхъ, улицъ, фабрикъ и т. д.) въ данный моментъ существованія города.

Затѣмъ нужно было бы установить законъ измѣненія числа такихъ единицъ каждой категоріи съ теченіемъ времени и найти число единицъ потребности въ водѣ разныхъ категорій для нѣкотораго отдаленнаго будущаго срока, ранѣе котораго нежелательно переустройство водопровода.

Далѣе для каждой категоріи потребности въ водѣ нужно было бы на основаніи подробнаго изученія мѣстныхъ условій и свойствъ данной потребности вообще избрать среднія суточныя нормы количества воды, на каждую единицу, подобныя приведеннымъ въ видѣ примѣра въ таблицѣ № 5, но отвѣчающія условіямъ даннаго случая и при-

томъ не современнымъ, а тѣмъ, которыя будутъ въ моментъ наибольшаго напряженія въ дѣйствіи водоснабженія, т. е. чрезъ 10—15 лѣтъ.

Отъ этихъ среднихъ нормъ слѣдовало бы перейти къ опредѣленію максимальныхъ, возможныхъ въ теченіи года, причемъ оказалось бы, что максимумы различныхъ потребностей бываютъ въ разное время дня и года.

Не смотря, однако, на это затрудненіе пришлось бы его принять въ соображеніе и найти моментъ и размѣръ максимума совокупности всѣхъ потребностей въ водѣ.

Этотъ максимумъ и долженъ былъ бы быть принятъ въ расчетъ при опредѣленіи размѣровъ водоснабженія.

Въ практикѣ, однако, такой сложный методъ не находитъ себѣ примѣненія и при опредѣленіи нужнаго для города количества воды всѣ потребности, какъ это было уже указано въ § 26, считаются огуломъ въ общей цифрѣ средняго (за годъ) суточнаго расхода воды на одного жителя. Такія среднія годовыя нормы суточнаго потребленія воды берутся на основаніи дѣйствительныхъ количествъ потребленія въ разныхъ городахъ. Но эти количества въ различныхъ городахъ колеблются въ довольно широкихъ предѣлахъ. Для города, въ которомъ устроена сплавная канализація, требующая, какъ извѣстно, повсемѣстнаго устройства ватеръ-клозетовъ, количество воды на жителя будетъ больше при прочихъ одинаковыхъ условіяхъ, чѣмъ въ городѣ, въ которомъ нечистоты удаляются инымъ способомъ; точно также въ городѣ, изобилующемъ промышленными заведеніями, расходующими воду въ большомъ количествѣ, количество воды на жителя будетъ больше, чѣмъ въ городѣ, въ которомъ подобныя заведенія отсутствуютъ. При томъ необходимо замѣтить, что даже въ городахъ, въ которыхъ уже давно устроены водопроводы, далеко не всѣ жители пользуются водою изъ водопровода, а ради дешевизны потребляютъ воду изъ колодцевъ, или изъ близъ лежащей рѣки; это замѣчаніе нужно имѣть въ виду особенно для русскихъ городовъ, для которыхъ количества воды на жителя оказываются очень малыми, какъ это видно изъ вышеприведенной таблицы № 8, въ которой города помѣщены по убывающему числу жителей.

Въ С.-Петербургѣ большой расходъ (15 ведеръ) вовсе не представляетъ количества воды, идущаго на дѣйствительныя потребности, а обусловливается отсутствіемъ контроля въ потребленіи и происхо-

дящей оттого безполезной тратой воды. Несомнѣнно, съ введеніемъ контроля при помощи водомѣровъ, указывающихъ въ точности количество воды, потребляемое каждымъ домомъ, расходъ воды въ С.-Петербургѣ значительно понизится и составитъ, вѣроятно, около 8 или 10 вед. въ сутки. Цифры, относящіяся къ нѣкоторымъ другимъ городамъ Россіи, указываютъ, что расходъ въ сутки на жителя въ среднемъ составляетъ около 2,5 ведеръ—30 литровъ. Если теперь обратиться къ городамъ Западной Европы, то цифры для нихъ окажутся значительно больше. По статистическимъ даннымъ, собраннымъ нѣмецкимъ инженеромъ *Гранолмъ* (Grahn), потребленіе воды въ 128 англійскихъ городахъ, изъ которыхъ 113 снабжены ватерклозетами, составляетъ въ среднемъ 12 ведеръ (142 литра), а въ 80 германскихъ городахъ въ среднемъ — 5 ведеръ (63 литра), хотя и колеблется въ довольно широкихъ предѣлахъ отъ 3,3 ведеръ до 13,2 ведеръ (41 литр. до 163 литр.).

Высокія цифры объясняются въ Германіи часто той же причиной, какъ и въ С.-Петербургѣ, а именно отсутствіемъ контроля надъ расходомъ воды въ отдѣльныхъ домахъ. Большое потребленіе въ англійскихъ городахъ обусловливается значительнымъ числомъ фабрикъ и заводовъ, находящихся въ этихъ городахъ и требующихъ для своихъ производствъ нерѣдко довольно много воды. По *Фрюлингу* (V. A. Frühling, p. 72) для нѣмецкихъ городовъ съ неособенно сильно развитою промышленностью можно принимать совершенно достаточнымъ потребленіе отъ 4,5 до 7,75 ведеръ (отъ 55 до 95 литровъ) при условіи учета воды водомѣрами, причемъ это количество составляется такимъ образомъ:

	Малые города.	Большіе города.
для домашнихъ потребностей	отъ 35 до 51	литр.
» промышленныхъ цѣлей.	» 15 » 30	»
» общественныхъ потребностей и потерь .	» 5 » 14	»
Всего . . .	отъ 55 до 95	литр.

Если нѣтъ водомѣровъ въ домахъ, а есть лишь на фабрикахъ и заводахъ, то потребленіе воды нужно принимать больше на 20—30 литровъ на человѣка.

Кромѣ того необходимо имѣть въ виду, что потребленіе воды при указанныхъ нормахъ (и при водомѣрахъ въ домахъ, въ заво-

дахъ и фабрикахъ) можетъ возрасти послѣ устройства водопровода до слѣдующихъ цифръ:

	Малые города.	Большіе города.
для домашнихъ потребностей	55	71 литр.
» промышленныхъ цѣлей	25	40 »
» общественныхъ потребностей и потерь . .	15	24 »
Всего . . .	95	135 литр.

Что касается русскихъ городовъ, то по соображенію съ только что приведенными данными Грана и Фрюлинга, проф. Максименко находитъ вполнѣ достаточнымъ принимать для нихъ слѣдующее потребленіе воды (*нормы*):

1) для городовъ съ населеніемъ до 50.000 жителей отъ 3 до 4 ведеръ (отъ 40 до 50 литровъ).

2) для городовъ съ населеніемъ отъ 50.000 жителей до 150.000 жителей отъ 4 до 6 ведеръ (отъ 50 до 75 литровъ).

3) для городовъ съ населеніемъ свыше 150.000 жителей отъ 6 до 8 ведеръ (отъ 75 до 100 литровъ).

Эти нормы выше дѣйствительнаго расхода въ русскихъ городахъ (кромѣ С.-Петербурга), какъ это можно видѣть изъ сравненія нормъ съ таблицей приведенной выше.

Рекомендуя эти послѣднія цифры, необходимо вспомнить сказанное въ § 26 и замѣтить, что имъ не слѣдуетъ придавать абсолютнаго значенія. Потребности въ водѣ такъ различны въ зависимости отъ мѣста и времени и имѣютъ такую склонность къ возрастанію, что каждый инженеръ при составленіи проекта нѣкотораго опредѣленнаго водопровода, долженъ разрѣшить самостоятельно вопросъ о наиболѣе подходящихъ нормахъ, для этого частнаго случая, пользуясь всѣми аналогіями и всѣми теоретическими и практическими соображеніями, какія могутъ быть въ его распоряженіи въ это время.

Когда средняя годовая норма въ сутки на жителя установлена (q ведеръ) и опредѣлены всѣ другія величины, входящія въ формулы (a) и ($б$), то расчетный расходъ, по коему слѣдуетъ проектировать водоснабженіе, секундный, можетъ быть выраженъ посредствомъ упомянутыхъ формулъ (§§ 31 и 32).

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Изслѣдованіе и выборъ воды для водоснабженія.

СОДЕРЖАНІЕ: § 34. Требуемыя качества воды.—§ 35. Качественное изслѣдованіе воды.—§ 36. Гидротиметрія.—§ 37. Попытки классификаціи питьевыхъ водъ.—§ 38. Выборъ воды въ зависимости отъ ея назначенія.

§ 34. Требуемыя качества воды.

Будучи разныхъ качествъ въ различныхъ фазисахъ всего кругооборота и нося названія: дождевой, грунтовой, ключевой и рѣчной или озерной, вода, какъ указано выше, во всѣхъ этихъ видахъ не бываетъ химически чистой, а всегда сопровождается *примѣсями и микроорганизмами*.

Воззрѣнія на воду для питья можно съ гигіенической точки зрѣнія раздѣлить на три періода:

Первый періодъ отъ древнѣйшихъ временъ до 1850 года (приблизительно), когда при оцѣнкѣ воды по отношенію къ годности ея для питья обращалось вниманіе преимущественно на физическія ея свойства.

Второй періодъ отъ 1850 до 1880 г., когда при оцѣнкѣ воды въ гигіеническомъ отношеніи, наряду съ физическими свойствами, главнымъ рѣшающимъ факторомъ были химическія свойства, а именно присутствіе въ водѣ постороннихъ веществъ, не принадлежащихъ къ составнымъ частямъ ея.

Третій періодъ—отъ 1880 г. до нашихъ временъ, представляющій эпоху возникновенія и развитія новой науки—бактеріологіи, отличается тѣмъ, что при оцѣнкѣ воды въ гигіеническомъ отношеніи на ряду съ физическими и химическими свойствами выдающуюся роль играютъ бактеріологическія свойства воды.

(См. докладъ инженера Л. К. Багинскаго—«о гигіенѣ воды»—Труды II Рус. Водопр. Съѣзда, 1897, стр. 117).

Въ наше время при выборѣ воды, какъ продукта питанія для человѣка, признается необходимымъ обращать вниманіе на:

а) вкусъ воды,

б) запахъ воды,

в) цвѣтъ воды,

г) количество и составъ примѣсей,

д) количество и свойства микроорганизмовъ.

Примѣси могутъ быть *растворенныя* и *взвѣшенныя* (т. е. плавающія, образующія муть), а по происхожденію *минеральныя* и *органическія*; послѣднія въ свою очередь могутъ быть *животнаго* и *растительнаго* происхожденія.

Вода, употребляемая въ питье и пищу должна быть прозрачна, безцвѣтна, безъ запаха и съ пріятнымъ освѣжающимъ вкусомъ, содержать въ себѣ нѣкоторое количество газовъ, входящихъ въ составъ атмосфернаго воздуха, и имѣть по возможности постоянную температуру около 8°—10° Р. Независимо сего она должна имѣть ограниченное количество посторонних примѣсей.

Количество солей щелочных земель, т. е. известковых и магнезіальных солей, содержащихся въ водѣ, обусловливаетъ ея *жесткость*; жесткость обозначается градусами, имѣющими различное значеніе въ различных странах. Въ Германіи градусомъ жесткости называется часть *окиси кальція* (CaO), или эквивалентное ей по атомному вѣсу количество известковых и магнезіальных солей, растворенное въ 100.000 частей воды. Во Франціи градусъ жесткости соотвѣтствуетъ 1 части *углекислаго кальція* ($CaCO_3$) въ 100.000 частей воды. Въ Англіи градусомъ жесткости обозначается 1 гранъ углекислаго кальція въ 1 галлонѣ воды, т. е. 1 часть $CaCO_3$ въ 70.000 частей воды.

Если французскій градусъ принять за 1, то градусы эти (германскій, французскій и англійскій) будутъ относиться между собою, какъ:

$$0{,}56 : 1{,}00 : 0{,}70.$$

Вода, содержащая въ растворѣ мало солей, называется *мягкой*, а при большомъ содержаніи ихъ носитъ названіе *жесткой*. Строго опредѣленной границы между тою и другою водою нѣтъ; обыкно-

венно воду, имѣющую не болѣе 10° (нѣмецкихъ) называютъ мягкой; вода съ жесткостью въ 18° и болѣе называется жесткой и признается негодной для водоснабженія городовъ.

Для санитарной оцѣнки воды недостаточно однако знать степень жесткости воды, необходимо опредѣлить отъ какихъ солей зависитъ въ данномъ случаѣ жесткость воды. Если въ водѣ находятся почти исключительно *углекислыя соли*, то можно допустить гораздо болѣе жесткую воду, нежели въ томъ случаѣ, когда жесткость обусловливается главнымъ образомъ *сѣрно-кислыми, азотно-кислыми и хлористыми* слоями. Въ первомъ случаѣ вода не представляетъ никакой опасности для здоровья и становится мягкой отъ кипяченія, во второмъ же случаѣ вода, вслѣдствіе большого содержанія сѣрнокислыхъ, азотнокислыхъ и др. солей извести и магнезіи, можетъ быть причиною разстройства кишечника; такая вода отъ кипяченія не дѣлается мягче.

Количество известковыхъ и магнезіальныхъ солей въ водѣ обусловливаетъ такъ называемую *общую* жесткость ея. Но какъ упомянуто выше, въ случаѣ содержанія въ водѣ углекислыхъ солей, вода при кипяченіи освобождается отъ нихъ и жесткость ея дѣлается меньше; эта послѣдняя будетъ зависѣть отъ содержанія въ водѣ всѣхъ другихъ солей, за исключеніемъ углекислыхъ, и называется *постоянною* жесткостью. Разность между общею и постоянною жесткостью называется *устранимою или временною*.

Большое содержаніе въ водѣ известковыхъ и въ особенности магнезіальныхъ солей представляетъ значительныя неудобства какъ въ домашнемъ хозяйствѣ, такъ и при употребленіи воды для промышленныхъ цѣлей: въ жесткой водѣ овощи (стручковые плоды) и мясо плохо развариваются, такъ какъ находящіяся въ нихъ бѣлковыя вещества образуютъ съ щелочными землями воды — нерастворимыя соединенія, препятствующія водѣ проникать внутрь развариваемаго вещества; чай и кофе завариваются на жесткой водѣ плохо, настой получается мутнымъ и непріятнымъ на вкусъ. Для мытья тѣла и для стирки бѣлья жесткая вода также мало пригодна, такъ какъ при этомъ тратится очень много мыла (см. таблицу № 11).

Непригодна жесткая вода и для питанія паровыхъ котловъ, потому что на внутреннихъ стѣнкахъ котла образуются большія количества накипи, значительно понижающія нагрѣвательную способ-

ность котла и дающія поводъ къ взрывамъ котловъ. Изъ воды осѣдаютъ на стѣнки котловъ прежде всего углекислыя соли, выдѣляющіяся изъ раствора вслѣдствіе освобожденія, подъ вліяніемъ кипѣнія, полусвязанной углекислоты, удерживавшей раньше углекислыя соли въ растворѣ; эта накипь представляетъ большею частью порошкообразный неплотный осадокъ, легко устранимый и не столь опасный, какъ образующаяся впослѣдствіи накипь, состоящая преимущественно изъ сѣрнокислыхъ солей и покрывающая котелъ въ видѣ толстаго и плотнаго слоя.

Нѣкоторые ученые, какъ напр. Фишеръ, Рейхардтъ, Тиманнъ, а также Брюссельскій и Швейцарскій гигіеническіе конгрессы (1885 г.) и многіе др. пытались назначить приблизительно такія максимальныя количества примѣсей въ водѣ, превышеніе которыхъ дѣлаетъ воду непригодной для употребленія.

Эти максимальныя количества имѣютъ однако лишь условное значеніе, и различные авторы предлагаютъ для нихъ неодинаковыя числа.

Въ видѣ примѣра приведемъ слѣдующую таблицу этихъ максимальныхъ количествъ, (№ 10) для питьевой воды.

Таблица № 10. Максимальныя количества примѣсей въ питьевой водѣ, допускаемыя нѣкоторыми учрежденіями и лицами (V. A. Frühling, p. 95).

Максимумы.	Въ какихъ единицахъ.	Брюссельскій конгрессъ 1885 г.	Швейцарскій конгрессъ 1888 г.	Tiemann и Gärtner 1889 г.
Общая жесткость	нѣмецкихъ градусовъ	20	—	18—20
Плотнаго остатка	миллигр. въ 1 литрѣ	500	500	500
Сѣрной кислоты	„ „ 1 „	60	—	80—100
Хлора	„ „ 1 „	8	20	20—30
Азотной кислоты	„ „ 1 „	2	20	5—15
Азотистой кислоты	„ „ 1 „	—	0	0
Амміака	„ „ 1 „	—	0	0
Органическихъ веществъ (по опредѣленію при помощи марганцево-кислаго кали) .	„ „ 1 „	10	10	6—10
въ томъ числѣ { органич. углерода .	„ „ 1 „	—	—	5
въ томъ числѣ { органическ. азота .	„ „ 1 „	0,1	0,05	0,2

Большія противъ приведенныхъ количествъ органическихъ веществъ, хлора, амміака, азотной и азотистой кислотъ указываютъ вообще на загрязненіе воды, происходящее, какъ напр. въ колодезной водѣ, отъ протеканія грунтовой воды черезъ почву, содержащую разлагающіяся органическія вещества.

Хотя химическій анализъ воды, имѣющій главную цѣль опредѣленія количества органическихъ веществъ, амміака, хлора, азотной и азотистой кислотъ, и даетъ полезныя указанія при оцѣнкѣ воды, тѣмъ не менѣе при этомъ необходимо обращать вниманіе на содержаніе въ водѣ бактерій и именно *патогенныхъ*, т. е. болѣзнетворныхъ или обусловливающихъ ту или другую болѣзнь. Поэтому только всестороннее изслѣдованіе воды—химическое, и бактеріоскопическое можетъ привести къ правильной оцѣнкѣ воды.

Однако не слѣдуетъ быть слишкомъ требовательнымъ къ качествамъ воды и въ погонѣ за идеально-чистою водою не нужно забывать, что *количество* воды, которое можетъ имѣть городъ въ своемъ распоряженіи, представляетъ важное значеніе для общественнаго здоровья.

Къ сказанному слѣдуетъ прибавить, что въ санитарномъ отношеніи важно собственно не количество бактерій, а качество ихъ; важно констатировать присутствіе или отсутствіе въ данной водѣ *болѣзнетворныхъ* бактерій, которыя одни являются опасными для нашего здоровья, но вопросъ объ опредѣленіи этихъ болѣзнетворныхъ бактерій представляется еще очень мало выясненнымъ.

Поэтому въ большинствѣ случаевъ ограничиваются указаніемъ общаго числа бактерій въ опредѣленномъ объемѣ воды, считая воды содержащія число бактерій болѣе опредѣленной нормы подозрительными и во всякомъ случаѣ избѣгая тѣхъ водъ, которыя происходятъ изъ мѣстности, гдѣ есть или могутъ быть болѣзнетворныя начала (напримѣръ водъ, принимающихъ стоки человѣческихъ жилищъ и т. п.), хотя бы количество бактерій въ нихъ и было незначительно.

Относительно количества бактерій въ водѣ французскій ученый *Мижель* раздѣляетъ естественныя воды на *шесть* классовъ.

	Бактерій на 1 кубич. сантиметръ.		
1) вода чрезвычайно чистая.	отъ	0 до	10
2) » очень чистая	»	10 »	100

		Бактерій на 1 кубич. сантиметръ.	
3)	вода чистая	» 100	» 1.000
4)	» посредственная	» 1.000	» 10.000
5)	» нечистая	» 10.000	» 100.000
6)	» весьма загрязненная.	» 100.000 и болѣе.	

§ 35. Качественное изслѣдованіе воды.

Изслѣдованіе воды, предназначаемой для городского водоснабженія, должно быть сдѣлано съ большой тщательностью и подробностью и должно заключать обыкновенно слѣдующія операціи:

а) предварительное изслѣдованіе на мѣстѣ физическихъ свойствъ воды и источника: прозрачность, цвѣтъ, температура запахъ, вкусъ, растительность, животныя.

б) химическій анализъ (двоякій: скорый и подробный),

в) микрографическій анализъ,

Предварительное изслѣдованіе на мѣстѣ позволяетъ отвергнуть многія воды, хотя и не даетъ категорическихъ положительныхъ указаній. Вода мутная, теплая, съ дурнымъ вкусомъ или запахомъ, съ болотными растеніями и животными и безъ дальнѣйшихъ изслѣдованій не будетъ избрана. Вода прозрачная, холодная, съ освѣжающимъ вкусомъ, съ растеніями и животными, которыя бываютъ только въ хорошей водѣ (крессъ-салатъ, форели и т. д.) остановитъ на себѣ вниманіе. Подобнымъ же образомъ всякій изслѣдователь отнесется и къ мѣстности, предпочитая воду изъ мѣстности не заселенной, гористой, покрытой растительностью, водѣ изъ ближайшихъ окрестностей городовъ и т. д.

Химическій анализъ представляется затѣмъ весьма важнымъ указателемъ въ выборѣ воды, хотя и онъ даетъ по преимуществу отрицательныя указанія, т. е. позволяетъ отвергнуть рядъ водъ, которыя могли бы казаться пригодными по своимъ внѣшнимъ признакамъ.

Химическій анализъ воды представляется операціей сложной, требующей спеціальныхъ приспособленій и спеціальныхъ изслѣдователей. Инженеру приходится обыкновенно въ этихъ случаяхъ ограничиваться лишь взятіемъ пробъ. Каждая проба должна быть не менѣе 2 литровъ, а для полнаго анализа 5—10 литровъ. Она должна

быть взята въ стеклянный сосудъ, не содержавшій въ себѣ никакихъ жидкихъ или растворимыхъ веществъ (лучше совсѣмъ новый) и тщательно вымытый самой изслѣдуемой водой. Пробка должна быть притертая стеклянная. Воду нужно черпать въ рѣкѣ—на теченіи, а въ озерѣ—на нѣкоторой глубинѣ, но не у дна, чтобы не захватывать плавающей или донной мути. Изслѣдованіе должно быть сдѣлано возможно скоро послѣ взятія пробы; въ противномъ случаѣ нужно еще указать послѣ какого времени и какихъ температуръ сдѣланъ анализъ.

Подробный анализъ долженъ дать количество взвѣшенныхъ частицъ, растворенныхъ газовъ, общаго твердаго остатка, всѣхъ главныхъ элементовъ этого остатка, органическихъ веществъ и т. д., какъ объ этомъ указывается въ курсѣ химіи.

Не останавливаясь здѣсь поэтому на способахъ производства подробнаго химическаго анализа воды, мы укажемъ далѣе одинъ изъ быстрыхъ способомъ опредѣленія содержанія въ водѣ наиболѣе важныхъ солей,—щелочныхъ и магнезіальныхъ.

Микрографическій анализъ подобно химическому, также даетъ по преимуществу отрицательныя указанія, но имѣетъ также несомнѣнную важность. Пробы для этого анализа должны сохраняться въ герметически закрытыхъ сосудахъ. Стеклянный пузырекъ, предварительно отожженный, освобожденный отъ воздуха и запаянный погружается въ воду, изъ которой нужно взять пробу; его горлышко отламывается подъ водой и наполненный сосудъ немедленно запаивается. При всемъ томъ нужно дѣлать опыты не теряя времени и не измѣняя температуры воды, (по возможности). Иначе результаты могутъ оказаться очень невѣрными. Самые методы микрографическаго анализа многочисленны и въ общемъ сходны съ пріемами употребляемыми вообще для изслѣдованія микробовъ. Мы не можемъ останавливаться здѣсь на этомъ предметѣ. Результатъ микрографическаго анализа выражается въ числѣ микробовъ въ одномъ куб. сантиметрѣ воды, въ степени размножаемости и живучести микробовъ въ разныхъ культурахъ, наконецъ, въ ихъ опасности для жизни и здоровья, что узнается посредствомъ введенія культуръ водяныхъ микробовъ въ кровь животныхъ. Микрографическій анализъ еще меньше чѣмъ химическій, можетъ быть сдѣланъ безъ спеціальныхъ лабораторіи и изслѣдователя.

§ 36. Гидротиметрія.

Точный количественный и качественный анализъ воды источника, выбраннаго для водоснабженія, требуетъ, какъ было указано спеціальныхъ: лабораторіи и изслѣдователя.

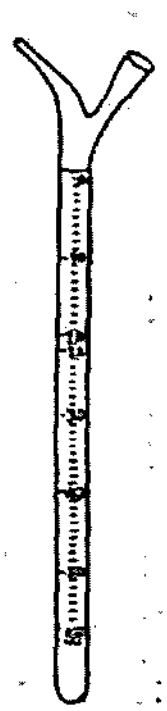
Для болѣе скромныхъ цѣлей весьма пригоденъ способъ, изобрѣтенный англичаниномъ Clarck'омъ и усовершенствованный французами Boutron'омъ и Boudet.

Этотъ способъ основывается на извѣстномъ свойствѣ воды при смѣшеніи ея съ мыльнымъ растворомъ образовывать остающуюся пѣну только послѣ того, какъ растворенныя въ водѣ соли щелочныхъ земель будутъ нейтрализованы частью мыла.

Чѣмъ больше солей содержитъ вода, иначе сказать, чѣмъ она болѣе жестка, тѣмъ больше нужно мыла, чтобы вызвать остающуюся пѣну. Такимъ образомъ, употребляя опредѣленный растворъ мыла, можно опредѣлить степень жесткости или такъ-называемый градусъ жесткости воды. Пѣна на изслѣдуемой водѣ должна быть въ слоѣ толщиною около 5 мм. и оставаться по крайней мѣрѣ 10 минутъ.

По Boutron'у и Boudet для приготовленія мыльнаго раствора надо растворить 100 гр. бѣлаго содоваго мыла въ 1600 гр. 90-градуснаго алкоголя, нагрѣть до кипѣнія и по охлажденіи профильтровать. Къ такому раствору слѣдуетъ прибавить еще 1000 куб. см. дистиллированной воды.

Этимъ растворомъ наполняютъ стеклянную трубку (черт. 99) запаянную снизу, которая сверху имѣетъ съ одной стороны воронку для наполненія ея растворомъ, съ другой стороны трубочку съ небольшимъ отверстіемъ для выпусканія раствора по каплямъ. Воронка можетъ закрываться притертой стеклянной пробкой.



Черт. 99.

На трубкѣ снаружи нанесены дѣленія, обозначающія числа градусовъ; нумерація начинается не съ верхняго дѣленія, а съ слѣдующаго за нимъ, такъ какъ для появленія пѣны необходимо прилить нѣкоторый избытокъ мыльнаго раствора. Этотъ приборъ названъ авторами этого способа *гидротиметромъ*.

Чтобы удостовѣриться въ правильности состава мыльнаго раствора и въ случаѣ нужды болѣе точно составить мыльный растворъ, растворяютъ 0,25 гр. хлористаго кальція въ 1 литрѣ дистиллиро-

ванной воды. Изъ этого послѣдняго раствора наливаютъ 40 куб. сантим. въ сосудъ, раздѣленный на внѣшней поверхности на куб. сантиметры, а въ остальномъ устроенный такъ же, какъ это изображено на черт. 99. Къ этому раствору прибавляютъ постепенно такое количество мыльнаго раствора, чтобы при сильномъ взбалтываніи получалась остающаяся цѣна. Если для этого требуется 22° мыльнаго разствора, то, значитъ, этотъ послѣдній составленъ вѣрно. Если для полученія остающейся пѣны его требуется меньше, то надо его соотвѣтственно разбавить водой; въ противномъ же случаѣ сдѣлать болѣе концентрированнымъ.

Вышеописанный способъ даетъ довольно вѣрные результаты до 30° жесткости. При большей жесткости приливаемый мыльный растворъ даетъ съ солями воды такое значительное количество нерастворимыхъ хлопьевъ изъ соединенія жирныхъ кислотъ мыла съ щелочными землями воды,—что остающаяся пѣна образуется съ трудомъ или не образуется вовсе. Поэтому сперва надо изслѣдовать, не имѣетъ ли испытуемая вода большій градусъ жесткости; для этого берутъ небольшое количество изслѣдуемой воды и прибавляютъ постепенно къ ней мыльнаго раствора до тѣхъ поръ, пока не начнетъ образовываться остающаяся пѣна. Если она начинаетъ образовываться не скоро или если вмѣсто нея образуются при послѣдующемъ встряхиваніи хлопья и небольшія твердыя частицы, то надо испытуемую воду передъ изслѣдованіемъ разбавлять дистиллированной водой въ такомъ отношеніи, чтобы первая составляла $^1/_2$ или $^1/_4$ всего количества воды, взятаго для анализа; соотвѣтственно этому полученный градусъ жесткости придется умножить на 2 или на 4.

При правильномъ приготовленіи мыльнаго раствора 22°, его должны нейтрализовать 40 куб. сант. раствора хлористаго кальція и давать остающуюся пѣну. Такимъ образомъ каждый градусъ мыльнаго раствора производитъ на 40 куб. сант. раствора хлористаго кальція такое же дѣйствіе, какъ 0,1 гр. мыла на 1 литръ такого же раствора. Такъ какъ нормальный растворъ хлористаго кальція заключаетъ, какъ указано выше, 25 сантиграммовъ этой соли въ одномъ литрѣ воды, то слѣдовательно 22° мыльнаго раствора нейтрализуются однимъ сантиграммомъ хлористаго кальція. Отсюда слѣдуетъ, что 1° соотвѣтствуетъ $\frac{0{,}01 \text{ грамма}}{22} = 0{,}00045$ хлористаго кальція въ 40 ку-

бическихъ сантиметрахъ воды или $0{,}00045 \times 25 = 0{,}0114$ грамма хлористаго кальція въ одномъ литрѣ воды.

Но 0,0114 грамма хлористаго кальція эквивалентны въ гидротиметрическомъ отношеніи 0,0103 грамма углекислаго кальція. Такимъ образомъ ясно, что гидротиметрическій способъ указываетъ съ достаточной точностью для практическихъ примѣненій степень жесткости воды во французскихъ градусахъ (1 сантиграммъ $CaCO_3$ въ 1 литрѣ воды § 34).

Для производства анализа берутъ 40 куб. сантим. изслѣдуемой воды и прибавляютъ къ ней мыльнаго раствора до тѣхъ поръ, пока при сильномъ взбалтываніи не будетъ образовываться остающаяся пѣна. Этимъ и опредѣляется степень (градусъ) жесткости.

Для паровыхъ котловъ главное значеніе имѣетъ присутствіе въ водѣ известковыхъ солей. Чтобы выдѣлить ихъ изъ изслѣдуемой воды, къ 50 куб. сантим. этой воды прибавляютъ 2 куб. см. 1—2% раствора щавелевокислаго аммонія, причемъ сѣрнокислыя и углекислыя соли разлагаются; известь же въ соединеніи съ щавелевой кислотой осаждается. Оставшуюся жидкость фильтруютъ и, отдѣливъ отъ нея 40 куб. сант., опредѣляютъ снова градусъ жесткости помощью мыльнаго раствора. Вычитая изъ первоначально полученной степени жесткости найденную теперь, мы получимъ степень жесткости, зависящую отъ известковыхъ солей. Далѣе кипятятъ 100 куб. сант. испытуемой воды полчаса въ стеклянной колбѣ, пополняя убыль дистиллированной водой, и послѣ охлажденія фильтруютъ. Если отдѣлить отъ этой жидкости 40 куб. сант. и опредѣлить степень жесткости, то полученная степень жесткости будетъ относиться къ заключающимся въ водѣ солямъ кальція и магнія, безъ углекислой извести, которая осѣла при кипяченіи. Однако по Boutron'y и Boudet слѣдуетъ полученную при этомъ степень жесткости уменьшить на 3°, такъ какъ при кипяченіи осѣдаетъ не вся углекислая известь. Если отдѣлить отъ 100 куб. сант. прокипяченной и профильтрованной воды 50 куб. сант. и прибавить къ ней 2 куб. сант. 1—2% раствора щавелево-кислаго аммонія, то, профильтровавши жидкость и отдѣливъ отъ нея 40 куб. сант., мы можемъ опредѣлить степень жесткости относительно магнезіальныхъ солей.

Приводимъ здѣсь степень жесткости нѣкоторыхъ водъ, опредѣленную гидротиметрическимъ путемъ (см. таблицу № 11).

Таблица № 11.—Гидрометрическіе градусы нѣкоторыхъ водъ.

(Delhotel — p. 56).

Названіе водъ.	Гидрометрическіе градусы.	Количество мыла, разлагающагося до образованія пѣны—на одинъ куб. метръ воды
Дистиллированная вода (Boutron и Boudet)	0	0
Вода Longemer'скаго озера	1°,1	110 грам.
„ Guirbaden'скаго лѣса.	1°,5	
„ рѣки Allier у г. Moulin	3°,5	350 „
„ дождевая въ Парижѣ.	3°,5	
„ р. Дордонь у г. Либурна	4°,5	
„ р. Гаронны у г. Тулузы	5°	500 „
„ Луары у гг. Тура и Нанта	5°,5	
„ горная въ г. Глазго	5°,6	
„ изъ ключа Fromont въ Вогезахъ	6°	
„ р. Невы въ г. С.-Петербургѣ	6°	600 „
„ ключей Grandfontaine въ Вогезахъ.	7°	700 „
„ г. Эдинбурга.	7°	
„ г. Ньюкастля.	7°	
„ ключей Морвана, вытекающихъ изъ гранитныхъ толщъ	2° до 11°	
„ песковъ Фонтеньбло	6° до 22°	
„ Артезіанск. Гренельскаго колодезя въ Парижѣ .	9°,18 до 11°,70	
„ „ Пассійскаго „ „ „ .	10°,1 до 11°	
„ Женевскаго озера	11°	1 килогр. 100
„ р. Арвы.	11°	
„ водопровода Vergine въ г. Римѣ	11°,2	
„ р. большого Рейна (у Алтерсгейма)	12°,2	
„ малаго Рейна	12°,5	
„ р. Илля.	13° до 14°	
„ р. Роны въ г. Ліонѣ	13°,5	
„ р. Йонны	15°	1 „ 500
„ р. Сены у моста Иври (1854 г. Декабрь) . .	15°	
„ р. Соны.	15°	
„ ключей, вытекающихъ изъ мѣловыхъ наслоеній	12° до 17°	1 „ 500
„ ключей, вытекающихъ изъ наслоеній мергилистаго мѣла	14° до 22°	
„ г. Лондона	15° до 23°	
„ г. Манчестера	16°,8	
„ г. Ливерпуля	16°,8 до 21°	
„ р. Сены у моста Иври (1855 г. Февраль) . .	17°	1 „ 700
„ водопровода Феличе въ г. Римѣ	18°,2	

Названіе водъ.	Гидрометрическіе градусы.	Количество мыла, разлагающагося до образованія пѣны—на одинъ куб. метръ воды.
Вода ключей долины р. Ваннъ	17°,33 до 20	
„ р. Марны у Шарантона (1855 г. Февраль) .	19° до 23°	
„ р. Кляйды у г. Глазго	21°	2 килогр.100
„ р. Уазы у Понтуаза	21°	
„ ключей вытекающихъ изъ безгипсовыхъ мергелей	20° до 30°	
„ ключей Dhuis (у резервуара въ Менильмонтанъ—Парижъ)	20°,5	
„ ключей Dhuis (по Belgrand)	22°,18 до 23°	
„ р. Сены въ Chaillot (1855 г. Ферваль) . . .	23°	
„ Аркейльскаго водопровода въ Парижѣ) . . .	28°	
„ р. Тибра.	29°	
„ Уркскаго канала.	30°	3 „ 00
„ Аркейльскаго водопровода у источника рѣки Rungis	33°,45 до 42,84	
„ ключей вытекающихъ изъ гипсосодержащихъ мергелей.	23° до 150°	
„ Берлинскихъ колодцевъ.	36° до 41°	
„ колодцевъ въ Près St. Gervais.	72°	7 „ 200
„ колодцевъ въ Бельвиллѣ.	128°	12 „ 800

Примѣчаніе. Разсчетъ количества мыла для разныхъ гидрометрическихъ градусовъ показываетъ наглядно значеніе чистоты воды для промышленныхъ учрежденій, употребляющихъ мыло.

§ 37. Попытки классификаціи питьевыхъ водъ.

Въ предшествующихъ §§ мы разсмотрѣли вопросъ о количествѣ воды для городскаго водоснабженія, объ опредѣленіи расходовъ воды, которые могутъ дать различные источники, о качествахъ водъ разныхъ происхожденій, о методахъ, какими могутъ быть выяснены въ надлежащей мѣрѣ эти качества.

Теперь необходимо указать, какимъ образомъ долженъ быть сдѣланъ выборъ воды въ нѣкоторомъ опредѣленномъ случаѣ, когда имѣется на лицо возможность получить воду изъ разныхъ источниковъ разныхъ качествъ и въ разныхъ количествахъ съ затратой разныхъ средствъ.

Нечего и говорить, что задача такого рода не допускаетъ общаго рѣшенія.

Если даже ограничиться однимъ качествомъ воды, предполагая всѣ остальные факторы равными, то и тогда нельзя установить категорической точки зрѣнія.

Такъ напр. весьма долго держалась слѣдующая нисходящая градація воды: дождевая вода, ключевая, рѣчная, колодезная, ледниковая, озерная, прудовая и болотная.

Теперь всѣ признаютъ эту градацію не вѣрной, и въ Англіи была предложена такая классификація.

Воды здоровыя.	1. Ключевая 2. Изъ глубокихъ колодцевъ	очень пріятнаго вкуса.
	3. Поверхностная (атмосферная) горная.	довольно пріятнаго вкуса.
Воды подозрительныя.	4. Дождевая 5. Поверхностная (атмосферная) съ воздѣланныхъ земель	
Воды опасныя.	6. Вода рѣкъ, получающихъ содержимое канализаціи 7. Вода обыкновенныхъ колодцевъ.	*годныя для питья.*

И эта классификація, хотя гораздо болѣе удовлетворительная, чѣмъ прежняя не имѣетъ въ себѣ ничего абсолютно вѣрнаго: можно найти много примѣровъ хорошихъ водоснабженій съ водой, которая по англійской скалѣ была бы подозрительной и даже опасной.

Если ввести въ соображеніе другой важный факторъ—количество воды, то выборъ станетъ еще труднѣе, тѣмъ болѣе, что вода для городовъ нужна, какъ было указано выше, не только для питья, а для удовлетворенія самыхъ разнообразныхъ иныхъ потребностей, въ коихъ ея санитарныя качества часто отступаютъ на второй планъ.

§ 38. Выборъ воды въ зависимости отъ ея назначенія.

Несомнѣнно, что ключевая и грунтовая вода по своимъ качествамъ должна быть (говоря вообще) поставлена выше рѣчной и озерной и собранной изъ атмосферныхъ осадковъ, за исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда ключевая и грунтовая вода оказываются жесткими или непріятнаго вкуса и запаха. Но что касается количества, то въ большинствѣ случаевъ количество ключевой и грунтовой воды можетъ быть признано достаточнымъ лишь для небольшихъ или среднихъ

городовъ, для крупныхъ же городовъ оно вообще мало, въ особенности если принять во вниманіе быстрый ростъ этихъ городовъ. Очень трудно вездѣ найти ключевую или грунтовую воду въ такомъ количествѣ, которое было бы достаточно напр. для города, потребляющаго ежедневно 15.000.000 ведеръ, тѣмъ болѣе, что этотъ расходъ въ будущемъ подлежитъ возрастанію въ неопредѣленной степени; выбирая извѣстный источникъ водоснабженія слѣдуетъ, очевидно, имѣть въ виду и это возрастаніе. Уступая въ количествѣ, ключевая и грунтовая вода имѣютъ за собою еще ту важную въ практическомъ отношеніи невыгоду, что источники ихъ недостаточно надежны. Ключи даютъ количество воды, измѣняющееся со временами года; это колебаніе можетъ очень вредно отзываться на водоснабженіи, въ особенности во время засухъ; нѣкоторые ключи могутъ даже совсѣмъ изсякать. Что же касается грунтовой воды, то количество ея, которымъ возможно воспользоваться для водоснабженія, хотя и можетъ быть опредѣлено изысканіями, но лишь грубо приблизительно и, слѣдовательно, тоже недостаточно надежно. Въ противоположность этому рѣки и озера представляютъ источникъ, изъ котораго можно навѣрно получать количество воды всегда достаточное, какъ бы городъ въ будущемъ не возросталъ. — Въ виду изложеннаго при выборѣ источника для водоснабженія *большихъ городовъ* слѣдуетъ предпочитать *рѣку* или *озеро*, и такъ какъ вода ихъ не всегда удовлетворительныхъ качествъ, то необходимо принимать всѣ мѣры для улучшенія ихъ; для водоснабженія же *небольшихъ городовъ* можно пользоваться *ключевою* и *грунтовою*, но съ соблюденіемъ непремѣннаго условія, чтобы имѣющееся въ распоряженіи количество ея значительно превосходило (въ нѣсколько разъ) настоящую потребность города въ водѣ.

Высокія качества ключевой и грунтовой воды имѣютъ значеніе только при употребленіи ея въ питье и *пищу*, при употребленіи же ея для другихъ цѣлей—для фонтановъ, заводовъ, фабрикъ, для поливки улицъ и т. п. эти качества не играютъ роли; такъ какъ изъ общаго количества воды, потребляемой городомъ, только малая часть идетъ въ питье пищу, то поэтому является естественною упомянутая уже ранѣе въ (§ 9) мысль объ устройствѣ въ крупныхъ городахъ *двухъ* водопроводовъ: *одного*—съ малымъ количествомъ воды, но высокихъ качествъ (ключевая или грунтовая)—для употребленія

ея только въ питье и пищу, и *второго*—съ большимъ количествомъ воды, но худшаго качества (рѣчная нефильтрованная) для удовлетворенія всѣхъ остальныхъ потребностей въ водѣ. Устройство такихъ параллельныхъ водопроводовъ (питьеваго и промышленнаго) вполнѣ возможно, какъ это показываетъ примѣръ Парижа и нѣкоторыхъ др. городовъ, хотя стоимость двухъ водопроводовъ обыкновенно выше стоимости одного, ихъ замѣняющаго.

Въ настоящее время замѣчаются усилія техники изыскать способъ очищенія рѣчной воды болѣе совершенный, чѣмъ нынѣ употребляемый (помощью песочныхъ фильтровъ); нѣтъ основаній сомнѣваться въ томъ, чтобы эти усилія рано или поздно не увѣнчались успѣхомъ, а въ такомъ случаѣ съ тѣмъ большею увѣренностью можно рекомендовать для водоснабженія городовъ рѣчную и озерную воду.

Вода атмосферныхъ осадковъ, собираемая въ водохранилищахъ, можетъ служить также надежнымъ источникомъ для водоснабженій, но устройство водохранилищъ вблизи города не всегда возможно по топографическимъ условіямъ окрестностей города; по этой же причинѣ нерѣдко затруднительно найти такой бассейнъ, чтобы выпадающихъ внутри его атмосферныхъ осадковъ было достаточно для образованія водохранилища требуемыхъ размѣровъ. Вотъ почему въ водопроводахъ англійскихъ городовъ водохранилища лежатъ въ нѣсколькихъ десяткахъ верстъ отъ города, что, разумѣется, значительно увеличиваетъ стоимость водопроводовъ. Въ этомъ отношеніи водоснабженіе изъ водохранилищъ уступаетъ водоснабженію изъ рѣкъ и озеръ.

Общія основанія, которыми слѣдуетъ руководиться при выборѣ источника для водоснабженія, объяснены, между прочимъ, въ слѣдующемъ постановленіи съѣзда германскихъ гигіенистовъ въ Дюссельдорфѣ въ 1876 году;

«Какъ ключевая, такъ грунтовая и рѣчная фильтрованная вода можетъ удовлетворять предъявляемымъ требованіямъ; выборъ способа водоснабженія въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ зависитъ отъ мѣстныхъ условій. При прочихъ одинаковыхъ условіяхъ, въ отношеніи качества и количества воды, заслуживаетъ предпочтенія тотъ источникъ, который, во-первыхъ, представляетъ наибольшую гарантію для постоянной доставки воды и, во-вторыхъ, требуетъ наименьшей траты для устройства и содержанія водопроводныхъ сооруженій».

Стоимость каждаго *водопровода* слагается изъ трехъ элементовъ:

а) стоимости *водосборныхъ сооруженій*, которая въ свою очередь обусловливается стоимостью: отстойныхъ бассейновъ, фильтровъ и сборныхъ резервуаровъ—при употребленіи рѣчной фильтрованной воды; водохранилищъ съ фильтрами и сборными резервуарами—при употребленіи воды изъ атмосферныхъ осадковъ; ключевыхъ и сборныхъ бассейновъ—при употребленіи ключевой воды,—и водосборныхъ трубъ со смотровыми и сборнымъ колодцами или водосборныхъ колодцевъ большаго и малаго діаметра—при употребленіи грунтовой воды;

б) стоимости *сооруженій передаточныхъ*, т. е. служащихъ для провода воды изъ водосборныхъ сооруженій въ городъ; сюда входитъ стоимость водоподъемнаго зданія со всѣми водоподъемными машинами и стоимость нагнетательной трубы, а если напоръ въ сѣти городскихъ трубъ получается достаточнымъ и безъ накачиванія, то въ такомъ случаѣ—стоимость одной только трубы;

в) стоимости *городской части* водопровода, т. е. сѣти трубъ и водонапорной башни или водонапорнаго резервуара.

Отсюда видно, что если напр. источникъ ключевой воды весьма удаленъ отъ города и воду надо нагнетать, то стоимость водопровода будетъ зависѣть преимущественно отъ стоимости передаточныхъ сооруженій, точно также если напр. городъ снабжается нефильтрованною водою изъ близъ-лежащей рѣки, то стоимость водопровода будетъ обусловливаться главнымъ образомъ стоимостью городской части его. Такимъ образомъ въ каждомъ частномъ случаѣ нужно установить отъ какихъ элементовъ будетъ по преимуществу зависѣть стоимость водопровода. (По вопросу о стоимости водоснабженій см. между прочимъ Vol. XXXVIII. December 1897. *American Society of Civil Engineers*. Valuation of Water-Works Property by Wynkoop Kiersted). По статистическимъ даннымъ германскаго инженера Грана стоимость водопроводовъ въ германскихъ городахъ составляетъ отъ 5 до 18 кредитныхъ рублей на каждаго жителя, какъ при употребленіи ключевой и грунтовой воды, такъ и рѣчной фильтрованной. При обыкновенныхъ условіяхъ, когда источникъ лежитъ довольно близко отъ города, можно считать, что стоимость водопровода обусловливается стоимостью городской части его, которая составляетъ примѣрно около $^2/_3$ всей стоимости.

Вышеприведенная стоимость водопровода относится къ случаю,

когда всѣ водопроводныя сооруженія устроены раціонально, т. е. въ требуемомъ числѣ, надлежащихъ размѣровъ, при хорошихъ матеріалахъ и работѣ.

Русскія городскія думы при устройствѣ водопроводовъ часто преслѣдуютъ излишнюю экономію, вслѣдствіе чего городская сѣть оказывается малой, діаметры трубъ недостаточными, число пожарныхъ кранновъ — скуднымъ, резервуары и баки водонапорныхъ башень — малой вмѣстимости и т. п.; если къ этому прибавить еще встрѣчающіеся не рѣдко плохой матеріалъ и неудовлетворительную работу, то въ результатѣ получается устройство плохого водопровода и слѣдовательно мало производительная трата городскихъ средствъ. Само собою разумѣется, что вскорѣ послѣ устройства такого водопровода начинаются исправленія, расширенія и перестройки возведенныхъ сооруженій, которыя, такимъ образомъ, въ общемъ могутъ стоить гораздо больше того, во что обошелся бы водопроводъ, построенный съ самаго начала согласно требованіямъ водопроводной техники.

Изъ сказаннаго ясно, что при выборѣ источника водоснабженія необходимо *въ каждомъ частномъ* случаѣ составить нѣсколько параллельныхъ проектовъ съ исчисленіемъ стоимости каждаго отдѣльнаго рѣшенія. Только тогда можно будетъ ясно видѣть, какія выгоды могутъ быть получены въ количествѣ воды и въ стоимости водопровода, если пожертвовать ея качествомъ и наоборотъ. Только тогда по зрѣломъ и *спокойномъ* обсужденіи всѣхъ частностей вопроса можно будетъ принять для этого случая раціональное рѣшеніе.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Добываніе воды.

СОДЕРЖАНІЕ: § 39. Разные способы добыванія воды. — § 40. Сборъ атмосферной воды въ малыхъ и большихъ количествахъ. — § 41. Добываніе воды изъ ручьевъ, рѣкъ и озеръ. — § 42. Водохранилища съ водоудержательными плотинами для собиранія текучихъ и атмосферныхъ водъ. — § 43. Добываніе воды колодцами. — § 44. Артезіанскіе колодцы. — § 45. Классификація способовъ водоснабженія изъ буровыхъ колодцевъ въ зависимости отъ свойствъ водоносныхъ горизонтовъ. — § 46. Сборъ грунтовой воды горизонтальными трубами. — § 47. Нѣкоторыя теоретическія данныя для опредѣленія расхода грунтовыхъ водосборовъ. — § 48. Добываніе воды изъ ключей.

§ 39. Разные способы добыванія воды.

Вода для снабженія населенныхъ мѣстностей, а равно и для другихъ цѣлей (орошеніе, питаніе водныхъ путей), можетъ быть добываема въ различныхъ фазахъ ея кругооборота въ природѣ, а именно въ видѣ атмосферныхъ осадковъ, наземныхъ потоковъ и скопленій, подземныхъ или грунтовыхъ потоковъ или скопленій.

Наиболѣе легкій способъ добыванія представляютъ наземныя воды—ихъ обыкновенно нужно только брать. Для остальныхъ же необходимы болѣе или менѣе сложные пріемы собиранія.

Классификація главнѣйшихъ способовъ добыванія воды для снабженія населенныхъ мѣстностей (отчасти и для другихъ цѣлей) можетъ быть предложена слѣдующая:

I Категорія.

Морская вода.—Перегонка въ особыхъ приспособленіяхъ.

II Категорія.

Атмосферныя воды. { 1) Рвы для дождевой воды. 2) Цистерны для дождевой воды . . . . . { α) обыкновенныя, β) фильтрующія воду. 3) Водохранилища съ водоудержательн. плотинами.

III Категорія.

1) Добываніе воды изъ рѣкъ . { а) простое . { α) безъ фильтровъ. β) съ естеств. фильтр. ; б) съ помощью водоподъемныхъ или водораздѣлительныхъ сооруженій. ; в) съ помощью водоудержательныхъ плотинъ. }

2) Добываніе воды изъ озеръ.

IV Категорія.

Подземныя (грунтовыя) воды . . . { 1) Добываніе грунтовой воды при помощи вертикальныхъ сооруженій . . . . . { А) Колодцы большаго діаметра (резервуарные). { а) Колодцы для періодическаго пользованія (домовые колодцы). ; б) Колодцы для непрерывнаго пользованія (водопроводные колодцы). { α) каменные колодцы β) металлич. колодцы. } } ; В) Колодцы малаго діаметра (трубчатые). { а) забивные или абиссинскіе, ; б) буровые { α) бруклинскіе, β) артезіанскіе. } } ; 2) Добываніе грунтовой воды при помощи горизонтальныхъ сооруженій . . . . . { а) Открытые каналы. ; б) Дренажные каналы и трубы. ; в) Сборныя трубы. ; г) Сборныя галлереи. }

V Категорія.

Добываніе воды изъ ключей.

Не останавливаясь совсѣмъ на способахъ перегонки морской воды, въ виду крайней исключительности этой операціи въ практикѣ городскихъ или станціонныхъ водоснабженій, а также въ виду того, что операціи эти производятся съ наибольшимъ успѣхомъ въ особыхъ патентованныхъ аппаратахъ разныхъ системъ, въ дальнѣйшихъ §§ настоящей главы будутъ разсмотрѣны II, III, IV и V категоріи способовъ добыванія воды въ цѣляхъ снабженія населенныхъ мѣстностей.

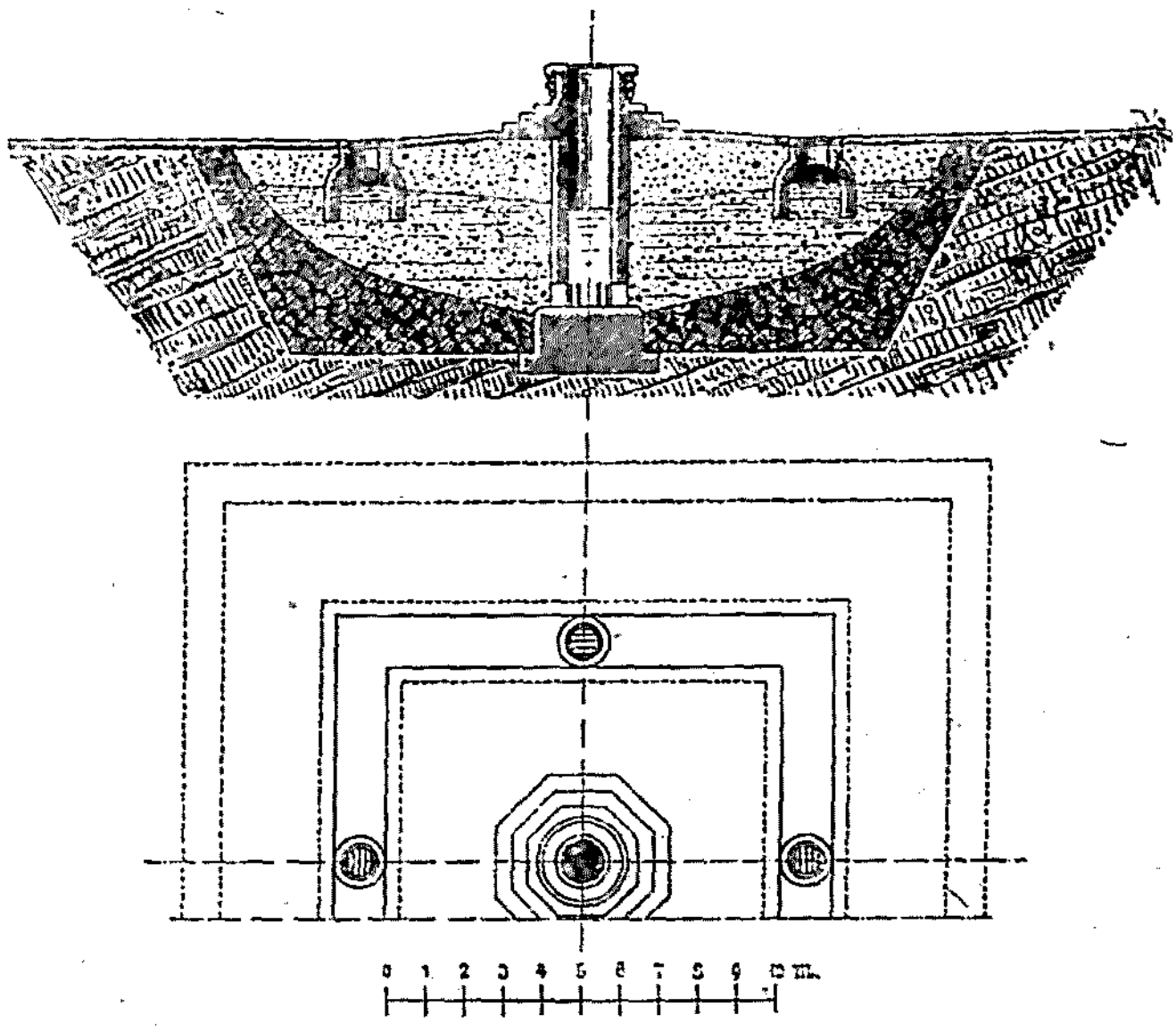
§ 40. Сборъ атмосферной воды въ малыхъ и большихъ количествахъ.

Цистерны—представляютъ простѣйшій способъ собиранія атмосферной воды, примѣняющійся съ незапамятныхъ временъ и весьма распространенный въ древнемъ Іерусалимѣ, Карѳагенѣ, Римѣ. Теперь онѣ встрѣчаются еще во всѣхъ странахъ въ городахъ, гдѣ нѣтъ пра-

Цистерны.

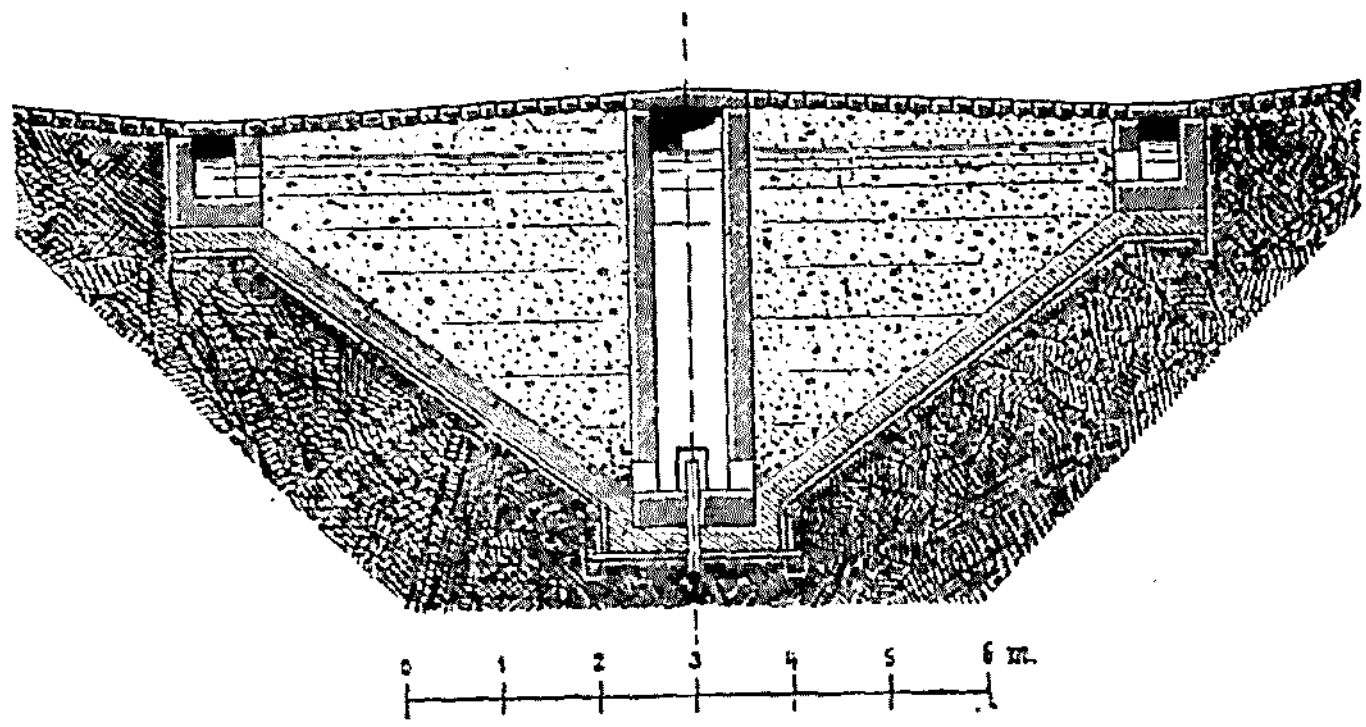


Черт. 100. — **Обдѣлка устья колодца венеціанскихъ цистернъ съ простымъ колодцемъ.** До послѣдняго времени, когда Венеція получила общее водоснабженіе, она имѣла 200 общественныхъ и 1.900 частныхъ дождевыхъ цистернъ съ 200.000 куб. м. вмѣстимости.

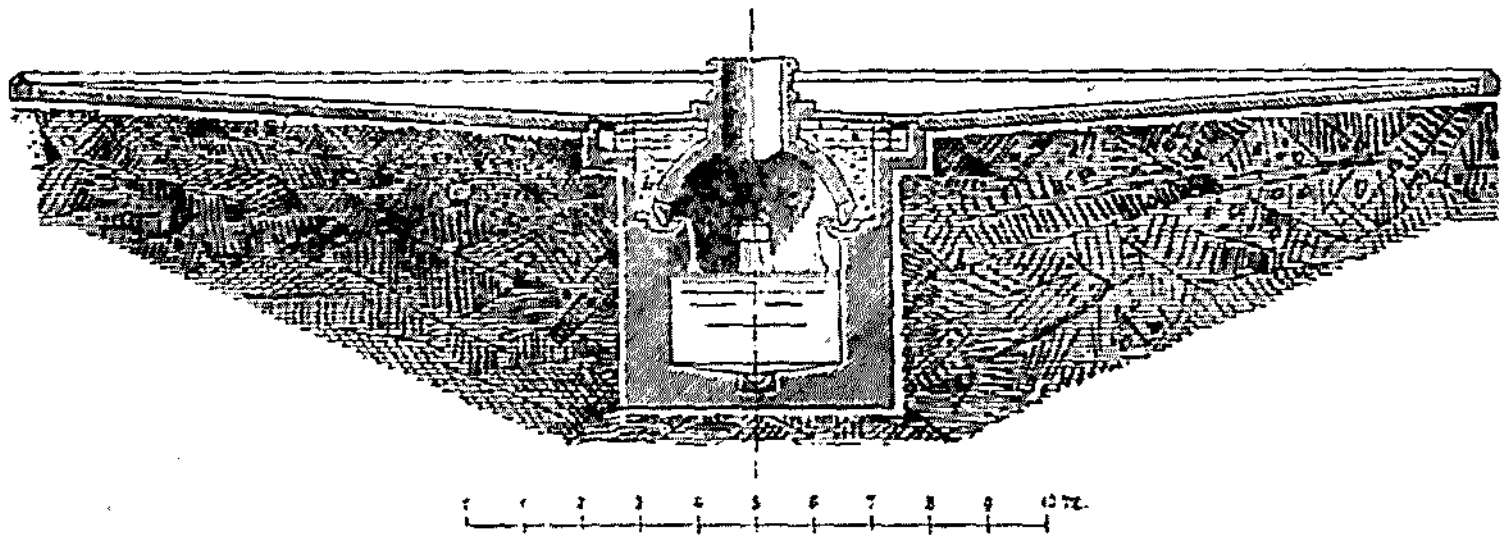


Черт. 101 и 102. —Разрѣзъ и планъ венеціанскихъ цистернъ съ открытымъ колодцемъ. Цистерны собираютъ дождевую воду, выпадающую на окружающія ее мостовыя чрезъ посредство 4 оконъ. Извлекалась вода черезъ колодезь, подошва коего на 4 м. ниже мостовой. Углубленіе цистерны выкладывалось мятой глиной съ примѣсью песка.

Цистерны.



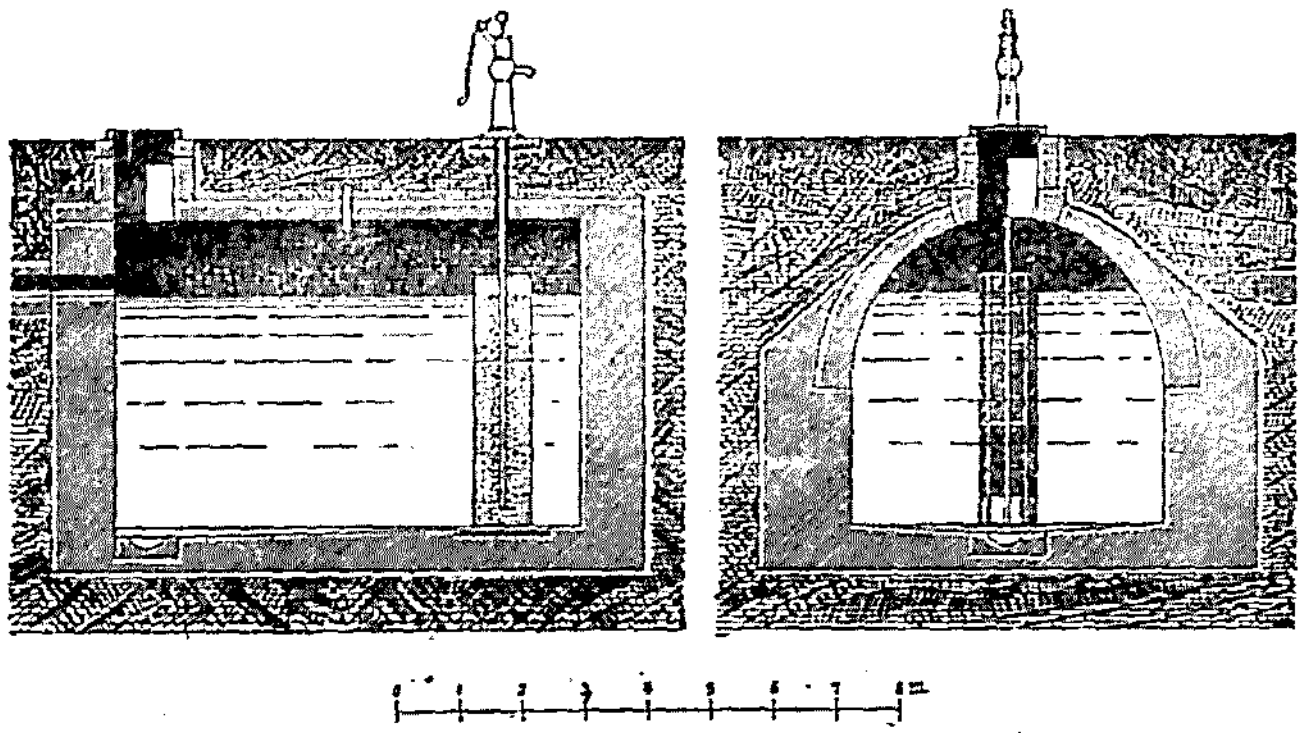
Черт. 103.—Разрѣзъ цистерны венеціанскаго типа съ закрытымъ колодцемъ. Вода изъ цистернъ отводится на поверхность земли къ пониженному мѣсту особой трубкой, расположенной въ центрѣ колодца, гдѣ трубка снабжается водоразборнымъ краномъ (если условія мѣстности позволяютъ). Цистерна имѣетъ форму четырехъ-гранной пирамиды. Бока ея покрыты досчатымъ настиломъ на лежняхъ, плотно прилегающимъ къ землѣ. На настилѣ кладется слой бетона, глины, асфальтоваго толя и т. п. Вокругъ цистерны идетъ крытый каналъ, собирающій воду съ извѣстныхъ поверхностей (ихъ слѣдуетъ окружить заборомъ) и выпускающій ее чрезъ особыя окна въ толщу песочнаго фильтра (Lueger).



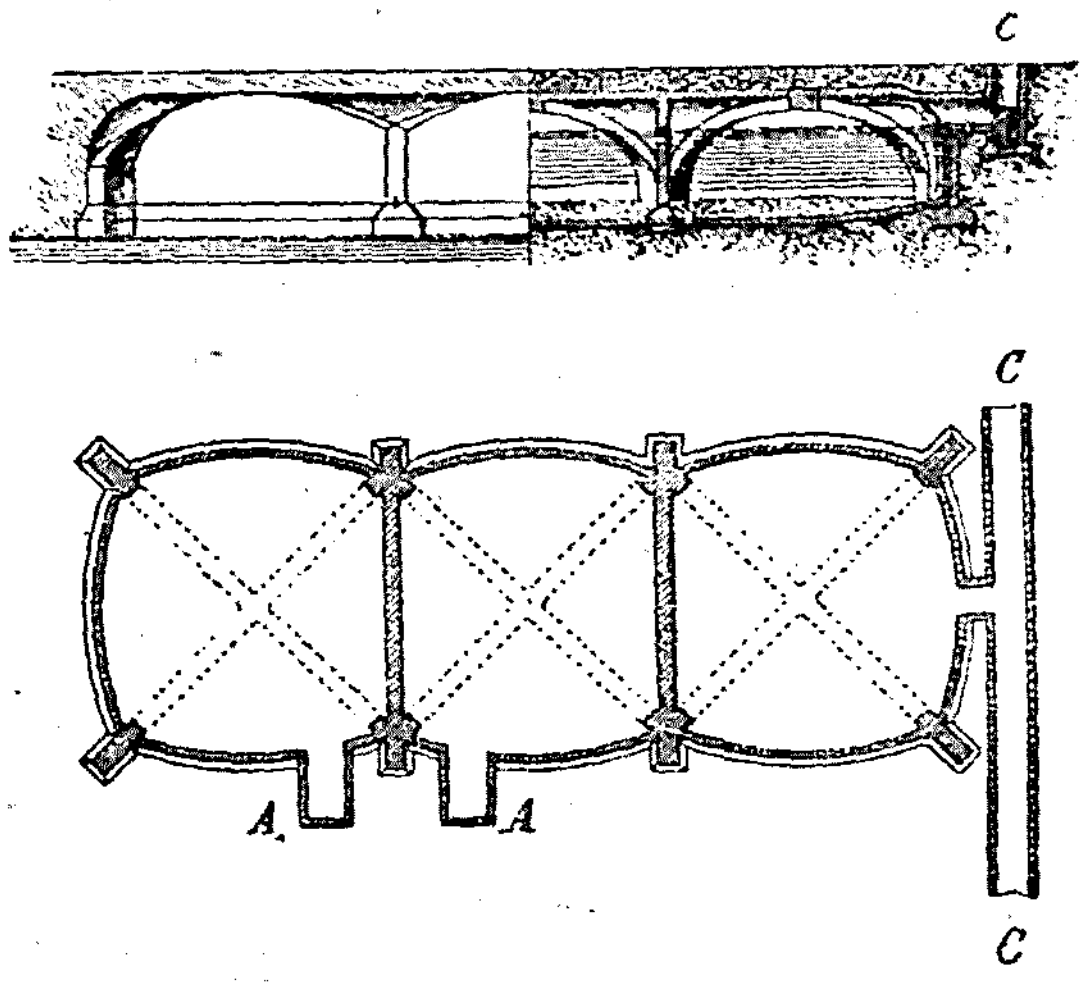
Черт. 104.—**Цистерна съ песочными сифонами.** Существенное отличіе отъ венеціанскихъ (черт. 101—103) въ томъ, что вода попадаетъ въ колодезь чрезъ сифоны наполненные пескомъ, т. е. движется въ песочной массѣ не сверху внизъ, а снизу вверхъ и затѣмъ падаетъ съ высоты, смѣшиваясь съ воздухомъ. Благодаря этому она (будто бы) не увлекаетъ съ собой песокъ и освѣжается. Типъ этотъ не имѣетъ особаго распространенія.

Снабженіе дождевою водою.

Цистерны.



Черт. 105 и 106. — **Продольные и поперечные разрѣзы американскоі цистерны;** въ ней фильтрованіе производятся въ моментъ извлеченія воды изъ колодца, а не при собираніи, какъ въ венеціанскихъ. Извлеченіе дѣлается насосами по трубѣ окруженной песочнымъ фильтромъ въ сѣткѣ изъ проволоки; нижняя часть цилиндра фильтра на высотѣ 0,50 м. сплошная. Вода въ цистерну притекаетъ по трубѣ (слѣва), собираясь *съ крыши* или мощеныхъ поверхностей (Lueger).



Черт. 107 и 108. — **Цистерна большихъ размѣровъ съ фильтромъ для станціоннаго водоснабженія** (вокзалъ въ Geestemunde).
C — водовпускной каналъ для наполненія цистерны;
$\left.\begin{matrix} A \\ A_1 \end{matrix}\right\}$ водоподъемные колодцы для извлеченія воды изъ цистерны.
На днѣ цистерны положенъ слой песка, чрезъ который вода должна пройти, чтобы достигнуть колодцевъ A и A_1. (A. Frühling, p. 270).

вильнаго водоснабженія; въ нѣкоторыхъ случаяхъ цистерны употребляются, какъ источники городского водоснабженія, въ особенности въ Соединенныхъ Штатахъ Сѣверной Америки.

Цистерны — суть резервуары, обыкновенно вырытые въ землѣ, со стѣнками обложенными глиной, деревомъ, металломъ или каменной кладкой и закрытые сверху. Онѣ соединены трубами или каналами съ крышами зданій и т. п. поверхностями, получающими атмосферные осадки. Вода изъ нихъ извлекается ведрами или насосами. Если есть основаніе опасаться переполненія цистерны, она снабжается водоотводной трубой.

Чтобы цистерна давала неиспорченную воду необходимо:

1) автоматически или инымъ способомъ не допускать въ нее первыхъ водъ, стекающихъ съ крыши, такъ какъ такія воды всегда грязны;

2) давать отстаиваться собираемой водѣ въ особомъ резервуарѣ, откуда она переливалась бы постепенно въ самую цистерну;

3) сдѣлать стѣнки цистерны вполнѣ непроницаемыми, чтобы предовратить всякій доступъ въ цистерну грунтовымъ водамъ и предупредить потери собираемой воды;

4) избѣгать всякихъ соединеній отводной трубы съ водосточными трубами дома, чтобы въ цистерну не могли проникать сточныя воды и газы;

5) примѣнять для цистерны матеріалы, не портящіеся отъ воды (известковый растворъ передаетъ въ воду известь, желѣзо дѣлаетъ воду ржавой, деготь сообщаетъ ей дурной вкусъ и запахъ и т. д.);

6) помѣстить устье всасывающей трубы такъ, чтобы оно было всегда въ водѣ и въ то же время далеко отъ поверхности, гдѣ плаваютъ разныя тѣла и отъ дна, гдѣ есть осадокъ грязи;

7) сохранять воду цистерны въ темнотѣ, чтобы предупредить развитіе въ ней животной и растительной жизни;

8) чистить не менѣе двухъ разъ въ годъ всѣ части цистерны до дна.

Значительнымъ усовершенствованіемъ въ дѣлѣ устройства цистернъ явилось примѣненіе къ нимъ фильтровъ, дѣйствующихъ или въ моментъ собиранія воды или въ моментъ ея извлеченія изъ цистерны.

Первый типъ давно примѣняется въ Венеціи (черт. 100—104), второй болѣе новый, распространенъ въ Соединенныхъ Штатахъ (черт. 105, 106).

Венеціанскія цистерны представляютъ собой резервуаръ въ формѣ усѣченной пирамиды, вырытый въ землѣ, со стѣнками обложенными мятой глиной. Резервуаръ этотъ наполненъ пескомъ. Вода входитъ въ него по желобамъ и поступаетъ въ галлерею изъ кирпича, сложеннаго на-сухо; отсюда она, профильтровываясь чрезъ песокъ, достигаетъ центральнаго колодца чрезъ отверстія, оставленныя внизу въ каменной кладкѣ его стѣнъ.

Въ американскихъ цистернахъ всасывающая труба погружена въ особую камеру, отдѣленную отъ цистерны пористой стѣнкой изъ камня, кирпича или даже угля.

Иногда всасываніе дѣлается просто чрезъ постоянный или съемный фильтръ. Иногда же резервуаръ цистерны и фильтръ совершенно разобщены и вода проходитъ чрезъ особый фильтръ прежде чѣмъ попасть въ снабжающую домъ трубу.

Размѣры цистерны могутъ быть въ нѣкоторыхъ случаяхъ довольно велики (см. черт. 107, 108). Каковы бы ни были, однако, усовершенствованія, вносимыя въ устройство цистернъ, они не могутъ устранить самаго важнаго ихъ недостатка—неспособности доставить значительные запасы воды, какіе бываютъ нужны для большихъ городовъ. Для этой цѣли необходимо собирать осадки съ очень большихъ площадей и имѣть резервуары часто огромныхъ размѣровъ.

Такая потребность удовлетворяется образованіемъ искусственныхъ *наземныхъ водохранилищъ*, т. е. *искусственныхъ озеръ* (см. § 42).

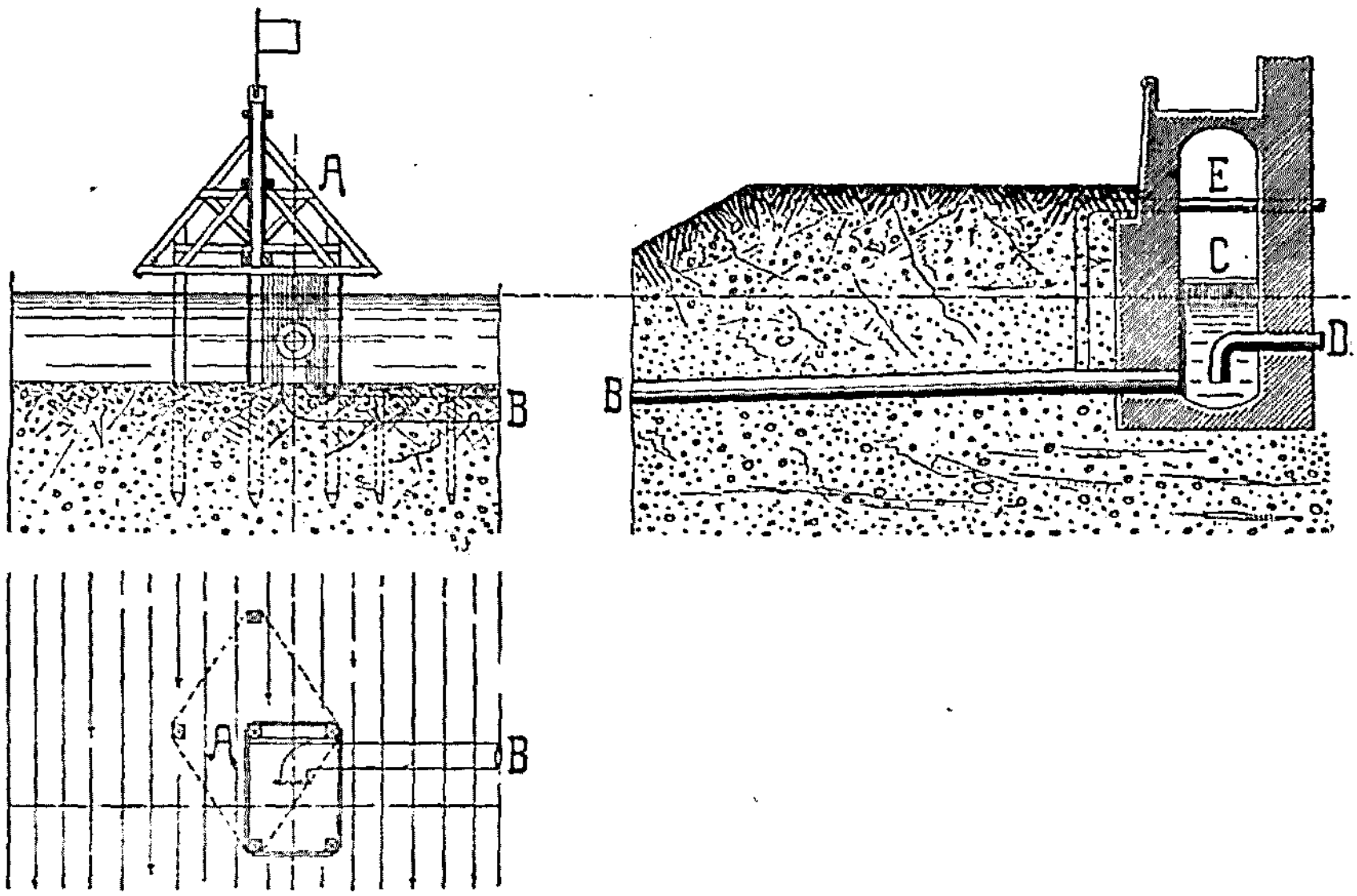
§ 41. Добываніе воды изъ ручьевъ, рѣкъ и озеръ.

Добываніе воды изъ ручьевъ и рѣкъ, т. е. изъ потоковъ, движущихся по земной поверхности, требуетъ особыхъ сооруженій для захвата и направленія воды.

Устройство этихъ сооруженій зависитъ отъ того, должна ли захваченная вода перемѣщаться далѣе силой тяжести по канавѣ, каналу, трубѣ или же она перемѣщается посредствомъ машинъ, а также отъ того, захватывается ли весь потокъ или только часть его.

а) Когда отводимое количество воды незначительно по сравненію съ расходомъ обильнаго водой потока, захватное сооруженіе состоитъ изъ колодца или камеры, поставленной въ рѣкѣ и соединенной съ водопроводомъ, или же даже изъ одной трубы (черт. 109—111). Если вода

Снабженіе рѣчной водой.



Черт. 109, 110 и 111.

Пріемникъ воды изъ рѣки Сены близъ Иври для водоснабженія города Парижа.

A—Надстройка для указанія мѣста водопріемника проходящимъ судамъ;

B—Водопріемная труба, по которой вода течетъ въ водопріемный колодезь (*C*) самотокомъ;

C—Водопріемный колодезь;

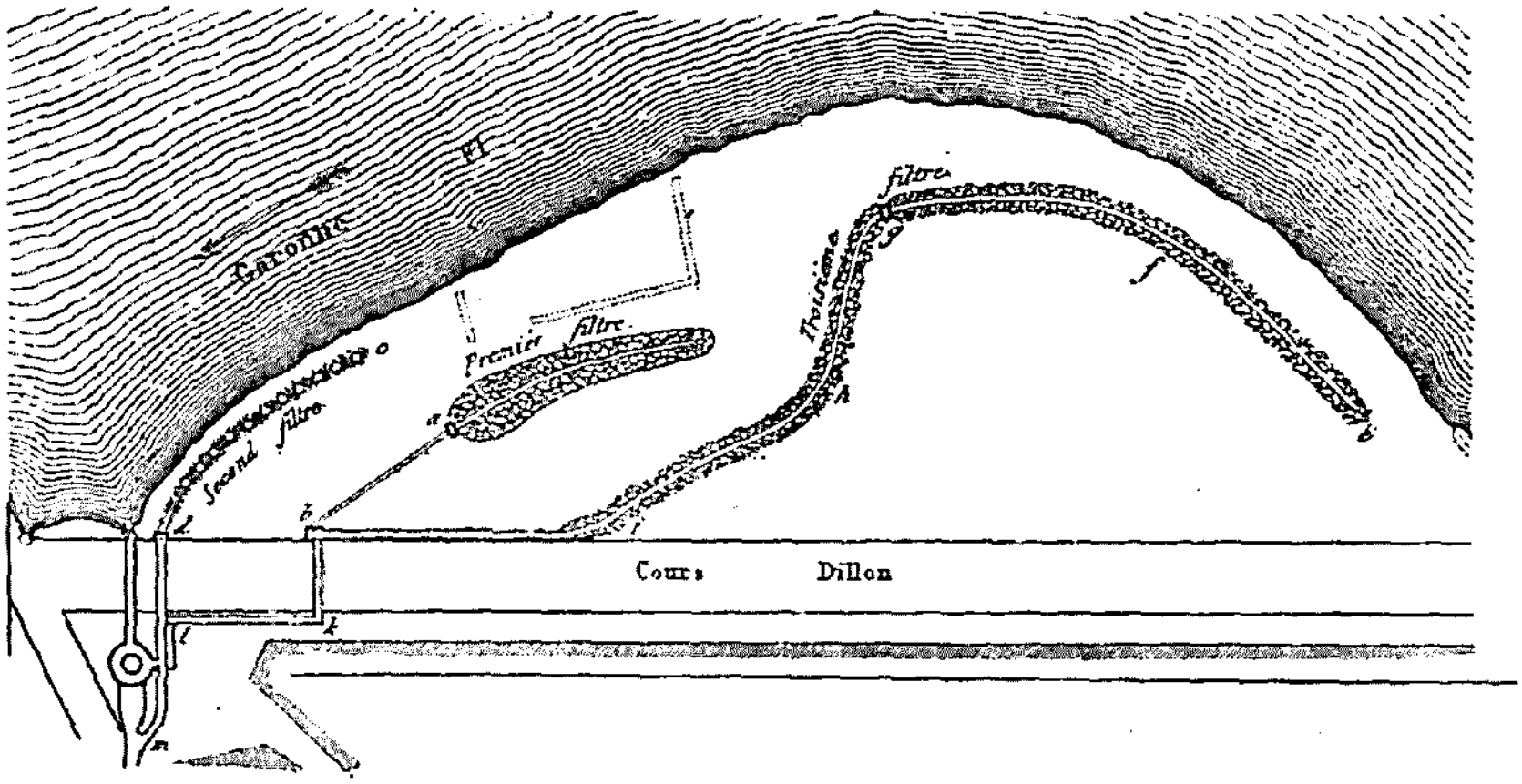
D—Всасывающая труба, ведущая къ насосамъ;

E—Труба, соединенная съ напорной трубой насосной станціи и служащая для промывки (въ случаѣ надобности) водопріемной трубы *B*.

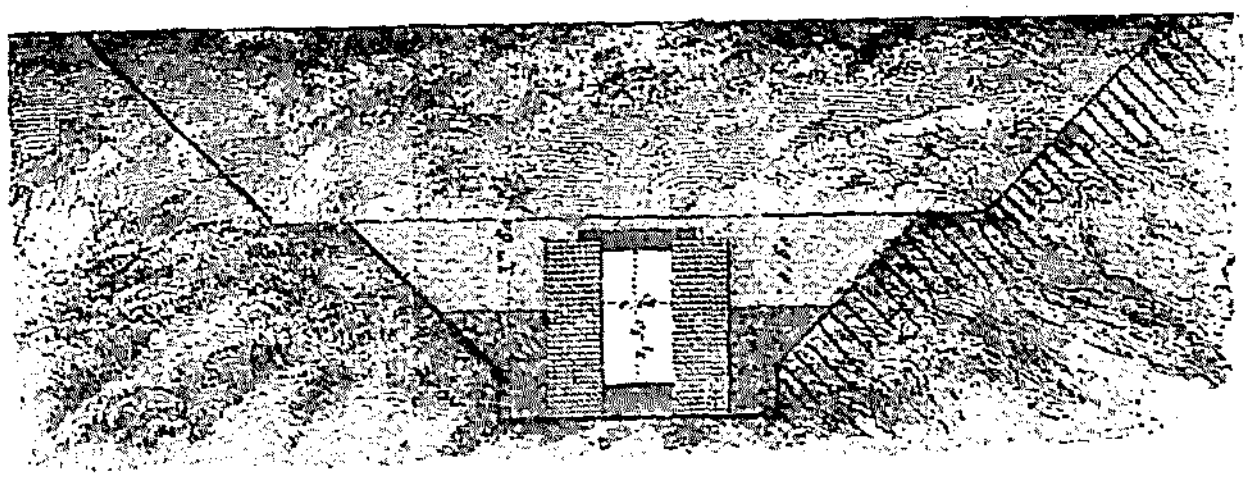
Устье водопріемной трубы *B* окружено рѣшетками со всѣхъ сторонъ для защиты отъ плавающихъ тѣлъ.

(Bechmann.—Salubrité urbaine etc.).

Водоснабженіе города Тулузы.



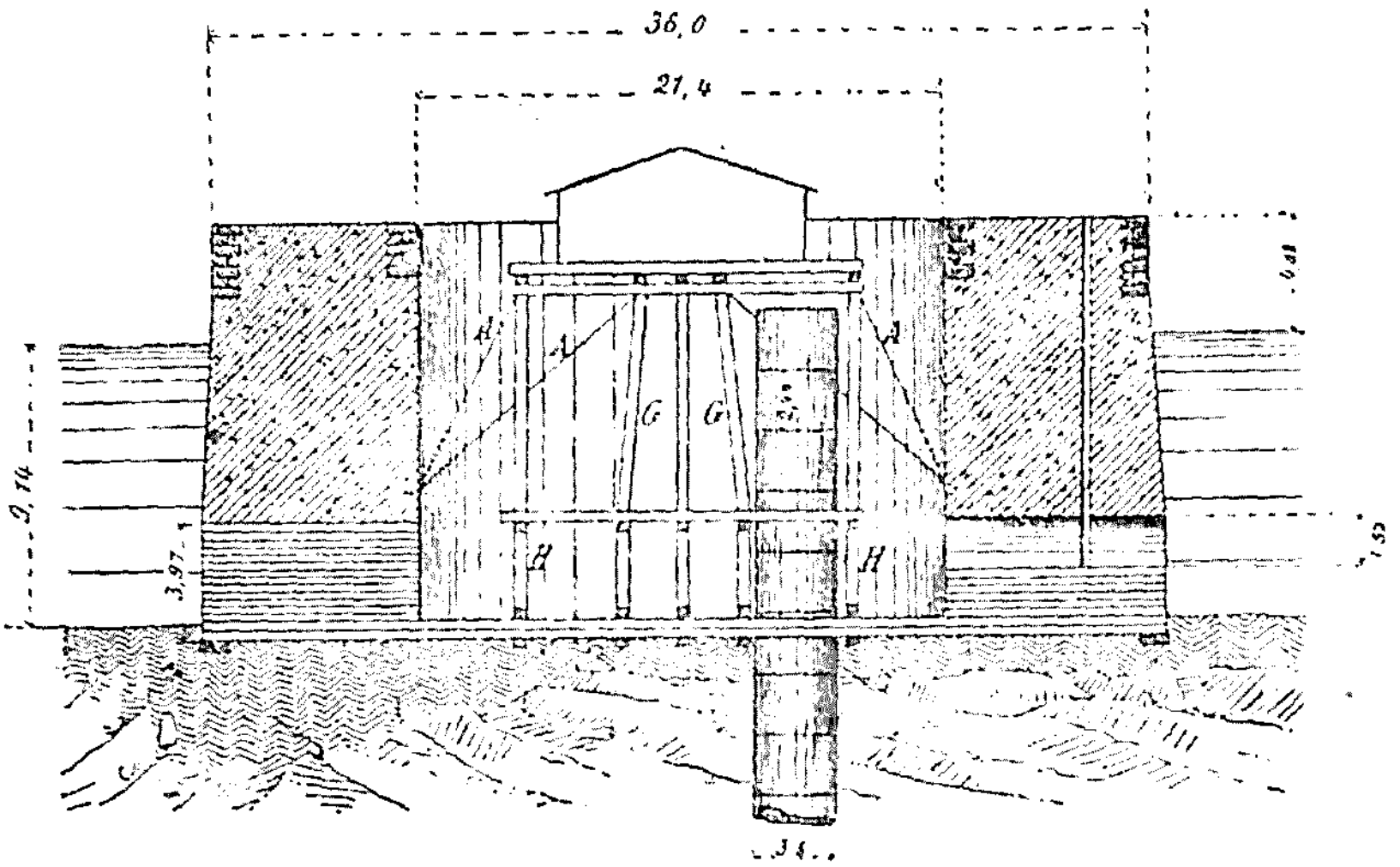
Черт. 112. — **Планъ водосборныхъ дренажныхъ галлерей.**



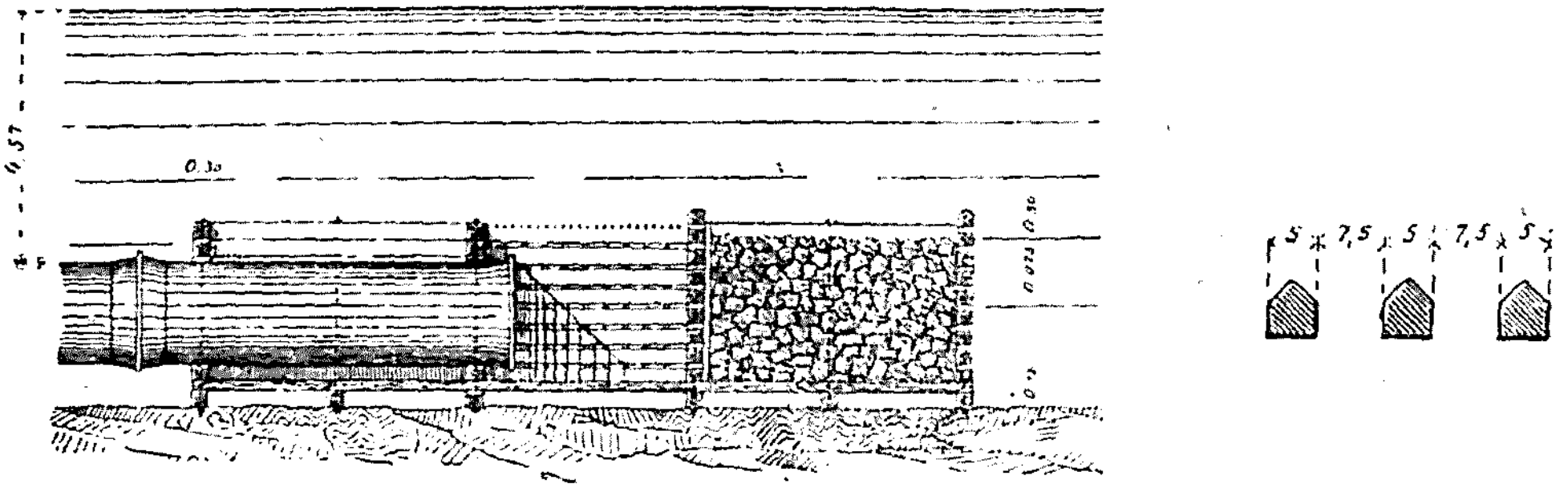
Черт. 113. — **Поперечный разрѣзъ галлереи.**

(Debauve, Distribution des eaux).

Снабженіе озерной водой.



Черт. 114. — **Водопріемникъ въ озерѣ Мичиганъ для города Чикаго.** Состоитъ изъ деревяннаго фундамента съ бетонной надстройкой. Фундаментъ высотой 3,97 метра имѣетъ форму кольца; внѣшній діаметръ 36 м., внутренній—21,4 м. Онъ построенъ, какъ ряжи, на берегу, изъ 30 сант. лѣса, прибуксированъ и погруженъ. Надстройка бетонная—сдѣлана въ желѣзномъ кессонѣ, тоже построенномъ на берегу и прибуксированномъ.



Черт. 115 и 116.—**Водопріемникъ въ озерѣ Онтаріо для города Торонто** (продольный разрѣзъ и деталь деревянной рѣшетки). Водопріемникъ состоитъ изъ деревяннаго ряжа площадью 14,20 × 14,20 кв. метровъ, раздѣленнаго на 9 камеръ и загруженнаго камнемъ. (Масштабъ $^1/_{225}$, размѣры въ метрахъ). Въ центральную камеру входитъ всасывающая деревянная съ чугунными фланцами труба діаметромъ въ 1,83 м. Центральная камера прикрыта деревянной рѣшеткой, детали которой показаны особо (размѣры въ дюймахъ).

въ рѣкѣ недостаточно чиста и берега ея состоятъ изъ легко проницаемаго водой неразмываемаго грунта (песка или гравія), то пріемники помѣщаются не въ самой рѣкѣ, а въ берегѣ на нѣкоторомъ отъ рѣки разстояніи. Они состоятъ въ такомъ случаѣ изъ дренажныхъ устройствъ вполнѣ аналогичныхъ съ тѣми, которыя описаны далѣе въ § 46 и служатъ для собиранія грунтовой воды. Такой типъ добыванія рѣчной воды называется обыкновенно «естественнымъ фильтрованіемъ» (см. черт. 112 и 113).

б) Когда нужна довольно значительная часть расхода обильнаго водой потока, дѣлаютъ *водораздѣлительныя* или *водоподъемныя* сооруженія (см. курсы Орошенія и Водяныхъ Сообщеній), которыя отводятъ въ каналъ желаемое количество воды. Раздѣлительныя сооруженія дѣлаются, когда для отведенія воды изъ рѣки не требуется ея предварительнаго подъема. Если же таковой нуженъ, то рѣка преграждается водоподъемной плотиной, которая, возвышая горизонтъ воды въ рѣкѣ, позволяетъ брать воду съ большей высоты.

в) Наконецъ, когда требуемый расходъ воды превышаетъ меженній расходъ потока, его преграждаютъ водоудержательной плотиной образуя резервуаръ и дѣлаютъ отводной каналъ или трубу. Плотина должна имѣть водосливъ для паводковъ и допускать очистку подпертаго резервуара. Резервуары такого рода дѣлаются на рѣкахъ съ небольшими меженними расходами и даютъ возможность накоплять воду во время паводковъ, образуя запасы на время межени. Подробности ихъ устройства см. § 42.

Типы всѣхъ перечисленныхъ устройствъ очень разнообразны. Общія условія, которымъ они должны удовлетворять, таковы:

Пріемникъ воды изъ ручья или рѣки долженъ быть поставленъ вдали отъ всякаго источника зараженія и загрязненія воды потока, каковы фабрики, бани, водостоки и пр. Въ большихъ рѣкахъ пріемникъ нужно ставить въ мѣстахъ съ возможно быстрымъ теченіемъ, т. е. по преимуществу вдали отъ берега, избѣгая мѣстъ, гдѣ недостатокъ скорости или подпоръ способствуютъ скопленію наносовъ и плавающихъ отбросовъ.

Пріемникъ долженъ быть по возможности огражденъ отъ проникновенія въ него плавающихъ тѣлъ; для этой цѣли служатъ рѣшетки, сѣтки и т. п.

Пріемникъ долженъ по возможности брать воду съ наименьшимъ

количествомъ взвѣшенныхъ твердыхъ частей. Съ этой цѣлью вода берется на нѣкоторомъ опредѣленномъ уровнѣ: или у поверхности посредствомъ водослива, или на нѣкоторой глубинѣ — посредствомъ особыхъ отверстій. Иногда при перемѣнномъ горизонтѣ воды въ рѣкѣ, озерѣ или водохранилищѣ для захвата воды на постоянной глубинѣ употребляютъ даже качающіяся плавающія трубы, впускное отверстіе коихъ находится на неизмѣнномъ разстояніи отъ поверхности воды (черт. 124, 125).

Пріемникъ долженъ *допускать легкую и удобную очистку* отъ грязи, которая непремѣнно будетъ скопляться въ нихъ, не смотря на всѣ указанныя выше мѣры. При открытыхъ сверху сооруженіяхъ (камеры, каналы) эта очистка не затруднительна. При всасывающхъ трубахъ (см. черт. 109—111) прибѣгаютъ къ очисткѣ воды подъ сильнымъ давленіемъ. Всасывающая труба закрывается краномъ и въ нее вгоняется вода изъ нагнетательной трубы городской сѣти, чѣмъ и достигается промывка.

Если разстояніе между устьемъ такой трубы и насосной станціей велико, то предпочитаютъ устраивать у насосной станціи колодезь, къ которому вода рѣки идетъ по трубѣ самотекомъ и изъ котораго насосы уже высасываютъ воду. Такой колодезь является тогда мѣстомъ складыванія наносовъ и очистка его происходитъ безъ затрудненій. Подобное устройство пріемника тѣмъ цѣлесообразнѣе, что при большой длинѣ всасывающей трубы трудно быть увѣреннымъ въ непроницаемости ея стыковъ; чрезъ плохіе же стыки въ трубу могутъ входить грунтовыя воды, часто очень подозрительнаго характера.

Пріемникъ воды изъ рѣки, на которой есть судоходство, долженъ быть защищенъ отъ удара судовъ и обозначенъ дневными и ночными знаками.

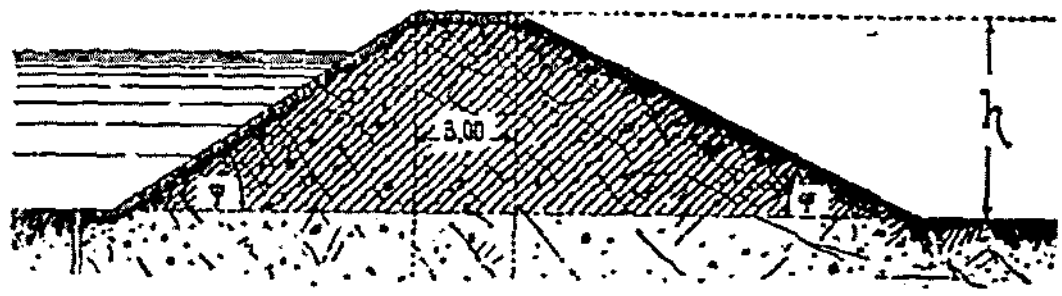
Наконецъ, необходимы также мѣры противъ разрушенія ледоходомъ.

Примѣрами различныхъ рѣчныхъ пріемниковъ могутъ служить указанные на чертежахъ 109—113.

Условія, коимъ должны удовлетворять *озерные пріемники*, въ общемъ мало отличаются отъ рѣчныхъ. Нѣкоторую особенность составляетъ необходимость заботиться о возможномъ постоянствѣ температуры воды, вслѣдствіе чего желательно получать ее съ довольно значительныхъ глубинъ, и о защитѣ пріемника отъ волненія, которое на большихъ озерахъ можетъ имѣть серіозное значеніе.

Примѣры озерныхъ пріемниковъ показаны на чертежахъ 114—116.

Земляныя плотины.

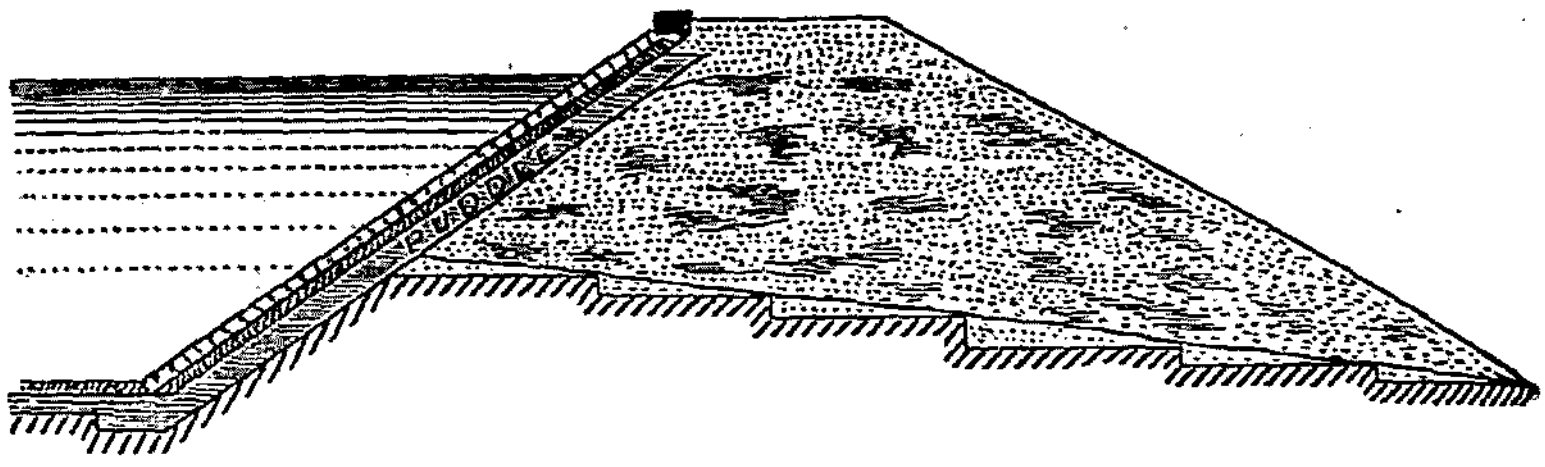


Черт. 117.

Схематическій разрѣзъ земляной плотины по Lueger'у (p. 322).

Составъ грунта—40% глины и 60% песка. Ширина по верху въ метрахъ = $= b = 3{,}00 + 0{,}3\ (h - 3)$. Откосъ со стороны воды 1 : 2,5 до 1 : 3. Противоположный откосъ — 1 : 2. Объемъ плотины на погонный метръ =

$$= J = bh + h^2 \left(\frac{Co\,tg\,\psi = Co\,tg\,\varphi}{2}\right).$$



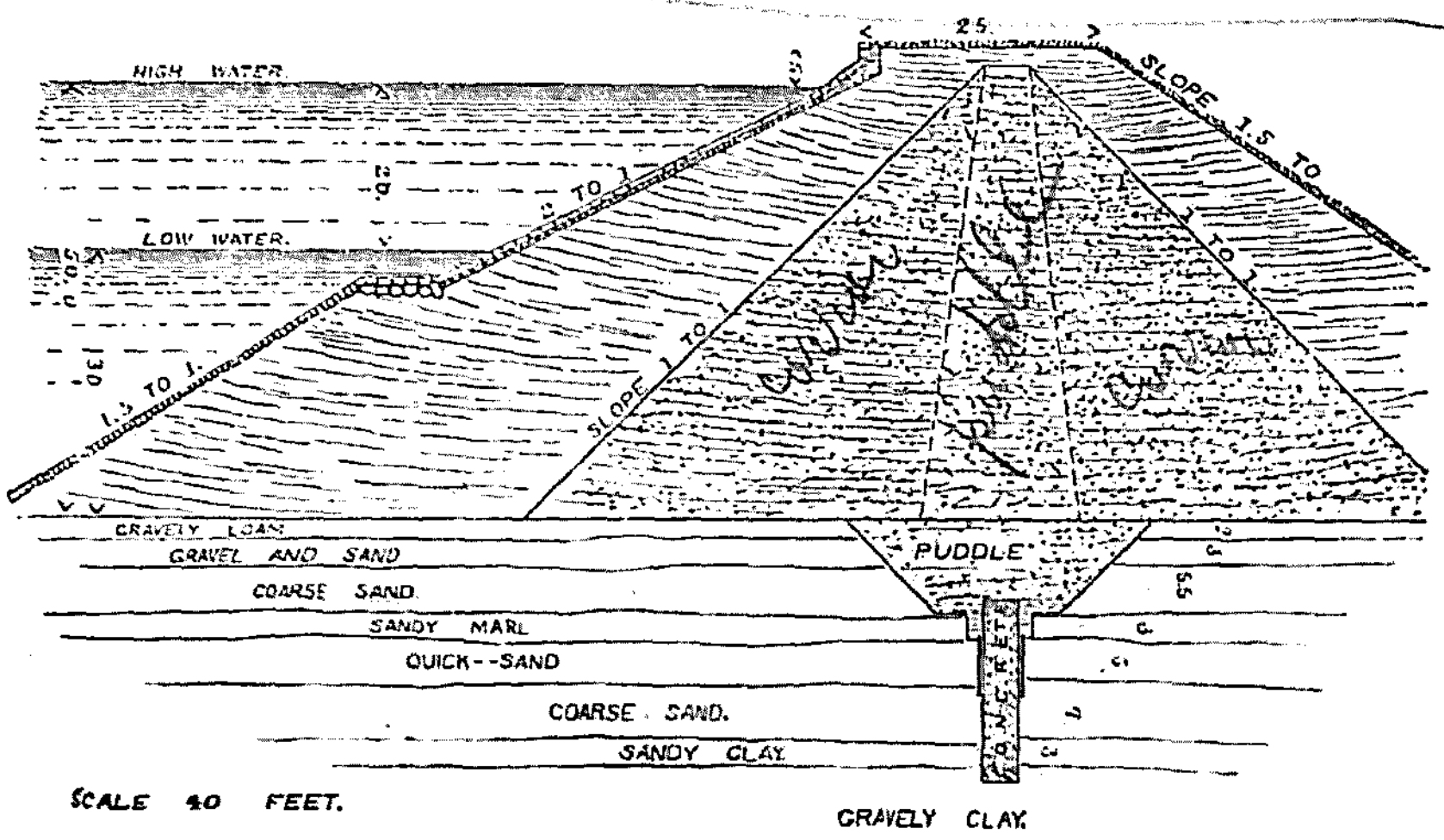
Черт. 118.

Профиль земляной плотины съ слоемъ мятой глины,

положеннымъ подъ мостовой откоса, обращеннаго къ водѣ.

(M. Lane—Fanning, p. 352).

Земляныя плотины.



Черт. 119. — **Профиль земляной плотины, примѣненный инж. Fanning'омъ въ мѣстности, гдѣ глины было мало. Внизу бетонная охранная противъ фильтраціи стѣнка (concrete) толщиной въ 4 фута, далѣе ядро изъ мятой глины съ пескомъ (puddle), до поверхности земли, затѣмъ ядро плотины изъ корруа, прикрытое съ обѣихъ сторонъ и сверху общей одеждой изъ обыкновенной земли, бывшей подъ руками. Откосъ со стороны воды вымощенъ.**

Составъ бетона:

1 часть крупнаго песка;
1 „ мелкаго песка;
1 „ портландскаго цемента;
4 части щебня.

Составъ перваго (внутренняго) глиняного ядра (puddle):

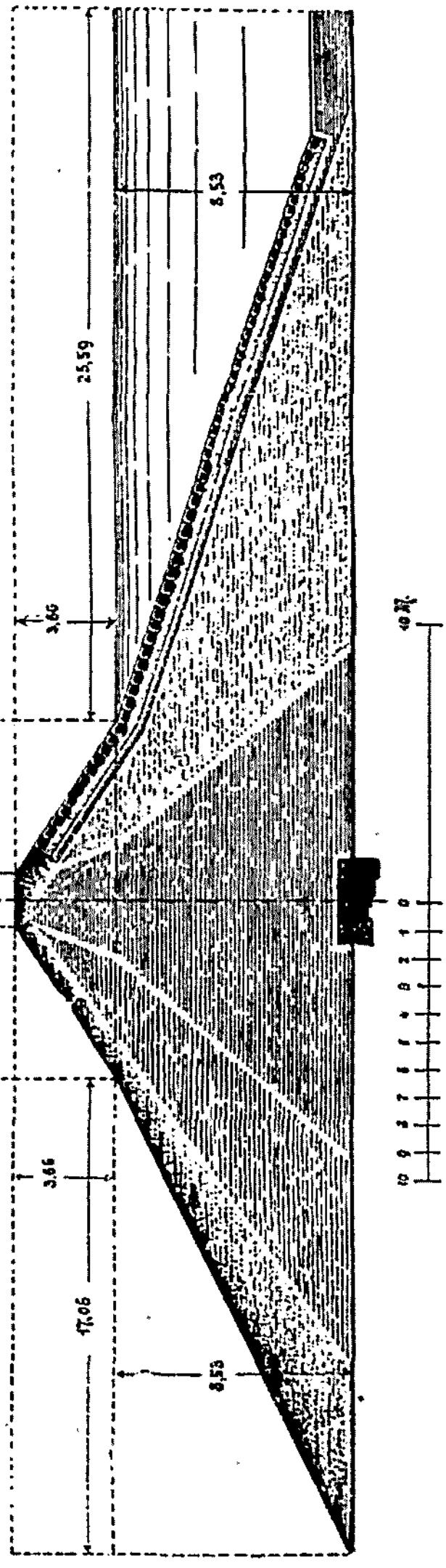
1 часть крупнаго и мелкаго гравія;
1 часть мелкаго песка;
1 часть хорошей глины.

Составъ второго (наружнаго) глинянаго ядра:

Крупнаго гравія	1,00	куб. ярдъ
Мелкаго гравія	0,35	„ „
Песка	0,15	„ „
Глины	0,20	„ „
	1,70	куб. ярдъ.

Составъ этого второго ядра опредѣлялся по условію, чтобы смѣсь была водонепроницаема и всѣ промежутки между частицами болѣе крупными были заполнены болѣе мелкими, а тончайшіе швы заполнены глиной. Ядро дѣлалось слоями; сначала сыпали 2 дюйма гравія, потомъ соотвѣтствующія количества песка и глины. Затѣмъ пропускалась борона пока всѣ матеріалы не перемѣшивались въ достаточной мѣрѣ. Послѣ этого слой обрызгивался водой и укатывался каткомъ вѣсомъ въ 120 пудовъ. Боковыя части изъ земли назначенныя для защиты ядра отъ мороза, дѣлились одновременно съ ядромъ соотвѣтствующими слоями и укатывались тѣми же катками (Fanning, p. 348).

Земляная плотина.

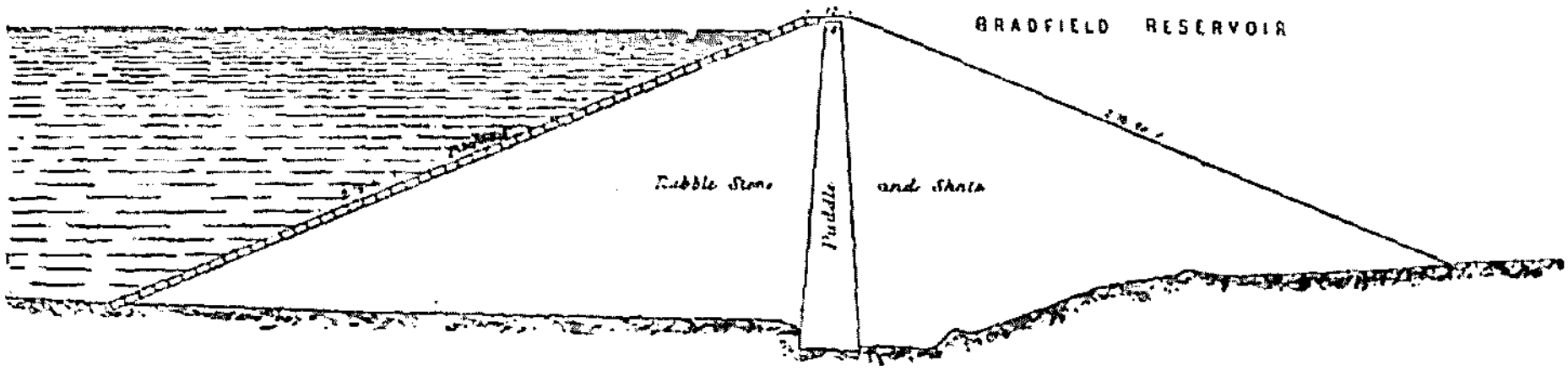


Черт. 120.

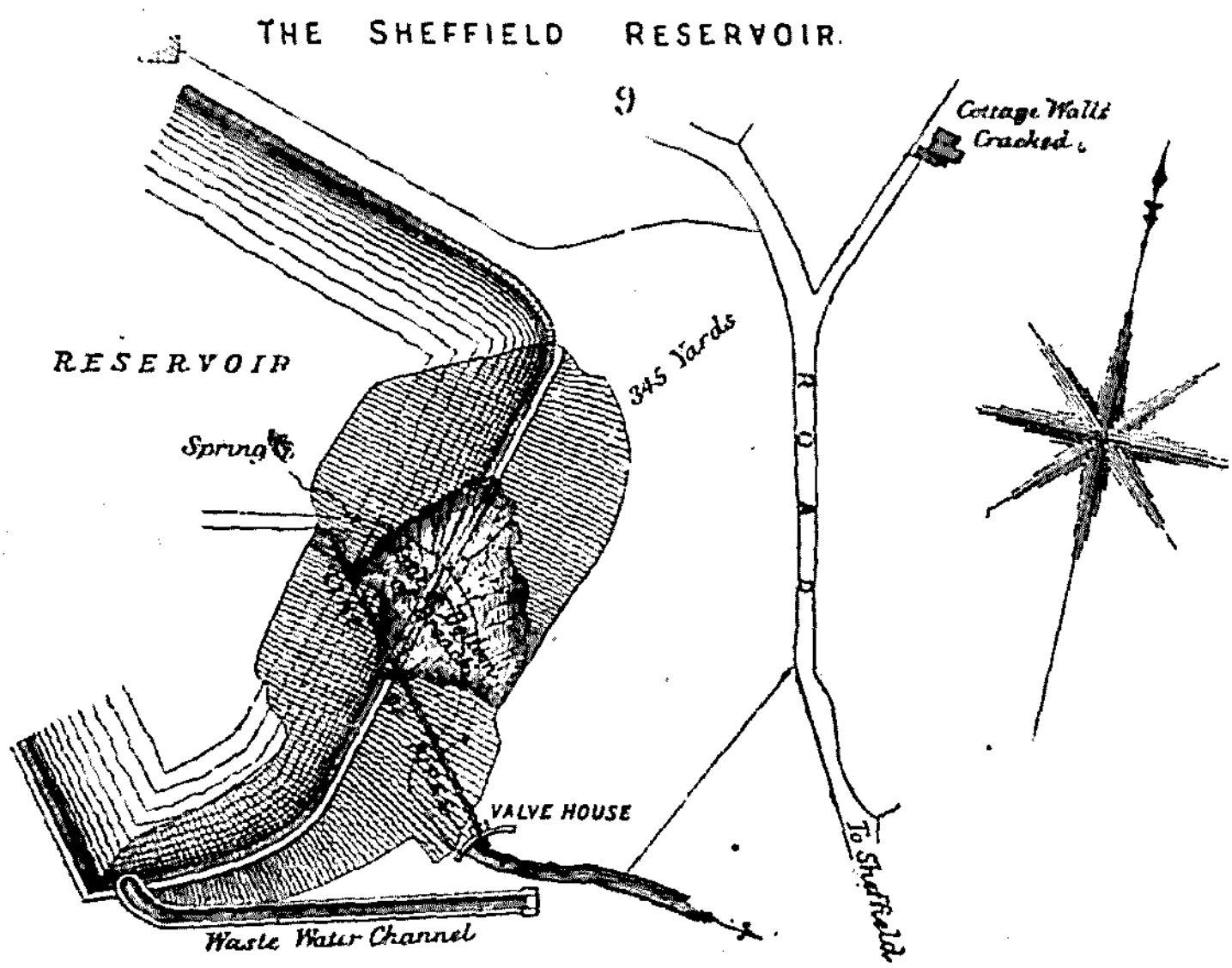
Земляная плотина Ashti въ Индіи, построенная въ 1876—82 гг. для оросительнаго водохранилища.

Объемъ водохранилища — 40 милліоновъ куб. метр., площадь 1.100 гектаровъ, бассейнъ — 24.000 гектаровъ. Длина плотины — 3,9 километра, наибольшая высота 17,68 метра. Подъ всей плотиной вырытъ ровъ шириной 3,05 м. до водонепроницаемаго слоя и заполненъ глиной. Самое тѣло плотины состоитъ изъ центральнаго ядра изъ глинистаго грунта, по обѣимъ сторонамъ коего насыпана вязкая чистая земля, причемъ со стороны долины между ядромъ и одеждой еще имѣется слой глинистаго грунта, употребленнаго для ядра, въ смѣси съ пескомъ. Работа производилась слоями въ 20 сантиметровъ съ укаткой. Откосъ, обращенный къ водѣ, вымощенъ. (Toler Burke Ch. The Ashti tank. Min. Proc. Inst. C. E. 1884 и Lueger p. 346).

Земляныя плотины.



Черт. 121.—Профиль земляной плотины водохранилища, служившаго для водоснабженія города Шеффильда. Высота плотины 95 ф., ширина по верху 12 футъ, откосы $2^1/_2$: 1. Центральный массивъ изъ мятой глины имѣлъ 16 ф. внизу и 4 фута вверху. Матеріалъ: центральное ядро изъ мятой глины, остальныя части изъ каменной наброски и глины. Въ Мартѣ 1864 года эта плотина была разрушена напоромъ воды. Причина разрушенія—неудовлетворительность конструкціи и выборъ неподходящаго матеріала — каменной наброски (Jacob).



Черт. 122 — **Планъ Шеффильдскаго водохранилища послѣ прорыва плотины.** Spring — ключъ; line of bottom of breach — линія низа бреши (ось бреши); line of pipes — линія трубъ; waste water channel — водосливъ; valve house — камера затворовъ.

При устройствѣ рѣчныхъ и озерныхъ пріемниковъ въ сѣверныхъ мѣстностяхъ серьезное вниманіе должно быть обращено на предохраненіе устьевъ пріемныхъ трубъ отъ засоренія плавающимъ льдомъ и обмерзанія. Опытъ Петербурга показываетъ, что подъ совокупнымъ дѣйствіи этихъ двухъ явленій можетъ значительно сокращаться притокъ воды по пріемной трубѣ и даже совсѣмъ прекращаться на извѣстный промежутокъ времени (см. докладъ Второму русск. водопроводному съѣзду *М. И. Алтухова*—по вопросу объ обмерзаніи водопріемныхъ трубъ С.-Петербургскаго водопровода и *І. І. Словиковскаго*—«о вліяніяхъ, сопровождающихъ замерзаніе рѣкъ»).

Вопросъ о мѣрахъ при помощи коихъ слѣдуетъ бороться съ этими явленіями при устройствѣ и эксплуатаціи водопроводовъ представляется еще однако, мало выясненнымъ. Второй русскій водопроводный съѣздъ 1895 года ограничился по этому предмету лишь слѣдующими постановленіями:

1) «*предложить инженерамъ завѣдующимъ ручными водопроводами, производить изслѣдованіе явленій, сопровождающихъ замерзаніе рѣкъ*»; .

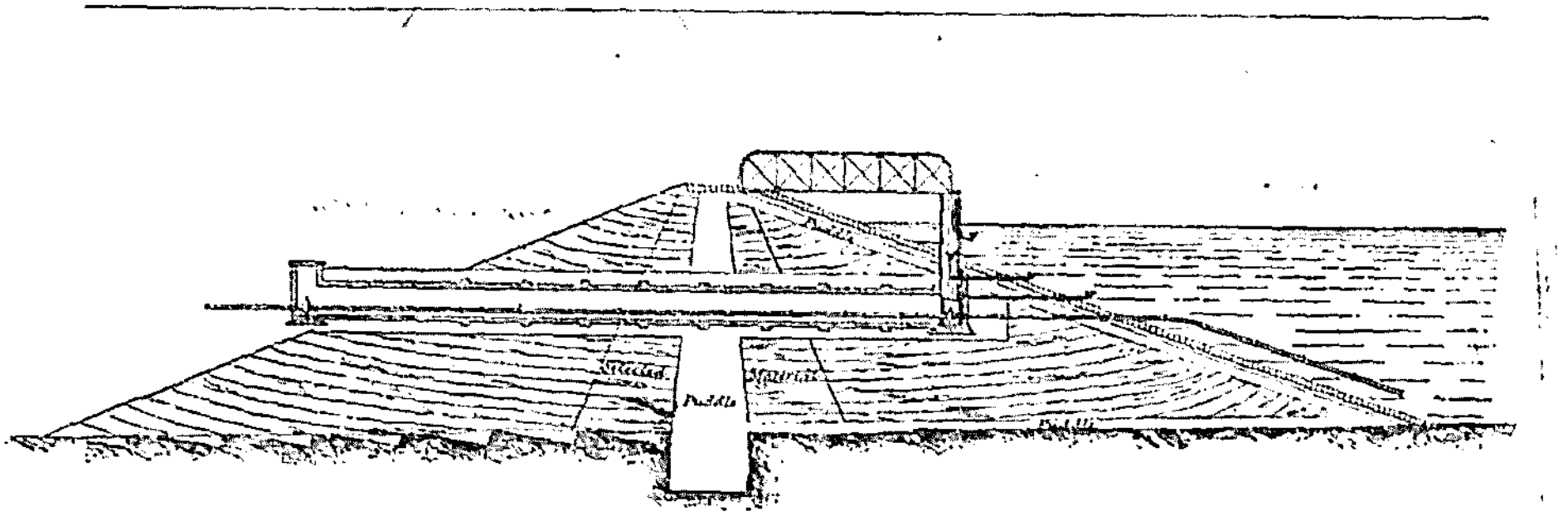
2) «*выяснить, при какихъ условіяхъ сосуны (всасывающія трубы) въ виду предупрежденія обмерзанія ихъ, должны быть располагаемы, вблизи берега, по срединѣ рѣки, или же въ отдѣльныхъ бассейнахъ*»

§ 42. Водохранилища съ водоудержательными плотинами для собиранія текучихъ и атмосферныхъ водъ.

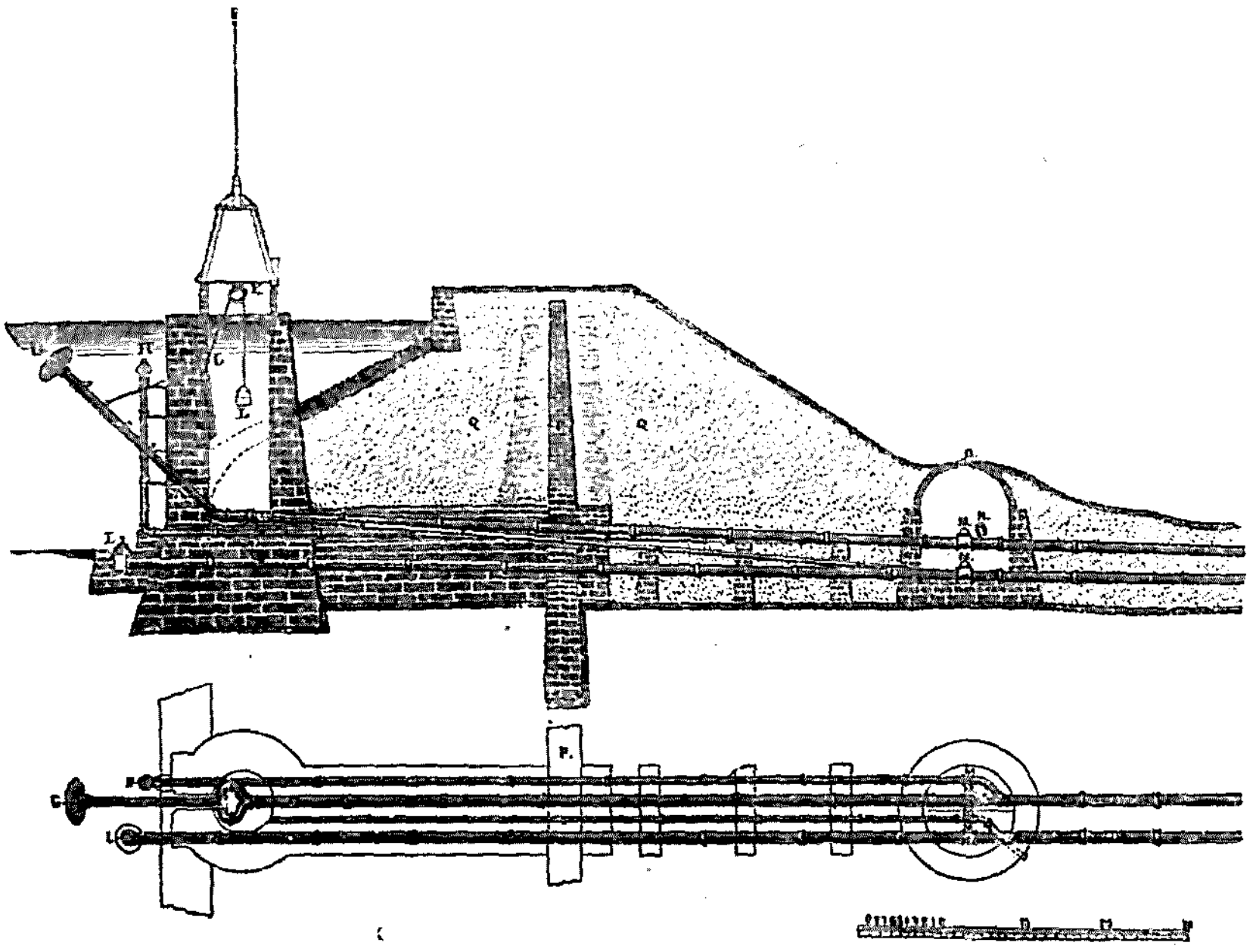
Сооруженія этого рода не составляютъ предметъ достоянія курса Водоснабженія исключительно. Онѣ вошли въ курсъ Водяныхъ Сообщеній и Осушенія-Орошенія.

Тѣмъ не менѣе, въ виду значенія, которое имѣетъ этотъ источникъ водоснабженія для нѣкоторыхъ изъ нашихъ желѣзныхъ дорогъ и его большаго распространенія во всѣхъ странахъ для снабженія водой даже большихъ городовъ, представляется необходимымъ указать здѣсь основные принципы устройства *наземныхъ водохранилищъ.*

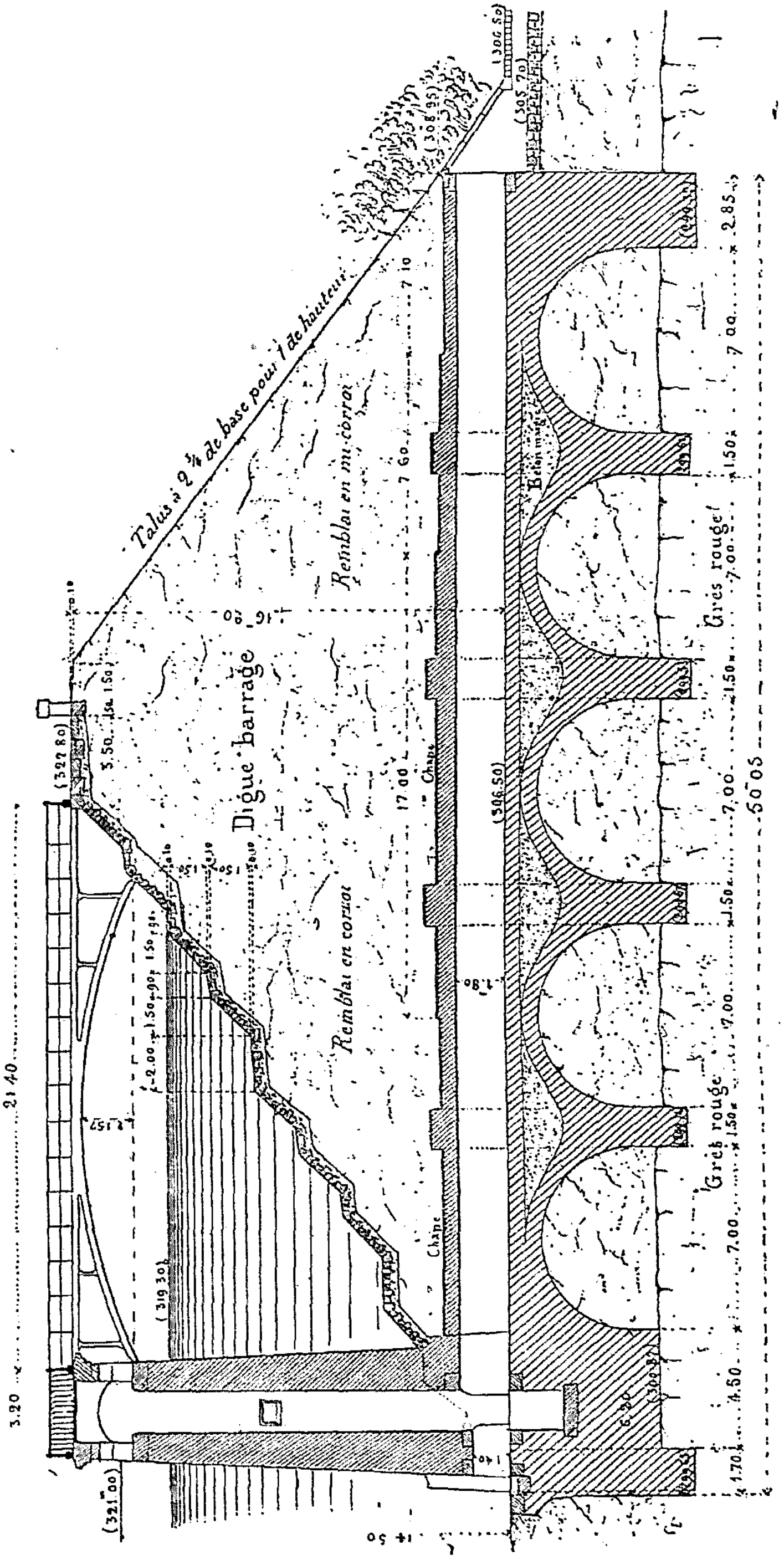
Особенное вниманіе должно быть обращено прежде всего на крайнюю важность обстоятельныхъ и подробныхъ *предварительныхъ изысканій и изслѣдованій мѣстныхъ условій.* Необходимо опредѣлить размѣры бассейна проектируемаго водохранилища; ко-



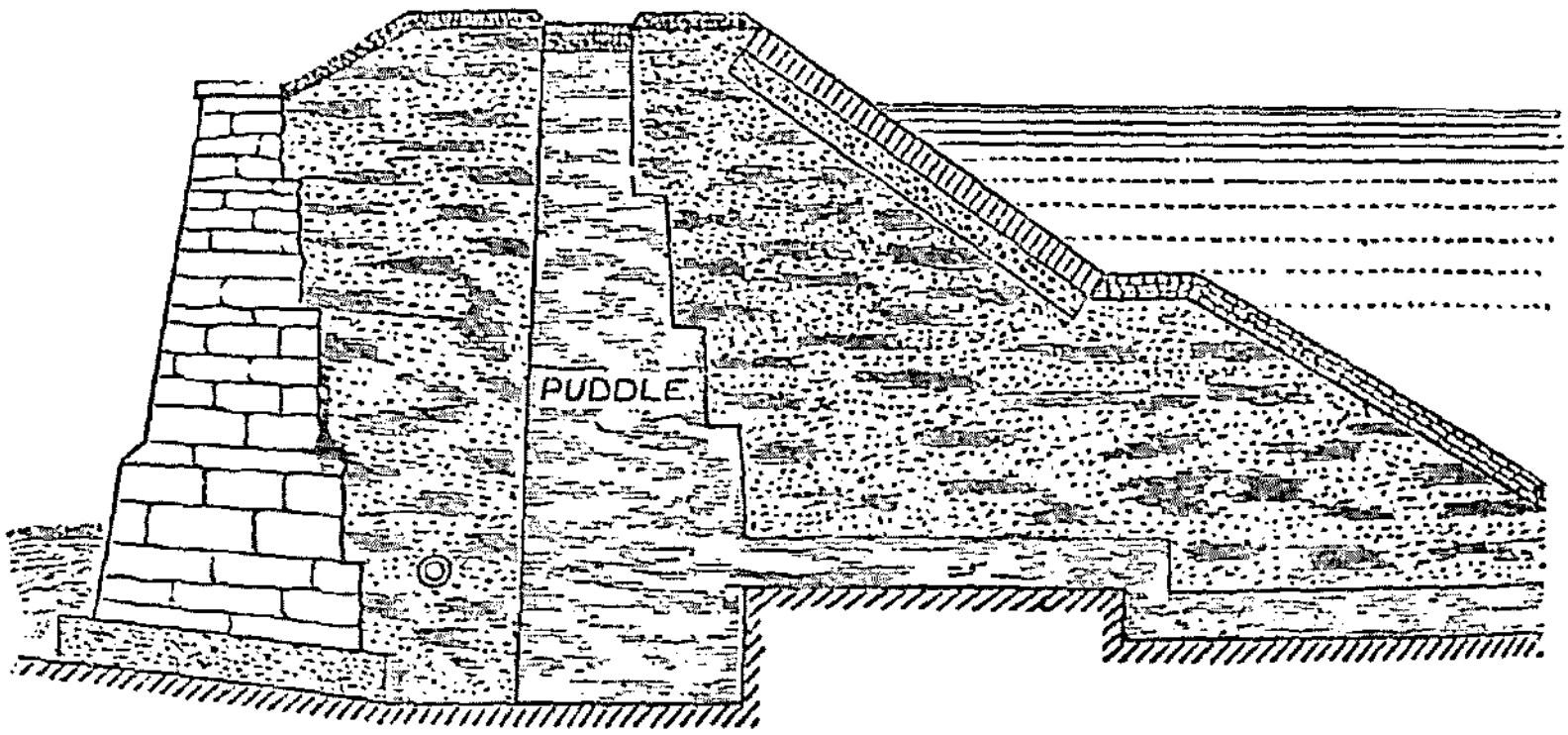
Черт. 123.—**Профиль земляной плотины Bideford'скаго водопровода.** Ея особенность—слой мятой глины не только имѣется въ видѣ центральнаго ядра, за коимъ слѣдуетъ избранный матеріалъ (Selected material), и только далѣе обыкновенная земля, но и подъ мостовой откоса со стороны воды. Нѣкоторые инженеры рекомендуютъ этотъ пріемъ. (Jacob, Storage Reservoirs, 1867, p. 21). Другая особенность—выпускная труба на срединѣ высоты плотины—едвали заслуживаетъ подражанія.



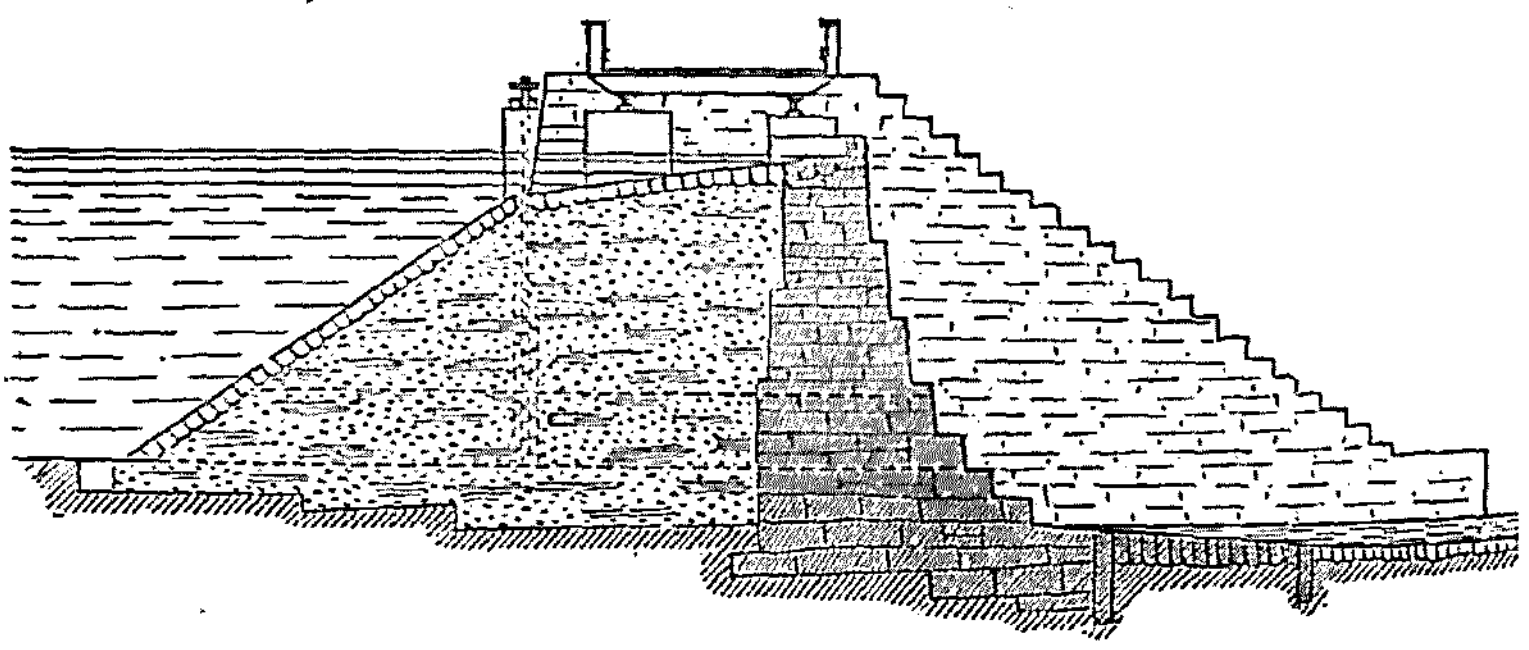
Черт. 124 и 125. — **Поперечный разрѣзъ и часть плана водоудержательной плотины въ Norvich въ штатѣ Коннетикутъ—С. Ш. С. А.).** Плотина сдѣлана изъ земли (*Q*). Трубы: водоразборная (*G*), водосливная (*H*) и водовпускная (*L*) уложены на каменномъ фундаментѣ и послѣ испытанія гидравлическимъ прессомъ задѣланы въ каменную кладку. Поверхность кладки сдѣлана съ выступами для лучшаго соединенія съ землей. Конецъ водоразборной трубы *G* движется на шарнирѣ и уравновѣшенъ противовѣсомъ *L*, перекинутымъ черезъ блокъ *K* и движущимся въ колодцѣ. Это позволяетъ брать воду изъ верхнихъ слоевъ. Краны трубъ *MM* въ особой камерѣ, съ лазомъ *O*. Сооруженіе построено Fanning'омъ, который признаетъ его удачнымъ. (Fanning. Стр. 357).



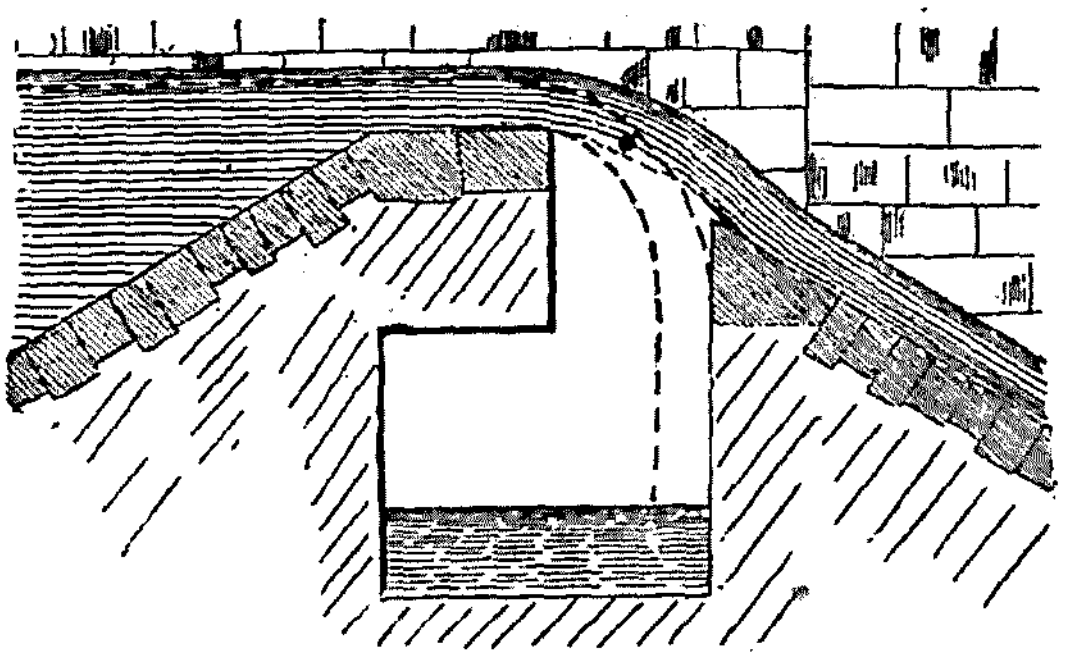
Черт. 126. — Поперечный разрѣзъ плотины резервуара Торси-Нёфъ (Torcy-Neuf).



Черт. 126. — Профиль земляной плотины съ поддерживающей стѣной изъ каменной кладки и центральнымъ массивомъ изъ мятой глины (puddle) (Fanning, p. 354).

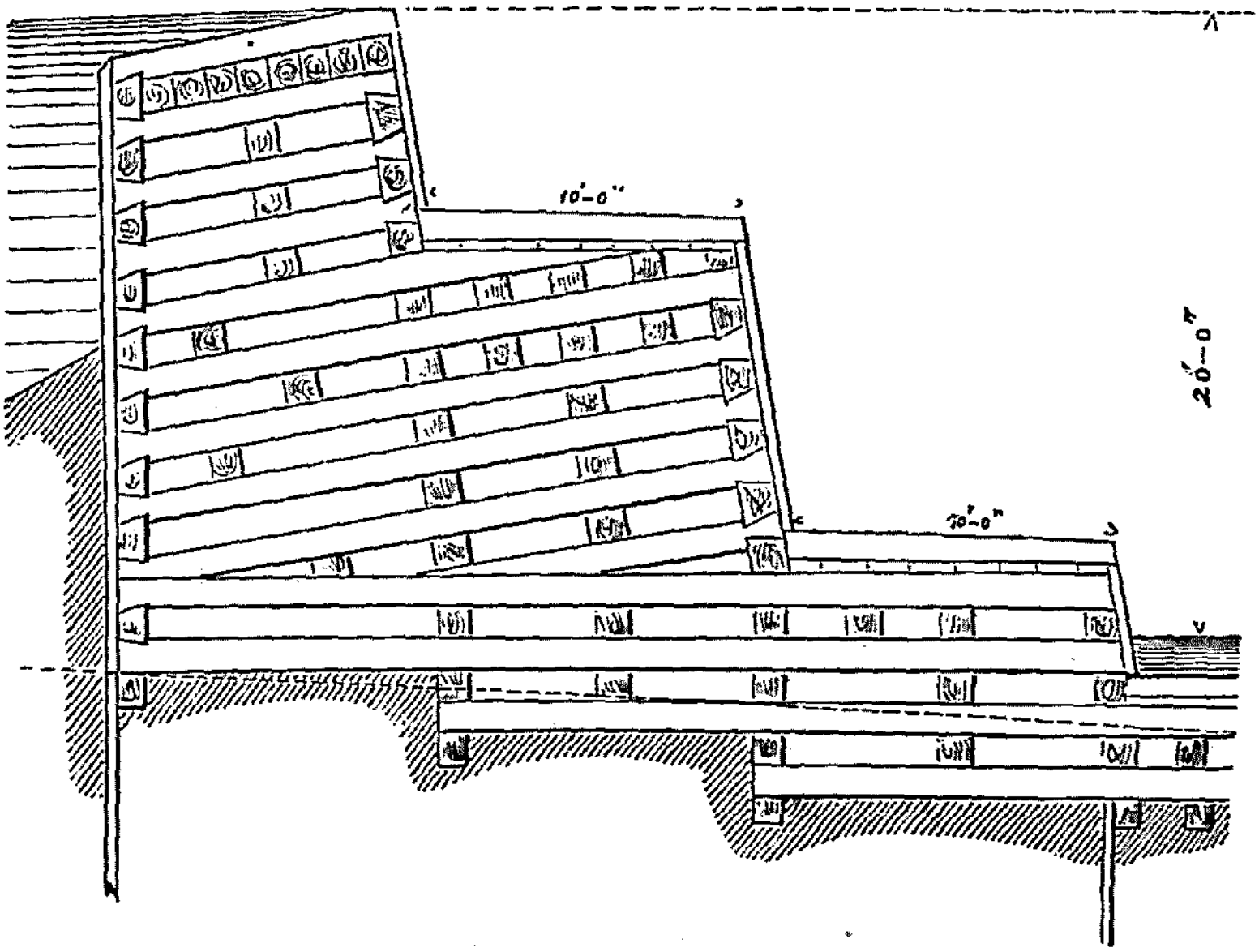


Черт. 127.—**Разрѣзъ водослива изъ каменной кладки, помѣщеннаго въ тѣлѣ земляной плотины** (размѣръ резервуара—2.400 англ. акровъ, размѣръ бассейна 40 англ. кв. миль, паденіе воды 25 футъ); надъ водосливомъ мостъ для экипажей (Fanning, p. 382).



Черт. 128. — **Водосливъ въ водоудержательныхъ плотинахъ Манчестерскаго водоснабженія.** Его особенность въ томъ, что при небольшой прибыли воды, когда она чиста и переливается тонкой струей, вода падаетъ въ продольный каналъ, откуда идетъ въ городъ; когда же при сильныхъ паводкахъ вода мутна и должна предварительно отстояться,—она переливается чрезъ водосливъ толстой струей болѣе прямой чѣмъ въ первомъ случаѣ, и, не попадая въ каналъ, стекаетъ въ нижній резервуаръ, гдѣ отстаивается.

Деревянныя плотины.



Черт. 129. — **Поперечный разрѣзъ водосливной плотины изъ дерева.**

Типъ этотъ рекомендуется Фаннингомъ въ мѣстности, гдѣ мало хорошаго и прочнаго камня и гдѣ дерево дешево. Сооруженіе имѣетъ ряжевой характеръ и поставлено на гравелистомъ грунтѣ. Паденіе 20 футъ раздѣлено на три уступа. Бревна отесаны съ двухъ сторонъ и совершенно освобождены отъ коры. Два досчатыхъ шпунтовыхъ ряда (впереди и сзади плотины) предназначены для защиты отъ подмыва. Разстояніе между лежнями въ продольной профили плотины — 5 футъ. Всѣ бревна связаны между собой болтами и заершенными гвоздями. Послѣдніе въ 30″ длины проходятъ чрезъ $2^1/_2$ бревна. По мѣрѣ укладки бревенъ они прикрѣпляются этими ершами и пространство между ними заполняется неразмываемымъ матеріаломъ, который плотно утрамбовывается. Если грунтъ скалистый, то деревянное строеніе прикрѣпляется къ нему также болтами.

Надъ сооруженіемъ размѣровъ показанныхъ на чертежѣ Фаннингъ допускаетъ толщину сливающагося слоя въ 6 фут. (Fanning, стр. 386).

личество выпадающихъ водъ, колебанія этого количества мѣсячныя, годовыя, многолѣтнія; максимумы расхода ливней; поглощательную способность почвы бассейна; величину испаренія въ разныхъ условіяхъ; затѣмъ необходимо, на основаніи этихъ данныхъ, опредѣлить количество воды, которое можетъ быть собрано, варіаціи этого количества въ зависимости отъ разныхъ условій и, вообще, ожидаемый режимъ резервуара.

Въ зависимости отъ этого режима должна быть спроектирована водоудержательная плотина. Для нея сверхъ того должно быть избрано наивыгоднѣйшее мѣсто, т. е. такое, которое позволяло бы собрать желаемый объемъ воды съ наименьшей затратой денегъ. Эта задача не можетъ быть разрѣшена однимъ топографическимъ изслѣдованіемъ мѣстности. Нужны еще тщательныя буренія, чтобы выяснить условія заложенія фундамента плотины, матеріалъ, изъ котораго она можетъ и (или) должна быть сдѣлана и пр. Обыкновенно вопросъ разрѣшается лишь по составленіи нѣсколькихъ варьянтовъ проекта. Онъ представляется тѣмъ болѣе сложнымъ, что не только плотину нельзя поставить на всякомъ грунтѣ, но и самый резервуаръ долженъ имѣть подъ собой надежный грунтъ. Огромный вѣсъ скопляемой воды можетъ совершенно нарушить естественныя условія равновѣсія грунта; размоченный разрыхленный грунтъ можетъ придти въ массовое движеніе и сдвинуть водоудержательныя сооруженія, хотя бы повидимому прочно основанныя.

Вмѣстѣ съ тѣмъ мѣстность, лежащая ниже по склону долины, будетъ въ огромной опасности отъ стихійнаго наводненія.

Примѣры такихъ бѣдствій, происшедшихъ отъ недостаточной прочности плотины или недостаточной надежности грунта, на которомъ были расположены резервуары, къ сожалѣнію весьма многочисленные, ярко свидѣтельствуютъ о томъ, какая отвѣтственность лежитъ на инженерѣ, создающемъ искусственное водохранилище и указываютъ на необходимость *ни въ какомъ случаѣ* не располагать ихъ въ непосредственной близости отъ городовъ и вообще большихъ центровъ населенія.

Между тѣмъ водоудержательная плотина и въ особенности земляная, кажется непосвященному самымъ простымъ инженернымъ сооруженіемъ, чѣмъ-то такимъ, что требуетъ менѣе всего знанія и опыта. Быть можетъ въ такомъ воззрѣніи слѣдуетъ искать объясненіе не-

сомнѣннаго факта, что крушенія водоудержательныхъ плотинъ были причиной большаго количества жертвъ жизнью людей и потерь денежныхъ, чѣмъ слабость всякихъ другихъ гидравлическихъ сооруженій.

Каждое поколѣніе видѣло такія ужасающія катастрофы. Съ прорывомъ плотины грозные потоки врывались въ долины, снося дома и мосты и губя въ своихъ волнахъ десятки, сотни, тысячи и даже десятки тысячъ человѣческихъ жизней.

Въ параллель этимъ несчастіямъ едва ли даже можно поставить занесенные на страницы исторіи прорывы дюнъ въ Голландіи или береговыхъ валовъ въ большихъ рѣкахъ.

Между ближайшими къ намъ крушеніями земляныхъ плотинъ нужно упомянуть о слѣдующихъ катастрофахъ:

въ Испаніи—плотина *Puentès*—30 Апрѣля 1802 года (608 утонувшихъ, 89 разрушенныхъ домовъ);

въ Англіи въ 1864 году — плотина *Шеффильдскаго* резервуара (238 утонувшихъ, 798 разрушенныхъ домовъ—см. черт. 121, 122);

въ Алжирѣ нѣсколько плотинъ, въ томъ числѣ плотина *Habra*—16 Сентября 1881 г.;

въ С. Америкѣ *Danbury*'ская плотина въ 1866 г., *Hartford*'ская—въ 1867 г., *New Bedford*'ская — въ 1868 г., *Mill River*'ская — въ 1875 г., *Worcester*'ская—въ 1876 г., плотина въ *South Fork* возлѣ Джонстауна (31 Мая 1889 года—болѣе 10.000 погибшихъ);

во Франціи—плотина въ *Bouzey* (27 Апрѣля 1895 г.). Подробности по этому послѣднему, а также Джонстаунскому, крушенію см. въ трудѣ М. Н. Герсеванова: «Крушенія инженерныхъ сооруженій». Спб., 1896. Изв. Соб. И. П. С., № 12. (Черт. 133—138).

Эти примѣры показываютъ также, съ какой тщательностью должны быть въ каждомъ частномъ случаѣ исполнены предварительныя изслѣдованія мѣстныхъ условій и разработанъ проектъ плотины со всѣми ея вспомогательными устройствами, каковы: водосливы, водоспуски, а равно съ какой заботливостью долженъ производиться осмотръ и ремонтъ сооруженій этого рода.

Заботливый ремонтъ нуженъ однако, и не только въ интересахъ безопасности, а также и въ интересахъ водоснабженія. При плохомъ состояніи сооруженій резервуара могутъ быть серьозныя потери воды. Кромѣ того въ резервуарѣ складываются всегда значительныя количества наносовъ, такъ какъ текучія воды приходятъ здѣсь въ со-

стояніе покоя. Наносы эти слѣдуетъ по возможности не допускать въ резервуаръ, устраивая для задержки ихъ особыя сооруженія или отводя въ сторону отъ резервуара полыя воды, содержащія много мути (см. черт. 144); тѣ же наносы, которые проникаютъ въ резервуаръ, нужно по возможности своевременно удалять, не давая имъ засорять водоспускные капалы, образовывать толстые отвердѣвшіе слои и пр.

Плотины резервуаровъ дѣлаютъ изъ земли, каменной кладки, бетона, дерева, желѣза, смѣшанныхъ матеріаловъ—напр. земли и каменной кладки и т. п.

Плотины изъ смѣшанныхъ матеріаловъ вообще признаются *нерапіональными*, такъ какъ онѣ обыкновенно не обладаютъ достаточной водонепроницаемостью, вслѣдствіе неоднородности состава.

Земляныя плотины весьма древни. Ихъ множество встрѣчается въ Индіи и на Цейлонѣ, гдѣ онѣ достигаютъ огромныхъ размѣровъ. Ихъ не мало дѣлается и теперь въ разныхъ странахъ, въ особенности для небольшихъ водохранилищъ (прудовъ) или для водохранилищъ, которыя приходится устраивать на грунтахъ рыхлыхъ, гдѣ установка каменной плотины невозможна или опасна.

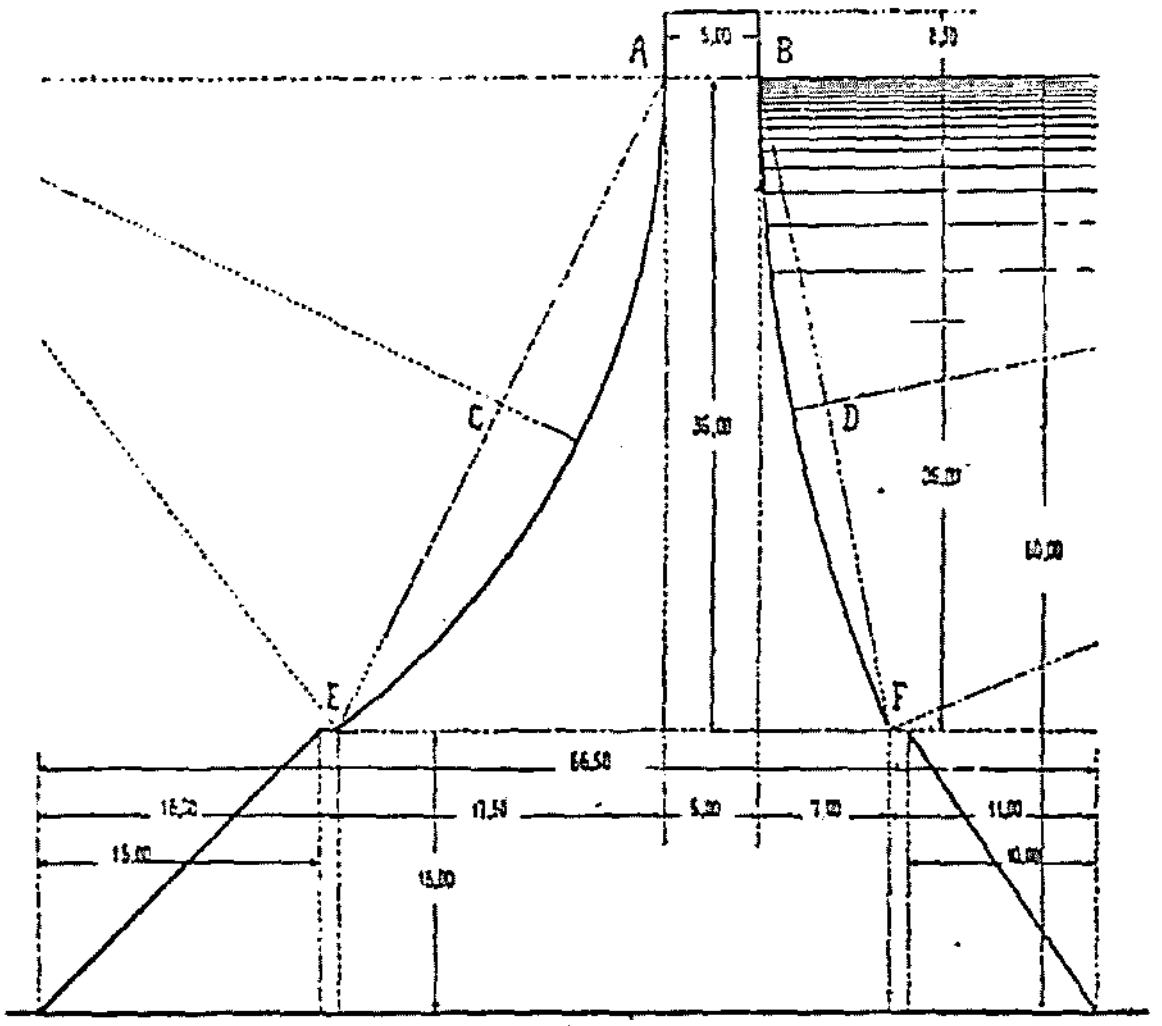
Различаютъ три главныхъ типа земляныхъ плотинъ: *древнеиндійскій*, *французскій* и *англійскій*.

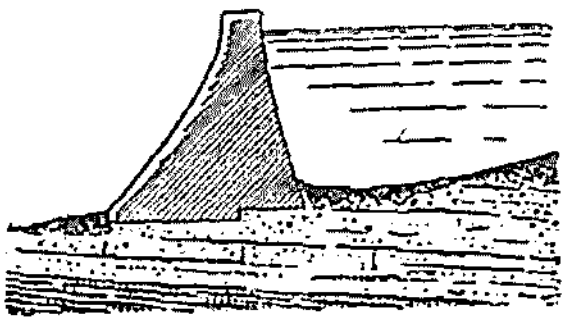
Индійскій типъ (не смѣшивать съ новѣйшими индійскими плотинами, напр. съ показанной на черт. 120) представляетъ собой валъ изъ обыкновенной земли, утоптанной ногами людей и животныхъ, смоченной дождями, высушенной солнцемъ въ теченіи многихъ лѣтъ ея приготовленія. Ширина вала по-верху равна $^1/_2$ высоты, верхній (обращенный къ водѣ) откосъ пологій, нижній крутой. Количество матеріала, работы и времени, нужное для приготовленія такой плотины, огромно. Плотина зато вполнѣ водонепроницаема и крайне прочна.

Французскій типъ имѣетъ въ виду достигнуть тѣхъ же результатовъ, но съ значительнымъ сокращеніемъ объема плотины и нужныхъ для ея возведенія времени и работы.

Съ этою цѣлью вмѣсто обыкновенной земли употребляется иной матеріалъ — *корруа* (corroi), т. е. смѣсь (обыкновенно равныхъ количествъ глины и песка съ нѣкоторымъ количествомъ гашеной извести (напримѣръ 12 литровъ извести въ порошкѣ на куб. м. глины и песка).

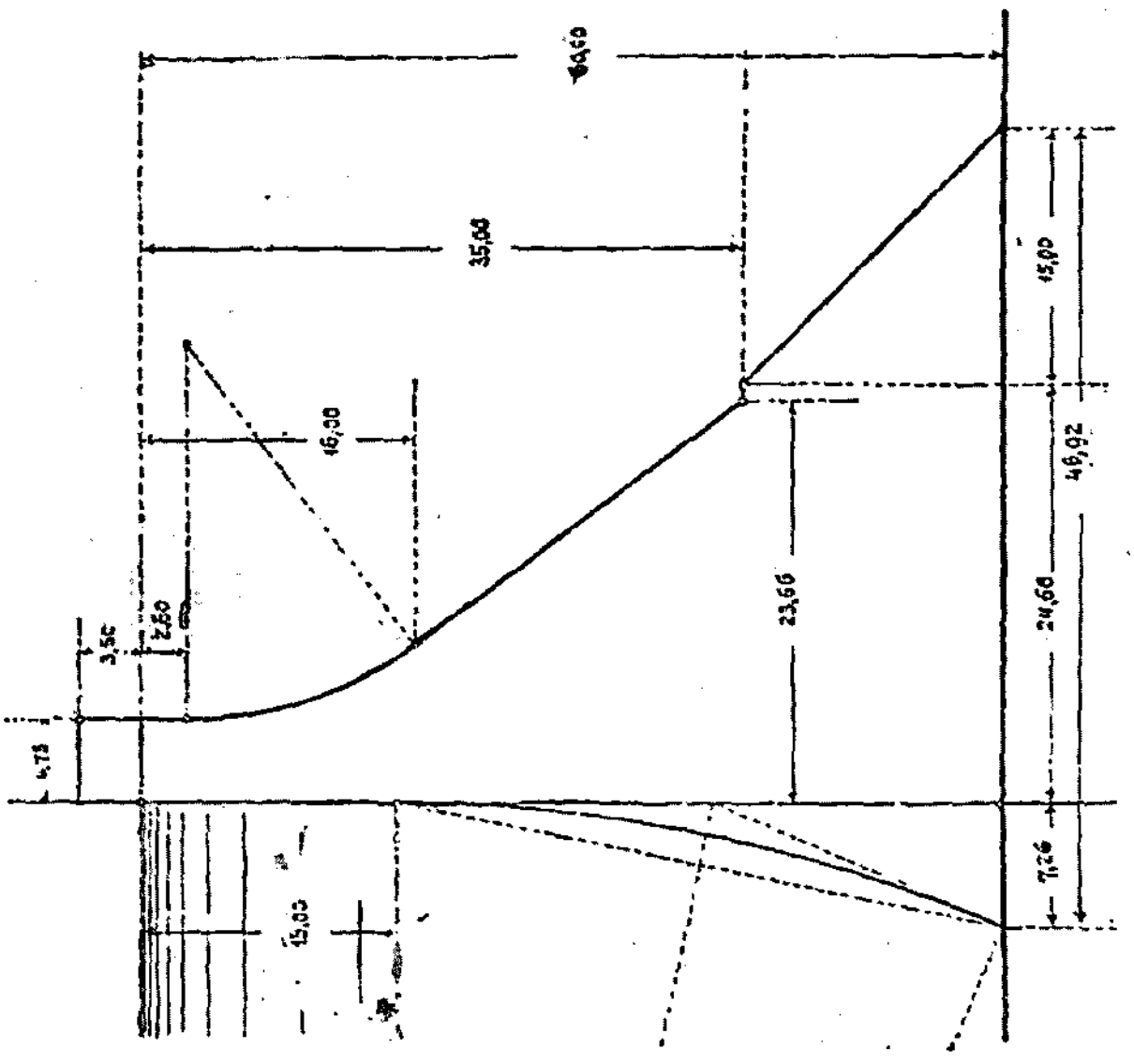
Теоретическія профили каменныхъ плотинъ.





Черт. 130. — Схематическій разрѣзъ каменной водоудержательной плотины на слоистомъ скалистомъ грунтѣ, показывающій, что мѣсто для плотины должно быть выбрано тамъ, гдѣ слои горизонтальны или слегка падаютъ по направленію къ водохранилищу.

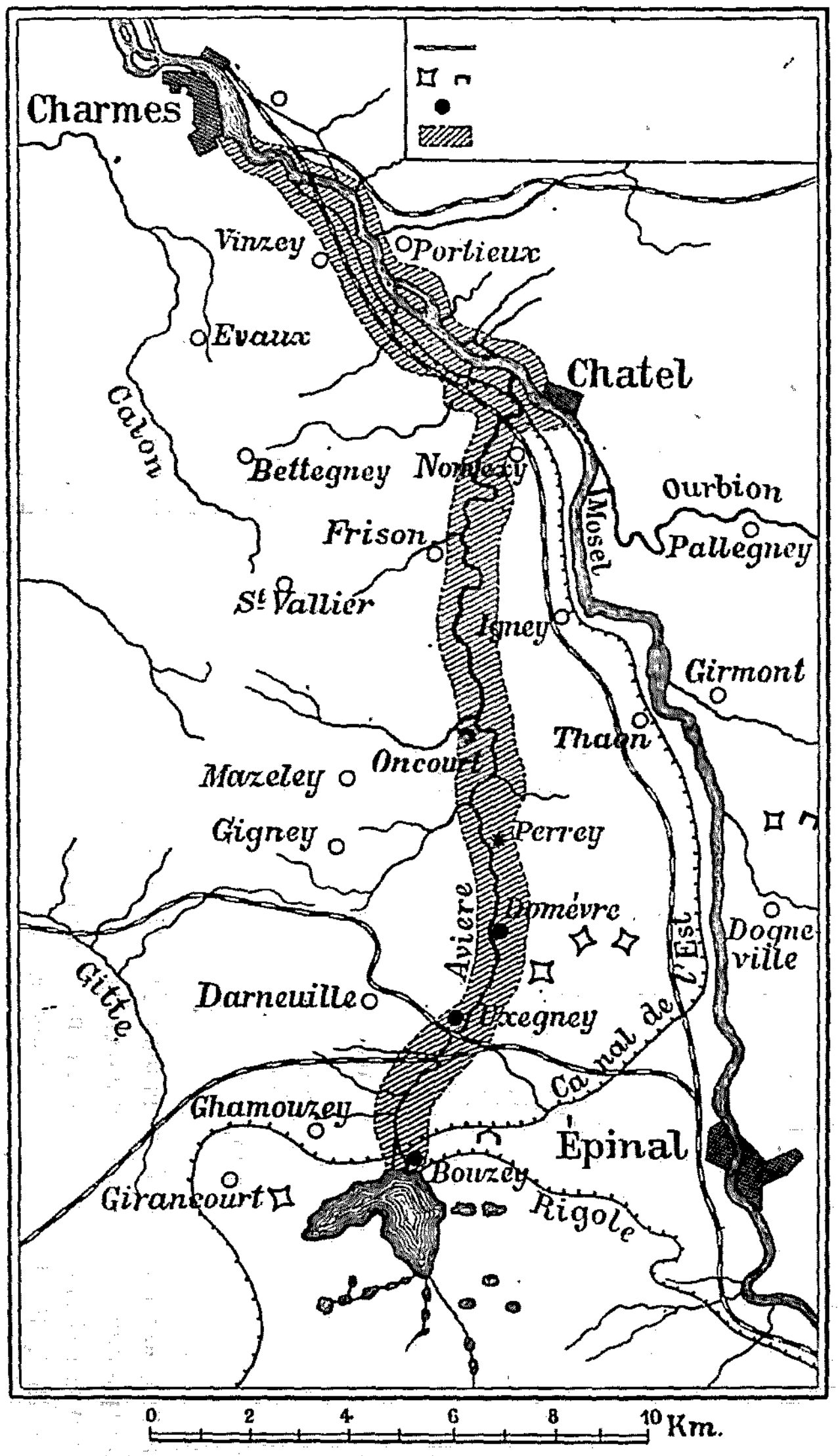
Черт. 131.—Профиль каменной плотины вышиной въ 50 метровъ. построенная по методѣ французскаго инженера Крантца. Инженеръ Крантцъ стремится дать большую ширину основанію и не превзойти въ кладкѣ нигдѣ давленія въ 6 килограммовъ на квадр. сантиметръ (Krantz—Etude sur les murs de reservoirs. Paris. 1870. Lueger, p. 315).



Черт. 132.

Профиль каменной плотины вышиной въ 50 метровъ, построенная по методѣ итальянскаго инженера Круньоля (Crugnola Gaet.—Serbatoi d'acqua o laghi artificialli. Turin, 1890.—Lueger, p. 336).

Катастрофа въ Bouzey.

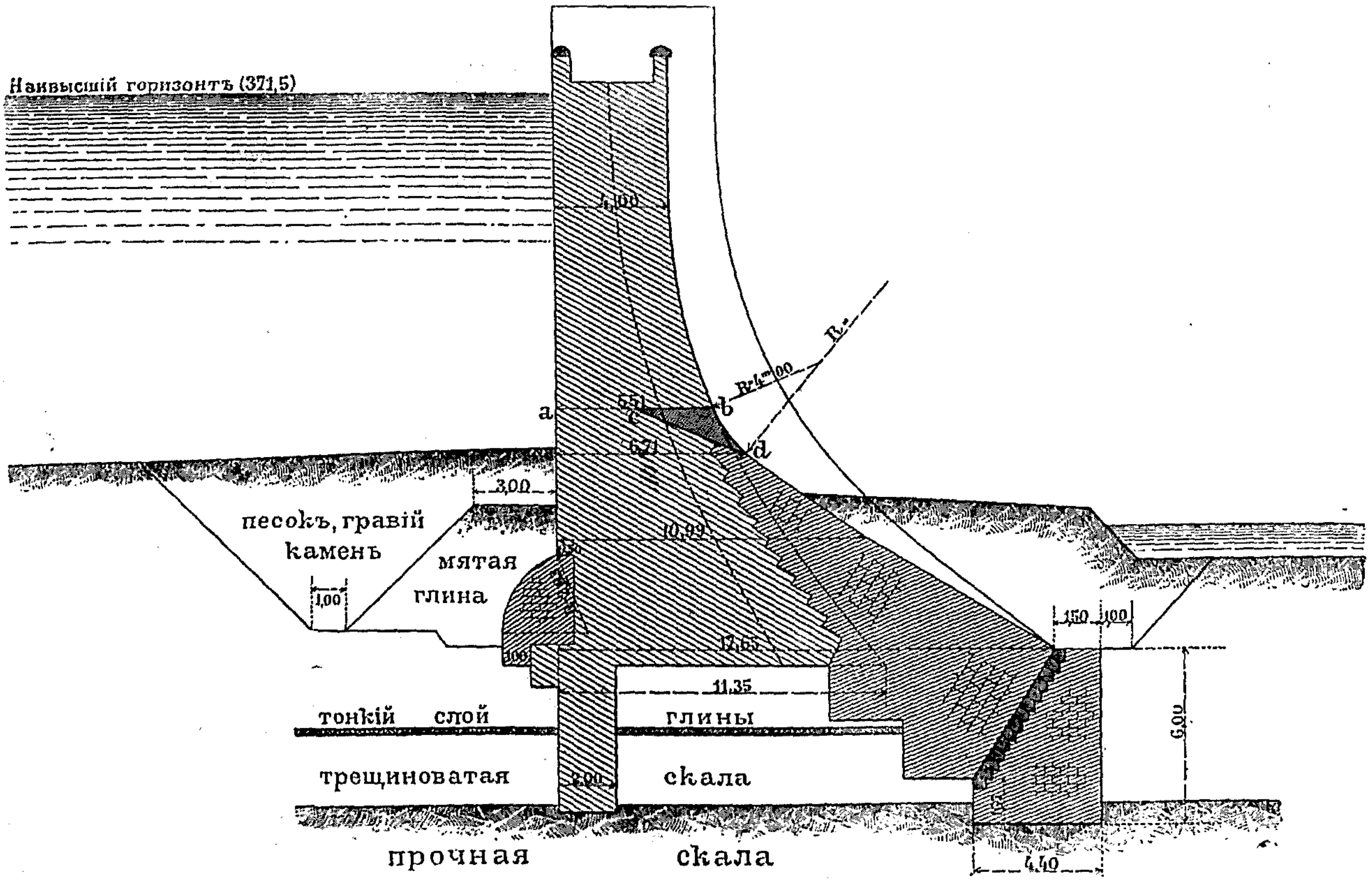


Заштрихованная полоса представляетъ собою части долины рѣки Avière, которыя подверглись разрушительному дѣйствію потока воды, вырвавшагося изъ водохранилища послѣ прорыва плотины. Ширина полосы около 2 километровъ, длина около 25 километровъ. На пути потока погибло 156 человѣкъ и имущества на сумму около 20 милліоновъ рублей. (М. Н. Герсевановъ.—О крушеніяхъ инженерныхъ сооруженій. Спб. 1896).

Черт. 133. — **Карта мѣстности, гдѣ находилось Bouzey'ское водохранилище.**

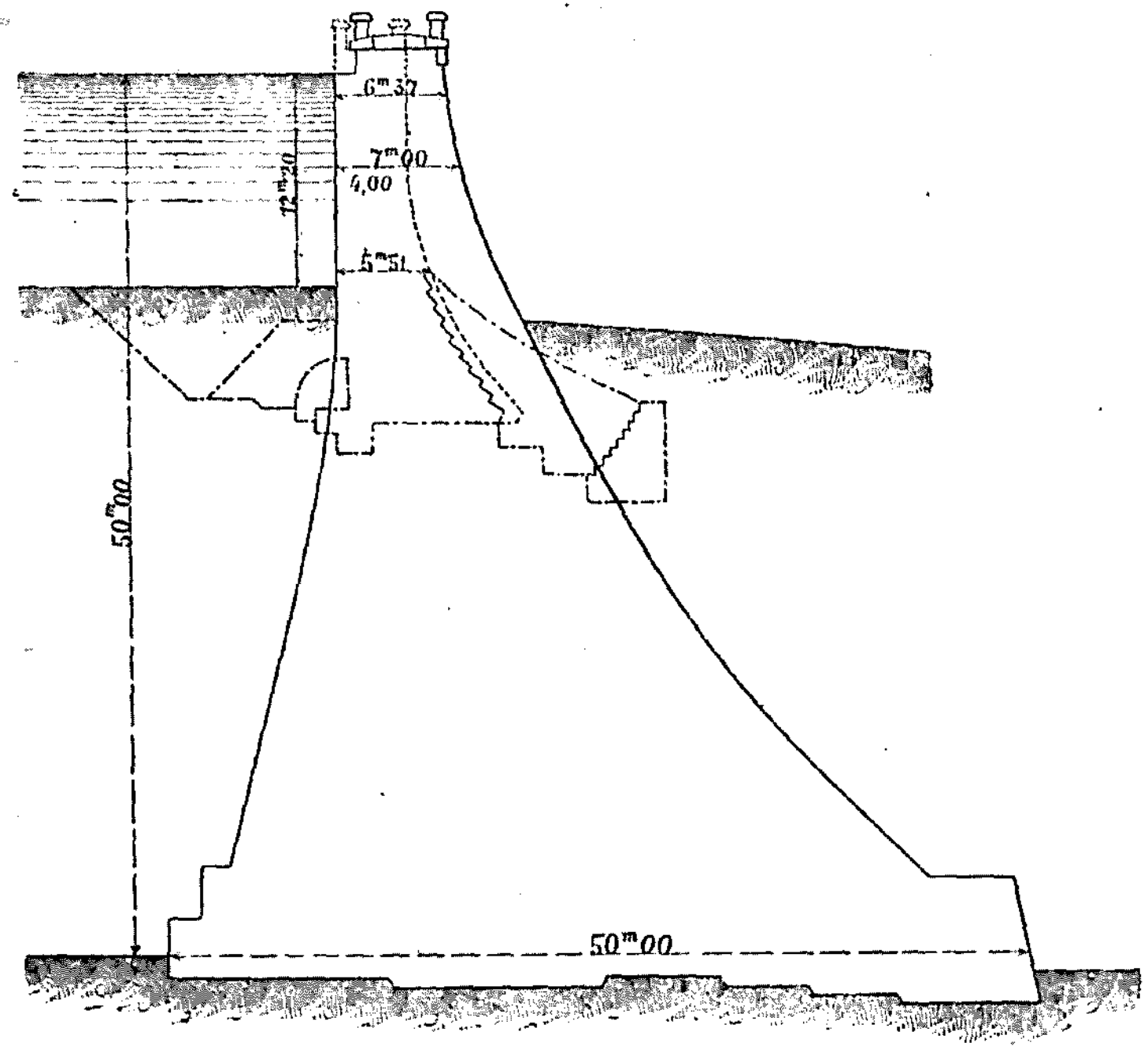
Водоснабженіе изъ водохранилищъ.

Катастрофа въ Bouzey.

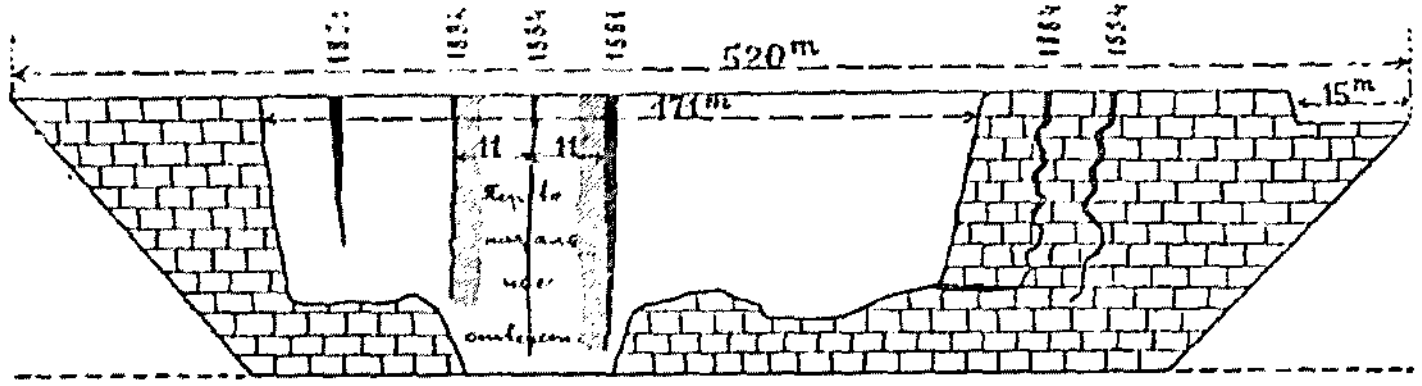


Черт. 134.—**Профиль каменной водоудержательной плотины Bouzey'скаго резервуара послѣ ея усиленія** (до катастрофы). Появившіяся въ плотинѣ трещины указали за нѣсколько лѣтъ до катастрофы на недостаточную прочность плотины; ея профиль былъ значительно усилена въ нижнихъ частяхъ (темная штриховка), но въ общемъ усиленіе было не достаточно. Сплошной линіей показанъ контуръ, который должна была бы имѣть плотина.
(М. Н. Герсевановъ.—О крушеніяхъ инженерныхъ сооруженій. Спб., 1896 г.).

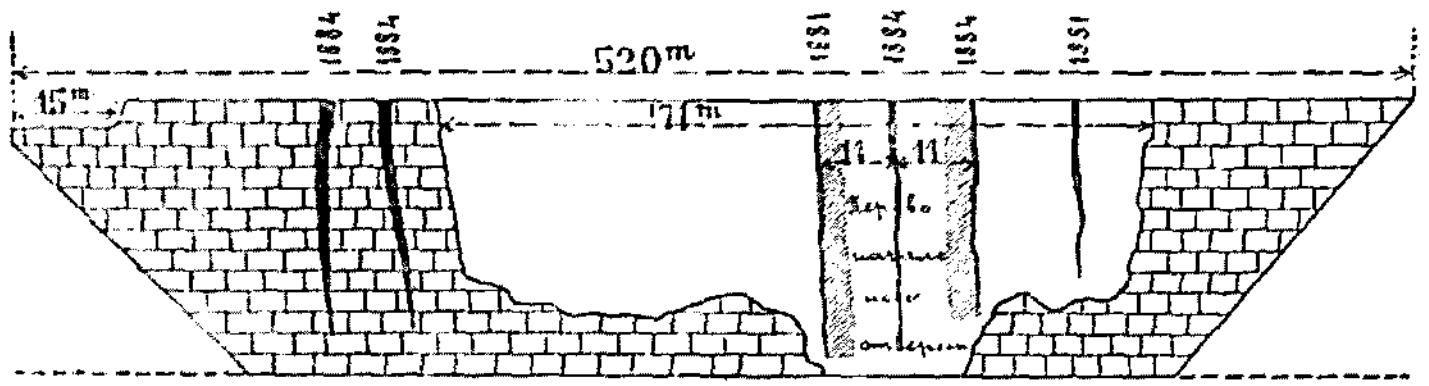
Катастрофа въ Bouzey.



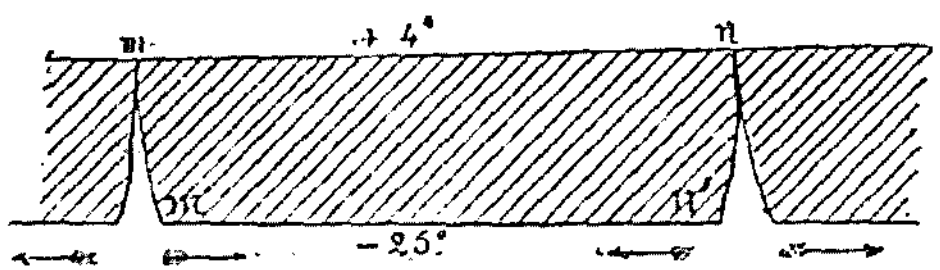
Черт. 138.—Сравнительныя профили плотинъ въ Bouzey и въ Gouffre d'Enfer (см. черт.), показывающія насколько болѣе опасны были размѣры Bouzey'ской плотины. Разница въ толщинѣ въ плоскости перелома въ среднемъ на 70%.



Черт. 135.—Видъ плотины послѣ прорыва (снизу).



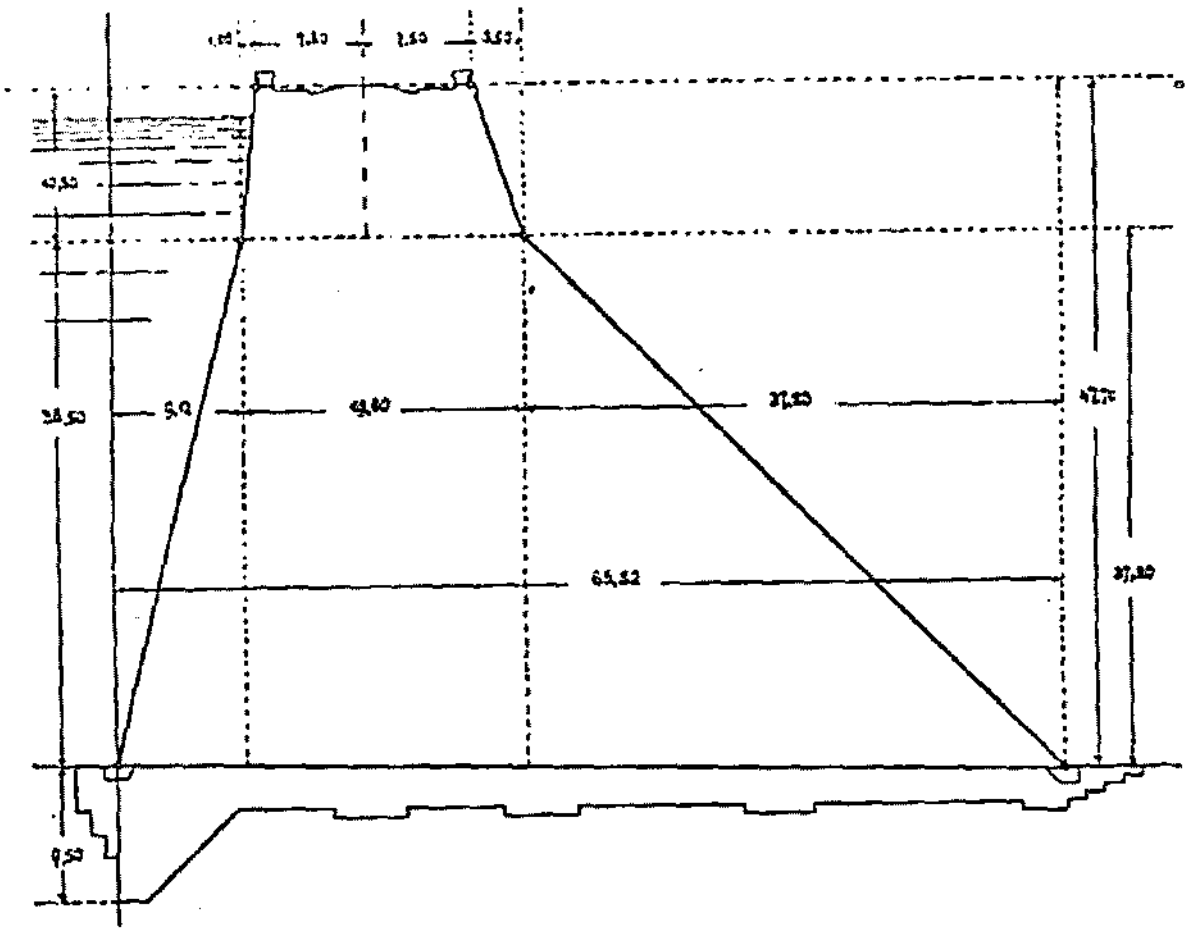
Черт. 136.—Видъ плотины послѣ прорыва (сверху—со стороны воды).



Черт. 137.—Планъ части стѣны плотины, съ показаніемъ вліянія разности температуръ на раскрытіе трещинъ (на внутренней грани—температура + 4° С., на наружной — 25° С.).

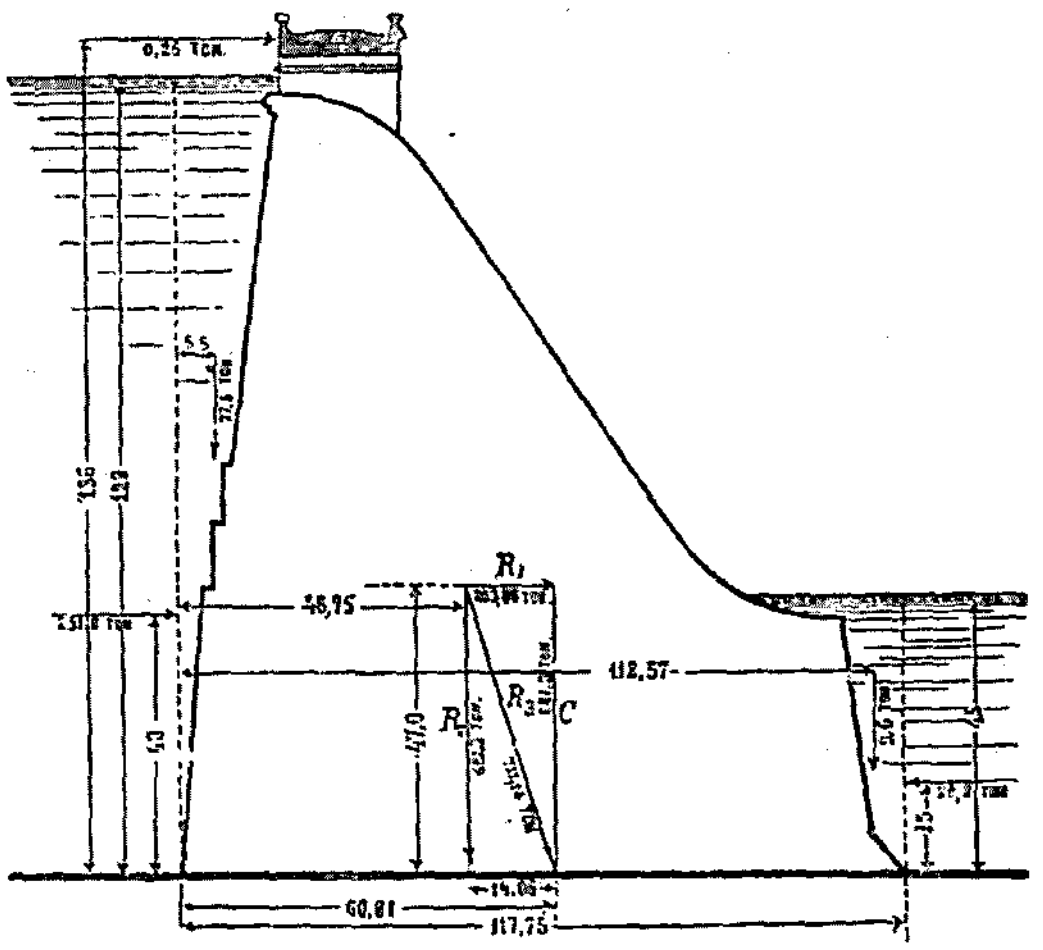
(М. Н. Герсевановъ.—О крушеніяхъ инженерныхъ сооруженій. Спб., 1896 г.).

Водоснабженіе города Verviers.



Черт. 139. — **Профиль каменной плотины резервуара Gilepre въ Бельгіи близъ Verviers вышиной въ 47,7 метровъ, построенной по проекту инженера Bidant.** Плотина отличается большой массивностью и избыткомъ кладки. Строитель Bidant говоритъ, что онъ придалъ ей такіе размѣры, чтобы внушить народу довѣріе въ ея прочность. (Bodson, Detienne et Leclerq — Barrage de la Gileppe, — Liège, 1877).

Водоснабженіе г. Ливерпуля.

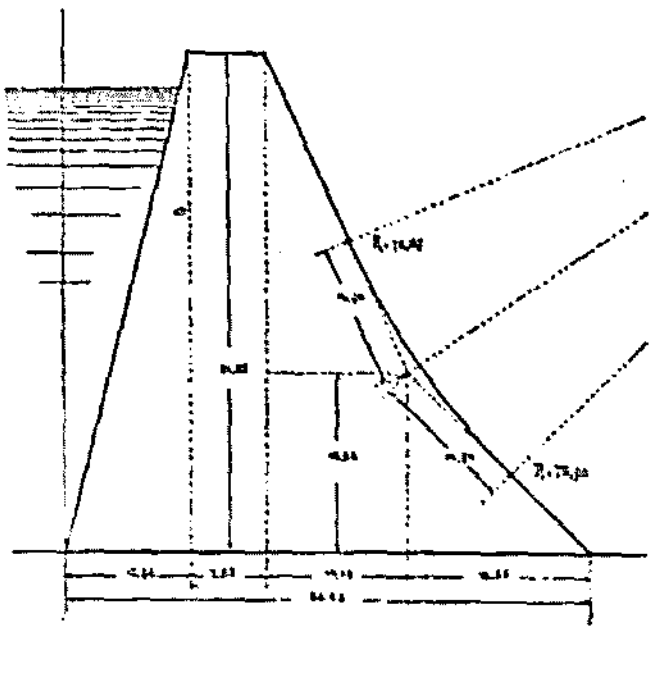


Черт. 140. — **Профиль каменной плотины въ Virnwy (размѣры въ англійскихъ футахъ).**

Вслѣдствіе небольшой длины плотины и обильнаго притока воды въ резервуаръ, вся плотина устроена, какъ водосливъ, надъ которымъ на аркахъ проходитъ проѣзжій мостъ.

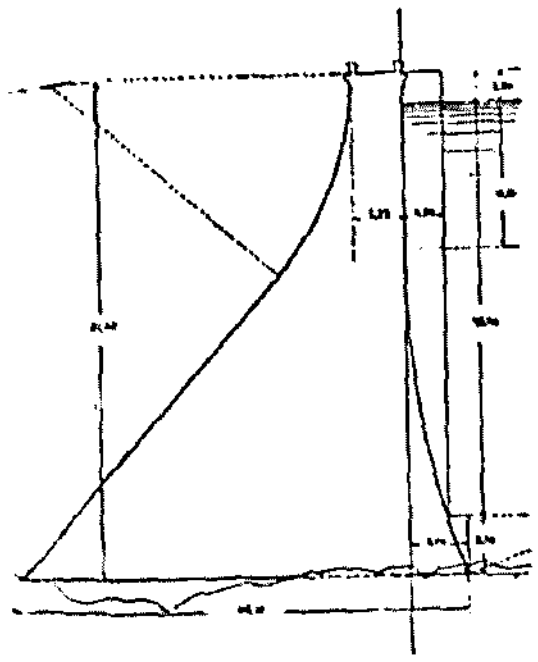
Каменныя и бетонныя плотины.

Водоснабженіе гор. Санъ-Франциско.



Черт. 141.

Водоснабженіе города Мадрида.

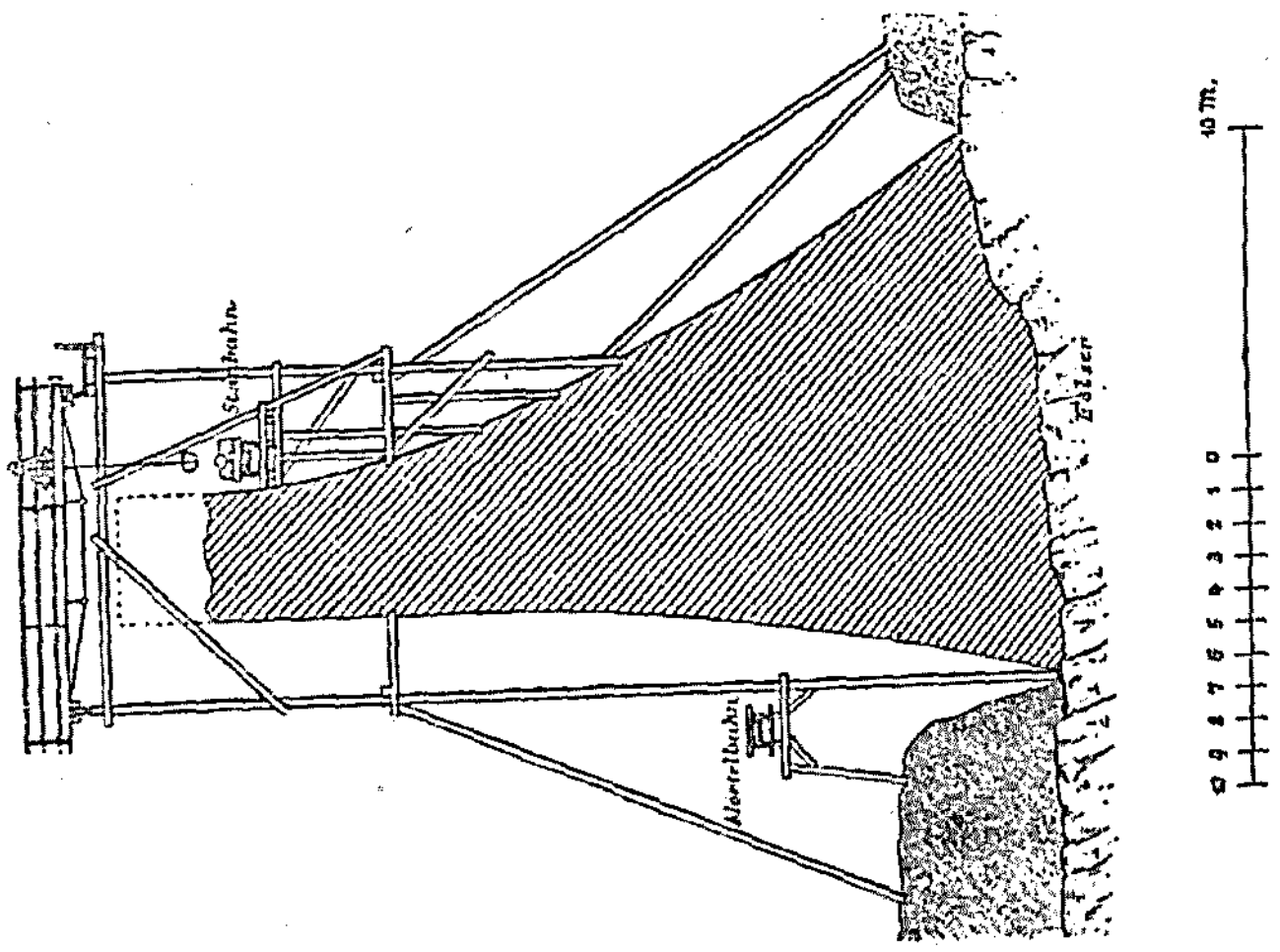


Черт. 142.

Черт. 141.—**Профиль бетонной плотины, начатой постройкою въ 1887 г., для резервуара Cirstal Springs.** Высота 51,35 м. Длина 207,4 м. Радіусъ кривизны въ планѣ 207,4 м. Откосъ со стороны воды—4 : 1, со стороны долины—2,3 : 1 до 1 : 1. Для постройки изготовлялись бетонные массивы, имѣвшіе въ планѣ видъ буквы *T* вѣсомъ до 600 тоннъ. Составъ бетона: 1 ч. цемента, 2—песка, 6—щебня. (Die Crystal-Springs Thalsperre bei S. Frisco, Centralblatt der Bauverw. 1891).

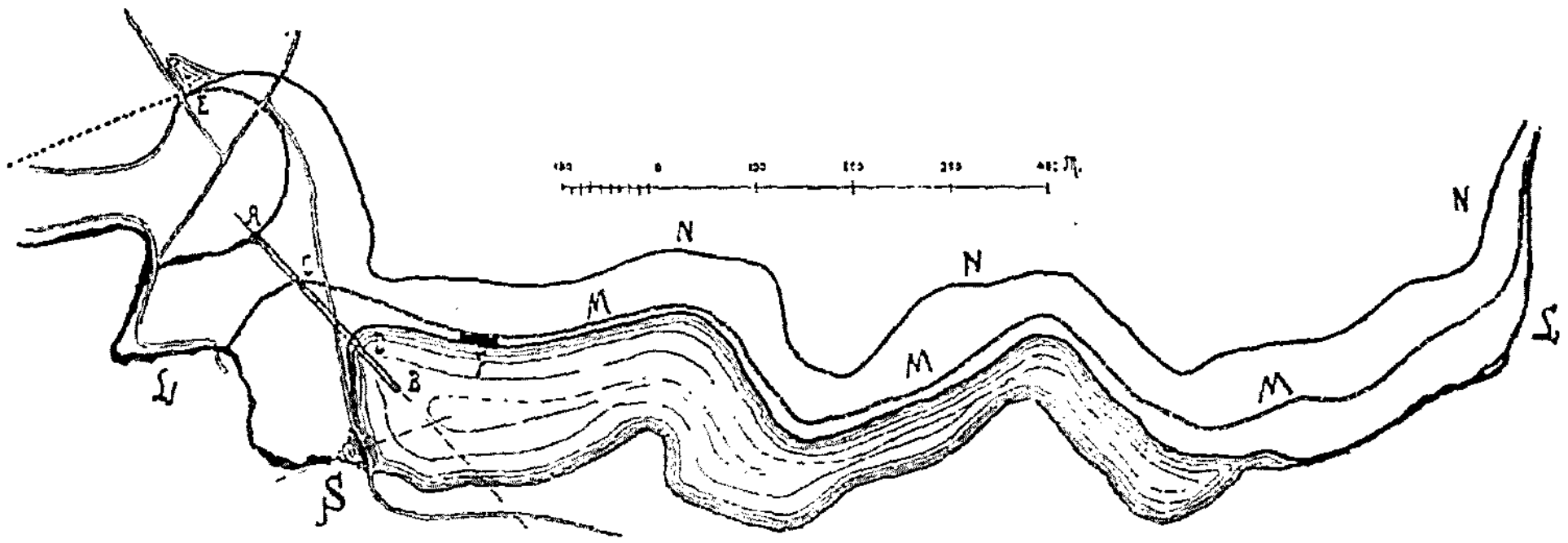
Черт. 142.—**Профиль каменной плотины въ Villars, построенной въ 1869—1876 гг. Очертанія сдѣланы по французской теоріи.** Профиль очень изящна. Высота плотины 51,40 м. Длина 134,8 м. Въ планѣ она построена по кругу и обращена выпуклостью къ водѣ. Объемъ водохранилища $16^1/_2$ милліоновъ куб. метровъ. (Crugnola, см. пр. къ черт. 132).

Водоснабженіе города Sewen'a въ Эльзасѣ.



Черт. 143.—Подмости для сооруженія каменной плотины на р. Альфелдѣ въ $2^1/_2$ километрахъ отъ Sewen'a. (Fecht—Ueber die Anlage von Stauweihern in den Vogesen, insbesondere über den Bau des Stauweihers in Alfeld. Berlin. 1889).

Водоснабженіе города Сентъ-Этьенна.



Черт. 144.—**Планъ водохранилища въ ущельѣ Gouffre d'Enfer.** *L—L*—старое русло рѣчки *Furens*, воды которой собираются въ резервуарѣ. *S*—водоудержательная каменная плотина. *M—M—M*—обводный каналъ для спуска паводковъ съ мутной водой (во время работъ по сооруж. плотины *S* по нему была отведена рѣчка Furens). Въ мѣстѣ отвѣтвленія этого канала рѣка загражденa плотиной, чрезъ которую воду можно направлять по усмотрѣнію въ этотъ каналъ или резервуаръ. *NN*—водопроводъ ключевой воды. *AB*—водоспускъ для опоражниванія резервуара и для пользованія водой для водоснабженія. *CD*—водосливъ низкаго уровня. *F*—водосливъ высокаго уровня.

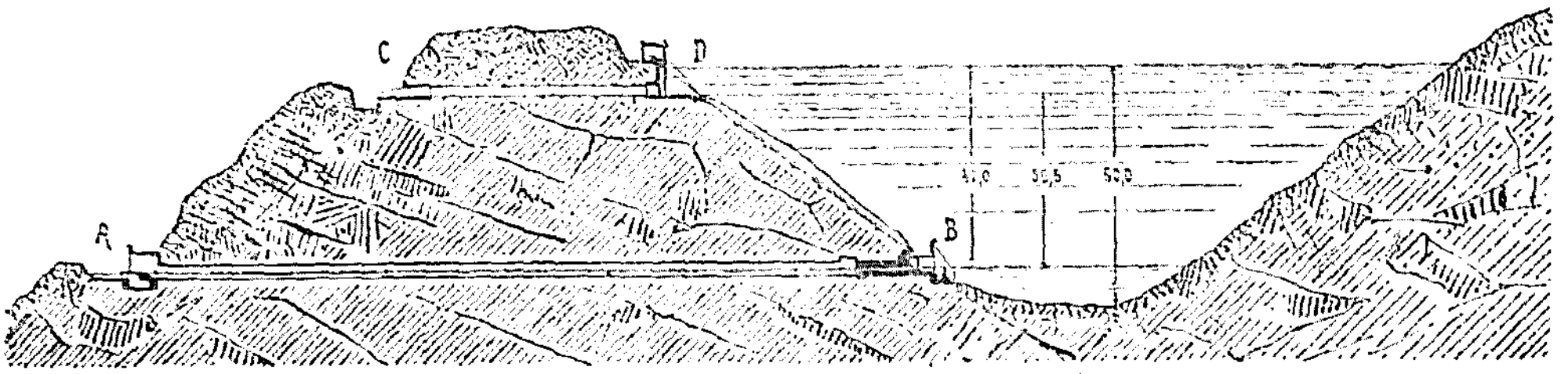
Водохранилище въ Gouffre d'Enfer имѣетъ три цѣли: 1) дополнять ключевое водоснабженіе города С.-Этьена въ періоды недостаточнаго расхода ключей; 2) обезпечить рѣчкѣ Furens служащей для промышленныхъ важныхъ цѣлей постоянный расходъ; 3) предохранить городъ С.-Этьенъ отъ опасныхъ наводненій, которымъ онъ подвергался при наводкахъ р. Фюрансъ.

Емкость водохранилища 1.600.000 куб. м. Такъ какъ она впослѣдствіи стала недостаточна для удовлетворенія второй цѣли, то выше Gouffre d'Enfer построенъ еще новый резервуаръ, называемый *Pas de Riot*.

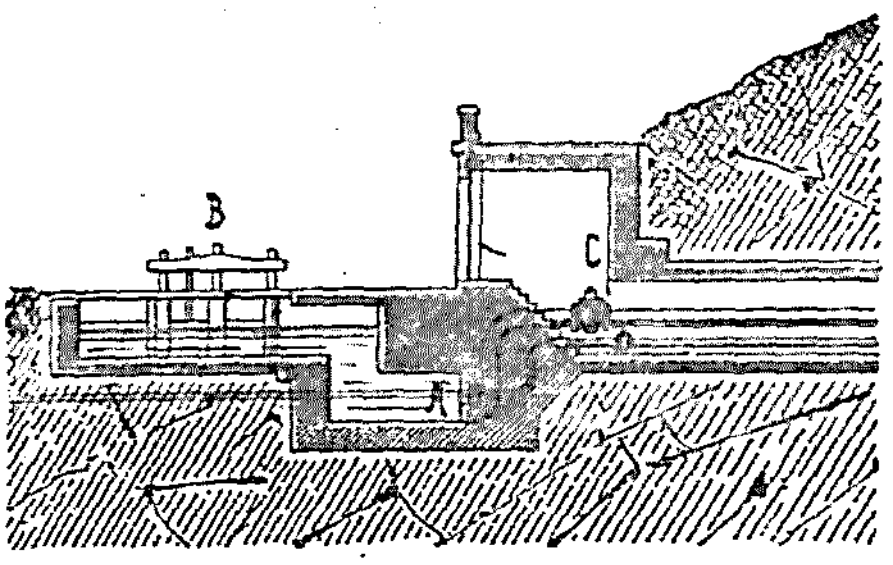
Черт. 145.

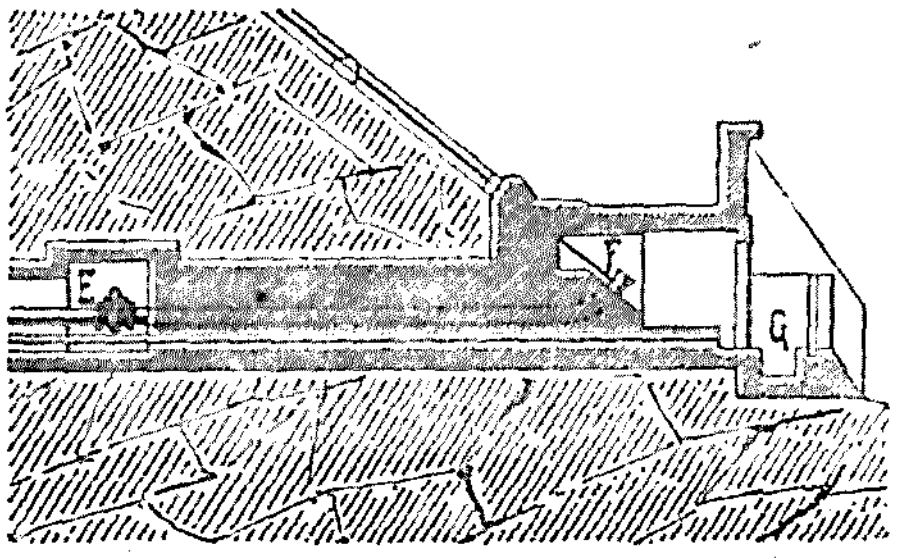
Поперечная профиль каменной плотины въ Gouffre d'Enfer (Furens). Плотина въ планѣ криволинейна. Радіусъ оси верхней части стѣны—252,5 метра. Длина плотины по верху около 100 метровъ. Плотина совершенно глухая. Водосливы и водоспуски сдѣланы внѣ ея (см. черт. 144). Грунтъ скалистый. При разсчетѣ стѣны принято, что давленіе не должно превосходить 6,5 килогр. на кв. сантиметръ. Высота плотины 52,50 метра.

Водоснабженіе города Сентъ-Этьенна.



Черт. 146. — **Продольный схематическій разрѣзъ чрезъ водосливъ** (*CD*) **и водоспускъ** (*AB*). Оба сооруженія сдѣланы въ видѣ туннелей, пробитыхъ сквозь толщу скалистаго мыса, сжимающаго долину рѣчки Furens у мѣста, гдѣ поставлена плотина (см. планъ черт. 144). Водосливъ *CD* — обыкновенно открытъ и вода въ резервуарѣ стоитъ въ уровень съ его подошвой. Въ исключительныхъ случаяхъ, когда опасные для г. Сентъ-Этьенна паводки Furens'a бываютъ при полномъ резервуарѣ, водосливъ *CD* закрываютъ щитами и вода въ резервуарѣ поднимается на 5,5 м. до порога второго водослива (*F*— плана, черт. 144), причемъ емкость резервуара увеличивается на 400.000 куб. метровъ.





Черт. 147, 148, 149, 150. — **Разрѣзъ и планъ входного и выходного устьевъ водоспуска, предназначеннаго для пользованія водой въ интересахъ водоснабженія и для опоражниванія водохранилища** (*AB*—чертежа 144). Въ туннелѣ, высотой 2 м. и 1,8 м. шириной, обдѣланнаго кладкой, толщиной въ 40 сантиметровъ, уложены двѣ чугунныя трубы діаметромъ въ 40 сантиметровъ. Ниже ихъ и по срединѣ уложена 3-я постоянно открытая спускная труба малаго діаметра, имѣющая цѣлью не давать складываться илу у устьевъ верхнихъ трубъ. Большія трубы имѣютъ входныя устья въ *F*, выходныя въ *A*, въ особую камеру, гдѣ умѣряется скорость теченія. Въ *F* входныя устья запираются сверху особыми затворами. Въ *G* — рѣшетка, защищающая выпускную камеру отъ плавающихъ тѣлъ. Выпускныя устья сообщаются большимъ каналомъ (стрѣлка внизъ) съ р. Фюрансомъ и малымъ (стрѣлка влѣво)— съ ключевымъ водопроводомъ.

Составъ корруа не постоянен; онъ зависитъ отъ свойствъ и цѣнности смѣшиваемыхъ матеріаловъ; для каждаго частнаго случая надо искать наилучшій возможный составъ опытомъ, принимая въ соображеніе стоимость матеріаловъ въ данной мѣстности. Смѣсь эта перетирается чугунными дисками и утрамбовывается тяжелыми катками. Если глина и песокъ очень сухи, то известь иногда добавляется въ видѣ молока, а не порошка. Ширина по-верху такой плотины не болѣе 5 — 8 метровъ, верхній откосъ = 1,5 : 1, нижній (1,5—2,5) : 1; послѣдній обыкновенно состоитъ изъ ряда бермъ, раздѣленныхъ наклонными плоскостями. Верхній откосъ защищенъ каменной мостовой и тоже иногда имѣетъ уступы, если грунтъ этого требуетъ. Вообще, нужно замѣтить, что въ сооруженіяхъ такого рода раздѣленіе длинныхъ откосовъ на части при помощи бермъ, хотя и удорожаетъ работу, но очень благопріятно отзывается на состояніи плотины и расходахъ по ея ремонту (см. черт. 117 и 126).

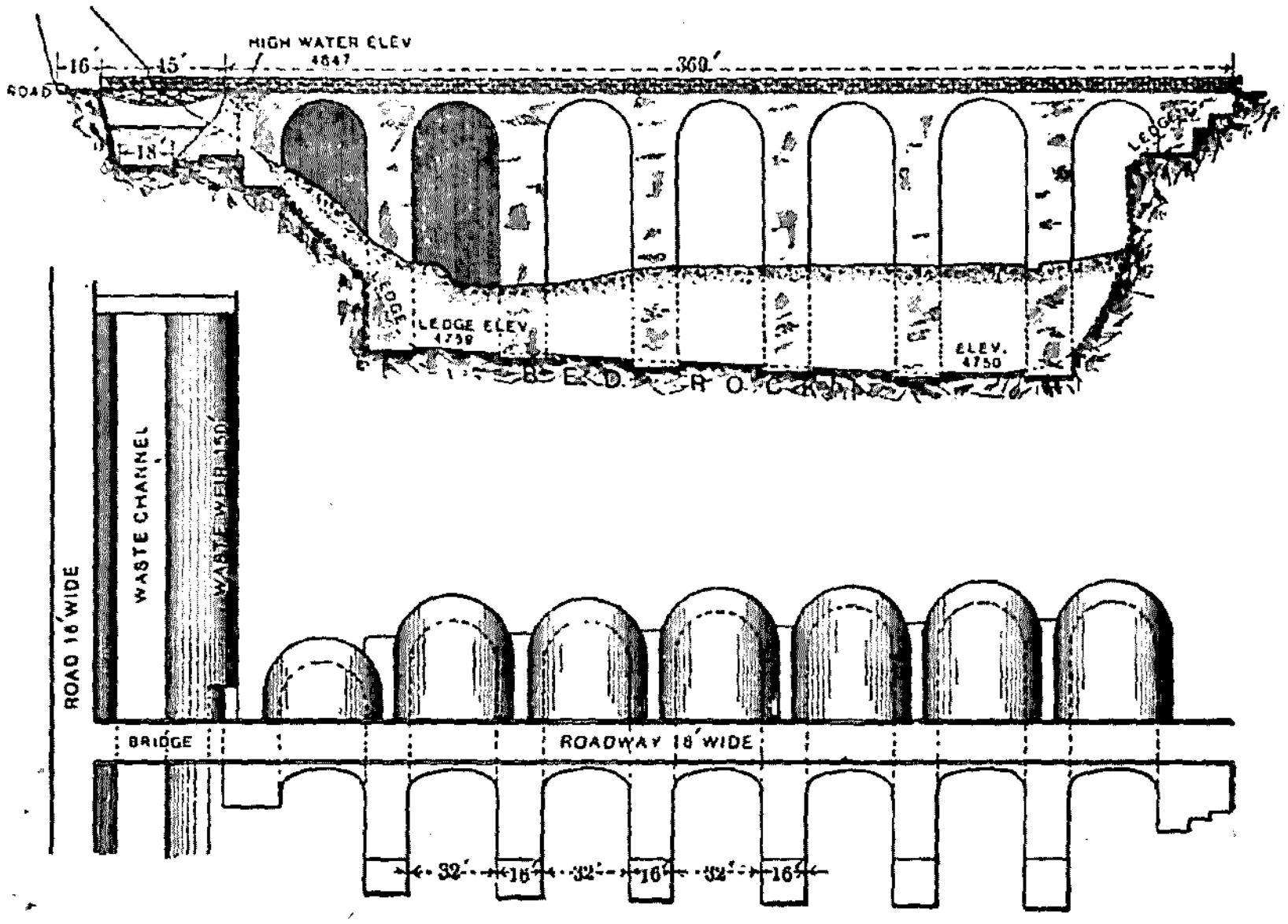
Англійскій типъ идетъ еще далѣе въ экономіи матеріала, времени и работы, что достигается устройствомъ изъ мятой глины одного лишь ядра плотины, а остальныхъ частей ея — изъ обыкновенной утрамбованной, а иногда и не утрамбованной земли (черт. 118, 119, 120 и др.). Ядро должно обезпечить непроницаемость, земляные откосы—устойчивость плотины. Типъ этотъ дѣйствительно экономиченъ, но неоднородность состава тѣла плотины неоднократно вызывала сдвиги откосовъ и разрушенія. Поэтому типъ этотъ не слѣдуетъ допускать для высокихъ плотинъ; для низкихъ плотинъ прудовъ (1—2 саж.) онъ можетъ имѣть удачныя примѣненія.

Каменныя водоудержательныя плотины могутъ устраиваться исключительно на скалистомъ основаніи. Не признаніе этого положенія и влекло за собой многія изъ катастрофъ, о коихъ упомянуто выше. Типы каменныхъ плотинъ и способы опредѣленія ихъ размѣровъ наиболѣе тщательно разработаны впервые французскими инженерами (Graeff, Krantz, Delocre, Bouvier, Guillemain); впослѣдствіи они провѣрены расчетомъ и опытомъ во многихъ другихъ странахъ. (См. В. Е. Тимоновъ — Парижскій международный конгрессъ по внутр. судоходству 1892 года, стр. 10; *Borchardt*—Die Remscheider Stauwehranlage, sowie Beschreibung von 450 Tauwehranlagen и др.).

Пользоваться этими типами, необходимо, однако, съ большою осторожностью, такъ какъ прочное сопротивленіе матеріаловъ, размѣры

Бетонная сводчатая плотина съ стальной облицовкой въ Ogden'ѣ (Utah, C.-A. C. Шт.).

Черт. 151.



Черт. 152.

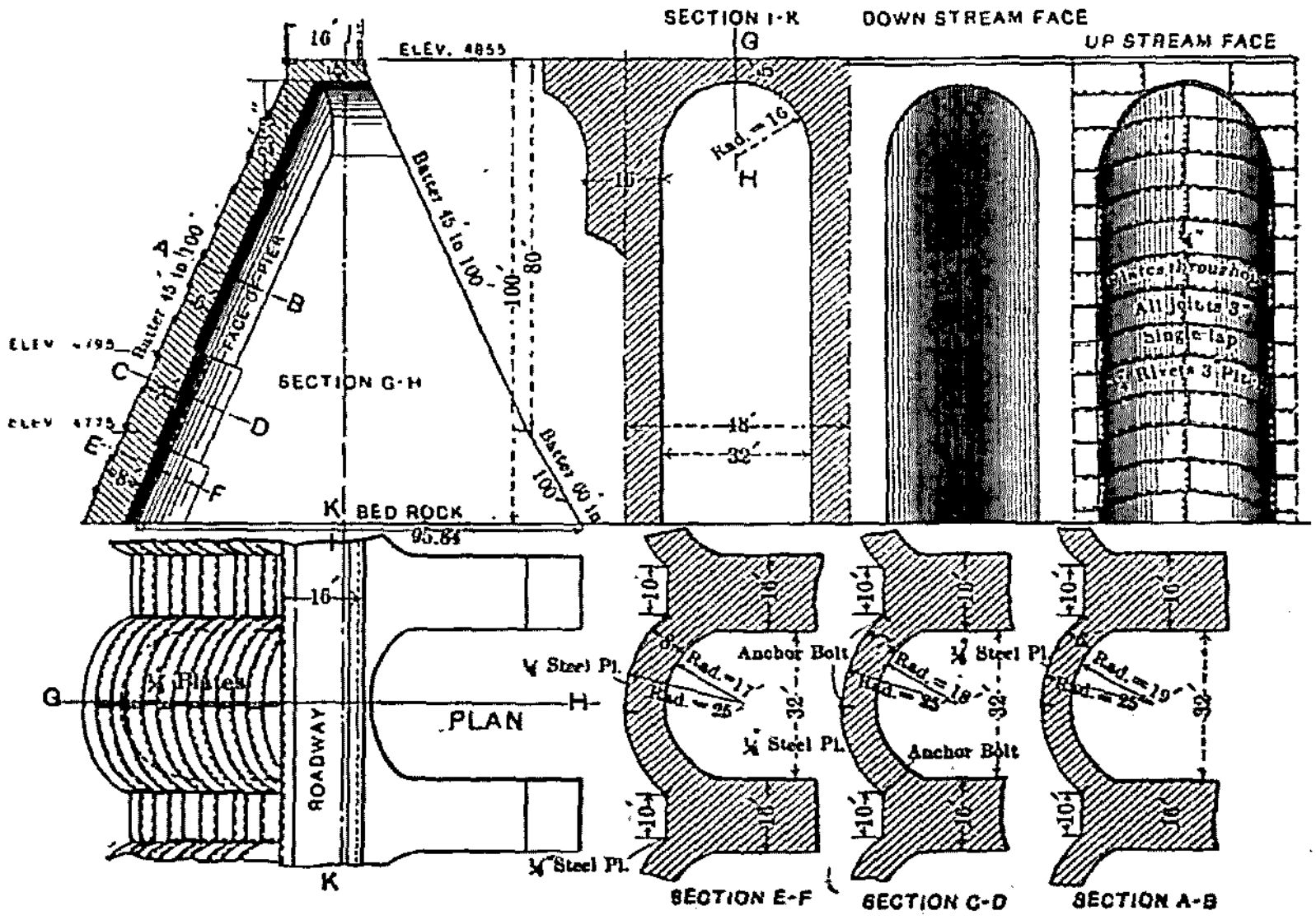
Черт. 151. — Фасадъ съ низовой стороны.

Черт. 152. — Планъ.

(Goldmark on Pioneer Plant, Am. Soc. C. E. Vol. XXIII, № 5).

Бетонная сводчатая плотина съ стальной облицовкой въ Ogden'ѣ (Utah, C.-A. C. Шт.).

Черт. 153. Черт. 154. Черт. 155. Черт. 156.



Черт. 157. Черт. 158. Черт. 159. Черт. 160.

Черт. 153. — Поперечный разрѣзъ чрезъ сводъ.

Черт. 154. — Продольный разрѣзъ по *IK* (чертежа 153).

Черт. 155. — Деталь низоваго фасада.

Черт. 156. — Деталь верховаго фасада.

Черт. 157. — Деталь плана.

Черт. 158. — Разрѣзъ *EF* (чертежа 153).

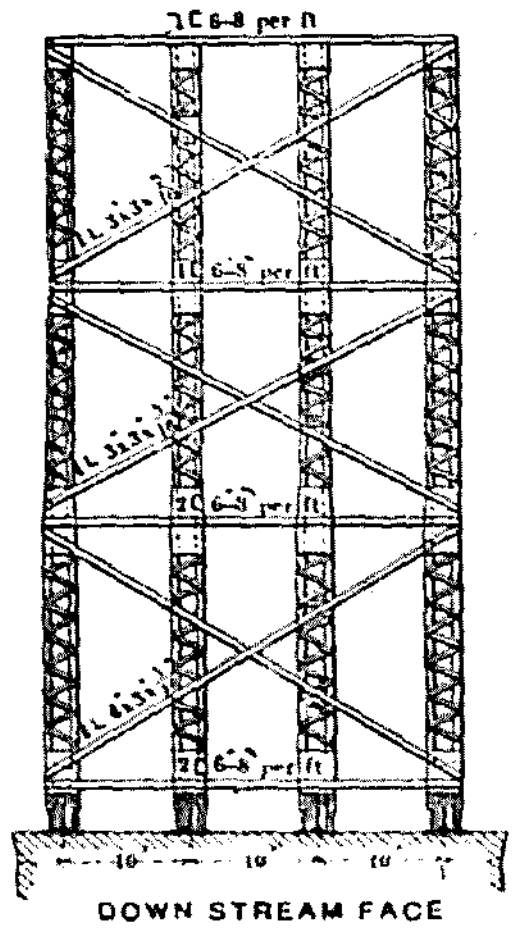
Черт. 159. — Разрѣзъ *CD* (чертежа 153).

Черт. 160. — Разрѣзъ *AB* (чертежа 153).

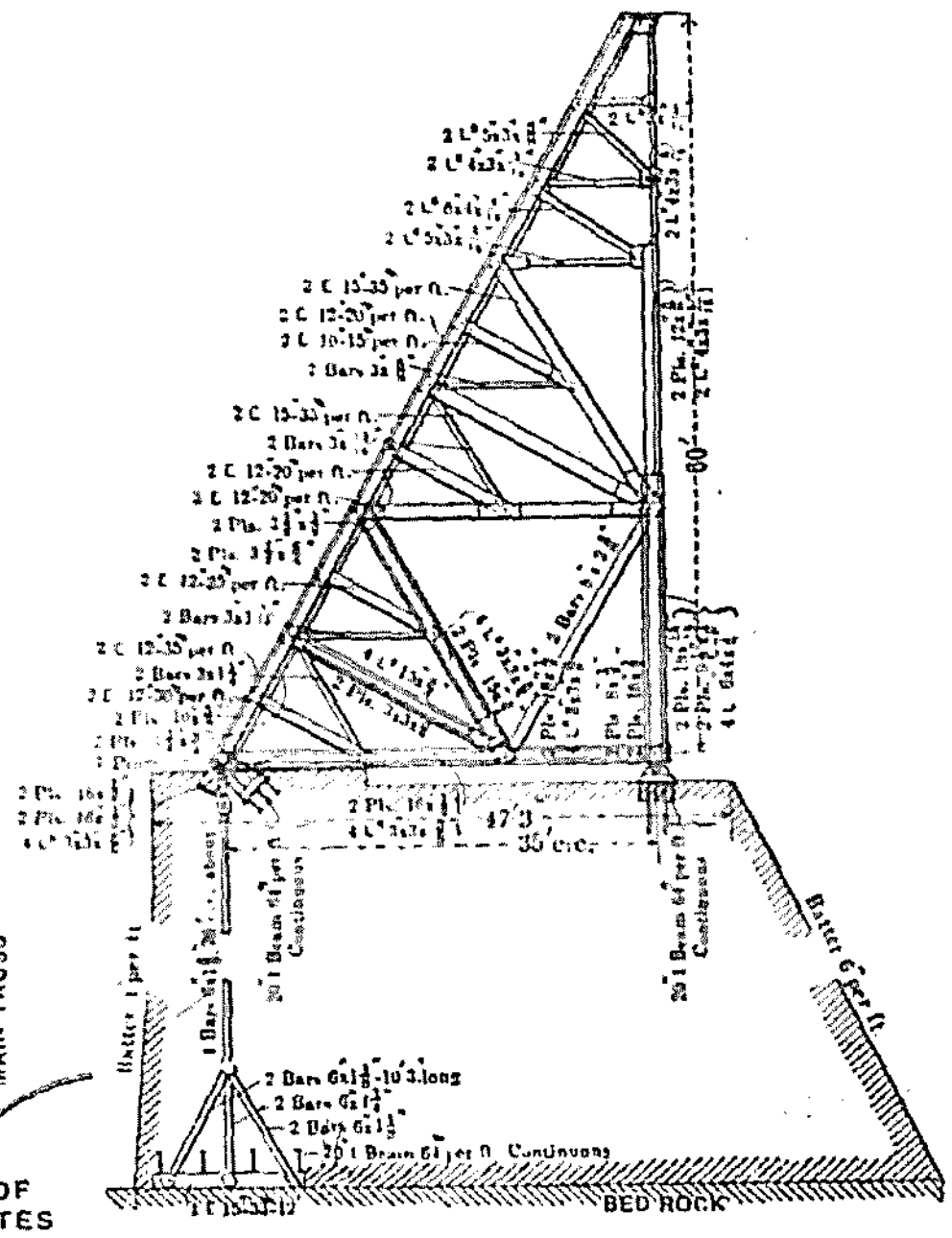
(Goldmark on Pioneer Plant, Am. Soc. C. E. Vol. XXIII, № 5).

Проектъ стальной водоудержательной плотины.

Черт. 162.



Черт. 161.



Черт. 163.

Черт. 161. — Поперечный разрѣзъ.

Черт. 162. — Низовой фасадъ.

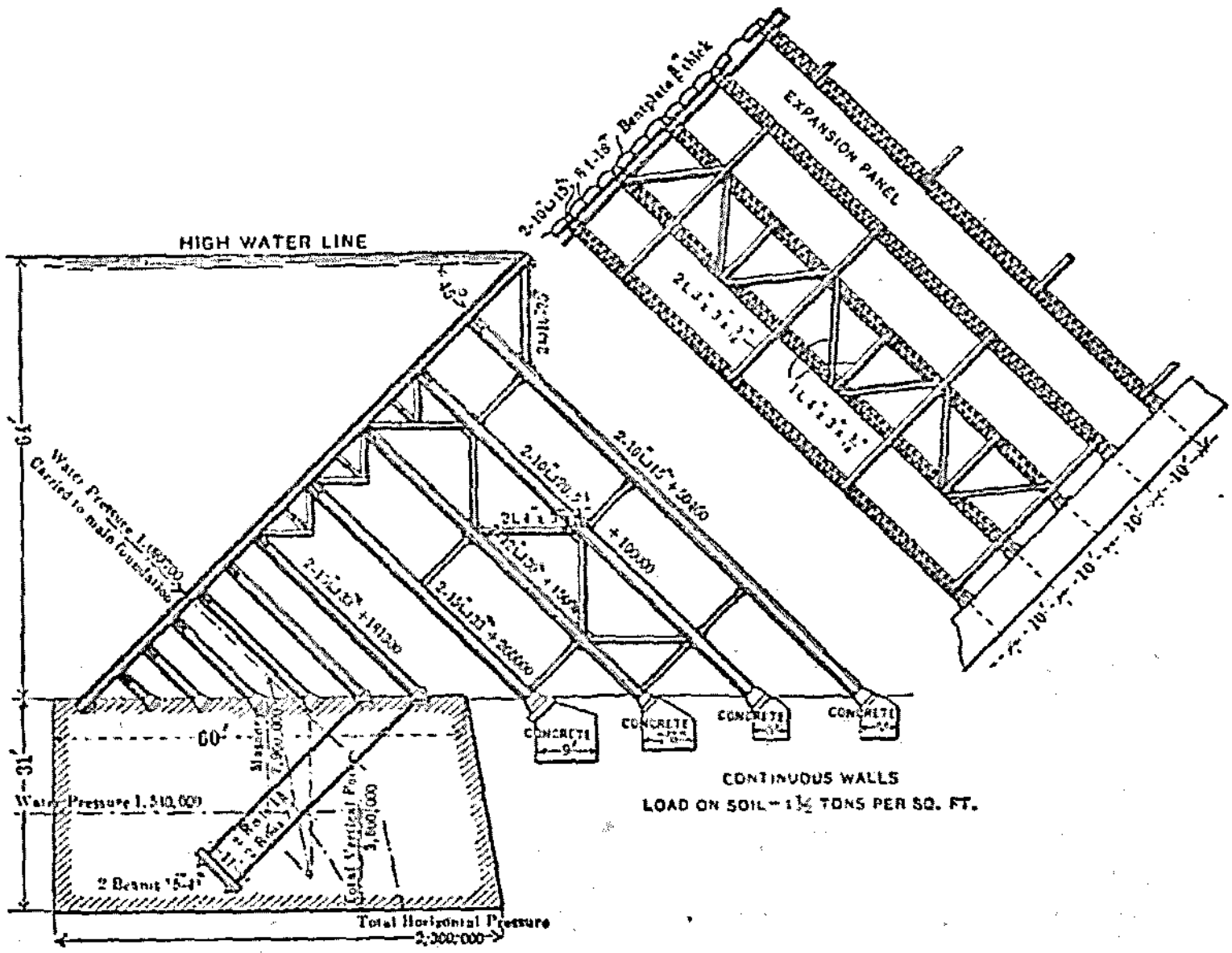
Черт. 163. — Детали прикрѣпленія и устройства обшивки.

На основаніи изъ бетона или каменной кладки установлены фермы въ разстояніи 10 фут. одна отъ другой, высотой 60 футъ и съ нижней балкой длиной въ 35 футъ = толщинѣ каменной плотины той же высоты. Обшивка изъ стальныхъ листовъ въ $^3/_8$ дюйма, выгнутыхъ по дугѣ круга радіуса въ 7 футъ. Вѣсъ металла—8.050 англ. фунтовъ на погонный футъ при обшивкѣ, показанной на чертежѣ, и 8.800 ф. при выпуклой; соотвѣтствующія 60-ти футовой стальной плотинѣ объемъ кладки въ каменной плотинѣ той же вышины— 48 куб. ярдовъ на пог. футъ плотины.

(Goldmark on Pioneer Plant, Am. S. C. E. Vol. XXIII, № 5).

Проектъ стальной водоудержательной плотины.

Черт. 165.



Черт. 164.

Черт. 164. — Поперечный разрѣзъ.

Черт. 165. — Часть плана въ плоскости подпорныхъ стоекъ.

Фермы замѣнены здѣсь стойками, передающими непосредственно давленіе продольнымъ бетоннымъ или каменнымъ стѣнамъ. Уклонъ плотины и стоекъ— 45%. Металла здѣсь меньше (7.000 фунтовъ на пог. футъ при вогнутой обшивкѣ и 7.650 ф. при выпуклой), чѣмъ въ плотинѣ, показанной на чертежахъ 161—163, но въ большинствѣ случаевъ вытекающая отсюда экономія съ избыткомъ поглощается большей стоимостью основанія. Эта система выгоднѣе, однако, первой въ мѣстностяхъ скалистыхъ, гдѣ особаго основанія не нужно.

(Goldmark on Pioneer Plant, Am. S. C. E. Vol. XXIII, № 5).

плотины въ планѣ, климатическія вліянія на матеріалы (даже расширеніе и сжатіе плотины отъ колебанія температуры), составъ раствора, способъ исполненія кладки и пр. могутъ имѣть различное вліяніе въ различныхъ мѣстностяхъ на необходимые размѣры сооруженія. Поэтому въ каждомъ случаѣ необходимо заранѣе, на основаніи предварительныхъ опытовъ, опредѣлить соотвѣтствующіе этому случаю коэффиціенты, опредѣляющіе свойства матеріаловъ и имѣющіе быть введенными въ формулы для расчета сѣченія плотины.

При производствѣ этого расчета слѣдуетъ по возможности разсматривать *всю* плотину, какъ одно цѣлое, со всѣми дѣйствующими на нее силами, въ томъ числѣ и напряженіями, вызываемыми перемѣнами температуры. Кромѣ того необходимо для опредѣленія наибольшихъ напряженій не ограничиваться разсѣченіемъ плотины горизонтальными плоскостями, а искать эти напряженія и въ косыхъ сѣченіяхъ, какъ этому учитъ профессоръ Гилльменъ (Guillemann. — Navigation Intérieure).

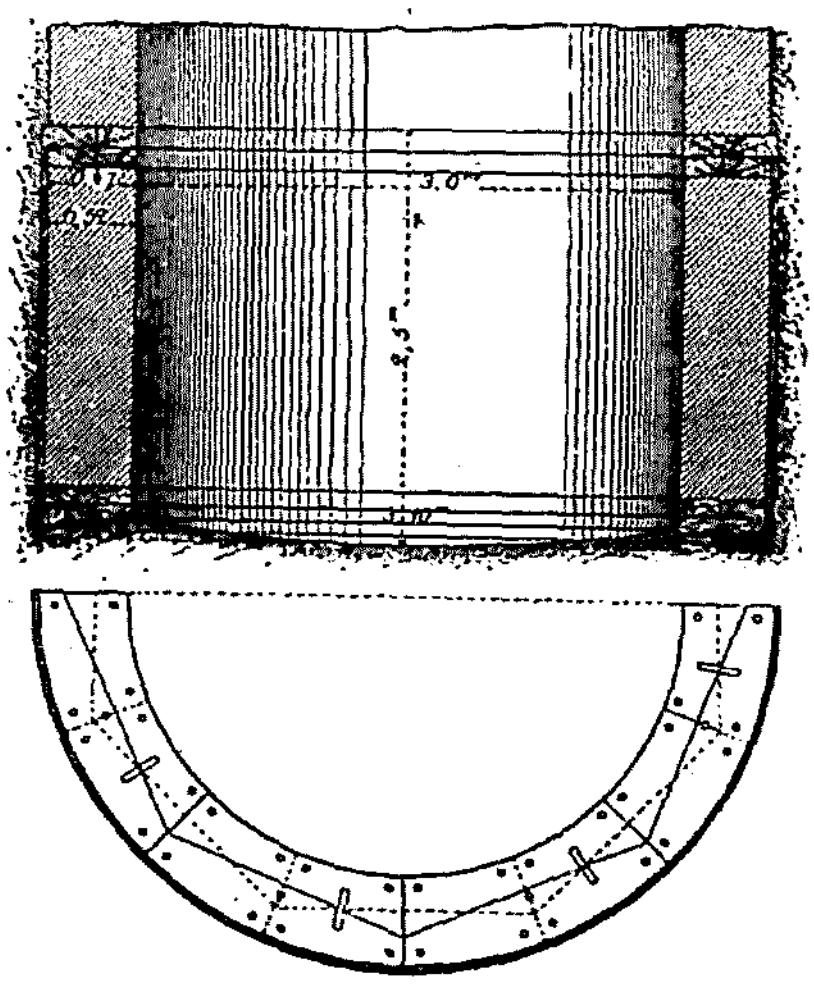
Въ послѣднее время явилось предложеніе придавать плотинамъ изъ камня или бетона видъ ряда устоевъ, подпирающихъ наклонные своды. Мысль эта представляется раціональной, но не имѣетъ еще санкціи продолжительнаго опыта.

Бетонныя плотины находятъ себѣ теперь все больше и больше примѣненій, преимущественно въ С. Америкѣ. Расчетъ ихъ аналогиченъ съ расчетомъ каменныхъ плотинъ. Основное условіе ихъ успѣха—особая тщательность исполненія. Одна изъ новѣйшихъ бетонныхъ плотинъ С. Америки представлена на черт. 151—160. Ея особенность составляетъ, помимо сводчатаго устройства, еще стальная обшивка поверхности бетона, обращенной къ водѣ.

Металлическія плотины также еще мало испытаны, хотя имъ повидимому, въ виду точности ихъ расчета, легкости и быстроты сооруженія, большой безопасности отъ крушенія и пр., принадлежитъ будущее (черт. 161—165).

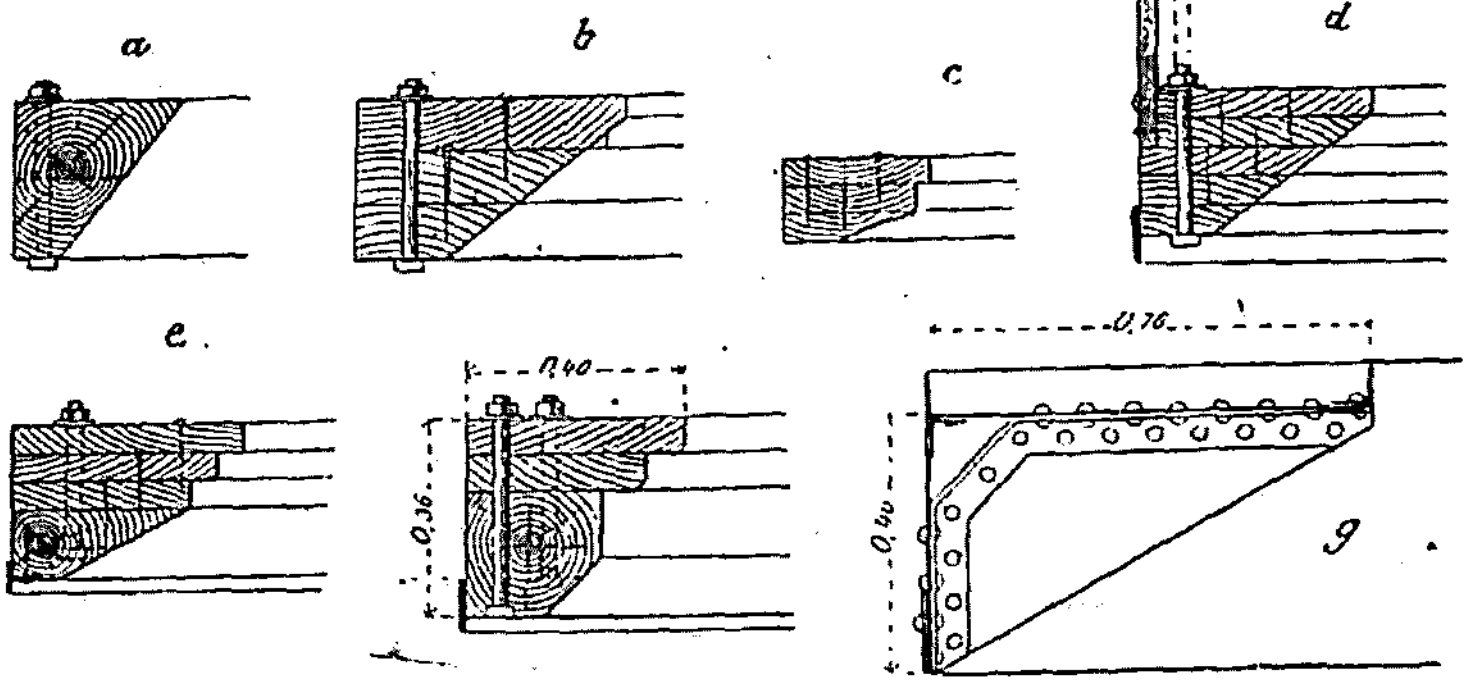
Желѣзно-бетонныя плотины (бетонъ Монье и т. п.) еще не имѣютъ примѣненій и составителю настоящаго курса не извѣстны случаи ихъ проектированія; есть, однако, всѣ основанія думать, что этотъ типъ можетъ также дать въ будущемъ очень благопріятные результаты по экономичности, быстротѣ устройства и безопасности, особенно для небольшихъ напоровъ.

Опускные колодцы.



Черт. 166 и 167.

Каменный опускной колодезь съ непроницаемыми стѣнками (разрѣзъ и планъ ножа) ($^1/_{75}$ н. в.).



Черт. 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174 и 175.

Различные типы ножей опускныхъ колодцевъ ($^1/_{25}$ н. в.). *a—f*—деревянные ножи, *g*—желѣзный ножъ. (A. W. Frühling, p. 247).

Деревянныя плотины описаны съ достаточной подробностью въ курсѣ Водяныхъ Сообщеній и здѣсь можно ограничиться указаніемъ лишь одного изъ американскихъ типовъ (черт. 129).

Равнымъ образомъ къ курсу Водяныхъ Сообщеній мы отсылаемъ для ознакомленія съ деталями устройства водосливовъ, водоспусковъ и прочихъ принадлежностей водоудержательной плотины.

Нѣкоторыя свѣдѣнія въ этомъ отношеніи могутъ быть почерпнуты изъ чертежей 117 — 165 и таблицы № 12.

Таблица № 12. Размѣры водосливовъ въ водоудержательныхъ плотинахъ.
(Burton.—The Water Supply of Towns, p. 66).

Размѣръ бассейна.	Длина водослива.	Глубина воды надъ порогомъ водослива.
200 акровъ.	15 фут.	1 фут. 8 дюйм.
400 „	20 „	1 „ 10 „
1 англійск. кв. миля.	25 „	2 „ — „
2 „ „ мили.	32 „	2 „ 5 „
3 „ „ „	39 „	2 „ 1 „
4 „ „ „	44 „	2 „ 10 „
6 „ „ миль.	54 „	3 „ — „
8 „ „ „	61 „	3 „ 3 „
10 „ „ „	68 „	3 „ 6 „
15 „ „ „	83 „	3 „ 9 „
20 „ „ „	95 „	4 „ — „
25 „ „ „	105 „	4 „ 2 „
30 „ „ „	116 „	4 „ 4 „
40 „ „ „	133 „	4 „ 7 „
50 „ „ „	149 „	4 „ 10 „
75 „ „ „	183 „	5 „ 3 „
100 „ „ „	212 „	5 „ 8 „

Примѣчаніе 1. Эта таблица составлена по эмпирическимъ даннымъ для странъ *не* подверженныхъ тропическимъ ливнямъ; на нее не слѣдуетъ смотрѣть иначе, какъ на собраніе данныхъ примѣрныхъ, ища точныя въ каждомъ частномъ случаѣ путемъ детальныхъ изслѣдованій мѣстныхъ условій.

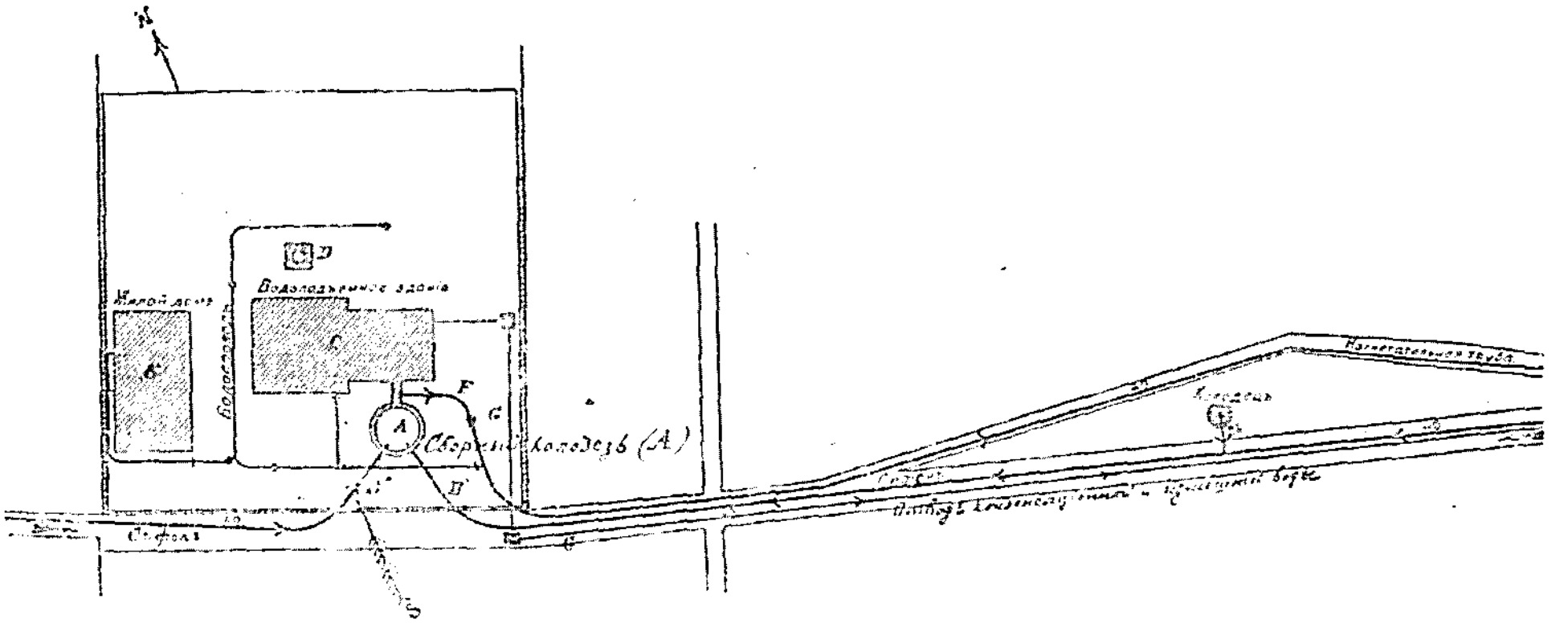
Примѣчаніе 2. Акръ = 0,003556 кв. версты = 888,982 кв. саж. Англійская миля линейная = 1,50857 линейныхъ версты = 754,286 пог. саж.

§ 43. Добываніе грунтовой воды колодцами.

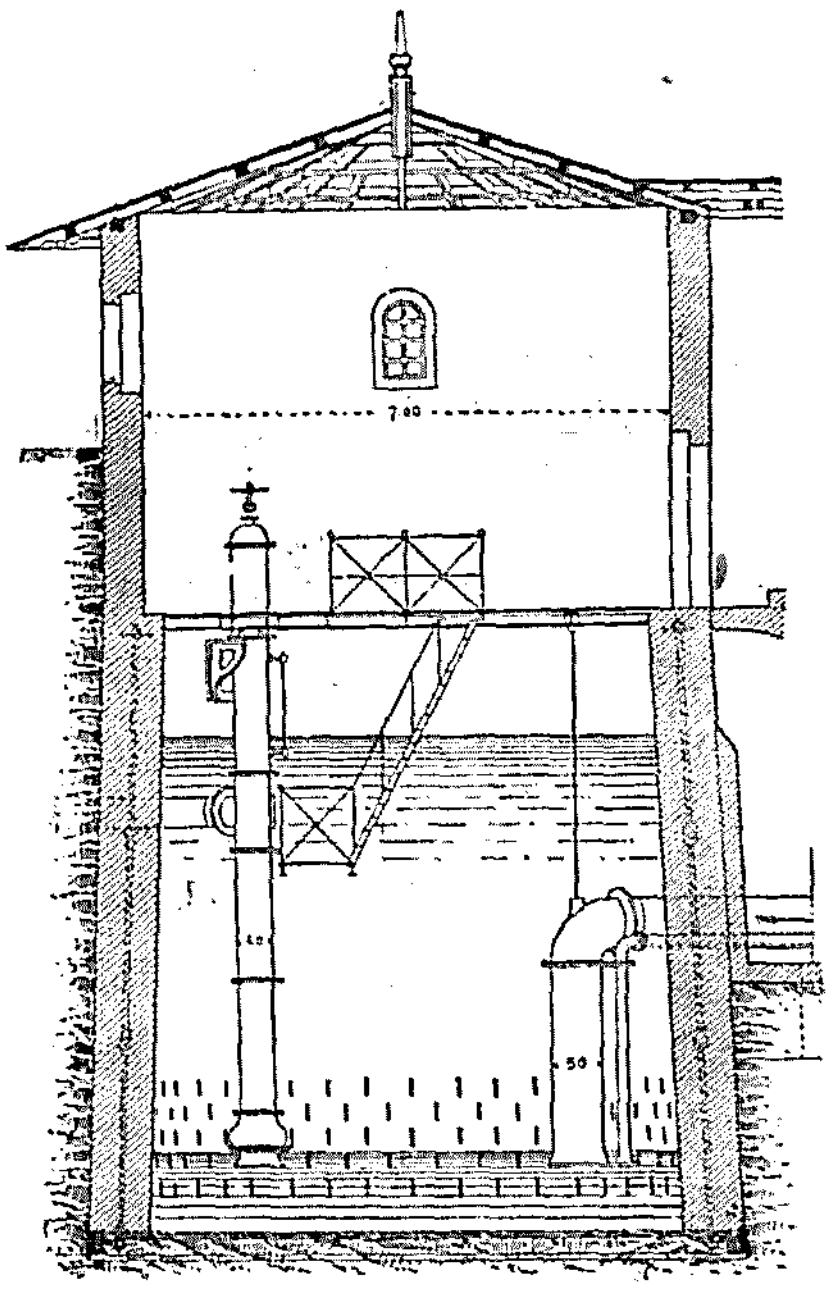
Простѣйшій способъ полученія грунтовой воды изъ ближайшаго къ земной поверхности водоноснаго слоя заключается въ устройствѣ колодца.

Снабженіе города Крефельда водою,

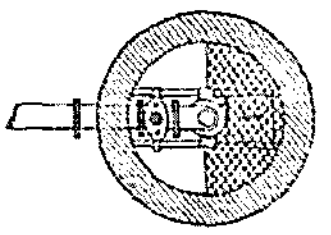
собираемой посредствомъ колодцевъ большого діаметра.



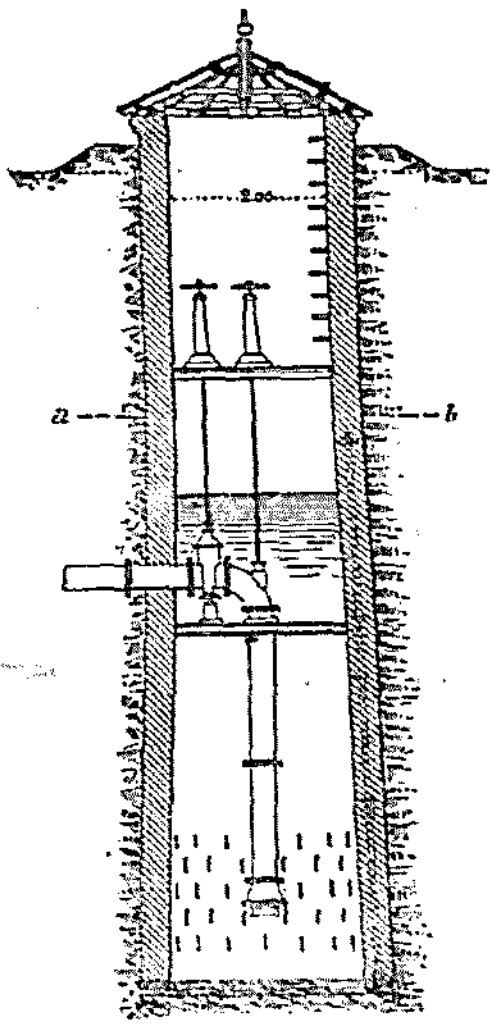
Черт. 176. — Планъ водосборныхъ и водоподъемныхъ сооруженій.



Черт. 177. — Главный колодезь *A*. Вертикальный разрѣзъ (см. планъ, черт. 174).



Черт. 178. — Водосборный колодезь. Планъ.



Черт. 179. — Водосборный колодезь. Вертикальный разрѣзъ. (Масштабъ $^1/_{400}$).

Опуская на нѣкоторую глубину дно такого колодца въ водоносный слой почвы, образуютъ камеру, изъ которой можно получить нѣкоторое количество воды.

Количество это зависитъ, по изслѣдованіямъ наиболѣе выдающихся гидравликовъ, отъ напора, подъ которымъ вода втекаетъ въ колодезь и толщины слоя воды въ колодцѣ, но мало измѣняется съ измѣненіемъ площади горизонтальнаго сѣченія колодца (предполагается, что стѣнки колодца имѣютъ отверстія для впуска воды). Это утвержденіе не вполнѣ вѣрно, если колодезь не доходитъ до непроницаемаго слоя, т. е. когда вода можетъ входить въ него не только чрезъ стѣнки, но и чрезъ дно его.

Изъ этого вообще слѣдуетъ, что придаваніе колодцу большаго діаметра имѣетъ въ виду существеннымъ образомъ увеличеніе емкости той камеры, которая заключаетъ въ себѣ водный запасъ колодца (при пропускающихъ воду стѣнкахъ).

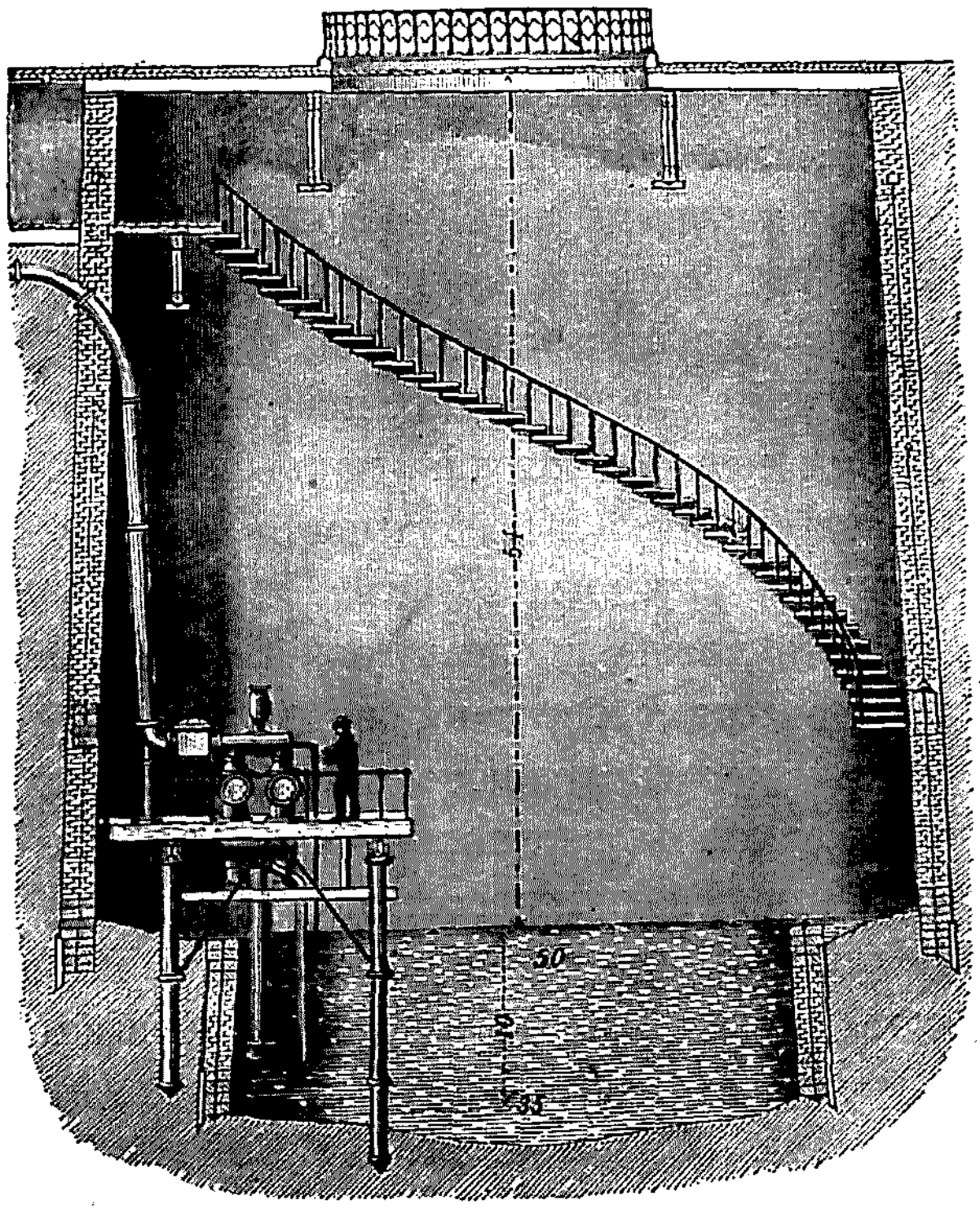
При выкачиваніи воды изъ колодца уровень воды въ немъ опускается и вмѣстѣ съ тѣмъ въ водоносномъ слоѣ вокругъ колодца образуется воронкообразное углубленіе болѣе или менѣе правильной формы и болѣе или менѣе значительнаго діаметра (черт. 234). Если откачиваемое изъ колодца количество воды болѣе того, что можетъ дать водоносный слой, то происходитъ общее пониженіе уровня почвенныхъ водъ; въ противномъ случаѣ устанавливается равновѣсіе между расходомъ и притокомъ, воронка принимаетъ постоянный видъ съ тѣмъ, чтобы по прекращеніи выкачиванія изъ колодца снова въ большей или меньшей степени заполниться.

Если два колодца помѣщены другъ отъ друга въ такомъ разстояніи, что воронки ихъ пересѣкаются, то расходъ въ каждомъ изъ нихъ будетъ меньше, чѣмъ если бы они были на болѣе значительномъ разстояніи.

Это *обстоятельство нужно всегда имѣть въ виду при расположеніи колодцевъ группами* и тщательно изучить предварительно формы, которыя можетъ принять въ данномъ мѣстѣ поверхность грунтовой воды подъ вліяніемъ одновременной работы колодцевъ.

Изъ сказаннаго ясно, что колодезь или группа колодцевъ можетъ давать непрерывно вполнѣ ограниченное количество воды; если расходъ воды изъ колодца будетъ больше прихода, то колодезь можетъ быть осушенъ. Поэтому для снабженія грунтовой водой домовъ

Опускные колодцы.



Черт. 180.

Опускной колодезь въ г. Бруклинѣ.

Особенность его составляетъ крайне значительный діаметръ (50 ф.) и устройство отъ горизонта воды второго опускного колодца нѣсколько меньшихъ размѣровъ. Насосы для подъема воды поставлены на особой платформѣ, сообщающейся съ поверхностью земли при посредствѣ широкой винтовой лѣстницы. Колодезь освѣщенъ большимъ просвѣтомъ въ крышѣ (Fanning).

и вообще для тѣхъ случаевъ, когда вода требуется чрезъ извѣстные болѣе или менѣе значительные промежутки времени, наиболѣе цѣлесообразнымъ типомъ колодца является колодезь большаго діаметра, опущенный на небольшую глубину; его секундный притокъ малъ, но водная камера его имѣетъ большую вмѣстимость и дастъ запасъ воды, который можетъ расходоваться *интенсивно* въ теченіе *короткаго промежутка* времени.

Для городскихъ водоснабженій, требующихъ *непрерывно значительныхъ количествъ воды*, необходимо искать ее въ обильныхъ водой слояхъ грунта; таковыми верхніе слои бываютъ въ рѣдкихъ случаяхъ, такъ какъ имъ соотвѣтствуютъ обыкновенно небольшіе бассейны. Идти же на большую глубину съ колодцами большаго діаметра очень затруднительно и дорого; притомъ же это и не необходимо, такъ какъ резервуаръ колодца, какъ бы ни былъ великъ его діаметръ, не можетъ обезпечить правильности водоснабженія при недостаточномъ притокѣ грунтовыхъ водъ. Если же притокъ достаточенъ, то извлечь его можно и чрезъ тонкій *трубчатый* колодезь.

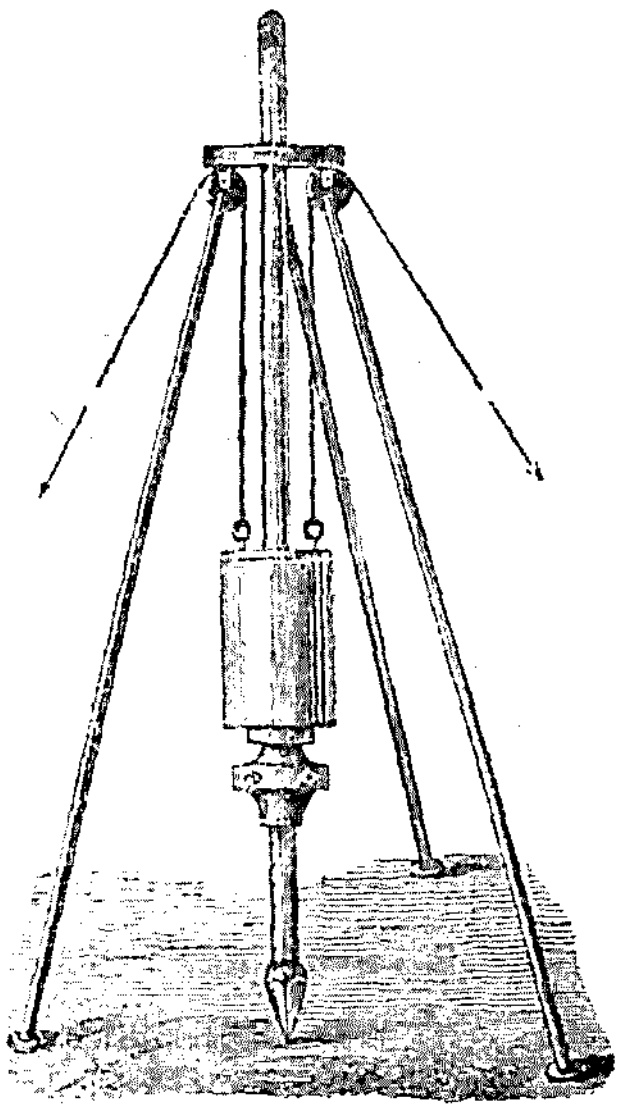
Поэтому для городскихъ или станціонныхъ водоснабженій колодцы большого діаметра могутъ успѣшно примѣняться въ относительно рѣдкихъ случаяхъ, когда въ верхнихъ слояхъ есть достаточный притокъ воды; тогда эти колодцы представляются крайне удобными по легкости установки въ нихъ водоподъемныхъ снарядовъ.

Ихъ дѣлаютъ тогда нѣсколько, соединяя горизонтальными трубами или галлереями съ центральнымъ колодцемъ, откуда вода выкачивается машинами. (См. черт. 176—179).

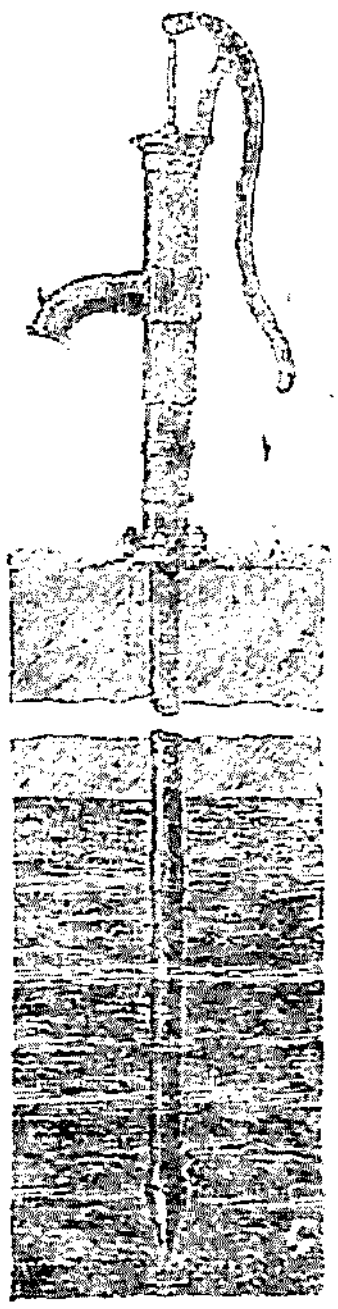
Говоря о колодцахъ такого рода, можно обратить вниманіе на систему колодцевъ инженера Donnet'a въ Ліонѣ. Эта система имѣетъ цѣлью извлечь изъ водоносныхъ слоевъ въ короткое время возможно большее количество чистой воды при постоянной температурѣ, помощью недорогого устройства. Съ этою цѣлью притокъ воды въ колодезь освобожденъ отъ противодѣйствующаго атмосфернаго давленія устройствомъ герметическихъ стѣнокъ и крыши.

Эта система казалась удобною для такихъ колодцевъ, гдѣ притокъ воды въ извѣстное время былъ меньше потребнаго количества. Хотя на первый взглядъ подобное устройство представляетъ много преимуществъ, но не нужно однако упускать изъ вида нѣкоторыхъ сомнѣній относительно примѣнимости этой системы, на томъ осно-

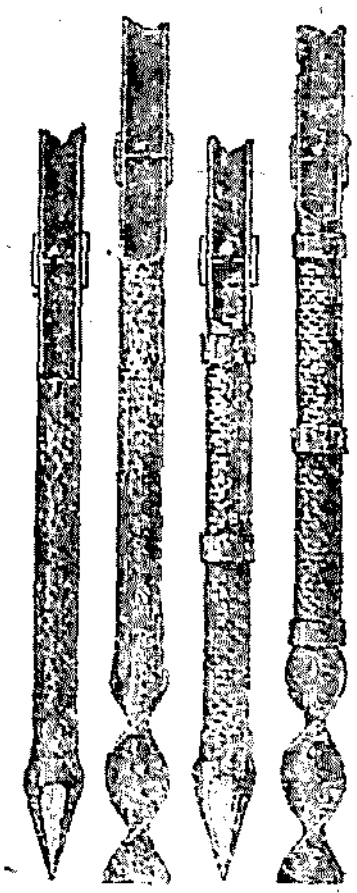
Забивные колодцы (Абиссинскіе колодцы).



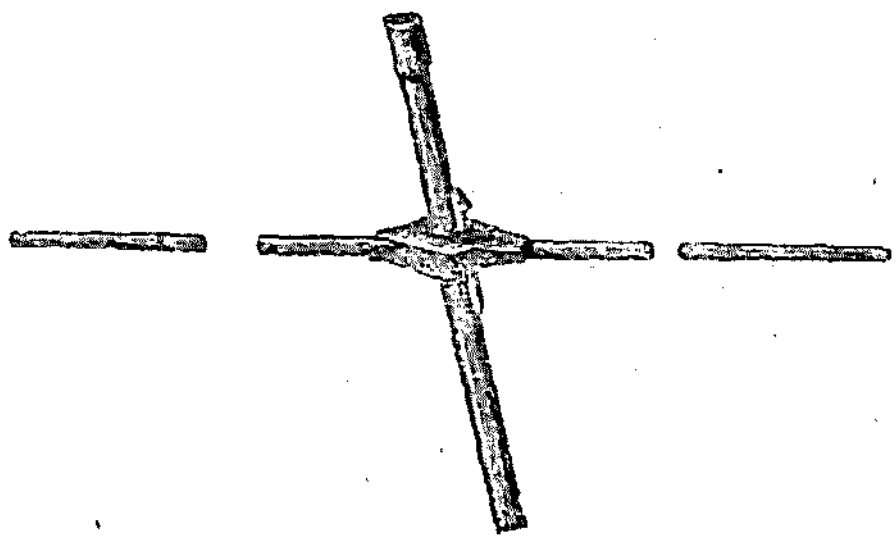
Черт. 181.—Коперъ для забиванія абиссинскихъ колодцевъ ($^1/_{30}$ н. в.).



Черт. 182.—Общій видъ абиссинскаго колодца съ ручнымъ насосомъ ($^1/_{30}$ н. в.).



Черт. 183—186. — Наконечники трубъ забивныхъ и ввинчиваемыхъ абиссин. колодцевъ ($^1/_{30}$ н. в.).



Черт. 187. — Приборъ для ввинчиванія абиссинскихъ колодцевъ ($^1/_{30}$ н. в.).

ваніи, что атмосферное давленіе въ слояхъ почвы ни въ коемъ случаѣ не можетъ дѣйствовать въ той мѣрѣ, въ какой это предполагается этой системой. На нѣкоторыхъ германскихъ желѣзныхъ дорогахъ были сдѣланы опыты съ подобнымъ устройствомъ, причемъ результаты совершенно не оправдали ожиданій.

А. *Колодцы большого діаметра* (*резервуарные*).

Сѣченіе въ планѣ резервуарнымъ колодцамъ придаютъ обыкновенно круглое, какъ наиболѣе выгодное; оно имѣетъ наименьшій периметръ при той же площади (чѣмъ периметръ меньше, тѣмъ меньше стоитъ обдѣлка, чѣмъ площадь меньше, тѣмъ меньше работы для вырытія колодца) и сверхъ того позволяетъ и въ другомъ отношеніи довести до минимума затраты на обдѣлку стѣнокъ колодца, въ виду наилучшей сопротивляемости круговыхъ обдѣлокъ внѣшнимъ усиліямъ. Но для деревянныхъ обдѣлокъ часто примѣняется прямоугольное сѣченіе.

Діаметръ колодца *домового*, *дворового* или *обыкновеннаго* зависитъ отъ величины запасовъ воды, которыя желательно имѣть въ немъ. Діаметръ не долженъ быть меньше того, при которомъ возможно удобное извлеченіе воды и очистка колодца. Обыкновенный размѣръ отъ 2 до 5 аршинъ.

Колодцы для противопожарныхъ цѣлей слѣдуетъ дѣлать не менѣе 3 арш. въ діаметрѣ. Бо́льшихъ размѣровъ слѣдуетъ придерживаться при мелко-зернистыхъ (плывучихъ) грунтахъ, чтобы увеличеніемъ площади притока уменьшить скорость притеканія воды и тѣмъ уменьшить возможность подмыва подошвы колодца.

Діаметръ *водопроводныхъ* колодцевъ зависитъ отъ тѣхъ водоподъемныхъ устройствъ, которыя они должны заключать и можетъ имѣть самыя различныя величины.

Способы производства работъ по устройству *домовыхъ* или *обыкновенныхъ* колодцевъ описаны въ курсѣ Общихъ Началъ Строительнаго Искусства.

Въ общихъ чертахъ они состоятъ въ устройствѣ вертикальной шахты и ея обдѣлкѣ. Шахта роется какъ обыкновенная яма и постепенно укрѣпляется особою *обдѣлкою*.

Обдѣлка необходима въ грунтахъ рыхлыхъ или могущихъ разрыхляться подъ дѣйствіемъ сырости и воздуха. Матеріалы для обдѣлки употребляются разные: каменная кладка, сухая и на растворѣ,

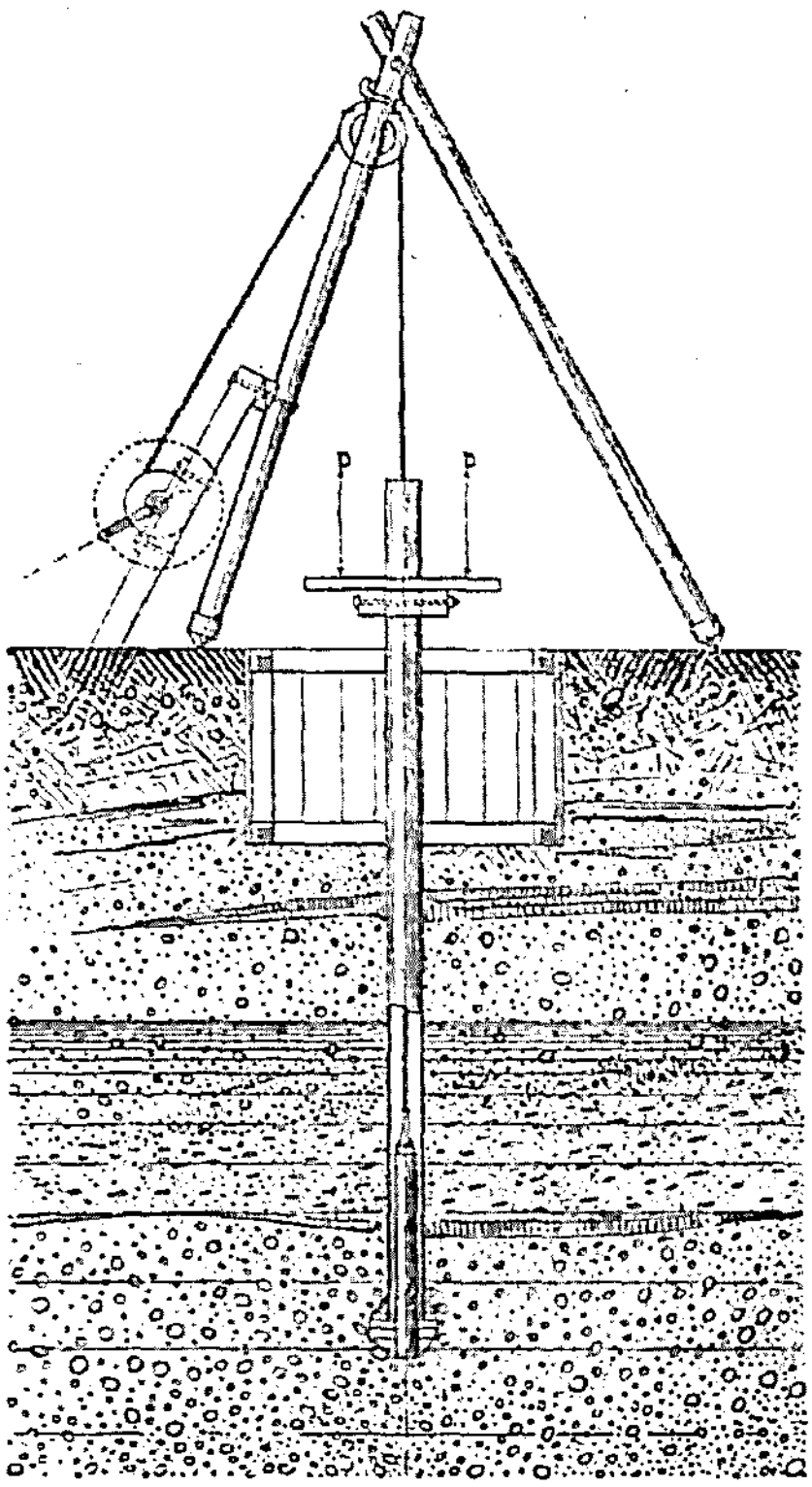
дерево и желѣзо. При выборѣ матеріала основное правило — избѣгать тѣхъ, которые портятся и (или) портятъ воду. Наилучшая кладка изъ кремнистыхъ камней или кирпича на растворѣ изъ цемента или гидравлической извести. Известковые камни и жирный известковый растворъ могутъ повышать жесткость воды. Дерево хорошо сохраняется въ водѣ, но гніетъ на воздухѣ. Желѣзо сообщаетъ водѣ вкусъ ржавчины и потому не пригодно для домовыхъ колодцевъ, но для водопроводныхъ, гдѣ вода не застаивается, оно часто примѣняется.

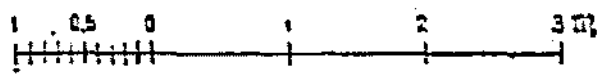
Обдѣлка стѣнъ домовыхъ колодцевъ бываетъ, однако, нерѣдко деревянная. Въ этомъ случаѣ стѣнки колодца дѣлаются преимущественно въ видѣ прямого, чаще четырехсторонняго сруба, составленаго изъ бревенчатыхъ или пластинчатыхъ вѣнцовъ; бревна врубаются въ лапу безъ остатка, и кромѣ того соединяются шипами. Проконопатка пазовъ мохомъ не можетъ считаться правильной, такъ какъ способствуетъ развитію органической жизни. Опытъ показываетъ, что для обдѣлки колодцевъ хороша *ольха*, почти не употребляемая какъ строительный матеріалъ для другихъ цѣлей. Срубъ заготовляется на поверхности земли, затѣмъ разбирается и окончательно собирается въ вырытой шахтѣ. Подъ водою дерево сохраняется чрезвычайно долго; выше-же уровня воды и особенно на этомъ уровнѣ, равно и близъ поверхности земли срубъ быстро загниваетъ, чѣмъ сильно портитъ воду, такъ какъ способствуетъ развитію микроорганизмовъ. Покрывать его какими-либо предохраняющими средствами (напр. смолой)—неудобно, такъ какъ этимъ портится вкусъ воды.

Каменные дворовые колодцы, несравненно болѣе долговѣчные, нежели деревянные, но и значительно болѣе дорогіе, обыкновенно бываютъ цилиндрической формы, причемъ стѣны ихъ складываются изъ бута (худшій способъ) или кирпича на растворѣ (цементномъ) или-же формуются изъ бетона. По своему устройству каменные дворовые колодцы вполнѣ аналогичны съ таковыми-же устраиваемыми для цѣлей городского водоснабженія, о которыхъ будетъ сказано болѣе подробно далѣе.

Устройство колодца съ откачкой воды можетъ быть выполнено безъ особыхъ затрудненій и слишкомъ значительныхъ затратъ, когда притокъ грунтовой воды не очень обиленъ и погруженіе колодца въ водоносный слой—не велико, значитъ этотъ способъ преимущественно подходитъ для дворовыхъ колодцевъ. Онъ имѣетъ тѣ

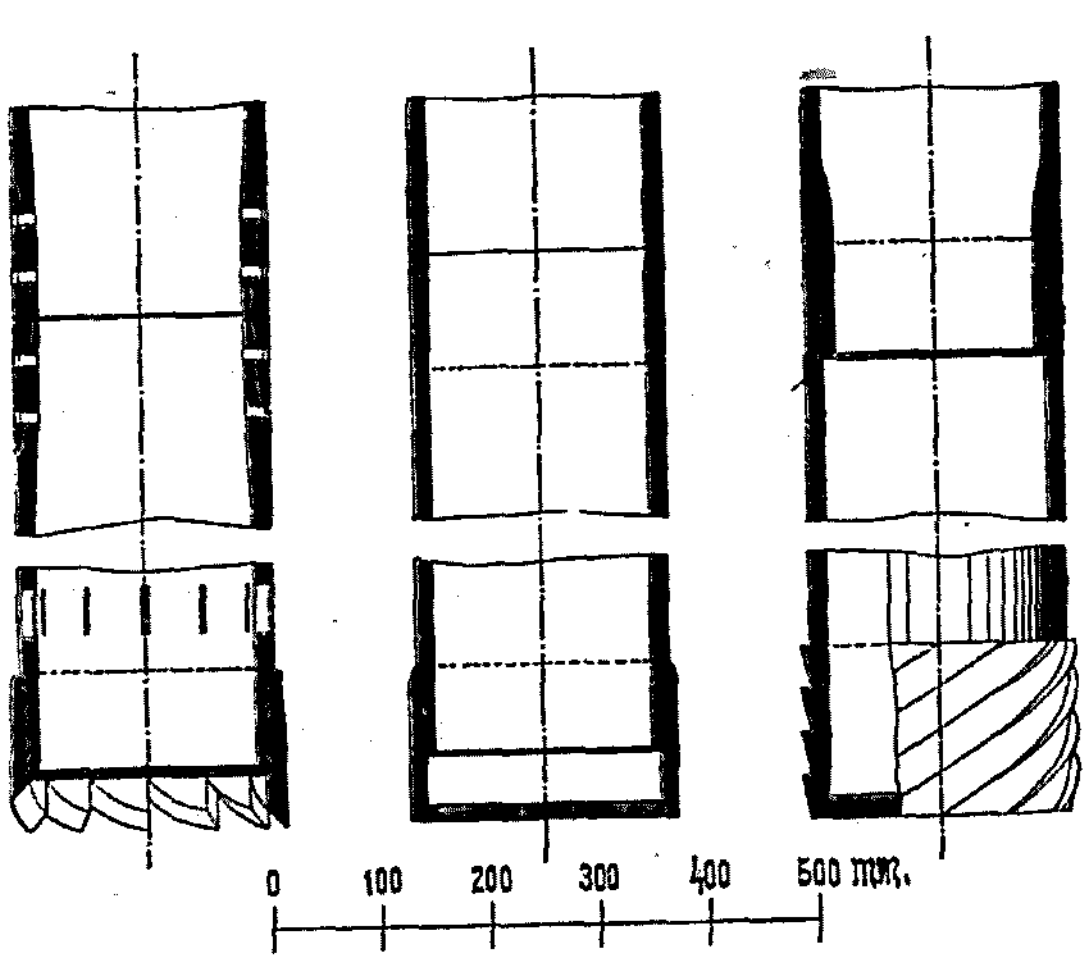
Буровые колодцы.





Черт. 188.

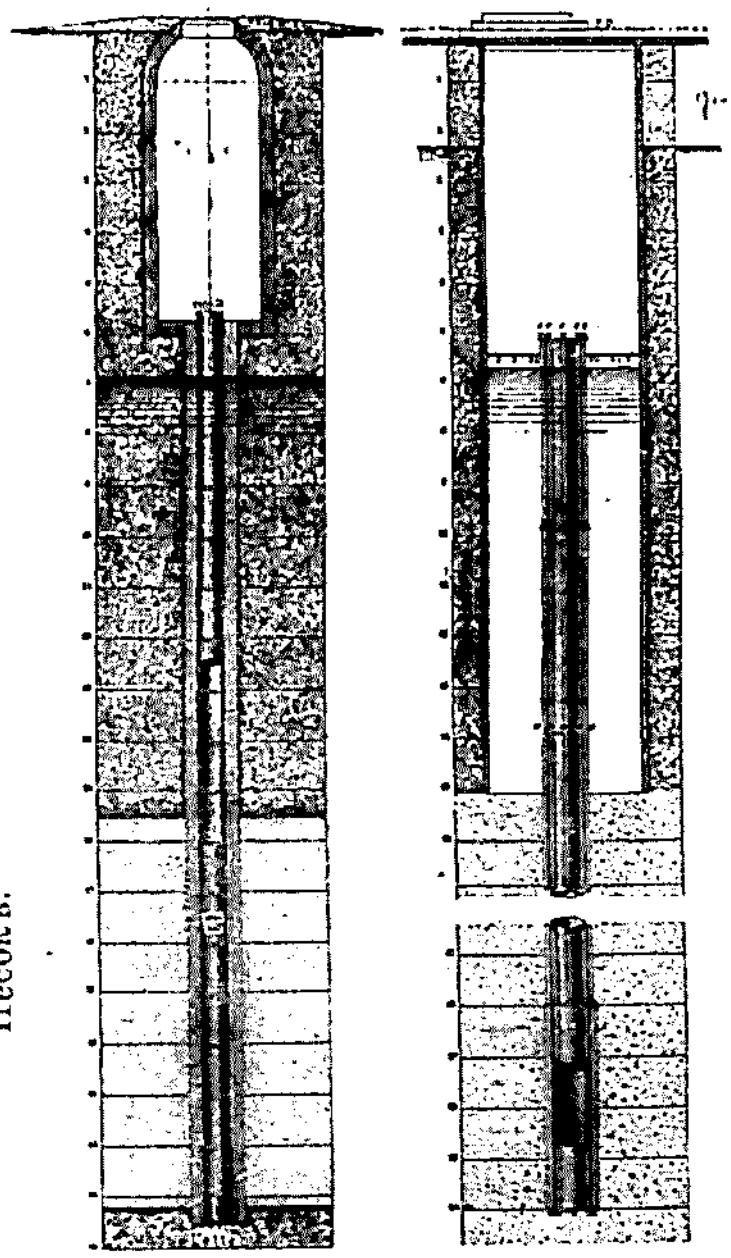
Приспособленіе для буренія неглубокаго колодца въ песчаномъ или гравелистомъ грунтѣ.



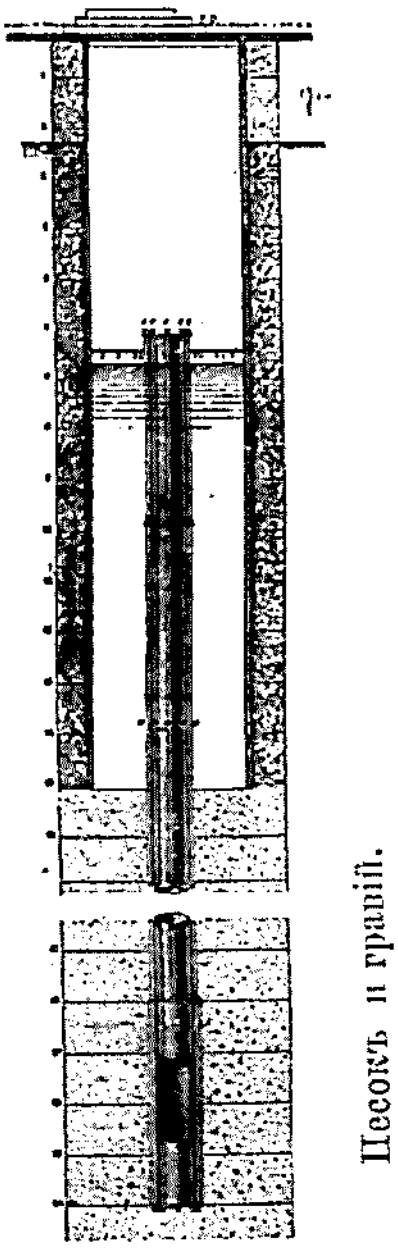
Черт. 189, 190 и 191.

Соединенія трубъ и наконечники буровыхъ колодцевъ.

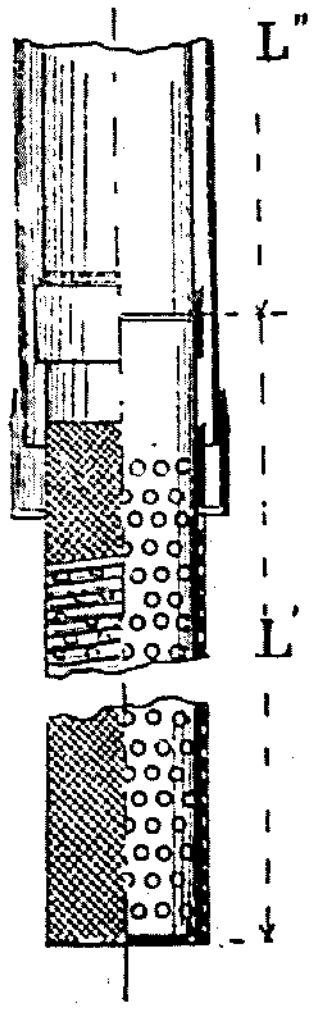
Буровые колодцы.



Черт. 192. — Буровой колодезь въ Шпейерѣ ($^1/_{300}$ н. в.).

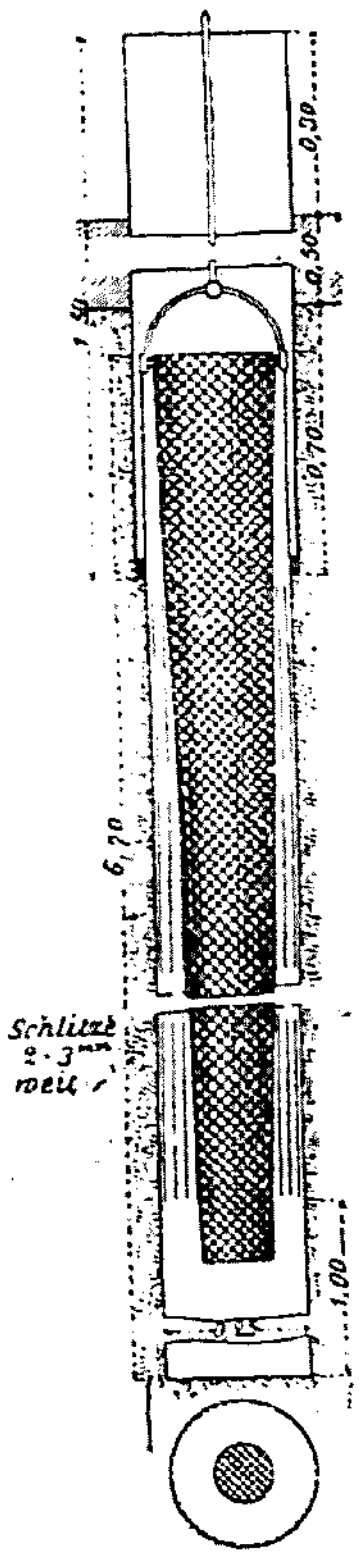


Черт. 193. — Буровой колодезь Пфальцск. жел. дорогъ ($^1/_{300}$ н. в.). Lueger.



Черт. 194.

Обыкновенный фильтръ брукшинскихъ и артезіанскихъ колодцевъ.



Черт. 195. — Буровой колодезь съ подвижной фильтраціонной сѣткой ($^1/_{25}$ н. в.) системы Sonne, примѣненной въ колодцахъ водоснабженія гор. Мангейма. (A. Frühling, p. 256).

преимущества, что кладку можно вести болѣе тщательно, что̀ легче заполнить пазухи за стѣнками колодца любымъ матеріаломъ, напр. глиной, чтобы около колодца не просачивалась наземная вода и что, наконецъ, можно себѣ дать ясное представленіе о наслоеніяхъ грунта. При этомъ способѣ ради большей прочности колодца его ставятъ на основаніе, состоящее изъ прочной деревянной брусчатой рамы, связанной въ полъ дерева и имѣющей форму стѣнокъ колодца; можно основывать колодезь и на такихъ же рамахъ, какія употребляются при опускномъ способѣ, о которомъ будетъ сказано далѣе.

Во всякомъ случаѣ при помощи обыкновеннаго способа рытья колодцевъ добывается вода верхняго водоноснаго слоя. Часто, однако, необходимо для полученія достаточнаго количества воды идти дальше, до болѣе глубокаго и болѣе обильнаго водой слоя.

При этомъ приходится пересѣчь одинъ или нѣсколько верхнихъ водоносныхъ слоевъ.

Трудность устройства колодца въ этихъ условіяхъ значительно возрастаетъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ возрастаетъ и трудность поднятія изъ него воды.

Если верхніе пересѣкаемые водоносные слои мало обильны водой и тонки, то глубокій колодезь можетъ быть устроенъ по типу обыкновеннаго съ нѣкоторыми лишь измѣненіями. Такъ напримѣръ въ Ландахъ и во Франціи глубокіе обыкновенные колодцы въ мѣстѣ пересѣченія съ верхнимъ водоноснымъ слоемъ обложены съ наружной стороны ихъ каменной обдѣлки мятой глиной съ пескомъ (corroi d'argile), препятствующей водѣ верхняго слоя проникать въ колодезь. Если же слои, которые нужно пересѣчь на пути къ главному водоносному горизонту, обильны водой, то приходится прибѣгать къ искусственнымъ пріемамъ устройства колодцевъ.

Большое примѣненіе при устройствѣ колодцевъ большаго діаметра, въ особенности съ водопроводными цѣлями, находитъ себѣ *способъ* такъ называемаго *опусканія колодцевъ*, который обыкновенно употребляется когда шахта достигнетъ водоноснаго слоя. Тогда въ простѣйшихъ случаяхъ дѣлается деревянная платформа въ видѣ кольца, на ней возводится каменная кладка стѣнъ колодца, подъ ней подрывается грунтъ съ помощью водоотлива или черпачныхъ снарядовъ, работающихъ подъ водой, и цилиндрическая обдѣлка колодца постепенно проникаетъ все глубже и глубже въ водоносный слой. Когда опустятся на

желаемую глубину или дойдутъ до непроницаемаго слоя, погруженіе прекращаютъ и достраиваютъ обдѣлку въ верхней части колодца надъ водой (см. черт. 166 и 167). При устройствѣ погружаемой обдѣлки *необходимо не забывать оставлять въ ней каналы для впуска воды въ колодезь*, если впускъ воды чрезъ дно не можетъ обезпечить притока ея въ достаточномъ количествѣ.

Основная рама дѣлается изъ деревянныхъ брусьевъ или досокъ (черт. 166—175) плотной породы дерева, со скошеннымъ краемъ наружу, причемъ снаружи полезно придѣлывать «ножъ» изъ полосоваго или тавроваго желѣза (черт. 171—174 d, c, f), охватывающаго вокругъ все кольцо. При большомъ діаметрѣ колодца кольцо дѣлаютъ и изъ клепанаго желѣза (чер. 175 g) на подобіе кессоннаго ножа. Назначеніе рамы—обезпечить равномѣрное погруженіе колодца, особенно при встрѣчѣ какихъ-либо препятствій: болѣе твердыхъ породъ, камней и т. п. Для большей прочности къ рамѣ часто прикрѣпляютъ стоячіе болѣе или менѣе длинные штыри или анкера толщиною отъ $^3/_4''$ до $1^1/_2''$, располагая ихъ (отъ 4 до 6 и болѣе) по окружности рамы и задѣлывая затѣмъ въ кладку (см. черт. 166, 177, 180 и 231). Въ толщѣ кладки анкера заканчиваются поперечными штырями или дисками съ гайками. Для бо́льшей прочности дѣлаютъ еще во всю окружность колодца въ нижней его части прокладныя кольца полосоваго или листоваго желѣза (иногда изъ дерева) на взаимныхъ разстояніяхъ (по высотѣ) до 3 и болѣе арш.; эти кольца связываются между собою и съ нижнимъ кольцомъ анкерами (черт. 180). При хорошемъ песчаномъ грунтѣ и небольшихъ размѣрахъ колодца въ такихъ кольцахъ надобности нѣтъ: существуютъ въ песчаномъ грунтѣ колодцы діаметромъ въ 1 сажень и болѣе и глубиною до 12 саженъ безъ такихъ колецъ. Однако, въ видахъ безопасности рабочихъ, при опусканіи колодца глубиною свыше 5 саженъ лучше ставить кромѣ нижней рамы еще 1 — 2 кольца; при меньшей глубинѣ—это излишне. Говоря о предосторожностяхъ, будетъ не лишнимъ упомянуть о другой опасности, нерѣдко встрѣчаемой при рытьѣ и ремонтѣ глубокихъ колодцевъ—это скопленіе газовъ, главнымъ образомъ углекислоты, причиняющее потерю сознанія и даже смерть. Признакъ—огонь, опущенный въ колодезь—гаснетъ. Для выгона газовъ надо провѣтрить колодезь. Иногда кольца закладываютъ такъ, чтобы онѣ слегка (на $^1/_2''$) выступали изъ кирпичныхъ стѣнокъ наружу, для уменьшенія

трепія поверхности кладки о грунтъ. Для той же цѣли на 2—3 аршина выше нижняго деревяннаго кольца иногда укладываютъ въ кладку второе кольцо и всю наружную поверхность колодца въ предѣлахъ этихъ двухъ колецъ обшиваютъ досками (черт. 166). Наконецъ для той же цѣли облегченія опусканія колодца его діаметръ нѣсколько съуживаютъ кверху (черт. 177, 179 и 180). Работа производится обыкновенно слѣдующимъ образомъ:

Установивъ въ вырытомъ котлованѣ основное кольцо, возводятъ кладку на вышину 20—25 рядовъ кирпича и начинаютъ вынимать землю со дна колодца, причемъ послѣдній погружается все ниже и ниже. Когда рама опустится ниже поверхности воды, выводятъ всю кладку до, а иногда и немного выше-поверхности земли, продолжая вычерпывать со дна землю. Выниманіе земли со дна колодца производится лопатами пока есть возможность откачкой одолѣвать притокъ воды.

При очень обильномъ притокѣ переходятъ къ подводному вычерпыванію грунта, причемъ обыкновенно (особенно при небольшомъ діаметрѣ колодца) можно ограничиваться вычерпываніемъ лишь изъ центра колодца, забирая ближе къ той сторонѣ, которая осѣдаетъ медленнѣе. Для вычерпыванія грунта служатъ различнаго рода черпаки (при большомъ діаметрѣ даже норіи); въ послѣднее-же время начали примѣнять и землесосы, дѣйствующіе давленіемъ воды или всасываніемъ (вода подъ сильнымъ давленіемъ накачивается въ колодезь близъ его дна и взмучивая песокъ, гонитъ его вверхъ по другой трубѣ вмѣстѣ съ водою). Если опусканіе колодца остановится вслѣдствія тренія о грунтъ, то, чтобы кладка не разорвалась отъ дѣйствія вѣса нижней своей части, колодезь нагружаютъ сверху, укладывая ихъ на платформу покрывающую колодезь, кирпичами, ящиками съ пескомъ, желѣзнымъ ломомъ, чтобы заставить колодезь опускаться; при этомъ, чтобы верхняя часть стѣнокъ не разсѣлась, ее обтягиваютъ канатами, закручиваемыми аншпугомъ или цѣпями, подложивъ подъ нихъ куски досокъ.

Стѣнки каменныхъ колодцевъ дѣлаютъ непроницаемыми для воды, если желаютъ получать воду со дна колодца, или проницаемыми для полученія воды съ боковъ колодца; иногда въ колодцахъ часть кладки, пересѣкающей водоносный слой съ водою негодною для водоснабженія, дѣлается непроницаемой, а остальная—проницаемой.

Непроницаемая кладка дѣлается изъ кирпича на цементномъ растворѣ, причемъ полезно снаружи оштукатурить ее цементомъ-же, или изъ жирнаго цементнаго бетона (1 : 2 до 1 : 5). Бетонные колодцы складываются изъ отдѣльныхъ цилиндрическихъ (а при большемъ діаметрѣ — изъ секторіальныхъ) звеньевъ вышиною отъ $1^1/_2$ до 3 аршинъ (въ зависимости отъ вѣса), причемъ звенья соединяются посредствомъ закраинъ (какъ дерево, въ четверть) или рѣже, посредствомъ раструбовъ, — на цементномъ растворѣ. При соединеніи кладки анкерами въ бетонныхъ кольцахъ формуются соотвѣтственныя отверстія. Достоинство бетонныхъ колодцевъ—ихъ непроницаемость, монолитность и гладкость стѣнокъ, весьма облегчающая опусканіе.

Толщина стѣнокъ круглыхъ каменныхъ колодцевъ по разсчету всегда оказывается очень малой, но ихъ все-таки не слѣдуетъ дѣлать тоньше 1 кирпича, а лучше и потолще, чтобы обезпечить колодцу должный вѣсъ и прочность во время опусканія. На основаніи существующихъ примѣровъ можно положить для кирпичныхъ колодцевъ (даже при 10 саженной глубинѣ) достаточною толщину стѣнъ $= 0,1d + 4''$, гдѣ d — внутренній діаметръ колодца, округляя полученную величину до ближайшаго бо́льшаго числа полукирпичей; лишь въ верхней части можно допускать въ толщину въ 1 кирпичъ. Цементные колодцы могутъ имѣть нѣсколько меньшую толщину стѣнокъ.

Проницаемыя для воды стѣнки бетонныхъ колодцевъ снабжаются отверстіями, величина и число которыхъ должно быть согласовано съ допускаемой въ данномъ грунтѣ скоростью притока въ колодезь воды (см. § 47).

Въ кирпичныхъ колодцахъ проницаемая кладка производится или изъ лекальнаго съ отверстіями кирпича или со сквозными швами чередуя по высотѣ плотную на цементѣ кладку со сквозной, или же, наконецъ, въ очень мелко-зернистомъ грунтѣ, устраивая такъ наз. фильтрующіе колодцы, состоящіе изъ двухъ рядовъ дырчатой кирпичной кладки, покоющейся на общемъ основномъ кольцѣ, промежутокъ между которыми заполненъ рядами крупнаго, средняго и мелкаго песка.

Опускные колодцы даютъ въ отношеніи удобства и легкости достиженія глубокихъ слоевъ воды большія преимущества предъ обыкновенными, получаемыми рытьемъ и постепеннымъ крѣпленіемъ шахты. Ихъ недостатокъ—дороговизна часто не соотвѣтствуетъ, однако, тому

относительно незначительному увеличенію расхода воды, который вызываетъ переходъ отъ малаго діаметра къ большому.

Хорошіе результаты при устройствѣ колодцевъ въ водоносныхъ грунтахъ могутъ быть получены и примѣненіемъ способа *замораживанія* грунта (Poetsch'a—см. Lueger—Die Wasserversorgung der Städte).

Въ послѣднее время кромѣ каменныхъ колодцевъ большаго діаметра стали также весьма часто дѣлать чугунные (рѣже желѣзные), причемъ способъ производства работы по погруженію этихъ колодцевъ былъ сохраненъ тотъ-же, что и при каменныхъ. Чугунные колодцы представляютъ то преимущество передъ каменными, что при одинаковомъ діаметрѣ колодца, въ чугунныхъ стѣнкахъ можно расположить притočныя отверстія ближе другъ къ другу, чѣмъ позволяетъ это дѣлать, по своимъ свойствамъ, камень, слѣдовательно и общая ихъ площадь будетъ больше, значитъ будетъ больше и количество извлекаемой воды; въ силу этого преимущества, при одинаковой производительности колодцевъ, діаметръ чугуннаго будетъ меньше, чѣмъ каменнаго, и его погруженіе будетъ идти легче. Прозоры въ стѣнкахъ чугунныхъ колодцевъ бываютъ обыкновенно болѣе чисты, чѣмъ въ каменныхъ, гдѣ они легко обволакиваются слизистой зеленью водорослей. Ко всему этому присоединяется еще то, что устройство чугунныхъ колодцевъ идетъ быстрѣе (нѣтъ кладки, анкеровъ, колецъ), причемъ сравнивая колодцы по ихъ производительности, оказывается еще, что ихъ стоимость не только не выше таковой-же каменныхъ, но часто и болѣе низка. Недостатокъ чугунныхъ колодцевъ—ржавчина, появляющаяся на чугунѣ и портящая воду; однако и этотъ недостатокъ, какъ показываютъ существующіе примѣры, пока не оказывается особенно вреднымъ ни для прочности самого сооруженія, ни для свойствъ воды, если послѣдняя извлекается изъ колодца въ большемъ количествѣ.

Чугунные колодцы составляются обыкновенно изъ отдѣльныхъ трубчатыхъ звеньевъ до 11 и даже болѣе футъ въ діаметрѣ, съ ребордами, при помощи которыхъ звенья наращиваются другъ на друга. Верхняя часть чугунныхъ колодцевъ выше уровня грунтовой воды весьма часто дѣлается изъ кирпича.

Въ болѣе сложныхъ случаяхъ при устройствѣ опускныхъ колодцевъ съ водопроводными цѣлями они дѣлаются нерѣдко металлическіе съ каменной или бетонной облицовкой и погружаются посред-

ствомъ тѣхъ же пріемовъ, какіе примѣняются при устройствѣ мостовыхъ опоръ. Сжатый воздухъ играетъ въ этихъ работахъ часто очень значительную роль. Работая со сжатымъ воздухомъ можно легко преодолѣть всѣ затрудненія, представляемыя водой, плывучимъ грунтомъ, треніемъ и проч. Подобные колодцы дѣлаются для городскихъ водоснабженій. Примѣры ихъ довольно многочисленны; они есть въ Берлинѣ на берегу озера Тегель, гдѣ ихъ погружено 23 на протяженіи 1500 метровъ и гдѣ они соединены въ одну сѣть горизонтальными трубами сообщающимися съ водоподъемными машинами.

Какъ на примѣръ устройства кирпичныхъ опускныхъ колодцевъ съ водопроводными цѣлями можно указать на гг. Маннгеймъ, Крефельдъ, Бруклинъ и многіе другіе. Остановимся на классическомъ примѣрѣ водоснабженія г. Крефельда.

За г. Крефельдомъ, на линіи, перпендикулярной къ теченію грунтовыхъ водъ (черт. 176—179), устроено 8 водосборныхъ колодцевъ: 7 малыхъ (на черт. 176 виденъ лишь одинъ, ближайшій, изъ малыхъ колодцевъ) и восьмой A бо́льшаго размѣра, который, добывая самъ воду изъ грунта, въ то же время является сборнымъ по отношенію къ малымъ колодцамъ. Вода, собранная колодцами №№ 1—7, переходитъ по трубамъ (сифоннымъ) B' и B'' въ колодезь A, откуда при помощи насосовъ, помѣщенныхъ въ зданіи C, нагнетается въ напорную башню города. Малые колодцы (черт. 178 — 179) и большой (черт. 177) одинаковаго типа и всѣ они сдѣланы опускнымъ способомъ на деревянномъ основномъ кольцѣ съ анкерами, проходящими черезъ $^2/_3$ всей высоты стѣнокъ. Нижняя часть колодцевъ на высоту $1^1/_2{}'$ сплошная, изъ кирпича на цементѣ, затѣмъ на высоту $5'$ съ зазорами для притока воды; вся же остальная часть опять сплошная. Вода притекаетъ кромѣ боковъ и со дна, которое для предохраненія отъ взмучиванія мелкихъ частицъ грунта, покрыто слоемъ крупнаго гравія. Каждый изъ малыхъ колодцевъ даетъ по 60.000, а большой— 210.000 ведеръ воды въ сутки. Глубина всѣхъ колодцевъ $= 35'$, діаметръ-же: малыхъ $= 6{,}5'$, а большаго $= 23'$ въ верхней цилиндричной ихъ части; нижняя часть колодцевъ сдѣлана слегка коничной, уширенной книзу для облегченія опусканія. Толщина стѣнокъ большого колодца—3 кирпича, а малыхъ—$1^1/_2$. Сфера дѣйствія каждаго колодца была опредѣлена въ $58^1/_2$ саж. въ каждую сторону, вслѣдствіе чего разстояніе между ними было сдѣлано въ $58^1/_2 . 2 = 117$ саж.

Передача воды изъ малыхъ колодцевъ въ большой производится автоматически посредствомъ сифоновъ, имѣющихъ въ данномъ случаѣ то громадное преимущество, что для ихъ устройства не приходится укладывать соединительную трубу глубоко въ землю, въ водоносный слой, что обыкновенно бываетъ связано съ большими трудностями. Общее устройство сифоновъ заключается въ слѣдующемъ. Изъ каждаго малаго колодца идетъ кверху 10″ труба и примыкаетъ къ общей (12″ и 16″) трубѣ (черт. 176), идущей къ колодцу A; здѣсь эта послѣдняя снова опускается внизъ. Для дѣйствія сифонной трубы необходимъ нѣкоторый напоръ H, т. е. разность горизонтовъ въ малыхъ и большихъ колодцахъ. Въ данномъ случаѣ разность горизонтовъ образуется вслѣдствіе того, что изъ колодца A вода выкачивается сильными насосами, которые и понижаютъ ея уровень на 10′ — 15′ ниже уровня малыхъ колодцевъ. Каждый изъ концовъ сифона имѣетъ клапанъ, который можетъ быть по желанію открытъ или закрытъ. Когда насосы пущены въ ходъ и горизонтъ воды въ большомъ колодцѣ понизился, закрываютъ въ немъ клапанъ сифона, а въ малыхъ колодцахъ сифонные клапаны открываютъ; затѣмъ помощью особаго воздушнаго насоса вытягиваютъ изъ сифона воздухъ, который и замѣщается, очевидно, водою изъ малыхъ колодцевъ. Стоитъ послѣ этого, когда вся сифонная труба наполнена водою, открыть клапанъ въ большомъ колодцѣ, чтобы сифонъ началъ свое дѣйствіе, которое и будетъ продолжаться пока работаютъ водяные насосы, поддерживающіе разницу H горизонтовъ воды въ колодцахъ. Воздухъ понемногу попадающій въ сифонъ вмѣстѣ съ водою, а также черезъ маленькія неплотности трубныхъ стыковъ, можетъ остановить дѣйствіе сифона, въ предупрежденіе чего воздухъ выкачиваютъ время отъ времени въ наиболѣе повышенномъ пунктѣ сифона. Клапанъ въ малыхъ колодцахъ, какъ удаленныхъ отъ мѣста надзора (машиннаго зданія), правильнѣе устраивать самозакрывающимися, чтобы вода могла свободно проходить въ трубу, но чтобы въ то-же время клапанъ мѣшалъ ей падать обратно; тогда при случайной остановкѣ дѣйствія сифона разность H горизонтовъ не исчезнетъ и для привода вновь въ дѣйствіе понадобится меньшая затрата работы воздушнаго насоса. Высота напора H, очевидно, не можетъ быть какъ въ всасывающихъ насосахъ, болѣе 20—24 футъ. На черт. 177 и 179 колодцевъ указаны и сифонныя

трубы. Въ малыхъ колодцахъ на сифонной трубѣ, покоящейся на желѣзныхъ балкахъ, сдѣланы клапаны, о которыхъ упомянуто выше, со штангой и вентиль, для выдѣленія въ случаѣ надобности (очистка, ремонтъ) колодца изъ общей системы.

Примѣры устройствъ чугунныхъ колодцевъ показаны на черт. 196—199, изображающихъ устройство для водоснабженія г. Мюльгаузена (въ Эльзасѣ). Мюльгаузенъ снабжается грунтовой водой, собираемой посредствомъ горизонтальныхъ цементныхъ трубъ (черт. 200—203) и двухъ вертикальныхъ колодцевъ: одного большаго, другого меньшаго діаметра. Діаметръ большого колодца 13′, верхняя его часть выполнена изъ кирпича, а нижняя состоитъ изъ цилиндрическихъ чугунныхъ, свинченныхъ въ ребордахъ частей, толщиною въ 1,2″. Колодезь глубиною 59′ (такова глубина залеганія водоноснаго слоя) весь глухой и вода входитъ въ него черезъ дырчатое дно и по горизонтальной сборной трубѣ (длиною около 47 саж.), стягивающей воду изъ вышележащаго песчанаго прослойка. Колодезь соединенъ съ другимъ малымъ, нѣсколько иной конструкціи, посредствомъ указаннаго на чертежѣ сифона. Малый колодезь отличается отъ большого тѣмъ, что онъ не имѣетъ нижней чугунной части, а вмѣсто нея тонкій трубчатый колодезь съ дырчатымъ нижнимъ звеномъ.

Замѣтимъ въ заключеніе, что при выборѣ мѣста для колодца нужно обращать особенное вниманіе на то, чтобы въ него не могли проникать нечистоты изъ клоакъ и т. п. На желѣзнодорожныхъ станціяхъ колодцы дѣлаются въ разстояніи не менѣе 5 м. отъ жилыхъ строеній.

Колодезь долженъ быть окруженъ оградой и снабженъ приспособленіями для подъема воды. Часто его прикрываютъ крышкой и даже дѣлаютъ надъ нимъ навѣсъ.

Б. *Трубчатые колодцы.*

а) *Забивные колодцы.* Когда потребное количество воды не велико и въ тоже время важно получить воду возможно скорѣе, съ большимъ успѣхомъ примѣняются *забивные металлическіе* колодцы, иначе называемые еще *абиссинскими*, *американскими* и *мгновенными*. Абиссинскими ихъ называютъ, потому что они оказали большія услуги англійской арміи во время абиссинскаго похода въ 1867 — 68 гг., американскими — по мѣсту ихъ первоначальнаго распространенія (и изобрѣтенія?), мгновенными, — потому что они почти мгновенно даютъ воду.

Абиссинскій колодезь состоитъ изъ желѣзныхъ трубъ діаметромъ 3—6 сантиметровъ, забитыхъ въ грунтъ до водоноснаго слоя. Отдѣльныя колѣна имѣютъ около 2—3 метровъ длины. Они свинчиваются винтовой нарѣзкой по мѣрѣ забиванія. Нижнее колѣно имѣетъ стальной наконечникъ и снабжено отверстіями (черт. 181—187). Забиваніе производится бабой, какъ показано на черт. 181. На трубу навинчивается ручной насосъ, которымъ выкачивается вода. Вмѣсто забиванія можно примѣнять ввинчиваніе трубъ (черт. 187). Въ первое время вода бываетъ обыкновенно мутная, пока образуется вокругъ всасывающаго наконечника пустота, какъ показано на черт. 182.

Забиваніе или ввинчиваніе абиссинскихъ колодцевъ возможно только, если грунтъ не заключаетъ камней и т. п.

Глубина этихъ колодцевъ не можетъ превосходить глубины подъема воды давленіемъ атмосферы, т. е. 9 метровъ.

Способъ этотъ даетъ отличные результаты и въ случаяхъ, когда нужны значительныя количества воды, или мѣстныя условія допускаютъ забивку большого числа колодцевъ. Въ Америкѣ есть города которые снабжаются водой изъ группы забивныхъ колодцевъ, соединенныхъ горизонтальными трубами.

Увеличивать діаметръ забивныхъ колодцевъ болѣе 6 сантиметровъ признано безполезнымъ, такъ какъ такое увеличеніе не можетъ быть велико и расходъ воды при этомъ возрастаетъ мало, а между тѣмъ трудности забивки, напротивъ, становятся гораздо болѣе значительными, съ каждымъ лишнимъ сантиметромъ діаметра.

Трубчатые забивные колодцы, также могутъ быть приспособлены для подачи воды изъ глубокихъ слоевъ. Только такъ какъ забивать длинную трубу не возможно, въ виду огромнаго тренія о грунтъ, то приходится забить сначала до *отказа* трубу большаго діаметра, потомъ въ ней трубу меньшаго и т. д.; при этомъ еще діаметръ нижней трубы долженъ быть достаточно великъ, чтобы въ нее можно было опустить насосъ для подъема воды.

Вотъ почему *глубокими колодцами по преимуществу* слѣдуетъ считать *буровые колодцы*.

б) *Буровые колодцы* обыкновенно дѣлаютъ такъ. Сначала роютъ простой колодезь до первой воды. Затѣмъ дѣлаютъ буровую скважину, защищая ее обсадными трубами, если свойства грунта требуютъ такой защиты, или оставляя скважину безъ обдѣлки, что

хотя рѣдко, но возможно (см. черт. 188—195). Современные совершенные способы буренія (описаніе ихъ не входитъ въ предѣлы этого курса) позволяютъ достигнуть значительныхъ глубинъ съ діаметрами скважинъ въ 1 и болѣе метровъ. Обдѣлка буровыхъ колодцевъ дѣлается изъ дерева, мѣди, чугуна, но преимущественно изъ желѣза.

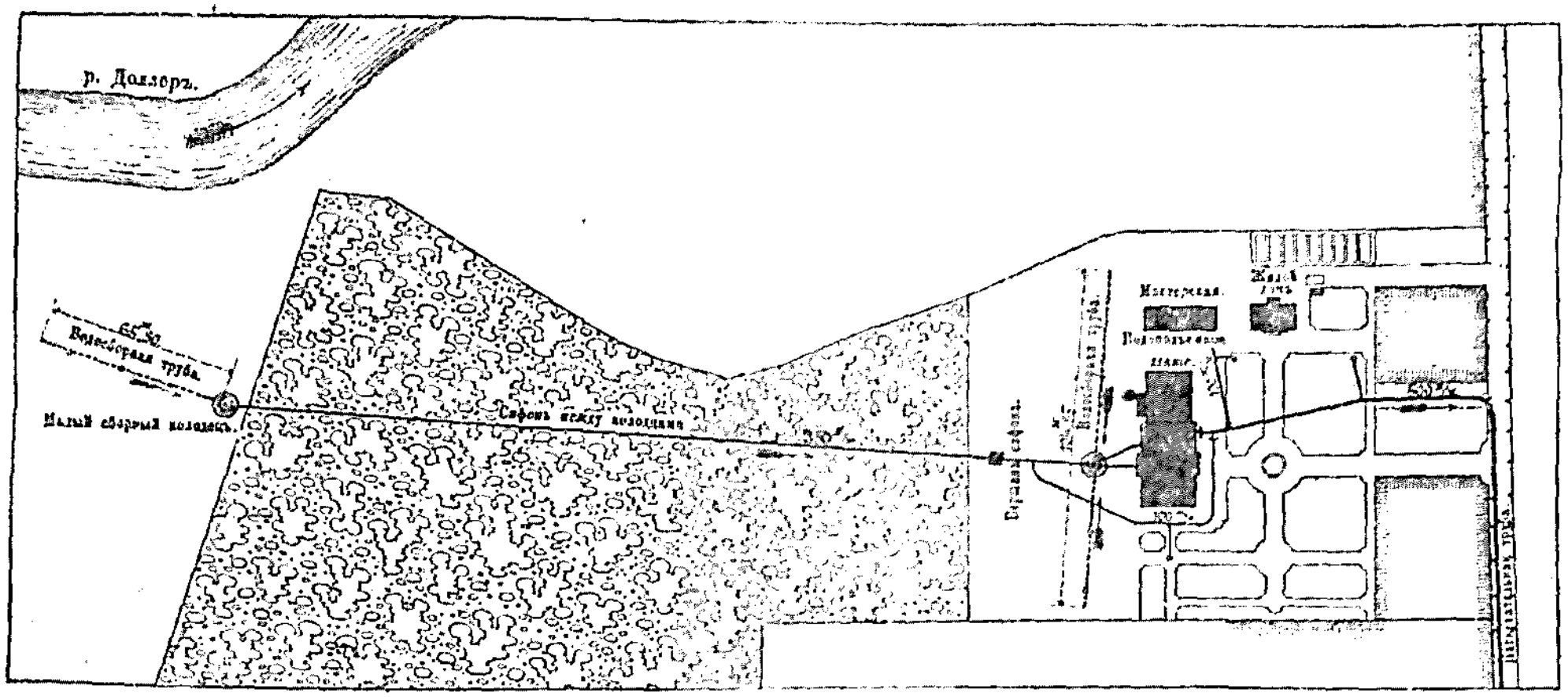
Отверстія и прорѣзы въ желѣзныхъ трубахъ легко ржавѣютъ въ грунтовой водѣ; поэтому умѣстно замѣнять продыравленныя желѣзныя части трубъ мѣдными, если же этого нельзя допустить по какимъ либо причинамъ, напр. вслѣдствіе ихъ недостаточной прочности, то — желѣзными-же, но оцинкованными. Если буровой колодезь значительнаго діаметра устраивается со сплошными стѣнками и притокъ воды происходитъ лишь со дна, то въ виду бо́льшей долговѣчности предпочитаютъ иногда употреблять чугунныя трубы на винтовыхъ соединеніяхъ, а не желѣзныя. Во всѣхъ остальныхъ случаяхъ, а особенно, если трубы приходится вытаскивать, то самыми подходящими слѣдуетъ считать желѣзныя трубы, такъ какъ болѣе долговѣчныя — мѣдныя — слишкомъ дороги. Существуютъ водосборные колодцы и изъ мѣдныхъ трубъ, напр. во Франкфуртѣ на Майнѣ имѣются 280 двухъ-дюймовыхъ колодцевъ глубиною 6 саж. и 210— трехъ-дюймовыхъ нѣсколько бо́льшей глубины. Діаметръ буровыхъ колодцевъ бываетъ весьма различный; чаще другихъ употребляютъ діаметры отъ 4″ до 24″, хотя бываютъ и большіе размѣры. Что касается глубины буровыхъ колодцевъ, то она можетъ быть очень разнообразна, сообразно съ залеганіемъ водоносныхъ пластовъ; особенно глубоки бываютъ артезіанскіе колодцы: до 500 и болѣе саж.

Труба собирается и опускается постепенно по мѣрѣ погруженія бура, пока треніе не станетъ столь велико, что дальнѣйшее опусканіе прекращается даже при помощи гидравлическихъ прессовъ. Тогда пускается въ ходъ труба меньшаго діаметра внутри первой и т. д. Буровой колодезь имѣетъ поэтому въ вертикальномъ разрѣзѣ телескопическій видъ (черт. 270). И здѣсь нижнее звено должно еще быть достаточнаго діаметра, чтобы возможно было установить водоподъемные снаряды. При большихъ глубинахъ это очень не легко, такъ какъ требуетъ приданія діаметру верхняго звена большихъ размѣровъ.

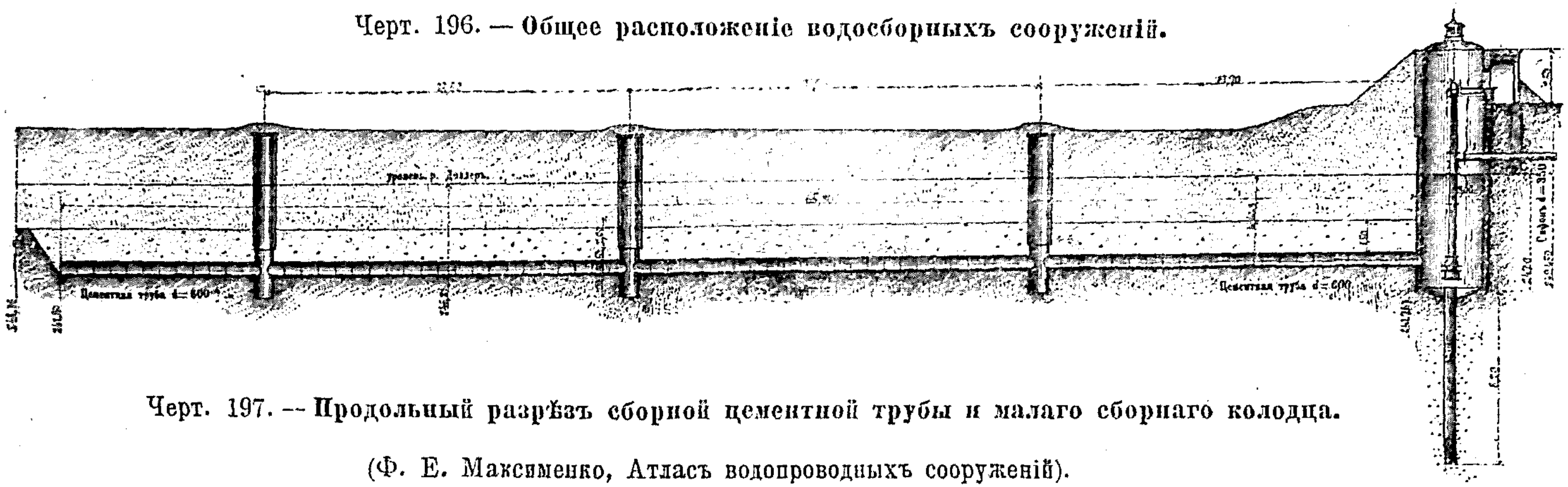
Когда вода получается изъ трещиноватаго камня или крупнозернистаго гравія, то вода можетъ поступать непосредственно въ

Снабженіе города Мюльгаузена грунтовой водой,

собираемой горизонтальными трубами и глубокими колодцами малаго и большаго діаметра.



Черт. 196. — **Общее расположеніе водосборныхъ сооруженій.**

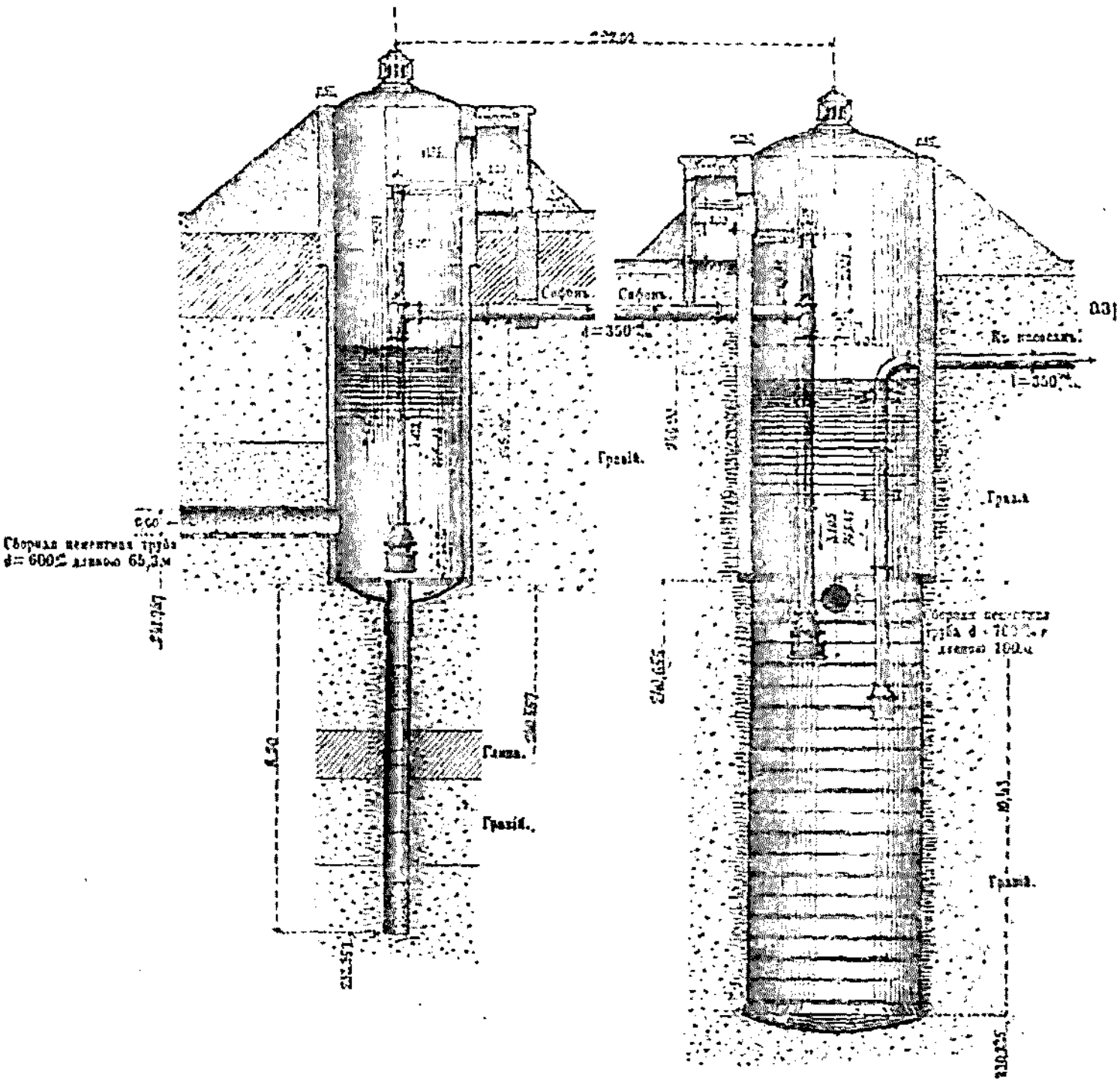


Черт. 197. — **Продольный разрѣзъ сборной цементной трубы и малаго сборнаго колодца.**

(Ф. Е. Максименко, Атласъ водопроводныхъ сооруженій).

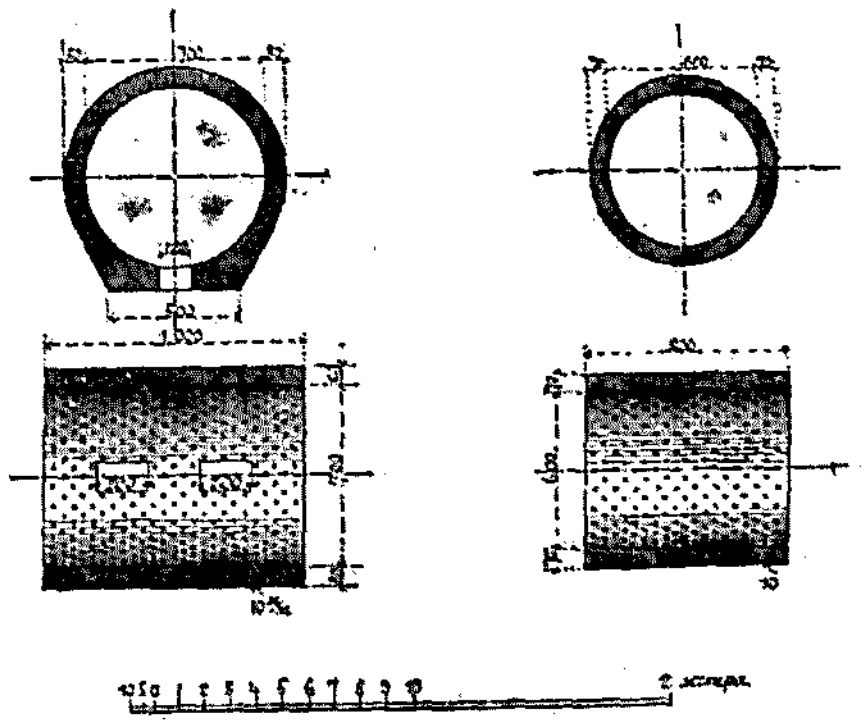
Снабженіе города Мюльгаузена грунтовой водой,

собираемой горизонтальными трубами и колодцами большаго и малаго діаметра.



Черт. 198. — Разрѣзъ малаго сборнаго колодца. (Нижнее звено колодезной трубы дырчатое).

Черт. 199.—Разрѣзъ большаго сборнаго колодца (дно колодца дырчатое).



Черт. 200, 201, 202 и 203.

Разрѣзы цементныхъ водосборныхъ трубъ (стѣнки дырчатыя).

(Ф. Е. Максименко, Атласъ Водопр. Сооруж.).

трубу безъ опасности ея засоренія. Не то если водоносный слой состоитъ изъ мелкаго песка или ила.

Для предохраненія колодца отъ засоренія необходимъ въ такомъ случаѣ фильтръ.

Эта предосторожность здѣсь особенно необходима, такъ какъ грунтовая вода устремляется въ отверстія трубы съ значительной скоростью и увлекаетъ съ собою песчинки изъ грунта, тогда какъ при сборѣ грунтовой воды горизонтальными трубами (§ 46) и колодцами большого діаметра скорость обыкновенно весьма мала, и песчинки уноситься водою не могутъ.

Фильтръ устраивается часто изъ слоевъ гравія съ зернами возрастающей крупности, которые насыпаютъ на дно колодца, приподнимая обсадную трубу до верха этихъ слоевъ. Иногда въ нижнюю часть колодца вставляютъ дырчатую трубу, окруженную одною или нѣсколькими сѣтками изъ мѣдной проволоки съ отверстіями такихъ размѣровъ, чтобы они не пропускали песка (черт. 194). И въ этомъ случаѣ обсадная труба колодца поднимается до водопріемнаго горизонта.

Примѣняютъ также и подвижныя сѣтки (черт. 195), которыя можно вынимать и очищать въ случаѣ надобности.

Общая площадь отверстій для притока воды въ колодезь должна быть теоретически такова, чтобы скорость притока не превосходила извѣстной границы, обыкновенно отъ 2 до 0,2 мм. въ секунду; иначе мелкія частицы грунта будутъ увлекаться въ колодезь. При указанной скорости на каждое ведро воды, извлекаемое въ 1 секунду изъ колодца, пришлось-бы имѣть очень большія площади отверстій. Между тѣмъ опытъ учитъ насъ, что если даже въ очень мелкозернистомъ грунтѣ имѣются и болѣе крупныя зерна, то скорость притока можетъ быть допущена и значительно бо́льшей, даже свыше 15 мм. въ секунду безъ опасенія размыва грунта. Это происходитъ отъ того, что мелкія частицы въ первое время дѣйствія колодца вымываются изъ ближайшаго къ отверстіямъ района грунта и такимъ образомъ образуется какъ бы естественный фильтръ: близъ отверстій остаются лишь наиболѣе крупныя частицы и по мѣрѣ удаленія отъ колодца онѣ становятся все мельче и мельче. Искусственный фильтръ изъ крупнаго песка, очевидно, въ еще большей мѣрѣ осуществляетъ ту же задачу.

Буровые колодцы, доставляющіе воду верхнихъ неглубокихъ водо-

носныхъ слоевъ, не находящуюся подъ напоромъ, и не способную подниматься вверхъ по скважинѣ, обыкновенно называютъ *бруклинскими*, по имени города Бруклина, гдѣ для водоснабженія была примѣнена впервые эта система колодцевъ.

Такъ какъ опусканіе такихъ колодцевъ довольно просто и, нерѣдко обходится значительно дешевле (для полученія того же количества воды), чѣмъ опусканіе колодцевъ большого діаметра или прокладка водосборной горизонтальной трубы, то въ послѣднее время устройство водосборовъ въ видѣ системы бруклинскихъ колодцевъ особенно часто примѣняется, если мѣстныя условія его допускаютъ; по этому типу устроены напр. водосборы новаго Московскаго Мытищинскаго водопровода, Лейпцигскаго и др.

Если для водоснабженія приходится обращаться къ глубокимъ водоноснымъ слоямъ, то стараются обыкновенно найти слой съ артезіанской водой, такъ какъ вода его, находясь подъ напоромъ, если и не поднимется выше поверхности земли, то во всякомъ случаѣ можетъ подняться значительно въ буровой скважинѣ и сократить расходы по дальнѣйшему ея поднятію.

Розысканіе артезіанской воды не должно по возможности дѣлаться наудачу, безъ предварительнаго геологическаго изслѣдованія мѣстности опытными спеціалистами. Только убѣдившись на основаніи такого предварительнаго изслѣдованія, что въ данномъ мѣстѣ слѣдуетъ ожидать найти воду на такой-то глубинѣ и въ желаемомъ количествѣ можно приступить къ дорогой работѣ буренія. Буровые колодцы, дающіе артезіанскую воду, обыкновенно называютъ *артезіанскими*.

Извѣстные китайцамъ еще въ глубокой древности, въ Европѣ артезіанскіе колодцы были открыты въ XII вѣкѣ въ графствѣ Артуа во Франціи (откуда и названіе). Они стали распространяться быстро только въ послѣднее время, когда были сдѣланы значительные успѣхи геологіей и въ особенности буреніемъ глубокихъ скважинъ.

§ 44. Артезіанскіе колодцы.

Расходъ воды артезіанскаго колодца зависитъ отъ его положенія и высоты трубы, по которой вода должна подниматься отъ напора, подъ которымъ она находится. Онъ, вообще говоря, не зависитъ отъ питанія подземнаго резервуара.

Такимъ образомъ, можетъ случиться, что артезіанскій колодезь будетъ давать мало воды, хотя онъ будетъ устроенъ въ обильномъ водой мѣстѣ, и наоборотъ колодезь можетъ давать много больше воды, чѣмъ получаетъ подземный резервуаръ; очевидно только, что при этомъ резервуаръ будетъ постепенно истощаться, отчего будетъ уменьшаться напоръ въ артезіанской трубѣ, а вмѣстѣ съ тѣмъ понижаться и расходъ воды—до совершеннаго прекращенія и стеченія.

Слѣдуетъ замѣтить, однако, что даже и наибольшій возможный расходъ воды артезіанскаго колодца очень трудно опредѣлить. Хотя на этотъ предметъ и имѣется теорія Дарси и Дюпюи, но они далеко не охватываютъ собой всѣхъ факторовъ, вліяющихъ на расходъ такого колодца.

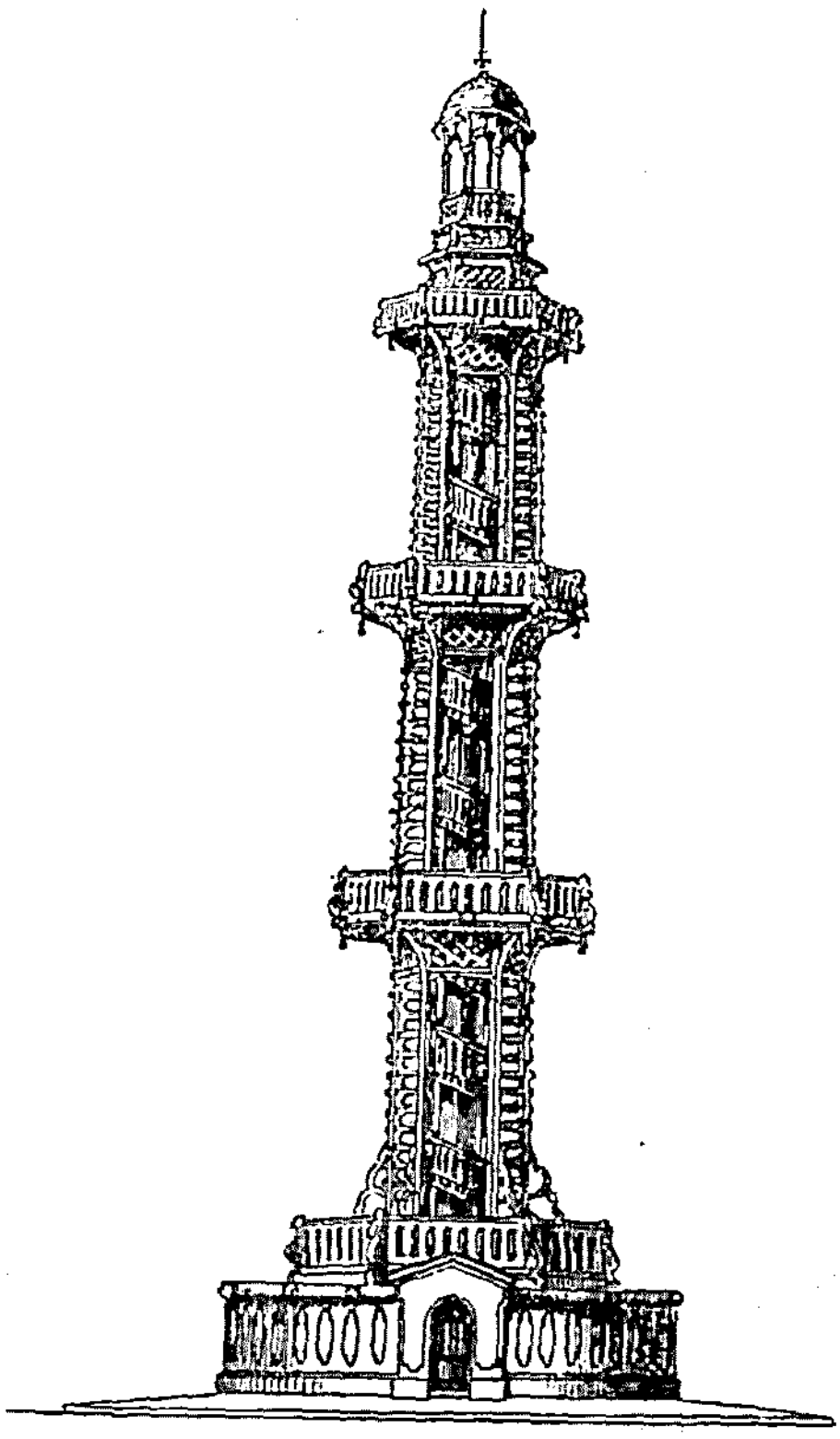
Въ общемъ можно замѣтить два случая:

а) когда расходъ колодца малъ въ сравненіи съ питаніемъ водоноснаго слоя;

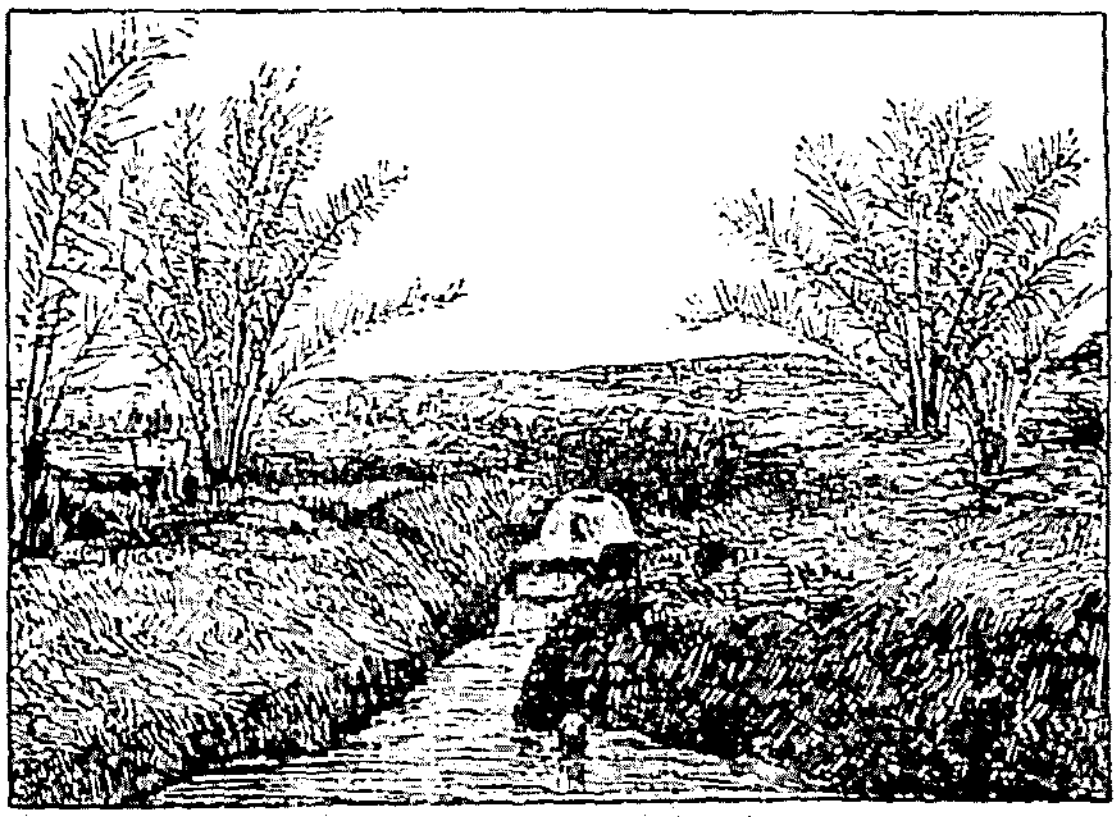
б) когда расходъ колодца составляетъ значительную долю полученной водоноснымъ слоемъ воды.

Въ первомъ случаѣ условія вытеканія воды тѣ же, что для колодца не артезіанскаго, устроеннаго въ водоносномъ слоѣ, горизонтъ коего соотвѣтствовалъ бы пьезометрическому уровню артезіанской воды (черт. 235). Расходъ воды чрезъ такую артезіанскую скважину, мало завися отъ ея діаметра, будетъ болѣе или менѣе пропорціоналенъ пониженію уровня съ котораго берется вода (см. § 47).

Не то во второмъ случаѣ, когда расходъ чрезъ колодезь составляетъ значительную часть притока артезіанскихъ водъ. Здѣсь пьезометрическій уровень не остается постояннымъ, а самъ опускается у колодца тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше расходъ, такъ какъ большіе расходы вызываютъ болѣе значительныя скорости движенія воды въ водоносномъ слоѣ и потому большія потери на треніе въ естественныхъ каналахъ, по коимъ движется вода въ этомъ слоѣ. Опусканіе пьезометрическаго уровня съ своей стороны вліяетъ на уменьшеніе расхода. Очевидно, опредѣлить условія, при которыхъ наступитъ положеніе равновѣсія, здѣсь очень трудно, даже при полной правильности скважины и прочихъ благопріятныхъ условіяхъ. Въ дѣйствительности же скважины всегда имѣютъ въ себѣ много причинъ значительныхъ потерь живой силы восходящей воды въ видѣ большаго тренія, проникновенія воды сквозь стыки трубъ въ



Черт. 204.—**Башня Гренелльскаго артезіанскаго колодца въ г. Парижѣ.**



Черт. 205.—**Видъ артезіанскаго колодца въ одномъ изъ оазисовъ французской Сахары.**

пространство между трубами и грунтомъ, поглощеніе ея водопроницаемыми слоями грунта и т. д.

Такимъ образомъ относительно количества артезіанской воды въ данномъ мѣстѣ всегда остается обширное поле недочетамъ. То же можно сказать и о ея качествѣ. Поднимаясь изъ глубины почвы, послѣ длиннаго пути по слоямъ разнаго состава, такая вода въ большинствѣ случаевъ содержитъ много солей и, обыкновенно, имѣетъ высокую температуру.

По всѣмъ этимъ причинамъ артезіанскіе колодцы мало пригодны, говоря вообще, для снабженія водой городовъ. Но они могутъ оказывать и дѣйствительно оказываютъ огромныя услуги для снабженія водой отдѣльныхъ учрежденій, фабрикъ, заводовъ, бань, желѣзнодорожныхъ станцій и пр., гдѣ часто высокая температура воды очень выгодна, или поселеній въ мѣстностяхъ, бѣдныхъ наземными или атмосферными водами.

Множество большихъ заводовъ, пивоваренныхъ, сахароваренныхъ и др., больницъ, бань и пр., имѣютъ теперь артезіанскіе колодцы. Въ Петербургѣ ихъ не мало. Огромное распространеніе эти колодцы получили въ Алжирѣ въ ближайшихъ оазисахъ къ Сахарѣ (черт. 204). Въ одной провинціи Алжира—Константинѣ—въ 1856—1878 годахъ ихъ было сдѣлано болѣе 400, глубиной въ среднемъ въ 85 метровъ; 158 изъ нихъ были бьющими.

Хотя для городскихъ водоснабженій артезіанскіе колодцы не привились, но въ нѣкоторыхъ городахъ они продолжаютъ быть полезнымъ подспорьемъ другимъ источникамъ водоснабженія.

Первое мѣсто въ этомъ отношеніи занимаетъ Парижъ, гдѣ колодцы были сдѣланы послѣ въ высшей степени замѣчательнаго геологическаго изслѣдованія мѣстности и скважины опущены впервые на огромную глубину. Первый колодезь въ Парижѣ—*puits de Grenelle* (глубина 549 метровъ)—сдѣланъ въ 1833—1852 годахъ (черт. 205). Затѣмъ былъ устроенъ колодезь въ *Passy*, потомъ начаты два другіе—на *place Hubert* и въ *Butte-aux-Cailles*. Артезіанскіе колодцы есть для городскаго водоснабженія въ Турѣ (11 колодцевъ), въ Венеціи (17), въ Чарльстонѣ въ Соединенныхъ Штатахъ (20) и т. д.

Производство работъ по буренію артезіанскихъ колодцевъ мало чѣмъ отличается отъ общеизвѣстныхъ пріемовъ при производствѣ глубокихъ буреній вообще, но требуютъ еще большихъ предосторож-

ностей, чтобы сохранить прямолинейность скважины, предупредить обрушенія и засоренія ея, а потому часто очень большого времени. Серьозную опасность представляетъ самая искомая вода, которая поднимаясь по трубамъ и между ними и грунтомъ можетъ производить сильные размывы и т. д.

Исторія устройства Парижскихъ колодцевъ въ Grenelle и Passy, неоднократно разсказанная, очень поучительна въ этомъ отношеніи (см. Bechmann, p. 165).

Артезіанскіе колодцы слѣдуетъ помѣщать въ возможно пониженной точкѣ мѣстности, чтобы имѣть больше основаній ждать, что вода поднимется надъ землей. Для разведенія же воды по городу, чтобы воспользоваться остальной свободной высотой подъема, если таковая будетъ, можно надстраивать надъ колодцами башни съ вертикальной трубой, какъ это сдѣлано въ Парижѣ (черт. 204).

Замѣтимъ также, что близко поставленные другъ отъ друга артезіанскіе колодцы обыкновенно взаимно уменьшаютъ расходъ одинъ у другого.

Такое вредное вліяніе обнаруживается даже при значительныхъ повидимому разстояніяхъ, какъ это доказалъ примѣръ Парижа, гдѣ съ устройствомъ колодца въ Passy расходъ Grenelle'скаго колодца уменьшился.

§ 45. Классификація способовъ водоснабженія изъ буровыхъ колодцевъ въ зависимости отъ свойствъ водоносныхъ горизонтовъ.

Въ виду значенія, которое должны имѣть буровые колодцы въ Россіи, гдѣ при большомъ развитіи степныхъ и безлѣсныхъ пространствъ трудно обойтись безъ грунтовой воды, особый интересъ представляетъ классификація способовъ водоснабженія помощью буровыхъ колодцевъ въ зависимости отъ свойствъ водоносныхъ горизонтовъ, устанавливаемая спеціалистомъ этого дѣла проф. Войславомъ (Изв. Собр. И. П. С. 1895 № 6). Прежде всего укажемъ употребляемые имъ термины.

Уровнемъ пониженія горизонта воды онъ называетъ ту постоянную высоту, на которой стоитъ вода колодца во время нормальнаго пользованія ею въ требуемомъ количествѣ. Хотя высота стоянія уровня, до котораго вода понижается въ данной скважинѣ, зави-

сить не только отъ количества извлекаемой воды, но и отъ иныхъ причинъ (какъ то: отъ высоты горизонта, до котораго вода свободно поднимается (гидростатическаго напора), отъ удободостижимой глубины колодца, отъ способа устройства дна скважины, отъ степени проницаемости грунта и др. его свойствъ, отъ скорости теченія въ немъ воды, отъ діаметра скважины, отъ способа закрѣпленія, а главное отъ раіона питанія водоноснаго горизонта), но если при разсмотрѣніи даннаго колодца принять, что онъ устроенъ правильно, т. е. что всѣ указанныя условія выяснены и колодезь устроенъ сообразно съ ними и эксплоатируется раціональнымъ способомъ, въ зависимости отъ количества потребной для данной цѣли воды, то при пользованіи этой водой, пониженіе горизонта будетъ при нормальной эксплоатаціи постоянное и возможно малое.

Точкою или уровнемъ пріема называется тотъ горизонтъ на которомъ требуется имѣть данное количество воды, чтобы ее распредѣлить по назначенію; этимъ уровнемъ будетъ, напримѣръ, горизонтъ воды распредѣлительнаго бака.

Горизонтъ замерзанія есть глубина (считая отъ поверхности земли), до которой можетъ замерзать вода въ скважинѣ, принимая, что колодезь не находится въ отапливаемомъ помѣщеніи. Эта глубина, какъ извѣстно, въ различныхъ мѣстахъ различна. Вліяніе замерзанія имѣетъ важное значеніе въ дѣлѣ устройства водоснабженія изъ буровыхъ колодцевъ, особенно, въ мѣстахъ, гдѣ наблюдается, такъ называемая, *вѣчная мерзлота.*

Глубиною всасыванія называютъ ту глубину, съ которой нормальный насосъ можетъ всасывать воду. Эта глубина зависитъ отъ типа, устройства и состоянія насоса. Обыкновенно этой высотѣ даютъ величину не болѣе 8 метровъ, хотя въ зависимости отъ указанныхъ условій, она измѣняется отъ 3 до $9^1/_2$ метровъ.

Принявъ эти термины, можно раздѣлить способы водоснабженія грунтовыми и артезіанскими водами на слѣдующіе восемь типовъ пріема воды въ зависимости: отъ величины пониженія (a) первоначальнаго горизонта (h) воды относительно точки пріема (b), отъ глубины замерзанія, отъ высоты всасыванія, отъ размѣщенія насосовъ (H) и двигателей (m), служащихъ для полученія воды, какъ показано на представленной ниже схемѣ и, соотвѣтственныхъ чертежахъ, (римскіе номера чертежей соотвѣтствуютъ номерамъ различныхъ типовъ водоснабженія, надписанныхъ въ нижней строкѣ схемы).

Таблица № 13. Схема водоснабженія изъ буровыхъ колодцевъ.

Пониженіе горизонта воды:							
Выше горизонта пріема		Ниже горизонта пріема					
Выше поверхности земли.	Ниже поверхности земли.	Выше замерзанія.	Ниже замерзанія.				
			Выше всасыванія.	Ниже всасыванія			
				Насосъ въ колодцѣ, движитель		Движитель на поверхности земли, насосъ	
				на поверхности земли.	въ колодцѣ.	частью въ колодцѣ, частью въ скважинѣ.	весь въ скважинѣ.
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII

Первый типъ составятъ артезіанскіе колодцы большого напора, подающіе воду выше точки пріема и выше поверхности земли (черт. 206).

Этого рода колодцы представляютъ самый желаемый способъ водоснабженія, какъ по простотѣ устройства, такъ и по постоянству дѣйствія, а главное по дешевизнѣ водоснабженія.

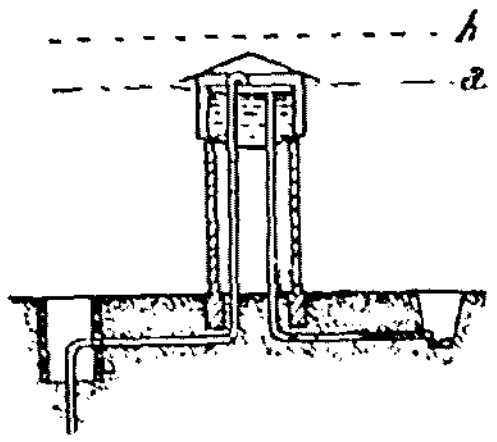
Но для примѣненія этого способа необходимы естественныя благопріятныя условія:—существованіе въ данной мѣстности артезіанской воды, могущей подниматься выше поверхности земли съ значительнымъ напоромъ. Въ Россіи по этому типу снабжены желѣзнодорожные станціи: Брянскъ и Выгоничи Полѣсскихъ желѣзныхъ дорогъ.

На обѣихъ этихъ станціяхъ вода прямо изъ скважины поступаетъ въ баки самотекомъ, въ количествѣ далеко превосходящемъ потребность станціи; излишняя вода стекаетъ по спускной трубѣ, отводящей ее въ сторону.

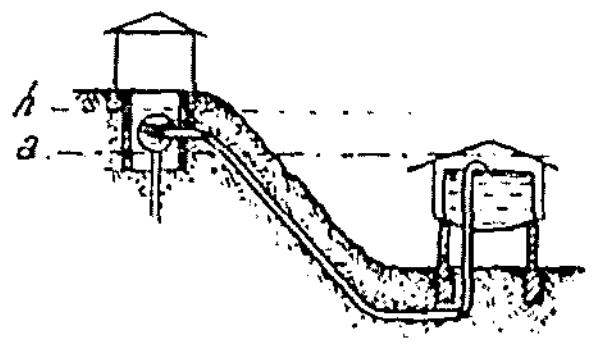
Такое же водоснабженіе устроено проф. Войславомъ въ Колмовѣ, близъ Новгорода, причемъ съ глубины 37 саж., получена вода съ напоромъ 13 саж. выше поверхности земли.

При извѣстныхъ условіяхъ скважины этого перваго типа могутъ влечь за собой крайне вредныя послѣдствія, какъ это показалъ опытъ

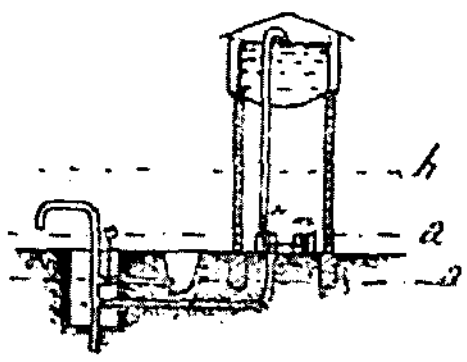
Классификація способовъ водоснабженія.



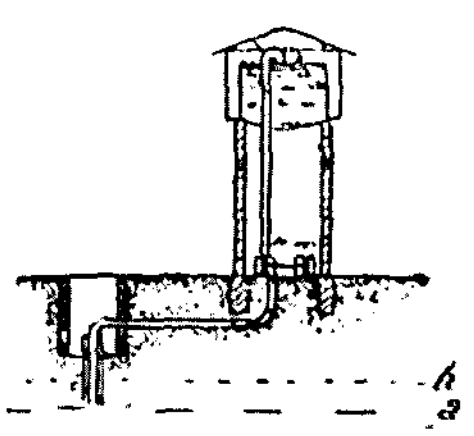
Черт. 206.—№ схемы I-й.



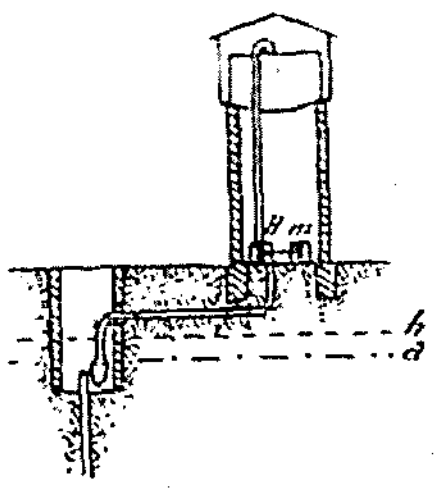
Черт. 207.—№ схемы II-й.



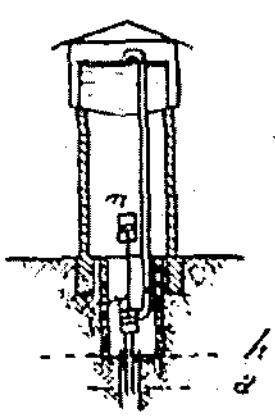
Черт. 208.—№ схемы III-й.



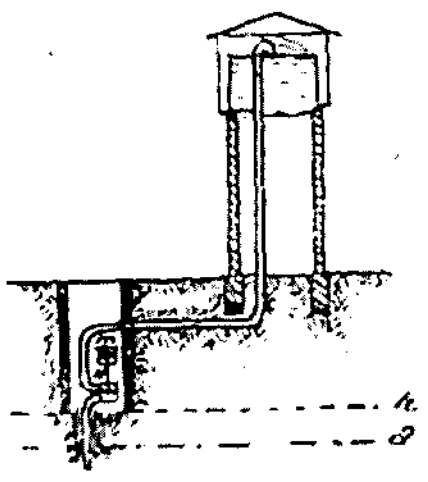
Черт. 209.—№ схемы III-й.



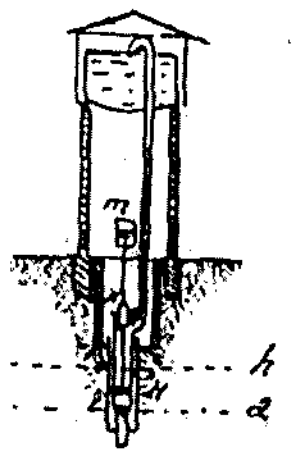
Черт. 210.—№ схемы IV-й.



Черт. 211.—№ схемы V-й.

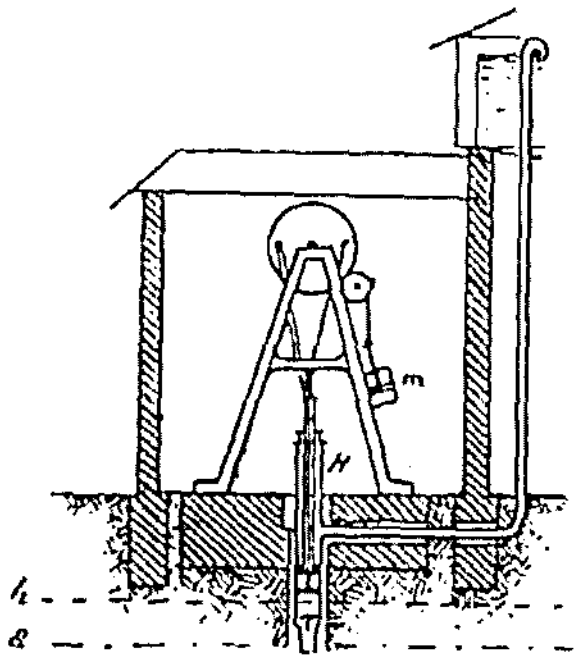


Черт. 212.—№ схемы VI-й.

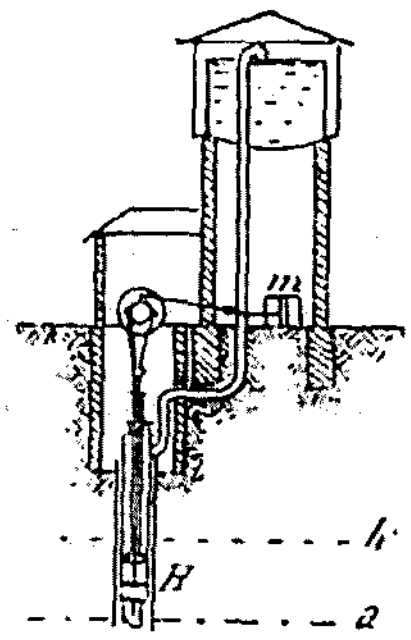


Черт. 213.—№ схемы VII-й.

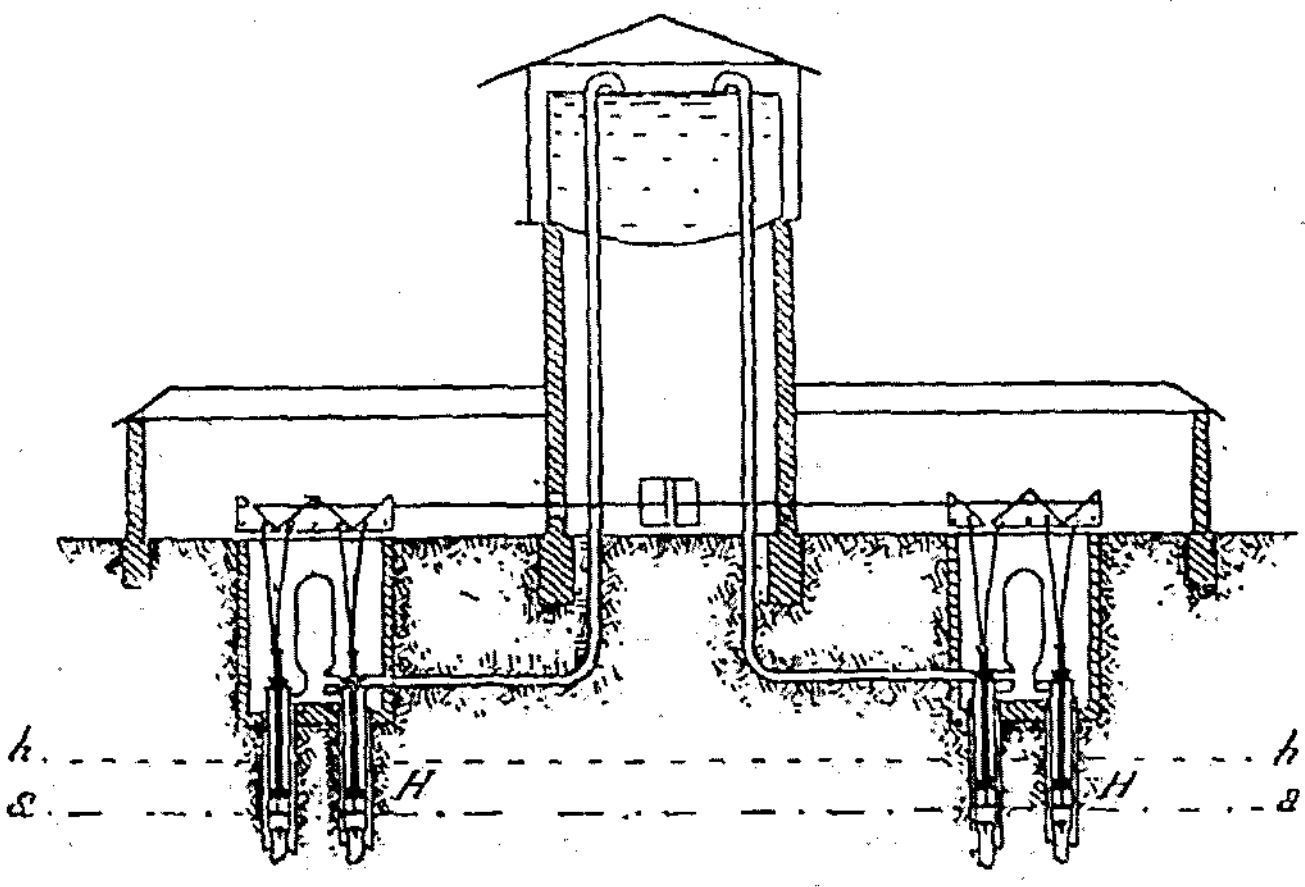
Классификація способовъ водоснабженія.



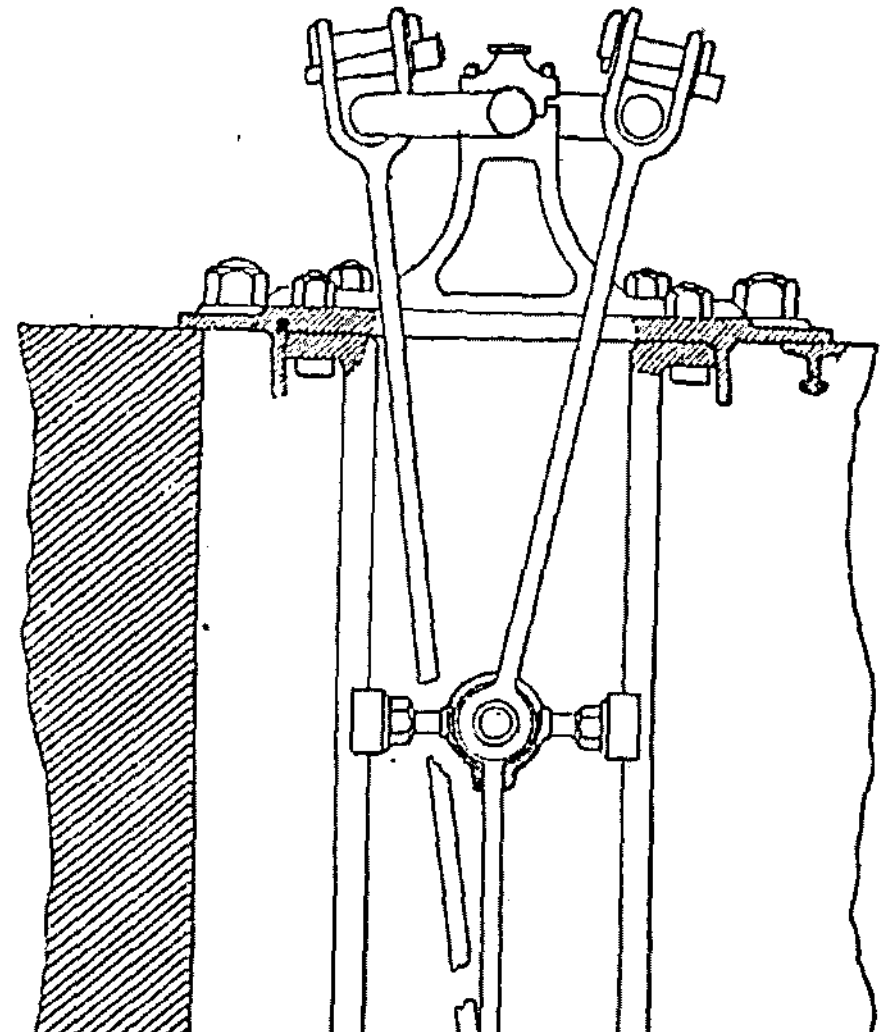
Черт. 214.—№ схемы VIII-й (съ насосомъ Бурхардта).



Черт. 215.—№ схемы VIII-й (одиночная скважина съ насосомъ проф. Войслава).



Черт. 216.—№ схемы VIII-й (сдвоенныя скважины съ насосомъ проф. Войслава).





Черт. 217. — Насосъ проф. Войслава для буровыхъ колодцевъ съ двумя поршнями, движущимся въ одномъ цилиндрѣ въ разныя стороны.

Брянскаго колодца въ Россіи и Шпейдемюльскаго въ Германіи. Шпейдемюльская катастрофа похоронила въ размытомъ слишкомъ сильно бившей струей воды грунтъ массу имуществъ, домовъ и пр.

Второй типъ водоснабженія, это буровые колодцы, въ которыхъ артезіанская вода поднимается выше точки пріема, но не достигаетъ поверхности земли у устья колодца. Въ этомъ случаѣ надо устраивать сифонъ, примѣнимый только тогда, когда превышеніе устья скважины надъ горизонтомъ пониженія не болѣе высоты всасыванія. Примѣромъ примѣненія сифона можетъ служить Вилепскій водопроводъ изъ Остробрамскихъ источниковъ. Для устраненія вреднаго вліянія воздуха въ колѣнѣ сифона нуженъ воздушный резервуаръ. Воздухъ, собирающійся въ резервуарѣ, отъ времени до времени выгоняется водой, накачиваемою въ резервуаръ ручнымъ насосомъ (черт. 207).

Когда грунтъ дозволяетъ устроить галлерею или уложить трубу для непосредственнаго соединенія скважины съ точкою пріема галлерею или трубу, по которой вода изъ скважины можетъ двигаться къ точкѣ пріема самотекомъ,—тогда этотъ случай сводится къ первому типу.

Третій типъ водоснабженія примѣняется въ случаѣ пониженія горизонта ниже точки пріема, но выше горизонта замерзанія. Онъ представляетъ случай артезіанской воды, поднимающейся до поверхности земли или немногимъ выше ея. Здѣсь приходится прибѣгать къ искусственному поднятію воды помощью насосовъ, установленныхъ на поверхности земли.

Большое затрудненіе пользованія этой водой состоитъ въ устраненіи замерзанія воды въ то время, когда насосъ не дѣйствуетъ. Закрываніе крана каждый разъ, при остановкѣ дѣйствія машины, не можетъ устранить замерзанія, такъ какъ эта остановка въ дѣйствіи насоса собственно можетъ произойти помимо прекращенія дѣйствія движителя.

Если при третьемъ типѣ водоснабженія вода поднимается выше дна имѣющагося водостока, то лучше всего во время бездѣйствія насоса спускать воду изъ колодца въ водостокъ; при непрерывномъ вытеканіи подземной воды замерзанія не будетъ. Во время дѣйствія насоса клапанъ помѣщенный надъ всасывающею трубою, закрывается и тогда начинается качаніе воды, то есть опять таки движеніе ея,

недопускающее замерзанія. Если же вода можетъ подняться выше поверхности земли, и желаютъ ею по временамъ пользоваться безъ помощи насоса, то остановивъ насосъ закрываютъ кранъ, помѣщенный въ спускной трубѣ, и вода, поднявъ клапанъ, непрерывно вытекаетъ выше поверхности земли (см. черт. 208).

Примѣромъ этого типа водоснабженія могутъ служить колодцы въ С.-Петербургѣ (на заводахъ Дурдина, Ланге и въ Технологическомъ Институтѣ).

Если вода не поднимается выше имѣющагося водостока (напр. ст. Померанье Николаевской ж. д., ст. Степань Полѣсскихъ ж. д.), тогда устройство дѣлается болѣе затруднительнымъ. Приходится или устранить замерзаніе, помощью устройства надъ колодцемъ теплаго помѣщенія, или соединить скважины плотно съ водопроводомъ, расположеннымъ ниже линіи замерзанія и идущимъ къ насосу, помѣщенному въ тепломъ помѣщеніи (черт. 209), или у скважины дѣлать насыпь (Степань и Дятловичи) или наконецъ проводить въ скважину согрѣвательныя трубки (напр. въ вѣчной мерзлотѣ).

Четвертый типъ водоснабженія самый распространенный. Здѣсь уровень пониженія горизонта воды ниже уровня замерзанія и ниже поверхности земли, но не болѣе глубины всасыванія, т. е. 3 до $9^1/_2$ метровъ. Сюда относится главнымъ образомъ водоснабженіе грунтовыми водами верхнихъ слоевъ (не артезіанскими). Вода получается или помощью буровыхъ колодцевъ, въ которые вставляется всасывающая труба насоса, или помощью опускныхъ колодцевъ, въ днѣ которыхъ пробуравливаютъ скважины, изливающія воду въ опускной колодезь (черт. 210). Чтобы вода, остающаяся во всасывающей трубѣ, не замерзала при остановкѣ насоса, цилиндры ручныхъ насосовъ размѣщаютъ ниже уровня замерзанія и снабжаютъ небольшими спускными отверстіями въ верхней части цилиндра, такъ что послѣ остановки насоса вода стекаетъ изъ подъемной трубы насоса и насосъ замерзать не можетъ. Всасывающія трубы паровыхъ и другихъ насосовъ, помѣщаемыхъ въ тепломъ мѣстѣ, проводятъ подъ землею, ниже линіи замерзанія. При этомъ устройствѣ если одинъ колодезь даетъ недостаточное количество воды, дѣлаютъ два, три, а иногда цѣлую группу колодцевъ, связывая ихъ общею всасывающею трубкою, ниже горизонта замерзанія.

Примѣромъ этого типа устройствъ могутъ служить водоснаб-

женія прямо изъ скважинъ, при помощи пароваго насоса, устроенныя на многихъ станціяхъ Полѣсскихъ жел. дорогъ (Парохонскъ, Коржевка, Волчья, Коцуры), Привислянской жел. дороги (Наленчовъ, Иваногородъ), Москва (Военный Госпиталь), ст. Кущевка (Владикавказской желѣзной дороги).

Изъ опускныхъ колодцевъ: станціи Полѣсскихъ жел. дор. (Наховъ, Микашевичи), С.-Петербурго-Варшавской жел. дороги (ст. Мшинская) и др.

Пятый типъ водоснабженія примѣняется въ случаѣ пониженія горизонта воды ниже глубины всасыванія; онъ требуетъ пониженія насоса до той глубины, при которой онъ можетъ всасывать воду. Здѣсь насосъ устанавливается въ простомъ сухомъ колодцѣ, двигатель же паровой, вѣтряный, конный или ручной, устанавливается на поверхности земли (черт. 211). Въ прежнее время (даже до послѣдняго времени) этотъ типъ считался самымъ совершеннымъ, особенно когда вода получалась изъ простого колодца, т. е. когда мѣсто для помѣщенія насоса получалось, такъ сказать, попутно. Устройства этого типа водоснабженія изъ глубокаго горизонта если и возможно, то обходится весьма дорого въ виду дороговизны самаго устройства колодца для помѣщенія въ немъ насоса, особенно если грунтъ оплывающій, разбухающій или очень твердый. Такія устройства примѣняются главнымъ образомъ для рудничнаго водоотлива, но тамъ колодезь (шахта) устраивается для спеціальныхъ цѣлей и получается попутно.

Примѣромъ водоснабженія этого типа являются, между прочимъ, колодцы: Джанкой-Ѳеодосійской жел. дороги, на ст. Сейтлеръ, съ вѣтрянымъ двигателемъ, на ст. Колай съ паровымъ и Виленскія скотобойни съ ручнымъ двигателемъ.

Шестой типъ водоснабженія (при условіяхъ типа 5-го) уже не выдерживаетъ критики. Здѣсь движитель помѣщается въ колодцѣ вмѣстѣ съ насосомъ (черт. 212). Не говоря уже о дороговизнѣ и неудобствѣ колодца для помѣщенія насоса и движителя, гдѣ правильный уходъ за послѣднимъ дѣлается невозможнымъ. Паръ, проведенный ко дну колодца дѣлаетъ даже кратковременное пребываніе машиниста невыносимымъ. Части механизма оставленныя безъ присмотра и надлежащей смазки скоро изнашиваются.

Охлажденіе пара, проведеннаго во всю глубину колодца, боль-

шое, и вызываетъ скопленіе воды въ паропроводныхъ трубахъ, которая должна отводиться вмѣстѣ съ мятымъ паромъ вверхъ. Примѣненіе иныхъ, кромѣ нераціональныхъ паровыхъ движителей, по недостатку мѣста невозможно. Обыкновенно устанавливаютъ насосы самые дешевые, но и самые несовершенные изъ всѣхъ типовъ поршневыхъ насосовъ, какъ по нераціональности устройства, такъ и по кратковременности службы. Или примѣняютъ пульзометры, поглощающіе много горючаго матеріала и дающіе воду смѣшанную съ частицами, увлекаемыми изъ паровыхъ котловъ, не гарантирующіе притомъ, по мнѣнію проф. Войслава, правильнаго водоснабженія. Примѣръ ст. Москва Николаевской жел. дороги.

Седьмой типъ водоснабженія представляетъ устройство дозволяющее пользоваться водою, уровень пониженія которой достигаетъ значительныхъ глубинъ. При этихъ условіяхъ типы 5 и 6-ой непримѣнимы прямо по дороговизнѣ колодцевъ. Насосъ здѣсь помѣщаетсся частью въ скважинѣ (насосный цилиндръ съ всасывающимъ клапаномъ и подъемнымъ поршнемъ), частью въ цилиндрѣ (скалка, давящій поршень) установленномъ на днѣ колодца. Движитель на поверхности земли (черт. 213).

Это типъ насоса всасывающе-подъемно-давящій.

Этотъ типъ насоса былъ впервые устроенъ въ Россіи въ буровомъ колодцѣ на ст. Барановичи для доставленія 24.000 ведеръ воды въ сутки. Общая высота подъема 16 саженъ. Послѣ нѣкоторыхъ неудачъ насосъ оправдалъ надежды.

Восьмой типъ водоснабженія устраняетъ недостатокъ предыдущаго типа, требующаго большихъ діаметровъ скважинъ при потребности большаго количества воды.

Кромѣ того, онъ требуетъ насоса особаго устройства, такъ какъ помѣщаемые въ узкой скважинѣ обыкновенные поршневые насосы обладаютъ большимъ недостаткомъ, именно отсутствіемъ непрерывности теченія воды въ насосномъ цилиндрѣ. Эта непрерывность теченія, какъ извѣстно, необходима какъ для приданія поршнямъ большой скорости, для устраненія ударовъ и быстраго изнашиванія клапановъ, такъ и для примѣненія клапановъ небольшаго сѣченія.

Большая стоимость буровыхъ колодцевъ, быстро возрастающая съ увеличеніемъ діаметра, съ одной стороны, и необходимость помѣщенія насоснаго цилиндра въ буровомъ колодцѣ съ другой, за-

ставляютъ примѣнять возможно большія скорости поршня, для достиженія бо́льшаго дебита колодца.

Въ виду этого, для развитія пользованія водой изъ глубокихъ горизонтовъ, дѣйствительно необходимо измѣнить типъ насосовъ.

Удобнымъ рѣшеніемъ этого вопроса въ настоящее время признается примѣненіе насосовъ съ двумя подъемными поршнями въ одномъ цилиндрѣ, движущимися въ двѣ противоположныя стороны. Въ то время когда верхній поршень поднимаетъ воду вверхъ, онъ всасываетъ ее снизу, причемъ она поднимаетъ клапанъ нижняго опускающагося поршня (см. черт. 214, 215, 216 и 217). Проф. Войславъ полагаетъ, что примѣненіе центробѣжныхъ, турбинныхъ, винтовыхъ и, вообще вращательныхъ насосовъ, надлежащаго устройства, помѣщающихся въ скважинѣ, окажется еще болѣе подходящимъ для этого случая, но за неимѣніемъ пока данныхъ примѣненій этихъ устройствъ на практикѣ, приходится оставить этотъ вопросъ въ сторонѣ.

§ 46. Сборъ грунтовой воды горизонтальными трубами.

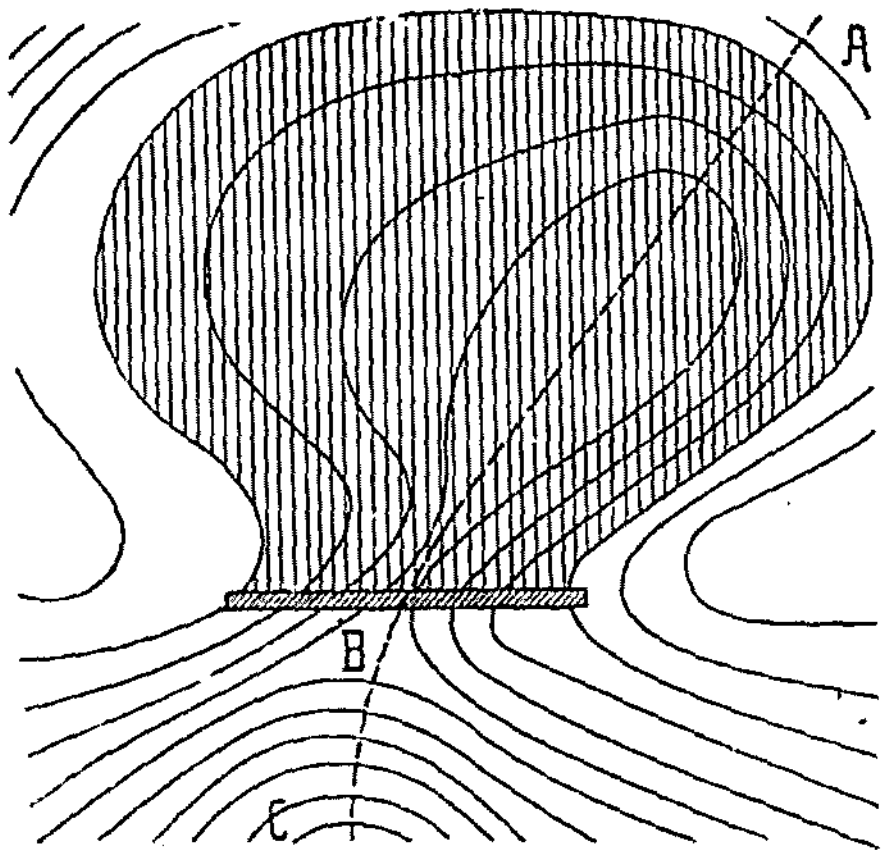
Горизонтальныя трубы и галлереи могутъ быть разсматриваемы, какъ ряды непрерывно слѣдующихъ другъ за другомъ и соединенныхъ вмѣстѣ колодцевъ, у коихъ была бы сохранена только нижняя часть, погруженная въ водоносный слой.

Они примѣняются по преимуществу въ тѣхъ случаяхъ, когда толщина этого слоя и степень его водоносности незначительны и когда, слѣдовательно, для полученія нѣкотораго серіознаго объема воды пришлось бы очень умножить число колодцевъ.

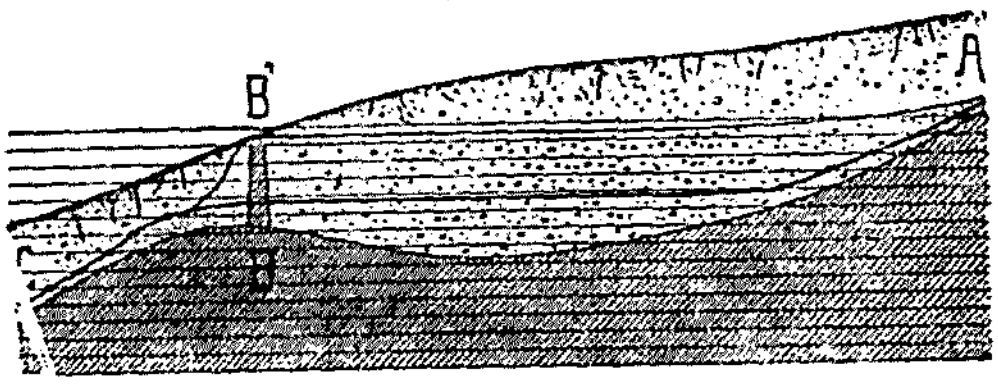
Въ простѣйшемъ видѣ собираніе грунтовой воды посредствомъ горизонтальныхъ трубъ сводится къ устройству обыкновеннаго дренажа (см. курсъ Осушенія).

Вырывъ рвы до глубины водопоснаго слоя (включительно) насыпаютъ въ нихъ щебня или голыша или кладутъ гончарныя со свободными стыками трубы. Сверху голышъ или щебень прикрывается обороченнымъ внизъ травой — дерномъ и рвы засыпаются землей; трубы прямо засыпаются. Такая система дренажныхъ линій будетъ собирать грунтовую воду къ опредѣленному мѣсту, къ которому направлены ихъ уклоны, и гдѣ дѣлается колодезь, изъ котораго вода можетъ извлекаться тѣмъ или другимъ способомъ.

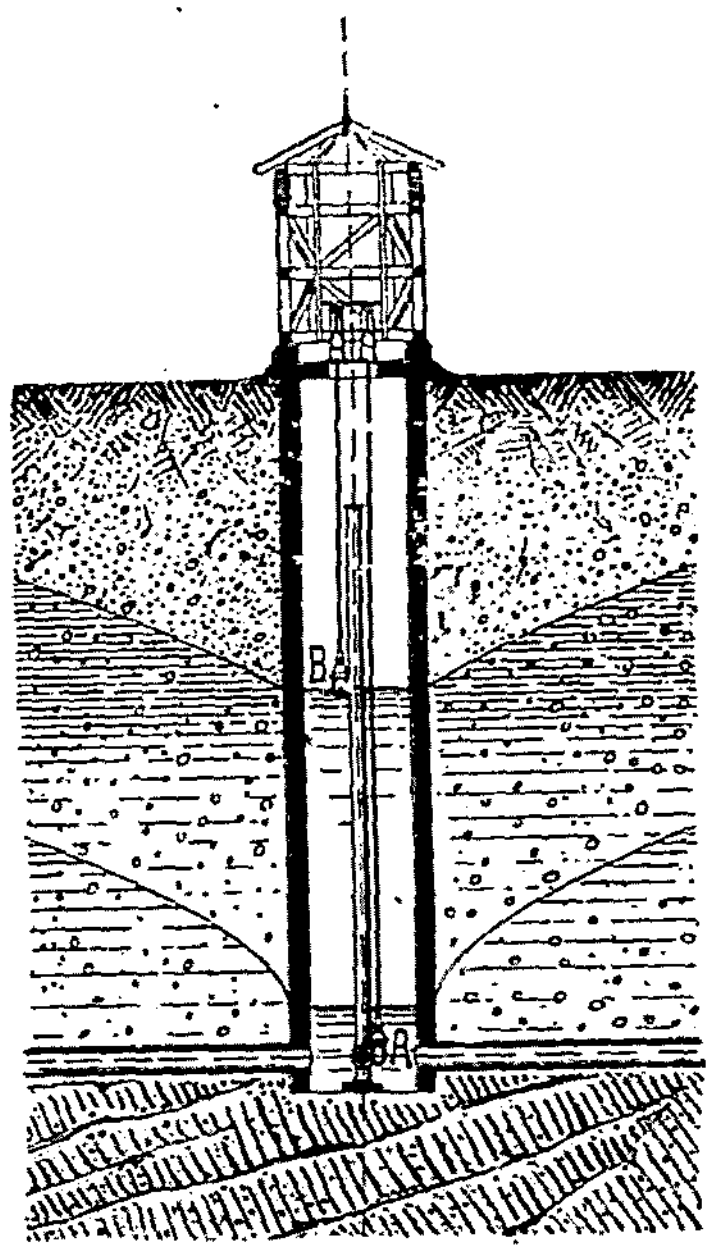
Снабженіе грунтовой водой.



Черт. 218.



Черт. 219.



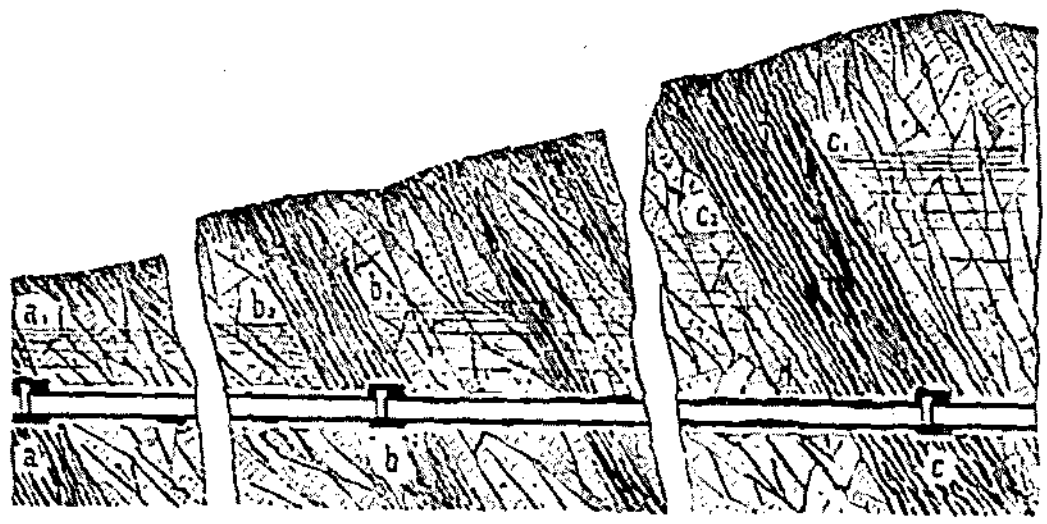
Черт. 220.

Черт. 218 и 219.—Схема искусственнаго скопленія грунтовыхъ водъ при посредствѣ подземной водоудержательной плотины (BB') (планъ въ горизонталяхъ поверхности грунтовыхъ водъ и разрѣзъ по линіи ABC). Такое сооруженіе можетъ быть устроено, когда потребность въ водѣ больше средняго притока грунтовыхъ водъ и меньше наибольшаго притока этихъ водъ. (Lueger).

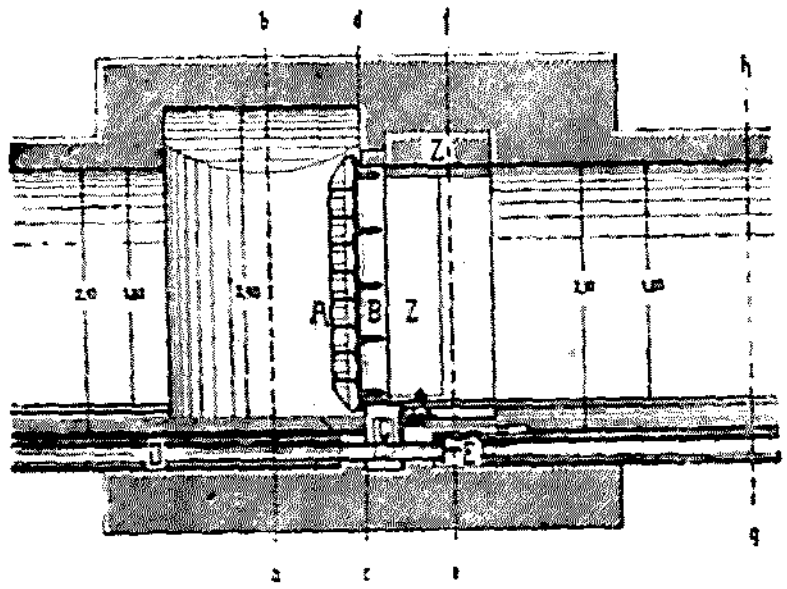
Черт. 220.—**Колодезь для извлеченія грунтовыхъ водъ изъ подземнаго резервуара.** Приводимый пріемникъ (Mühlheim въ Баденѣ) соотвѣтствуетъ случаю, когда желательно имѣть два горизонта всасыванія воды (въ A и въ B). Нижній соотвѣтствуетъ сухому времени года. Въ дождливое берутъ воду въ B, чтобы дать возможность скопиться запасу воды возлѣ самаго колодца. Когда дѣйствуетъ одно отверстіе A или B, другое закрывается заслонкой. (Lueger).

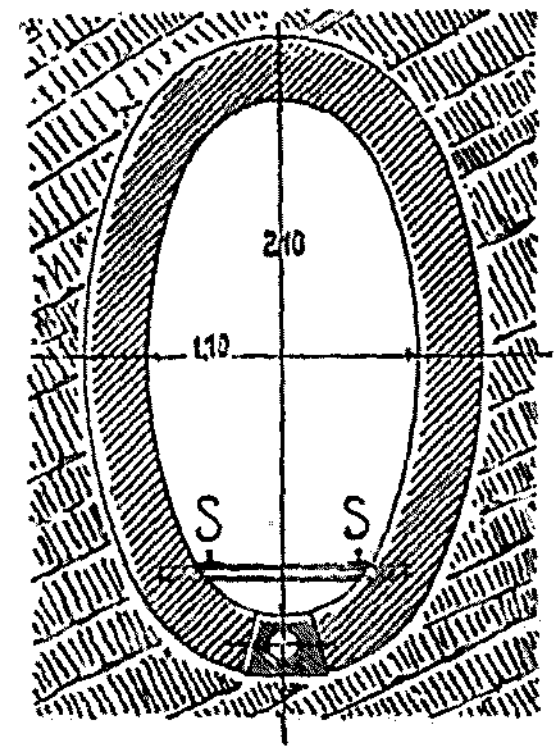
Примѣчаніе къ черт. 221—224.—Висбаденское водоснабженіе, единственное въ своемъ родѣ, устроено въ 1875—90 гг. по проекту *Winter*'а. Круто наклоненныя напластованія водо-проницаемыхъ и водонепроницаемыхъ слоевъ въ ближайшихъ возвышенностяхъ образовали рядъ естественныхъ плотинъ съ естественными за ними резервуарами (черт. 221), вода въ коихъ стояла на высотѣ ближайшихъ ключей, чрезъ которые она изливалась въ прилегающія долины. Сквозь толщугоры сдѣлана горизонтальная галлерея (черт. 222—224),

Водоснабженіе города Висбадена.



Черт. 221. — Продольная профиль водо-выпускной галлереи изъ естественныхъ резервуаровъ. (Длина галлереи около 3.000 мет.).





Черт. 222.—Поперечный разрѣзъ водовыпускной галлереи.

(*S* — рельсовый путь).

Черт. 223 и 224.—**Вертикальный разрѣзъ и планъ водоподпорной двери въ выпускной галлереѣ.** *A*—желѣзная дверь, вращающаяся вокругъ вертикальной оси на петляхъ; *B*—рама двери изъ чугуна, къ которой дверь можетъ быть притянута болтами, причемъ между дверью и рамой зажимается каучуковая лента, прикрѣпленная къ двери; *C*—камера, открытая со стороны напора и закрытая заслонкой съ противуположной стороны: чрезъ нее можно выпускать изъ-за двери въ галлерею желаемое количество воды; *D* — трубка діаметромъ въ 120 мм., идущая въ подошвенномъ камнѣ галлереи и имѣвшая цѣлью удаленіе воды во время сооруженія галлереи; она за каждой дверью имѣетъ затворъ *E*—и можетъ служить слѣдовательно для пользованія водой на ряду съ камерой *C*.

снабженная въ мѣстахъ пересѣченія съ пластами-плотинами водонепроницаемыми затворами (въ *a*, *b*, *c*). Въ стѣнкѣ галлереи имѣются прорѣзы для впуска воды изъ окружающаго грунта. Горизонтъ грунтовой воды a_1, b_2, b_1, c_2, и т. д. Двери должны быть закрыты съ весны и резервуары за зиму и весну заполняются; образовавшіееся запасы служатъ для пополненія даваемаго грунтовыми водами лѣтомъ притока.

Такой пріемъ собиранія грунтовой воды былъ извѣстенъ еще Римлянамъ. Потомъ онъ затерялся и вновь былъ открытъ сравнительно недавно (въ прошломъ столѣтіи?) во Франціи, откуда распространился въ другія страны и сталъ теперь считать много примѣненій и въ Англіи, и въ Германіи, въ Бельгіи и проч.

Простымъ дренажемъ нельзя, однако, получить значительныхъ количествъ воды, нужныхъ для городскихъ водоснабженій. Исключеніе составляютъ только мѣстности, въ которыхъ собираются въ рыхломъ водоносномъ слоѣ естественнымъ путемъ воды съ обширнаго района. Устраивая дренажъ въ такихъ мѣстностяхъ, представляющихся подземнымъ сборнымъ резервуаромъ воды, можно дѣйствительно добыть ее въ количествахъ большихъ.

Иногда, впрочемъ, такой подземный резервуаръ создаютъ искусственно, если мѣстныя условія благопріятны. Такъ, напримѣръ, если имѣется обширная сухая долина съ проницаемымъ грунтомъ, въ которомъ движутся грунтовыя воды, то дѣлая поперекъ долины траншею, и уложивъ въ послѣдней широкій и прочный слой мятой глины или даже устроивъ стѣну изъ каменной кладки, можно создать подземное препятствіе движенію грунтовыхъ водъ (черт. 218, 219 и 220).

Эта плотина, подобно плотинѣ надземной, заставитъ уровень грунтовыхъ водъ держаться на большей противъ прежняго высотѣ и подземный резервуаръ будетъ созданъ. Дренируя его, можно будетъ получать значительныя количества воды.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ сама природа создаетъ подземныя плотины, подобныя вышеописанной, задерживающія движеніе грунтовыхъ водъ; для добыванія послѣднихъ нужно только открыть имъ выходъ. Замѣчательный примѣръ такого рода представляетъ водоснабженіе г. Висбадена (черт. 221—224).

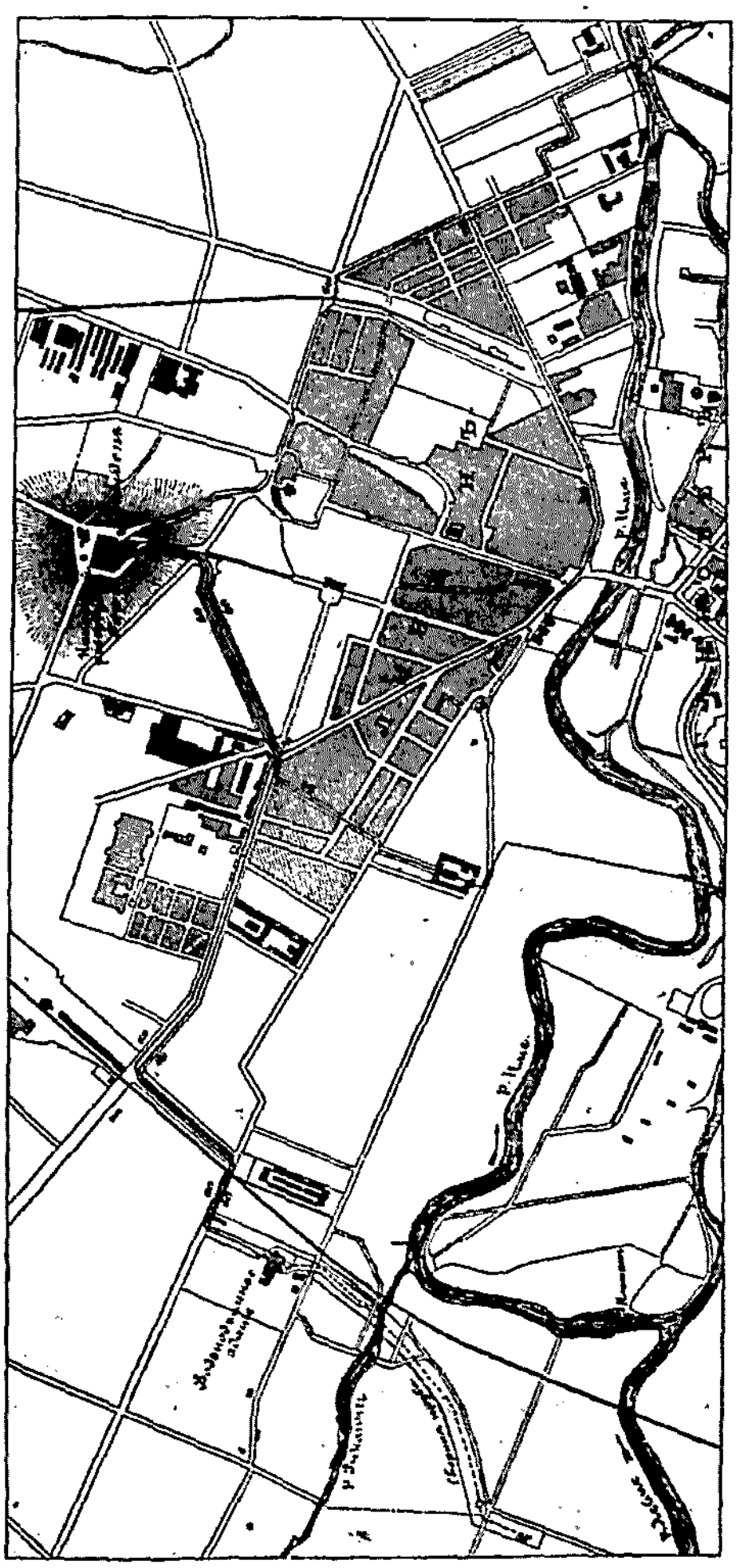
Для собиранія значительныхъ количествъ воды изъ естественныхъ или же искусственно созданныхъ подземныхъ запасовъ обыкновенныя дренажныя устройства оказываются, однако, непригодными, такъ какъ они не могутъ быть устроены на подлежащей глубинѣ и сверхъ того не выдержали бы тѣхъ довольно значительныхъ скоростей и напоровъ, которые могутъ развиваться въ нихъ. Въ такихъ случаяхъ прибѣгаютъ къ особымъ, снабженнымъ прорѣзами для впуска воды трубамъ или галлереямъ (см. черт. 200—203, 220, 226—231).

Водоборныя галлереи и трубы находятъ себѣ преимущественное примѣненіе въ песчаныхъ и хрящевыхъ залежахъ по берегамъ значительныхъ рѣкъ. Таковы напримѣръ уже старые водопроводы Тулузы (черт. 112 и 113), Ліона и новѣйшіе Магдебурга, Будапешта и др. Не слѣдуетъ однако думать, какъ это долго дѣлали раньше, что въ такихъ случаяхъ трубы и галлереи получаютъ воду исключительно изъ рѣки. Какъ показали продолжительныя изслѣдованія Дюпюи (Dupuit.— Les fontains publiques de la ville de Toulouse) и (Dumont. — Les eaux de Lyon et de Paris), вода изъ рѣки попадаетъ и то отчасти, въ такія трубы и галлереи только въ случаѣ, если онѣ проложены очень близко отъ нея; если же разстояніе отъ рѣки нѣсколько значительно, то питаніе галлерей и трубъ оказывается независящимъ отъ рѣки. Вода въ трубахъ и галлереяхъ сохраняетъ постоянную температуру и составъ и держится на горизонтѣ болѣе высокомъ, чѣмъ горизонтъ рѣки. Это вода подземнаго резервуара, изливающагося въ рѣку. Чтобы сохранить воду трубъ и галлерей отъ загрязненія слѣдуетъ по возможности не слишкомъ понижать горизонтъ воды въ нихъ откачиваніемъ противъ горизонта воды въ рѣкѣ.

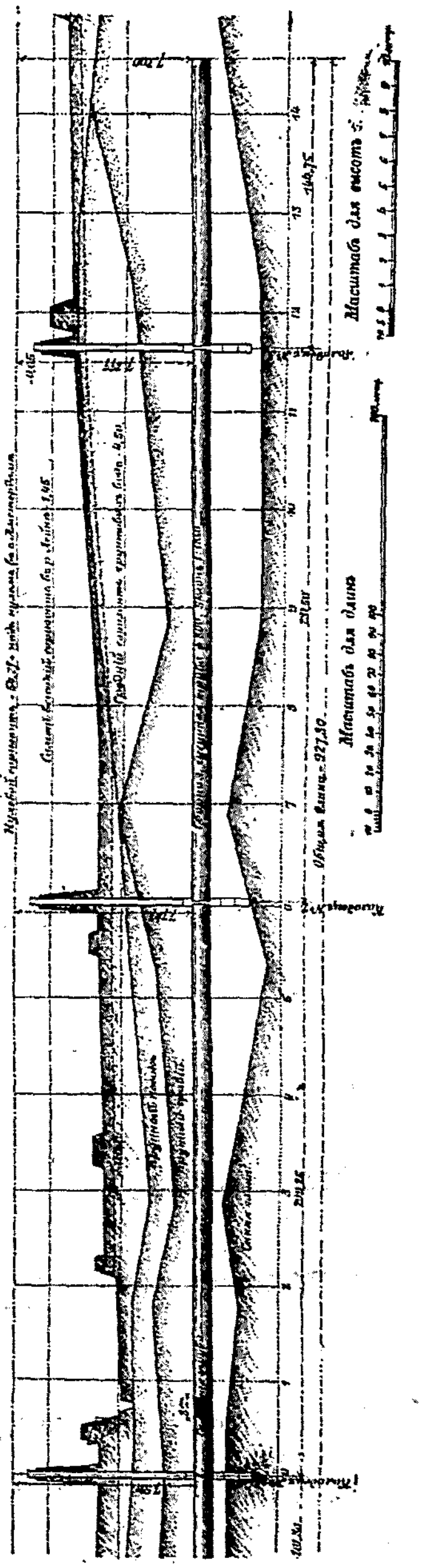
Трубы и галлереи приводятся къ колодцамъ, откуда и производится извлеченіе воды посредствомъ насосовъ (см. черт. 196, 197, 198, 199, 220, 227, 228, 231).

Водосборныя трубы и галлереи дѣлаются изъ весьма различныхъ матеріаловъ: чугуна, бетона, керамики, кирпича и камня. Особенно часто примѣняется бетонъ, такъ какъ даетъ возможность легко придавать сѣченію всевозможныя формы, недорогъ въ выдѣлкѣ и прочень въ чистой водѣ; однако его можно примѣнять лишь при основаніи на прочномъ грунтѣ. Чугунъ хорошъ и при ненадежномъ грунтѣ, но зато не вполнѣ долговѣченъ, ибо не смотря на всѣ предохранительныя мѣры, онъ современемъ покрывается ржавчиной. Формы поперечнаго сѣченія горизонтальныхъ водосборовъ дѣлаются весьма разнообразными въ зависимости отъ свойствъ матеріала и др. обстоятельствъ (чугуну свойственна напр. трубчатая форма); разнообразны и ихъ размѣры; послѣдніе иногда дѣлаются достаточными для прохода рабочихъ, причемъ въ этомъ случаѣ на днѣ полезно дѣлать особый возвышенный тротуаръ, чтобы текущая по дну вода не пачкалась ногами рабочихъ. Отверстія для входа воды дѣлаются преимущественно круглыя или щелеобразныя; чтобы эти отверстія со временемъ не слиш-

Снабженіе города Ганновера грунтовой водой, собираемой горизонтальными трубами.



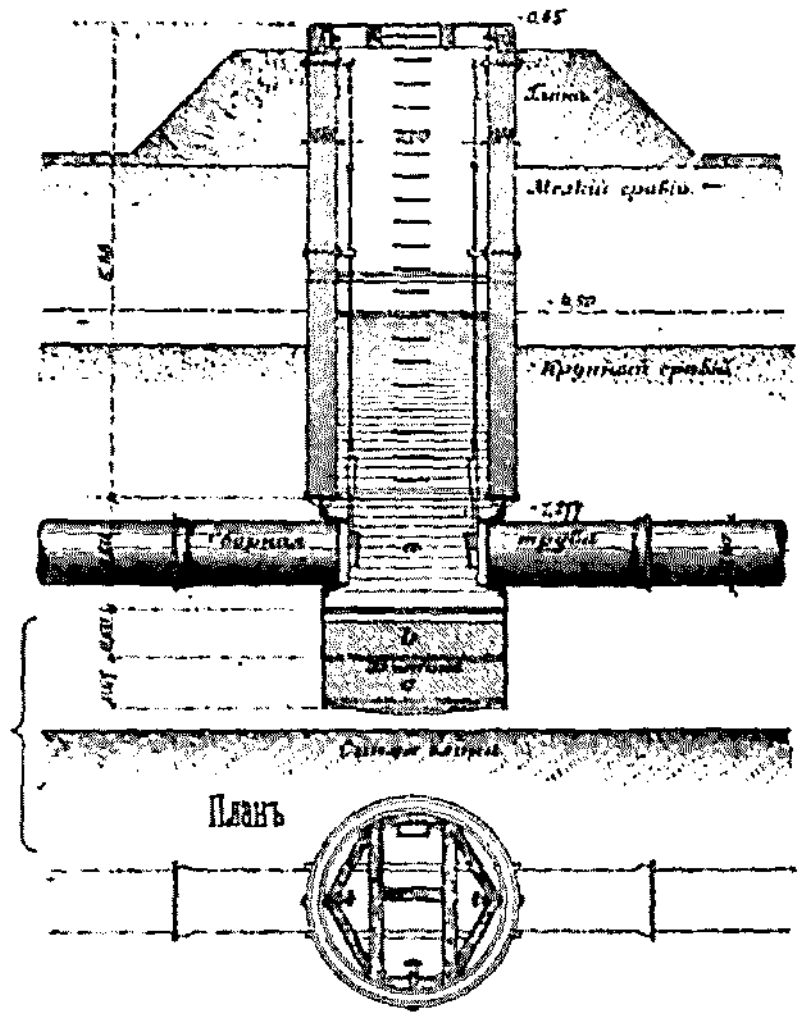
Черт. 225. — Общее расположеніе водопроводныхъ сооруженій.



Черт. 226.—Общее расположеніе сборной трубы. Продольный профиль. (Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. Сооруж.).

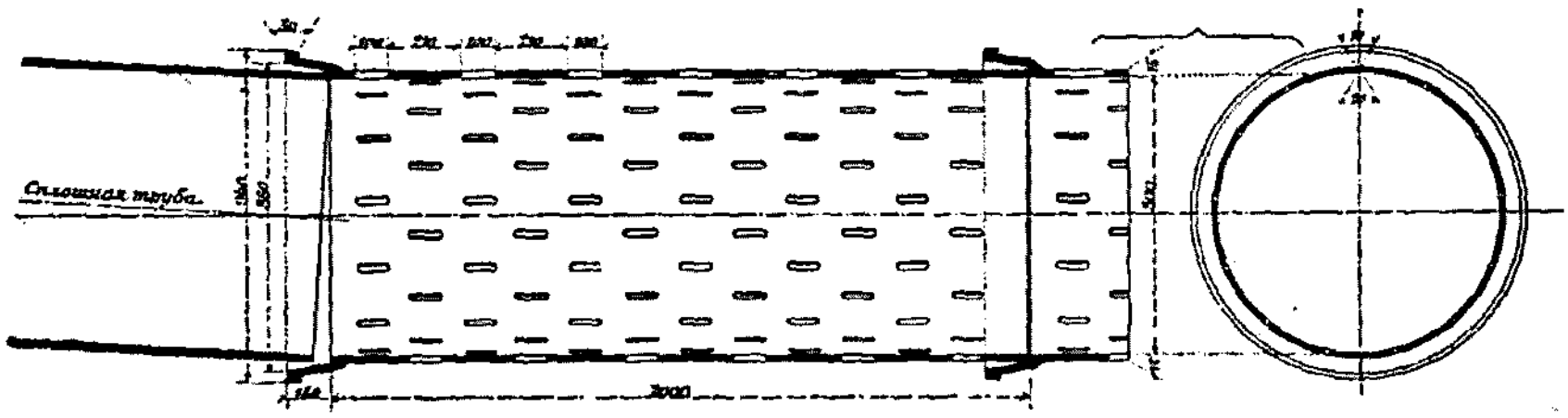
Снабженіе города Ганновера грунтовой водой,

собираемой горизонтальными трубами.



Черт. 227 и 228.

Смотровый колодезь. Вертикальный разрѣзъ и планъ.



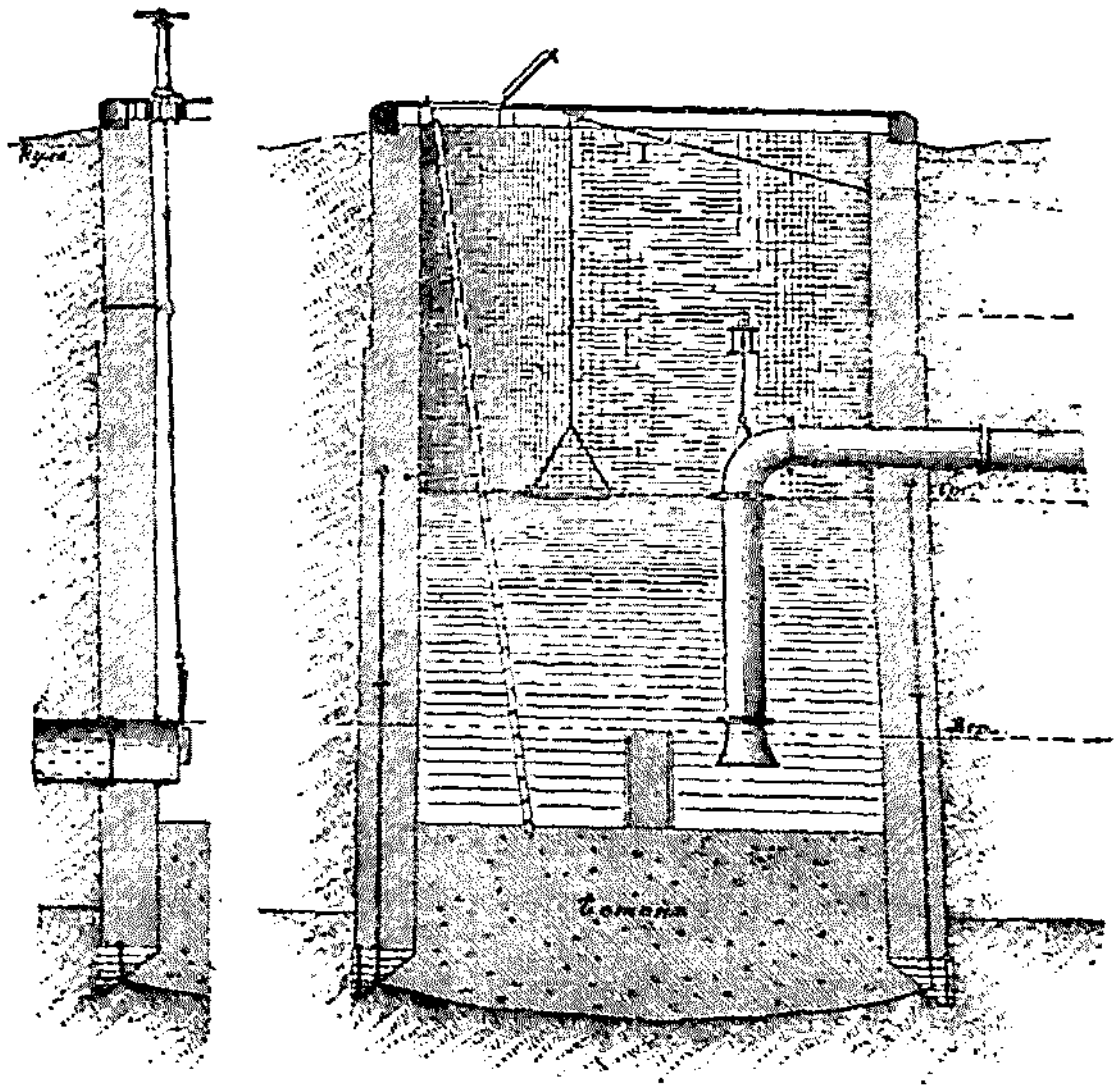
Черт. 229 и 230.

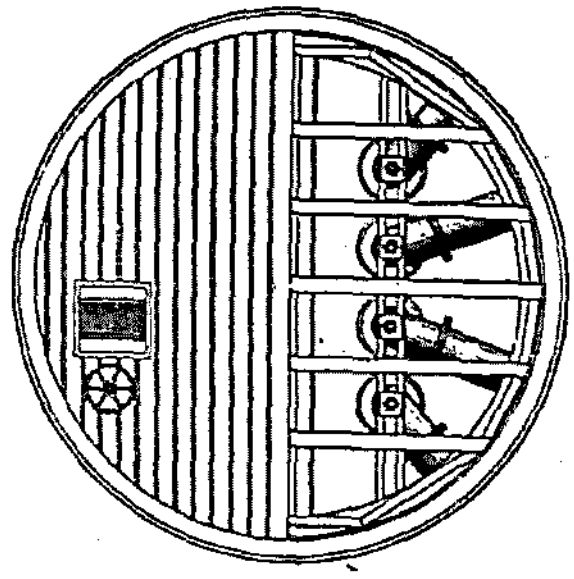
Продольный и поперечный разрѣзъ сборной чугунной трубы.

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. Сооруж.).

Снабженіе города Ганновера грунтовой водой,

собираемой горизонтальными трубами.





Черт. 231, 232 и 233.

Разрѣзы и планъ водосборнаго колодца.

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. Сооруж.).

комъ заростали или не закрывались ржавчиною, наименьшіе ихъ размѣры полезно дѣлать не менѣе 8 мм. Для предохраненія попаданія грунта черезъ эти отверстія полезно водосборъ окружить со стороны притока воды фильтрующей оболочкой изъ слоевъ крупнаго гравія или щебня, мелкаго гравія и песка, располагая наиболѣе крупные слои ближе къ отверстіямъ. Сверхъ трубы или галлереи (если она не ведется тоннелемъ) также слѣдуетъ располагать фильтрующіе слои въ томъ же порядкѣ, заканчивая ихъ сверху слоемъ растительной земли. Если водосборъ заложенъ при этомъ на глубину менѣе 2—$2^1/_2$ саж., то для лучшаго предохраненія его отъ загрязненія наземными водами полезно надъ самымъ высокимъ уровнемъ грунтовой воды уложить слой плотной глины толщиною въ 1′—2′ и поверхность земли спланировать со скатомъ въ сторону отъ водосбора. При вынимании деревянной обдѣлки стѣнокъ рва, гдѣ укладывался водосборъ, слои гравія и песка, окружающіе его, легко могутъ быть потревожены, вслѣдствіе чего внутрь галлереи современемъ легко можетъ попасть песокъ. Поэтому слѣдуетъ всегда дѣлать приспособленія для удаленія песка изъ водосбора; для этого на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга въ галлереѣ дѣлаютъ колодцы съ углубленнымъ днемъ, гдѣ и собирается песокъ и откуда по временамъ онъ удаляется. Нижній конецъ трубы или галлереи (а она должна имѣть таковой, ибо укладывается съ уклономъ, чтобы вода могла по ней течь) заканчивается, какъ было упомянуто, сборнымъ колодцемъ (камерой) также съ углубленнымъ для осадка песка днемъ; здѣсь собирается вода и отсюда она выкачивается насосами. Сборный колодезь долженъ имѣть достаточные размѣры облегченія осмотра и очистки; для послѣдней цѣли его полезно раздѣлять на двѣ самостоятельныя части, чтобы производить чистку поочередно, не нарушая дѣйствія всего колодца.

На черт. 225 показанъ общій планъ водосбора (чугунныя трубы) г. Ганновера. Труба расположена почти перпендикулярно къ направленію теченія грунтовой воды и заложена въ водоносный слой толщиною 20′ фут. на 4 фут. выше непроницаемаго слоя синей глины. Для провѣрки исправности дѣйствія водосбора и извлеченія осадковъ на немъ устроено три смотровые колодца (черт. 226); водосборная труба оканчивается въ большомъ сборномъ колодцѣ, откуда насосы водоподъемнаго зданія нагнетаютъ воду въ запасный резервуаръ на горѣ Линденъ. Форма поперечнаго сѣченія водосборной трубы круг-

лая (черт. 229 и 230); ея внутренній діаметръ = 800 мм. = 31,5″, толщина стѣнокъ = 15 мм. = $^5/_8$″. .Она состоитъ изъ отдѣльныхъ чугунныхъ звеньевъ, длиною каждое въ 2 метра = 6,6′, съ раструбами; узкій конецъ одной трубы вставленъ въ раструбъ слѣдующей безъ всякой замазки. Въ каждомъ звенѣ сдѣлано 12 рядовъ отверстій по 13 штукъ въ каждомъ (по окружности) рядѣ; длина отверстія = 100 мм., его ширина по наружной поверхности трубы = 10 мм., а впутри трубы = 20 мм. Общая площадь всѣхъ отверстій во всей длинѣ трубы въ 143 раза больше площади поперечнаго сѣченія трубы. Длина всей трубы = 918 метр. = 3.012 футъ (за вычетомъ ширины трехъ колодцевъ); при скорости притока воды къ отверстіямъ v = 1,94 мм., каждый погон. футъ трубы даетъ около 140 куб. футъ воды въ сутки. (Притокъ считается бѣднымъ, если 1 погон. футъ даетъ въ сутки не болѣе 20 куб. ф. и богатымъ, если—болѣе 200 куб. футъ).

Смотровые колодцы (черт. 227 и 228) состоятъ изъ двухъ частей: нижней чугунной и верхней — изъ лекальнаго кирпича на цементѣ съ наружной цементной же штукатуркой. Нижняя часть состоитъ изъ отдѣльныхъ чугунныхъ цилиндрическихъ звеньевъ (толщиною $1^3/_{16}$″), соединенныхъ ребордами и свинченныхъ болтами. Въ верхней части чугунной отливки сдѣлана широкая реборда съ закраинами для принятія верхней кирпичной части колодца. Дно колодца заполнено слоемъ бетона толщиною въ 1 метръ. Дно смотровыхъ колодцевъ немного не доходитъ до непроницаемаго слоя глины, что едва ли правильно, такъ какъ при этомъ колодезь не вполнѣ устойчивъ: онъ находится на вѣсу. Въ нижнюю чугунную часть колодца входятъ водосборныя трубы. Здѣсь онѣ снабжены задвижками со штангами, подымая которыя, можно открыть и задвижку; ихъ назначеніе — промывка трубы. Заперевъ одну изъ задвижекъ и дождавшись скопленія за нею въ трубѣ воды, разомъ ее открываютъ: хлынувшая въ колодезь вода увлекаетъ съ собою песокъ, занесенный въ сборную трубу. Изъ колодца песокъ извлекается черпаками.

Вода, собранная горизонтальною трубою, стекаетъ въ такъ называемый сборный колодезь (черт. 231—233), сдѣланный изъ кирпича (толщина внизу 3 кирпича, вверху — $2^1/_2$) на цементномъ растворѣ съ наружной цементной штукатуркой. Діаметръ колодца внизу = 21′, затѣмъ съуживается до 19,7′; глубина = 37′. Колодезь выполненъ опускнымъ способомъ; нижнее опускное кольцо сдѣлано изъ 6 ря-

довъ буковыхъ досокъ съ желѣзной оковкой и болтами, часть которыхъ проходитъ сквозь кладку на высоту 21′. Дно колодца углублено въ глину и заполнено слоемъ бетона. Поперекъ колодца сдѣлана стѣнка высотою въ 4,5′ для удержанія песка отъ попаданія въ забирныя трубы насосовъ. Для указанія уровня воды въ колодцѣ помѣщенъ поплавокъ соединенный съ указателемъ въ машинномъ зданіи.

На черт. 200—203 показана цементная водосборная труба; ради большей устойчивости ей придана уширенная книзу форма.

§ 47. Нѣкоторыя теоретическія данныя для опредѣленія расхода грунтовыхъ водосборовъ.

Въ главѣ третьей (§ 25), давая общія указанія относительно опредѣленія количествъ воды, могущихъ быть полученными изъ даннаго источника водоснабженія, мы указали, что водный расходъ колодца можетъ быть найденъ съ должной точностью только непосредственнымъ опытомъ. Но тотъ же опытъ можетъ установить для даннаго водоноснаго слоя нѣкоторые практическіе коэффиціенты, при посредствѣ коихъ возможно съ извѣстнымъ приближеніемъ опредѣлять для этихъ именно условій степень водообилія другихъ колодцевъ, отличныхъ отъ перваго.

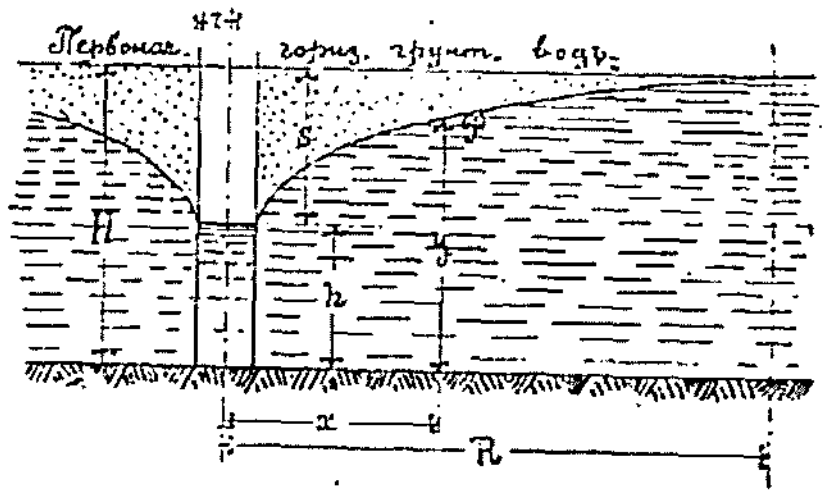
Найдя тѣмъ или другимъ путемъ водообиліе одного колодца, можно, изъ количества воды, нужнаго для водоснабженія, опредѣлить и потребное число колодцевъ.

Для опредѣленія путемъ расчета количества Q, даваемаго однимъ колодцемъ (*водообиліе* колодца) положимъ, что поверхность грунтовыхъ водъ горизонтальна, что свойства окружающаго грунта (его водопроницаемость, составъ и пр.) одинаковы со всѣхъ сторонъ колодца, что онъ опущенъ до непроницаемаго пласта и что, наконецъ, стѣнки колодца со всѣхъ сторонъ свободно пропускаютъ воду, т. е. имѣютъ скважины или снабжены отверстіями. Въ этомъ случаѣ притокъ воды къ колодцу будетъ одинаковъ со всѣхъ сторонъ; при откачкѣ воды изъ колодца уровень грунтовыхъ водъ понизится одинаково со всѣхъ сторонъ и въ плоскости разрѣза (по оси колодца—черт. 234) кривая депрессіи приметъ видъ параболы. Количество Q притекающей въ колодезь воды можетъ быть опредѣлено изъ формулы;

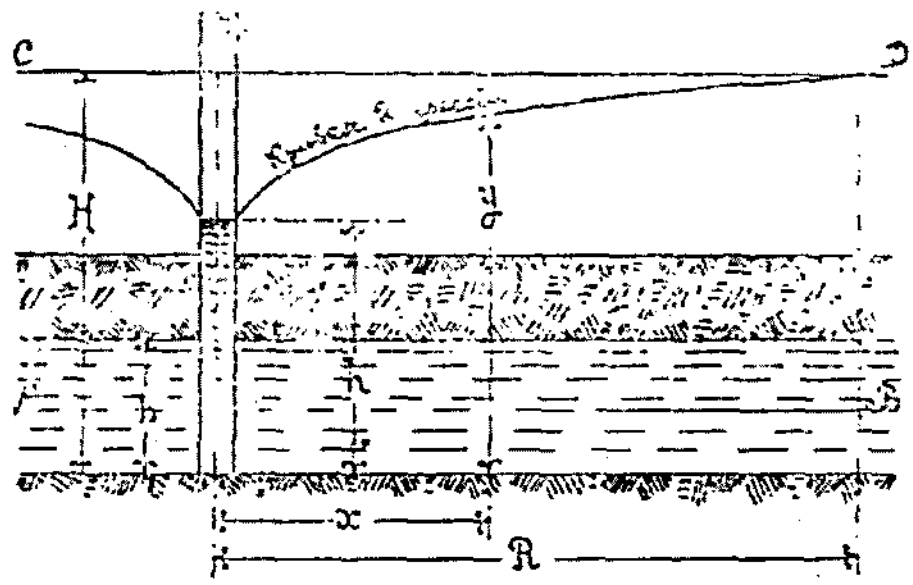
$$Q = y\, 2x\, \pi v_x\, k_1, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (A)$$

гдѣ v_x — скорость, съ которою грунтовая вода протекаетъ отъ по-

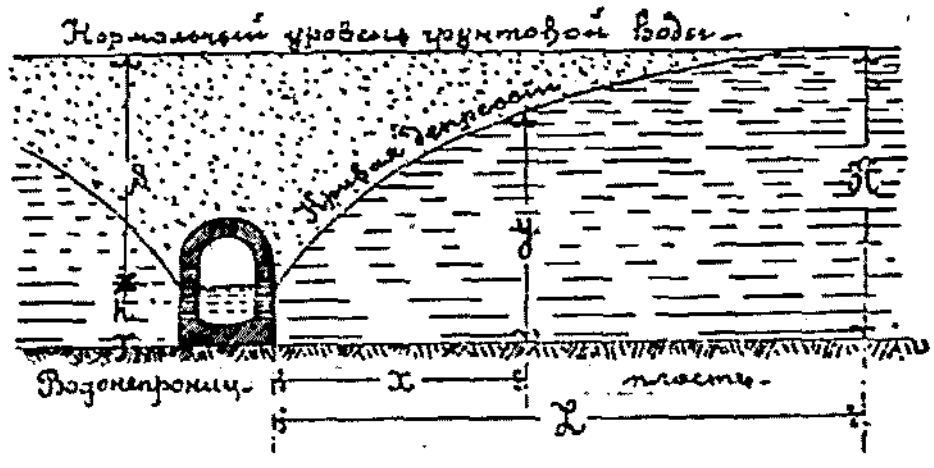
Схемы добыванія грунтовыхъ водъ колодцами и галлереями.



Черт. 234. — Схема обыкновеннаго колодца.



Черт. 235. — Схема артезіанскаго колодца.



Черт. 236. — Схема галлереи.

верхности мысленно выдѣленнаго въ водоносномъ слоѣ цилиндра, концентричнаго съ колодцемъ и діаметръ котораго $= 2x$, а высота $= y$, (см. черт. 234); k_1 — коэффиціентъ водопропускной способности грунта водоноснаго слоя.

Этотъ коэффиціентъ k_1 есть число, показывающее отношеніе объема свободныхъ поръ (т. е. пространства занятое грунтовою водою) къ полному объему грунта. Величина k_1 можетъ быть найдена опытнымъ путемъ, измѣряя количество воды, нужное для заполненія пустотъ даннаго грунта. Еслибъ грунтъ состоялъ изъ одинаковыхъ шаровидныхъ зеренъ, то k_1 равнялось бы 0,476; это есть наибольшая предполагаемая величина для k_1; обыкновенная величина k_1 колеблется между 0,1 и 0,35.

Согласно изслѣдованіямъ Darcy скорость протока воды въ грунтѣ (песокъ, гравій и т. п.) увеличивается прямо пропорціонально уклону поверхности грунтовой воды, т. е. $v = k \,.\, I$, гдѣ v — скорость теченія, k — коэффиціентъ скорости грунтовой воды, и I — уклонъ ея поверхности. Величина k зависитъ отъ свойствъ грунта и приблизительно можетъ быть опредѣлена опытнымъ путемъ, измѣряя скорость v и соотвѣтственный уклонъ I (подроб. см. *O. Lueger*, Wasserversorgung der Städte). Величина k тѣмъ меньше, чѣмъ мельче зерна грунта. Такъ въ пескѣ, средній размѣръ d зеренъ котораго $= 0{,}80$ мм. (обыкновенный песокъ, употребляемый въ фильтрахъ) коэффиціентъ $k = 0{,}0008$; при діаметрѣ зеренъ $d = 0{,}25$ мм. коэффиціентъ $k = 0{,}00025$; при $d = 2$ мм. коэффиціентъ $k = 0{,}002$; въ грубомъ гравіи k доходитъ до 0,05. (См. Н. К. Чижовъ.—Курсъ водопроводовъ. Литогр. изд., 1898 г., стр. 180).

Слѣдовательно для произвольной точки P, абсцисса и ордината которой $= x$ и y (черт. 234), скорость $v_x = k \frac{dy}{dx}$. Подставляя это выраженіе въ формулу (А), имѣемъ:

$$Q = 2\pi x y \frac{dy}{dx} k k_1$$

$$Q \frac{dx}{x} = 2\pi k k_1 y dy$$

$$Q \, lg \,.\, nat \, x = k k_1 y^2 \pi + const.$$

При $x = r$ (радіусу колодца) и $y = h$:

$$Q \,.\, lg. \, nat \, r = k k_1 h^2 \pi + const. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (B)$$

Слѣдовательно:

$$Q \,.\, lg.\, nat\, \frac{x}{r} = kk_1\, \pi\, (y^2 - h^2),$$

или

$$Q = \frac{kk_1\, \pi\, (y^2 - h^2)}{lg.\, nat\, \frac{x}{r}}.$$

Для предѣльныхъ значеній, отвѣчающихъ раіону дѣйствія разсматриваемаго колодца, $y = H$ и $x = R$ имѣемъ:

$$Q = \frac{kk_1\, \pi\, (H^2 - h^2)}{lg.\, nat\, \frac{R}{r}} = kk_1 \pi\, \frac{H^2 - (H - S)^2}{lg.\, nat\, \frac{R}{r}},$$

гдѣ S — есть пониженіе воды въ колодцѣ.

Это послѣднее уравненіе было впервые выведено Thiem'омъ и Früh-ling'омъ; его вѣрность была провѣрена опытнымъ путемъ (въ г. Страсбургѣ въ 1875 году). Изъ послѣдняго уравненія видно, что обиліе воды, извлекаемой изъ колодца, увеличивается съ уменьшеніемъ высоты h (или съ увеличеніемъ глубины S пониженія уровня воды въ колодцѣ) и съ увеличеніемъ радіуса r колодца. При насосномъ подъемѣ воды изъ колодца глубина S пониженія не можетъ быть сдѣлана болѣе предѣльной глубины всасыванія насоса (если самый насосъ не опущенъ въ колодезь); кромѣ того при чрезмѣрно сильномъ увеличеніи S и количество извлекаемой воды можетъ сдѣлаться столь значительнымъ, что скорость протока воды черезъ отверстія въ стѣнкахъ колодца станетъ черезчуръ большою: частицы грунта станутъ увлекаться съ водою въ колодезь. Если мы вокругъ оси колодца мысленно выдѣлимъ въ водоносномъ слоѣ цилиндръ любого діаметра (r), то количество воды, текущей къ колодцу черезъ поверхность этого цилиндра, будетъ связано съ глубиной воды въ колодцѣ (h) выраженіемъ (B).

Скорость протеканія воды чрезъ стѣнки цилиндра r

$$v_r = \frac{Q}{2\pi\, rh\, .\, k_1}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (C)$$

Слѣдовательно, если практика укажетъ предѣлъ v_r, который не должно превосходить, то при помощи этихъ двухъ выраженій можно такъ выбрать радіусъ колодца (= радіусу цилиндра), чтобы его бо-

ковая поверхность имѣла площадь, соотвѣтствующую допускаемой скорости теченія воды въ данномъ грунтѣ. Должно, впрочемъ, замѣтить, какъ это указывалось выше (§ 43), что увеличеніе діаметра колодца (при одинаковомъ h или S) не особенно сильно вліяетъ на увеличеніе количества Q; толщина H водоноснаго слоя вліяетъ здѣсь несравненно больше. Принимая это во вниманіе, оказывается, что въ экономическомъ отношеніи выгоднѣе дѣлать колодцы небольшаго діаметра; если же при ихъ устройствѣ получится слишкомъ большая скорость притока воды, вызывающая размытіе грунта, то надо устроить особыя предохранительныя приспособленія—фильтры.

Точному опредѣленію величины Q изъ приведеннаго выше уравненія мѣшаетъ неизвѣстная величина R—радіуса района дѣйствія колодца. Къ сожалѣнію пока еще не имѣется достаточно опытныхъ данныхъ для указанія, какъ измѣняется R въ различныхъ грунтахъ при различныхъ величинахъ коэффиціентовъ k и k_1 и при различныхъ S; во всякомъ случаѣ R оказывается всегда довольно большимъ и при подсчетахъ величины Q вообще не слѣдуетъ задаваться малымъ R. Въ г. Дармштадтѣ при $S = 7' - 10'$, R оказалось = около — $840' =$ $= 120$ саж.; грунтъ состоялъ изъ 22% мелкаго песка съ зернами, діаметромъ $d = 0{,}5$ мм., изъ 22% крупнаго песка съ $d = 0{,}5$ до 2 мм. и изъ 56% гравія. Въ Берлинѣ при грунтѣ, состоящемъ изъ мелкаго песка, R оказалось = отъ 110 до 180 саж. въ зависимости отъ глубины S. Въ Крефельдѣ въ грунтѣ изъ мелкаго песка съ гравіемъ при $S = 5'$, R оказалось = 60 саж.

Кромѣ разсмотрѣннаго простѣйшаго случая разсчета колодца могутъ встрѣтиться и иные гораздо болѣе сложные случаи, какъ напр.:

1) когда дно колодца не доходитъ до непроницаемаго слоя и, слѣдовательно, вода входитъ въ колодезь и черезъ его дно;

2) когда непроницаемый слой и поверхность грунтовой воды наклонны къ горизонту;

3) когда стѣнки колодца водонепроницаемы или имѣютъ отверстія лишь мѣстами, такъ что вода входитъ въ колодезь лишь черезъ дно или лишь въ мѣстахъ, гдѣ сдѣланы отверстія и т. п.

Интересующихся теоретическимъ разрѣшеніемъ этихъ вопросовъ мы отсылаемъ къ сочиненіямъ: Handbuch der Ingenierwissenschaften; 3 Band, 1 Abtl., 2 Hälfte, 1893 и *O. Lueger*, Des Wasserversörgung der Städte, стр. 447 и слѣд. Здѣсь же замѣтимъ только, что въ этихъ

случаяхъ многочисленныя произвольныя предположенія, которыя приходится дѣлать, чтобы установить математическую связь между извѣстными и искомыми величинами, ставятъ всѣ указанныя рѣшенія на весьма шаткую почву. Такъ напр. въ случаѣ, когда уровень грунтовыхъ водъ наклоненъ къ горизонту и когда, слѣдовательно, грунтовая вода имѣетъ свое теченіе, если изъ колодца мы начнемъ откачивать воду, то частицы воды уже не станутъ стремиться въ колодезь со всѣхъ сторонъ равномѣрно по діаметральнымъ вертикальнымъ плоскостямъ, какъ это было при горизонтальномъ уровнѣ грунтовыхъ водъ. На водныя частицы здѣсь будутъ дѣйствовать двѣ силы: сила откачки, направляющая ихъ къ центру колодца и сила теченія перпендикулярная къ воднымъ горизонталямъ. Совокупность этихъ силъ вызоветъ неполную симметричность депрессіонной поверхности: нѣкоторыя частицы воды хотя и уклонятся отъ своего первоначальнаго пути, но минуютъ колодезь. Районъ дѣйствія колодца, будетъ сравнительно малъ внизъ по теченію и длиненъ вверхъ по теченію грунтовой воды. Какъ опредѣлить его границы, въ зависимости отъ свойствъ грунта, степени откачки и пр. и пр. — вопросъ крайне сложный и требующій многихъ гипотезъ.

Разсмотримъ теперь случай устройства артезіанскаго колодца также простѣйшій, именно, когда уровни непроницаемыхъ слоевъ горизонтальны и грунтовая вода не имѣетъ замѣтнаго движенія (черт. 235). (Болѣе сложные случаи разсмотрѣны въ вышеназванныхъ сочиненіяхъ). Положимъ, что изъ водоноснаго слоя AB, толщина котораго $= b$, вода поднялась въ колодцѣ выше своего первоначальнаго уровня на высоту $H - b$. Послѣ откачки воды изъ колодца ея горизонтъ опустился ниже линіи CD, именно на величину $H - h$. При равномѣрномъ со всѣхъ сторонъ притокѣ воды въ колодезь (однородность грунта) вся разница съ разобраннымъ выше случаемъ обыкновеннаго колодца будетъ та, что боковая поверхность мысленно выдѣляемаго въ водоносномъ пластѣ кольцеваго цилиндра, черезъ поры котораго притекаетъ къ колодцу вода, будетъ всегда имѣть одинаковую высоту ($= b$) и, слѣдовательно, эта поверхность $= b \,.\, 2x\pi \,.\, k_1$. Такъ какъ по предыдущему скорость $v_x = k \frac{dy}{dx}$, то

$$Q = b \,.\, 2x\pi \,.\, k_1 \,.\, v_x = b\, 2x\pi k_1 \,.\, k \frac{dy}{dx},$$

откуда: $$dy = \frac{dx}{x} \cdot \frac{Q}{2\pi b k \,.\, k_1}$$

$$y = \frac{Q}{2\pi b k \,.\, k_1} \,.\, lg.\, nat\, x + const.$$

При $x = r$ высота $y = h$, слѣдовательно

$$const = h - \frac{Q}{2\pi b k \,.\, k_1} \,.\, lg.\, nat\, r;$$

подставляя это значеніе, получаемъ:

$$y = \frac{Q}{2\pi b k k_1} \,.\, lg.\, nat\, \frac{x}{r} + h$$

$$Q = \frac{2\pi b k k_1 (y - h)}{lg.\, nat\, \frac{x}{r}}.$$

Если обозначить черезъ R разстояніе (отъ оси колодца), на которомъ кривая депрессіи должна была бы слиться съ напорнымъ горизонтомъ, т. е. при которомъ приблизительно $y = H$, то:

$$Q = \frac{2\pi b k k_1 (H - h)}{lg.\, nat\, \frac{R}{r}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (D)$$

Изъ этого уравненія видно, что количество воды, даваемое артезіанскимъ колодцемъ, прямо пропорціонально пониженію $(H - h)$ уровня воды; значитъ, понижая уровень, можно получать все большія количества, однако это послѣднее не должно никогда быть больше количества, притекающаго къ колодцу, и скорость притока воды въ колодезь не должна быть слишкомъ велика во избѣжаніе размыва грунта.

Горизонтальныя водосборныя галлереи должны быть устроены такъ, чтобы перехватывать возможно большую часть притекающей грунтовой воды; поэтому:

1) они располагаются обыкновенно перпендикулярно къ направленію теченія грунтовыхъ водъ, врѣзаясь, если возможно, дномъ въ водонепроницаемый слой;

2) сѣченіе галлереи должно быть достаточно большимъ для свободнаго протока всего количества извлекаемой воды, и

3) галлерея должна быть снабжена достаточнымъ числомъ отверстій, чтобы скорость протока черезъ нихъ воды не вліяла на размываніе грунта около галлереи.

Разсмотримъ наиболѣе простой случай устройства водосборной галлереи, когда ея дно лежитъ на водонепроницаемомъ слоѣ, грунтъ водоноснаго слоя однороденъ и уровень грунтовой воды горизонталенъ (черт. 236). (См. A. Frühling — стр. 200, Lueger — стр. 447, Чижовъ—стр. 178). При откачиваніи воды изъ галлереи горизонтъ грунтовыхъ водъ понижается и въ сѣченіи перпендикулярномъ оси галлереи получается *линія депрессіи* имѣющая видъ нѣкоторой кривой, болѣе или менѣе сложнаго и неправильнаго очертанія.

Если принять однако предположенія, указанныя выше, для колодцевъ относительно однородности грунта и пропорціональности скорости уклону, легко выводимаго изъ условій

$$Q = b \,.\, y \,.\, v_x \,.\, k_1$$

и

$$v_x = k \frac{dy}{dx},$$

аналогичныхъ съ указанными выше для колодцевъ, то высота уровня воды y на разстояніи x отъ галлереи можетъ быть опредѣлена въ этомъ предположеніи изъ уравненія параболы

$$y^2 = h^2 + \frac{2Qx}{k \,.\, k_1 b},$$

гдѣ: b—длина галлереи, Q—количество притекающей воды, k—коэффиціентъ скорости движенія грунтовой воды, и k_1—коэффиціентъ водопропускной способности грунта водоноснаго слоя; остальныя обозначенія видны изъ черт. 236.

Изъ приведеннаго уравненія параболы слѣдуетъ, что:

$$Q = \frac{k k_1 b (y^2 - h^2)}{2x}$$

и для предѣловъ: $y = H$ и $x = L$

$$Q = \frac{k \,.\, k_1 b (H^2 - h^2)}{2L} = \frac{k \,.\, k_1 b (H + h) S}{2L}$$

гдѣ L—разстояніе отъ галлереи до точки сліянія кривой депрессіи съ нормальнымъ горизонтомъ грунтовыхъ водъ и S—глубина пониженія грунтовой воды. Послѣднее уравненіе пригодно въ случаѣ притока воды съ одной стороны галлереи; въ случаѣ притока съ двухъ сторонъ, количество Q будетъ вдвое больше. Иныя, болѣе

сложныя уравненія для случаевъ, когда дно галлереи лежитъ выше непроницаемаго слоя, когда уровень грунтовыхъ водъ или непроницаемаго слоя не горизонталенъ и т. п., здѣсь не приведены, вслѣдствіе ихъ довольно значительной теоретичности. Интересующіеся могутъ найти подробности въ упомянутомъ сочиненіи *O. Lueger'a*— Die Wasserversorgung der Städte (стр. 129 и 447).

Для горизонтальныхъ водосборовъ, какъ и для вертикальныхъ, только непосредственный опытъ можетъ дать рѣшающія указанія. Нужно сдѣлать пробную галлерею и найти откачиваніемъ необходимыя для точнаго опредѣленія водообилія данныя.

Вслѣдствіе пониженія уровня грунтовыхъ водъ по мѣрѣ приближенія къ галлереѣ и площадь живаго сѣченія грунтовой воды уменьшается, а слѣдовательно увеличивается скорость притока воды; наибольшая скорость будетъ передъ самымъ входомъ въ галлерею. *Для предупрежденія размыва при этомъ грунта (и засоренія галлереи) полезно увеличивать здѣсь проводоспособность грунта, окружая галлерею около входныхъ отверстій щебнемъ или гравіемъ.* Для той же цѣли, чтобы вода, входя черезъ отверстія въ стѣнкахъ галлереи, не имѣла скорости, при которой частицы грунта могли бы увлекаться внутрь галлереи, необходимо сдѣлать достаточно большую общую площадь сѣченія всѣхъ отверстій данной галлереи. Если на пробномъ, опытномъ участкѣ галлереи выяснилось, что грунтъ начинаетъ размываться, когда выкачивается въ сутки q куб. единицъ воды, входящей въ галлерею черезъ общую площадь ω всѣхъ отверстій, сдѣланныхъ въ ея стѣнкѣ, то значитъ предѣльная секундная скорость протока грунтовой воды $= v = \frac{q}{24 . 60 . 60 . \omega}$. Полученная такимъ образомъ скорость v (рѣдко менѣе 2—3 мм. въ 1 секунду) можетъ быть положена въ основу дальнѣйшихъ разсчетовъ. Прежде всего слѣдуетъ a priori задаться размѣрами и формой отверстій въ стѣнкѣ галлереи и ихъ расположеніемъ. Положимъ, что длина каждой щели $= a$, ея ширина $= l$ и что на одномъ погонномъ футѣ галлереи такихъ отверстій приходится n. Тогда (конечно при достаточномъ обиліи воды $\leqq Q$ куб. един. въ сутки) искомая длина N галлереи, обусловливающая не слишкомъ быстрый протокъ воды, должно быть

$$N \geqq \frac{Q}{v . a . l . n . 24 . 60 . 60} \text{ погон. футъ.}$$

§ 48. Добываніе воды изъ ключей.

Ключи — суть водосливы, чрезъ которые подземныя, грунтовыя воды изливаются на поверхность земли.

Часто они вытекаютъ въ естественный резервуаръ большей или меньшей величины, въ коемъ развивается богатая водная растительность. Гораздо рѣже ключи вытекаютъ въ скалистыхъ чистыхъ, свободныхъ отъ растительности руслахъ.

Обыкновенно также ключи вытекающіе въ какомъ-либо мѣстѣ образуютъ неправильную группу водныхъ потоковъ разной силы и величины. Поэтому для полученія изъ ключей воды для снабженія населеннаго пункта или станціи въ большинствѣ случаевъ необходимо произвести особыя работы и сдѣлать спеціальныя устройства съ цѣлью *захвата* или *каптажа* водъ и огражденія ихъ отъ загрязненія органическими веществами отъ водныхъ растеній и т. п.

Захватныя работы (travaux de captage) заключаются въ разысканіи естественныхъ подземныхъ струй, въ ихъ обособленіи, въ направленіи ихъ теченій и въ собираніи ихъ расхода. Если ключи мало обильны, простая *дренажная труба* достаточна для указанной цѣли; когда объемъ доставляемой воды болѣе значителенъ—дѣлаютъ *горизонтальную галлерею*; наконецъ, когда нужно собрать вмѣстѣ расходъ группы ключей или нѣсколькихъ трубъ или галлерей, то устраиваютъ *камеру* или *бассейнъ* (ключевой колодезь).

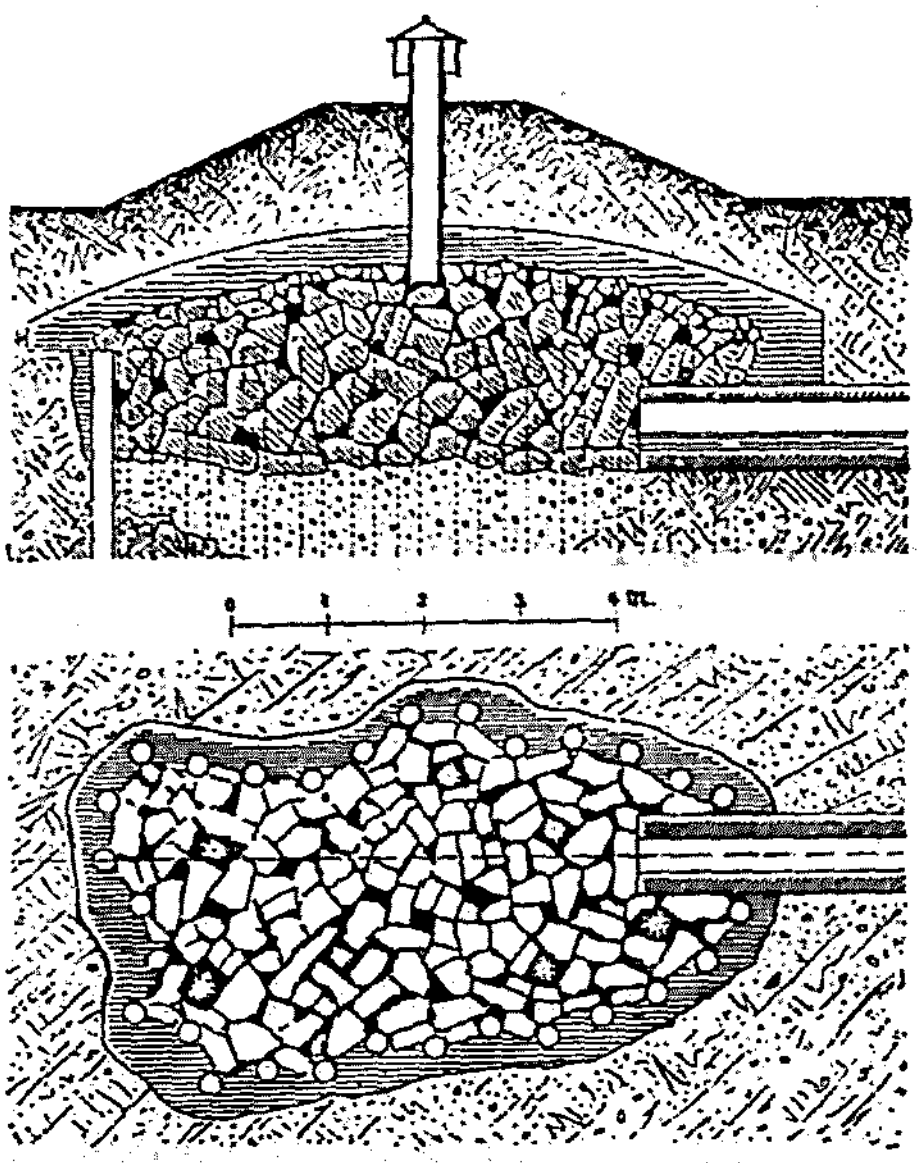
Когда ключъ вытекаетъ изъ скалы, въ ней часто дѣлаютъ штольни по направленію потока, чтобы захватить его возможно дальше отъ поверхности и вывести наружу и тѣ струи, которыя отклонялись въ стороны и уходили по разсѣлинамъ скалы въ иныя мѣста.

Если ключъ вытекаетъ на склонѣ холма, то по горизонтали склона укладываютъ дренажную трубу или дѣлаютъ галлерею съ непроницаемой стѣнкой со стороны долины и проницаемой со стороны холма.

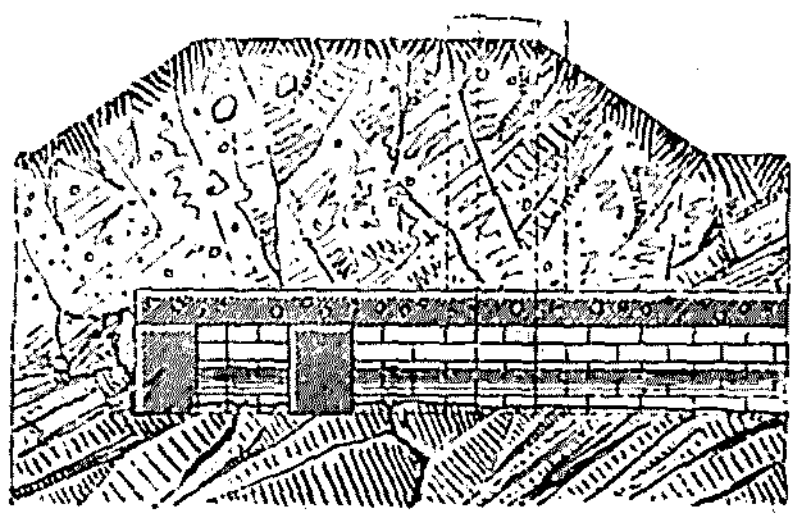
Въ тѣхъ случаяхъ, когда ключи поднимаются вертикальными струями изъ глубины почвы, ихъ окружаютъ стѣнками, образующими крытыя или открытыя камеры или бассейны. Когда мелкіе ключи обнаружены въ большомъ числѣ на значительной площади, ихъ воды собираютъ посредствомъ цѣлой системы дренажныхъ трубъ.

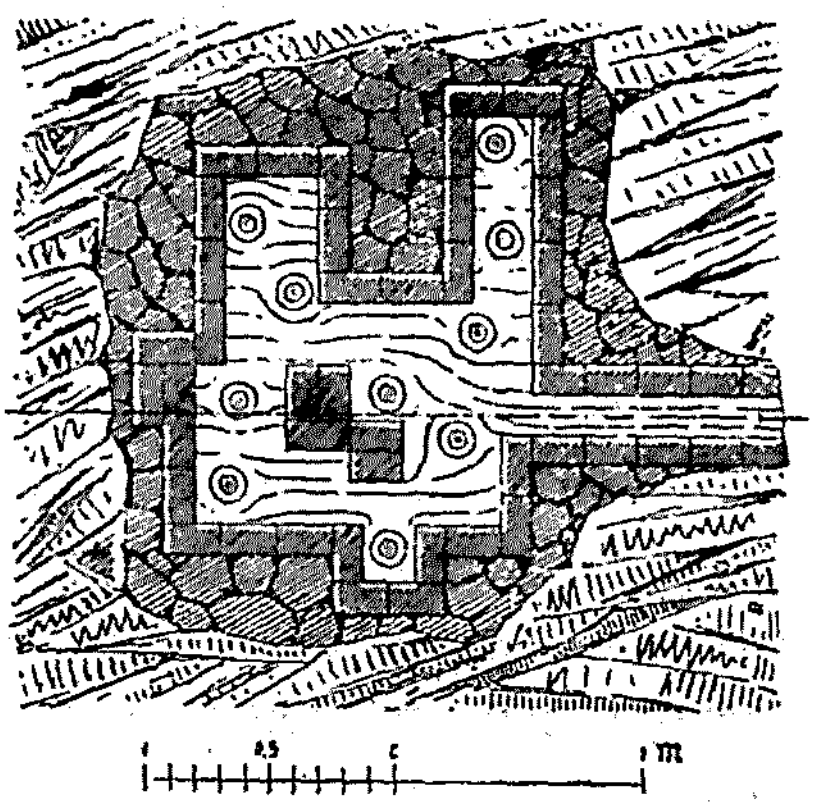
Искусство *захвата* или каптажа ключей относится къ глубо-

Снабженіе ключевой водой.



Черт. 237 и 238.



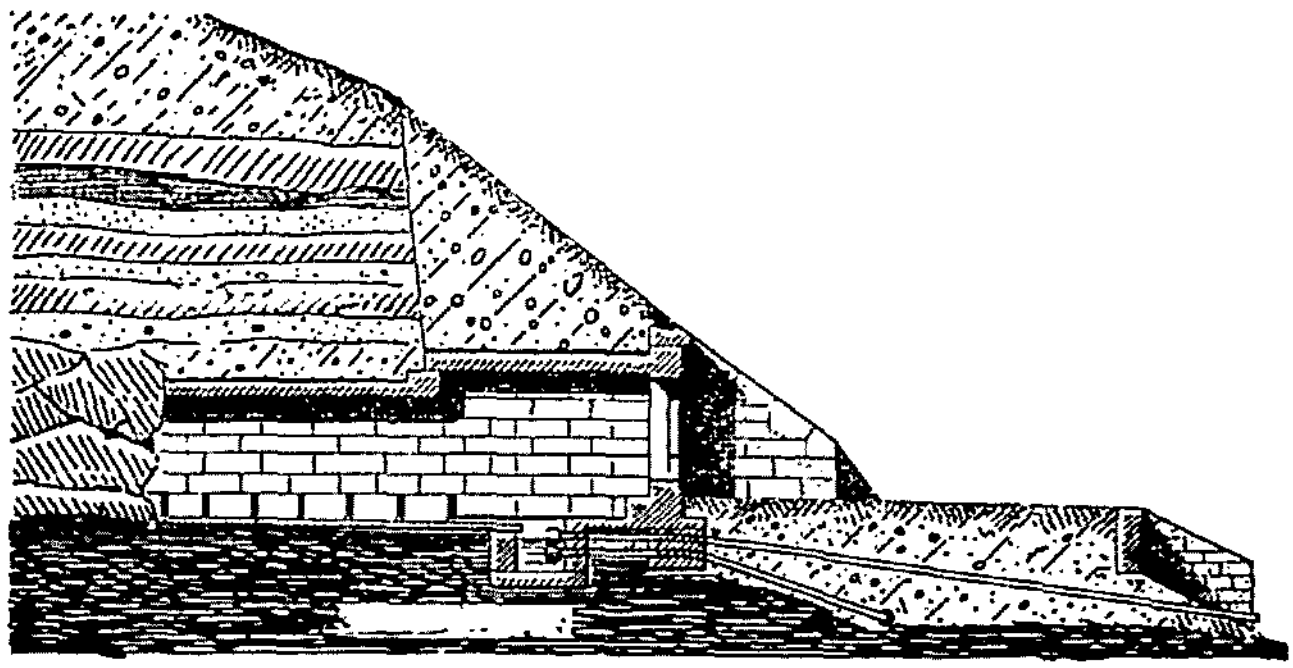


Черт. 239 и 240.

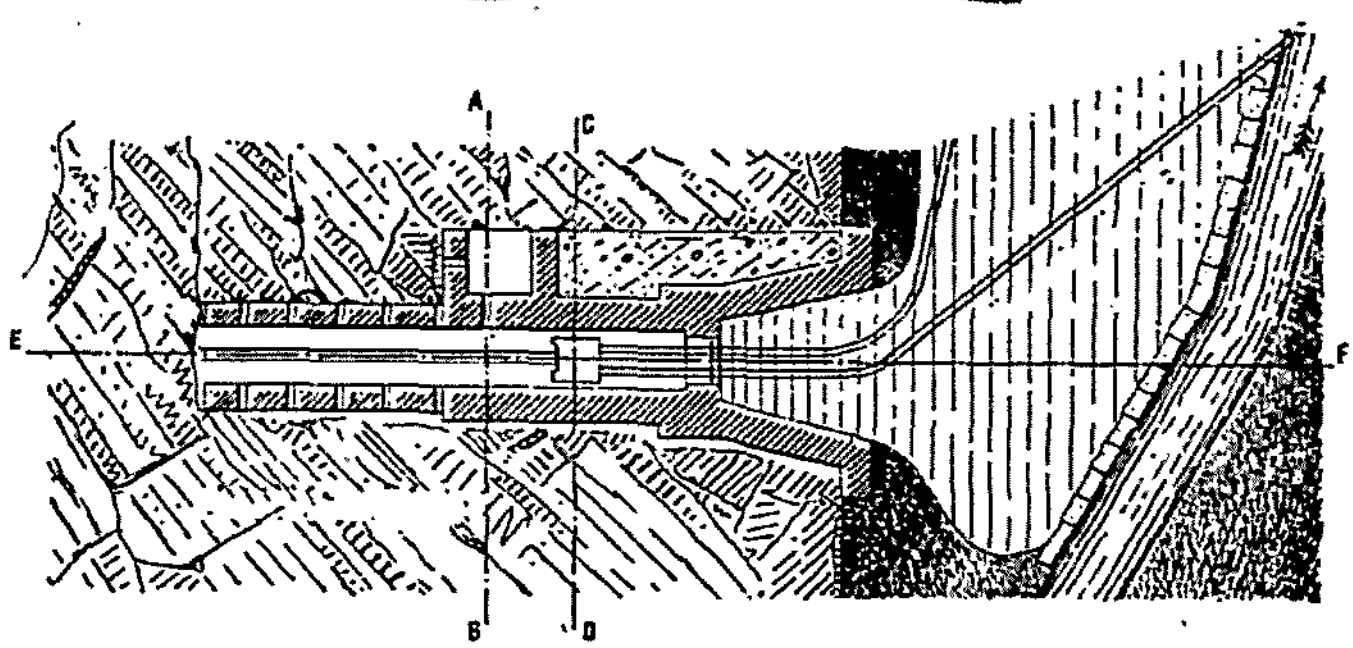
Черт. 237 и 238. — **Простѣйшій видъ захватнаго сооруженія для поднимающихся ключей. Ключи обнесены свайнымъ рядомъ. Посрединѣ каменная** наброска; вокругъ и сверху водонепроницаемый матеріалъ. Для отвода воды—гончарная или иная труба. (Lueger).

Черт. 239 и 240.—Захватное сооруженіе для поднимающихся ключей изъ кирпичныхъ стѣнокъ, перекрытыхъ общей бетонной крышкой. (Lueger).

Снабженіе ключевой водой.



Черт. 241.

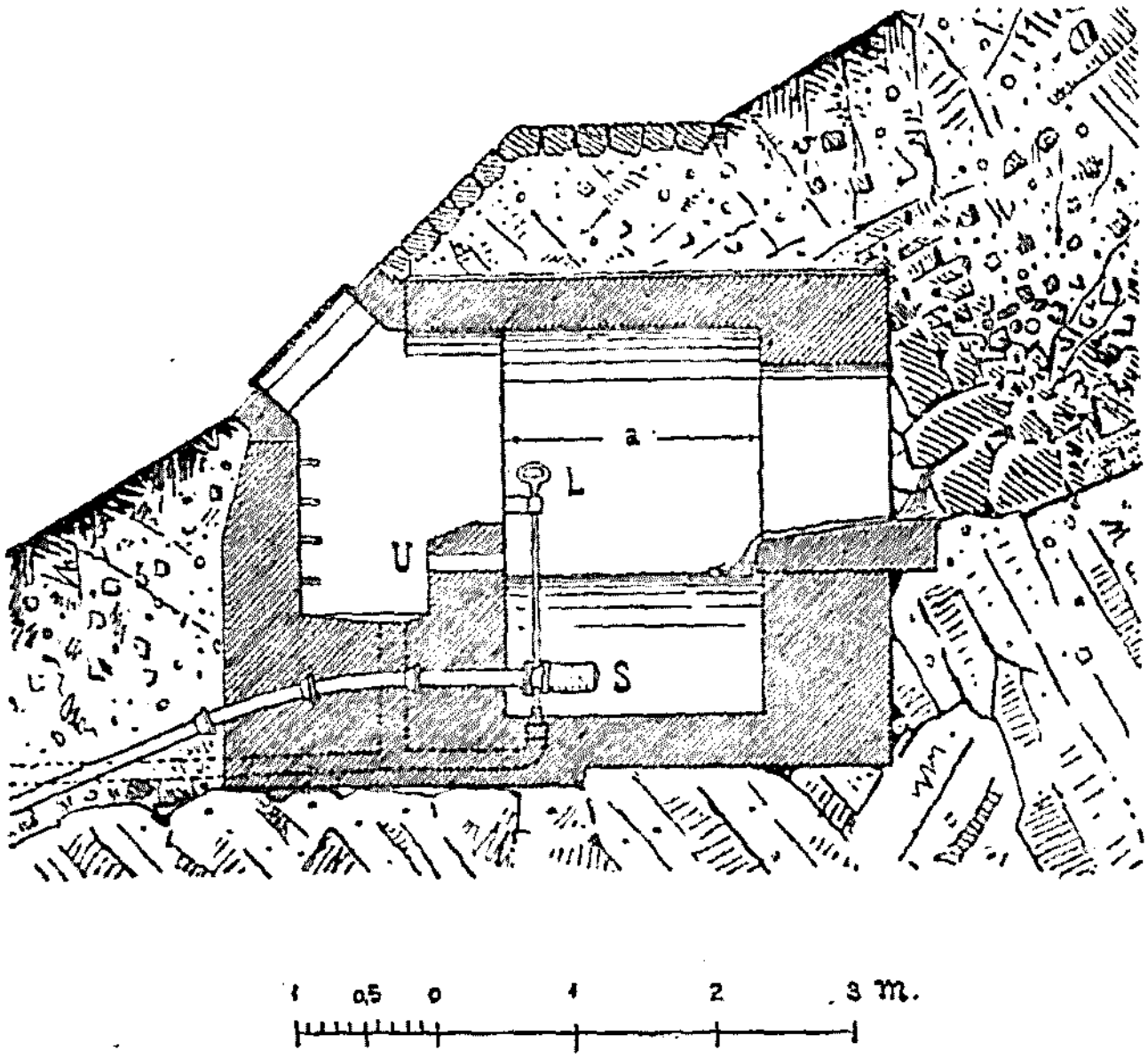


Черт. 242.

Захватное сооруженіе въ Heidelklinge близь Штуттгардта.

(Масштабъ $^1/_{150}$).

Для захвата устроена короткая штольня, дно которой идетъ по непроницаемому для воды слою мергеля. Вода входитъ изъ окружающаго штольню скалистаго грунта чрезъ многочисленныя отверстія, оставленныя въ стѣнахъ штольни, и собирается въ кюветѣ, откуда идутъ отводныя трубы. Онѣ по выходѣ за предѣлы штольни наклонены внизъ, чтобы идти далѣе на достаточной глубинѣ и быть ниже горизонта промерзанія грунта. Верхняя труба чертежа 241 и правая чертежа 242 — есть водосливная (холостая), служащая для выпуска избытка ключеваго расхода въ близь текущій ручей; другая труба— водоотводная, идетъ къ мѣсту водоснабженія (Lueger).

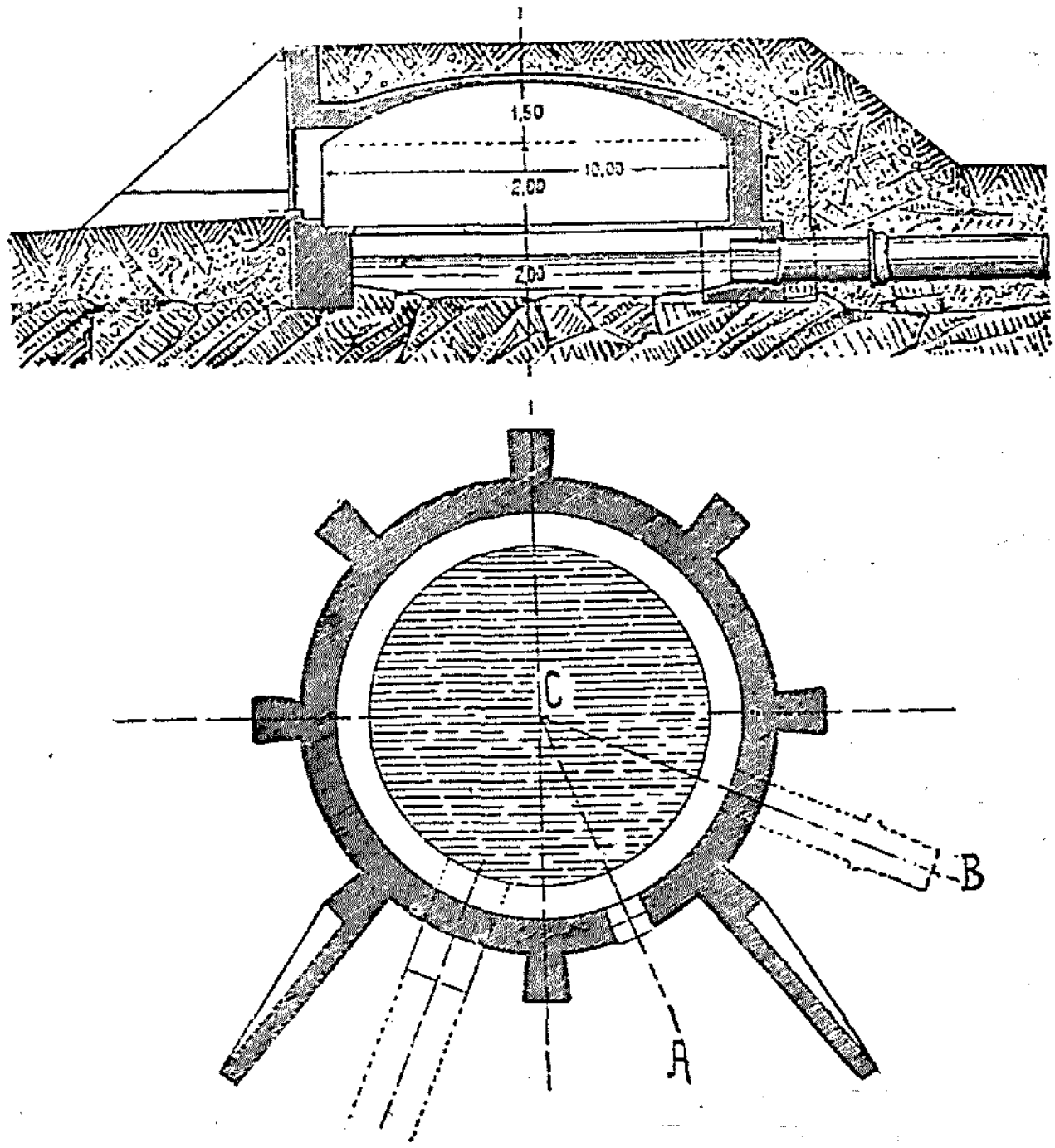


Черт. 243.

Ключевой колодезь небольшихъ размѣровъ для захвата нисходящихъ боковыхъ ключей.

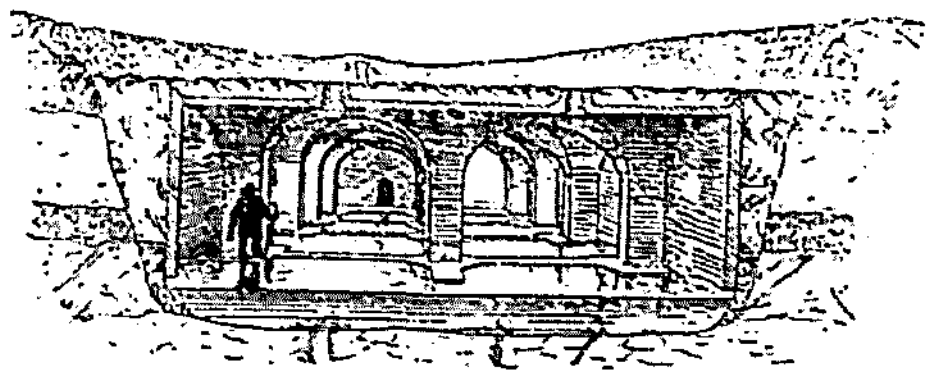
Это камера изъ каменной кладки съ отверстіемъ для впуска ключа и лазомъ для осмотра и чистки. *U* — водосливъ, не позволяющій горизонту воды подняться выше извѣстнаго предѣла; сливающаяся вода отводится въ сторону; *L* — рукоятка затвора водоспуска, служащаго для опорожненія (при очисткѣ и ремонтѣ) колодца; *S*—сѣтчатый наконечникъ трубы, отводящій воду къ мѣсту потребленія. Дверь лаза иногда двойная, если опасаются морозовъ.

Водоснабженіе города Парижа.

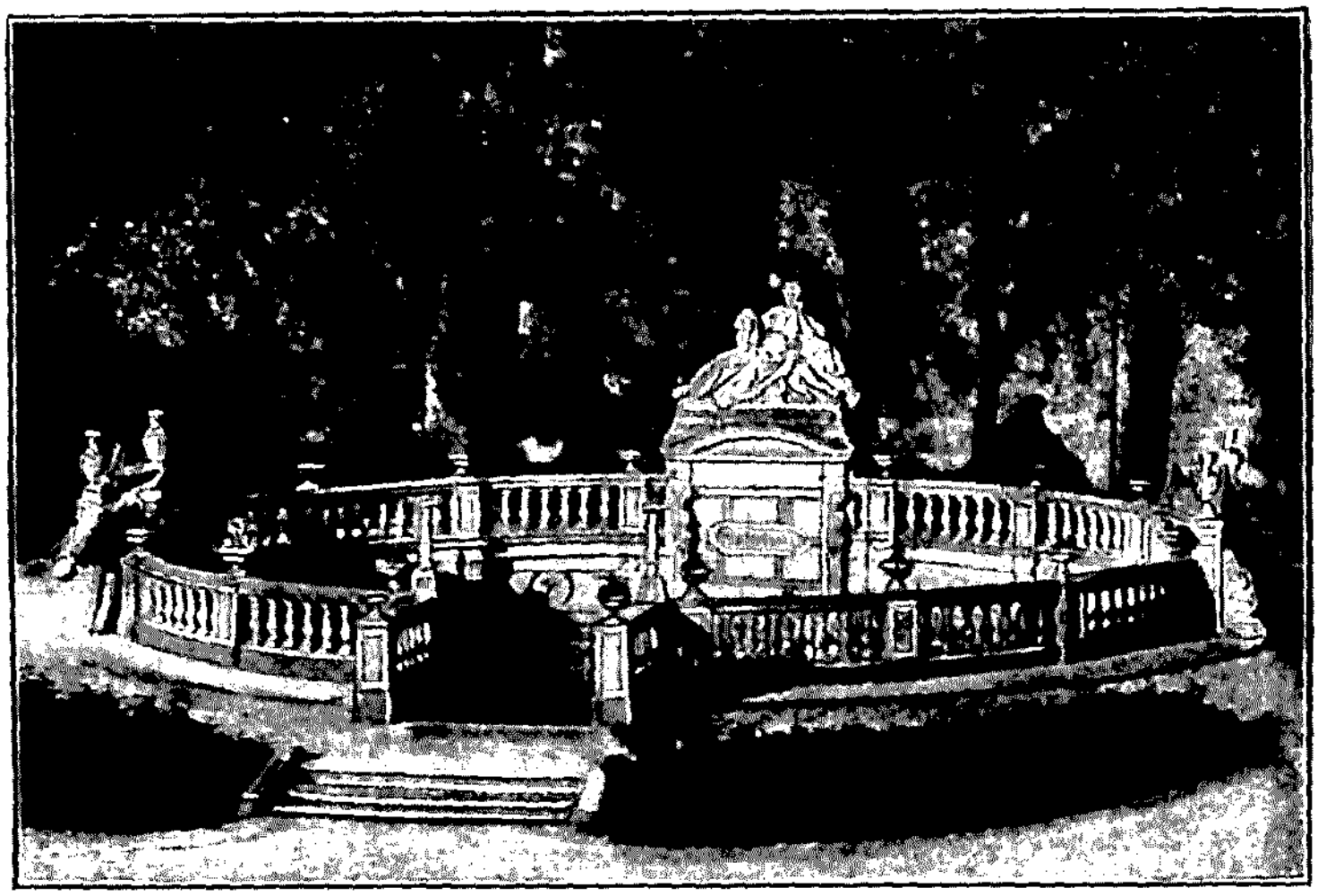


Черт. 244 245.—**Захватное сооруженіе для выходящихъ ключей источника Armentiere въ грунтѣ Vanne.**

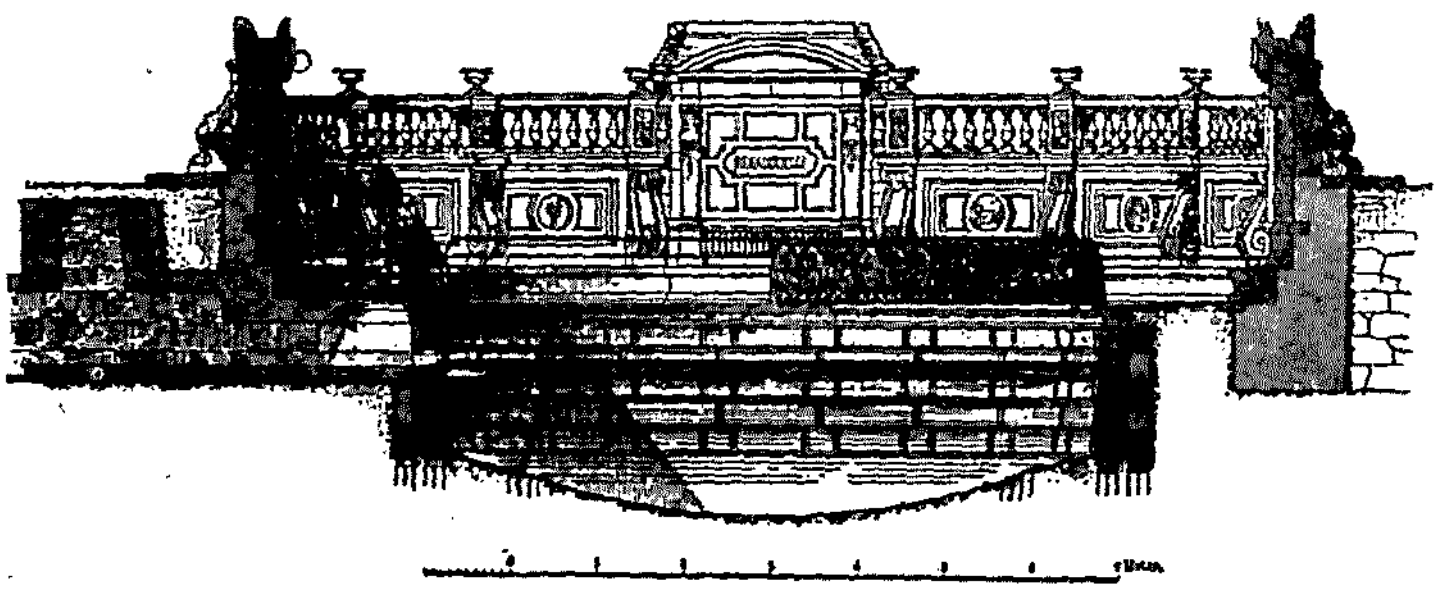
Цилиндрическіе бездонные резервуары діаметромъ въ 10 м. съ каменными стѣнами и сводомъ. Контрфорсы для противодѣйствія распору свода. Входная дверь ведетъ на внутреннюю галлерею-балконъ, обходящую вокругъ всего резервуара. Водоотводная (для водопроводныхъ цѣлей) труба показана въ *B*. Другая пунктиромъ обозначенная труба—водоспускная. Водосливной трубы нѣтъ.



Черт. 246.—**Захватное сооруженіе ключа** Bime de Cerilly (см. первоначальный видъ ключа на чертежѣ 89). Захватное сооруженіе представляетъ собой грандіозную камеру со сложными сводчатыми покрытіями.



Черт. 247.

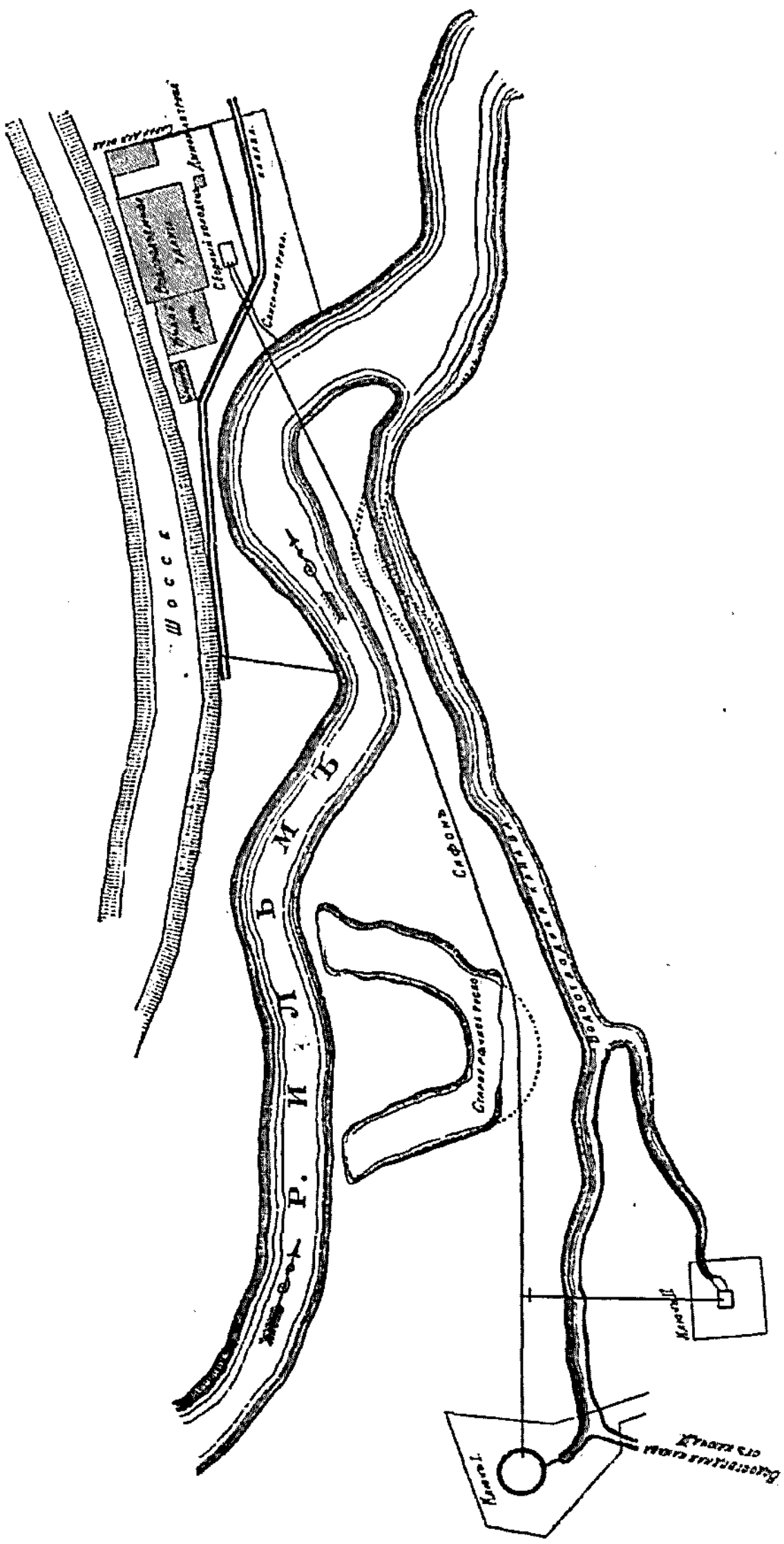


Черт. 248.

Видъ и разрѣзъ захватнаго колодца ключа въ Donauechingen, въ Шварцвальдѣ.

Ключъ этотъ неправильно называютъ истокомъ рѣки Дуная, который въ дѣйствительности является результатомъ сліянія рѣкъ Brigach и Bregge.

Водоснабженіе города Веймара.

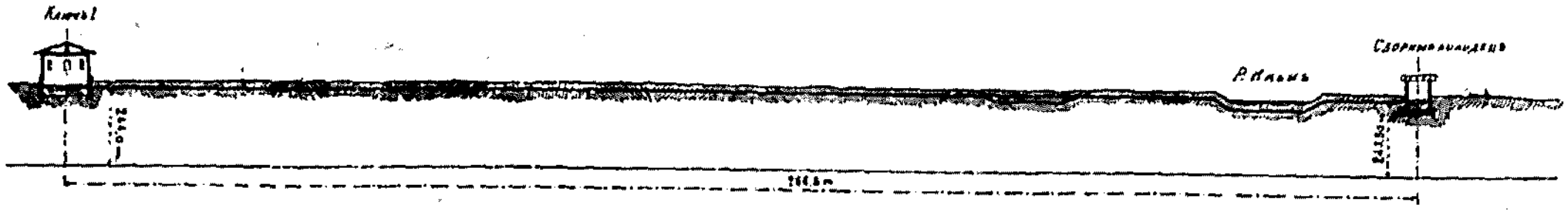


Общій планъ расположенія водосборныхъ сооруженій и водоподъемнаго зданія.

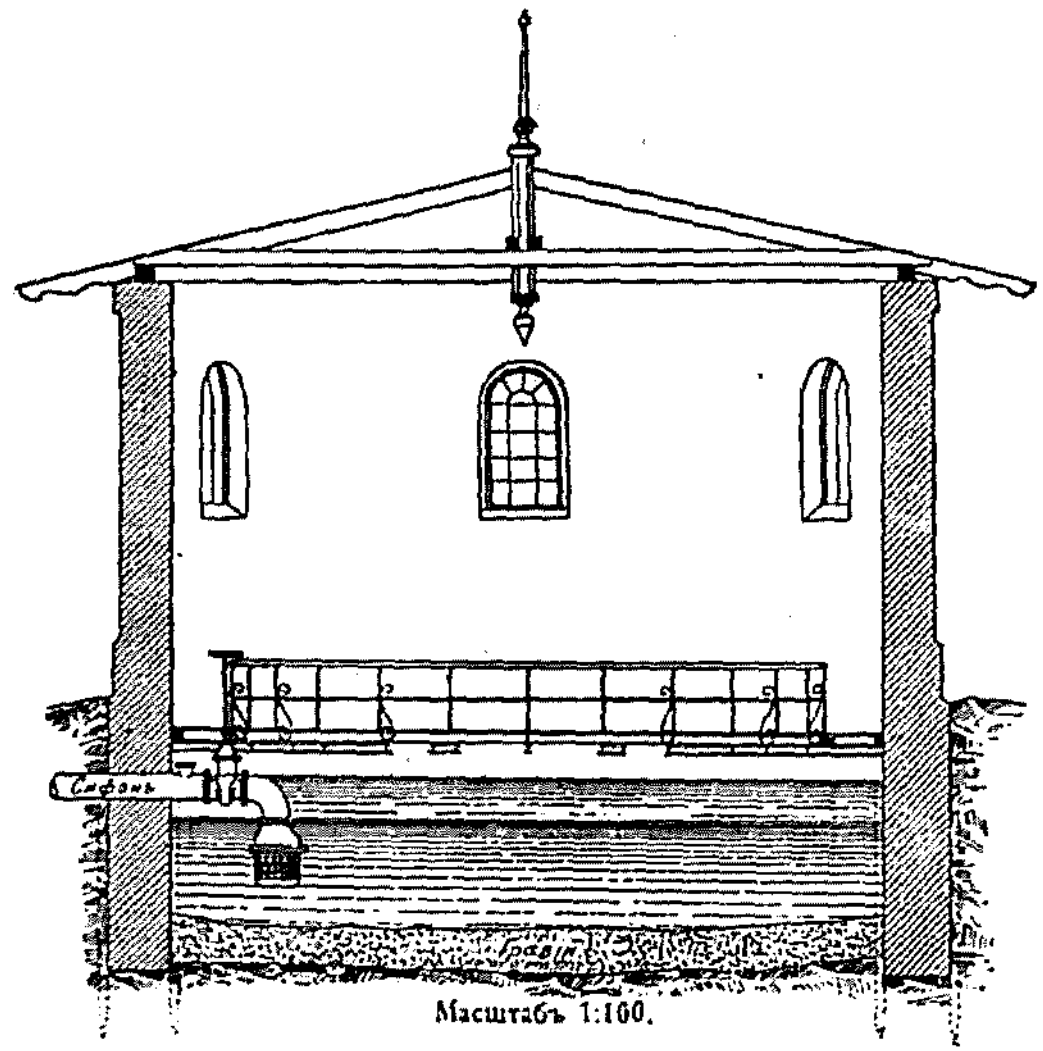
Масштабъ $^1/_{2200}$. (Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. Сооруж.).

Черт. 249.

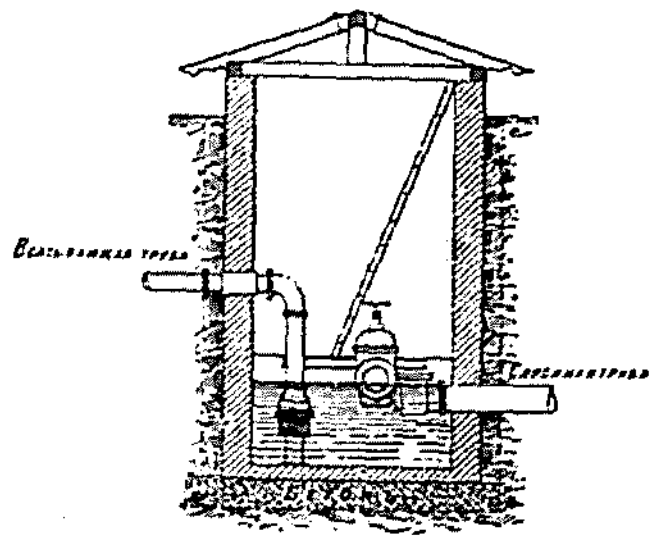
Водоснабженіе города Веймара.



Черт. 250. — **Продольный профиль сифона.**



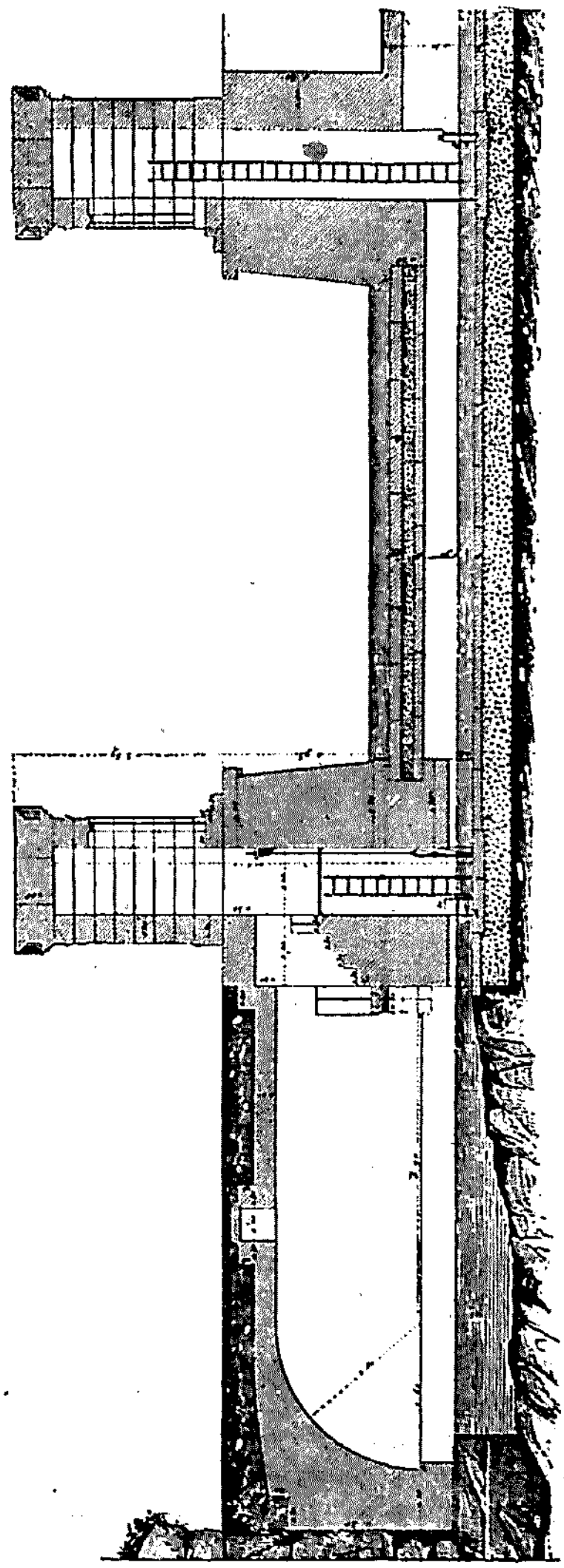
Черт. 251. — **Ключевой колодезь № 1.**



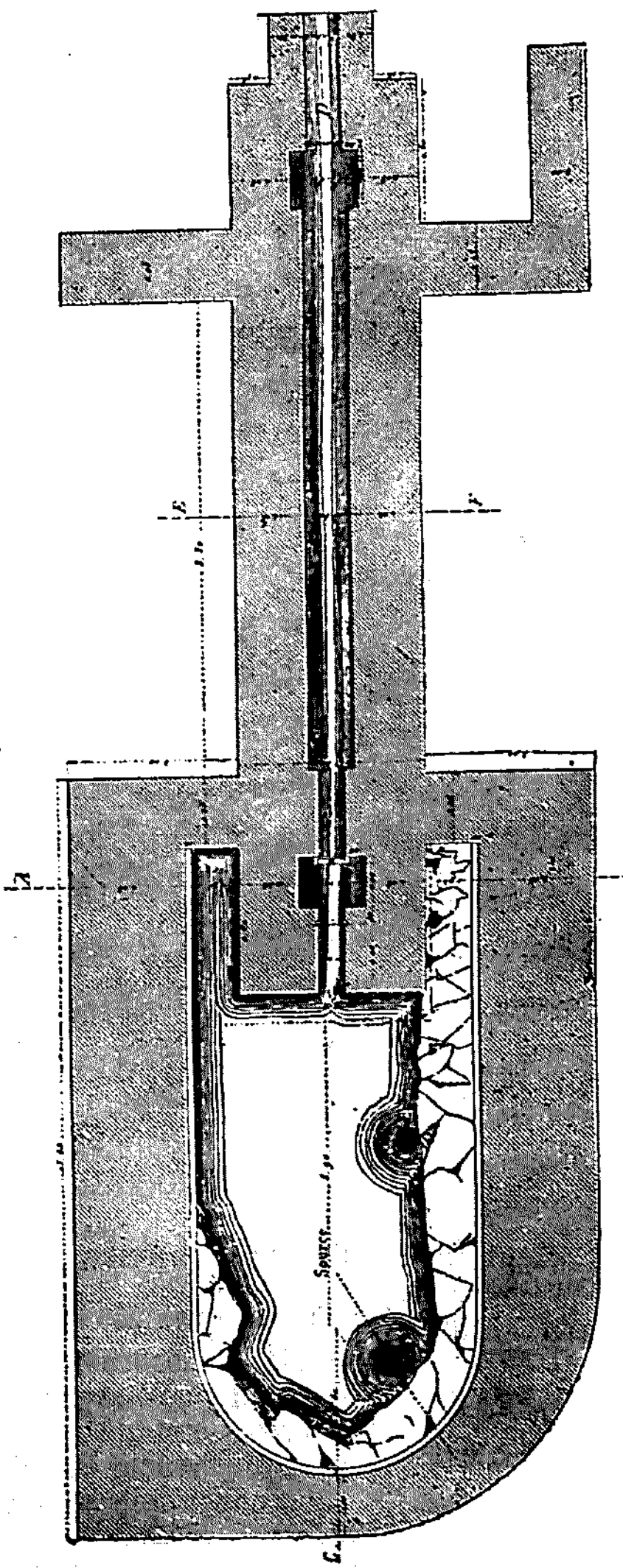
Черт. 252.—**Сборный колодезь, куда вода ключей проведена сифонами и откуда она накачивается машинами въ городъ.**

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. Сооруж.).

Водоснабженіе города Дижона.

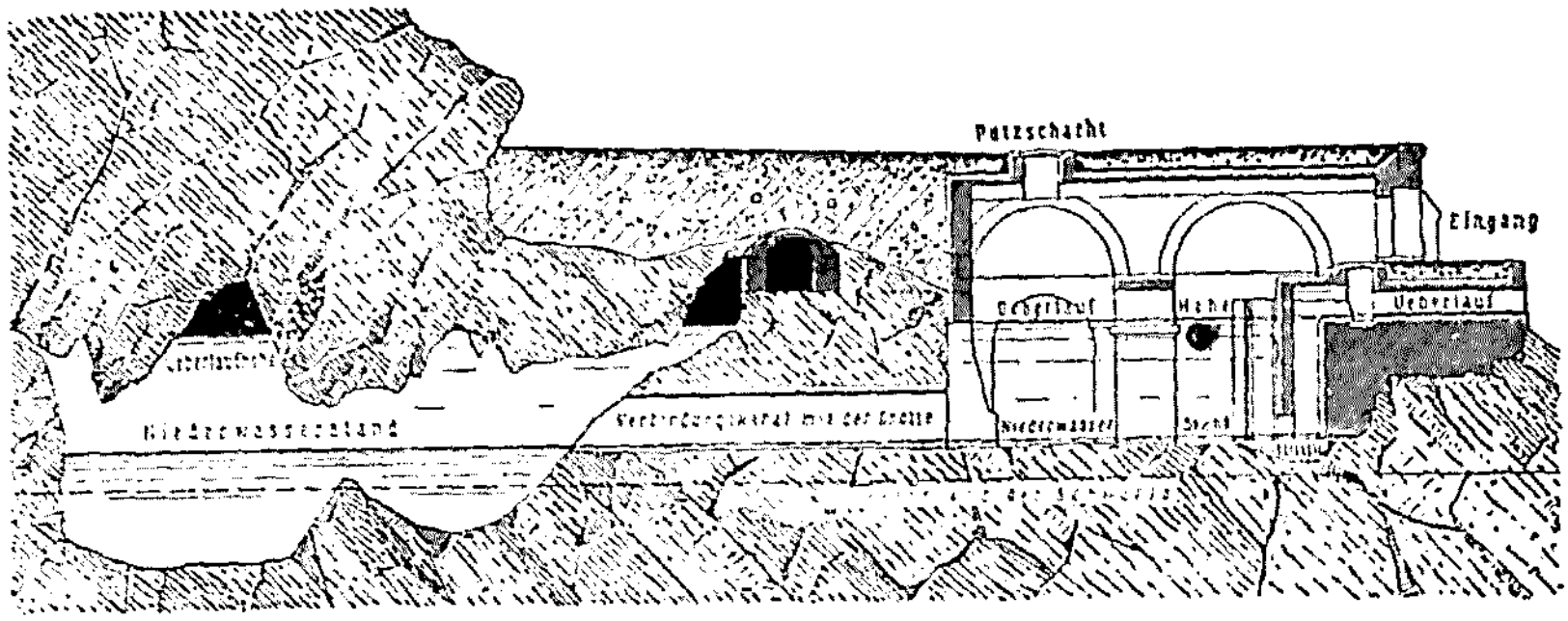


Черт. 253. Вертикальный разрѣзъ захватнаго сооруженія ключа Rosoir.

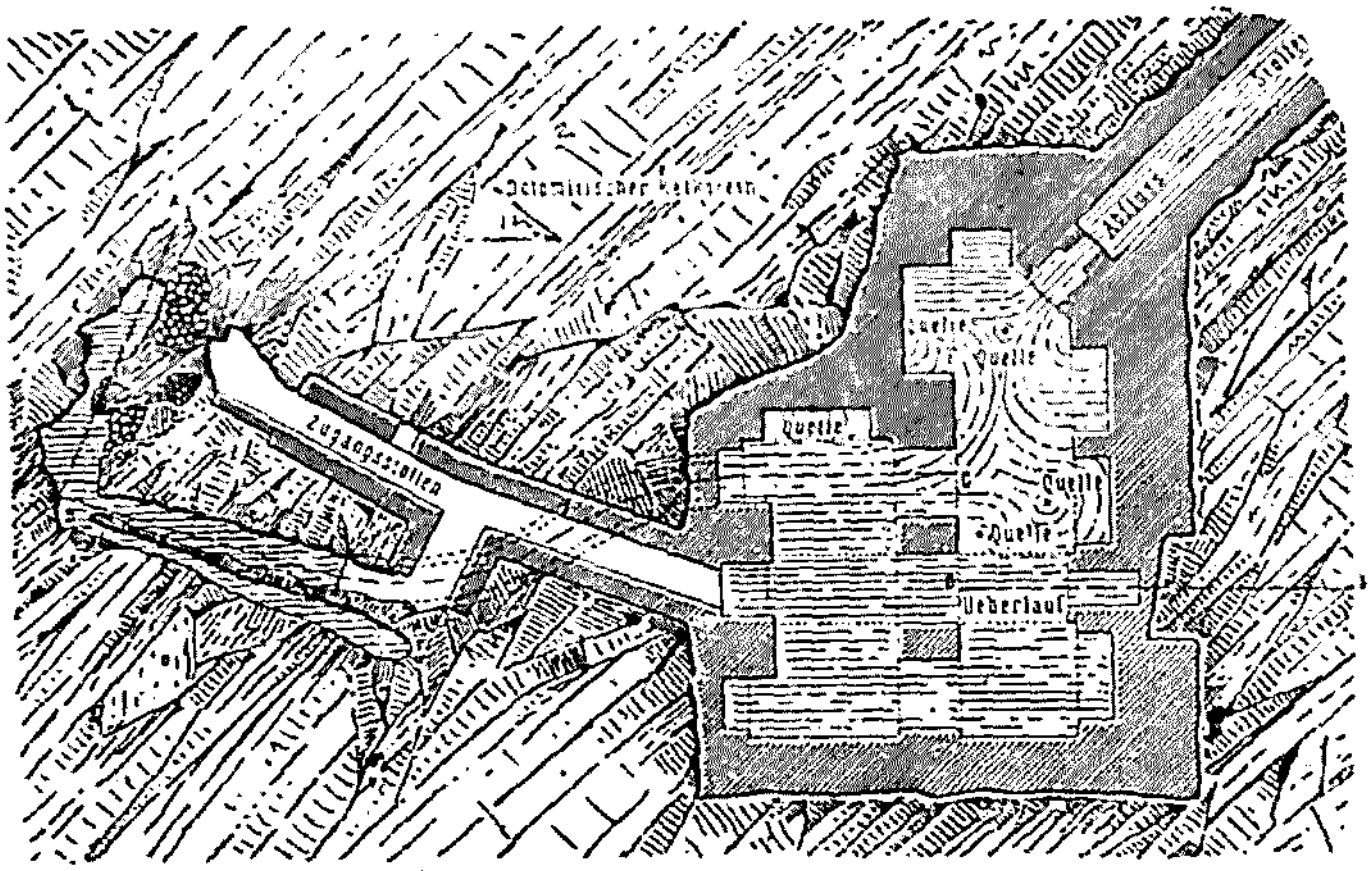


Черт. 254. Планъ захватнаго сооруженія ключа Rosoir (Darcy—Les fontaines publics de Dijon).

Водоснабженіе города Вѣны.



Черт. 255.—**Продольный разрѣзъ сооруженія для захвата ключа Kaiserbrunnen.**



Черт. 256.—**Планъ сооруженія для захвата ключа Kaiserbrunnenn.**

Примѣчаніе къ черт. 251—256:

Ueberlauf—**водосливъ.**
Ueberlaufhöhe—**горизонтъ водослива.**
Niederwasserstand—**горизонтъ низкихъ водъ.**
Verbindungskanal mit der Grotte—**каналъ соединяющій захватное сооруженіе съ пещерой, въ которую втекаетъ много ключей.**
Eingang—**входъ.**
Putzschacht—**лазъ для очистки.**
Zugangstollen—**галлерея для осмотра.**
Quelle—**ключъ.**
Abflustollen—**галлерея для стока воды (акведукъ).**

кой древности. Римляне отличались въ этомъ отношеніи большимъ умѣньемъ. Въ наше время примѣры *захватныхъ* сооруженій крайне многочисленны. Нѣкоторыя изъ нихъ представляются весьма замѣчательными какъ по трудностямъ, съ которыми пришлось бороться инженеру, такъ и по полученнымъ результатамъ. Таковы, между прочимъ, захватныя сооруженія ключевыхъ водопроводовъ Вѣны, Парижа и др. (см. черт. 237—256). Предоставляя разсмотрѣть и усвоить подробности устройства какъ этихъ исключительныхъ по величинѣ захватныхъ сооруженій, такъ и захватныхъ сооруженій меньшихъ размѣровъ, изъ чертежей, укажемъ здѣсь лишь нѣкоторыя общія условія, которымъ должны удовлетворять такія сооруженія. Они должны быть защищены:

отъ умышленнаго загрязненія людьми,
» попытокъ къ отводу воды,
» загрязненія поверхностными водами, пылью и т. п.,
» загрязненія насѣкомыми и животными вообще,
» развитія въ нихъ растительности,
» вторженія въ нихъ подземныхъ водъ иного худшаго качества.

Въ этихъ видахъ захватныя сооруженія дѣлаются преимущественно крытыя, защищенныя отъ свѣта, но доступныя вентиляціи; ихъ стѣны опускаются до непроницаемаго грунта, они окружаются водоотводными канавами, горизонтъ ключевой воды держится выше горизонта почвенныхъ водъ, наконецъ, вокругъ ключей пріобрѣтается возможно большая площадь земли, которая является охранительной *зоной*, недоступной для постороннихъ лицъ и для животныхъ.

Водѣ даютъ, обыкновенно, возможность сливаться въ отводный каналъ или трубу тонкимъ слоемъ изъ верхнихъ, наиболѣе чистыхъ частей воднаго запаса.

Вмѣстѣ съ тѣмъ принимаются мѣры для періодической очистки ключесборныхъ сооруженій отъ грязи, для чего устраиваются *каналы и отверстія у дна камеръ* (донные водоспуски), а иногда дѣлаются особыя *камеры для собиранія осадковъ* (осадочные колодцы).

При захватѣ ключей необходимо такъ разсчитать размѣры дренажныхъ трубъ, галлерей, водосливовъ, донныхъ водоспусковъ и пр., чтобы водоснабженіе было обезпечено во всякое время и для максимальной потребности. Очень полезно имѣть въ захватныхъ сооруженіяхъ приспособленіе для опредѣленія расхода воды (баки, щиты,

водосливы), помѣщенное такимъ образомъ, чтобы пользованіе имъ было всегда просто и легко и не требовало большого времени.

Каптажъ ключей имѣетъ особенное значеніе въ дѣлѣ собиранія минеральныхъ лечебныхъ водъ. Устраиваемыя при этомъ сооруженія въ общемъ сходны съ описанными выше. Нѣкоторое отличіе въ деталяхъ устройства обусловливается относительно малымъ расходомъ минеральныхъ ключей и большею стоимостью ихъ воды.

Не входя въ подробности мы отсылаемъ читателя къ спеціальнымъ трактатамъ и въ томъ числѣ по отношенію къ русскимъ минеральнымъ водамъ къ замѣчательномо сочиненію инженера *Leon Dru* — Raport sur les eaux minérales du Caucase (Paris. 1884, in fol. 121 стр.—55 таблицъ чертежей).

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

Общее расположеніе водопроводныхъ сооруженій и устройства для проведенія воды.

СОДЕРЖАНІЕ: § 49. Классификація водопроводовъ.—§ 50. Примѣры расположенія сооруженій въ водопроводахъ.—§ 51. Трубопроводы.—§ 52. О разсчетѣ размѣровъ чугунныхъ трубъ.—§ 53. Акведуки-каналы.—§ 54. Переходъ чрезъ долины (мосты-акведуки и сифоны).— § 55. Производство работъ по устройству акведуковъ и укладкѣ трубъ.—§ 56. Приборы трубопроводовъ.—§ 57. Способы подъема воды.—§ 58. Противопожарные водопроводы.—§ 59. Приспособленіе существующихъ водопроводовъ къ тушенію пожаровъ.

§ 49. Классификація водопроводовъ.

Водопроводы обыкновенно раздѣляются на двѣ большія группы. *водопроводы съ естественными уклонами* или *гравитаціонные*, гдѣ вода приводится въ движеніе только силой тяжести, и *водопроводы съ искусственнымъ напоромъ* или *насосные* водопроводы, въ которыхъ вода перемѣщается по трубамъ при участіи насосовъ или помпъ.

Водопроводы первой категоріи, въ которыхъ вода движется *самотокомъ* безъ помощи нагнетанія или т. п., могутъ быть съ свободной поверхностью потока въ видѣ каналовъ или трубчатые съ напоромъ (естественнымъ).

Водопроводы второй категоріи должны быть трубчатые. Насосы обыкновенно приводятся въ дѣйствіе паромъ. Въ немногихъ случаяхъ они приводятся въ дѣйствіе гидравлической силой. Это имѣетъ чаще мѣсто для небольшихъ водоснабженій, въ каковыхъ условіяхъ гидравлическій тарань можетъ быть примѣняемъ обыкновенно съ успѣхомъ.

Гравитаціонные водопроводы въ полномъ составѣ должны имѣть слѣдующія составныя части:

1) водосборный резервуаръ высокаго уровня или иной источникъ (напр. ключъ) высокаго уровня съ отстойнымъ бассейномъ (если нужно) для освобожденія воды отъ болѣе крупной и тяжелой мути;

2) фильтры для окончательной очистки воды;

3) уравнительный резервуаръ близъ водосборнаго или осадочнаго, или, если есть подходящее высокое мѣсто, уравнительный (напорный) резервуаръ (водоемъ) близъ города или въ самомъ городѣ, — предназначенный для храненія запаса чистой воды и уравниванія расхода воды въ сѣти;

4) распредѣлительную сѣть трубъ.

Насосные водопроводы состоятъ изъ тѣхъ же сооруженій, что и гравитаціонные, но здѣсь источникъ водоснабженія не долженъ быть непремѣнно выше снабжаемаго города, вслѣдствіе чего группировка сооруженій можетъ быть иная и болѣе разнообразная.

Такъ напримѣръ возможны слѣдующіе болѣе элементарные случаи.

А. Случай, когда возможно устроить уравнительный резервуаръ на естественной возвышенности или танкъ на башнѣ; тогда составъ сооруженій можетъ быть такой:

1) водопріемникъ низкаго уровня;
2) одинъ или нѣсколько отстойныхъ бассейновъ;
3) фильтры;
4) насосная станція;
5) уравнительный резервуаръ на высокомъ мѣстѣ или танкъ на башнѣ;
6) распредѣлительная сѣть трубъ.

В. Если, нельзя найти удобнаго высокаго мѣста для уравнительнаго резервуара и, если при этомъ не признается возможнымъ устроить водонапорную башню съ танкомъ, то сооруженія могутъ быть расположены слѣдующимъ образомъ:

1) пріемникъ низкаго уровня;
2) одинъ или нѣсколько отстойныхъ бассейновъ;
3) фильтры;
4) запасный резервуаръ низкаго уровня;
5) насосная станція; дѣйствующая непосредственно въ
6) распредѣлительную сѣть трубъ.

Если пріемникъ воды изъ источника водоснабженія находится

на такомъ низкомъ уровнѣ, что вода не можетъ пройти подъ дѣйствіемъ тяжести чрезъ отстойные бассейны и фильтры, то приходится имѣть еще одну насосную станцію непосредственно у водопріемника. Тогда получаются слѣдующія двѣ комбинаціи сооруженій, соотвѣтствующія приведеннымъ выше (A) и (B):

C. 1) пріемникъ низкаго уровня;
2) насосная станція;
3) отстойные бассейны;
4) фильтры;
5) главная насосная станція;
6) уравнительный резервуаръ высокаго уровня;
7) распредѣлительная сѣть трубъ.

D. 1) Пріемникъ низкаго уровня;
2) насосная станція;
3) отстойные бассейны;
4) фильтры;
5) запасный резервуаръ низкаго уровня;
6) главная насосная станція;
7) распредѣлительная сѣть трубъ.

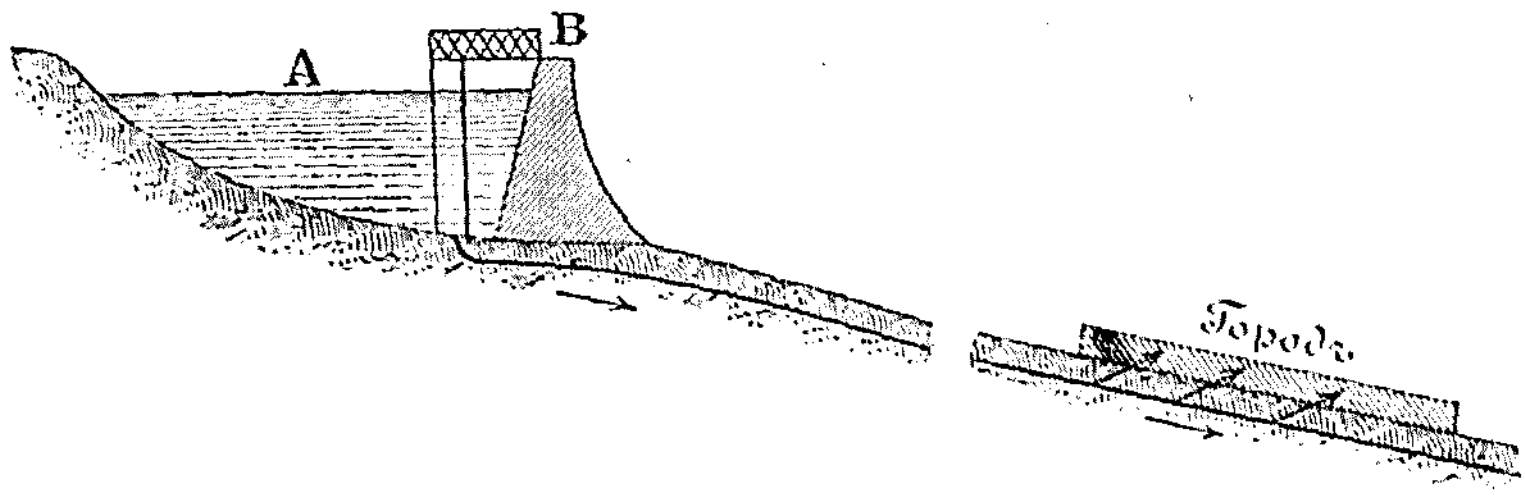
Приведенные примѣры далеко не исчерпываютъ всѣхъ случаевъ практики. Иногда водопроводы не имѣютъ всѣхъ поименованныхъ здѣсь сооруженій, напримѣръ отсутствуютъ отстойные бассейны или фильтры и т. п. Иногда мѣстныя условія вызываютъ особую комбинацію сооруженій.

Поэтому, вообще, не можетъ быть указано такихъ схемъ расположенія сооруженій, которыя охватывали бы собою всѣ случаи. Въ точномъ соотвѣтствіи съ характеромъ и положеніемъ источника водоснабженія, положеніемъ города, ихъ взаимнымъ разстояніемъ способами провода воды и т. д., инженеръ долженъ въ каждомъ частномъ случаѣ искать такое расположеніе сооруженій, и ихъ составъ который, обезпечивая вполнѣ потребность города въ водѣ надлежащаго количества, въ то же время было бы по возможности наименьшимъ по первоначальной стоимости и стоимости эксплоатаціи.

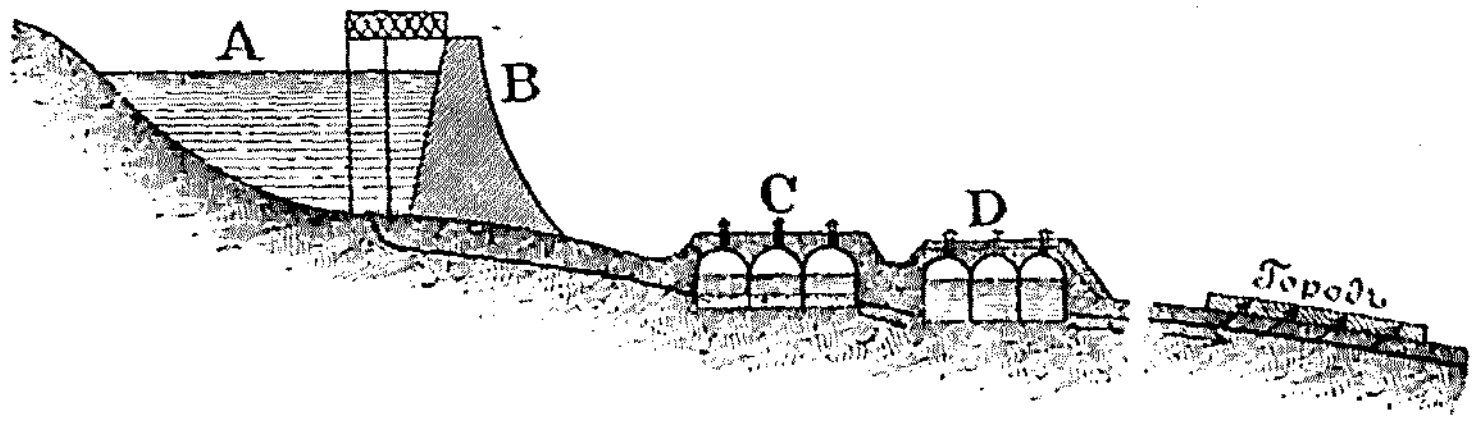
Въ числѣ другихъ задачъ необходимо поэтому заботиться о возможномъ использованіи естественныхъ уклоновъ и не затрачивать механической силы тамъ гдѣ передвиженіе воды возможно силой тяжести.

Общее расположеніе сооруженій въ водопроводахъ.

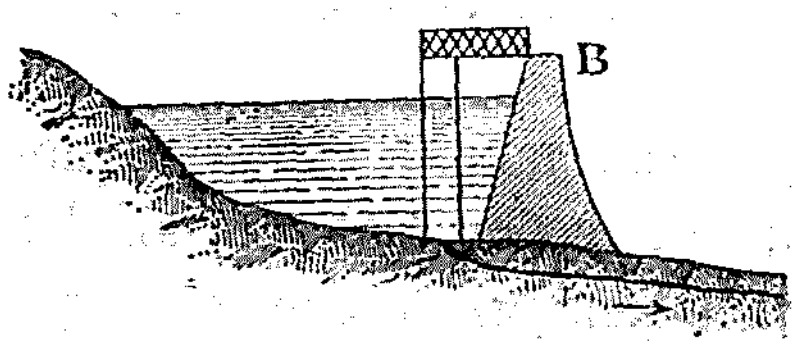
Водоснабженіе изъ водохранилищъ.

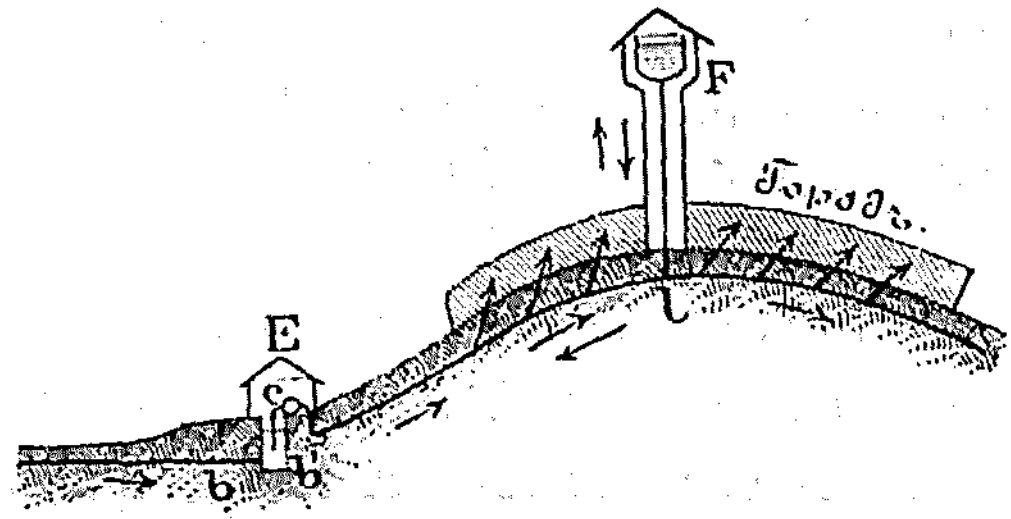


Черт. 258. — Снабженіе города, лежащаго ниже водохранилища, водой, не требующей предварительной очистки.

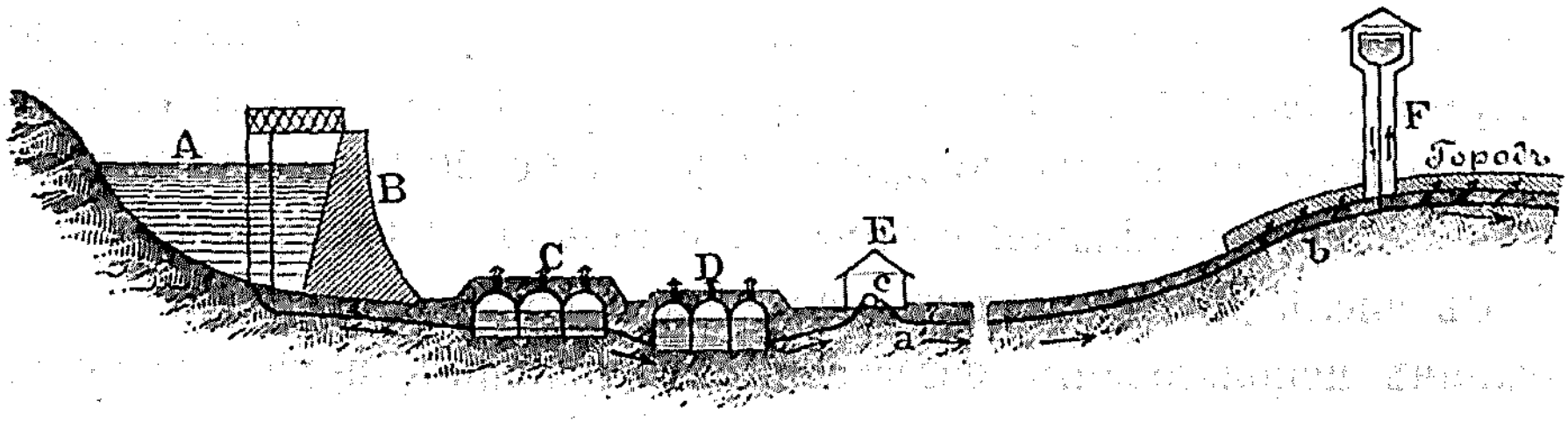


Черт. 259. — Снабженіе города, лежащаго ниже водохранилища, водой, требующей предварительной очистки.



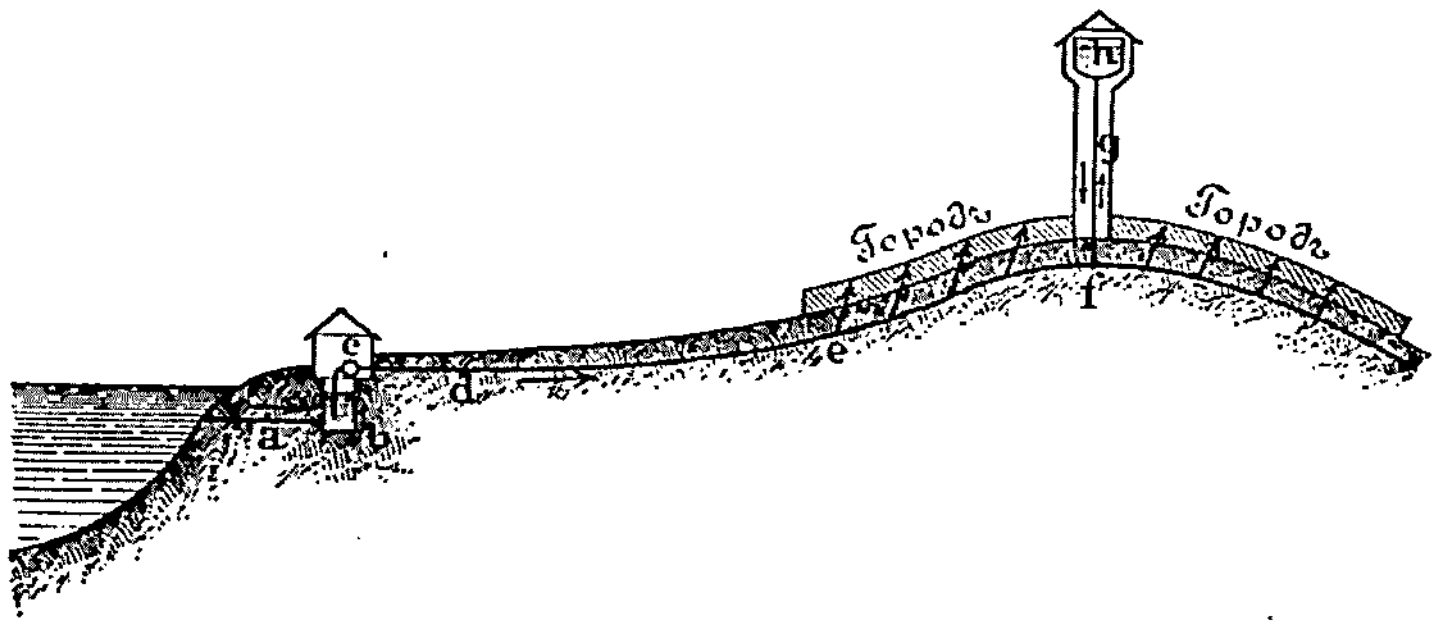


Черт. 260. — Снабженіе города, лежащаго выше водохранилища, водой, не требующей предварительной очистки.

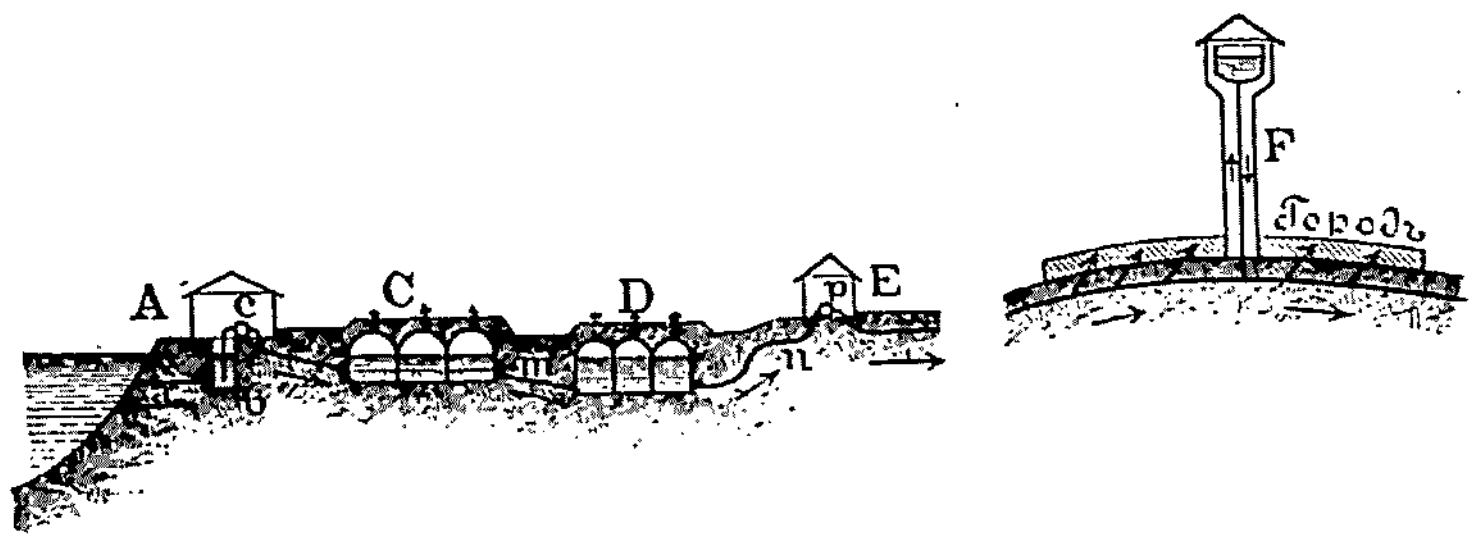


Черт. 261. — Снабженіе города, лежащаго выше водохранилища, водой требующей предварительной очистки.

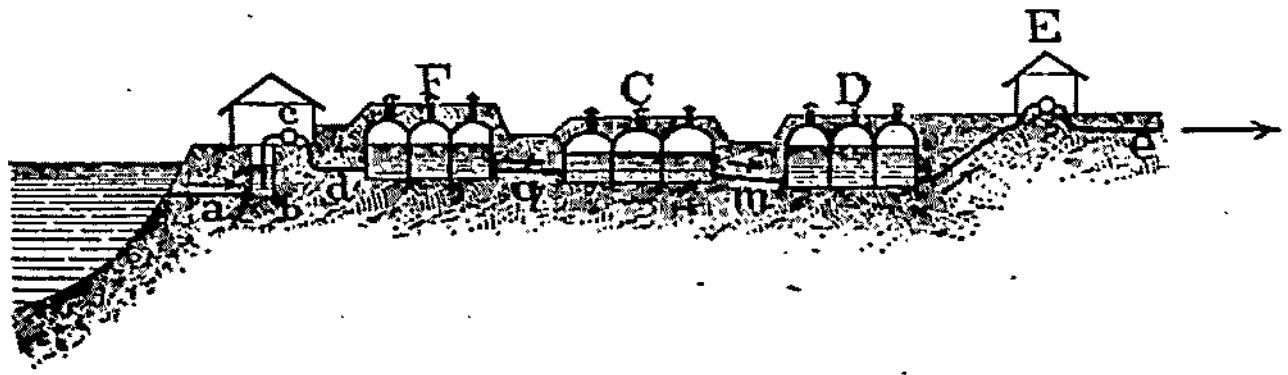
Водоснабженіе изъ рѣкъ и озеръ.



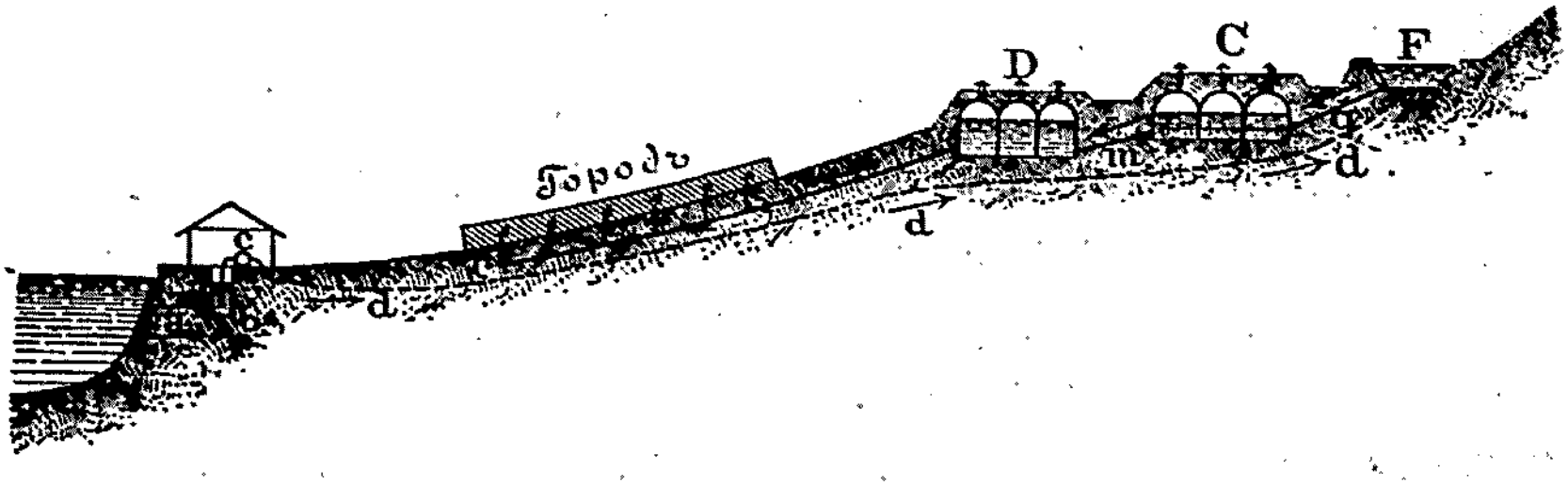
Черт. 262.—Снабженіе водою, не требующей предварительной очистки.



Черт. 263.—Снабженіе водой съ предварительной фильтраціей.



Черт. 264.—Снабженіе водой съ предварительнымъ отстаиваніемъ и фильтраціей (первый случай: чистая вода нагнетается въ городъ и въ водонапорную башню).



Черт. 265.—Снабженіе водой съ предварительнымъ отстаиваніемъ и фильтраціей (второй случай: чистая вода идетъ въ городъ самотокомъ).

Вотъ почему обыкновенно насосные водопроды почти всегда являются вмѣстѣ съ тѣмъ отчасти и гравитаціонными.

Въ поясненіе сказаннаго могутъ служить приводимые въ слѣдующемъ § примѣры нѣсколькихъ типовъ водоснабженія при различныхъ источникахъ воды.

§ 50. Примѣры расположенія сооруженій въ водопроводахъ.

Примѣры эти взяты *четырехъ* типовъ въ зависимости отъ того, какая вода употребляется для снабженія города. Къ *первому* типу отнесены водопроводы, служащіе для снабженія города водой *атмосферныхъ осадковъ*, собранной въ прудахъ или водохранилищахъ; *второй* типъ составляютъ водопроводы, которые доставляютъ въ городъ воду *рѣчную* или *озерную*; водопроводы *третьяго* типа снабжаютъ городъ *грунтовой* водой; наконецъ, водопроводы *четвертаго* типа доставляютъ городу воду *ключевую*.

Водопроводы всѣхъ разсматриваемыхъ типовъ отличаются между собою только тѣми сооруженіями, которыя служатъ для пріема воды изъ источника и для измѣненія, если это требуется, ея состоянія; что же касается уравнительнаго водоема или водонапорной башни и сѣти городскихъ трубъ, то эти сооруженія отъ типа водопровода не зависятъ, а обусловливаются исключительно мѣстными топографическими и иными условіями. Вотъ почему въ дальнѣйшемъ описаніи будетъ обращаться вниманіе только на первыя сооруженія, какъ на характерныя для того или другого типа водопровода.

I. *Первый* типъ разсматриваемыхъ водопроводовъ образуютъ водопроводы, получающіе воду изъ атмосферныхъ осадковъ или потоковъ малыхъ размѣровъ, собранную въ особыхъ водохранилищахъ (II категорія классификаціи § 39 и отчасти III категорія—пунктъ б). Этотъ типъ водопроводовъ особенно распространенъ въ Англіи, но примѣры его, какъ мы видѣли, есть во многихъ другихъ странахъ съ самыхъ древнихъ временъ. Обыкновенно водохранилища устраиваются такимъ образомъ, что долину съ крутыми склонами пересѣкаютъ въ наиболѣе узкомъ мѣстѣ земляной, каменной или иной водоудержательной плотиной *B* (черт. 258). Вода атмосферныхъ осадковъ выпадающая въ бассейнѣ этой долины или вода ручья или рѣчки, текущей по долинѣ, будетъ такимъ образомъ задерживаться и образо-

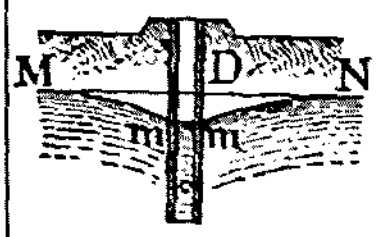
вывать водохранилище *A*. Изъ него вода или прямо направляется въ городъ самотокомъ (свободно, въ открытыхъ каналахъ или подъ напоромъ по трубѣ) или же, если она недостаточно прозрачна, отфильтровывается въ фильтрахъ *C* (черт. 259), затѣмъ скопляется въ сборномъ бассейнѣ *D* и только тогда пускается въ городъ. Въ томъ и другомъ случаѣ предполагается, что водохранилище *A* находится на такой высотѣ надъ городомъ, что вода въ сѣти городскихъ трубъ имѣетъ достаточный напоръ; тогда водохранилище *A* (для 1-го случая) и сборный резервуаръ *D* (для 2-го случая) очевидно играютъ для города роль уравнительнаго водоема или водонапорной башни. Если мѣстныя топографическія условія не допускаютъ имѣть такой напоръ, то вода (черт. 260) идетъ самотокомъ до города, а затѣмъ насосами *c*, поставленными въ водоподъемномъ зданіи *E*, перекачивается изъ колодца *b'* въ водонапорную башню *F*. При этомъ необходимо замѣтить, что въ часы сутокъ, когда въ городѣ расходъ малъ (вечернiе и ночные часы), нагнетательная труба на протяженіи между *b'* и *l* питаетъ городъ, затѣмъ часть воды изъ этой же трубы направляется въ магистральную трубу городской сѣти по другую сторону водонапорной башни (точка *l*) и питаетъ остальную часть города и, наконецъ, остальное количество воды протекающей по нагнетательной трубѣ идетъ по трубѣ въ бакъ вертикальной башни *F*, который такимъ образомъ въ эти часы наполняется водой. Въ часы сутокъ, когда, наоборотъ, расходъ воды великъ (утренніе и дневные часы), нагнетальная труба питаетъ городъ не одна, а съ помощью воды, притекающей изъ водонапорной башни; въ эти часы бакъ опорожняется.

Все вышеизложенное будетъ справедливо въ предположеніи, что паровые насосы накачиваютъ воду въ городъ цѣлыя сутки, работая при этомъ или равномѣрно или неравномѣрно, т. е. въ послѣднемъ случаѣ подавая воды меньше въ часы малаго потребленія и больше— въ часы большаго потребленія. Но въ городахъ не очень большихъ насосы находятся въ дѣйствіи не цѣлыя сутки, прекращая работу вечеромъ, ко времени малаго разбора воды въ городѣ, и возобновляя ее утромъ, т. е. когда разборъ воды начинаетъ очень увеличиваться. Во все время бездѣйствія машинъ, т. е. вечеромъ и ночью, весь городъ питается исключительно водою изъ бака. Цѣль устройства водонапорной башни понятна изъ предыдущаго, а именно бакъ ея является

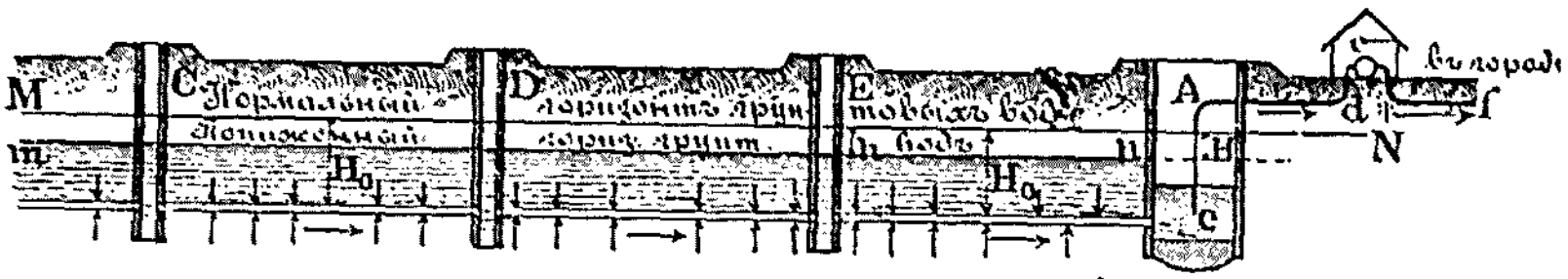
Общее расположеніе сооруженій въ водопроводахъ.

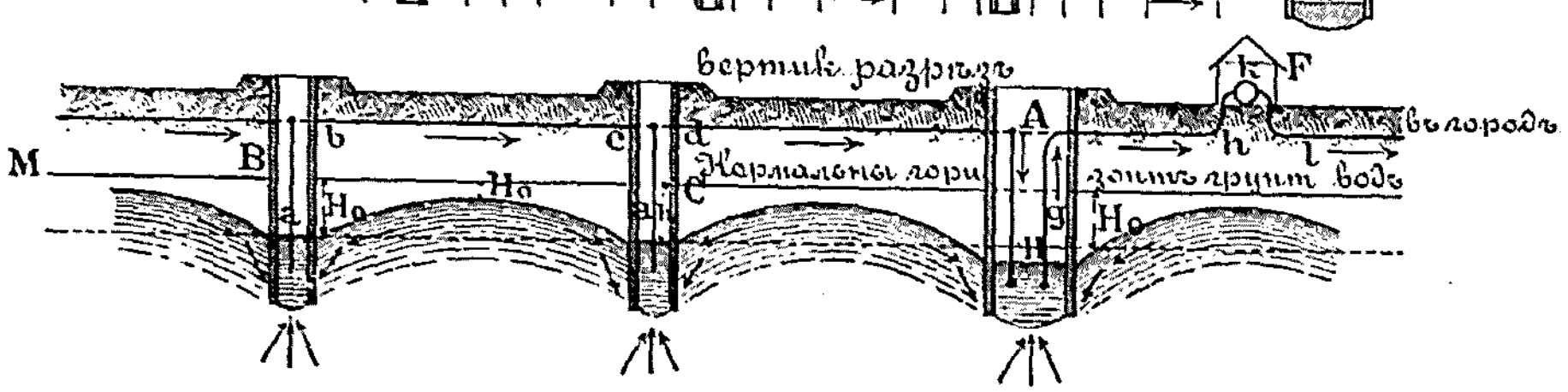
Снабженіе грунтовой водой.

Черт. 271.

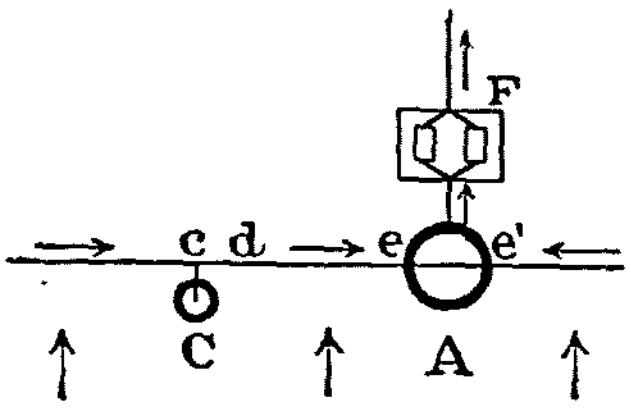


Черт. 272.

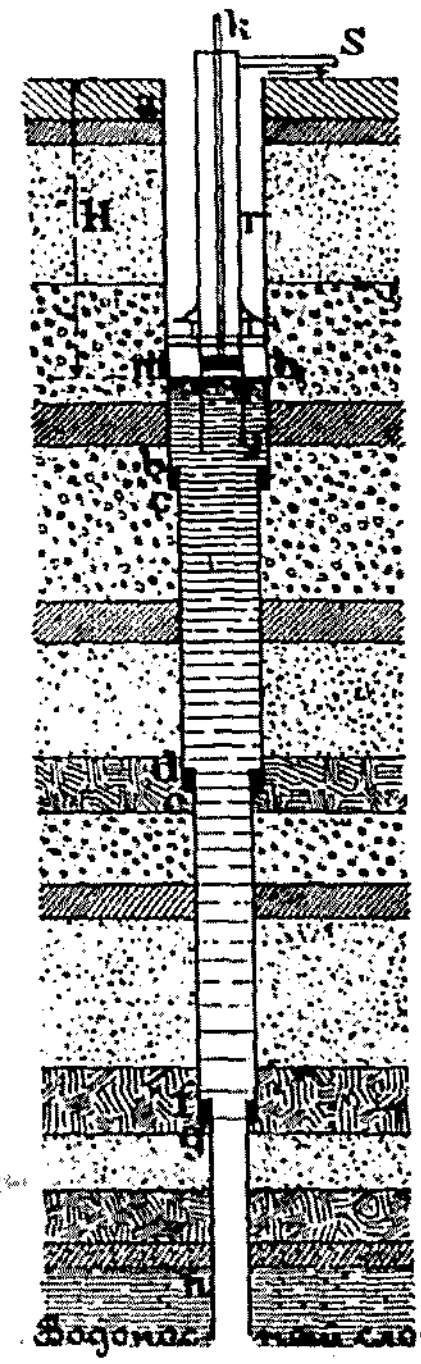




Черт. 266.



Черт. 267.



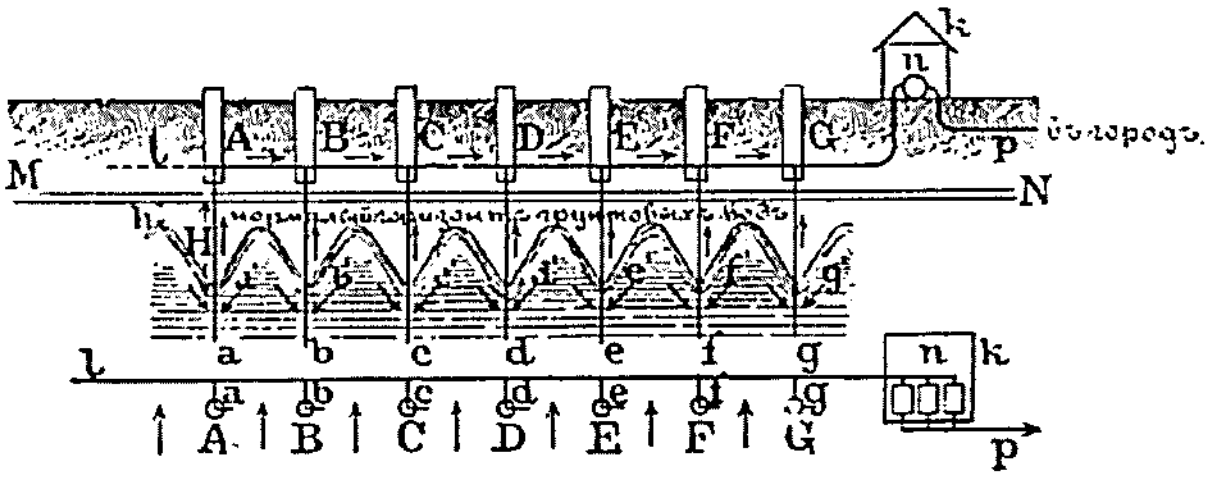
Черт. 270.

Черт. 266 и 267. — Продольный разрѣзъ и часть плана водоснабженія посредствомъ колодцевъ большаго діаметра.

Черт. 270. — Вертикальный разрѣзъ буроваго телескоспическаго колодца.

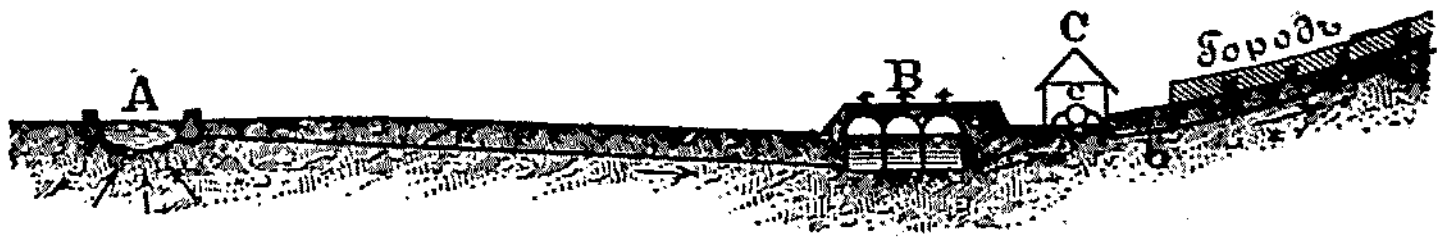
Черт. 271 и 272. — Поперечный и продольный разрѣзъ водоснабженія посредствомъ горизонтальныхъ трубъ или галлерей.

Снабженіе грунтовой водой.

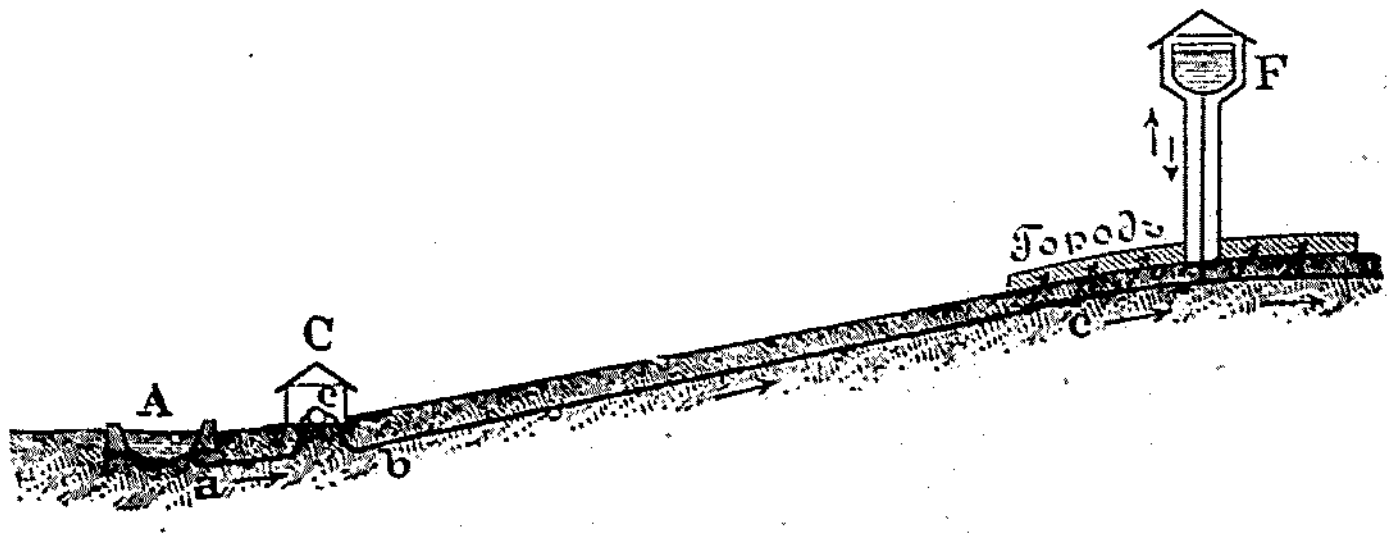


Черт. 268 и 269.—Продольный разрѣзъ и планъ водоснабженія посредствомъ бруклинскихъ колодцевъ.

Снабженіе ключевой водой.



Черт. 273.—Снабженіе ключевой водой, когда часть пути можетъ быть пройдена самотекомъ.



Черт. 274.—Снабженіе ключевой водой при необходимости нагнетанія ея отъ самыхъ источниковъ.

какъ бы *аккуммуляторомъ*, принимая излишнюю воду изъ нагнетательной трубы въ одни часы и отдавая—въ другіе часы.

Если топографическія условія города дозволяютъ, то вмѣсто водонапорной башни устраиваютъ для той же цѣли каменный уравнительный резервуаръ, врытый частью или совсѣмъ въ землю.

Если же водохранилище *A* (черт. 261), а также фильтры *C* со сборнымъ бассейномъ *D* лежатъ ниже города, то водоподъемное зданіе *E* располагается вблизи водохранилища; здѣсь вода изъ сборнаго бассейна *D* перекачивается насосами *c*, расположенными въ водоподъемномъ зданіи *E* въ водонапорную башню *F*. Разстояніе отъ города водосборныхъ сооруженій, т. е. водохранилища, фильтровъ и т. п. часто бываетъ весьма значительнымъ, такъ какъ очень трудно найти вблизи города долину удовлетворяющую всѣмъ требуемымъ условіямъ, т. е. съ бассейномъ достаточной величины, съ очертаніемъ береговъ, допускающихъ большую емкость водохранилища при малой площади его, съ такимъ геологическимъ строеніемъ почвы, при которомъ дѣйствительно можно собрать воду безъ потери ея фильтраціей черезъ водонепроницаемые пласты и т. д. (см. § 42).

II. Въ водопроводахъ *второго* типа, доставляющихъ *рѣчную* или *озерную* воду (III категорія классификаціи § 39), вода подается въ городъ или прямо въ томъ видѣ и состояніи, въ какомъ она находится въ рѣкѣ или озерѣ, или же вода предварительно фильтруется, а затѣмъ направляется въ городъ, или, наконецъ, вода сперва отстаивается, потомъ фильтруется и только тогда направляется въ городъ.—Въ первомъ случаѣ вода изъ рѣки или озера проводится трубой *a* (черт. 262) чугунной или каменной въ колодезь *b* (круглаго или прямоугольнаго поперечнаго очертанія), изъ. котораго паровые насосы *c*, находящіеся въ водоподъемномъ зданіи, берутъ воду и по нагнетательной трубѣ *aef* накачиваютъ въ бакъ *h* водонапорной башни *g*, поставленной на высокомъ мѣстѣ приблизительно по срединѣ города, если это оказывается возможнымъ по мѣстнымъ условіямъ. Питаніе города въ разсмотрѣнномъ случаѣ будетъ происходить совершенно такъ же, какъ и въ 1-мъ типѣ водопроводовъ.

Если рѣчная вода раньше проведенія ея въ городъ должна быть профильтрована, то она изъ водоподъемнаго зданія *A* (черт. 263) направляется въ *фильтры C*, а оттуда самотекомъ по трубѣ *m*, въ *сборный резервуаръ D* (резервуаръ чистой воды) и затѣмъ по

трубѣ *n* забирается паровыми насосами *p*, расположенными во второмъ водоподъемномъ зданіи *E*, и накачивается дальше въ городъ. Если оказывается удобнымъ, то отдѣльнаго зданія *E* не устраиваютъ, а насосы *p* помѣщаютъ въ первомъ водоподъемномъ зданіи, куда отфильтрованная вода проводится трубою *n*. Такъ какъ насосы *p* работаютъ только часть сутокъ или, если дѣйствуютъ цѣлыя сутки, то подаютъ въ городъ не одинаковое въ каждый часъ количество воды, между тѣмъ при раціональномъ устройствѣ фильтры *C* должны дѣйствовать цѣлыя сутки и притомъ *равномѣрно*, то поэтому является необходимость устройства сборнаго резервуара *D*, играющаго роль аккумулятора; онъ наполняется при бездѣйствіи машинъ или при малой работѣ ихъ и опорожняется — при усиленной работѣ. Когда вода настолько мутна, что фильтрованіе ея становится затруднительнымъ, то ее предварительно подвергаютъ отстаиванію въ такъ называемыхъ *отстойныхъ* или *осадочныхъ* бассейнахъ. Въ этомъ случаѣ рѣчная вода насосами *c* по трубѣ *d* (черт. 264) накачивается въ остойные бассейны *F*, откуда послѣ надлежащаго отстаиванія направляется самотокомъ на фильтры *C* и далѣе въ сборный резерваръ *D*. Всѣ названныя сооруженія, т. е. отстойные бассейны, фильтры и сборный резервуаръ, могутъ располагаться или вблизи рѣки, какъ это и показано на черт. 263 и 264, или же, при благопріятныхъ топографическихъ условіяхъ, вдали отъ рѣки, и притомъ такимъ образомъ, чтобы не было надобности устраивать внутри города водонапорную башню. Подобное расположеніе изображено на черт. 265 и соотвѣтствуетъ водопроводу г. Саратова. Изъ водоподъемнаго зданія *A* вода накачивается по трубѣ *d* въ отстойные бассейны *F*, откуда самотокомъ по трубѣ *q* идетъ на фильтры *C* и далѣе въ сборный резервуаръ *D*, изъ котораго она направляется въ городъ. Такимъ образомъ здѣсь сборный резервуаръ вслѣдствіе своего довольно высокаго расположенія надъ городомъ играетъ кромѣ своей настоящей роли также роль водонапорной башни, устройство которой въ этомъ случаѣ будетъ излишнимъ. Изъ приведенныхъ примѣровъ ясно, что въ описываемомъ типѣ водопроводовъ расположеніе составныхъ частей его можетъ быть весьма разнообразно въ зависимости отъ топографическихъ и другихъ мѣстныхъ условій.

III. Къ *третьему типу* водопроводовъ относятся такіе, которые получаютъ грунтовую воду, привлекаемую *искусственно* къ водосбор-

нымъ сооруженіямъ (IV категорія классификаціи § 39). Въ зависимости отъ устройства водосборовъ водопроводы этого типа можно раздѣлить на *четыре группы*, которыя и опишемъ каждую отдѣльно; замѣтимъ прежде всего, что въ водопроводахъ этого типа водоподъемное зданіе или насосная станція располагается въ мѣстѣ нахожденія водосборовъ.

а) Къ *первой группѣ* принадлежатъ водопроводы, въ которыхъ грунтовая вода собирается каменными или металлическими *колодцами большого діаметра* (§ 39, классификація, IV категорія, № 1, п. А, δ). Такъ какъ одинъ колодезь не можетъ дать количества воды достаточнаго для города, то устраиваютъ нѣсколько колодцевъ, соединяя ихъ въ одну систему. На черт. 266 и 267 показано въ планѣ и вертикальномъ разрѣзѣ общее устройство водосборовъ этого рода. Грунтовая вода собирается колодцами B, C... и *главнымъ* колодцемъ A, находящимися въ разстояніи 100—200 саженъ другъ отъ друга; вода изъ грунта поступаетъ въ эти колодцы черезъ *дно* (главнымъ образомъ), которое совершенно открыто или закрыто, но имѣетъ отверстія, и черезъ небольшія отверстія, сдѣланныя въ *боковой обдѣлкѣ* колодцевъ. Изъ колодцевъ B, C, вода проводится въ главный колодезь помощью сифона, составленнаго изъ чугунныхъ трубъ $b\,c\,d\,e$; далѣе вода изъ главнаго колодца выкачивается паровыми насосами k, расположенными въ водоподъемномъ зданіи F помощью всасывающей трубы gh и затѣмъ по трубѣ l направляется въ городъ. При откачкѣ изъ главнаго колодца вода переливается изъ колодцевъ B, C.... въ главный; уровень воды въ сихъ послѣднихъ понижается, почему вода изъ грунта начинаетъ входить въ колодезь черезъ дно и черезъ отверстія въ стѣнкахъ. При установившемся дѣйствіи водосборовъ поверхность грунтовой воды около каждаго колодца принимаетъ видъ воронки, такъ что пониженіе горизонта грунтовыхъ водъ у колодца равное H_0 значительно больше, чѣмъ на краяхъ воронки, гдѣ оно составляетъ $H_0 + H$. Пониженіе воды въ сборномъ колодцѣ равное $H_0 + H$ больше, чѣмъ пониженіе въ прочихъ колодцахъ. Дѣйствіе сифона обусловливается разностью горизонтовъ H. Для возможности дѣйствія сифона и для пусканія его въ дѣйствіе необходимо соблюденіе условій, указанныхъ, по отношенію къ сифонамъ вообще, въ курсѣ Гидравлики.

Обыкновенно колодцы располагаются по линіи *перпендикулярной* къ направленію движенія грунтовой воды въ землѣ и по обѣ стороны отъ главнаго колодца, такъ что вода проводится въ этотъ колодезь двумя сифонами *bcde* и *b'c'd'e'*, дѣйствующими независимо другъ отъ друга. По описанной системѣ вполнѣ или съ нѣкоторыми видоизмѣненіями сборъ воды устроенъ въ Самарѣ, Крефельдѣ, Кольмарѣ и др. городахъ (см. § 43).

б) Ко *второй группѣ* относятся водопроводы, въ которыхъ грунтовая вода собирается металлическими *колодцами малаго діаметра* (нѣсколько дюймовъ) или *трубчатыми* (§ 39, классификація, IV категорія, № 1, п. B, б, α). Такъ какъ одинъ такой колодезь можетъ дать въ сутки лишь отъ нѣсколькихъ тысячъ до нѣсколькихъ десятковъ тысячъ ведеръ, смотря по обилію грунтовой воды, что для города, даже небольшого, недостаточно, то устраиваютъ ихъ нѣсколько, соединяя ихъ въ одну систему. Эти колодцы, называемые также *бруклинскими*, по имени города Бруклина, для водоснабженія котораго система такихъ колодцевъ была впервые примѣнена, имѣютъ разнообразное устройство. Здѣсь въ видѣ примѣра приведемъ наиболѣе простое изъ нихъ, изображенное на черт. 268 и 269 въ вертикальномъ разрѣзѣ и планѣ. Каждый колодезь *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* представляетъ собою желѣзную трубу діаметромъ отъ 2 до 5 дюймовъ, которая на протяженіи *aa'*, *bb'*, *cc'*,.... имѣетъ на боковой поверхности небольшія отверстія. На этой длинѣ труба обернута очень мелкой мѣдной сѣткой, поверхъ которой надѣтъ тонкій металлическій листъ съ мелкими отверстіями. Сѣтка съ листомъ образуютъ такъ называемый *фильтръ* колодца и назначаются для того, чтобы воспрепятствовать проходу мелкихъ песчинокъ изъ грунта въ колодезь.

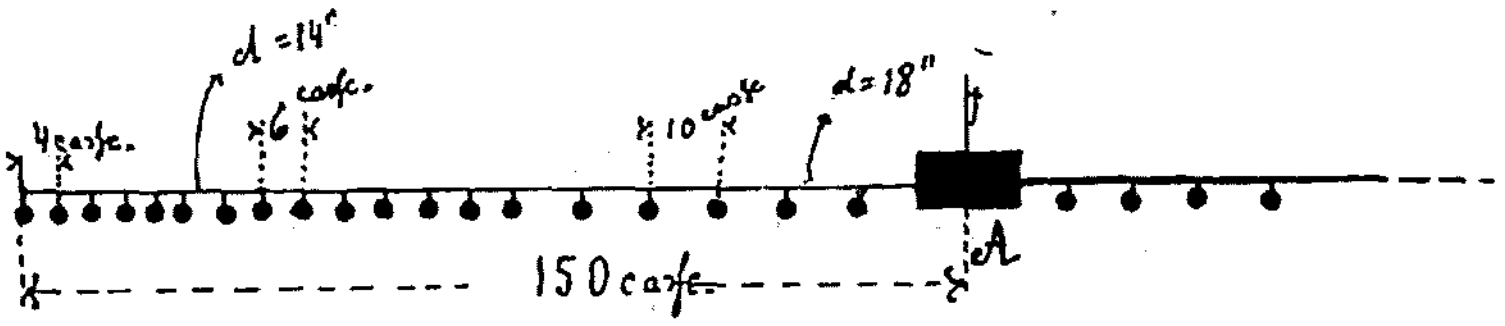
Верхняя часть каждаго колодца входитъ въ кирпичную или чугунную шахту *A*, *B*, *C*.... на днѣ этой шахты колодезь имѣетъ короткій боковой отростокъ, которымъ онъ соединяется съ горизонтальной всасывающей трубой *lm*, идущей вдоль всѣхъ колодцевъ въ водоемное зданіе *k*. Расположенные здѣсь насосы всасываютъ помощью трубы *lm* воду изъ колодцевъ, а слѣдовательно и изъ грунта, и накачиваютъ ее въ городъ по трубѣ *p*. Горизонтъ грунтовыхъ водъ *MN* при откачкѣ насосами понижается такимъ образомъ, что около каждаго колодца поверхность грунтовыхъ водъ

принимаетъ видъ воронки; пониженіе уровня водъ у колодца (т. е. на днѣ воронки) равно H, а на серединѣ разстоянія между колодцами (т. е. у краевъ воронки) равно h. Чѣмъ больше разность $H-h$, тѣмъ больше притекаетъ воды къ колодцу. Колодцы располагаются въ планѣ по линіи, перпендикулярной къ направленію движенія грунтовыхъ водъ на тѣхъ же основаніяхъ, какъ и въ предыдущемъ случаѣ.

в) *Третью группу* составляютъ *буровые колодцы большой глубины* или *телескопическіе* колодцы, названные такъ вслѣдствіе сходства (на чертежѣ) съ телескопомъ (§ 39, классификація, IV категорія, № 1, п. В, б, β). Водосборы вышеописанныхъ группъ устраиваются въ тѣхъ случаяхъ, когда грунтовая вода хорошаго качества и въ требуемомъ количествѣ находится довольно близко отъ поверхности земли, приблизительно отъ 2 до 5 саж. Но когда вода падлежащихъ качествъ находится въ пластахъ залегающихъ очень глубоко, напр. въ нѣсколькихъ десяткахъ саженъ отъ поверхности, при этомъ на меньшей глубинѣ хотя и имѣется вода, но или въ маломъ количествѣ или неудовлетворительныхъ качествъ. Въ подобныхъ случаяхъ колодезь устраивается по длинѣ изъ нѣсколькихъ колѣнъ *ab*, *cd*, *ef* и *gh* (черт. 270), діаметръ которыхъ постепенно уменьшается; такіе колодцы дѣлаются или металлическими или верхняя часть ихъ *ab* дѣлается кирпичной, а остальная—металлической (чугунной при большихъ діаметрахъ и желѣзной—при малыхъ). Нижнее колѣно *gh* проникаетъ частью въ тотъ водоносный пластъ, въ которомъ предположено остановиться буреніемъ. Вода въ такихъ пластахъ находится подъ давленіемъ, почему въ колодцѣ она поднимается до нѣкотораго горизонта *mn* на глубинѣ H отъ поверхности земли. Если эта глубина не велика, составляетъ напр. не болѣе 3 саженъ, то вода изъ колодца можетъ выкачиваться непосредственно насосами, поставленными въ водоподъемномъ зданіи, и нагнетаться въ городъ совершенно такъ же, какъ и въ другихъ вышеприведенныхъ случаяхъ. Когда же H больше, то насосъ опускается въ верхнюю часть колодца; паровая машина приводитъ въ дѣйствіе штангу *kl*, на концѣ которой помѣщенъ поршень: всасываемая трубой *q* вода будетъ нагнетаться по трубамъ *r* и *s* въ городъ. Колодцы подобнаго или сходнаго типа устроены для водоснабженія многихъ англійскихъ городовъ и достигаютъ значитель-

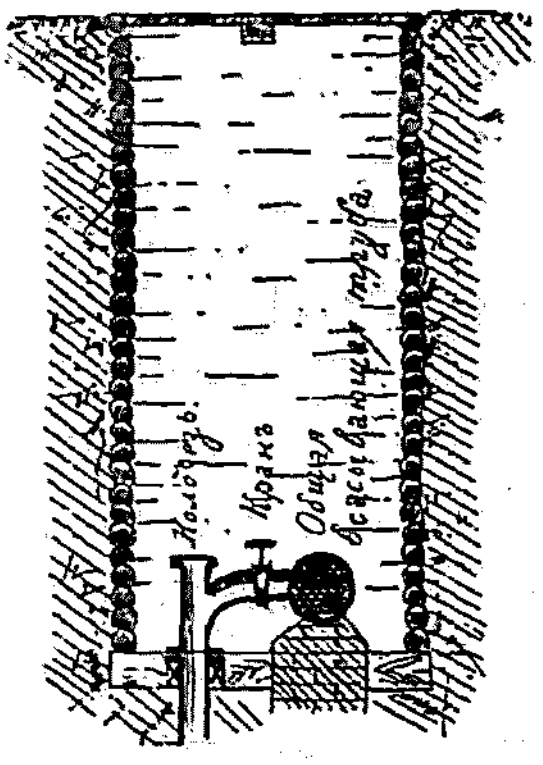
Общее расположеніе сооруженій въ водопроводахъ.

Снабженіе города Москвы грунтовой водой.



Черт. 275.

Черт. 275. — Планъ части бруклинскихъ водосборныхъ колодцевъ грунтоваго Мытищенскаго водоснабженія.



Черт. 276.

Черт. 276. — Поперечный разрѣзъ всасывающей трубы и вертикальный разрѣзъ одного изъ колодцевъ.

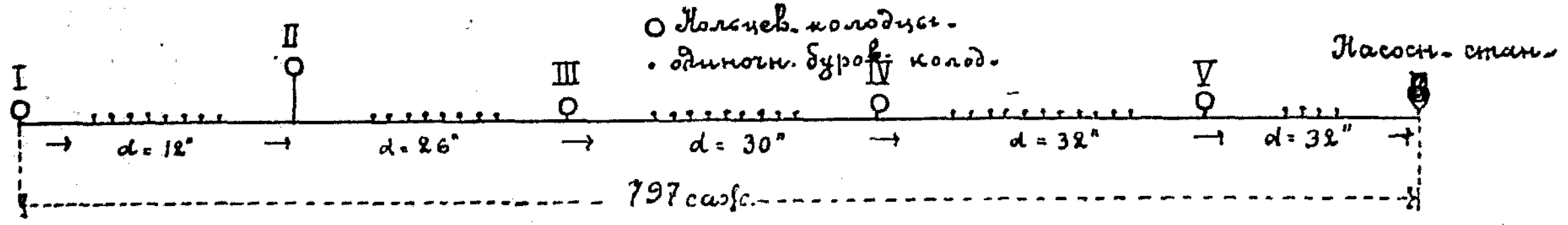
(Н. К. Чижевъ.—Курсъ водопроводовъ).

ной глубины, напр. въ Kensington Gardens—глубины въ 46 саж.; въ Екатеринославской и Таврической губерніяхъ устроено много колодцевъ для желѣзнодорожныхъ станцій и для небольшихъ городовъ; здѣсь глубина ихъ еще значительнѣе и достигаетъ напр. на станціи Мелитополь 127 саженъ. (См. подробную классификацію буровыхъ колодцевъ въ § 45).

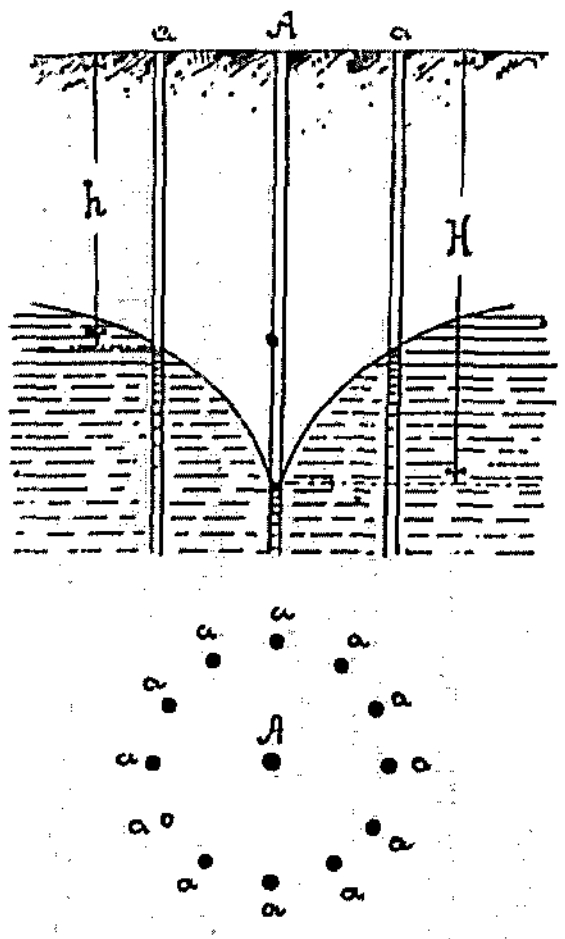
Колодцы располагаютъ или по прямой линіи, перпендикулярной къ теченію грунтовой воды, или по окружности круга, или соединяютъ вмѣстѣ и то и другое расположеніе.

Примѣромъ перваго расположенія можетъ служить грунтовое Мытищинское водоснабженіе г. Москвы. Линія водосборовъ, расположенная на правомъ берегу р. Яузы въ 150 саж. отъ нея, состоитъ изъ ряда въ 50 четырехъ-дюймовыхъ желѣзныхъ трубчатыхъ колодцевъ съ фильтрами, опущенныхъ до поверхности юрской глины на глубину до 14 саженъ (при большей глубинѣ не рекомендуется дѣлать колодцы діаметромъ менѣе 5 — 6 дюймовъ) и соединенныхъ въ верхней ихъ части, на глубинѣ 1,2 саж. отъ поверхности земли общею всасывающею чугунною трубою діаметромъ отъ 14″ до 18″. Вся длина линіи водосборовъ составляетъ 300 саженъ, разстояніе же между отдѣльными колодцами колеблется отъ 4 до 10 саженъ. Посрединѣ водосбора поставлена насосная станція *A* (черт. 275); ближайшіе къ *A* колодцы находятся на разстояніи 10 саженъ другъ отъ друга, слѣдующіе—въ 6 саж. и отдаленнѣйшіе—въ 4 саженяхъ. Подобное расположеніе сдѣлано для того, чтобы до нѣкоторой степени уравнять дѣйствіе всѣхъ колодцевъ. Очевидно что дѣйствіе насосовъ на ближайшіе колодцы будетъ наибольшее и наименьшее—на отдаленные, между тѣмъ послѣдніе могутъ давать наибольшее количество воды. Поперечный разрѣзъ линіи водосбора (по одному изъ колодцевъ) изображенъ на черт. 276. Напластованіе слоевъ грунта у водосбора слѣдующее: сверху небольшой слой торфа (отъ $^1/_2$ до $2^1/_2$ саж.), затѣмъ мощный слой песка до глубины 14 саж., а ниже—Юрская глина. Грунтовая вода стоитъ на глубинѣ около $1^1/_2$ аршинъ отъ поверхности земли, при откачиваніи же воды изъ водосбора—ея уровень въ колодцахъ понижается на 3 саж. Вертикальные трубчатые колодцы сдѣланы изъ желѣзныхъ трубъ непроницаемыми на глубину 4,5 саж. отъ поверхности земли, затѣмъ далѣе внизъ идутъ продырявленныя трубы, обтянутыя тонкой мѣдной

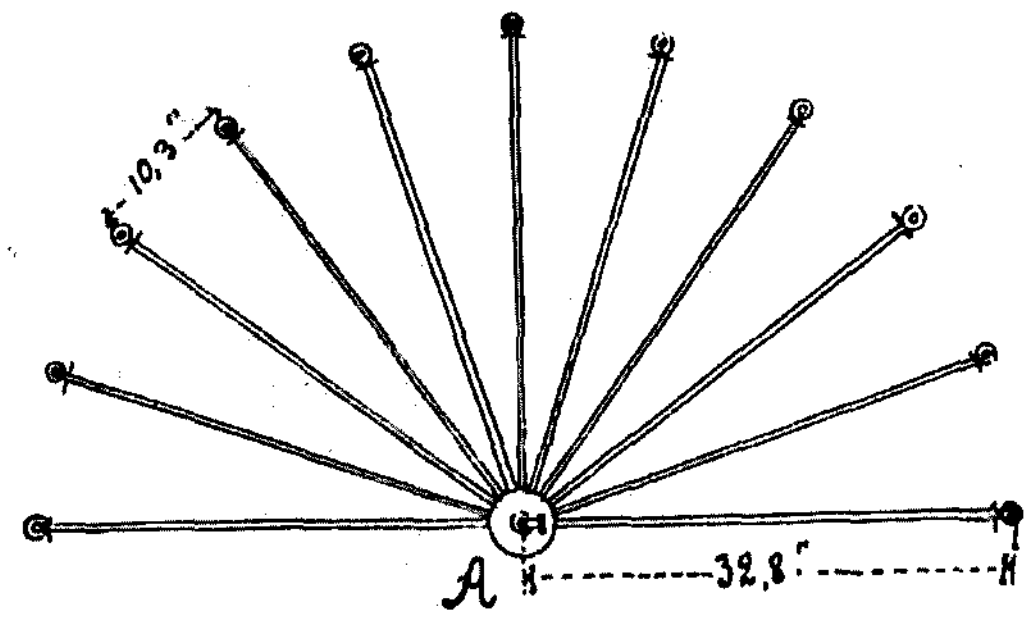
Снабженіе города Лейпцига грунтовой водой.



Черт. 279.— Общее расположеніе водосбора (половина плана); I, II, III, IV и V— круговыя группы трубчатыхъ колодцевъ по 20 въ каждой группѣ; черныя точки—отдѣльные буровые колодцы.

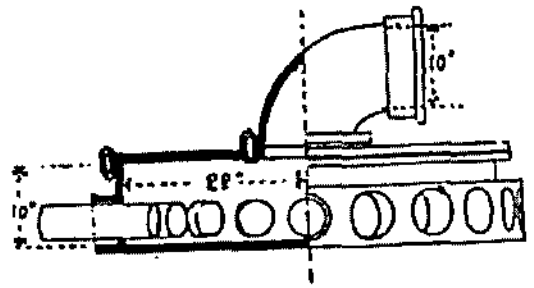


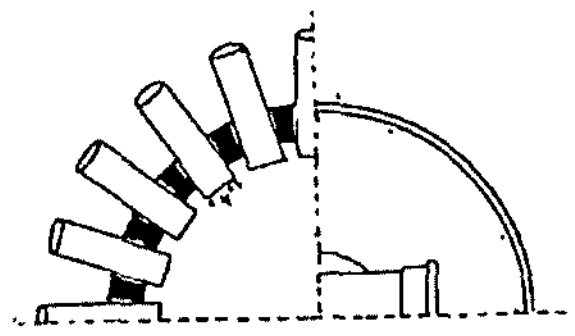
Черт. 277 и 278.— Вертикальный разрѣзъ и планъ круговаго расположенія трубчатыхъ колодцевъ по системѣ Тима.



Черт. 280. — Планъ половины круговаго или кольцеваго колодца въ Лейпцигѣ

(деталь къ черт. 279).





Черт. 281, 282 и 283.

Боковой видъ, разрѣзъ и планъ центральной коробки *A* кольцеваго колодца (деталь къ черт. 280).

(Н. К. Чижевъ.—Курсъ водопроводовъ).

тканью—фильтры; не доходя 1 саж. до глины трубы снова сплошныя. Въ мѣстахъ соединенія всасывающей трубы съ водосборными колодцами помѣщены краны (черт. 276) для возможности выключенія отдѣльныхъ колодцевъ изъ общей системы въ случаѣ ихъ ремонта. Для свободнаго доступа къ кранамъ у каждаго колодца устроены деревянные или кирпичные колодцы.

Въ Московскомъ водоснабженіи отдѣльные колодцы связаны общею всасывающею трубою, идущею къ насосамъ; вмѣсто этого расположенія къ буровымъ колодцамъ примѣняется также способъ передачи воды въ общій сборный (обыкновенно каменный или чугунный большаго діаметра) колодезь помощью сифона, подобнаго описанному на стр. 216.

Количество воды, извлекаемое изъ буроваго колодца, увеличивается вмѣстѣ съ пониженіемъ въ немъ уровня воды (лишь бы скорость притока не стала чрезмѣрной). Такъ какъ и безъ этого грунтовая вода можетъ оказаться довольно низко подъ землею, то часто приходится опускать насосные цилиндры довольно глубоко въ землю, устраивая для этого особенныя каменныя шахты или примѣняя особыя конструкціи насосовъ (§ 45), допускающіе помѣщеніе насоснаго цилиндра въ узкіе колодцы. Чтобы уменьшить вытекающія отсюда затрудненія при необходимости довольно значительнаго пониженія уровня воды въ узкихъ трубчатыхъ колодцахъ, инж. Tiem предложилъ располагать буровые колодцы группами по окружности круга. Если мы имѣемъ одинъ буровой колодезь A (черт. 277—278), то для добыванія извѣстнаго количества воды намъ приходится понизить уровень грунтовыхъ водъ, положимъ, на глубину H. Если-же мы вмѣсто одного колодца A сдѣлаемъ нѣсколько a, расположивъ ихъ по окружности круга, то для добычи того же количества воды (что характеризуется одинаковой поверхностью депрессіи) изъ всѣхъ колодцевъ a намъ досточно понизить уровень на величину h мéньшую, чѣмъ H, причемъ эксплоатаціи группы a благодаря уменьшенію подъема воды будетъ дешевле, чѣмъ одного колодца A. Иначе говоря, буровые колодцы, расположенные по окружности округа, (т. наз. «кольцевые колодцы), замѣняютъ намъ одинъ большой колодезь, діаметръ котораго = діаметру круга кольцеваго колодца. Выполненіе кольцевыхъ колодцевъ несравненно легче (и дешевле) каменнаго колодца большого діаметра, особенно при значит. глубинѣ. Подобные ко-

лодцы были примѣнены впервые инж. Тимомъ въ г. Лейпцигѣ. Общее расположеніе водосбора показано на черт. 279; здѣсь на общей сифонной всасывающей трубѣ (идущей перпендикулярно къ теченію грунтовой воды) расположены 40 отдѣльныхъ буровыхъ колодцевъ (съ фильтрами изъ оцинкованной мѣдной сѣтки) и 5 группъ кольцевыхъ колодцевъ по 20 штукъ буровыхъ колодцевъ въ каждой. Въ планѣ половина одного кольцевого колодца показана на черт. 280; отъ каждаго бурового колодца идетъ діаметрально къ центру кольца 4″ трубы и здѣсь всѣ онѣ соединяются помощью чугунной коробки *A* (деталь см. черт. 281 и 282), изъ которой выходитъ 10″ труба, ведущая воду къ общему сифону системы водосборовъ. У машиннаго зданія (черт. 279) устроенъ каменный сборный колодезь діаметромъ 11,5′, откуда насосы подаютъ воду въ городъ.

Усовершенствованіе буровой техники дозволяетъ устраивать буровые колодцы весьма большой глубины, но для цѣлей водоснабженія эти очень глубокіе колодцы оказываются практически пригодными лишь если уровень грунтовой воды поднимается изъ глубокихъ слоевъ настолько близко къ поверхности земли, что откачиваніе воды не будетъ слишкомъ затруднительно; иначе говоря, очень глубокіе колодцы хороши тогда, когда они *артезіанскіе*.

г) *Четвертую группу* составляютъ водопроводы, въ которыхъ грунтовая вода собирается *горизонтальными* (чугунными или цементными) *трубами* или каменными *галлереями* (§ 39, классификація, IV категорія, № 2, пп. в. и г.). На черт. 271—272 показано общее расположеніе водосборныхъ сооруженій этого рода. *Водосборная труба* расположена на глубинѣ H_0 отъ поверхности MN грунтовыхъ водъ; вода проникаетъ въ трубу черезъ небольшія круглыя или продолговатыя отверстія, сдѣланныя въ цилиндрической части трубы, и проводится въ *сборный колодезь A*, изъ котораго помощью всасывающей трубы *c* вода насосами *e*, расположенными въ водоподъемномъ зданіи, накачивается въ городъ по трубѣ *f*. На водосборной трубѣ находятся нѣсколько *смотровыхъ* колодцевъ *C*, *D* и *E*, служащихъ для осмотра трубы. При бездѣйствіи насосовъ уровень грунтовой воды *MN* одинаковъ какъ въ сборномъ, такъ и въ смотровыхъ колодцахъ. При откачкѣ насосами воды изъ сборнаго колодца уровень въ немъ понижается, почему вслѣдствіе разности уровней въ колодцѣ и внѣ его вода прите-

каетъ къ водосборной трубѣ, а оттуда въ сборный колодезь и чѣмъ больше дѣлается эта разность, тѣмъ въ большемъ количествѣ притекаетъ грунтовая вода въ трубу и въ колодезь. При установившемся дѣйствіи водосборовъ горизонтъ грунтовыхъ водъ понижается надъ водосборной трубой на h, а въ колодцѣ на $h+H$; разность уровней H и есть тотъ напоръ, вслѣдствіе котораго вода изъ грунта стремится въ трубу, а затѣмъ въ колодезь (на черт. 272 буква H— поставлена неправильно). Направленіе водосборной трубы выбирается по возможности *перпендикулярнымъ* къ направленію движенія грунтовыхъ водъ, чѣмъ достигается болѣе полный сборъ этихъ водъ: воды этой трубой, такъ сказать, перехватываются. Примѣрами водопроводовъ этого рода могутъ служить водопроводы въ Ганноверѣ, Дрезденѣ, Галле и Мюльгаузенѣ, охарактеризованные отчасти въ § 46 и др.

IV. Къ *четвертому типу* водопроводовъ относятся водопроводы, получающіе воду изъ ключей. Ключи представляютъ источники грунтовой воды, *свободно* вытекающей на поверхность земли, въ резервуаръ и т. п. Такъ какъ количество воды, даваемой однимъ ключемъ, обыкновенно бываетъ недостаточно для города, то большей частью приходится пользоваться водою изъ нѣсколькихъ ключей. Вода каждаго ключа собирается, какъ было объяснено въ § 47, въ *ключевыхъ колодцахъ* или ключевыхъ бассейнахъ, откуда по керамиковымъ или цементнымъ трубамъ проводится въ общій, такъ называемый *сборный бассейнъ*. Если городъ лежитъ ниже ключей, то ключевая вода изъ сборнаго бассейна A (черт. 273) проводится самотокомъ къ городу, гдѣ вода скопляется въ *запасномъ* резервуарѣ B, откуда паровые насосы c, расположенные въ водоподъемномъ зданіи C, перекачиваютъ ее въ городъ, въ водонапорную башню, такъ сдѣлано, напримѣръ въ Царскосельскомъ водопроводѣ; въ водопроводѣ г. Лиля вода накачивается не въ водонапорную башню, а въ уравнительный водоемъ или *напорный* резервуаръ, расположенный на возвышенности, командующей надъ городомъ; въ водопроводѣ г. Вѣны вода изъ резервуара B (черт. 273) проводится самотокомъ въ три другихъ резервуара, расположенныхъ по окраинамъ города, и затѣмъ вода изъ всѣхъ 4-хъ резервуаровъ поступаетъ самотокомъ въ сѣть городскихъ трубъ; въ обоихъ послѣднихъ слуаяхъ напорные резервуары вслѣдствіе своего возвышеннаго положенія надъ горо-

домъ даютъ въ трубахъ достаточный напоръ и, очевидно, играютъ роль напорной башни.

Когда городъ лежитъ выше ключей или когда расположенъ и ниже, но между ключами и городомъ находится значительная возвышенность, мѣшающая проведенію воды въ городъ самотокомъ, то въ подобныхъ случаяхъ вода изъ сборнаго бассейна *A* (черт. 274) перекачивается паровыми насосами *c*, находящимися въ водоподъемномъ зданіи *C*, въ водонапорную башню по трубѣ *bc*. Если въ городѣ или въ ближайшихъ окрестностяхъ его находятся возвышенности, то на нихъ могутъ быть устроены одинъ или нѣсколько уравнительныхъ водоемовъ или водонапорныхъ резервуаровъ, играющихъ вполнѣ роль водонапорныхъ башень; такой случай мы имѣемъ, напр. въ Новочеркасскомъ (см. трудъ Н. А. Бѣлелюбскаго: Описаніе Новочеркаскаго водопровода, построеннаго инж. п. с. А. В. Бѣлелюбскимъ) и Казанскомъ водопроводахъ.

На вышеописанные примѣры типовъ и группъ водопроводовъ, повторяемъ, нужно смотрѣть какъ на наиболѣе характерныя и распространенныя; но существуетъ не мало водопроводовъ, которые по устройству не подойдутъ ни къ одному изъ нихъ. Такъ напр. не рѣдко источники водоснабженія бываютъ самые различные у одного и того же водопровода. Есть такіе, гдѣ вода одновременно берется изъ колодцевъ и горизонтальныхъ трубъ, ключей и рѣки и т. д. и т. д.

§ 51. Трубопроводы.

Трубопроводы представляютъ собой наиболѣе распространенное и удобное средство для проведенія воды. Они играютъ большую роль и въ гравитаціонныхъ водопроводахъ, но *водопроводы съ искусственнымъ напоромъ* суть исключительно трубы.

Трубопроводы дѣлаются:

изъ глины (гончарныя, штейнгутовыя или керамиковыя трубы),
изъ дерева,
изъ цемента,
изъ асфальта,
изъ каменной или кирпичной кладки,
изъ цемента съ желѣзнымъ каркасомъ,

изъ свинца,
изъ желѣза,
изъ стали,
изъ чугуна и др.

Керамиковыя, гончарныя или штейнгутовыя трубы обыкновенно употребляются только въ случаяхъ, когда требуются трубы небольшого діаметра и подъ небольшимъ напоромъ; какъ только давленіе въ такихъ трубахъ становится нѣсколько значительнымъ—онѣ легко разрываются.

Керамиковыя трубы дешевле чугунныхъ; однако, примѣненіе ихъ вообще мало рекомендуется для значительныхъ городскихъ водопроводовъ, въ виду хрупкости, опасной при ударахъ и сотрясеніяхъ; кромѣ того, онѣ выдѣлываются лишь небольшой длины, что увеличиваетъ число стыковъ.

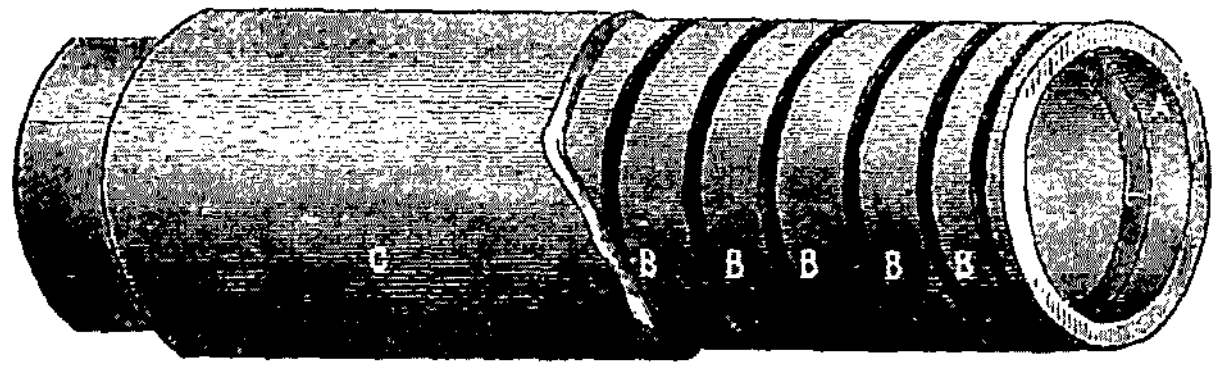
Водопроводы и притомъ значительныхъ размѣровъ, изъ керамиковыхъ трубъ, работающіе при малыхъ напорахъ, извѣстны, однако, съ самыхъ древнихъ временъ, когда процвѣтало и керамиковое искусство.

Ниневія, Древняя Греція и Римъ, а въ Америкѣ царство Ацтековъ имѣли обильные водопроводы въ то время, когда о производствѣ чугунныхъ трубъ никто и не думалъ. Частью этихъ водопроводовъ пользуются еще и понынѣ. Такая долговѣчность этихъ водопроводовъ, не поддерживаемыхъ ремонтомъ цѣлыя столѣтія, объясняется прочностью древнихъ керамиковыхъ трубъ.

Въ средніе вѣка искусство производства такихъ трубъ было утеряно; вмѣсто того съ XIII столѣтія стали производить поливныя трубы проимущественно со свинцовою глазурью. Первые же опыты употребленія такихъ трубъ для водопровода показали ихъ малую пригодность для этой цѣли по недостаточной прочности самаго тѣла трубы и его поливы и въ виду значительной пористости стѣнокъ трубы; за это время не встрѣчается ни одного значительнаго водопровода изъ глиняныхъ трубъ.

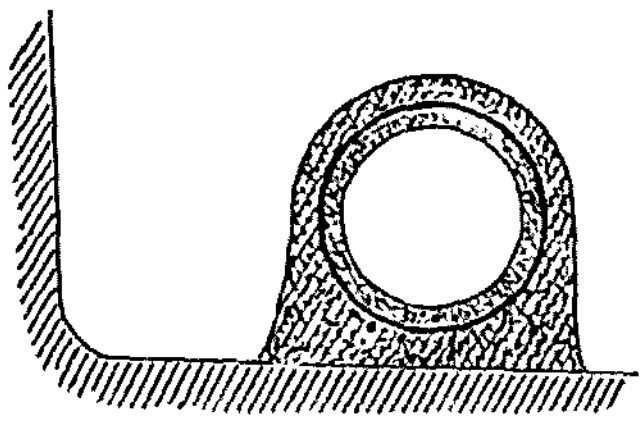
Во второй четверти нынѣшняго столѣтія, трудами преимущественно французскихъ ученыхъ керамистовъ, возстановленъ способъ производства древними ихъ керамиковыхъ трубъ, съ глазурью безъ поливы, образованною химическимъ путемъ при обжогѣ тѣла трубы, изъ частей ея же тѣла. Вслѣдъ за этимъ постепенно въ подходящихъ случаяхъ стали устраивать водопроводы изъ подобныхъ трубъ, не

Деревянныя трубы.

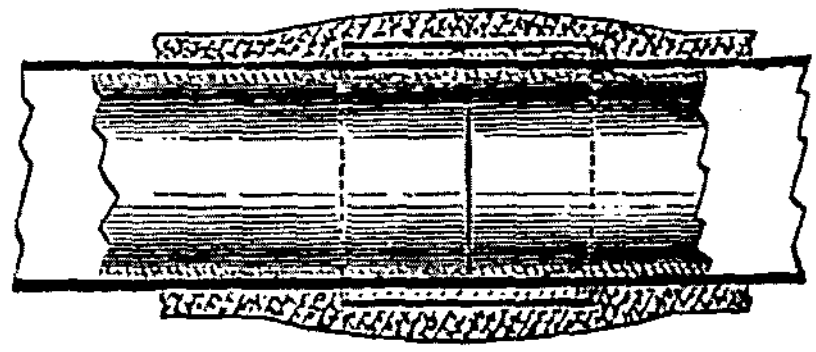


Черт. 284.—Общій видъ деревянныхъ трубъ системы Wyckoff'a. Труба стянута спиральнымъ желѣзнымъ обручемъ (*B*) и имѣетъ асфальтовую одежду (*C*).

Желѣзныя трубы съ цементной одеждой.



Черт. 285. — Разрѣзъ желѣзно-цементной трубы съ показаніемъ внутренней и внѣшней одежды изъ цементнаго раствора. Внутренняя дѣлается на мѣстѣ изготовленія трубъ. Внѣшн. на мѣстѣ укладки во рвахъ.

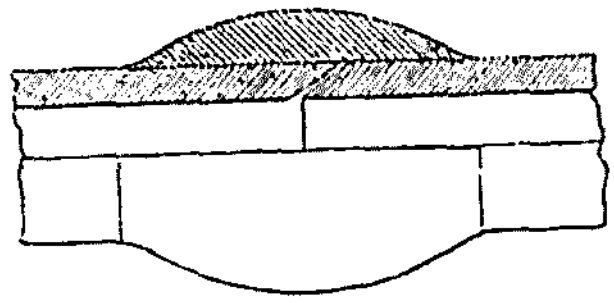


Черт. 286. — Стыкъ желѣзно-цементныхъ трубъ изъ желѣзной муфты съ обмоткой внутри и снаружи цементомъ (Fanning).

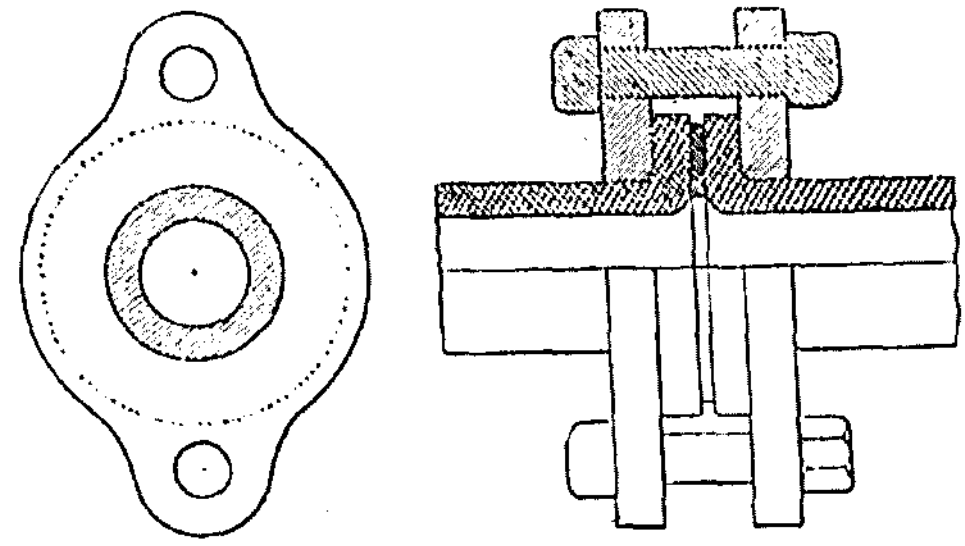


Черт. 287.—Стыкъ изъ чугуна системы Фаннинга для листовыхъ желѣзныхъ трубъ съ цементной внутренней одеждой. Концы желѣзной трубы вплавлены въ чугунные наконечники, позволяющіе устроить стыкъ при помощи свинца, какъ въ чугунныхъ трубахъ.

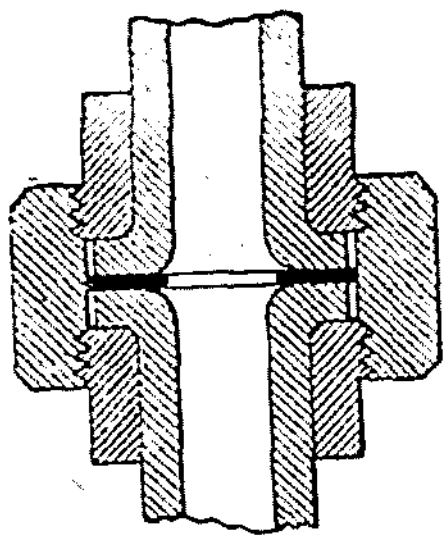
Свинцовыя трубы.



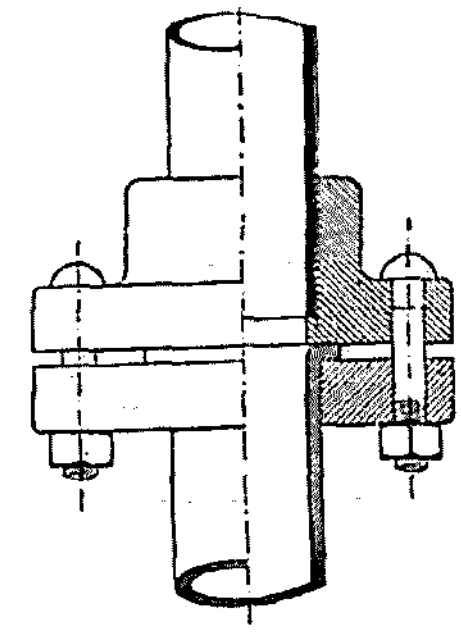
Черт. 288.—Стыкъ свинцовыхъ трубъ. Края срѣзываются наискось и спаиваются. Вокругъ наплывъ изъ смѣси олова и свинца.

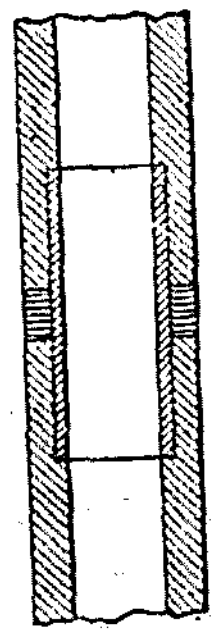


Черт. 289 и 290.—Стыкъ свинцовыхъ трубъ. Концы отгибаются въ видѣ флянцевъ; между ними кожанный кружокъ. Сверху надѣта шайбы, которыя стягиваются болтами. (Bechmann).



Черт. 291.—Стыкъ свинцовыхъ трубъ. Концы трубъ отогнуты ввидѣ флянцевъ; между ними кожанный кружокъ. Сверху все стягивается двойной гайкой.

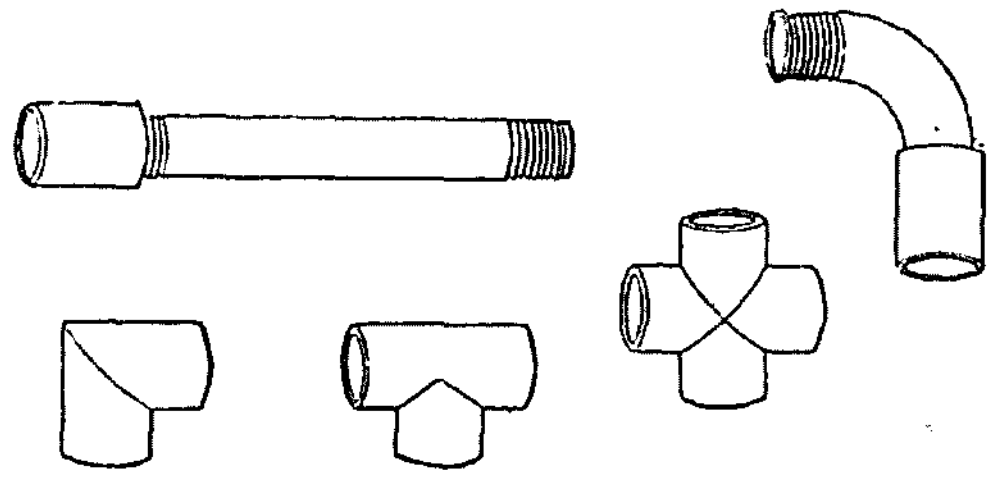




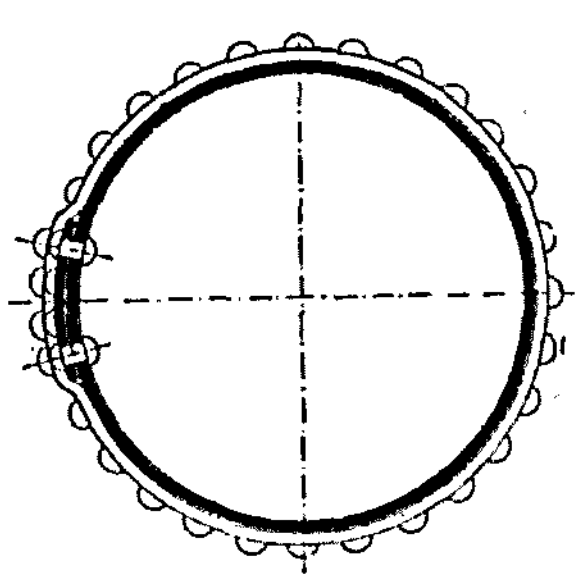
Черт. 292.—Стыкъ свинцовыхъ трубъ. Концы трубъ расширяются и внутрь вставляется кусокъ мѣдной трубки. Затѣмъ шовъ запаивается и загляживается. Этотъ стыкъ проченъ, чистъ, но не гибокъ. (Tudsberry & Brightmore).

Черт. 293.—Стыкъ свинцовой трубы съ желѣзной. Края свинцовой трубы отогнуты въ видѣ флянца. Желѣзная труба ввинчена въ чугунный флянецъ. На свинцовой трубѣ круговая чугунная шайба, которая притянута къ флянцу чугунной трубы. (F. Lincke—H-buch. Ing. wis.).

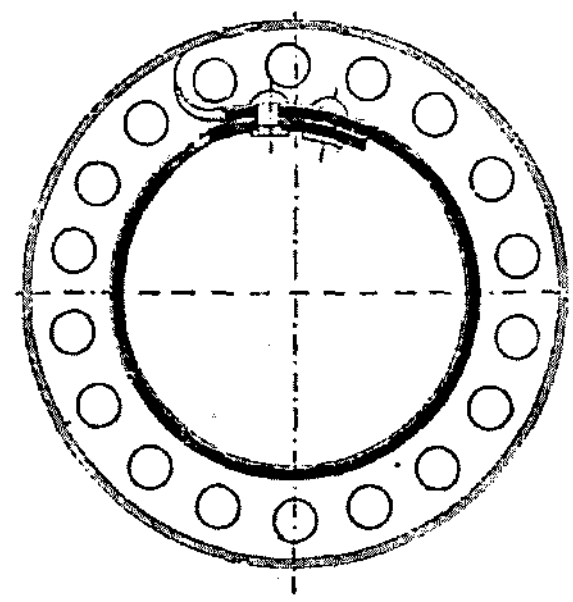
Желѣзныя трубы.



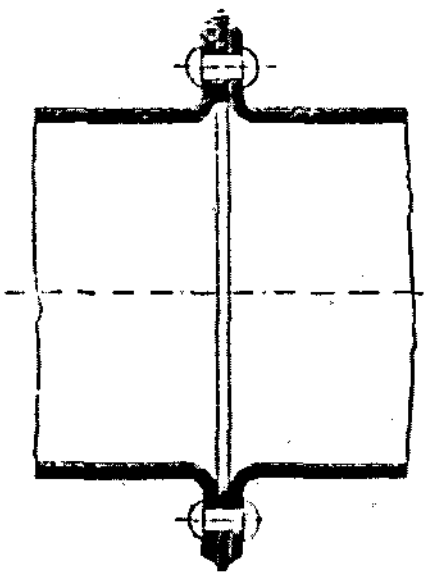
Черт. 294—298.—Желѣзныя трубы малыхъ діаметровъ (цѣльнотянутыя) для домовыхъ водопроводовъ и ихъ винтовыя соединенія.



Черт. 299.



Черт. 300.

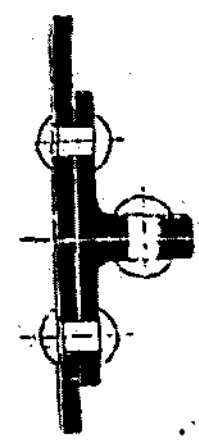


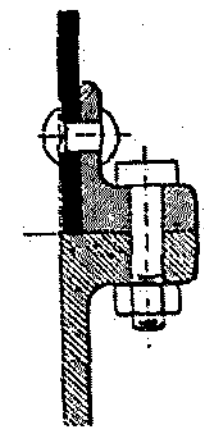
Черт. 301.

Черт. 299.—Труба изъ листоваго желѣза. Шовъ въ притыкъ съ накладкой и двумя рядами заклепокъ. Въ продольномъ направленіи отдѣльныя звенья также соединены накладками, но съ однимъ рядомъ заклепокъ.

Черт. 300 и 301. — Труба изъ листоваго желѣза. Поперечный шовъ въ нахлестку съ двумя рядами заклепокъ. Въ продольномъ направленіи отдѣльныя звенья соединены флянцами (возможно лишь при отличномъ матеріалѣ) съ прокладкою кольца изъ мягкаго желѣза. Всѣ швы должны быть зачеканены. Флянцы придаютъ этому типу жесткость, особенно нужную для всасывающихъ трубъ.

Черт. 302.—Стыкъ желѣзныхъ трубъ при помощи флянцевъ изъ уголковъ.





Черт. 303.—Стыкъ желѣзной трубы съ чугунной.

боясь ихъ разрушенія, имѣя за собой примѣръ въ многочисленныхъ древнихъ сооруженіяхъ.

Керамиковыя трубы, конечно, не могутъ замѣнить чугунныхъ трубъ въ случаяхъ сильнаго напора. Но при малыхъ напорахъ и для самотека онѣ могутъ примѣняться съ успѣхомъ. Ихъ преимущества по сравненію съ металлическими трубами заключаются въ слѣдующемъ:

1) Онѣ не измѣняются не только отъ дѣйствія воды, но и сильныхъ кислотъ и щелочей, а потому какъ каналъ водопровода, такъ и сама вода въ керамиковыхъ водопроводахъ всегда чисты; здѣсь не можетъ образоваться тѣхъ наростовъ, которые мы замѣчаемъ въ металлическихъ трубахъ (см. черт. 330).

2) Болѣе гладкая поверхность керамиковыхъ трубъ, чѣмъ въ чугунныхъ и желѣзныхъ трубахъ, позволяетъ при прочихъ одинаковыхъ условіяхъ относительно уменьшить діаметръ керамиковаго водопровода, т. е. удешевить устройство его.

3) При одномъ и томъ же размѣрѣ керамиковыя трубы дешевле металлическихъ (для малыхъ напоровъ).

Въ настоящее время лучшіе заводы могутъ изготовлять керамиковыя трубы валоваго производства, и при томъ по дешевымъ цѣнамъ, слѣдующей прочности:

1) трубы діаметра 6 дюймовъ, выдерживающія внутреннее давленіе въ 100 фунтовъ на 1 квадратный дюймъ.

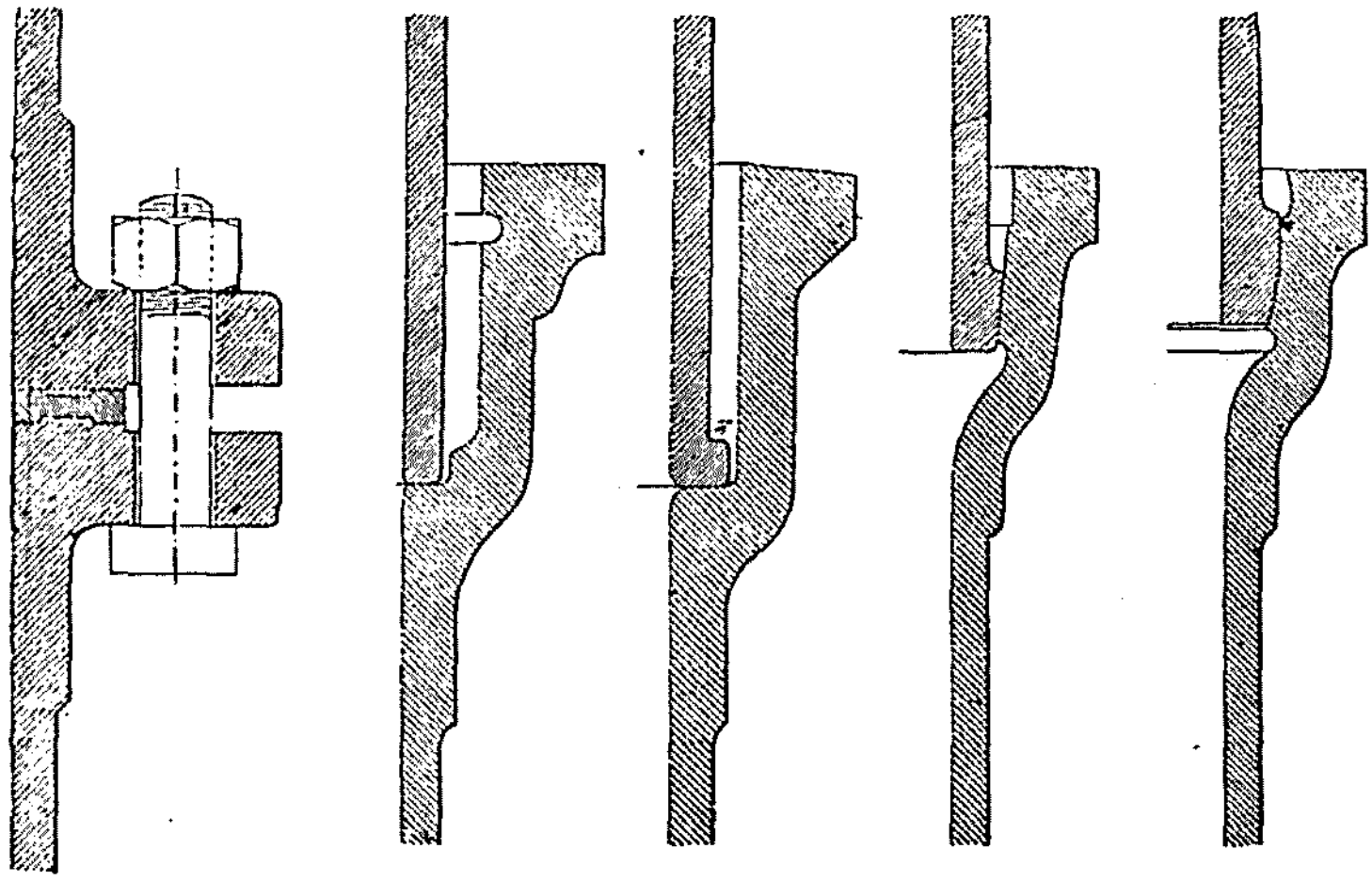
2) трубы діаметромъ въ 3 дюйма, выдерживающія 150 фунтовъ. Съ уменьшеніемъ діаметра трубъ, давленіе, выдерживаемое трубами, значительно увеличивается.

При этихъ давленіяхъ явленія пористости трубъ обыкновенно не наблюдается и на поверхности ихъ роса не появляется при испытаніи гидравлическимъ прессомъ. (См. по этому вопросу докладъ М. А. Колянковскаго Первому Рус. Водопр. Съѣзду 1893 года).

Техника даетъ повидимому уже возможность изготовлять керамиковыя трубы и еще гораздо большей прочности, не уступающей чугуннымъ водопроводнымъ трубамъ; но такія керамиковыя трубы нынѣ обходятся все еще гораздо дороже чугунныхъ.

Главныя затрудненія въ устройствѣ керамиковыхъ водопроводовъ подъ напоромъ строитель встрѣтитъ однако, не въ выборѣ трубъ, а въ ихъ укладкѣ, и въ необходимости ослабленія вліянія ударовъ при дѣйствіи задвижекъ и кранovъ.

Чугунныя трубы.



Черт. 304. Черт. 305. Черт. 306. Черт. 307. Черт. 308.

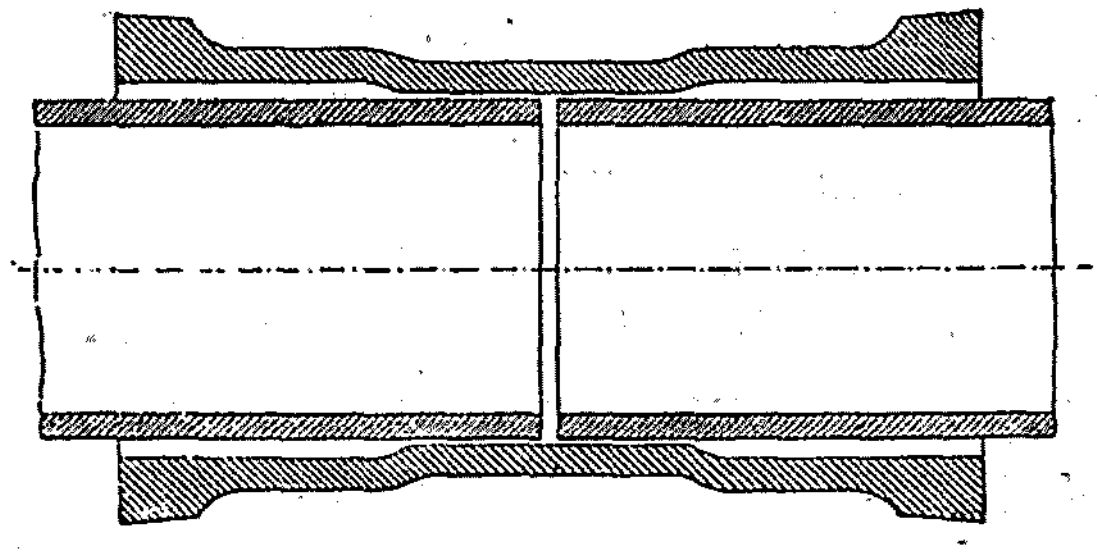
Черт. 304.—Флянцевый стыкъ чугунныхъ трубъ съ фасонной кожанной прокладкою для высокихъ давленій.

Черт. 305.—Раструбный стыкъ чугунныхъ трубъ въ Брауншвейгѣ (углубленіе для задержки свинца).

Черт. 306. — Раструбный стыкъ чугунныхъ трубъ въ Франкфуртѣ на Майнѣ (отличительная черта—утолщеніе тонкаго конца, увеличивающее его прочность и препятствующее забивкѣ проникать въ трубу).

Черт. 307. — Раструбный стыкъ чугунныхъ трубъ въ Ливерпулѣ (плотное соприкосновеніе трубъ по обточенной конической поверхности; стыкъ плотенъ, но трубопроводъ слишкомъ жестокъ).

Черт. 308.—Раструбный стыкъ чугунныхъ трубъ въ Ливерпулѣ (соприкосновеніе по шаровой поверхности, что сохраняя плотность стыка придаетъ гибкость трубопроводу).



Черт. 309.—Соединеніе муфтой или двойнымъ раструбомъ.

Керамиковыя трубы, сообразно свойству сыраго матеріала, изъ коего онѣ сдѣланы, и самому способу, ихъ изготовленія въ настоящее время производятся длиною не болѣе 2-хъ аршинъ, т. е. гораздо короче чѣмъ металлическія, а потому, понятно, громадное значеніе хорошаго стыка въ сѣти керамиковаго водопровода.

Отдѣльныя звенья или трубы въ такой сѣти соединяются между собою преимущественно двумя способами: или въ раструбахъ или помощью накладныхъ муфтъ. (См. далѣе курсъ Водостоковъ).

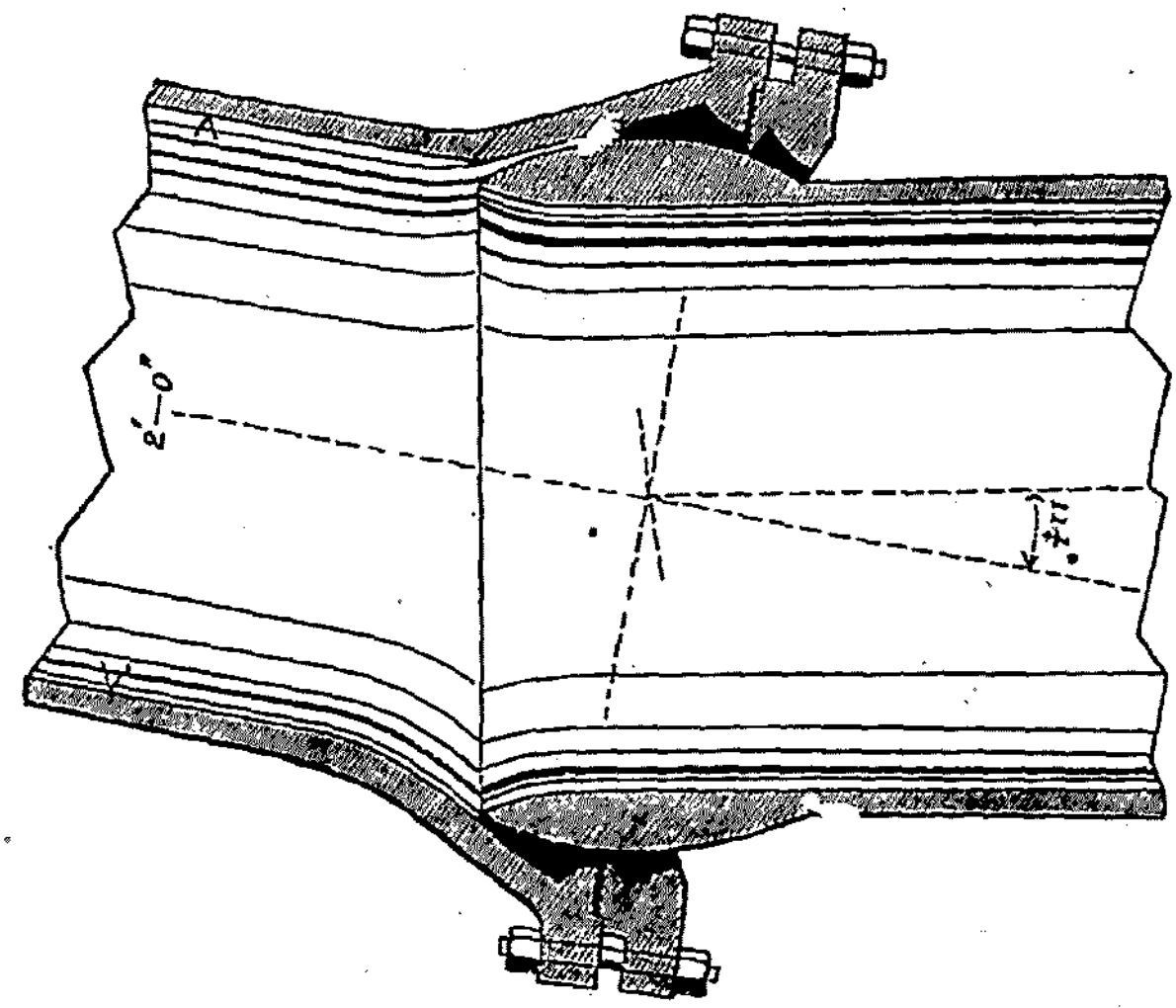
Въ обоихъ случаяхъ концы трубъ спаружи, а раструбы или муфты внутри, снабжаются глубокими рифами въ видѣ нарѣзокъ, предназначенныхъ для лучшаго задержанія въ швахъ заполняющаго вещества.

Въ водопроводной сѣти промежутокъ между трубами и раструбомъ или муфтою заполняется слѣдующимъ образомъ:

считая по длинѣ трубы, половина стыка заполняется всегда жгутомъ изъ смоленой пеньки съ сильною его забивкою на мѣстѣ, а остальная часть заливается или цементнымъ растворомъ, или асфальтомъ въ смѣси съ гудрономъ, или свинцомъ, или, наконецъ, заполняется чугунною замазкой, то есть смѣсью изъ чугунныхъ опилокъ, сѣры и нашатыря.

Цементный шовъ дѣлается легко и скоро, но требуетъ откачиванія грунтовыхъ водъ не только во время работы шва, но и значительное время послѣ, до нѣкотораго отвердѣнія раствора; шовъ этотъ не обладаетъ эластичностью, и потому часто даетъ трещины при малѣйшихъ движеніяхъ трубъ. Асфальтовый шовъ болѣе всего боится замочки спаиваемыхъ трубъ во время работы шва, и въ этомъ отношеніи онъ капризнѣе другихъ, требуя крайней бдительности въ работѣ, почему часто и не удается. Зато, хорошо сдѣланный асфальтовый шовъ значительно прочнѣе цементнаго при разрывѣ. Шовъ этотъ обладаетъ значительною эластичностью, совершенно непроницаемъ для воды, не боится дѣйствія кислотъ и щелочей, и вообще онъ, повидимому, наиболѣе подходящій для соединенія между собою керамиковыхъ трубъ. Водопроводъ, найденный при раскопкахъ древней Ниневіи, имѣлъ швы, заполненные именно битумомъ. Шовъ, заполненный свинцомъ, совершенно тѣмъ же способомъ, какъ и у чугуннаго водопровода, оказался неудачнымъ, вслѣдствіе значительной разницы коэффиціентовъ расширенія свинца

Чугунныя трубы.



Черт. 310.—Гибкій стыкъ чугунныхъ трубъ, системы Фаннинга, рекомендуемое при укладкѣ магистрала 1-го или 2-го порядка чрезъ широкую и глубокую рѣку и т. п., гдѣ было бы трудно и дорого производить работу за перемычками. Стыкъ образуется раструбомъ малой трубы, сферическимъ утолщеніемъ правой, флянцемъ лѣвой, свободными флянцевыми кольцами правой и свинцовымъ заполненіемъ (черная сплошная краска чертежа). Правую трубу вставляютъ въ лѣвую, отодвинувъ предварительно свободное кольцо, и заполняетъ промежутокъ свинцомъ; потомъ надвигаютъ кольцо и притягиваютъ его болтами, а затѣмъ заполняютъ свинцомъ пространство между кольцами и трубой. Стыкъ предназначенъ для трубъ большого діаметра. Соединивъ такимъ образомъ всѣ звенья отвѣчающіе рѣчному пролету, ихъ опускаютъ въ воду. (Fanning—стр. 464).

и тѣла керамиковыхъ трубъ. Опытъ показалъ, что сѣть керамиковаго водопровода, уложенная при температурѣ около 15 Ц., дѣйствовала хорошо пока температура воды въ трубахъ была не ниже 10 Ц., а затѣмъ свинецъ сжимался значительно сильнѣе, чѣмъ керамиковая труба, и швы давали течь.

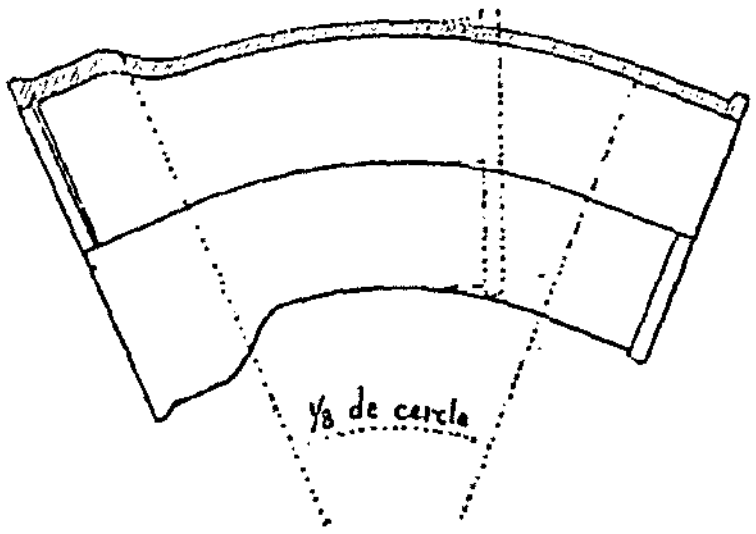
Заполненіе швовъ чугунною замазкою представляетъ затрудненіе въ приготовленіи замазки должной крѣпости, за отсутствіемъ подготовленныхъ къ этому дѣлу мастеровъ; а потому нерѣдко случается, что такая замазка или рветъ раструбы, или слишкомъ слаба и даетъ течь. Кромѣ того она долго крѣпнетъ и за все это время боится воды, а послѣдняя такъ часто встрѣчается при укладкѣ трубъ въ рвахъ. Вопросъ о выборѣ того или другого заполненія шва въ керамиковомъ водопроводѣ зависитъ отъ многихъ мѣстныхъ условій прокладки сѣти, и вообще еще мало изслѣдованъ и разработанъ, и это составляетъ по мнѣнію многихъ спеціалистовъ, главный тормазъ въ дѣлѣ устройства водопроводовъ изъ дешевыхъ керамиковыхъ трубъ, особенно при нѣкоторомъ напорѣ въ сѣти.

Въ самой тѣсной связи съ этимъ находится и вопросъ объ уменьшеніи вреднаго вліянія на сѣть ударовъ, происходившихъ при закрываніи и открываніи разныхъ крановъ и задвижекъ. Этотъ вопросъ имѣетъ большую важность въ примѣненіи къ водопроводамъ изъ чугунныхъ трубъ; тѣмъ важнѣе онъ для керамиковыхъ водопроводовъ, гдѣ трубы менѣе прочны, а швы не только слабѣе, но ихъ вдвое и часто втрое больше чѣмъ въ чугунномъ водопроводѣ. А потому, въ видахъ удешевленія устройства водопроводовъ, укладкою вмѣсто металлическихъ трубъ, въ подходящихъ случаяхъ, керамиковыхъ, болѣе всего должно заботиться изысканіемъ такого способа соединенія керамиковыхъ трубъ, который легко и удобно примѣнялся бы при всѣхъ неблагопріятныхъ условіяхъ работы, и при разныхъ климатическихъ и почвенныхъ условіяхъ прокладки сѣти.

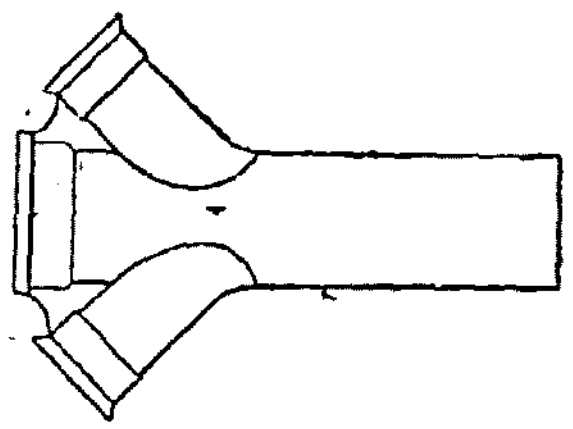
Трубы изъ каменной кладки и бетона могутъ легко быть значительныхъ діаметровъ (болѣе сажени), но при большихъ напорахъ эти трубы плохо сопротивляются давленію, такъ какъ оно вызываетъ въ нихъ растяженіе, и легко даютъ течь.

Бетонныя трубы съ желѣзнымъ остовомъ или каркасомъ могутъ быть всякихъ діаметровъ и отлично сопротивляются какъ сжатію,

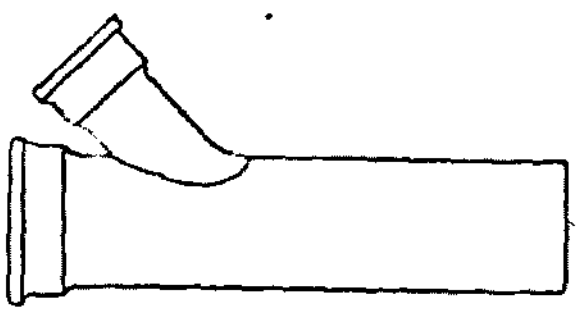
Чугунныя трубы.



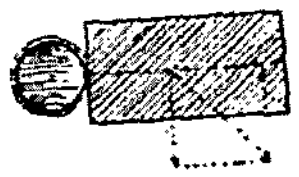
Черт. 311.—Кривыя колѣна для сопряженія чугунныхъ трубъ.



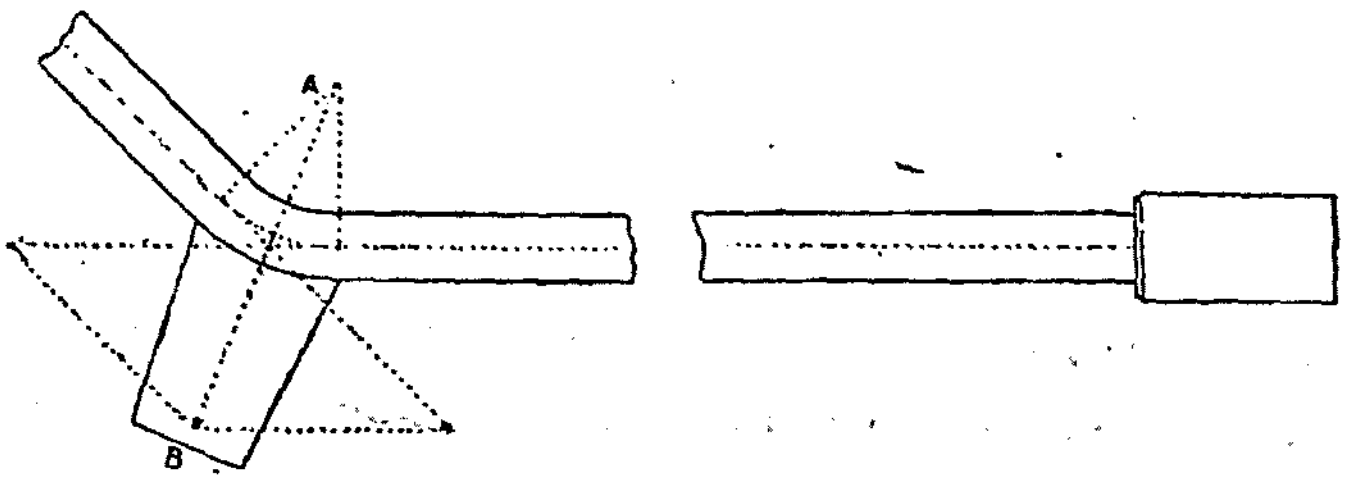
Черт. 312.—Чугунный тройникъ.



Черт. 313. — Чугунный двойникъ.



Черт. 315.—Разрѣзъ къ черт. 314.



Черт. 314. — Планъ колѣна съ показаніемъ устройства боковой опоры, противодѣйствующей центробѣжной силѣ воды.

такъ и растяженію. Это несомнѣнно трубы, которымъ предстоитъ широкое распространеніе.

Деревянныя трубы даютъ прекрасные результаты въ Англіи и Америкѣ и, надо думать, могутъ найти себѣ примѣненіе и у насъ, въ особенности въ мѣстностяхъ богатыхъ лѣсомъ. Онѣ могутъ быть очень значительныхъ діаметровъ (Торонто—1,20 м.) и дѣлаются на манеръ бочекъ изъ клепокъ (черт. 284). Недостатокъ ихъ—онѣ гніютъ отъ перемѣннаго дѣйствія сырости и воздуха.

Свинцовыя трубы были во времена Римлянъ и много времени спустя единственныя, которыя умѣли дѣлать. Еще въ прошломъ столѣтіи фабриковали свинцовыя трубы діаметромъ въ 0,216 метра и длиною въ 4 метра; въ Версалѣ были употребляемы свинцовыя трубы даже большихъ размѣровъ. Но со времени распространенія чугунныхъ трубъ свинецъ примѣняется только для трубъ малаго діаметра, преимущественно внутри зданій, гдѣ легкость, съ которой свинцовыя трубы могутъ быть изгибаемы представляютъ большія достоинства, равно какъ и способность свинца легко спаиваться съ разными металлами, благодаря чему такія трубы удобно прикрѣпляются къ разнымъ приборамъ.

Недостатки свинцовыхъ трубъ:
сопротивленіе разрыву въ 19 разъ меньшее,
удѣльный вѣсъ въ $1^1/_2$ раза большій и
стоимость въ 3 раза большая, чѣмъ у чугуна.

Въ продажѣ свинцовыя трубы имѣются въ видѣ *непрерывныхъ трубъ*, до 10 метровъ длины, полученныхъ вытягиваніемъ или выдавливаніемъ въ холодномъ или горячемъ состояніи.

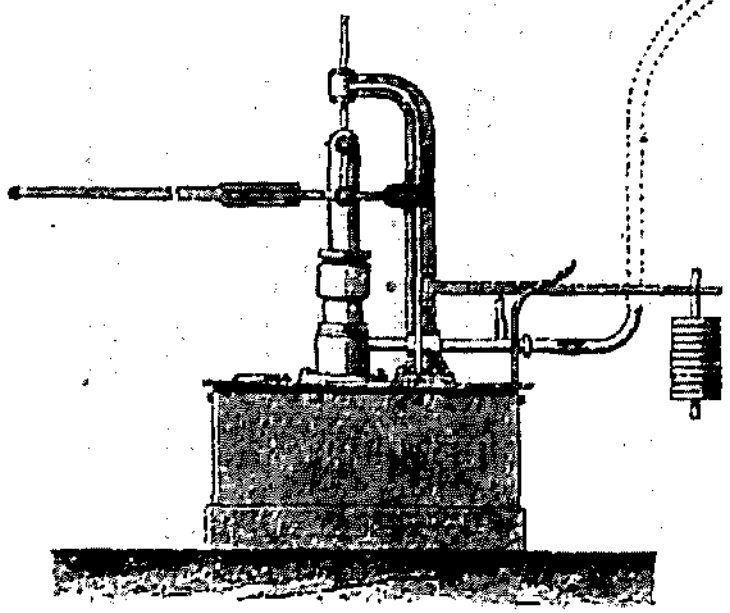
Діаметры ихъ измѣняются обыкновенно въ предѣлахъ 0,01 и 0,108 и соотвѣтствующія толщины стѣнокъ въ предѣлахъ 0,003 и 0,007 метра. Соединяются свинцовыя трубы въ горячемъ состояніи *спаиваніемъ* или въ холодномъ *стяжками* (черт. 288—293).

Въ первомъ случаѣ края срѣзываются наискозь, смазываются составомъ, препятствующимъ окисленію и запаиваются сплавомъ изъ 3 частей свинца и 5 олова на огнѣ спиртовой лампы, причемъ вокругъ шва дѣлается наплывъ изъ этой смѣси.

Во второмъ случаѣ края трубъ отворачиваются въ видѣ флянцевъ, между ними прокладывается кольцо изъ пропитанной жиромъ кожи и онѣ стягиваются, какъ показываетъ черт. 290.

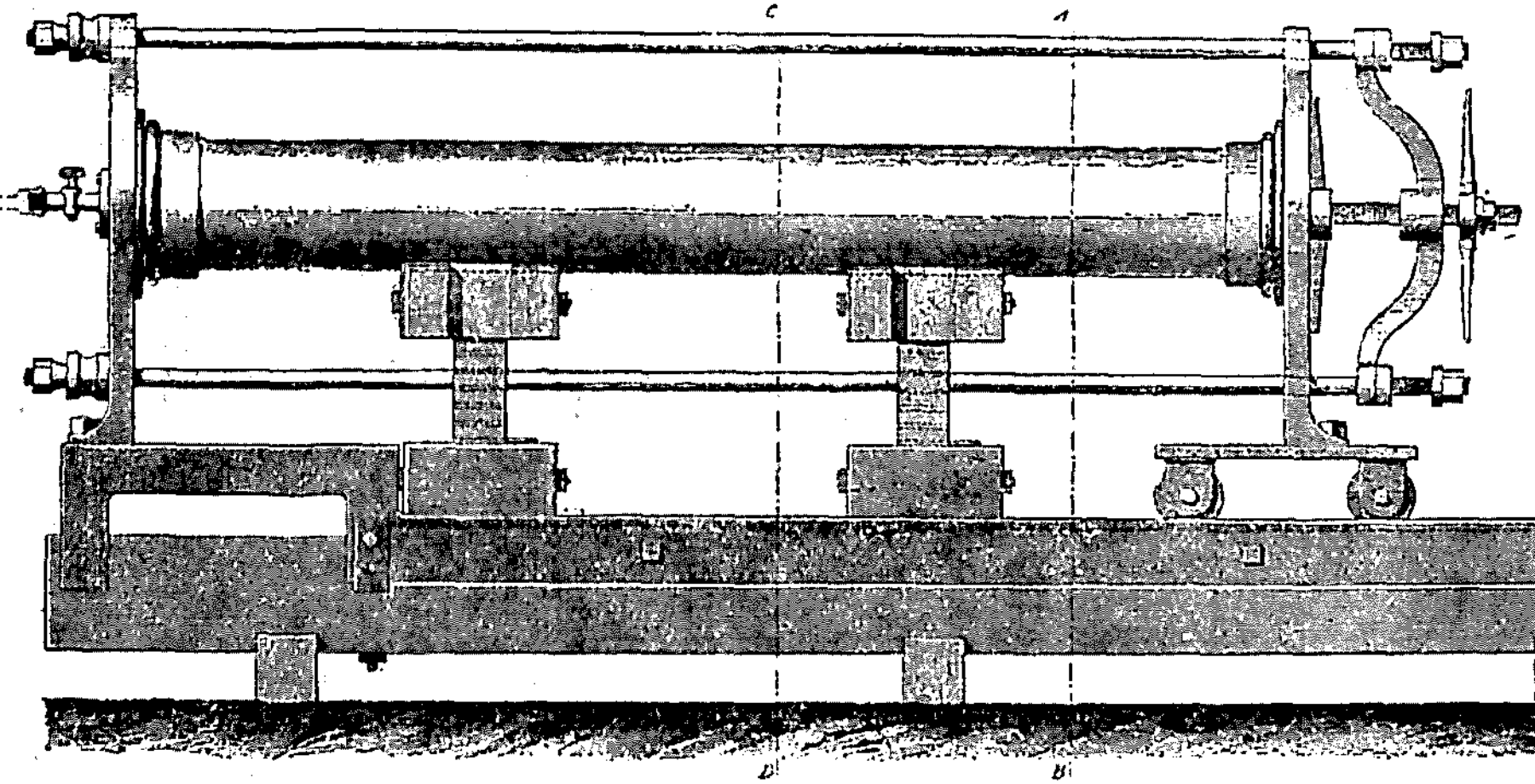
Испытаніе чугунныхъ трубъ давленіемъ воды.

Гидравлическій прессъ.



Черт. 317.

Станокъ для закрѣпленія трубы и гермитическаго закрываніе ея устьевъ.



Черт. 316.

Приспособленіе для испытанія чугунныхъ трубъ давленіемъ воды.

Подобный же стыкъ показанъ на черт. 291, гдѣ стягиваніе производится не болтами, а гайкой. Чертежъ 292 представляетъ стыкъ свинцовыхъ трубъ съ мѣдной подкладкой. Чертежъ 293 показываетъ, какъ свинцовую трубу сопречь съ желѣзной.

Въ виду ядовитости самого свинца, не слѣдуетъ пить воду, которая долго оставалась безъ движенія въ свинцовыхъ трубахъ. При частомъ обмѣнѣ воды нѣтъ никакой опасности, такъ какъ свинецъ почти не растворяется подъ дѣйствіемъ воды обыкновенной, не заключающей въ себѣ азотистыхъ или хлористыхъ солей.

Желѣзныя трубы могутъ быть самыхъ большихъ и самыхъ малыхъ діаметровъ (черт. 294—303). Большія дѣлаются изъ склепанныхъ листовъ и примѣняются для дюкеровъ или сифоновъ, для водопроводныхъ мостовъ и т. п. исключительныхъ сооруженій, гдѣ вода находится подъ особенно большимъ давленіемъ. Малыя приготовляются вытягиваніемъ и служатъ для домовой канализаціи чистой воды.

Достоинство желѣзныхъ трубъ:

большое сопротивленіе давленію, отсюда

небольшой вѣсъ трубъ по сравненію съ чугунными;

относительная дешевизна (по исчисленію Ричардса, если принять стоимость свинцовыхъ трубъ за единицу, то желѣзныя стоятъ—0,46, оцинкованныя желѣзныя — 0,50; цементированныя — 0,58 и эмальированныя—0,65).

Недостатки ихъ:

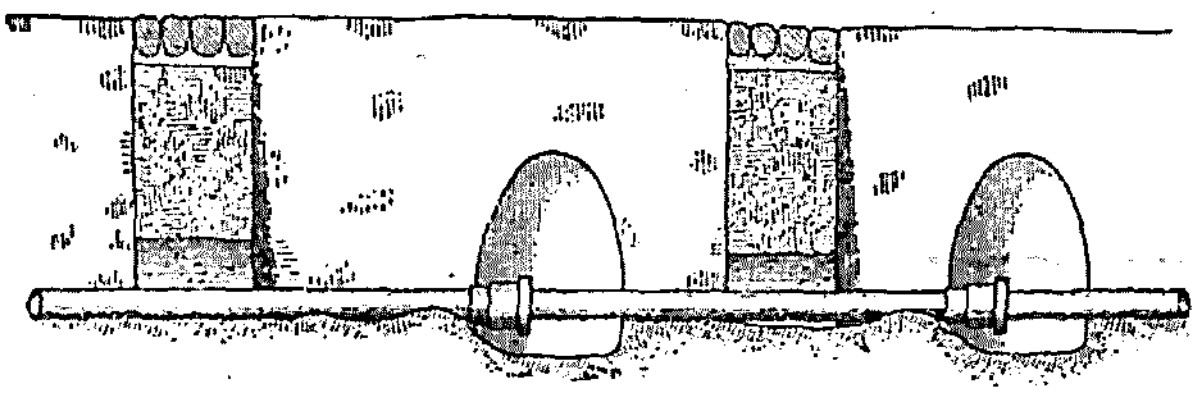
легкость, съ которой онѣ ржавѣютъ,

оттуда необходимость покрытія ихъ снаружи и изнутри цинкомъ, асфальтомъ и т. п. веществами, трудность устройства кривыхъ рукавовъ и боковыхъ соединеній, которыя для большихъ трубъ обыкновенно дѣлаются изъ чугуна,

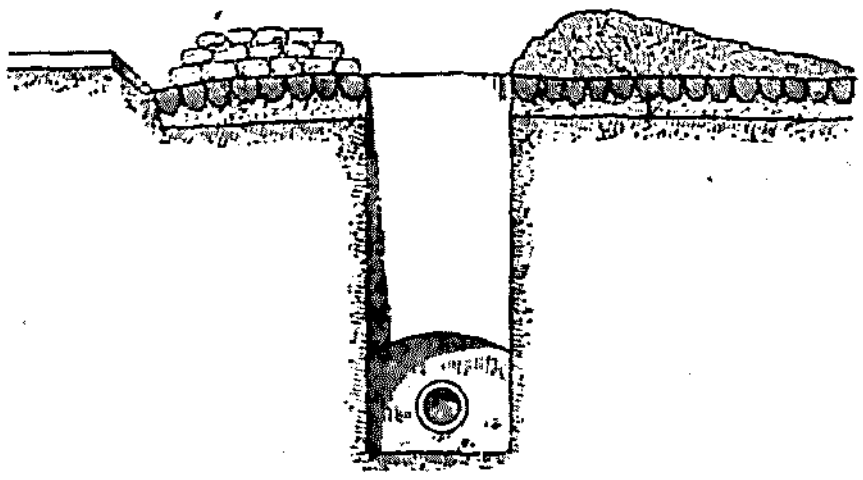
непригодность матеріала старыхъ трубъ ни къ чему, тогда какъ старыя чугунныя трубы имѣютъ еще $^1/_3$ цѣны, а старыя свинцовыя еще больше.

Соединенія трубъ желѣзныхъ часто дѣлаются винтовыми — при малыхъ діаметрахъ, а при большихъ—заклепочныя (черт. 294—303). Въ настоящее время многіе изобрѣтатели ищутъ способъ предохранить прочной одеждой желѣзныя трубы отъ ржавленія. Существуютъ трубы, покрытыя толстымъ слоемъ асфальта (желѣзно-асфальтовыя), трубы цинкованныя гальванопластическимъ способомъ, трубы луженыя оло-

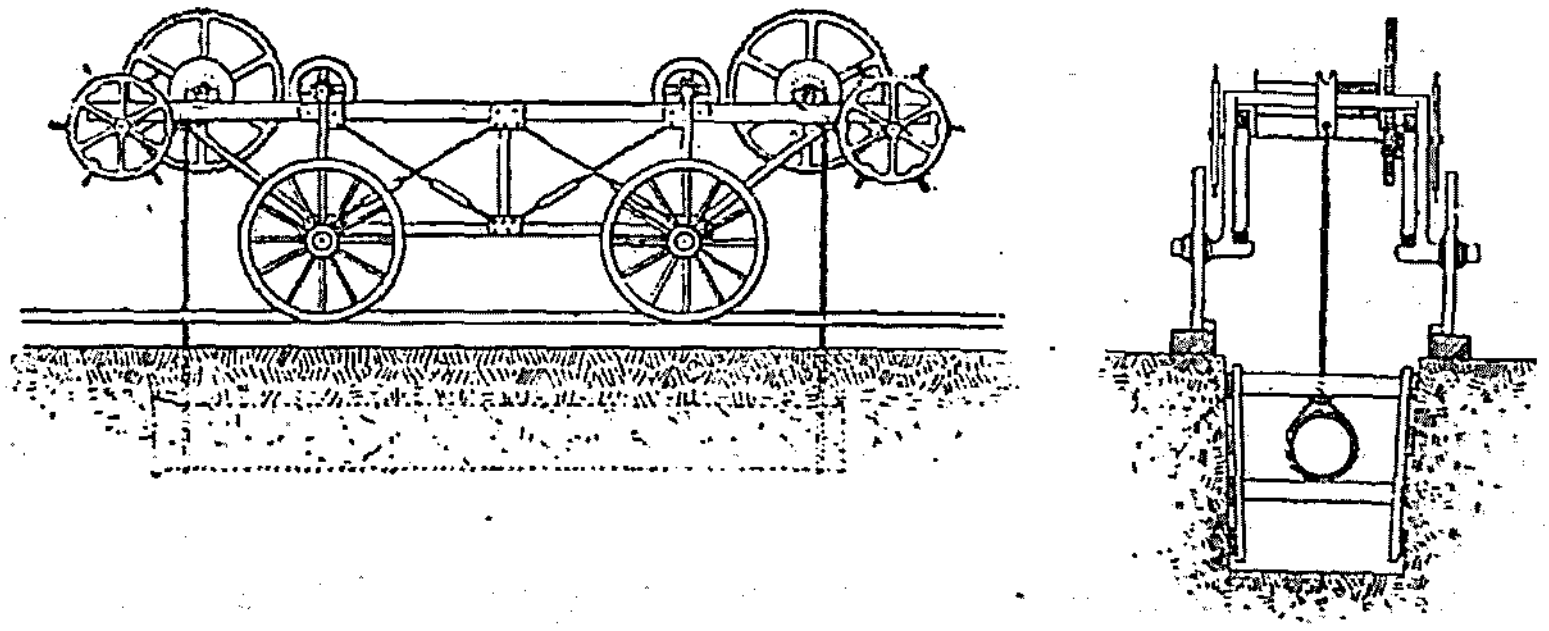
Укладка трубъ.



Черт. 318.—**Продольный разрѣзъ рва для укладки трубъ.**



Черт. 319.—**Поперечный разрѣзъ рва для укладки трубъ.**



Черт. 320 и 321. **Катучій кранъ (боковой видъ и видъ спереди) для переноски и опусканія чугунныхъ трубъ (Bechmann).**

Примѣчаніе къ черт. 318. Ровъ вынимается не сплошь, а для поддержанія стѣнокъ оставляются столбы, чрезъ которые дѣлаются прорѣзы для трубы. У стѣнокъ выемка уширяется для удобства работы.

вомъ, трубы эмальированныя, трубы, покрытыя цементомъ (черт. 285—287), наконецъ, трубы, поверхность коихъ обращена въ магнитную окись желѣза.

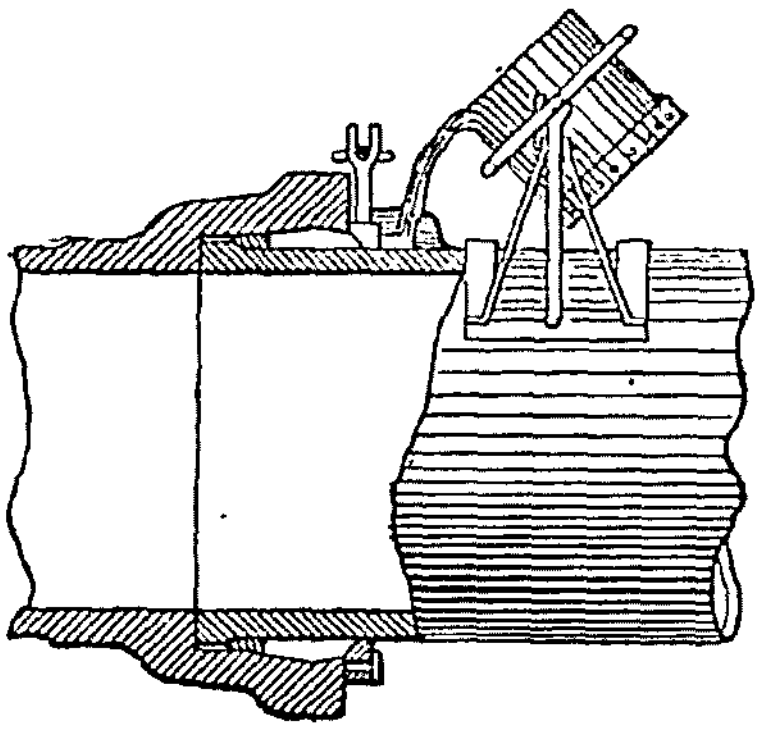
Ни одна изъ этихъ категорій трубъ не имѣетъ пока права считаться безупречнымъ рѣшеніемъ вопроса о предохраненіи желѣза отъ болѣе или менѣе скораго разрушенія, хотя въ нѣкоторыхъ случаяхъ тѣ или другія изъ перечисленныхъ изобрѣтеній нашли себѣ относительно удачное примѣненіе.

Стальныя трубы открываютъ повидимому въ водопроводномъ дѣлѣ новую эру. Вотъ уже нѣсколько лѣтъ, какъ употребленіе ихъ начинаетъ все болѣе и болѣе распространяться, въ особенности со времени знаменитаго открытія Маннесмана. Маннесманъ нашелъ способъ изготовленія листовыхъ трубъ безъ продольнаго шва, примѣняющійся ко всякимъ металламъ. Длинная лента листового металла навивается по винтовой линіи спаиваясь винтовымъ швомъ. Такимъ путемъ получаются стальныя трубы чрезвычайно легкія, эластичныя, прочныя—разныхъ діаметровъ. Онѣ слегка окисляются и затѣмъ погружаются въ горячемъ состояніи въ деготь. Сопротивленіе приготовленныхъ такимъ образомъ трубъ ржавчинѣ значительно больше, чемъ трубъ желѣзныхъ. Онѣ получаютъ все большее распространеніе для водопроводовъ не только домовыхъ, но и уличныхъ, въ особенности для странъ заморскихъ, куда доставка тяжелыхъ чугунныхъ трубъ обходилась бы дорого. Онѣ легко укладываются по пологимъ кривымъ, но въ крутыхъ сопряженіяхъ необходимы чугунныя вставки.

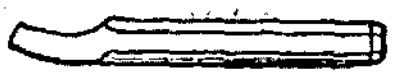
Асфальтовыя трубы, столь часто восхваляемыя въ послѣднее время, не годятся, по мнѣнію многихъ инженеровъ, для большихъ трубопроводовъ, какъ вслѣдствіе способа ихъ соединенія, такъ и благодаря самому матеріалу ихъ, недающихъ достаточной гарантіи прочности.

Чугунныя трубы—наиболѣе распространены въ водопроводномъ дѣлѣ. Матеріалъ, употребляемый по преимуществу при трубопроводахъ сколько-нибудь значительной длины—чугунъ. Чугунныя трубы дешевле прочихъ металлическихъ трубъ, могутъ быть самыхъ различныхъ размѣровъ (діам. — 0,03 м. до 1,30 метра); стыки ихъ также прочны. Ихъ дѣлаютъ длиной 2,50—4 метровъ. Необходимо заботиться, чтобы онѣ отливались въ вертикальныхъ формахъ, чтобы избѣжать неодно-

Чугунныя трубы.



Черт. 322



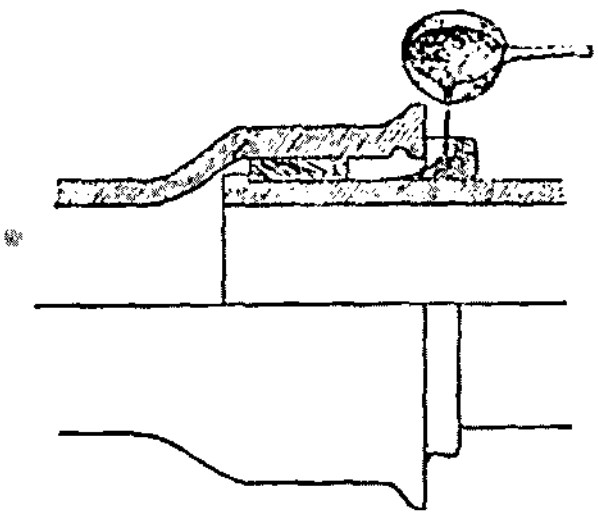
Черт. 323



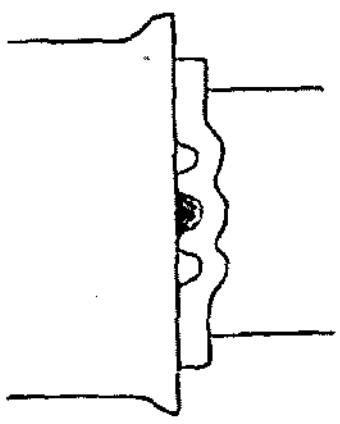
Черт. 324



Черт. 325



Черт. 326



Черт. 327

Черт. 322—327. — **Заливка свинцомъ чугунныхъ трубъ.** Сначала половина стыка (около 0,04—0,05 м.) заполняется смоленной веревкой; она наматывается на трубу и уплотняется особымъ инструментомъ (черт. 324—325). Затѣмъ вокругъ стыка дѣлается обкладка изъ глины (черт. 327), въ которой оставляются отверстія для вливанія свинца и выхода воздуха. Свинецъ льется изъ ручной чашки (черт. 326) или изъ стоящаго на особой подставкѣ ведра. Когда стыкъ заполненъ, свинецъ зачеканивается особыми зубилами (черт. 323). При большихъ трубахъ для заливки свинцомъ стыкъ прикрывается стальнымъ или желѣзнымъ кольцомъ съ глиняной обложкой (черт. 322).

родности металла въ одномъ сѣченіи, могущей привести къ разрыву трубы. Если чугунныя трубы отлиты стоймя, то:

1) этимъ достигается однообразная толщина стѣнокъ, такъ какъ при вертикальной отливкѣ не можетъ произойти прогиба сердечника (шишки);

2) устраняется вредное вліяніе неправильнаго положенія сердечника, которое сильно вліяетъ на плотность трубы, и при недостаточной связи чугуна со стерженьками, поддерживающими сердечникъ, легко можетъ вызвать неплотности.

Стыки чугунныхъ трубъ бываютъ весьма разнообразны. Нѣкоторые изъ нихъ показаны на черт. 304—310. Основные типы суть соединенія флянцами, раструбами и муфтами. Флянцевыя соединенія (черт. 304) позволяютъ легко вынимать каждое звѣно и замѣнять новымъ, не трогая сосѣднихъ, и даетъ болѣе прочный трубопроводъ, что важно для трубъ уложенныхъ съ большими уклонами или отвѣсно. Но флянцевый стыкъ дороже раструбнаго и скорѣе даетъ течь и потому онъ почти вездѣ вытѣсняется раструбнымъ (черт. 305—310).

Преимущества раструбнаго соединенія главнымъ образомъ слѣдующія:

1) при тщательной работѣ достигается непроницаемость при любомъ давленіи;

2) трубопроводъ получаетъ нѣкоторую гибкость благодаря заполненію стыка свинцомъ;

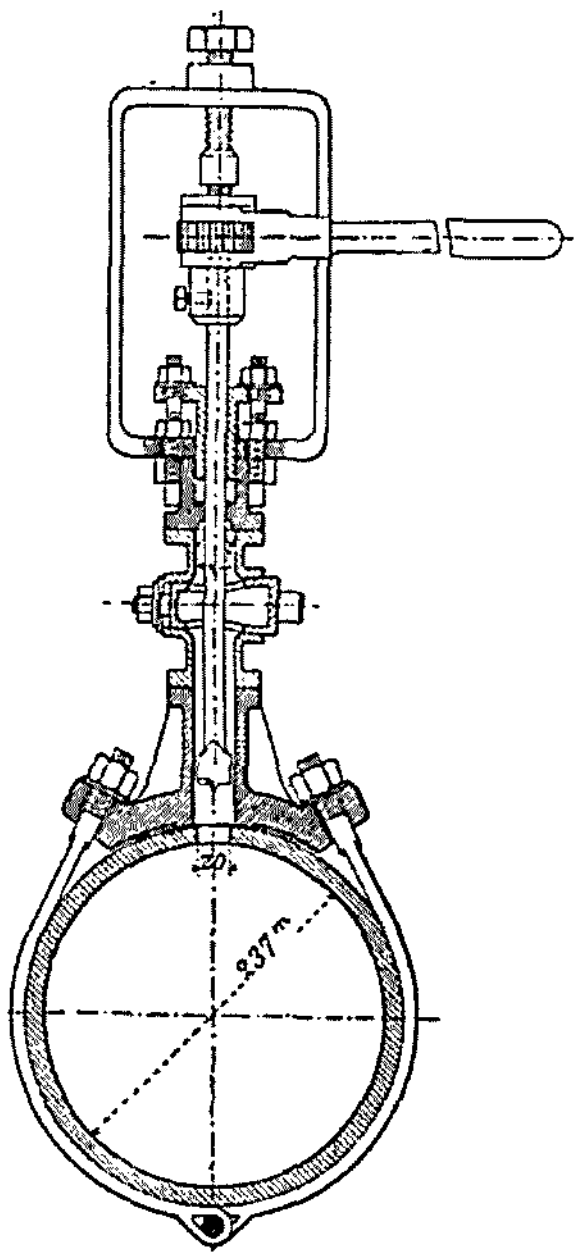
3) неизбѣжныя исправленія производятся легко.

Различаютъ соединенія помощью простыхъ раструбовъ и помощью двойныхъ раструбовъ или муфтъ. Первый способъ самый употребительный. Его недостатокъ въ трудности вынуть или вставить отдѣльное звено. Для этого приходится открыть трубу на значительное протяженіе и предварительно расплавивъ свинецъ въ раструбахъ, такъ приподнять ее, чтобы звено вынулось.

При этомъ разстраиваются сосѣдніе стыки и работа вообще сложна и дорога. Чтобы избѣжать ея часто предпочитаютъ разбить звѣно.

Двойные раструбы или муфты устраняютъ эти неудобства (чертежъ 309). Когда нужно муфта сдвигается въ сторону и звено вынимается. Такой стыкъ дороже простого раструба и примѣняется

Чугунныя трубы.



Черт. 328.

Приборъ для просверливанія магистралей и устройства отводовъ.

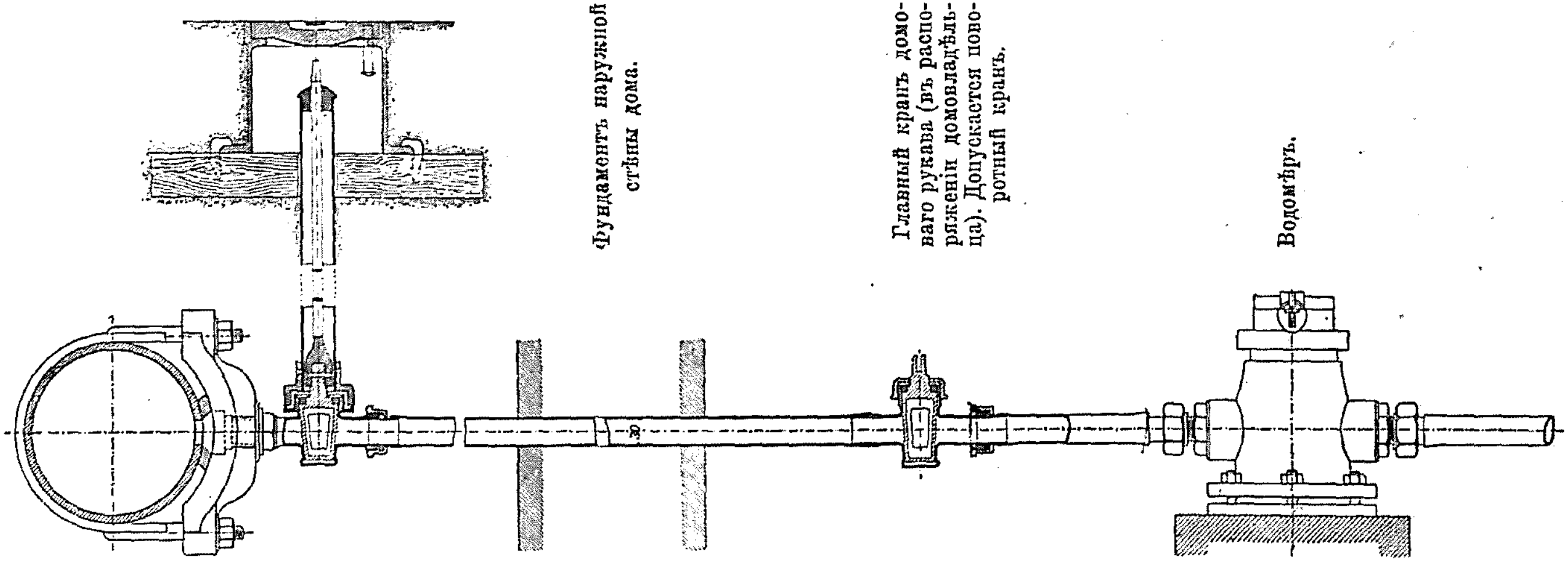


Черт. 329.—**Приборъ для очистки трубъ отъ наростовъ.** Приборъ вводится въ трубу и, образуя поршень, движется подъ давленіемъ воды, которая сообщаетъ ему еще вращательное движеніе. Скребки, расположенные по винтовымъ линіямъ снимаютъ наросты и щетка очищаетъ стѣнки трубы.



Черт. 330. — Видъ чугунной трубы на внутреннихъ стѣнкахъ, которой образовался наростъ изъ ржавчины и осадковъ солей.

Устройство домоваго рукава.



Магистраль.

Главный кранъ домоваго рукава (въ распоряженіи администраціи водопровода). Въ этомъ мѣстѣ допускаются поворотн. краны, вообще опасные, вслѣдствіе вызываемыхъ ими ударовъ воды.

Фундаментъ наружной стѣны дома.

Главный кранъ домоваго рукава (въ распоряженіи домовладѣльца). Допускается поворотный кранъ.

Водомѣръ.

Черт. 331 и 332. — **Продольный разрѣзъ по домовому рукаву съ показаніемъ магистрали главныхъ крановъ и водомѣра ($^1/_8$ н. в.).**

обыкновенно въ мѣстахъ, гдѣ предвидится возможность частыхъ измѣненій въ трубопроводѣ.

Заполненіе въ раструбныхъ стыкахъ дѣлается помощью пеньки или пакли, или смоленой веревки съ заливкою свинцомъ, или помощью желѣзной замазки. При употребленіи свинца половина пространства заполняется пенькой, паклей или веревкой, а остальная половина заливается свинцомъ. При употребленіи же желѣзной замазки пакля занимаетъ лишь небольшое пространство, чтобы замазка могла пройти на большую глубину. Желѣзная замазка обыкновенно состоитъ изъ 90 вѣсовыхъ частей чугунныхъ опилокъ, 2 вѣсовыхъ частей сѣрнаго цвѣта и 1 части порошкообразнаго нашатыря. Этотъ способъ приготовленія замазки далъ удовлетворительные результаты. Тѣмъ не менѣе для городскихъ водоснабженій предпочитается свинцовая заливка.

При пріемкѣ трубъ необходимо подвергнуть ихъ испытанію, которое заключается въ томъ, что трубу закрываютъ съ обоихъ концовъ герметическими крышками, наполняютъ водою и сжимаютъ эту воду до максимальнаго давленія, которое должна выдерживать труба. Для испытанія трубъ служитъ особая спеціальная нагнетательная помпа, которая показана на черт. 316. Такое испытаніе однако не достаточно гарантируетъ качество трубъ. Необходимо, чтобы производство ихъ велось подъ надзоромъ спеціальнаго агента водопроводной администраціи. Они слѣдятъ за всѣмъ ходомъ работы, провѣряютъ качество чугуна, испытываютъ его прочность; когда трубы отлиты они выслушиваютъ ихъ, ударяя ихъ молоткомъ, причемъ опытное ухо можетъ открыть много невидимыхъ для глаза недостатковъ, провѣряютъ діаметры и др. размѣры и пр., въ особенности же толщину стѣнокъ, для чего служитъ особый циркуль. Обыкновенно же эти спеціалисты производятъ и испытанія водой. При такомъ испытаніи труба не только не должна обнаружить трещинъ или щелей, но совсѣмъ не должна пропускать воды сквозь стѣнки, т. е. не должна быть пориста.

Испытаніе трубъ иногда рекомендуется производить слѣдующимъ образомъ: трубу погружаютъ горизонтально въ воду и подвергаютъ извнутри воздушному давленію въ опредѣленное число атмосферъ. Существованіе неплотностей и трещинъ проявляется ввидѣ воздушныхъ пузырьковъ, поднимающихся въ водѣ.

Послѣ испытанія трубы, обыкновенно покрываются смѣсью дегтя съ камено-угольной смолой; для этого трубы сначала нагрѣваютъ въ особой печи и потомъ погружаютъ въ ванну изъ названныхъ веществъ. Эта окраска трубы предохраняетъ еще въ значительной степени отъ ржавчины. Она не дѣлается до испытанія, потому-что окраска могла бы помѣшать открыть недостатки отливки.

Покрывающій трубу смолистый слой долженъ противустоять дѣйствію всѣхъ веществъ, находящихся въ почвѣ и противустоять дѣйствію мороза; составъ не долженъ быть хрупкимъ, чтобы не отваливаться при укладкѣ трубъ. На поверхности совершенно не должно быть непокрытыхъ мѣстъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ ржавчина можетъ распространиться и подъ составомъ, покрывающимъ трубу. Покрывать составомъ слѣдуетъ возможно чистую металлическую поверхность. Покрытіе трубъ внутри имѣетъ еще и ту выгоду, что при этомъ значительно уменьшается сопротивленіе движенію воды.

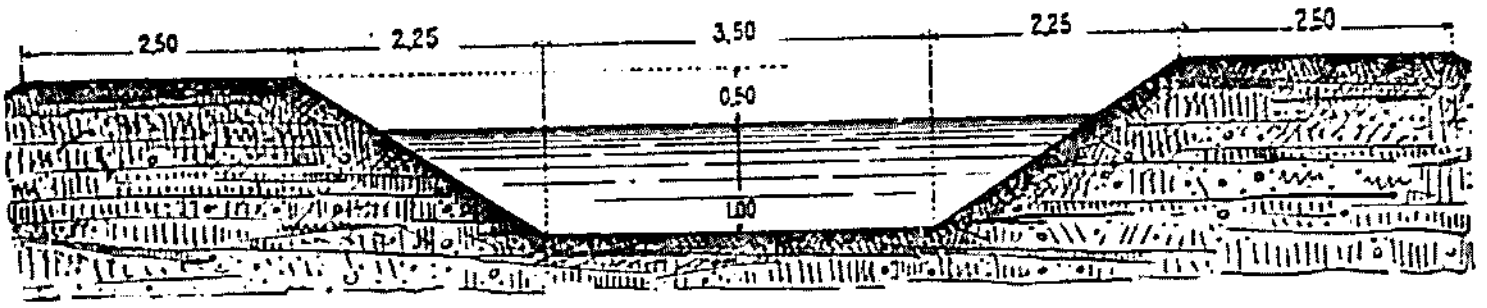
§ 52. О расчетѣ размѣровъ чугунныхъ трубъ.

Чугунныя трубы изготовляются каждымъ заводомъ въ видѣ извѣстной серіи съ возрастающими діаметрами. Въ настоящее время почти всѣ заводы западной Европы остановились приблизительно на одинаковыхъ типахъ. Такъ какъ большинство заводовъ имѣютъ опредѣленный сортаментъ трубъ, то важно знать его, чтобы избѣжать расходовъ на новыя модели. Расчетъ размѣровъ трубы дѣлается (при допущеніи, что 12—14 килограммовъ на кв. мм. есть предѣлъ растяженія чугуна) по обыкновеннымъ формуламъ строительной механики или же по нѣкоторымъ эмпирическимъ формуламъ, отчасти указаннымъ далѣе.

Толщина стѣнокъ возрастаетъ пропорціонально діаметру, но вѣсъ трубъ растетъ быстрѣе, и слѣдовательно и стоимость ихъ возрастаетъ быстрѣе, чѣмъ діаметръ; съ другой стороны стоимость укладки растетъ медленнѣе діаметровъ, такъ какъ манипуляціи укладки мало измѣняются въ извѣстныхъ предѣлахъ діаметра трубъ. Опытъ показываетъ, что, если разсматривать трубы уложенныя на мѣсто, то цѣна погонной единицы разныхъ трубъ оказывается пропорціональна діаметрамъ. Это обстоятельство обнаружилъ впервые Дюпюи.

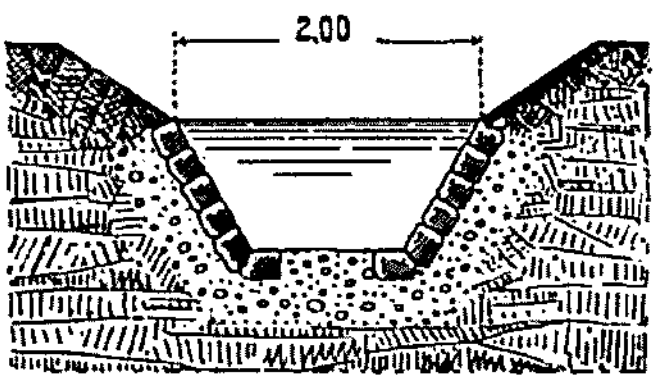
При проектированіи водоснабженій величины напора въ сѣти

Открытые каналы.



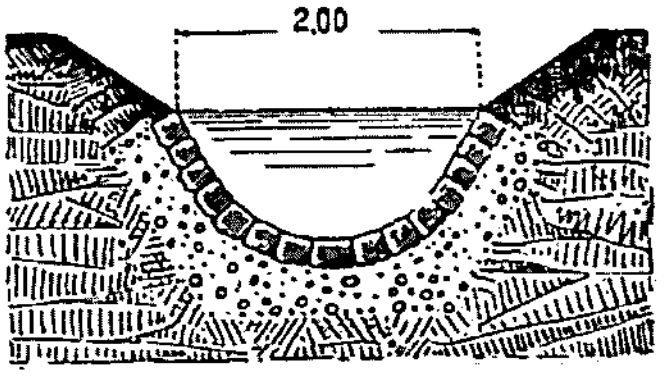
Черт. 333.

Профиль Уркскаго канала (съ земляными откосами) въ Парижѣ, служащаго для водоснабженія и для судоходства. Поверхностный уклонъ его очень малъ— 0,0000625. Въ подобныхъ же каналахъ въ Лондонѣ (New River)—0,0000474 въ Кенигсбергѣ—0,00014; обыкновенно въ питательныхъ каналахъ съ земляными откосами, устраиваемыхъ для водоснабженія судоходныхъ каналовъ, поверхностные уклоны измѣняются въ предѣлахъ 0,0001 и 0,0005. Максимумъ допустимой средней скорости теченія въ каналѣ съ незамощенными откосами— 0,70 метра (Lueger).



Черт. 334.

Профиль открытаго канала съ мощеными откосами.



Черт. 335.

Профиль открытаго канала съ мощеными откосами и дномъ. (Максимумъ допустимой средней скорости— 1,20 метра въ секунду—Lueger).

могутъ быть весьма различны въ зависимости отъ конфигураціи мѣстности, разности высотъ источника и снабжаемыхъ водой частяхъ города, а также и требованій, предъявляемыхъ водопроводу въ хозяйственномъ и пожарномъ отношеніяхъ.

Поэтому составитель проекта бываетъ часто вынужденъ изслѣдовать детально вопросъ о толщинѣ стѣнокъ трубъ своей сѣти. При всей кажущейся простотѣ этого вопроса онъ представляетъ нѣкоторыя затрудненія, такъ какъ съ одной стороны, кромѣ статическаго усилія, которымъ подвержены трубы, нужно имѣть въ виду удары и медленное разрушеніе ихъ химическими процессами, а съ другой— приходится считаться съ крайнимъ разнообразіемъ и несходствомъ эмпирическихъ указаній практики.

Для поясненія этого обстоятельства назовемъ (см. Алтуховъ. — Нов. усоверш. въ Америк. водопров. Спб., 1880 г., стр. 82):

t — толщину стѣнки трубы въ дюймахъ;

p — внутреннее разрывающее давленіе въ фунтахъ на квадратный дюймъ;

r — радіусъ трубы въ дюймахъ; и

f — предѣльное сопротивленіе чугуна разрыву въ фунтахъ на квадратный дюймъ.

Разсматривая единицу длины трубы, мы получаемъ, что для равновѣсія (въ моментъ разрыва трубы) давленій на два полукольца, должно существовать слѣдующее равенство:

$$2 \cdot t \cdot f \cdot = 2r \cdot p,$$

откуда

$$t = \frac{p \cdot r}{f}.$$

Возьмемъ теперь, для примѣра, трубу діаметромъ въ 12 дюймовъ, и опредѣлимъ какова должна быть толщина ея стѣнки для того только, чтобы уравновѣшивать внутреннее давленіе въ 250 фунтовъ на 1 кв. дюймъ, принимая предѣльное сопротивленіе чугуна разрыву въ 18.000 фунтовъ на 1 кв. дюймъ?

По вышеуказанной формулѣ мы будемъ имѣть:

$$t = 0{,}083 \text{ дюйм.}$$

Какъ видимъ, теоретическое выраженіе для толщины стѣнки трубы, подвергнутой довольно большому внутреннему давленію, получается

очень незначительное. Этотъ теоретическій результатъ увеличивается, прежде всего, обыкновенно, *въ 3 раза*, чтобы придать стѣнкамъ трубы извѣстный запасъ прочности, для чего предѣльное сопротивленіе чугуна разрыву принимается равнымъ 6.000 англ. фунтовъ, вмѣсто 18.000 англійскихъ фунтовъ.

Получаемыя при этомъ величины увеличиваются еще различнымъ образомъ разными авторитетами, чтобы найти такую *практическую* толщину стѣнокъ трубъ, которая обусловливала бы существованіе запаса прочности, для противодѣйствія увеличенному давленію отъ ударовъ воды о стѣнки трубъ, при быстромъ закрываніи и открываніи пожарныхъ или створныхъ кранovъ. Съ этою цѣлью, *Кирквудъ*, напримѣръ, ведетъ разсчетъ на пятерное давленіе, сравнительно съ нормальнымъ, т. е. въ нашемъ примѣрѣ, для p не въ 250, а 1.250 фунтовъ; другіе ученые авторитеты нѣсколько уменьшаютъ этотъ коэффиціентъ прочности, но въ большинствѣ случаевъ онъ все-таки колеблется около 2 или 3.

Полученное такимъ образомъ выраженіе для толщины стѣнокъ трубъ увеличивается, обыковенно, еще нѣкоторою величиною X, имѣя въ виду неправильности при отливкѣ трубъ, ржавленія ихъ, и тѣхъ случайныхъ силъ и вліяній, которыя обнаруживаются при различныхъ фазисахъ приготовленія, транспортировки, укладки и службы трубъ. Эта величина X, при однихъ формулахъ, измѣняется въ предѣлахъ отъ 0,24 дюйма до $0{,}40''$, а при другихъ отъ $0{,}57''$ до $1{,}04''$.

Такимъ путемъ создался для разсчета размѣровъ чугунныхъ трубъ цѣлый рядъ эмпирическихъ формулъ, изъ коихъ мы сравнимъ между собою нѣсколько, а именно предложенныя слѣдующими авторитетами:

1) *James P. Kirkwood*:

$$t = \frac{5\,pr}{f - p} + X.$$

2) *John Neville*:

$$t = 0{,}0016\,(n + 10)\,d + 0{,}32.$$

3) *M. Dupuis*:

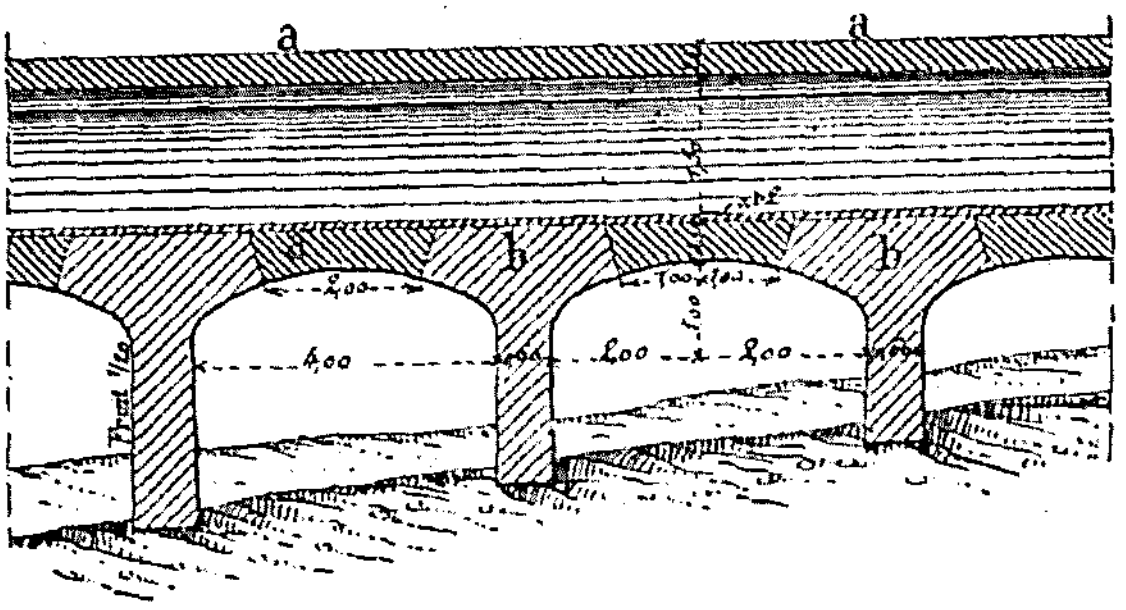
$$t = 0{,}0016\,nd + 0{,}32 + 0{,}013\,d.$$

4) *J. Weisbach*:

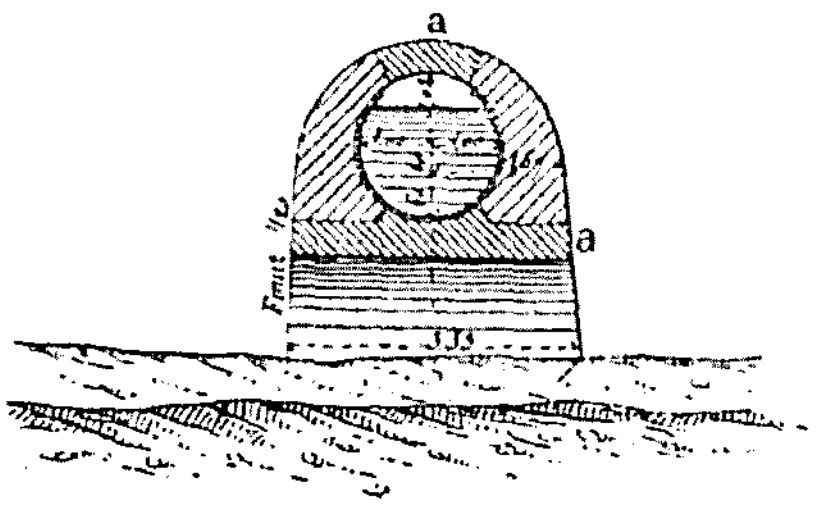
$$t = \frac{5\,pd}{2\,f}.$$

Водоснабженіе города Парижа изъ ключей.

(См. также черт. 244—245).



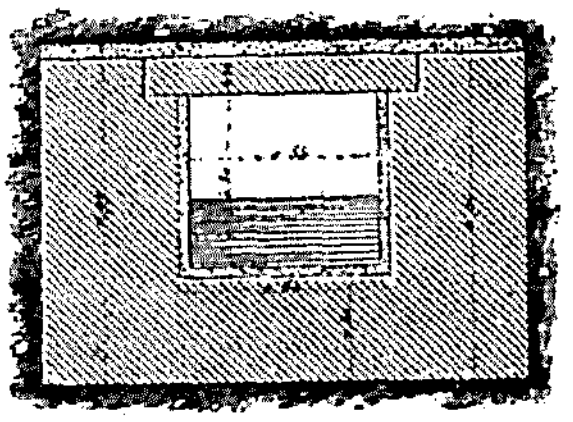
Черт. 336.—Продольный разрѣзъ канала изъ ключей Vanne на аркадахъ.



Черт. 337.—Поперечный разрѣзъ канала изъ ключей Vanne на аркадахъ.

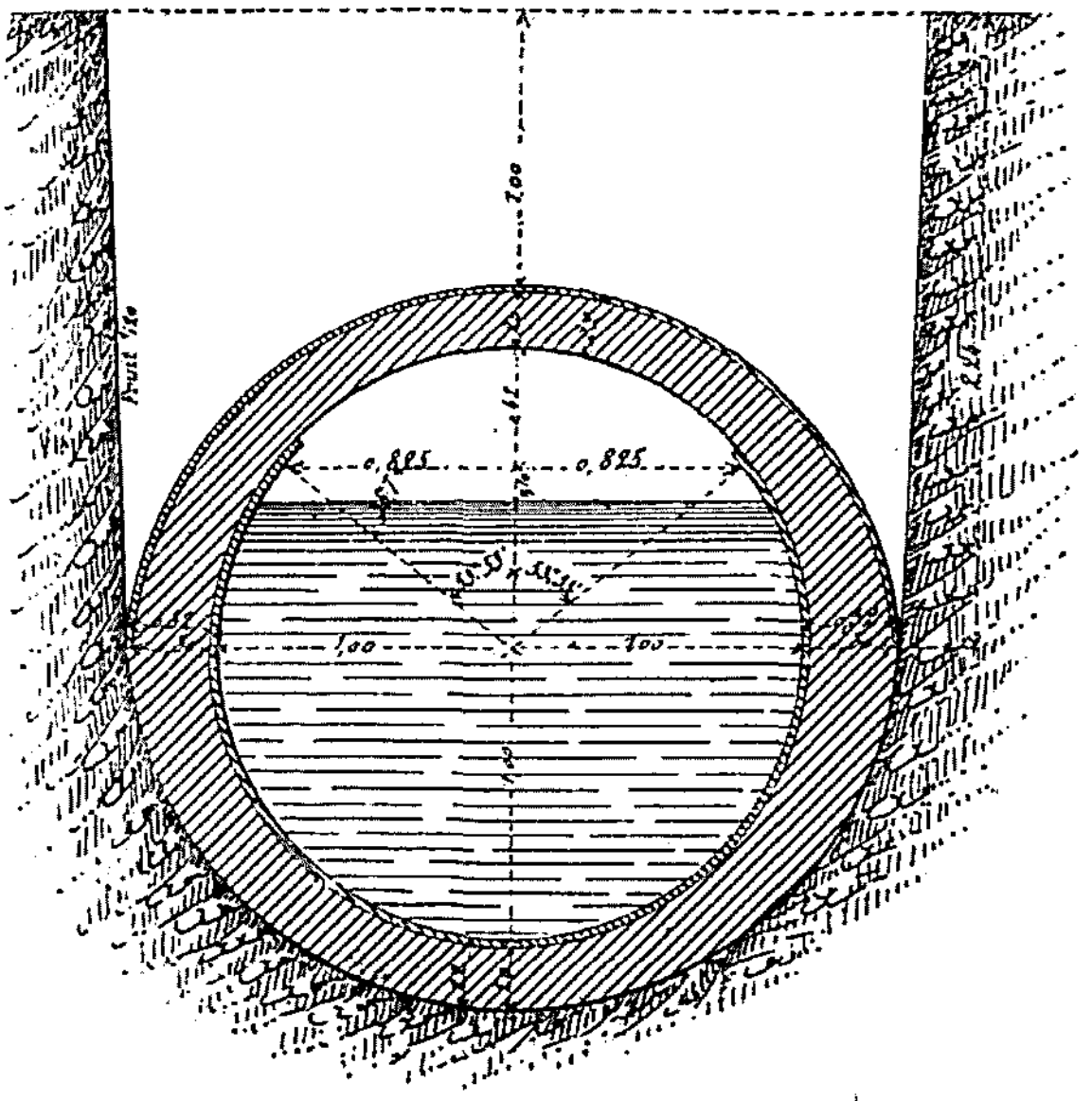
Водоснабженіе города Дижона изъ ключей.

(См. также черт. 253 и 254).

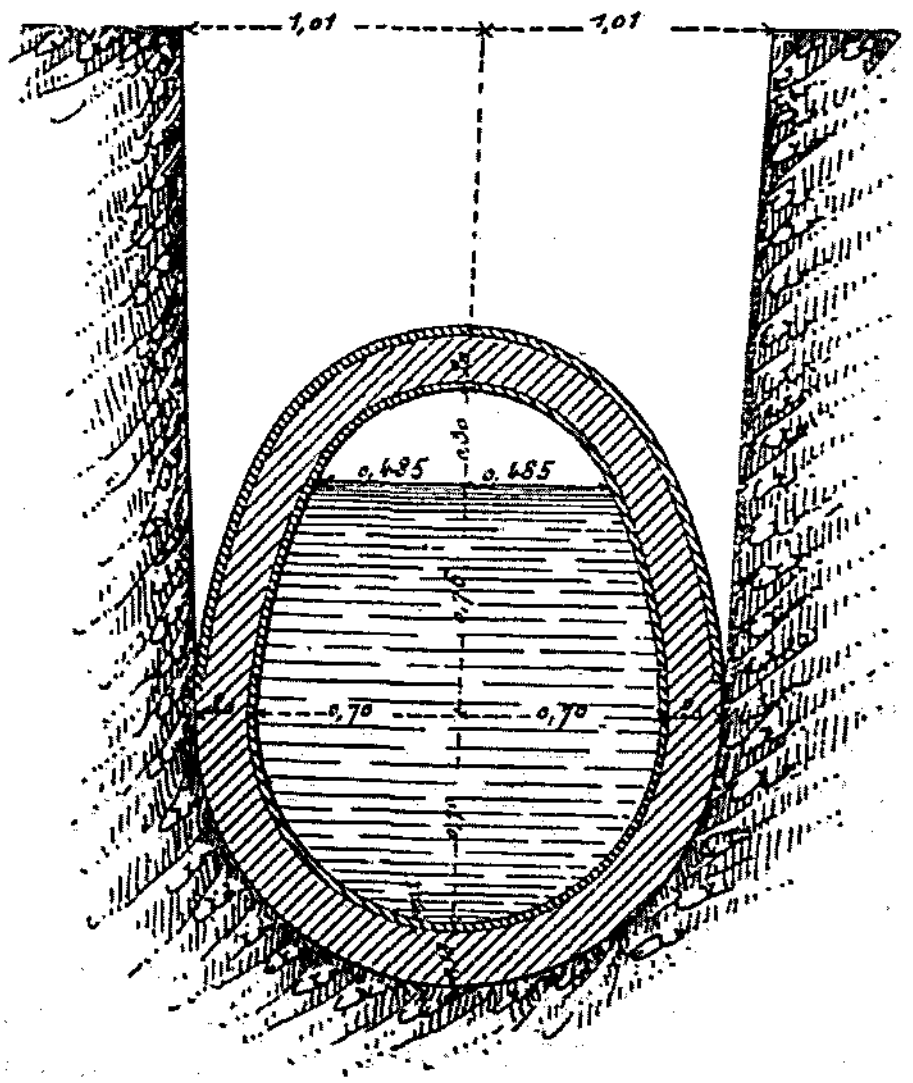


Черт. 338.—Профиль акведука Rosoir (прямоугольное сѣченіе, акведукъ изъ каменной кладки, покрытіе плитой). Darey, pl. 4.

Водоснабженіе города Парижа изъ ключей.

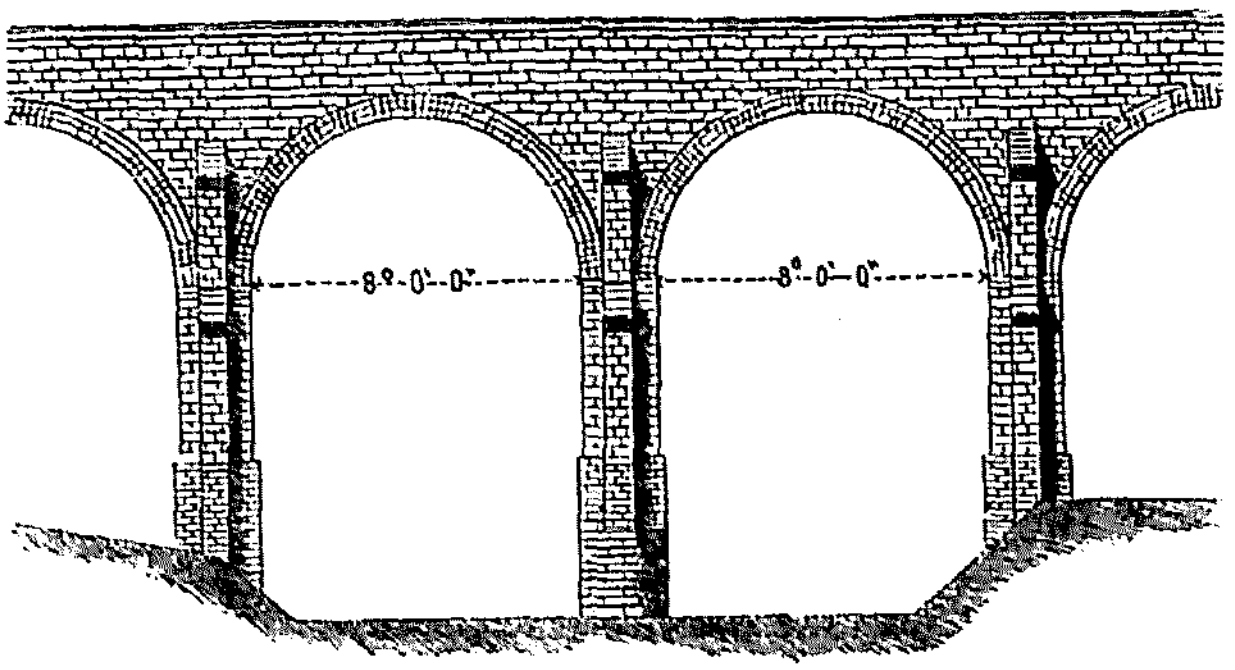


Черт. 339. — Разрѣзъ бетоннаго канала водопровода изъ ключей Vanne въ выемкѣ.



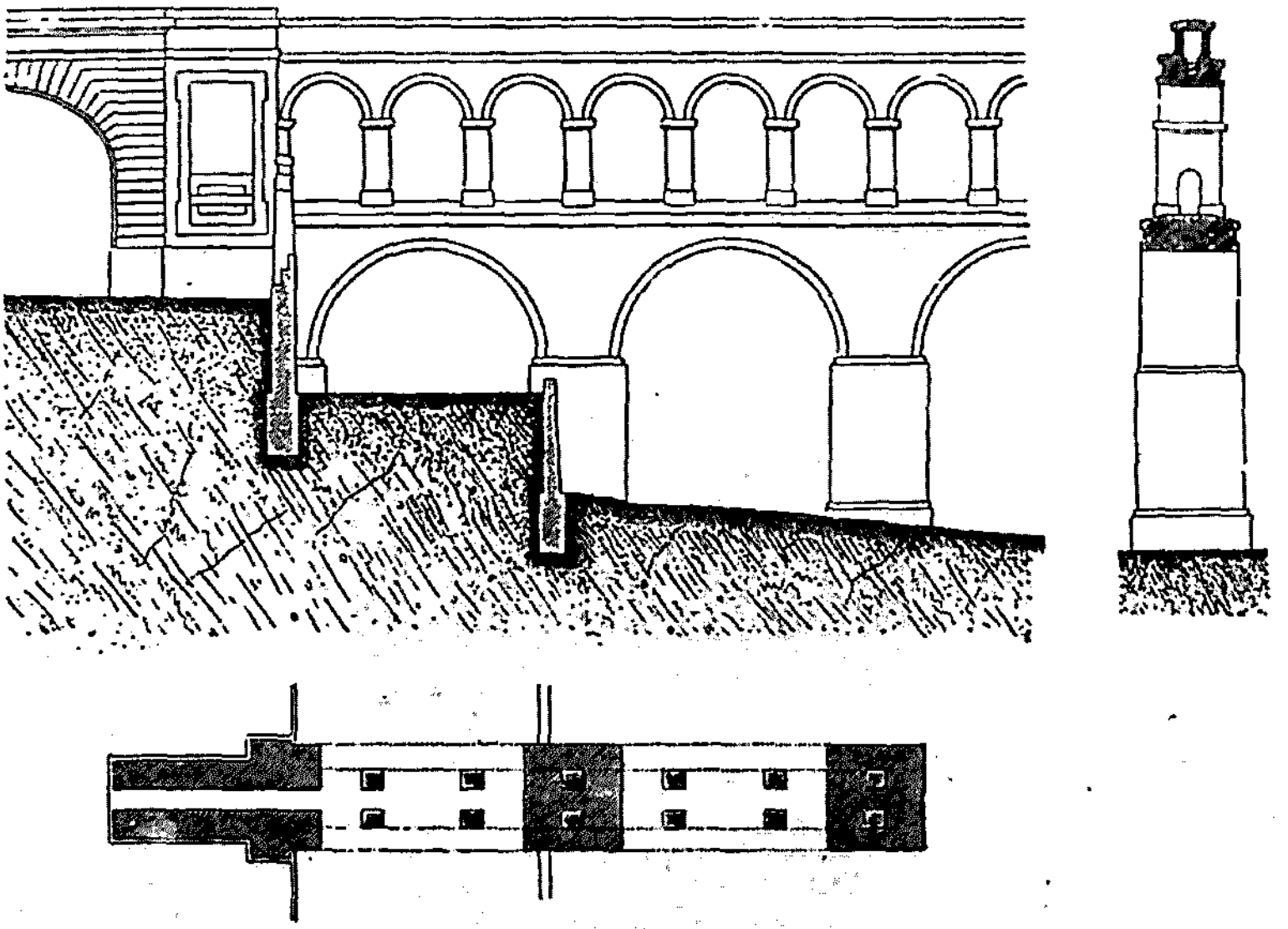
Черт. 340. — Разрѣзъ бетоннаго канала водопровода изъ ключей Dhuis въ выемкѣ.

Снабженіе города Вѣны ключевой водой.



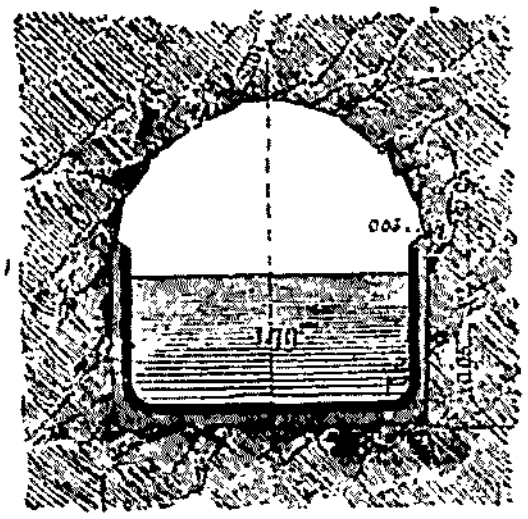
Черт. 341.—Фасадъ части водопроводнаго моста. См. также чертежи 75, 81, 255 и 256. (Staden-Die Wasserversorgung der Stadt Wien. 1873).

Водоснабженіе города Монпелье.

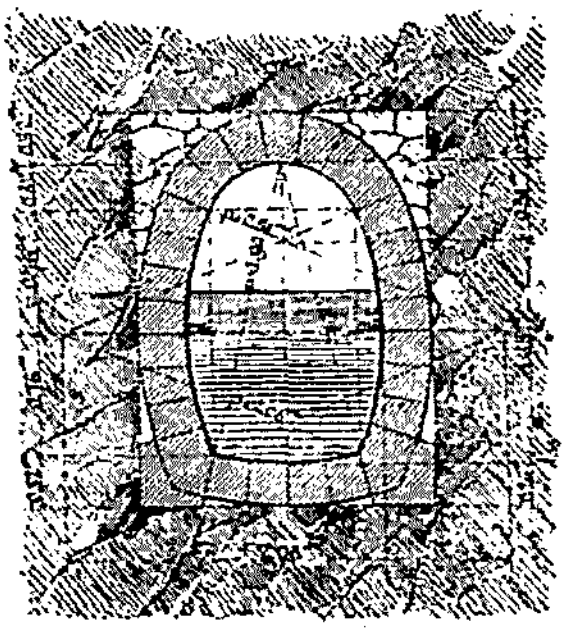


Черт. 342, 343 и 344.—Часть фасада, разрѣзъ и планъ водопроводнаго моста въ Монпелье (Франція). Оконченъ постройкой въ 1752 году. Строитель Pitot. Водопроводный каналъ сѣченіемъ 32 сант. ширины на 27 сант. высоты находится въ доступной для прохода галлереѣ. Глубина воды обыкновенно 15 сантиметровъ. Уклонъ 0,000289. Расходъ—11 метровъ въ секунду. (Lueger. p. 712).

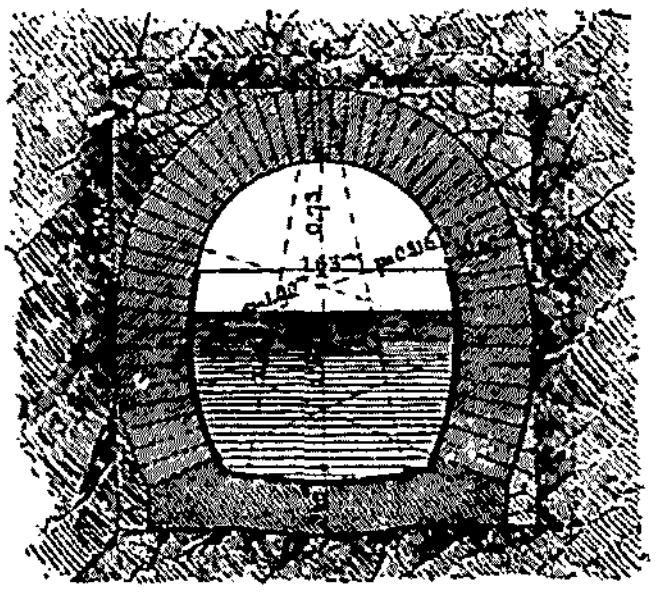
Снабженіе города Вѣны ключевой водой.



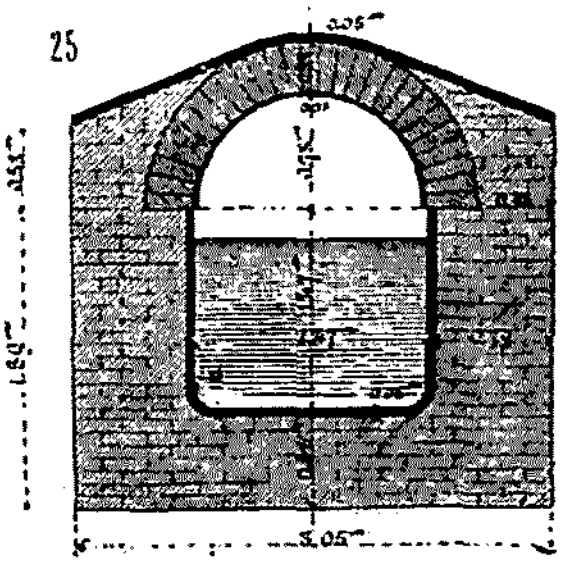
Черт. 345.—Нормальное сѣченіе канала въ плотной скалѣ въ туннеляхъ (уклонъ $^1/_{310}$).



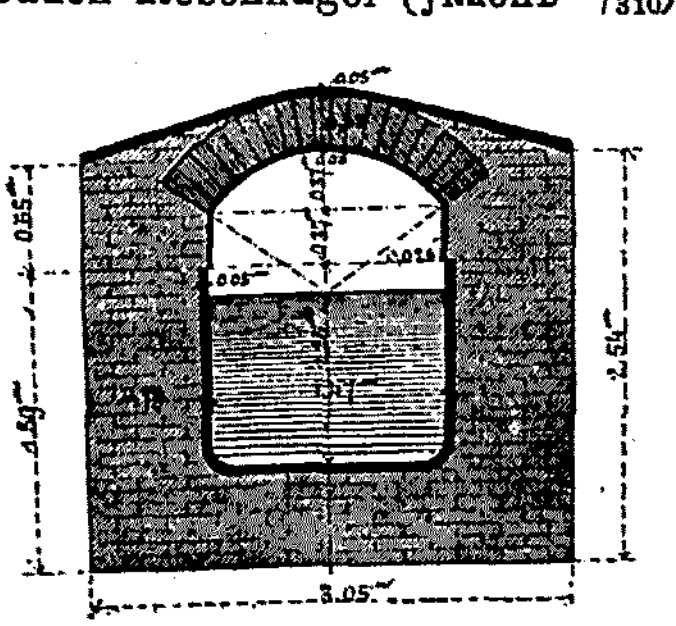
Черт. 346.—Сѣченіе канала въ трещиноватой скалѣ въ туннелѣ на участкѣ Weikersdorf-Steinfeld.



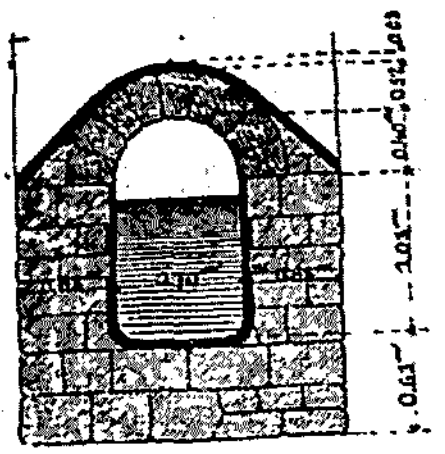
Черт. 347.—Сѣченіе канала въ трещиноватой скалѣ въ туннелѣ на участкѣ Baden-Rosenhügel (уклонъ $^1/_{310}$).



Черт. 348. — Поперечное сѣченіе канала въ выемкѣ на участкѣ Mödling-Rosenhügel (уклонъ $^1/_{2300}$).



Черт. 349. — Поперечное сѣченіе канала въ выемкѣ на участкѣ Mödling-Rosenhügel (уклонъ $^1/_{2300}$).



Черт. 350. — Поперечное сѣченіе канала въ выемкѣ на участкѣ Weikersdorf-Steinfeld (уклонъ $^1/_{250}$).

Масштабъ для черт. 345 — 350 $= \frac{1}{100}$ н. в.

Примѣчаніе. Черная одежда внутри и сверху акведука — цементная штукатурка. (Ф. Е. Максименко—Атласъ Водопр. Сооруж.).

5) *T. J. Whitman*:

$$t = 0{,}0045\ nd + 0{,}4 - 0{,}0011\ d.$$

6) Формула *Dupuis*, измѣненная *Kirkwood*'омъ, согласно американской практикѣ:

$$t = 3{,}4\ n\ (0{,}0016\ d) + X.$$

7) *Molesworth*:

$$t = 0{,}000054\ Hd + X.$$

8) *Thomas Box*:

$$t = \frac{\sqrt{d}}{10} + 0{,}15 + \frac{Hd}{25.000}.$$

9) *James B. Francis*:

$$t = 0{,}000058\ Hd + 0{,}0152\ d + 0{,}312.$$

10) *Wm. J. Rankine*:

$$t = \frac{Hd}{12.000}.$$

11) *J. Herbert Shedd*:

$$t = 0{,}00008\ Hd + 0{,}01\ d + 0{,}36.$$

12) *Barlow*:

$$t = \frac{pr}{f - p} + X.$$

Во всѣхъ этихъ формулахъ значеніе буквъ слѣдующее:

t — толщина стѣнокъ трубы въ дюймахъ;

p — давленіе воды въ фунтахъ на 1 квадр. дюймъ;

H — » » » футахъ водяного столба;

n — число атмосферъ (въ 33 фута);

r — радіусъ трубы въ дюймахъ;

d — діаметръ трубы въ дюймахъ;

f — предѣльное сопротивленіе чугуна разрыву, принимаемое во всѣхъ случаяхъ = 6.000 фунт.

X — перемѣнная величина, на которую увеличивается толщина стѣнокъ, въ виду большей сопротивляемости трубъ всякимъ случайнымъ усиліямъ.

Значеніе этой величины видно изъ приводимой далѣе таблицы № 14.

Для примѣра, опредѣлимъ, по всѣмъ этимъ формуламъ, величину t для 12″ трубы, при давленіи = 250 фунтамъ или 577,5 футъ:

№№ формулъ.		№№ формулъ.	
1)	$t = 1{,}62''$	7)	$t = 0{,}90''$
6)	$t = 1{,}53''$	2)	$t = 0{,}85''$
5)	$t = 1{,}36''$	3)	$t = 0{,}81''$
4)	$t = 1{,}25''$	8)	$t = 0{,}77''$
11)	$t = 1{,}03''$	12)	$t = 0{,}63''$
9)	$t = 0{,}90''$	10)	$t = 0{,}58''$

Въ полученныхъ результатахъ такое большое разнообразіе, что невольно возникаетъ вопросъ: какое же изъ опредѣленій величины t наиболѣе практично и, при данныхъ обстоятельствахъ, могло бы быть принято къ исполненію?

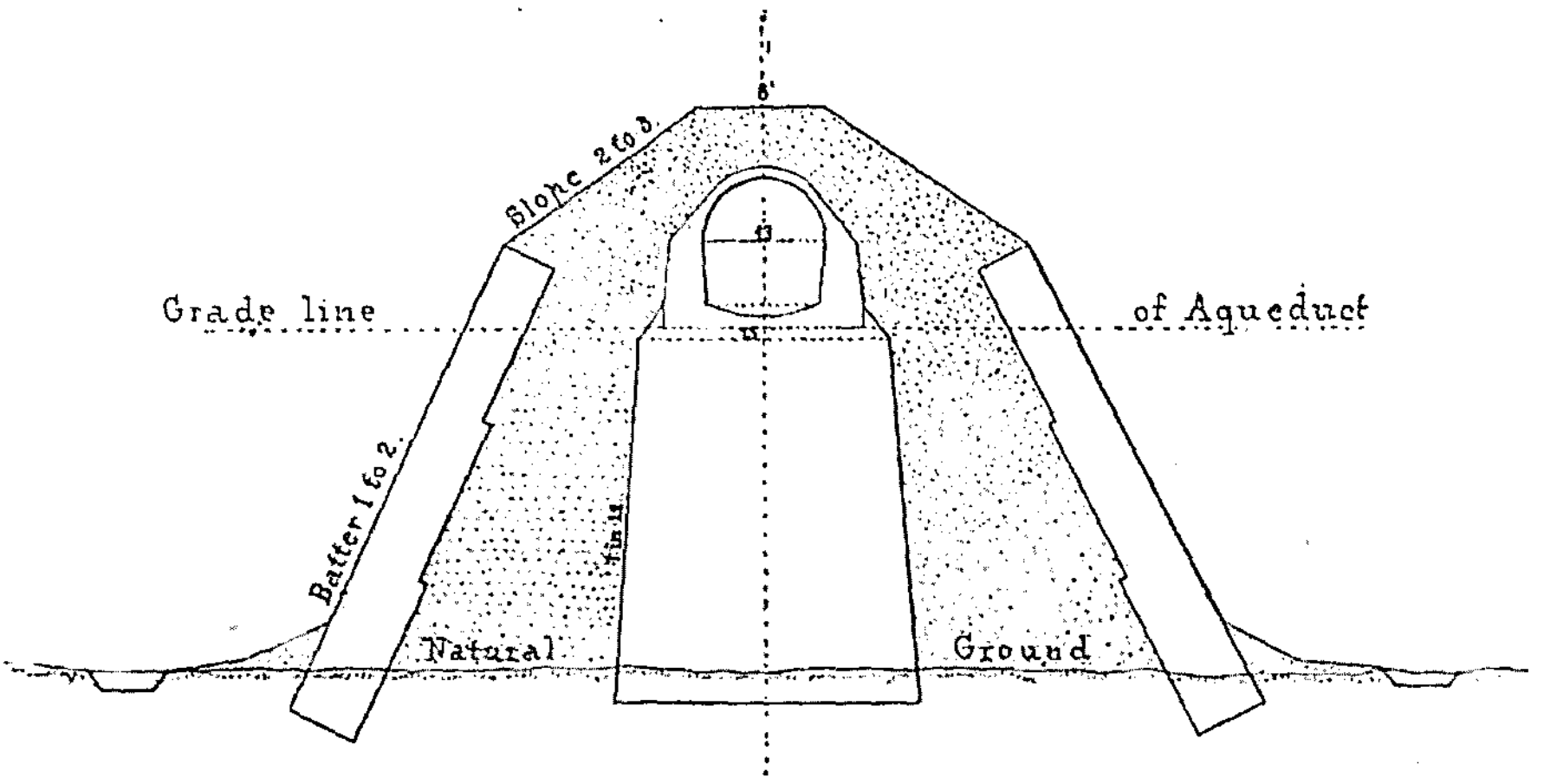
Формула Рэнкина и формула Барлоу даютъ самые меньшіе размѣры толщины стѣнокъ.

Формула Кирквуда даетъ результаты почти въ 3 раза больше, чѣмъ формула Рэнкина; формула Дюпюи, измѣненная Кирквудомъ, а также формула Вайтмана, даютъ результаты слишкомъ большіе, по сравненію со всѣми остальными формулами; первыя двѣ изъ этихъ формулъ даютъ размѣры толщины стѣнокъ трубъ въ два раза большіе, чѣмъ если бы они были опредѣлены по формулѣ Дюпюи или по формулѣ Томаса Бокса. При этомъ замѣтимъ, что формулы Молесворта и Франсиса даютъ вполнѣ согласные результаты.

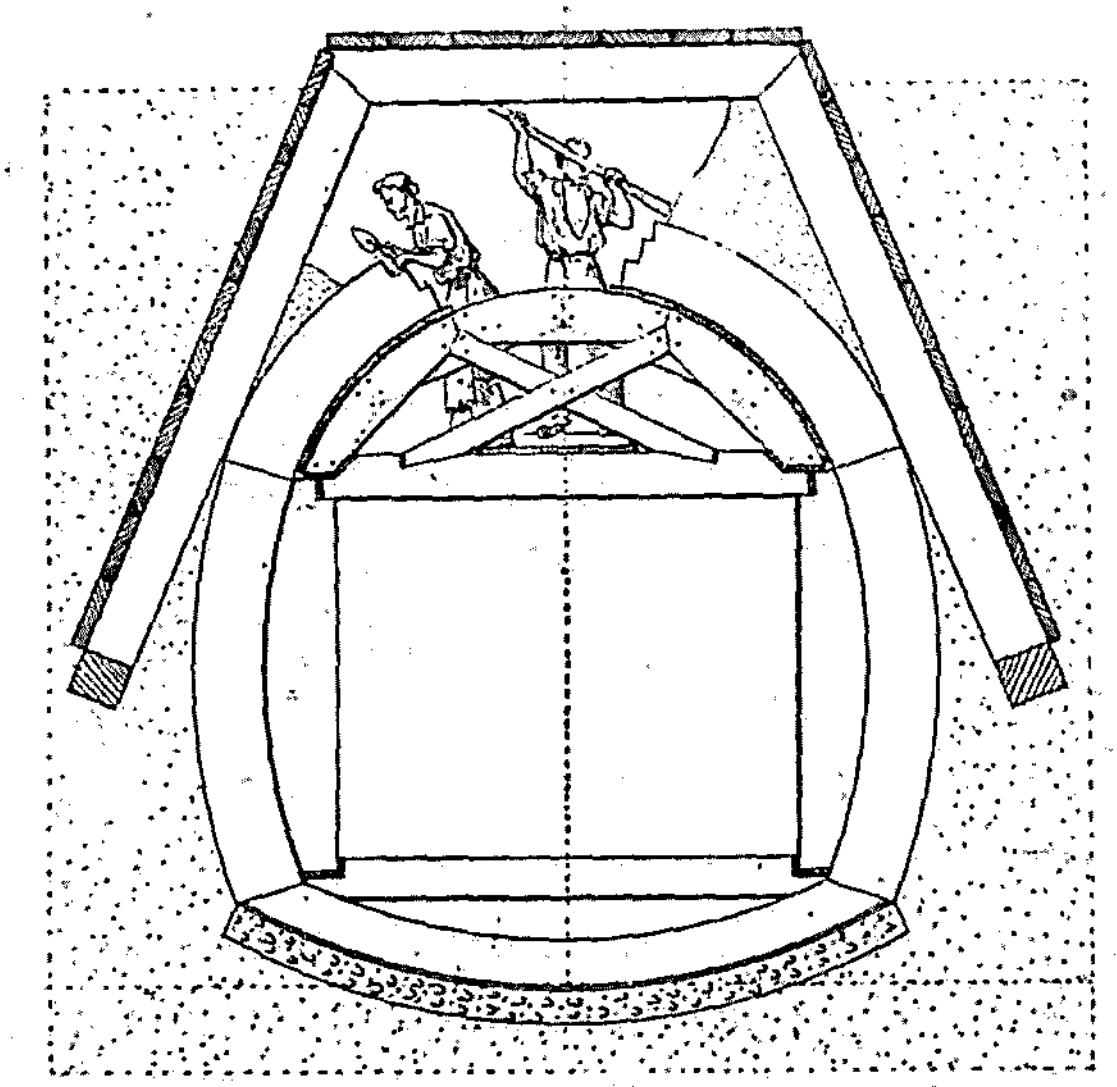
Особенно большіе результаты получаются изъ первыхъ 4 формулъ, потому что, не смотря на общее во всѣхъ формулахъ уменьшеніе въ 3 раза предѣльнаго сопротивленія чугуна разрыву, въ нихъ все-таки взятъ значительный коэффиціентъ запаса прочности, именно: въ формулѣ Кирквуда—5, во второй—4,45, у Вейсбаха—5 и у Вайтмана — 3,8. Этотъ коэффиціентъ, уже замѣчено, обусловливаетъ тотъ запасъ прочности въ стѣнкахъ трубъ, который долженъ выдерживать случайные удары отъ быстраго запиранія кранова. Кирквудъ полагаетъ, что взятый имъ коэффиціентъ прочности не великъ, и что удары въ трубахъ должны быть пропорціональны тому давленію, подъ которымъ въ нихъ движется вода. Но надо замѣтить, что весьма рѣдки случаи, когда остановка движенія воды можетъ произойти мгновенно и вполнѣ, такъ какъ въ новѣйшихъ типахъ створныхъ и пожарныхъ кранова, производится только весьма медленное и постепенное запираніе и отпираніе ихъ. Болѣе или

Водоснабженіе города Нью-Іорка изъ искусственнаго водохранилища.

(См. также чертежи 72—74).



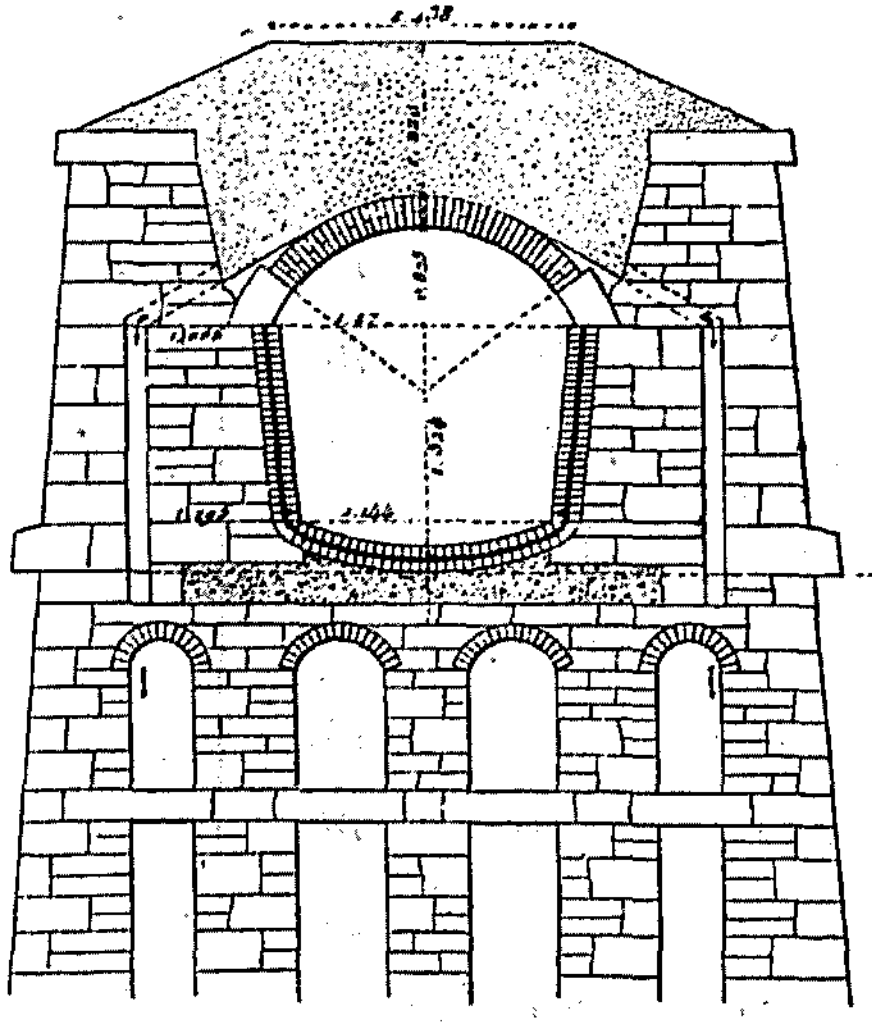
Черт. 351.—Поперечный разрѣзъ акведука въ насыпи.



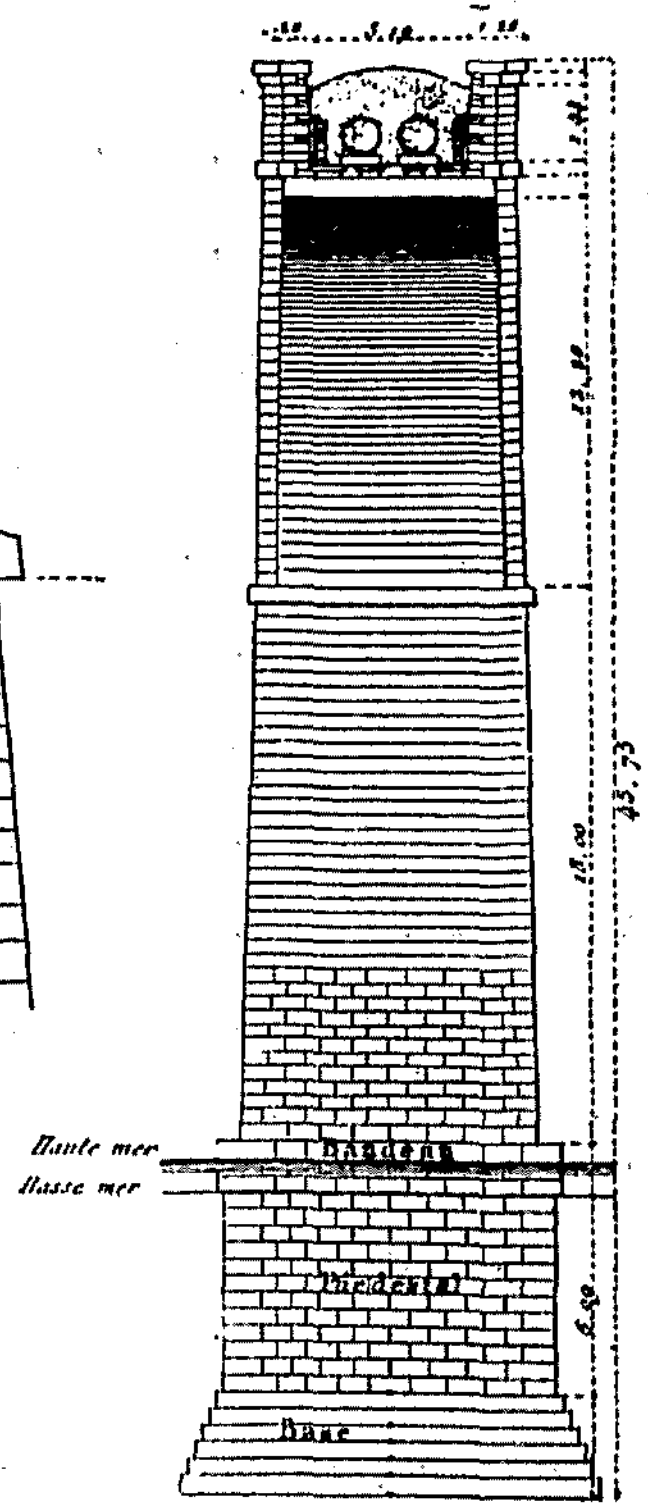
Черт. 352.—Постройка акведука въ туннелѣ. (Schramke-Descripton of the New-York Croton Aqueduct).

Водоснабженіе города Нью-Іорка изъ искусственнаго водохранилища.

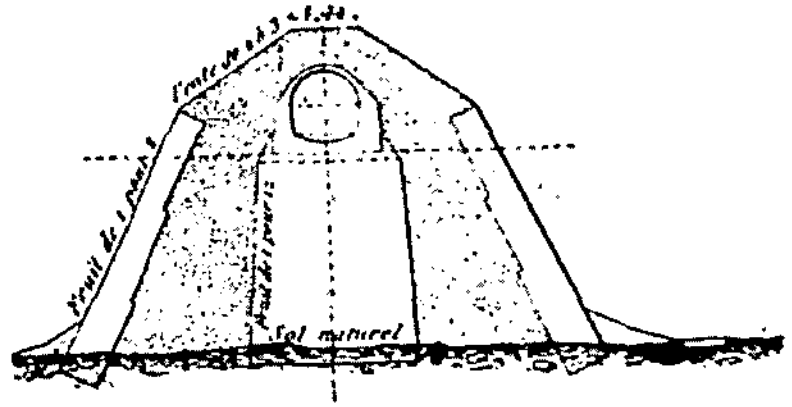
(См. также чертежи 72—74).



Черт. 353. — Поперечный разрѣзъ акведука на водопроводномъ мостѣ Sing Sing Hill.

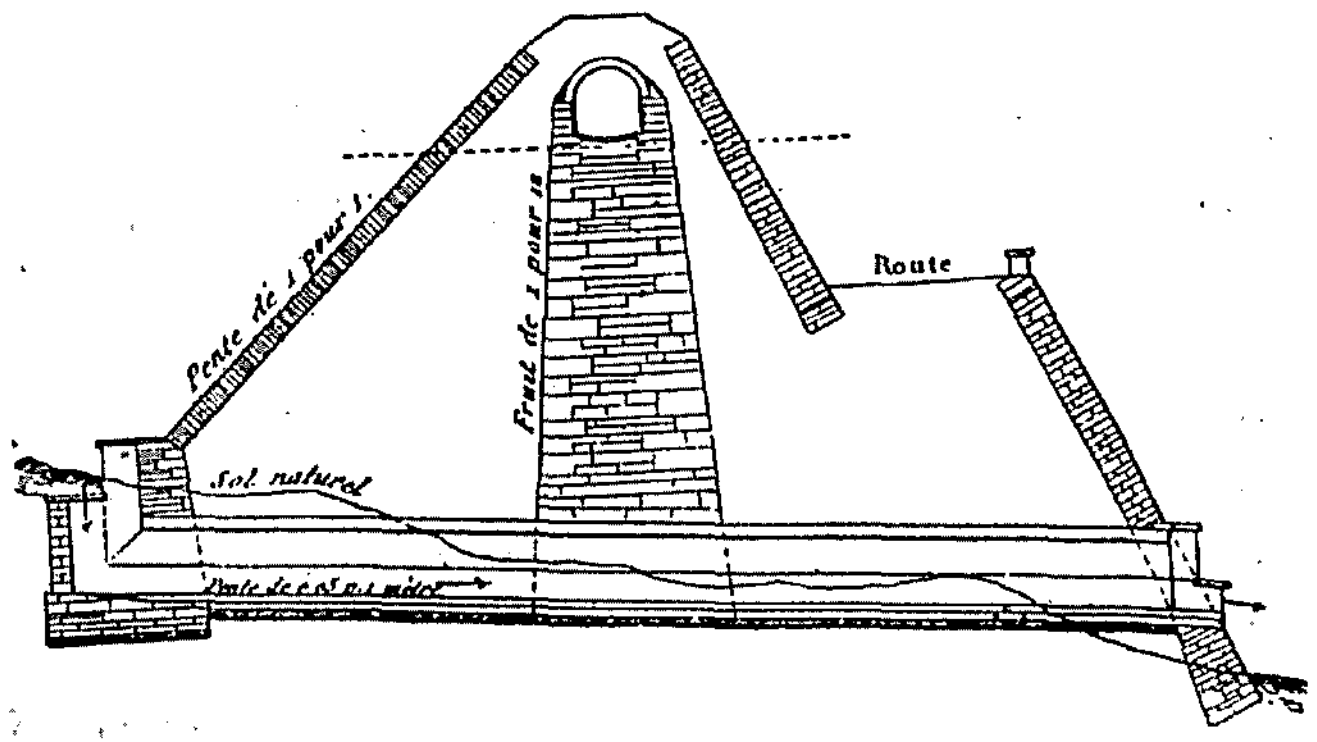


Черт. 354. — Разрѣзъ чрезъ арку водопроводнаго моста—сифона на рѣкѣ Harlem (см. черт. 74).



Черт. 355. — Поперечный разрѣзъ акведука въ насыпи.

(Тотъ же разрѣзъ въ большемъ масштабѣ на черт. 351).



Черт. 356.—Пересѣченіе акведука съ ручьемъ (продольный разрѣзъ по трубѣ, предназначенной для пропуска ручья).

Таблица № 14. Значенія X (явныхъ и скрытыхъ) для различныхъ діаметровъ трубъ въ формулахъ толщины стѣнокъ.

(По Алтухову).

Діаметръ трубъ.	Киркудъ № 1.	Киркудъ по Дюпюи № 6.	Вайтманъ № 5.	Невиль № 2.	Дюпюи № 3.	Томасъ Бокс № 8.	Франсисъ № 9.	Молесвортъ № 7.	Шедль № 11.	Барлоу № 12.	Газовыя трубы.
4″	0,35″	0,40″	0,40″	0,32″	0,37″	0,36″	0,37″	0,38″	0,40″	0,24″	0,37″
6″	0,34″	0,40″	0,39″	0,32″	0,40″	0,40″	0,40″	0,41″	0,42″	0,25″	0,42″
8″	0,33″	0,40″	0,39″	0,32″	0,42″	0,44″	0,43″	0,44″	0,44″	0,28″	0,47″
10″	0,33″	0,39″	0,39″	0,32″	0,45″	0,48″	0,46″	0,47″	0,46″	0,32″	0,50″
12″	0,32″	0,39″	0,39″	0,32″	0,48″	0,51″	0,49″	0,50″	0,48″	0,32″	0,53″
14″	0,31″	0,39″	0,38″	0,32″	0,50″	0,55″	0,49″	0,51″	0,50″	0,33″	0,56″
16″	0,30″	0,38″	0,38″	0,32″	0,53″	0,58″	0,52″	0,52″	0,52″	0,33″	0,59″
20″	0,28″	0,38″	0,38″	0,32″	0,58″	0,63″	0,56″	0,53″	0,56″	0,33″	0,66″
24″	0,26″	0,37″	0,37″	0,32″	0,63″	0,70″	0,62″	0,54″	0,60″	0,33″	0,72″
30″	0,25″	0,37″	0,37″	0,32″	0,71″	0,77″	0,68″	0,56″	0,66″	0,34″	0,81″
36″	0,24″	0,36″	0,36″	0,32″	0,79″	0,83″	0,77″	0,58″	0,72″	0,36″	0,91″
42″	0,23″	0,36″	0,36″	0,32″	0,87″	0,90″	0,85″	0,60″	0,78″	0,38″	1,00″
48″	0,22″	0,35″	0,35″	0,32″	0,94″	0,96″	1,04″	0,62″	0,84″	0,48″	1,10″

менѣе сильные толчки и удары воды легко возможны въ домовыхъ трубахъ, снабженныхъ нерѣдко поворотными кранами (§ 56), производящими быстрое отпираніе и запираніе воды. Въ уличныхъ линіяхъ ничего подобнаго никогда не происходитъ и небольшія колебанія въ движеніи воды, которыя случаются тамъ, значительно уменьшаются многими отверстіями съ свободнымъ изліяніемъ воды, каковы домовые отростки съ открытыми кранами и пр.

Видъ формулъ Кирквуда и Вейсбаха прямо указываетъ намъ на допущенія, которыя сдѣланы въ нихъ авторами, въ виду обезопасенія трубъ отъ ударовъ воды; въ другихъ формулахъ эти коэффиціенты прочности болѣе скрыты; но, принявъ для всѣхъ формулъ величину сопротивленія чугуна разрыву = 6.000 фунтовъ, и обозначивъ черезъ X — увеличеніе толщины стѣнокъ трубъ, которое должно идти прибавками, въ видахъ несовершенствъ отливки, ржавленія и усилій (которымъ подвергаются трубы при укладкѣ и транспортировкѣ) можно опредѣлить допущенный во всѣхъ этихъ формулахъ коэффиціентъ прочности, въ разсчетѣ на неправильность движенія воды въ трубахъ.

Величины этого коэффиціента оказываются, согласно разсчету инженера Алтухова, слѣдующія:

Вейсбахъ	5,00
Кирквудъ	5,00
Дюпюи (измѣненная Кирквудъ)	4,55
Вайтманъ	3,80
Рэнкинъ	2,31
Гербертъ Шедъ	2,22
Джонъ Невиль	2,12
Франсисъ	1,61
Молесвортъ	1,60
Дюпюи	1,34
Томасъ Барлоу	1,00

Изъ разсмотрѣнія величинъ этихъ коэффиціентовъ оказывается, что первые четыре изъ нихъ соотвѣтствуютъ увеличенію давленія въ трубахъ въ 4—5 разъ противъ разсчетнаго. Поэтому нѣкоторые спеціалисты находятъ ихъ преувеличенными. По мнѣнію ихъ, на случай быстрыхъ увеличеній давленія въ сѣти, обыкновенно упо-

требляются спеціальные предохранительные краны, которые ограничиваютъ возможность подобныхъ явленій; наконецъ, еслибы ихъ и не было, то случайное, быстрое возрастаніе давленія воды отразилось бы только на самомъ слабомъ мѣстѣ сѣти, оставивъ неповрежденными всѣ другія трубы, изъ чего выясняется непрактичность, въ виду возможности подобнаго рѣдкаго случая, слишкомъ увеличивать толщину стѣнокъ всѣхъ трубъ, и тѣмъ значительно удорожать стоимость всей сѣти.

Въ виду этихъ соображеній нѣкоторые авторитеты принимаютъ, какъ видно изъ предшествующаго, для коэффиціента безопасности гораздо меньшія величины. Къ категоріи такихъ формулъ принадлежитъ и формула, предложенная въ Россіи инженеромъ Алтуховымъ, который признаетъ, что коэффиціентъ у p равный 2—удовлетворяетъ практическимъ требованіямъ. Соотвѣтственно этому предположенію, инженеръ Алтуховъ предлагаетъ слѣдующую формулу:

$$t = \frac{pr}{3.000} + X$$

или

$$t = 0{,}000072\, Hd + X.$$

Въ этихъ формулахъ значенія величины X—измѣняются въ зависимости отъ давленія, а не только діаметра трубы, какъ въ предшествующихъ формулахъ, и опредѣляются по сравненію съ соотвѣтствующими величинами газовыхъ трубъ (подробности см. Алтуховъ, Объ Амер. вод., стр. 98).

Кромѣ разсмотрѣнныхъ здѣсь параллельно формулъ, есть еще не мало другихъ.

Толщина стѣнокъ трубъ изъ чугуна по Hagen'у $e = 0{,}0533\, \frac{h.d}{f}$, гдѣ e—искомая толщина въ сантим., h—высота столба воды въ метрахъ (пьезометрическая высота), d—діаметръ трубы въ сантим. и f временное сопротивленіе чугуна при разрывѣ, выраженное въ килогр. на 1 кв. сант.

По d'Aubuisson'у для трубъ діаметромъ болѣе $4^1/_2$ дюймовъ $e = 1 + 0{,}015\, d$, гдѣ e и d имѣютъ только что указанныя значенія.

Фаннингъ даетъ выраженіе

$$t = \frac{(p + 100)\, r}{0{,}2\, f} + 0{,}333 \left(1 - \frac{r}{50}\right),$$

въ которой при всѣхъ тѣхъ же обозначеніяхъ, какія приведены на стр. 288, цыфра 100 есть добавочный запасъ прочности противъ ударовъ воды, для которыхъ Фаннингъ не допускаетъ болѣе 100 фунтовъ на кв. дюймъ. Burton (The Water Supply of Towns, p. 227) рекомендуетъ такую формулу:

$$t = \frac{(p+100)\,r}{f}\,k + 0{,}3,$$

гдѣ при всѣхъ уже извѣстныхъ значеніяхъ буквъ k есть коэффиціентъ безопасности, измѣняющейся отъ 4 до 6, при $f = 18.000$ англ. ф. на кв. дюймъ.

По этой формулѣ при $k = 4$ вычислены размѣры нѣкоторыхъ трубъ, приведенные въ таблицѣ № 15; практика оправдала, согласно заявленію Burton'a, его разсчеты, но онъ рекомендуетъ легкое измѣненіе своей формулы для будущаго, а именно:

$$t = \frac{(p + 100)\,5r}{18.000} + 0{,}25,$$

гдѣ $k = 5$, а $X = 0{,}25$, т. е. меньше прежняго, въ виду успѣховъ сдѣланныхъ отливкой.

Формулы Фаннинга и Бертона представляются, повидимому, наиболѣе цѣлесообразными въ настоящее время для расчета размѣровъ чугунныхъ трубъ. Найденная расчетомъ толщина не можетъ быть, однако, примѣнена ко всѣмъ частямъ трубы и къ кривымъ трубамъ.

Опытъ показываетъ напримѣръ, что наиболѣе слабое мѣсто у трубы это вверху у конца раструба и при переходѣ его въ собственно трубу, каковыя мѣста и слѣдуетъ соотвѣтственно усиливать. Для опредѣленія другихъ измѣреній трубъ въ раструбахъ и флянцахъ приходится пользоваться прямыми указаніями практики. У трубъ фасонныхъ слѣдуетъ брать толщину стѣнокъ на 25% болѣе.

Если такъ или иначе толщина стѣнокъ трубъ установлена, онѣ могутъ быть получены, изъ большаго числа заводовъ, причемъ является существенно важнымъ, чтобы трубы различныхъ происхожденій не только удовлетворяли условіямъ прочности, но и еще другому—весьма важному, а именно условію удобнаго и правильнаго соединенія между собою и съ различными приборами трубопроводной сѣти, которые также могутъ быть разныхъ происхожденій. Въ этихъ видахъ представляется существенно важною унификація

размѣровъ сопряженія трубъ, т. е. ихъ раструбовъ и флянцевъ. Начало такой унификаціи было положено въ Россіи Русскимъ Водопроводнымъ Съѣздомъ 1893 года, выработавшимъ и предложившимъ для всеобщаго употребленія въ Россіи таблицу нормальныхъ размѣровъ раструбныхъ и флянцевыхъ соединеній чугунныхъ трубъ (см. Труды русскихъ водопроводныхъ съѣздовъ. I, 1893, стр. 57), и установившимъ при этомъ слѣдующія требованія къ этимъ трубамъ:

Таблица № 15. Толщина стѣнокъ чугунныхъ трубъ для давленій отъ 50 до 150 англійскихъ фунтовъ на кв. дюймъ.

(Burton, The Water Supply for Towns, p. 228).

Діаметръ въ дюймахъ.	Толщина стѣнокъ трубы въ дюймахъ.		
	При давленіи въ 50 ф. на кв. дм.	При давленіи въ 100 ф. на кв. дм.	При давленіи въ 150 ф. на кв. дм.
4	3/8	13/32	7/16
5	13/32	7/16	15/32
6	13/32	7/16	1/2
7	7/16	15/32	9/16
8	7/16	1/2	19/32
9	15/32	1/2	5/8
10	15/32	17/32	11/16
12	1/2	19/32	23/32
15	9/16	21/32	13/16
18	5/8	23/32	29/32
21	21/32	25/32	1
24	23/32	27/32	1 1/8
27	3/4	29/32	1 7/32
30	13/16	31/32	1 5/16
33	27/32	1 1/16	1 13/32
36	29/32	1 1/8	1 1/2
42	1	1 1/4	1 23/32
48	1 1/8	1 3/8	1 29/32
54	1 7/32	1 1/2	2 1/8
60	1 5/16	2 5/8	2 5/16
66	1 13/32	1 25/32	2 1/2
72	1 1/2	1 29/32	2 23/32

Примѣчаніе. 1 англійскій фунтъ = 1,10763 рус. ф.

1) Водопроводныя чугунныя трубы должны быть опробованы на заводѣ гидравлическимъ давленіемъ не менѣе 20 атмосферъ.

2) Послѣ пробы, трубы должны быть тщательно отчищены и асфальтированы въ нагрѣтомъ состояніи.

3) Мѣстныя уменьшенія толщины стѣнокъ трубъ противъ нормальной допускается не болѣе, какъ на 20%.

4) Отступленіе отъ нормальнаго вѣса трубъ могутъ быть допускаемы на 3% въ ту и другую сторону.

5) Болтовыя отверстія на флянцахъ должны просверливаться по нормальнымъ шаблонамъ и на фасонныхъ частяхъ должны располагаться такъ, чтобы на вертикальной линіи, проходящей чрезъ центръ флянца, не было отверстій.

6) Всякое измѣненіе толщины стѣнокъ трубъ предлагается дѣлать насчетъ измѣненія ихъ внутренняго діаметра въ видахъ сохраненія наружныхъ размѣровъ трубъ.

7) Коэффиціентъ надежности трубъ, соотвѣтствующій рабочему давленію (въ обыкновенныхъ случаяхъ не болѣе 10 атмосферъ) долженъ быть не менѣе какъ шестикратный.

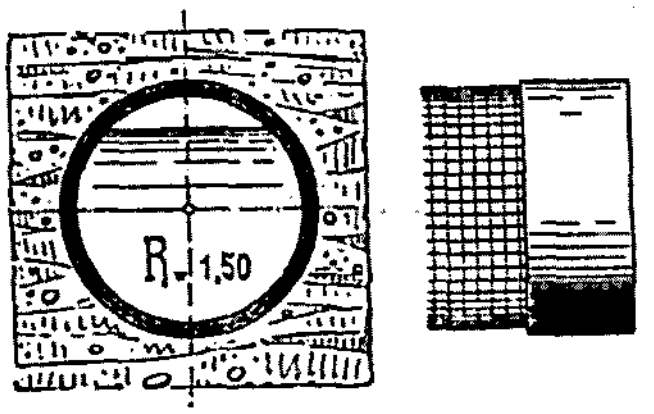
8) Трубы считаются нормальными, если діаметръ ихъ, выраженный въ миллиметрахъ, равенъ табличному, умноженному на 25.

§ 53. Акведуки-каналы.

Для провода воды въ гравитаціонныхъ водоснабженіяхъ служатъ преимущественно *каналы*, которые могутъ быть *открытые*, подобные обыкновеннымъ судоходнымъ каналамъ, или *закрытые*, въ видѣ *трубъ*, въ коихъ теченіе происходитъ не полнымъ сѣченіемъ; послѣдніе представляютъ полную аналогію съ закрытыми *водостоками* и ихъ обыкновенно называютъ *акведуками* или *акведуками-каналами*. Форма сѣченія какъ тѣхъ, такъ и другихъ изслѣдована въ курсѣ Водостоковъ. Здѣсь слѣдуетъ только замѣтить, что такъ какъ въ данномъ случаѣ при устройствѣ водопроводовъ рѣчь идетъ о передвиженіи чистой воды, *безъ значительнаго количества наносовъ*, то тѣ работы, которыя принимаются при устройствѣ водостоковъ для предупрежденія складыванія осадковъ въ каналахъ, тутъ становятся менѣе нужными. Вслѣдствіе этого, овоидальное сѣченіе въ водоснабженіяхъ не имѣетъ того распространенія, какъ въ водостокахъ, и встрѣ-

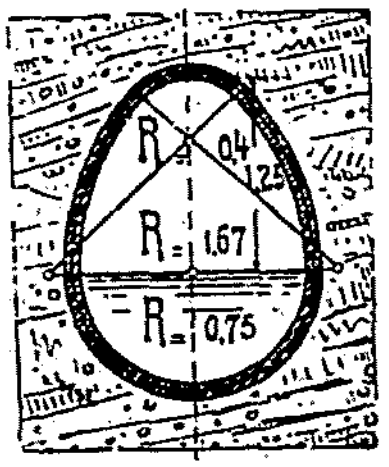
Бетонъ системы Монье.

Подземные каналы круглаго овоидальнаго и др. сѣченій часто дѣлаются теперь изъ бетона Монье, т. е. изъ желѣзнаго проволочнаго каркасса заключеннаго въ слоѣ бетона относительно малой толщины. Такіе каналы (или трубы) очень прочны даже при небольшой толщинѣ стѣны и хорошо сопротивляются сжимающимъ и растягивающимъ усиліямъ. Но относительно долговѣчности ихъ при постоянномъ соприкосновеніи съ текучей водой опытъ еще не далъ положительныхъ указаній. Средняя скорость теченія по аналогіи съ бетонными трубами не должна повидимому, допускаться болѣе 1 метра въ секунду.

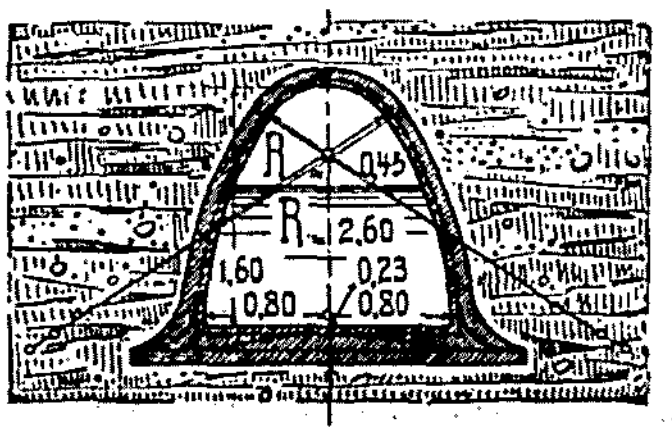


Черт. 357 и 358.

Круглое сѣченіе канала изъ бетона Монье.

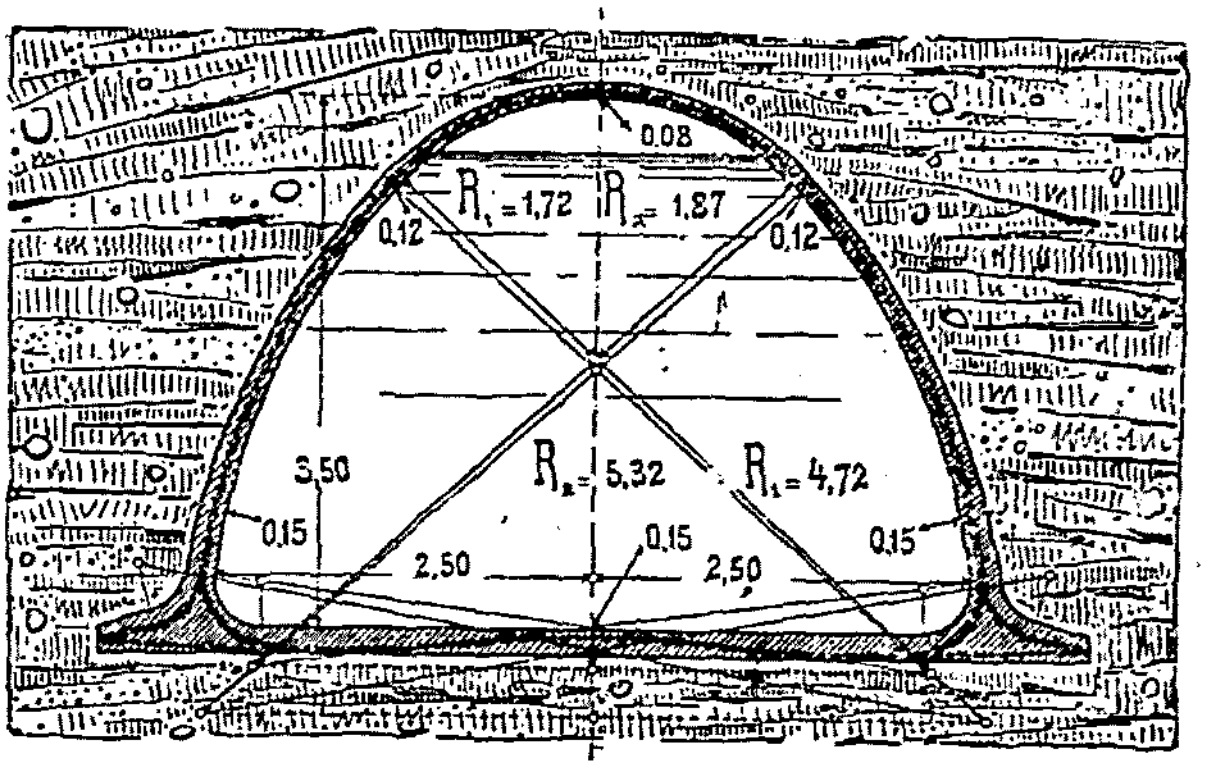


Черт. 359.—Овоидальное сѣченіе канала изъ бетона Монье. Для водопроводовъ несущихъ мало перемѣнное количество воды (въ отличіе отъ водостоковъ) большой кругъ овоидальнаго сѣченія располагается внизу, чтобы имѣть при той же высотѣ наполненія большое живое сѣченіе. Цѣль овоидальной формы — здѣсь доступность канала для прохода людей.

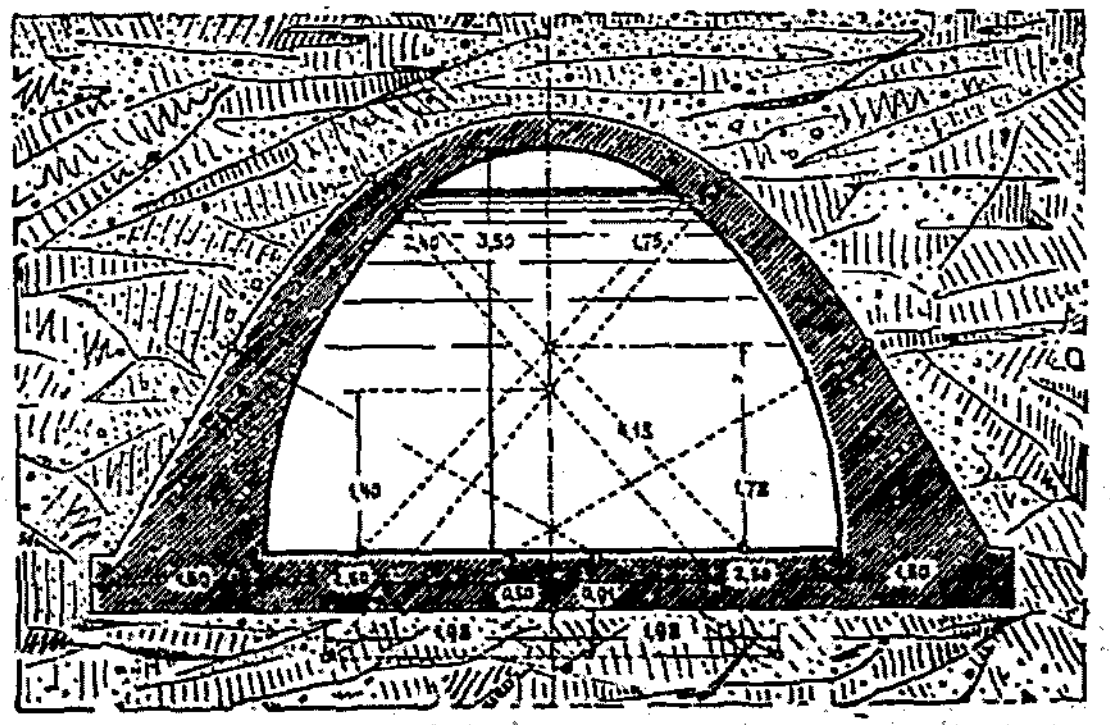


Черт. 360.—Полуовоидальное сѣченіе съ широкимъ основаніемъ; примѣнено съ успѣхомъ въ водоснабженіи г. Кенигсберга. Lueger считаетъ, однако, опытъ Кенигсберга не достаточно продолжительнымъ чтобы высказаться окончательно относительно долговѣчности сооруженій этого рода.

Бетонъ системы Монье.



Черт. 361.—Полуовоидальное сѣченіе съ широкимъ основаніемъ; примѣнено въ водоснабженіи Кенигсберга (тѣ-же оговорки, что и къ черт. 360). Профиль этого типа считается особенно пригоднымъ для пропуска большихъ массъ воды подъ другими сооруженіями, напримѣръ подъ желѣзными дорогами, шоссе, зданіями и т. п.



Черт. 362.—Полуовоидальный профиль съ широкимъ основаніемъ, особенно пригодная для пропуска большихъ массъ воды подъ другими сооруженіями, напримѣръ подъ желѣзными дорогами, шоссе, зданіями и т. п.

чается не мало примѣровъ прямоугольныхъ сѣченій, совсѣмъ не годныхъ для водостоковъ (см. В. Е. Тимоновъ. Водостоки).

Въ общемъ, можно сказать, что какъ для открытыхъ каналовъ, такъ и для закрытыхъ акведуковъ нужно принимать такую форму сѣченія, которая давала бы максимумъ расхода при той же площади сѣченія. Вмѣстѣ съ тѣмъ необходимо, по возможности, уменьшать напоръ земли. Эти правила приводятъ для открытыхъ каналовъ въ трапеціи, для закрытыхъ въ кругу.

Открытые каналы вырываются въ землѣ или устраиваются въ земляныхъ насыпяхъ, представляя полную аналогію съ судоходными (см. черт. 333, 334 и 335). Иногда, впрочемъ, водопроводные каналы бываютъ въ то же время и судоходными, напр. каналъ *Ourcq* въ Парижѣ. Во многихъ случаяхъ открытый каналъ представляетъ лишь дешевое рѣшеніе вопроса о доставкѣ воды, но вода въ нихъ легко портится, согрѣвается и загрязняется. Поэтому такими способами теперь обыкновенно доставляютъ воду для улицъ, поливки и т. д., но не для питья.

Скорость теченія въ каналахъ не должна быть меньше фута въ секунду, чтобы не образовывалось осадковъ и не развивалась растительность. Максимумъ скорости зависитъ отъ способа покрытія откосовъ или стѣнъ, но даже и при каменныхъ откосахъ она не должна быть болѣе 6 футовъ. Обыкновенно уклонъ акведуковъ отъ 0,05 м. до 0,70 м. на километръ и скорость теченія воды 0,30—0,70 м. безъ одежды и до 1,20 м. при каменной одеждѣ откосовъ. Если уклонъ мѣстности великъ, то водопроводный каналъ дѣлаютъ съ вертикальными паденіями, чередующимися съ пологими уклонами.

Открытый каналъ, подобно навигаціоннымъ, долженъ имѣть *водосливы* и *водоспуски*.

Закрытые каналы или акведуки, если они малыхъ размѣровъ, дѣлаются изъ трубъ гончарныхъ или бетонныхъ, уложенныхъ въ землѣ. Большіе акведуки строются изъ кирпичной или каменной кладки, бетона, желѣзо-бетона и т. п.

Условія изъ расчета въ зависимости отъ предѣльной скорости теченія (1—6 фут.) тѣ же, что и открытыхъ акведуковъ.

Для очистки и осмотра они должны быть снабжены *смотровыми колодцами*, помѣщенными чрезъ извѣстныя разстоянія: въ малыхъ акведукахъ — 50 саж., большихъ, при возможности пройти внутри акведука человѣку,—100—150 саж.

Сверхъ того нужно имѣть въ *акведукахъ—водосливы* для спуска воды, когда ея горизонтъ станетъ подниматься выше назначеннаго пре́дѣла, такъ какъ иначе акведукъ можетъ оказаться подъ напоромъ воды и разрушиться, и *водоспуски*—для опорожненія акведука въ случаѣ ремонта и т. п.

Чтобы уменьшить потерю воды при разрывѣ акведука, полезно имѣть на извѣстныхъ разстояніяхъ *запорные щиты или двери*, коими было бы возможно отдѣлить вполнѣ часть акведука отъ другой.

Чертежи акведуковъ разныхъ типовъ и ихъ вспомогательныхъ устройствъ показаны на черт. 336—362.

Акведуки требуютъ часто очень серьезныхъ сооруженій для сохраненія того уклона, который необходимъ для передвиженія воды. Такъ нерѣдко приходится строить для нихъ *туннели*, когда встрѣчаются на пути горы, и *мосты*, когда приходится пересѣкать долины. Въ настоящее время избѣгаютъ, по возможности, и тѣхъ и другихъ, отказываясь въ пересѣченныхъ мѣстностяхъ отъ гравитаціонныхъ водопроводовъ. Въ прежнія же времена, когда тяжесть была единственнымъ двигателемъ воды, такія дорогія работы были неизбѣжны и римляне оставили намъ не мало превосходныхъ примѣровъ ихъ, о которыхъ было сказано выше (см. главу II).

Впрочемъ и теперь еще отъ времени до времени въ извѣстныхъ обстоятельствахъ находятъ выгоднымъ устраивать акведуки въ туннеляхъ и на мостахъ.

Наиболѣе замѣчательные мосты-акведуки нашего времени показаны на черт. 70—75, 341, 342 и др.

§ 54. Переходъ черезъ долины (мосты-акведуки и сифоны).

Переходъ трубопроводовъ черезъ долины не представляетъ особыхъ затрудненій.

Трубы укладываются приблизительно такъ же, какъ и на ровныхъ мѣстностяхъ, и давленіе въ содѣйствіи съ силою тяжести заставляетъ воду переходить съ одной стороны на другую.

Нѣкоторыя предосторожности требуются только для того, чтобы воздухъ, увлекаемый водой не скоплялся въ высокихъ мѣстахъ перегиба трубъ передъ долиной, мѣшая водѣ спускаться затѣмъ по вѣтви, идущей въ долину. Въ этихъ видахъ въ такихъ мѣстахъ

устраиваются вантузы, т. е. краны, приводимые въ дѣйствіе людьми или дѣйствующіе автоматически и позволяющіе выходить скопляющемуся воздуху.

Для акведуковъ съ естественнымъ уклономъ переходъ чрезъ долины несравненно болѣе сложенъ, такъ какъ необходимо или сохранить уклонъ, продолжая акведукъ на мостѣ или же замѣнить акведукъ трубопроводомъ, т. е. устроить сифонъ.

Мосты акведуки прежде, когда не умѣли дѣлать трубъ, способныхъ выдержать большое давленіе, были часто неизбѣжны, и Римляне прибѣгали къ нимъ по преимуществу.

Теперь же сифонъ даетъ необыкновенно удобное, простое и дешевое средство для пересѣченія долинъ. Достоинства этого рѣшенія вопроса тѣмъ больше, чѣмъ больше размѣры долинъ въ ширину и особенно въ глубину. Не рѣдки такіе случаи, гдѣ мосты-акведуки были бы совсѣмъ не мыслимы, а сифонъ между тѣмъ устраивается очень легко. Иногда, впрочемъ, при узкихъ и очень глубокихъ ущельяхъ, которые могутъ быть перекрыты одной аркой или желѣзной фермой, мосты-акведуки гораздо дешевле и удобнѣе сифона. Для правильнаго рѣшенія вопроса слѣдуетъ въ случаяхъ сомнительныхъ дѣлать два параллельныхъ проекта моста и сифона.

Сифоны дѣлаются изъ тѣхъ же матеріаловъ, какъ и водопроводныя трубы вообще. Наиболѣе пригодными являются чугунъ, а для большихъ діаметровъ—желѣзо. При желѣзныхъ трубахъ, не имѣющихъ, какъ чугунныя, большаго числа стыковъ, необходимо для возможности растягиванія трубы при повышеніи температуръ, устраивать особые *расширительныя* коробки. Онѣ дѣлаются у верхнихъ концовъ сифона; труба здѣсь помѣщается на подушкѣ. Детали видны на чертежѣ 364.

Наибольшее затрудненіе представляетъ устройство *головъ* сифона, т. е. тѣхъ сооруженій, при посредствѣ коихъ акведукъ соединяется съ трубопроводомъ.

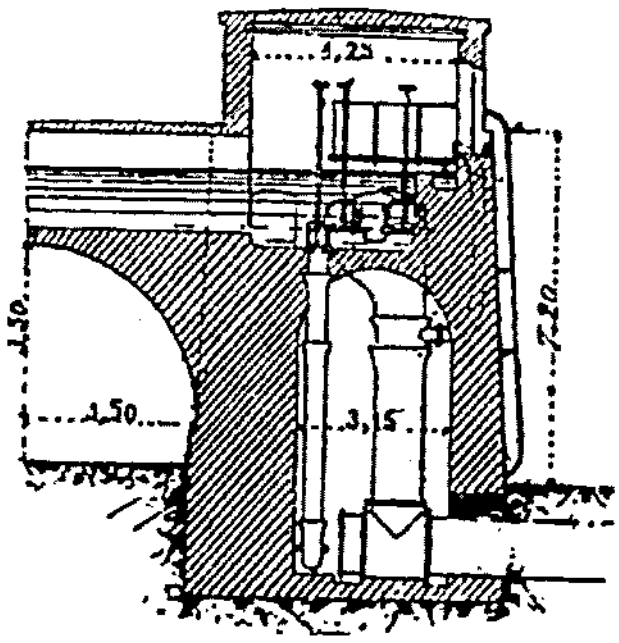
Эти головы должны быть проектированы и выполнены такъ, чтобы:

а) потери напора при переходѣ воды изъ колодца въ трубу были возможно менѣе,

б) не было водоворотовъ,

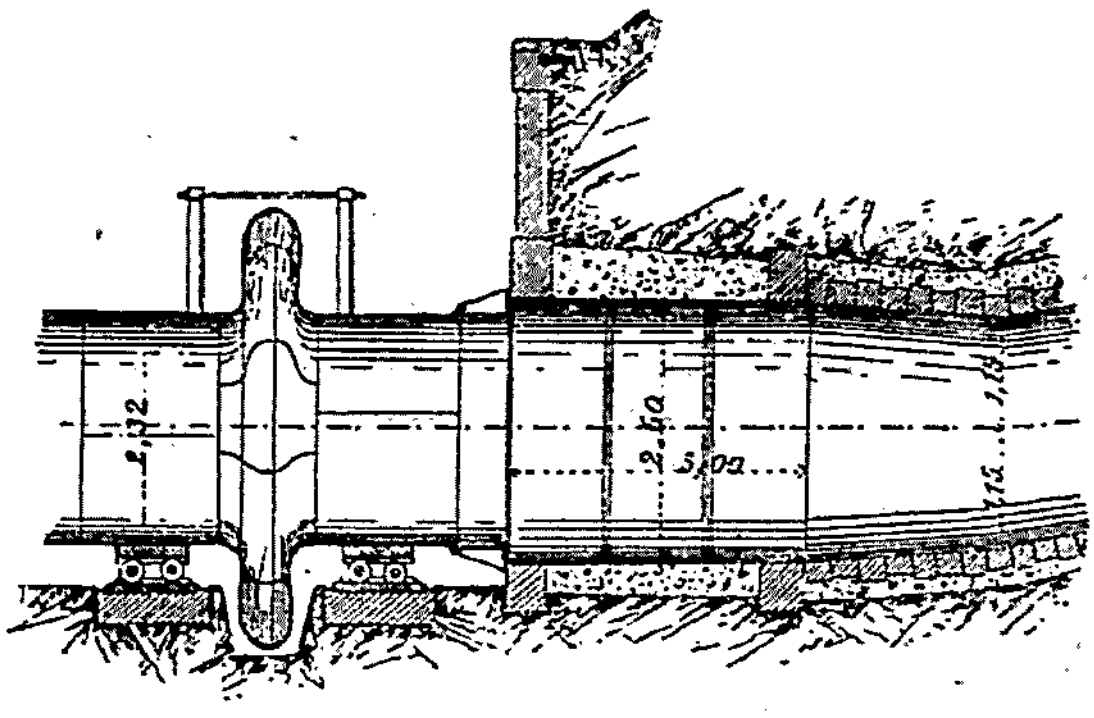
в) не было остановокъ въ движеніи воды и особенно ударовъ воды, вслѣдствіе быстраго выдѣленія воздуха,

Сифоны.



Черт. 363.—Голова сифона Ваннскаго водопровода (см. черт. 244—246, 336, 337 и 339) въ Парижѣ.

Она представляетъ собой весьма сложное сооруженіе съ приспособленіями для наполненія сифонной трубы водой, опоражниванія ея, для выпуска избытка воды приходящей по каналу—акведуку, для выпуска воздуха. (Bechmann — изд. 1898.—стр. 300).



Черт. 364. — Приспособленіе сифона изъ желѣзной трубы большаго діаметра къ измѣненіямъ температуры.

Желѣзная труба—сплошная; въ ней нѣтъ стыковъ, подобныхъ стыкамъ чугунныхъ трубъ, допускающихъ измѣненія длины отдѣльныхъ звеньевъ трубы безъ замѣтнаго измѣненія ея общей длины. Въ желѣзной трубѣ, вліянія температуры могутъ быть очень чувствительны и разрушать прочность соединеній трубы съ кладкой. Для устраненія этого неудобства у головъ сифона устроенъ металлическій мѣхъ или расширительная коробка, которая принимаетъ расширенія и сжатія трубы. Труба движется на каткахъ, подобныхъ мостовымъ—(Bechmann—p. 291).

г) имѣлась возможность наполнять сифонъ водою или опоражнивать его по усмотрѣнію (затворы).

д) былъ обезпеченъ выходъ воды, являющейся въ избыткѣ и не входящей въ сифонъ (водосливы),

е) было возможно осушать голову для осмотра и ремонта (водоспуски).

Примѣръ устройства головы показанъ на чертежѣ 363.

§ 55. Производство работъ по устройству акведуковъ и укладкѣ трубъ.

Производство работъ по устройству открытаго или закрытаго акведука и укладкѣ трубъ въ общихъ чертахъ извѣстно изъ курса Общихъ Началъ строительнаго Искусства и излагается въ спеціальной главѣ посвященной этому предмету въ курсѣ Водостоковъ.

Поэтому здѣсь мы остановимся лишь на нѣкоторыхъ вопросахъ, относящихся къ укладкѣ водопроводныхъ трубъ.

Трубы эти укладываются обыкновенно прямо въ землю. Недостатки такого способа укладки:

а) течь долго не обнаруживается, если грунтъ мало водопроницаемъ,

б) прежде чѣмъ обнаружиться, течь вызываетъ разстройство насыпаннаго надъ трубой земляного слоя и мостовой,

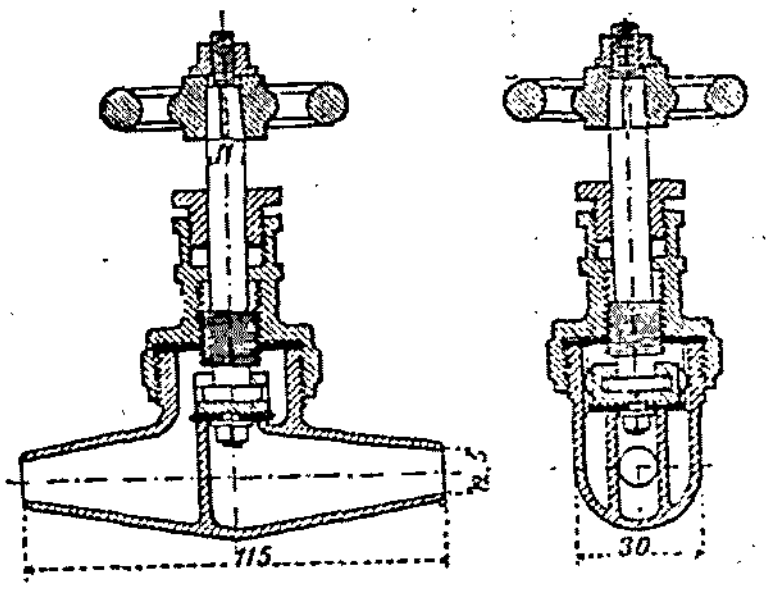
в) исправленіе требуетъ раскрытія рва и сопровождается затрудненіями для уличнаго движенія,

г) поверхность трубы, соприкасающаяся съ грунтомъ, легко разрушается,

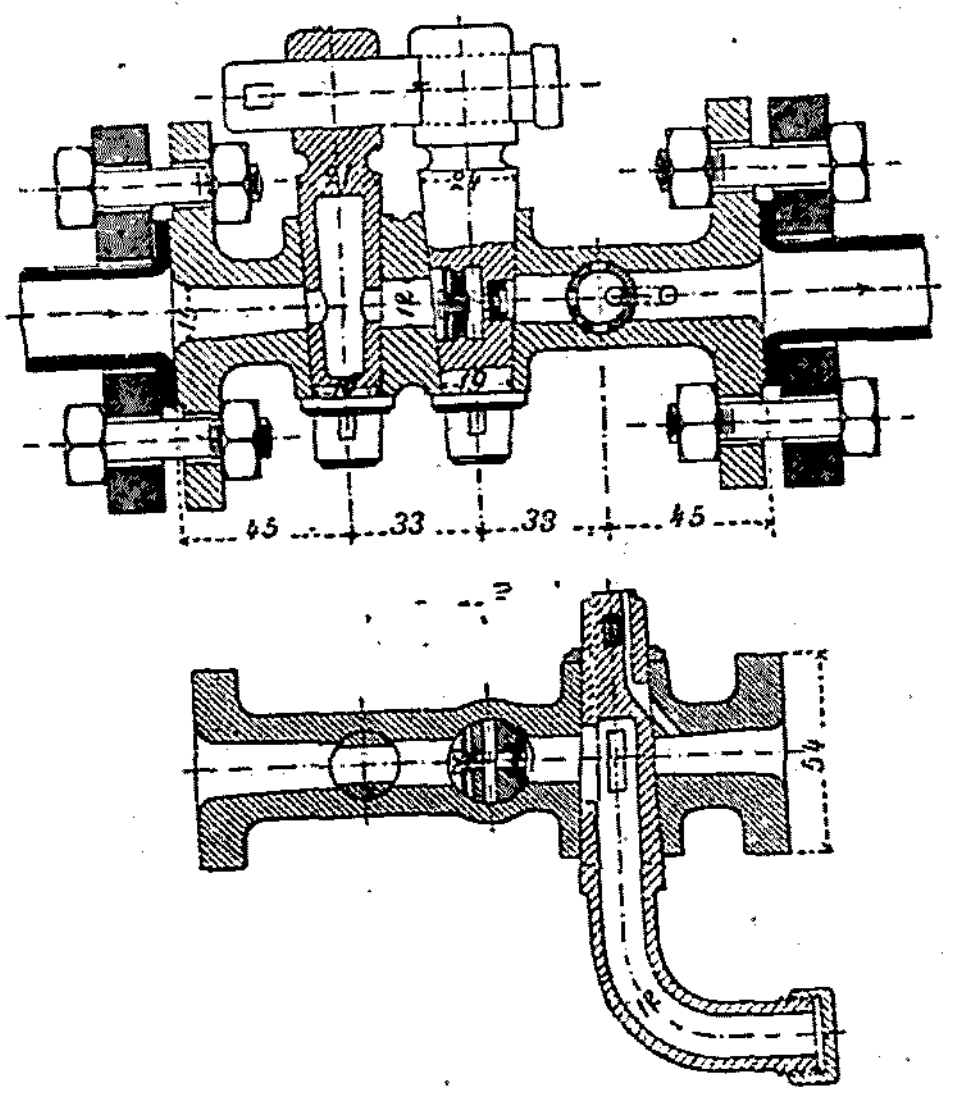
д) если въ трубѣ можетъ образоваться пространство съ разрѣженнымъ воздухомъ, то чрезъ швы трубы въ нее могутъ проникать заразные или загрязняющіе элементы изъ окружающей почвы,

е) если вблизи трубы находятся земные провода сильныхъ электрическихъ установокъ, то разрядъ совершается по трубѣ, причемъ быстро разрушается ея тѣло.

По этимъ причинамъ цѣлесообразно. если къ тому есть возможность, помѣщать водопроводныя трубы въ подземныхъ галлереяхъ, какъ напр. это сдѣлано въ Парижѣ, гдѣ эти трубы уложены въ водостокахъ. Это требуетъ отъ водостоковъ огромныхъ сѣченій и стоитъ дорого. Устройство такихъ галлерей спеціально для водопроводныхъ



Черт. 365 и 366. — Завинчивающійся кранъ для внутреннихъ трубъ домовой канализаціи (водоразборные домовые краны). Такіе краны внутри домовъ также предпочтительнѣе поворотныхъ коническихъ, т. к. уменьшаютъ удары воды, особенно опасные для свинцовыхъ трубъ ($^1/_4$ н. в.).



Черт. 367 и 368. — Калиброванный кранъ для постояннаго расхода воды примѣняемый въ г. Цюрихѣ. Калиброванный кранъ находится между двумя другими простыми. Правый—служитъ для прекращенія домовладѣльцемъ доступа воды въ свой отводъ и имѣетъ особое отверстіе для опорожниванія домоотвода. При калиброваніи правый кранъ поворачивается на 90° и къ нему привинчиваются вмѣсто шапочки рукавъ который отводитъ воду въ измѣрительный сосудъ. Лѣвый кранъ—предохранительный; онъ пускается въ дѣло, когда калиброванный кранъ вынимается для исправленій. Калиброванный кранъ (средній) имѣетъ тонкое отверстіе въ твердой пластинкѣ, дающее въ часъ измѣренное количество воды; чтобы это отверстіе не засорялось среди нихъ устроено сито. Пластинка съ калиброваннымъ отверстіемъ держится гайкой и можетъ перемѣняться, если отверстіе разработается или засорится ($^1/_4$ н. в.).

трубъ обходится еще дороже. Тѣмъ не менѣе, въ Лондонѣ и С.-Американскихъ Штатахъ, гдѣ многія мостовыя совершенно водонепроницаемы и потому не могли бы допустить течи выступить на поверхность земли и указать поврежденное мѣсто, устраивались и устраиваются особыя галлереи для водопроводныхъ трубъ.

Такимъ образомъ укладка трубъ въ галлереяхъ является пока исключеніемъ; обыкновенно же, повторяемъ, трубы укладываются непосредственно въ землю.

Дно рва вообще параллельно поверхности грунта. Только иногда, когда поверхность очень не ровна или когда недостатокъ напора не позволяетъ подняться слишкомъ высоко въ какомъ-либо мѣстѣ, дно понижаютъ и спрямляютъ. Въ планѣ трубы укладываются по ломаннымъ прямымъ линіямъ съ круговыми соединеніями въ вершинахъ угловъ. Радіусы закругленій не должны быть велики, чтобы по возможности ограничить протяженіе трубы, гдѣ дѣйствуетъ центробѣжная сила и гдѣ трубу нужно подпирать, чтобы не раскрывались швы (черт. 314).

Глубина укладки должна быть больше глубины промерзанія и больше той, при которой труба рискуетъ быть раздавленной движущимися по мостовой тяжелыми экипажами. Оба эти предѣла зависятъ первый отъ климата, второй—отъ размѣра экипажа и качества мостовой. Для Германіи глубина укладки принимается 1,50—2,00 метра до верха трубы отъ поверхности мостовой. Для Россіи, гдѣ климатическія разницы такъ значительны, нельзя указать общей нормы. Для средней полосы—это будетъ 6—7 футовъ.

Обыкновенно для трубъ не дѣлается никакого фундамента—онѣ кладутся прямо на дно рва. Но въ случаяхъ плохого грунта, при пересѣченіи съ водостоками и пр. приходится прибѣгать къ спеціальнымъ устройствамъ.

Для ускоренія укладки иногда пользуются приспособленіями, показанными на черт. 320, 321. Швы заполняются только, когда уложено довольно значительное число звеньевъ.

Для отдѣленія домового рукава отъ уличной магистрали отъ уличной магистрали существуютъ два способа. Первый примитивный, но и до нынѣ употребляемый, состоитъ въ томъ, что для отвода рукава уличная магистраль просверливается; а второй способъ, нынѣ уже обыкновенно вводимый въ практику, состоитъ во вставкѣ

во время укладки уличной магистрали, противъ каждаго дома, въ составѣ уличной магистрали особаго колѣна съ отросткомъ.

При просверливаніи трубъ въ просверленной дырѣ на магистрали нарѣзается винтъ и ввинчивается туда особая трубка, называемая отводомъ, къ которому и прикрѣпляется труба домоваго рукава (черт. 331—332). Для большаго укрѣпленія этого отвода къ магистрали, на послѣднюю надѣвается также сѣделка, состоящая изъ полутрубы, стянутой болтами съ магистралью; тогда винтъ для отвода нарѣзается не только на просверленной стѣнкѣ трубы, но и на просверленной стѣнкѣ сѣделки, отчего нарѣзъ на отводѣ можетъ быть сдѣланъ длиннѣе, и потому онъ крѣпче сидитъ въ магистрали. Иногда эти дыры противъ каждаго дома просверливаются во время первоначальной укладки уличныхъ магистралей и затыкаются винтовой пробкой, которую потомъ можно всегда вынуть, когда это понадобится.

Для просверливанія дыръ и прикрѣпленія отводовъ по описаннымъ способамъ приходится останавливать водоснабженіе по той уличной магистрали, на которой производится эта работа, что не всегда удобно, такъ какъ должно производиться въ ночное время, и во всякомъ случаѣ эта работа прекращаетъ на нѣкоторое время пользованіе водою потребителей. Для устраненія запиранія для этой работы магистрали и выпуска воды, придуманы приборы, посредствомъ которыхъ при полномъ напорѣ можно сверлить магистраль, нарѣзать на ея стѣнахъ винтъ и прикрѣплять къ ней домовый рукавъ.

На черт. 328 представленъ такого рода приборъ—Рейсера. Онъ состоитъ изъ крана, ввинченнаго въ сѣделку и имѣющаго на другомъ своемъ концѣ овальный фланецъ; сквозь кранъ плотно проходитъ цилиндрически обточенное сверло и препятствуетъ этимъ выходу воды изъ магистрали сквозь просверленное сверломъ отверстіе; къ овальному фланцу крана прикрѣплена своимъ фланцемъ желѣзная рама для направленія и нажима сверла.

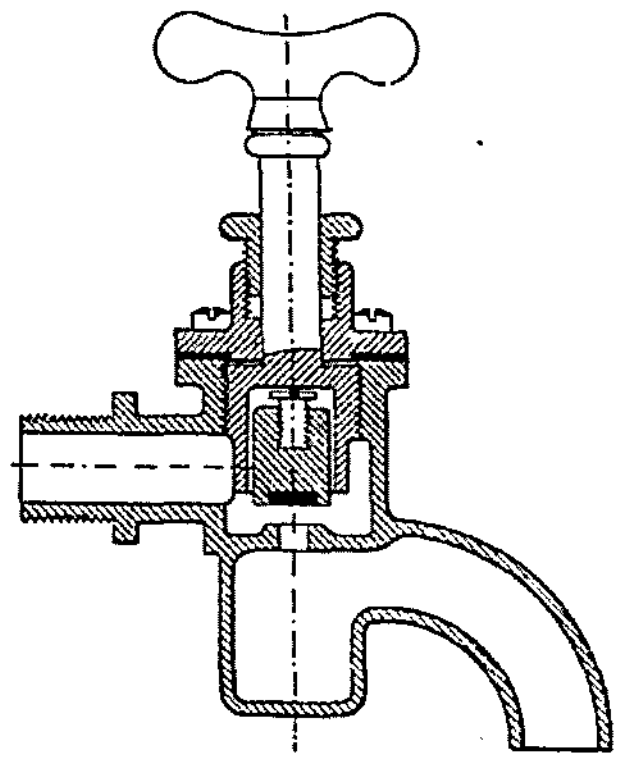
Работа производится такимъ образомъ, что прежде всего противъ того мѣста, на которомъ предполагается просверлить магистраль, плотно прикрѣпляется къ послѣдней сѣделка съ ввинченнымъ въ нее краномъ, причемъ подъ сѣделку необходимо подложить на магистраль кусокъ кожи, намазанный сурикомъ. Сверло просовывается сквозь кранъ и зажимается сальникомъ или другимъ способомъ, такъ, чтобы вода не могла просачиваться. Затѣмъ сверлится дыра, подвижное

плечо колѣна отводится въ сторону, сверло вытягивается на столько, чтобы кранъ можно было завернуть и остановить выходъ воды изъ магистрали. Послѣ того сверло вынимается совсѣмъ, сверлильный приборъ отвертывается и домовый рукавъ прикрѣпляется къ фланцу крана, отворивъ который пускаютъ воду по рукаву въ домъ.

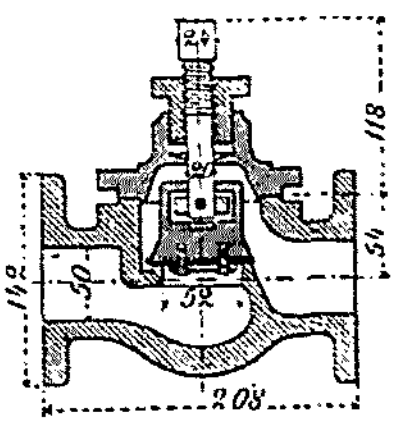
Прикрѣпленіе домовыхъ рукавовъ отростками стало въ послѣднее время во многихъ городахъ распространеннымъ способомъ прикрѣпленія домовыхъ рукавовъ къ уличнымъ магистралямъ. Онъ состоитъ, какъ было указано, въ томъ, что еще при первоначальной укладкѣ уличныхъ магистралей, противъ каждаго дома или предполагаемаго мѣста для общественнаго крана, вставляется въ составъ магистрали особое колѣно трубы съ прилитымъ къ нему отросткомъ съ фланцемъ или раструбомъ, закрытый до времени употребленія крышкой на болтахъ. Когда надобно отвести домовый рукавъ, эта крышка снимается и вмѣсто нея къ отростку прикрѣпляется фланцемъ труба домоваго рукава. Мѣсто расположенія отростковъ должно быть отмѣчено на домахъ, чтобы впослѣдствіи отростокъ можно было скорѣе найти.

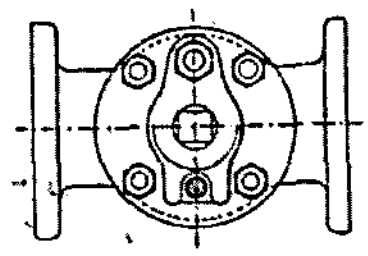
Употребленіе этого способа влечетъ за собою увеличеніе первоначальныхъ затратъ, а равно и увеличеніе эксплоатаціонныхъ издержекъ, противъ простого способа просверливанія магистралей подъ давленіемъ. Первоначальныя издержки еще тѣмъ болѣе увеличиваются, что при этомъ требуется большое число кранovъ на уличныхъ трубахъ, которые, когда придется запирать ихъ чтобы устроить тотъ или другой домовый отводъ, будутъ производить остановку въ доставленіи воды множеству потребителей; сверхъ того приходится заказывать много спеціальныхъ трубъ съ отростками, которые оплатятся потребителями только впослѣдствіи, когда ими будетъ браться вода изъ водопровода. Расходы по эксплоатаціи увеличиваются по той причинѣ, что надобно имѣть лишнихъ людей для запиранія многихъ кранovъ при прекращеніи водоснабженія въ какой-либо части сѣти при устройствѣ домовыхъ отводовъ.

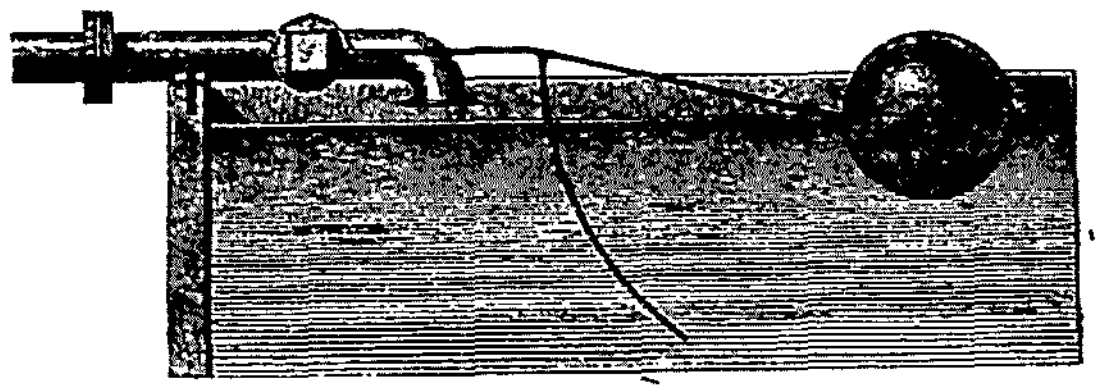
Для домовладѣльцевъ эта система представляетъ также своего рода невыгоды, такъ какъ домовый рукавъ въ этомъ случаѣ необходимо вести отъ прежде уложеннаго отростка; онъ же часто не будетъ приходиться прямо противъ того мѣста дома, въ которое выгоднѣе провести рукавъ, такъ что совершенно излишне рукавъ будетъ длиннѣе необходимаго. Какъ для водопроводной администраціи, такъ



Черт. 369. — Самозапирающійся кранъ Тэйлора для предупрежденія безполезныхъ потерь воды. Стержень крана имѣетъ внизу широкую коробку въ которую плотно входитъ тяжелый цилиндръ съ кожанной подкладкой. Это и есть затворъ. При вращеніи стержня онъ движется съ коробкой вверхъ и внизъ, отпирая и запирая отверстіе. Если же кранъ забудутъ закрыть, то вода, проникая надъ цилиндромъ, заставляетъ его, вслѣдствіе тяжести, опуститься и закрыть отверстіе. Чтобы затѣмъ открыть кранъ нужно сначала опустить надцилиндровую коробку.







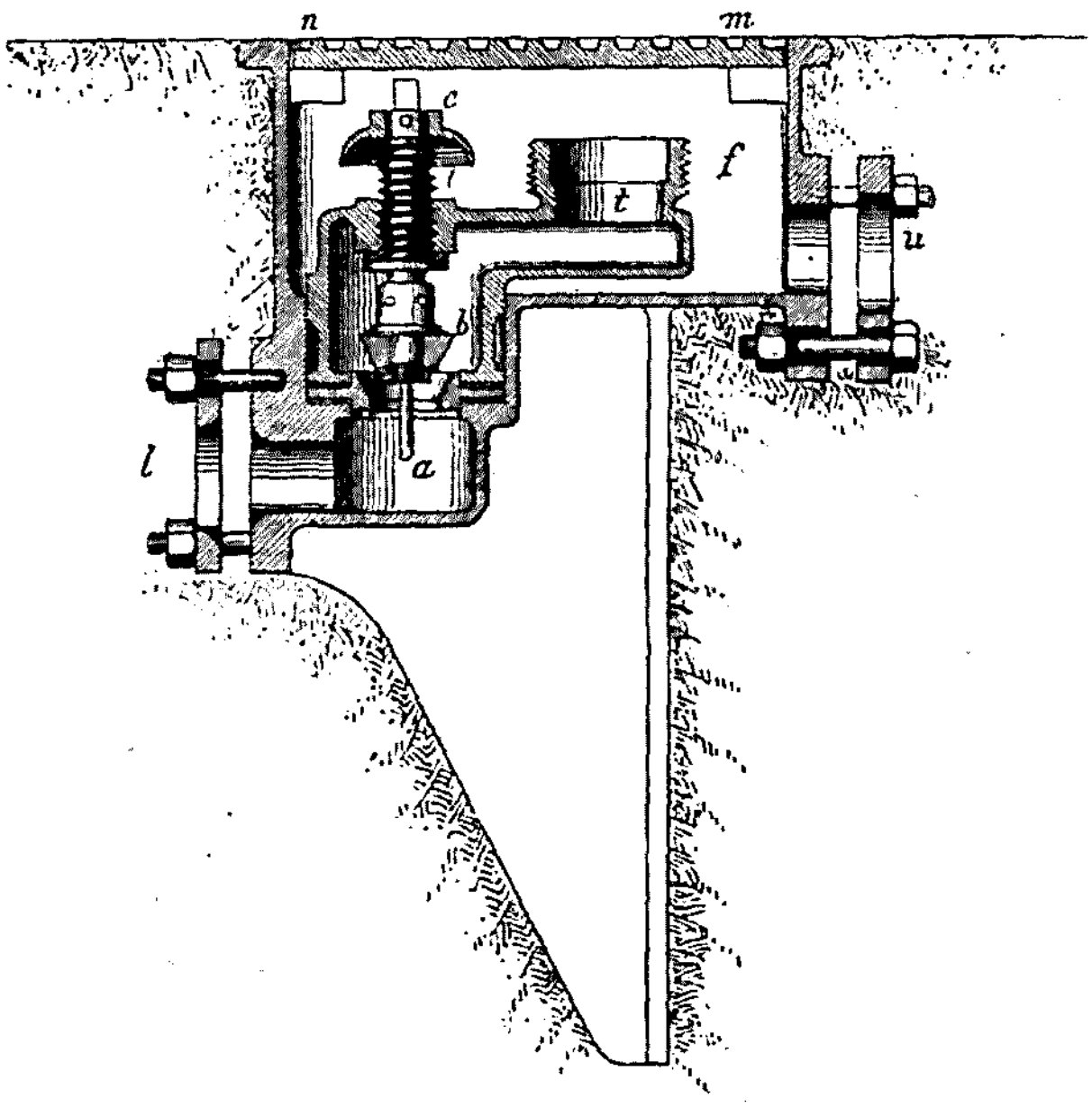
Черт. 372. — Автоматическій кранъ съ шаровымъ поплавкомъ. Кранъ открывается при пониженіи горизонтовъ резервуара и запирается, когда вода достигнетъ назначеннаго уровня. Примѣняется преимущественно для внутреннихъ домовыхъ резервуаровъ.

Черт. 370 и 371. — Опускной кранъ для запиранія болѣе значительныхъ домовыхъ отводовъ (сравни черт. 331—332). Онъ дѣйствуетъ правильнѣе поворотнаго, запираетъ лучше и плотнѣе благодаря кожанной подкладкѣ ($^1/_{10}$ н. в.).

Примѣчаніе. Размѣры на черт. 365—371 въ миллиметрахъ.

Гидранты.

Гидранты для полученія воды для тушенія пожаровъ, мытья и поливки улицъ и пр. ставятся въ разстояніи 25—50 саж.; возлѣ важныхъ зданій, складовъ и т. п. въ виду пожарныхъ цѣлей ихъ сближаютъ. Часто въ общественныхъ зданіяхъ они ставятся внутри ихъ, въ корридорѣ на лѣстницахъ и т. п.



Черт. 373.

Гидрантъ съ коническимъ подъемнымъ краномъ Парижскаго водоснабженія.

(Для пожарныхъ и поливныхъ шланговъ).

и для частныхъ лицъ, этотъ способъ связанъ поэтому съ большими издержками, чѣмъ способъ просверливанія магистралей.

Домовый рукавъ подлѣ стѣны дома оканчивается краномъ, которымъ дѣйствовать можетъ только водопроводная администрація, на случай прекращенія доставки воды потребителю, а иногда и еще вторымъ такимъ же, которымъ распоряжается самъ домовладѣлецъ (черт. 331—332). Обыкновенно рукавъ отъ магистрали до стѣнъ дома укладывается самой водопроводной администраціей, хотя на счетъ потребителя; ремонтъ его лежитъ на администраціи, однако, какъ принадлежности городской сѣти.

Устройство водопроводовъ внутри домовъ предоставляется частнымъ мастерамъ, но обыкновенно водопроводная администраціи оставляетъ за собой право провѣрять какъ надежность самаго домового водопровода, такъ и того, не отведена ли вода куда либо противно условію съ домовладѣльцемъ.

§ 56. Приборы трубопроводовъ.

Трубопроводы, образующіе магистраль, переходящую въ все болѣе и болѣе развѣтвленную сѣть, по самому своему назначенію доставлять воду въ различныя части города для домашняго, уличнаго и фабричнаго потребленія, имѣютъ цѣлый рядъ приборовъ, отвѣчающихъ этой цѣли; кромѣ того при трубахъ имѣются и нѣкоторыя другія приспособленія, обезпечивающія правильность движенія воды.

Вообще приборы водопроводныхъ трубъ могутъ быть классифицированы примѣрно слѣдующимъ образомъ:

- I. Водоразборные приборы.
  - а) Приборы для полученія воды для разныхъ надобностей.
    - 1) воды для мытья и пр.
    - 2) питьевой воды спеціально.
  - б) Приборы для полученія воды для мытья улицъ и пр.
    - 1) для мытья собственно улицъ.
    - 2) общественныхъ клозетовъ.
    - 3) водостоковъ.
  - в) Приборы для полученія воды для поливки улицъ и плантацій.
  - г) Пожарные приборы.
    - 1) дѣйствующіе посредствомъ бочекъ.
    - 2) дѣйствующіе посредствомъ брантспойтовъ.
  - д) Декоративные фонтаны.

II. Охранительные приборы.
- а) приборы для остановки движенія воды или для удаленія воды (краны).
- б) приборы для удаленія воздуха (вантузы).
- в) приборы для пониженія давленія (предохранительные клапаны).
- г) регуляторы напора.
- д) приборы для задержки воды отъ обратнаго движенія (обратные клапаны).

Всѣ приборы первой категоріи—водоразборные—въ общихъ чертахъ своего устройства извѣстны каждому изъ повседневной жизни и поясняются чертежами 365, 366, 367, 368, 369, 373—377.

Эти чертежи показываютъ только немногіе примѣры разсматриваемыхъ устройствъ; практика водоснабженія создала ихъ чрезвычайно въ большомъ числѣ постоянно мѣняющихся типовъ. Поэтому при проектированіи новаго водоснабженія необходимо пользоваться данными спеціальныхъ заводовъ и т. п. источниками.

Основныя категоріи водоразборныхъ приборовъ суть *краны* для полученія воды для домоваго употребленія и *гидранты* для полученія воды для уличнаго потребленія.

Краны вообще бываютъ коническіе (поворотные) и щитовые (подъемные). Первые примѣняются только для трубъ малаго діаметра. Затворъ крана состоитъ здѣсь изъ конуса въ которомъ сдѣлано отверстіе и который четвертью оборота приводится или въ положеніе, при коемъ вода течетъ, или въ положеніе, при коемъ она задерживается.

Щитовые краны годятся для трубъ всякихъ діаметровъ и могутъ быть самаго разнообразнаго устройства.

Среди домовыхъ кранovъ всякаго рода — особеннаго вниманія заслуживаютъ устройства, имѣющія цѣлью уменьшеніе безполезныхъ тратъ воды. Съ этой цѣлью употребляются самозапирающіеся краны (черт. 369 и 372), калиброванные краны (черт. 367 и 368) и др.

Другимъ важнымъ обстоятельствомъ въ устройствѣ кранovъ является постепенность въ ихъ запираніи, чтобы избѣжать ударовъ воды, которые могутъ разрывать трубы. Поворотные краны этому условію не удовлетворяютъ и потому могутъ примѣняться или на небольшихъ трубахъ, достаточно прочныхъ (черт. 367 — 368), или при переходѣ отъ большой трубы къ малой (черт. 331 — 332), гдѣ въ запираемомъ проводѣ масса воды еще не велика.

Подъемные краны пробочнаго (черт. 365, 366 и 369) и, въ осо-

бенности щитового типа, запираются и отпираются постепенно и гораздо болѣе обезпечиваютъ трубы отъ поврежденій ударами воды.

Гидранты суть тѣ же водоразборные краны, но помѣщенные на уличныхъ трубахъ. Они бываютъ крайне разнообразныхъ типовъ, смотря по тому, предназначаются ли они для одной какой-либо надобности (мытье улицъ, поливки, пожары), или для нѣсколькихъ вмѣстѣ. Они должны быть легко доступны, не мѣшать уличному движенію и не замерзать. Ихъ помѣщаютъ обыкновенно въ колодцахъ, прикрытыхъ запертой на ключъ крышкой. Колодцы должны имѣть стоки для воды въ канализаціонную сѣть. Мѣсто гидранта должно быть точно указано ясными знаками на стѣнѣ ближайшаго дома. Разстояніе между гидрантами 25 — 50 саж. Возлѣ важныхъ общественныхъ зданій ихъ ставятъ чаще; въ зданіяхъ, гдѣ пожары могутъ быть особенно опасны (склады и пр.) гидранты ставятся и внутри зданій.

Типы охранительныхъ приборовъ водопроводной сѣти также очень многочисленны, такъ какъ преслѣдуемыя ими цѣли могутъ быть осуществлены разными способами.

Цѣли эти, отчасти ясныя изъ приведеннаго выше перечня охранительныхъ приборовъ,—таковы.

Отдѣльные участки трубы метровъ въ 500 длиной должны имѣть по концамъ такіе затворы (краны), которые позволили бы выдѣлить изъ сѣти произвольный участокъ.

Каждый участокъ долженъ имѣть въ самомъ низкомъ мѣстѣ затворъ, при помощи коего онъ могъ бы быть опорожненъ отъ воды.

Каждый участокъ долженъ имѣть въ самомъ высокомъ мѣстѣ вантузъ для выпуска приносимаго водою воздуха, который иначе, скопляясь въ трубѣ могъ бы образовать пробку и задержать движеніе воды.

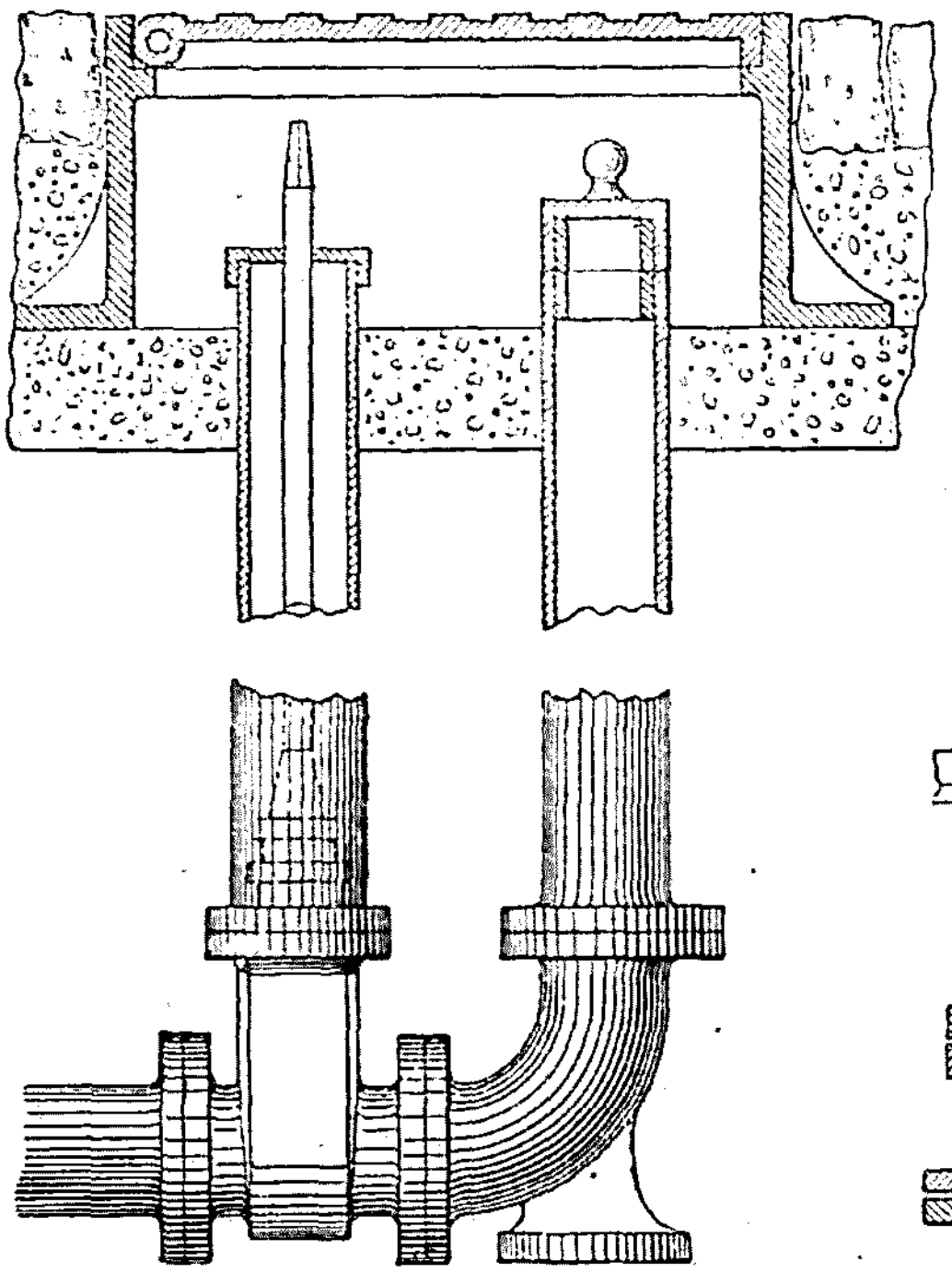
Въ трубахъ значительнаго діаметра должны быть лазы для ихъ осмотра людьми и для ихъ очистки.

Трубы, подверженныя ударамъ воды, должны быть предохранены отъ такого повышенія давленія, которое могло бы разорвать трубу.

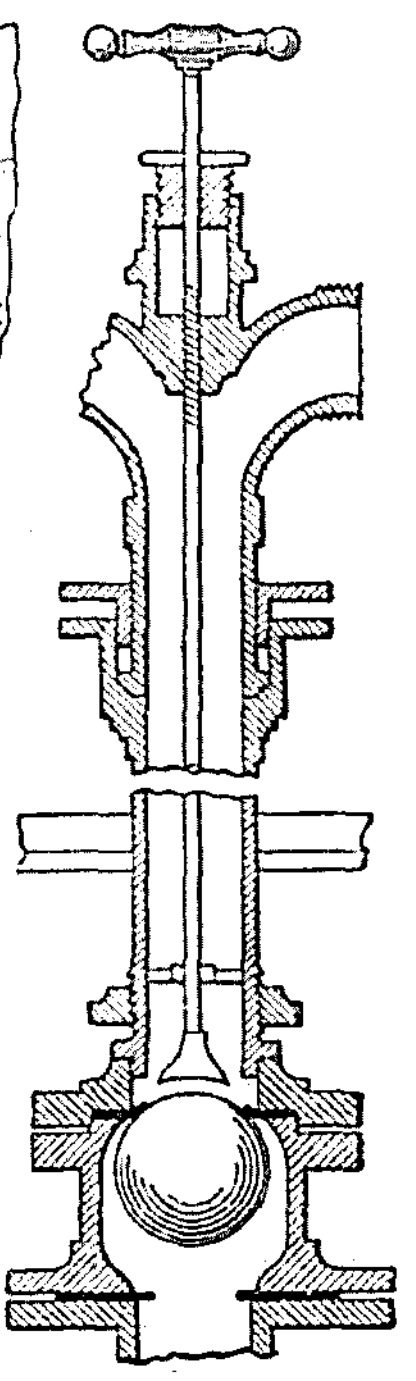
Трубы, въ которыхъ движеніе воды должно происходить только въ одномъ направленіи, должны имѣть приборы, мѣшающіе водѣ течь назадъ.

Примѣры приборовъ, отвѣчающихъ главнѣйшимъ изъ этихъ цѣлей, показаны на чертежахъ 370—372 и 378—388.

Гидранты.



Черт. 374.

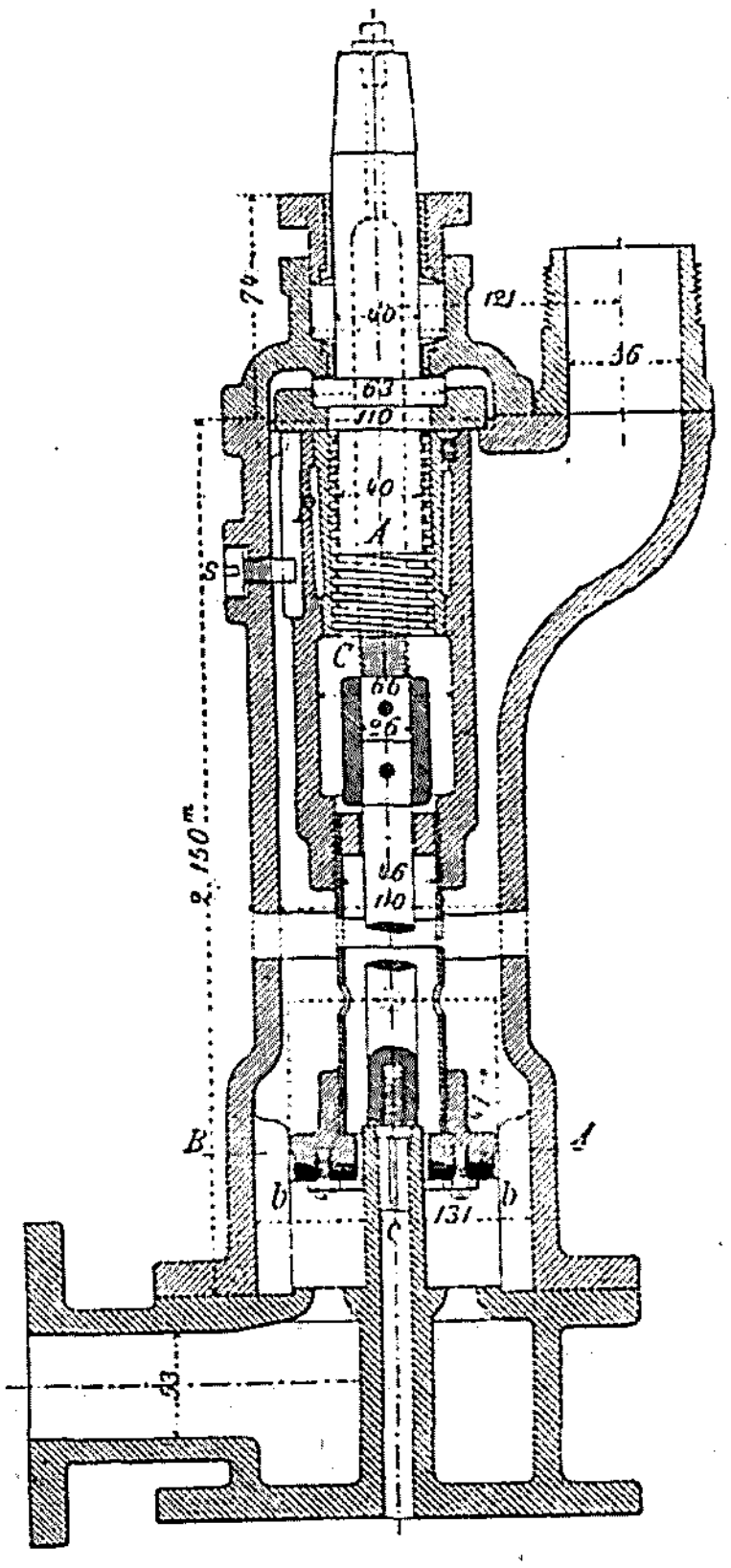


Черт. 375.

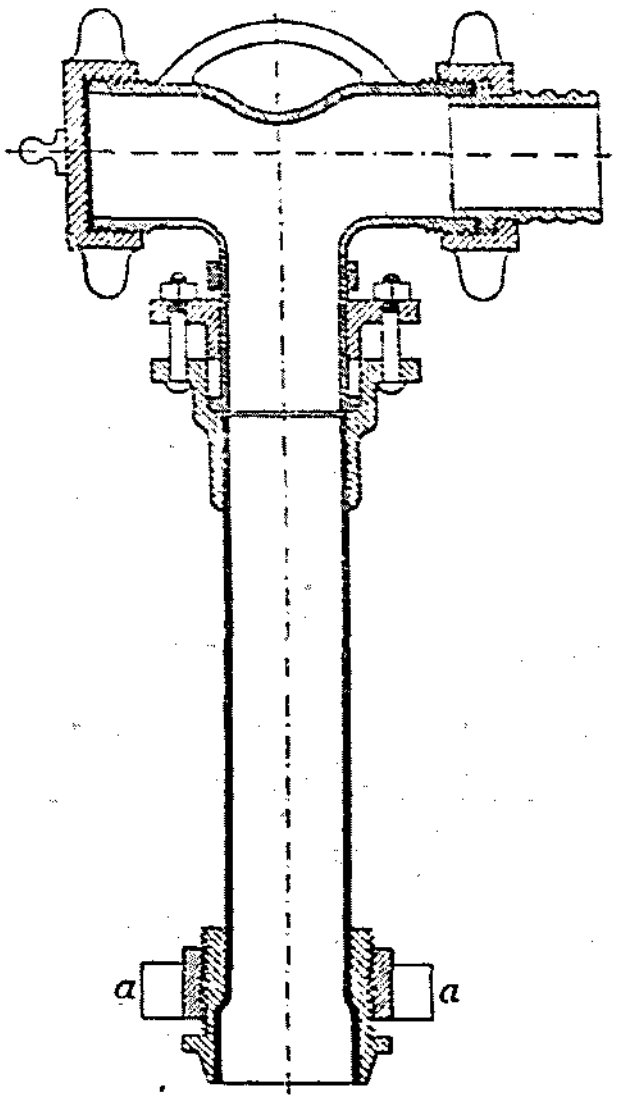
Черт. 374.—Гидрантъ съ щитовымъ краномъ ($^1/_{12}$ н. в.). Кранъ открывается ключемъ. Пожарный рукавъ или рукавъ для поливки надѣвается на особый наконечникъ, въ обыкновенное время закрытый крышкой.

Черт. 375.—Гидрантъ съ паровымъ затворомъ ($^1/_{12}$ н. в.). Каучуковый или вулканизованный шаръ закрываетъ трубу гидранта, прижимаясь къ сѣдлу изъ кожи. Надъ отверстіемъ прикрѣпляется штыковымъ замкомъ вертикальная труба, на верхнемъ концѣ которой имѣется приспособленія для прикрѣпленія шланговъ. Сквозь трубу проходитъ стержень, ввинчивая который, можно нажимать шаръ и открывать отверстіе. Достоинство этой системы—простота и дешевизна. Недостатокъ—легкая порча шаровъ и отсюда—течь.

Гидранты.



Черт. 376.



Черт. 377.

Черт. 376.—Гидрантъ водоснабженія города Вѣны. *A*—Главный винтовый стержень, поднимающій главный затворъ *b*—*b*. *C*—Второстепенный винтовой стержень, поднимающій затворъ *c*. Особенность Вѣнскаго гидранта — тщательно—конструированное приспособленіе для опоражниванія его тѣла отъ воды (замерзаніе!). При опусканіи главнаго стержня *A* когда затворъ *bb* станетъ на мѣсто, дальнѣйшее вращеніе стержня *A* заставляетъ подыматься стержень *C* и затворъ *c*, чѣмъ открывается выходъ оставшейся въ гидрантѣ воды.

Черт. 377.—Насадка гидранта служащая для прикрѣпленія одного или двухъ шланговъ (не нужная сторона закрывается крышкою). Верхняя часть насадки поворотная въ особой буксѣ, для предохраненія шланговъ отъ порчи, отъ излишнихъ перегибовъ.

Затворы на уличныхъ трубахъ суть щитовые краны. Въ простѣйшемъ случаѣ (черт. 378, 379, 382—384) щитъ имѣетъ видъ чугуннаго диска, съ бронзовыми кругами; плоскости дисковъ взаимно наклонены и образуютъ клинъ, который входитъ въ соотвѣтствующую вырѣзку въ коробкѣ крана, края вырѣзки для плотнаго соприкасанія также обдѣланы бронзой.

Въ болѣе значительныхъ трубахъ диски для запиранія каждой части трубы, движимые общими стержнями (черт. 380—381), представляются какъ бы двумя отдѣльными затворами.

Подниманіе и опусканіе крана производится винтомъ, приводимымъ въ движеніе ключемъ или рукояткою. Въ кранахъ значительныхъ размѣровъ усилія одного человѣка и даже нѣсколькихъ людей недостаточны для маневровъ крана. Въ такихъ случаяхъ или дѣлаютъ щитъ изъ двухъ или трехъ частей, которыя поднимаются отдѣльно или устраиваютъ гидравлическій двигатель, получающій движеніе отъ самой воды въ трубѣ.

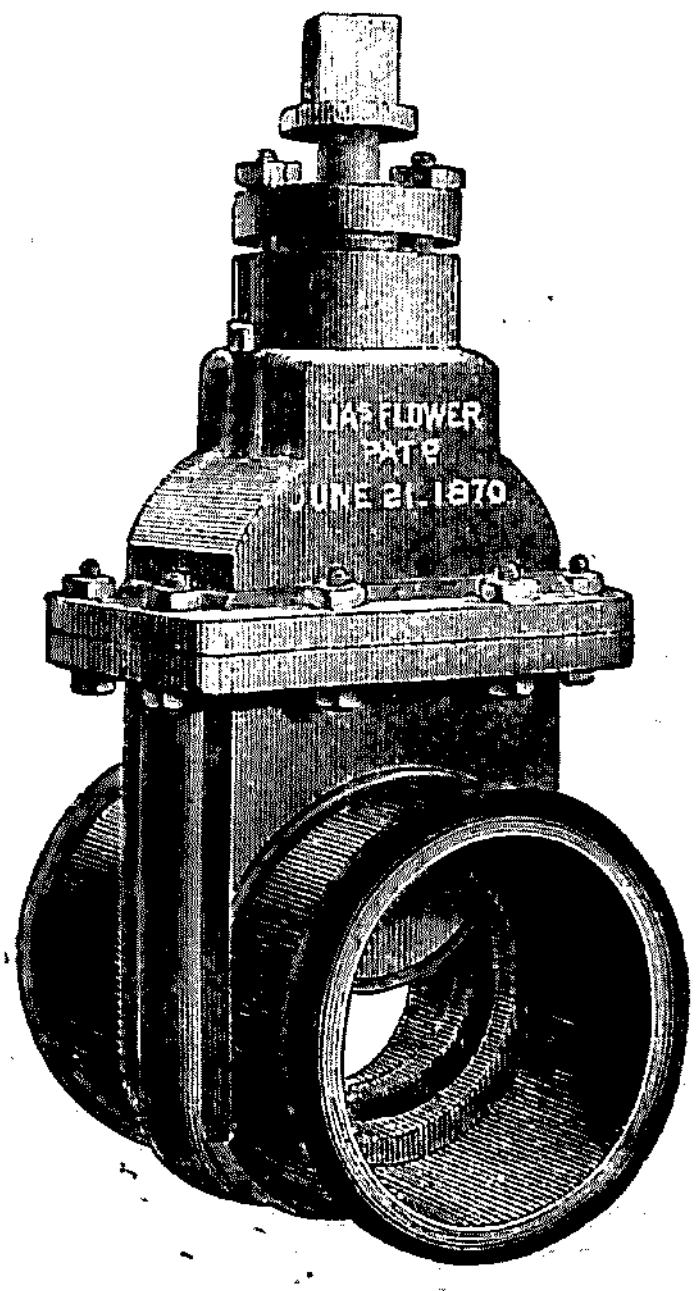
Самый простѣйшій видъ вантуза—открытая трубка (черт. 385). Она годится только въ мѣстѣ со слабымъ давленіемъ и гдѣ не бываетъ ударовъ воды, иначе вода будетъ временами бить изъ такой трубки фонтаномъ.

Для предупрежденія этого трубку снабжаютъ краномъ. Но этотъ приборъ, хотя очень удобный, требуетъ ручнаго управленія. Поэтому дѣлаютъ автоматическіе вантузы разныхъ системъ, напримѣръ вантузы съ поплавкомъ системы Бетанкура, гдѣ при опусканіи горизонта воды въ трубѣ шарообразный поплавокъ опускается и открывается выходъ воздуху (черт. 386). Автоматическіе вантузы, не смотря на всѣ усовершенствованія, далеко не всегда дѣйствуютъ и потому многіе инженеры предпочитаютъ неавтоматическіе, требующіе большаго надзора, но за то болѣе вѣрные.

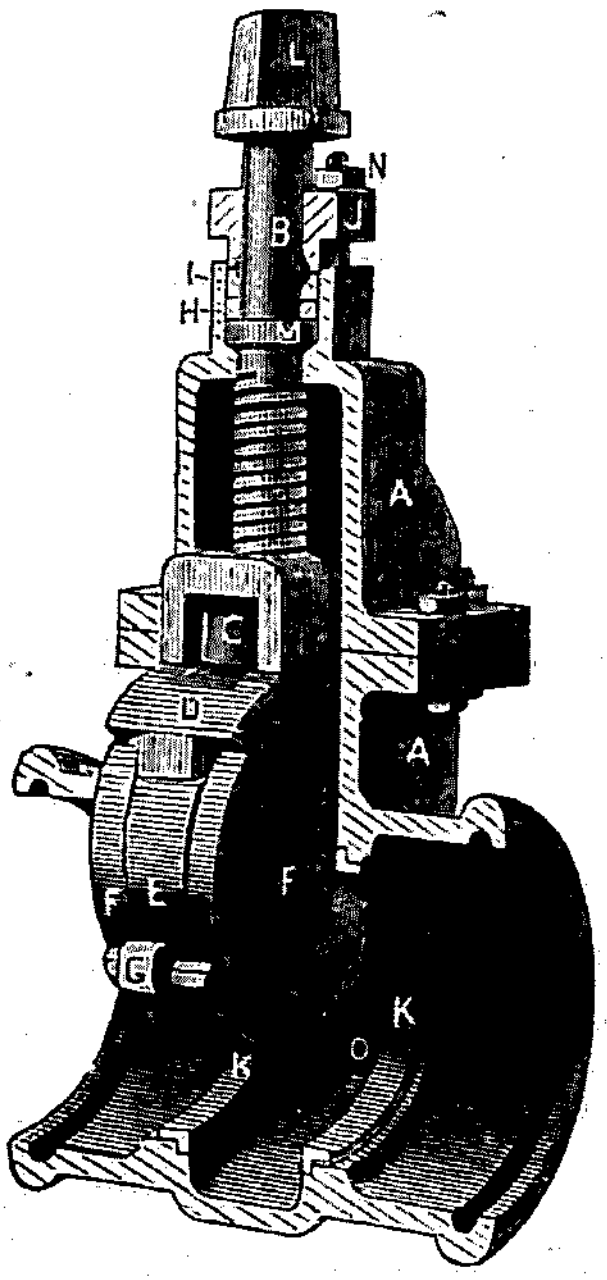
Предохранительные клапаны чаще всего бываютъ пружинные и въ общемъ сходны съ таковыми же на паровыхъ машинахъ; при давленіи превосходящемъ предѣлъ пружина сжимается и водѣ открывается выходъ.

Кромѣ предохранительнаго клапана, служащаго для удаленія изъ напорной трубы излишняго количества, противъ необходимаго, нагнетенной въ нее воды, устраиваются также на трубѣ, идущей отъ насоснаго цилиндра къ напорной трубѣ, особые самодѣйствующіе

Краны.



Черт. 378.



Черт. 379.

Общій видъ и разрѣзъ уличнаго запорнаго крана.

(Stop valve)

Запорные краны на уличныхъ трубахъ должны быть распредѣлены въ видѣ правильной системы затворовъ, которыми во всякое время можетъ быть уединена часть той или другой трубы для ремонта и пр.,—безъ прекращенія дѣйствія водопровода въ сосѣднихъ частяхъ сѣти.

клапаны, называемые регуляторами напора, которые съ измѣненіемъ расхода воды измѣняютъ соотвѣтственно скорость хода поршней насосовъ.

Дѣйствіе напорныхъ регуляторовъ заключается въ томъ, что клапанъ, соединенный съ двумя поршнями неодинаковаго діаметра, отъ увеличенія или уменьшенія напора поднимается съ своего гнѣзда или прижимается къ нему; въ первомъ случаѣ онъ своимъ поднятіемъ уменьшаетъ производимое насосами давленіе, во второмъ случаѣ увеличиваетъ это давленіе.

На чертежѣ 388 *A* есть шайбовый клапанъ, прилегающій къ гнѣзду *C*. На клапанномъ штокѣ *B* насажены разной величины поршни *D* и *E*, движущіеся въ коротких цилиндрахъ, прикрѣпленныхъ къ клапанной коробкѣ. Отношеніе между площадями поперечныхъ сѣченій обоихъ поршней сообразуется съ тѣмъ усиліемъ, которое требуется, чтобы приподнять клапанъ на нѣкоторую опредѣленную высоту.

Существуетъ еще много другихъ устройствъ для той же цѣли.

Обратный клапанъ представленъ на чертежѣ 387. Для трубъ большаго діаметра употребляется нѣсколько клапановъ такого же устройства.

Эти клапаны могутъ быть очень полезны, если ихъ поставить на магистрали идущей отъ резервуара. Но они имѣютъ и крупный недостатокъ, такъ какъ закрывая обратный ходъ водѣ, они вызываютъ удары воды въ трубахъ, что можетъ быть поводомъ ихъ разрыву. Поэтому употреблять ихъ слѣдуетъ съ осторожностью, тщательно изучая въ каждомъ частномъ случаѣ послѣдствія удара для той или другой части сѣти. (Относительно удара воды въ водопроводныхъ трубахъ см. чрезвычайно выдающееся изслѣдованіе проф. Жуковскаго).

§ 57. Способы подъема воды.

Съ самой глубой древности человѣкъ изыскивалъ способы для подъема воды. Нѣкоторые изъ этихъ способовъ прожили тысячелѣтія и еще въ ходу, напримѣръ длинные рычаги—коромысла нашихъ степныхъ колодцевъ, употреблявшіеся въ древнемъ Египтѣ. Другіе сохранили лишь историческій интересъ и вытѣснены новыми, явившимися вслѣдъ за успѣхомъ машиностроенія.

Вообще *приспособленія для подъема воды* могутъ быть раздѣлены на четыре главныя группы.

Первую составляютъ приборы, захватывающіе непосредственно воду подлежащую поднятію и поднимающіе ее, какъ вообще тяжелое тѣло. Таковы — черпаки, бадьи, ведра, прикрѣпленные къ рычагу или веревкѣ, перекинутой чрезъ блокъ, норіи, архимедовъ винтъ, тимпанное колесо, спиральный насосъ и др.

Вторую категорію образуютъ приборы, всасывающіе воду и нагнетающіе ее, т. е. помпы или насосы всякаго рода.

Третью категорію составляютъ приборы, гдѣ паденіе воды непосредственно утилизируется для подъема части ея; это ударные приборы—водяные тараны.

Четвертую категорію, наконецъ составляютъ снаряды, гдѣ вода увлекается паромъ,—инжекторы.

Мы не войдемъ здѣсь въ разсмотрѣніе ни одной изъ этихъ группъ. Приборы первой группы извѣстны изъ общежитія и курса элементарной физики. Помпы, насосы и тараны съ большой подробностью вошли въ программу спеціальной части прикладной гидравлики, читаемой особымъ профессоромъ въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія. Инжекторы—обстоятельно описываются въ курсѣ Паровой Механики. Наконецъ, обо всѣхъ этихъ приспособленіяхъ въ узкихъ рамкахъ спеціальности желѣзнодорожнаго водопроводнаго дѣла говорится въ спеціальной части настоящаго руководства, посвященной водоснабженію желѣзнодорожныхъ станцій.

Двигатели, примѣняемые для движенія водоподъемныхъ приспособленій также чрезвычайно разнообразны. Для этой цѣли пользуются силою людей и животныхъ, вѣтромъ, падающей водой, паромъ, сжатымъ воздухомъ, электричествомъ и т. д.

Выборъ того или другого двигателя зависитъ прежде всего отъ природы силы, которой можно или должно воспользоваться: въ одномъ мѣстѣ есть подъ рукой водопадъ, вполнѣ обезпечивающій непрерывное дѣйствіе системы водоснабженія, въ другомъ необходимо прибѣгать къ дорогимъ паровымъ машинамъ.

Много значитъ также и размѣръ работы, которую долженъ дѣлать двигатель и мѣстныя обстоятельства этой работы. Въ большомъ городѣ, гдѣ требуется много воды и гдѣ есть хорошія мастерскія для исправленій, гдѣ легко получить для управленія машинами

опытныхъ служащихъ, — безъ колебаній можно воспользоваться самыми совершенными машинами. Въ маленькомъ мѣстечкѣ, на отдаленной желѣзнодорожной станціи и т. п., гдѣ исправленія трудны, надзоръ плохъ, количество работы для машинъ мало, — конечно, слѣдуетъ предпочесть простыя, грубыя, хотя можетъ быть абсолютно и менѣе экономичныя машины. Въ первомъ случаѣ заботы будутъ направлены на увеличеніе коэффиціента полезнаго дѣйствія и уменьшеніе расходовъ по эксплоатаціи, во второмъ—на дешевизну первоначальнаго устройства съ гарантіей прочности при плохомъ уходѣ.

Наконецъ, самый типъ водоподъемнаго снаряда, который окажется наиболѣе отвѣчающимъ условіямъ даннаго случая, т. е. расходу воды, высотѣ всасыванія, подъема и проч., и предположенный способъ дѣйствія этого снаряда могутъ обусловить выборъ того или другого двигателя.

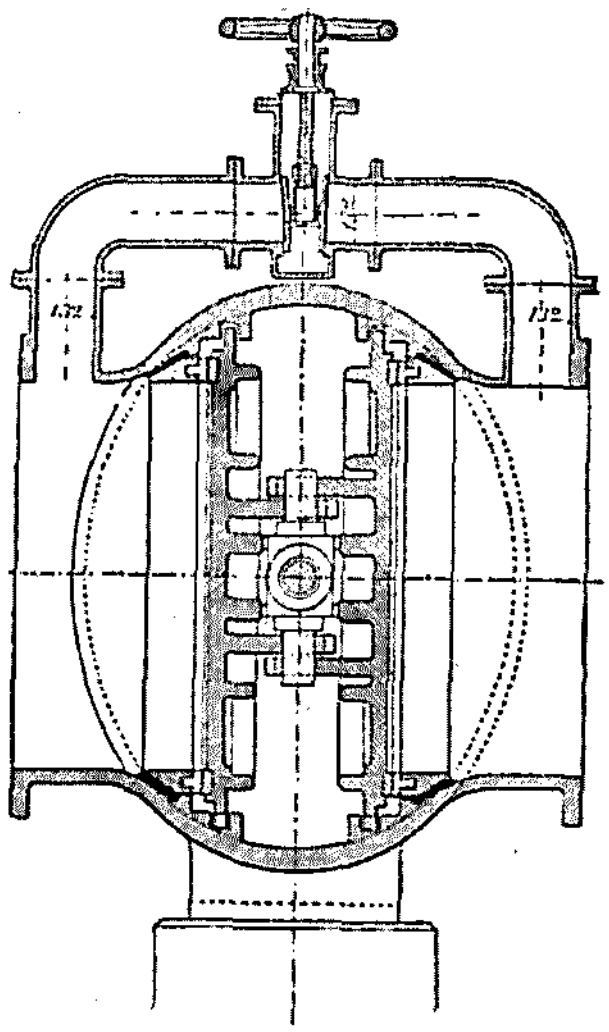
Такимъ образомъ по вопросу о выборѣ двигателя, подобно тому какъ по вопросу и о выборѣ водоподъемнаго снаряда, не можетъ быть дано общихъ рѣшающихъ указаній.

Въ каждомъ частномъ случаѣ необходимо подробное и обстоятельное изслѣдованіе всѣхъ мѣстныхъ условій, и въ случаѣ надобности составленіе нѣсколькихъ параллельныхъ предположеній о машинахъ для водоснабженія (т. е. водоподъемныхъ приспособленіяхъ), отвѣчающихъ наилучшимъ образомъ этому случаю.

При составленіи такихъ предположеній необходимо, однако, замѣтить слѣдующее.

Инженеръ путей сообщенія, завѣдывающій устройствомъ водопровода, въ рѣдкихъ случаяхъ можетъ быть спеціалистомъ въ машиностроеніи. Поэтому онъ доженъ воздерживаться отъ окончательнаго выбора паровой машины для водоснабженія, такъ какъ онъ рисковалъ бы избрать не такую, которая наилучшимъ образомъ соотвѣтствуетъ условіямъ данной задачи и не въ достаточной мѣрѣ принять въ соображеніе успѣхи механики, за которыми онъ, какъ не спеціалистъ, не можетъ, говоря вообще, слѣдить непрерывно.

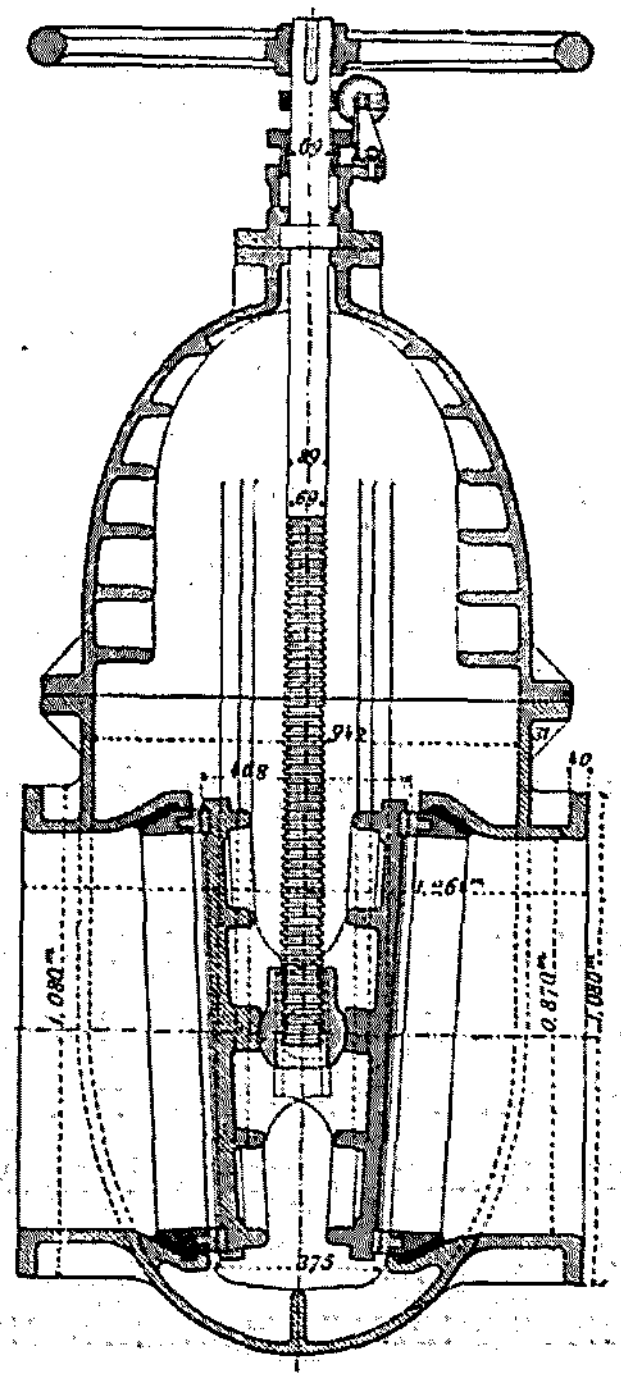
Наилучшій способъ дѣйствія заключается поэтому въ составленіи программы, которая опредѣляла бы работу машины, подлежащую исполненію, и предоставленіи засимъ строителямъ машинъ подыскать наиболѣе подходящій типъ механизма для подъема воды. При этомъ механику-строителю должны быть, конечно, указаны всѣ огра-



Горизонтальный щитовый кранъ для большихъ трубъ Вѣнскаго водоснабженія.

Черт. 380.— Вертикальный разрѣзъ.

Для большихъ трубъ предпочитаютъ иногда горизонтально-задвижные краны, позволяющіе избѣжать устройства сложныхъ глубокихъ шахтъ. Затворъ состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ щитовъ, подвѣшенныхъ къ общему винтовому стержню. При завинчиваніи они, ставъ на мѣсто, затѣмъ дальнѣйшимъ движеніемъ стержня задвигаются и прижимаются къ своимъ гнѣздамъ.



Черт. 381.—Горизонтальный разрѣзъ.

ничительныя условія даннаго случая, каковы размѣры помѣщенія для машины, продолжительность работы, предѣлъ отвѣтственности въ правильности водоснабженія и т. д.

Число строителей водопроводныхъ машинъ вообще не велико; въ случаяхъ незначительныхъ работъ можно вести дѣло съ однимъ изъ нихъ; если же заказъ великъ, то можетъ быть болѣе цѣлесообразно сдѣлать состязаніе между нѣсколькими. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ нельзя однако допускать *торговъ*, при которыхъ рѣшающее значеніе имѣетъ наиболѣе низкая цѣна. Представленные разными заводами проекты нужно разсматривать не только съ этой узкой точки зрѣнія—цѣны заготовленія машины; нужно принять въ разсчетъ стоимость ремонта и эксплоатаціи разныхъ машинъ, стоимость зданій и фундаментовъ нужныхъ для ихъ устройства, количество потребляемой ими воды и пара, степень благонадежности разныхъ поставщиковъ и т. д.

При такихъ условіяхъ можетъ оказаться болѣе выгодной не самая дешевая машина. Это обстоятельство никогда не слѣдуетъ упускать изъ вида.

Работа водопроводной машины обыкновенно выражается въ количествѣ поднятой воды, умноженномъ на высоту подъема.

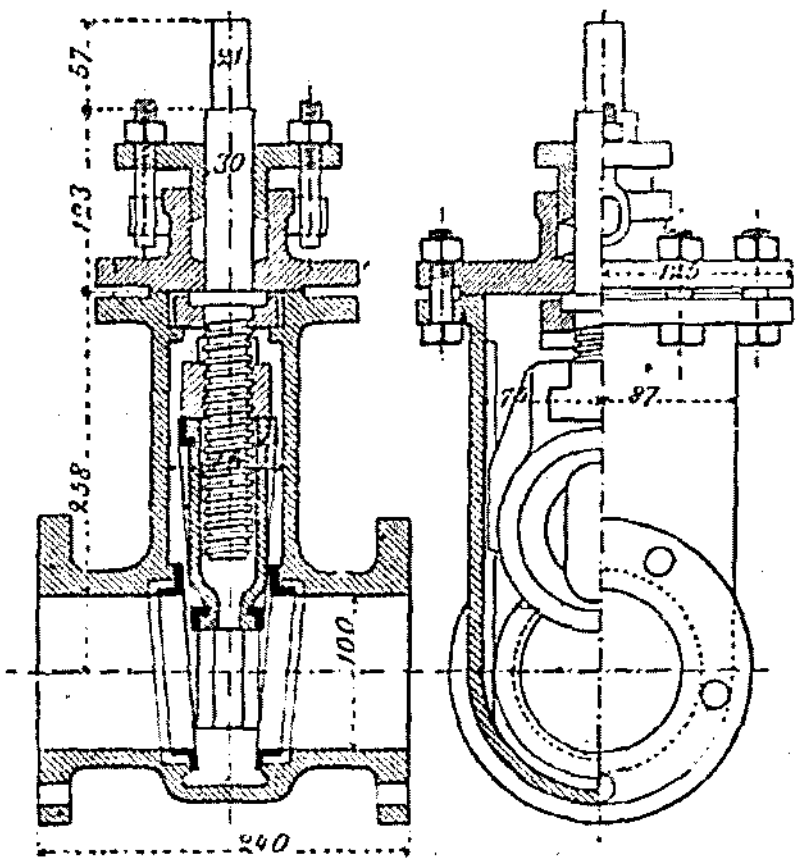
За высоту подъема принимаютъ при этомъ иногда не *дѣйствительную* высоту на которую вода поднимается, а *манометрическую*, большую дѣйствительной, чтобы принять въ разсчетъ треніе, которое вода преодолѣваетъ при подъемѣ въ восходящей трубѣ и которая является полезной работой собственно машины.

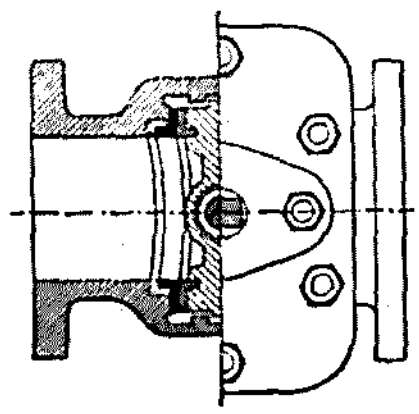
Манометрическая высота подъема въ практикѣ опредѣляется тѣмъ, что къ показанію манометра на напорной трубѣ прибавляется высота манометра надъ горизонтомъ воды; при этомъ пренебрегаютъ потерями напора въ самыхъ насосахъ.

Работа, измѣряемая поднятой водой, меньше работы, измѣренной нажимомъ.

Прони на валу машины, или работы индикаторной, получаемой въ цилиндрахъ посредствомъ діаграммы Уатта, такъ какъ между этими работами и полезною работой въ поднятой водѣ—есть потери работы въ насосахъ, на которыя при самыхъ лучшихъ устройствахъ приходится отъ 20—30% отъ работы машинъ.

Вводить въ программы устройства водоподъемныхъ машинъ по-

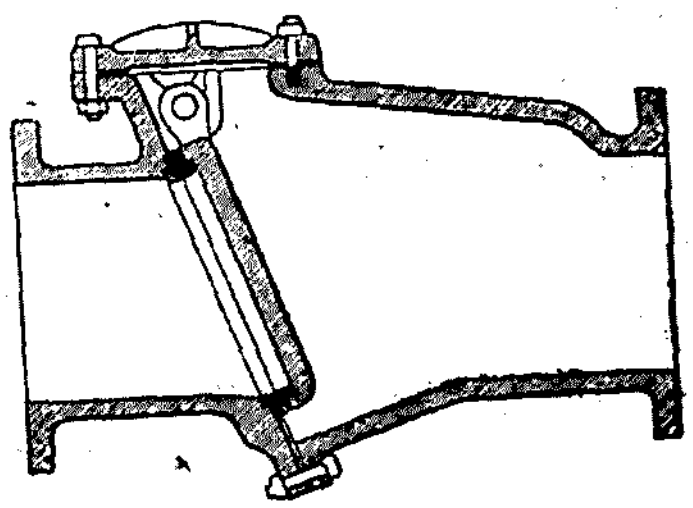




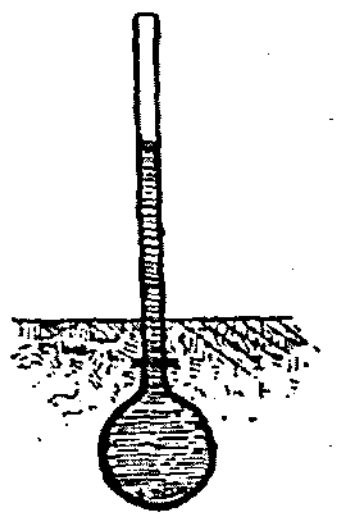
Черт. 382, 383 и 384.

Задвижной кранъ Цюрихскаго водоснабженія ($^1/_{10}$ н. в).

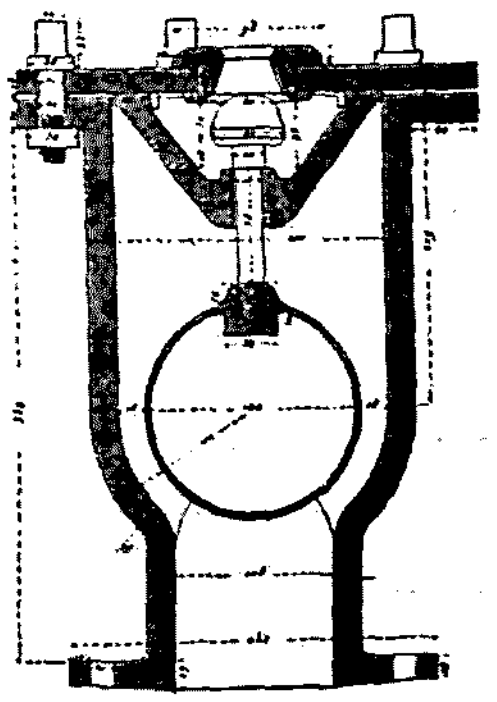
Запорныя грани крана прижимаются къ двумъ металлическимъ кольцамъ, вставленнымъ въ трубѣ.



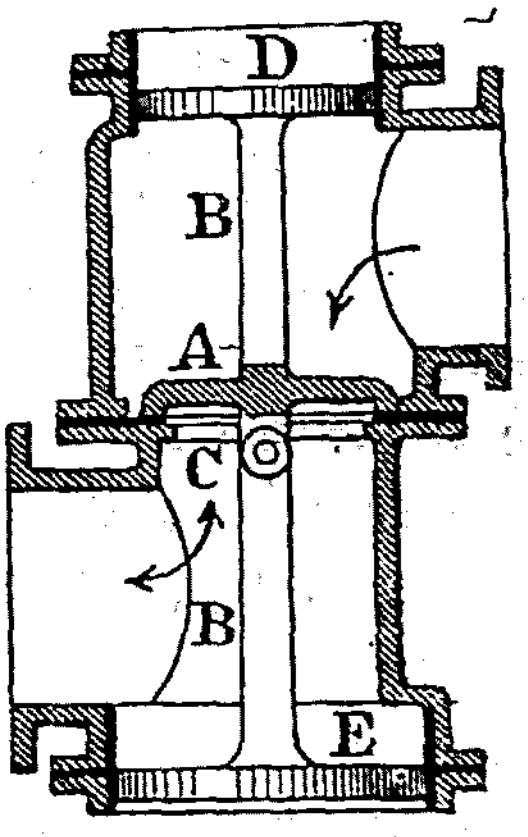
Черт. 387. — Обратный клапанъ, препятствующій водѣ двигаться въ обратномъ направленіи.



Черт. 385.—Простѣйшій видъ вантуза—открытая труба.



Черт. 386. — Вантузъ съ поплавкомъ системы Бетанкура.



Черт. 388. — Регуляторъ напора.

нятіе о работѣ въ поднятой водѣ представляется очень удобнымъ, такъ какъ во первыхъ это дѣйствительно полезная работа машины такого рода, и во вторыхъ потому, что работа эта очень легко измѣряется. Количество воды, подаваемое насосами, можетъ быть измѣрено непосредственно въ верхнемъ резервуарѣ, или опредѣлено по числу оборотовъ насосовъ и объему ихъ; высота подъема также легко опредѣляется.

Расходъ угля въ паровыхъ водоподъемныхъ машинахъ лучшихъ типовъ составляетъ отъ 1,1 килограмма до 2 килограммовъ на силу въ 75 килограммометровъ, измѣренную въ поднятой водѣ,— при измѣненіи общей силы машины отъ 150 до 30 силъ и ниже.

Въ гидравлическихъ водоподъемныхъ машинахъ сравниваютъ часто полезную работу въ поднятой водѣ съ полной работой падающей воды. Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія падающей воды оказывается при этомъ для наилучшихъ машинъ не болѣе 65%, обыкновенно же не болѣе 55%.

Пріемка машинъ для водопровода не должна дѣлаться на основаніи кратковременнаго (въ нѣсколько дней) испытанія, такъ какъ при такомъ испытаніи строители подбираютъ и топливо, и прислугу машины, и получаютъ результаты, которыхъ нельзя имѣть въ непрерывной текущей эксплоатаціи машины.

Необходимо поэтому выговаривать себѣ непремѣнно довольно длинный гарантійный кранъ, напримѣръ годичный, въ теченіи коего недостатки конструкціи, производительности и проч. могутъ быть спокойно и обстоятельно обнаружены.

§ 58. Противупожарные водопроводы.

Въ предшедствующихъ §§ настоящей главы мы познакомились съ общимъ расположеніемъ водопроводныхъ сооруженій и съ устройствомъ собственно водопроводовъ, т. е. сооруженій, служащихъ для проведенія воды — отъ источника водоснабженія къ мѣсту ея потребленія. При этомъ разсмотрѣніи не принималось въ соображеніе назначеніе воды въ томъ или иномъ случаѣ и потому представляется нынѣ цѣлесообразнымъ остановиться на одномъ изъ спеціальныхъ назначеній воды, имѣющемъ существенное вліяніе на общее расположеніе водопроводныхъ сооруженій и устройство трубопроводовъ. Мы говоримъ о *тушеніи пожаровъ*.

Борьба съ огнемъ—одна изъ важнѣйшихъ задачъ водоснабженій. Для успѣшнаго выполненія этой задачи необходимо:

1) чтобы трубы городской сѣти были способны по своимъ размѣрамъ доставлять къ каждой точкѣ сѣти нужное для тушенія пожара количество воды подъ давленіемъ, которое допускало бы свободный естественный подъемъ воды надъ крышами самыхъ высокихъ зданій;

2) чтобы городская водопроводная сѣть была снабжена приборами (пожарными кранами), допускающими быстрое и безпрепятственное полученіе воды въ указанныхъ въ п. 1 условіяхъ безъ помощи спеціальныхъ водопроводныхъ рабочихъ, а исключительно распоряженіемъ пожарныхъ;

3) чтобы разстояніе между пожарными кранами не превосходило того, на которомъ вода удобно можетъ подаваться резиновыми пожарными шлангами или рукавами, т. е. примѣрно не болѣе 50 саж.

4) чтобы всѣ пожарные краны имѣли вполнѣ одинаковыя соединительныя съ пожарными шлангами устройства, дабы пожарныя команды могли вездѣ, во всѣхъ частяхъ города, имѣя лишь одинъ типъ шланговаго замка, получать воду;

5) чтобы, кромѣ спеціальныхъ пожарныхъ кранов, вода для тушенія пожара могла бы быть получена при помощи тѣхъ же шлангов изъ всѣхъ уличныхъ приборовъ, доставляющихъ воду для иныхъ цѣлей (каковы мытье улицъ, питьевые и др. краны, фонтаны и пр.).

Въ такомъ объемѣ противупожарныя устройства встрѣчаются, къ сожалѣнію, далеко не вездѣ.

Нарушается то одно, то другое изъ указанныхъ условій, а иногда и нѣсколько вмѣстѣ.

Чаще всего оказывается недостаточнымъ давленіе въ сѣти, вслѣдствіе чего пожарные команды всегда имѣютъ въ своемъ распоряженіи насосы *ручные* (дающіе около 200 и 225 литровъ въ минуту), а въ благоустроенныхъ городахъ *паровые*, приспособленные къ быстрому (въ нѣсколько минутъ) парообразованію и подъему пара и дающіе въ минуту 600—1600 литровъ. Насосы эти помѣщаются на колесахъ и могутъ быстро передвигаться людьми или лошадьми къ мѣсту, гдѣ въ нихъ есть надобность.

Въ послѣднее время въ наиболѣе совершенныхъ видахъ пожарныхъ помпъ, двигателемъ при проѣздѣ къ мѣсту пожара является

та же паровая машина, которая приводитъ въ дѣйствіе насосы. Такія помпы-автомобили примѣнены впервые въ С.-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ въ городѣ *Hartford*'ѣ. Общій вѣсъ снаряда 7.700 кг. При немъ—кучеръ, кочегаръ и машинистъ. (Der praktische Maschinen Constructor. XXXII Jahrgang, № 1, 1899).

Не всегда также и разстоянія между пожарными кранами достаточно малы и притокъ воды обезпеченъ въ достаточномъ количествѣ. Это заставляетъ пожарныя команды имѣть въ своемъ распоряженіи цѣлый обозъ бочекъ для подвозки воды.

Въ городахъ съ періодическимъ снабженіемъ водой, каковы, напр. Лондонъ, гдѣ вода подается въ городскую сѣть лишь въ опредѣленные часы, пожарные не могутъ приступить къ тушенію пожара безъ предварительнаго телеграфнаго или телефоннаго сношенія съ водопроводной администраціей или съ ея агентами. Отсюда необходимость въ особыхъ дежурствахъ водопроводныхъ агентовъ въ разныхъ мѣстахъ города, откуда можетъ быть пущена вода изъ резервуаровъ для тушенія пожара, возникшаго въ томъ или иномъ кварталѣ.

Эти и многіе другіе пожарные недостатки водоснабженій вызываются дурно понятой экономіей при устройствѣ водоснабженій и во многихъ случаяхъ приводятъ городское населеніе къ значительнымъ убыткамъ отъ пожаровъ и въ особенности высокихъ страховыхъ премій.

Мысль эта нашла себѣ надлежащую оцѣнку во всѣхъ государствахъ среди спеціалистовъ водопроводнаго и пожарнаго дѣла и у насъ въ Россіи еще въ 1893 году первый русскій водопроводный съѣздъ принялъ резолюцію слѣдующаго содержанія:

1) *Устройство противопожарныхъ водопроводовъ, способныхъ доставлять во всякое время дня и ночи извѣстное опредѣленное количество воды подъ напоромъ, достаточнымъ для тушенія пожаровъ безъ помощи пожарныхъ трубъ, слѣдуетъ считать наилучшимъ средствомъ для сокращенія пожарныхъ убытковъ и для наиболѣе производительнаго расходованія силы и энергіи пожарныхъ командъ.*

2) *Въ видахъ наибольшаго распространенія такихъ противопожарныхъ водопроводовъ въ Россіи желательно установленіе страховыми обществами болѣе строгой и болѣе справедливой градаціи размѣровъ скидокъ со страховыхъ премій въ зависимости отъ раз-*

мировъ противопожарной силы водопроводовъ, ея постоянства и степени ея надежности.

3) *Дѣйствующія въ Россіи страховыя общества путемъ рацiональной нормировки премій въ зависимости отъ противопожарной силы водопроводовъ и степени ея обезпеченности могутъ вызывать быстрое распространеніе противопожарныхъ водопроводовъ въ Россіи, безусловно выгодное для страхователей и для страховыхъ обществъ.*

(См. Труды Рус. Водопр. Съѣздовъ. Съѣздъ I-й — 1893 г., стр. 179).

При наличности такихъ обстоятельствъ представляется необходимымъ выяснить основныя свойства, которыми должны обладать противупожарные водопроводы и указать системы ихъ устройства, а также указать и мѣры, при помощи коихъ существующіе водопроводы могутъ быть приспособлены къ тушенію пожаровъ.

Будетъ ли водопроводъ гравитаціонный или насосный, въ его трубахъ всегда будетъ нѣкоторое опредѣленное давленіе, обусловливаемое высотою положенія, относительно уровня площади города, источниковъ или резервуара въ башнѣ. Разъ водопроводъ устроенъ, это давленіе уже измѣняемо по желанію быть не можетъ и имъ обусловливается тотъ этажъ, до котораго вода можетъ подняться въ домахъ, и та наибольшая высота, до которой она можетъ бить въ верхъ, въ видѣ фонтана, или быть выбрасываема изъ брандспойта пожарнаго рукава, привинченнаго непосредственно къ пожарному крану.

Подобное свойство водопроводовъ, присущее европейскимъ водопроводамъ и громадному большинству американскимъ, не удовлетворяетъ, какъ мы видѣли, требованіямъ, которыя должны предъявляться къ водопроводу въ пожарномъ отношеніи, такъ какъ въ этихъ видахъ желательно имѣть возможность по произволу измѣнять въ большихъ предѣлахъ давленіе въ водопроводной сѣти, смотря по обстоятельствамъ. При нормальныхъ условіяхъ желательно имѣть это давленіе по возможности малое, только бы вода могла доходить до верхнихъ этажей домовъ, и тамъ вытекать изъ кранновъ съ незначительною скоростью; это требованіе является результатомъ желанія качать воду, въ видахъ сбереженія топлива, подъ возможно меньшимъ давленіемъ, обусловливающимъ, вмѣстѣ съ тѣмъ, и меньшую потерю воды черезъ неплотности стыковъ трубъ и другія случайныя малыя поврежденія. При обстоятельствахъ исключительныхъ, какъ, напримѣръ, въ случаѣ пожара въ городѣ, напротивъ, жела-

тельно, не взирая ни на какія издержки на топливо, располагать самымъ наибольшимъ давленіемъ воды во всей сѣти, или, по крайней мѣрѣ, въ трубахъ, прилегающихъ къ мѣсту пожара, чтобы имѣть возможность непосредственно изъ водопроводныхъ трубъ, безъ помощи пожарныхъ насосовъ, прямо бросать на горящія зданія массы воды на самую большую нужную высоту.

Большинство водопроводовъ этому послѣднему требованію, обыкновенно, не удовлетворяютъ, такъ какъ при устройствѣ ихъ, въ видахъ удешевленія стоимости сооруженіи, всегда старались и стараются напоръ воды въ трубахъ ограничить, по возможности, наименьшимъ предѣломъ. Результатомъ этого является невозможность тушить пожары, бросая на горящія зданія воду непосредственно изъ трубъ водопровода, а приходится изъ пожарныхъ кранов или бассейновъ переливать воду сперва въ пожарныя бочки, подвозить ихъ къ пожарнымъ трубамъ, и только помощью насосовъ послѣднихъ при работѣ на нихъ пожарныхъ служителей бросать воду на горящія зданія. Обстановка дѣла, очевидно, довольно сложная; и самая работа представляется трудною, какъ только является необходимость бросать воду на сколько-нибудь значительную высоту. Послѣднее обстоятельство вынуждаетъ городскія общества обзаводиться паровыми пожарными трубами; но извѣстно, какъ часто бываетъ трудна доставка ихъ къ мѣсту пожара и какъ много съ ними бываетъ случайностей, вслѣдствіе которыхъ онѣ, нерѣдко, далеко не оправдываютъ всѣхъ возлагаемыхъ на нихъ надеждъ.

Желаніе обезпечить городъ на случай пожара водой подъ значительнымъ давленіемъ, дѣлающимъ излишними бочки и насосы и достаточными лишь длинные пожарные рукава, одинъ конецъ котораго привинчивался бы къ ближайшему пожарному крану, а черезъ другой, снабженный брандспойтомъ, вода въ изобилiи и на всякую требуемую высоту бросалась бы, непосредственно, на горящее зданіе, привело къ созданію, въ С.-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ, цѣлаго ряда *водопроводовъ съ перемѣннымъ давленіемъ*. Въ послѣднее время къ постройкѣ такихъ водопроводовъ приступили и въ Россіи. Примѣромъ подобнаго водоснабженія представляетъ собой г. Самара, гдѣ водопроводъ устроенъ по особой хозяйственно-пожарной системѣ, изобрѣтенной русскимъ инженеромъ Н. П. Зиминымъ.

Среди различныхъ системъ водопроводовъ съ перемѣннымъ давленіемъ мы разсмотримъ американскія системы *Holly* и *Berkinbine* (см. «Новѣйшія усовершенствованія въ американскихъ водопроводахъ по примѣненію ихъ къ тушенію пожаровъ» соч. Н. И. Алтукова, Спб. 1880 г.) и русскую инженера Н. П. Зимина.

Существенное отличіе водопроводовъ системы Голли отъ всѣхъ другихъ, обыкновенно устраиваемыхъ, заключается въ томъ, что въ нихъ не существуетъ резервуаровъ, обусловливающихъ постоянную величину напора воды въ сѣти, а вода машинами непосредственно накачивается въ сѣть городскихъ трубъ и, съ помощью спеціальныхъ приспособленій, поддерживается тамъ подъ тѣмъ давленіемъ, которое является необходимымъ.

При нормальныхъ условіяхъ это давленіе поддерживается на столько, на сколько необходимо, чтобы вода достигала самыхъ верхнихъ этажей домовъ. Въ случаѣ пожара гдѣ-либо въ городѣ—объ этомъ сообщается тотчасъ же, помощью телефона или телеграфа, въ водоподъемное зданіе и тамъ немедленно машинамъ дается усиленная работа, вслѣдствіе чего давленіе въ сѣти подымается до того высшаго предѣла, сообразно которому проектирована прочность трубъ и всѣхъ другихъ устройствъ. Результатомъ этого увеличенія напора воды въ сѣти является возможность получать ее въ большомъ количествѣ изъ пожарныхъ кранновъ, и бросать вверхъ на большую высоту.

Въ нѣкоторыхъ изъ водопроводовъ, устроенныхъ по системѣ Голли, сдѣланы автоматическія приспособленія, при содѣйствіи которыхъ, какъ только начинаетъ вода браться изъ пожарныхъ кранновъ еще при нормальномъ давленіи, машины увеличиваютъ свою работу и подымаютъ давленіе въ сѣти.

Устройство водопроводовъ по системѣ Голли обусловливаетъ необходимость прокладки трубъ съ увеличенною толщиною стѣнокъ, сообразно тому наибольшему давленію, до котораго предполагается подымать напоръ воды въ сѣти.

Водоподъемныя машины въ водопроводахъ системы Голли устраиваются, обыкновевно, совершенно своеобразнаго типа, въ зависимости отъ тѣхъ условій, при которыхъ имъ приходится работать.

Въ этихъ машинахъ число ходовъ въ минуту должно быть въ состояніи мѣняться въ довольно большихъ предѣлахъ, въ зависимости отъ расхода воды, причемъ всѣ эти видоизмѣненія въ работѣ

не должны оказывать вліянія на правильность и экономичность дѣйствія машинъ, а также и производить болѣе или менѣе замѣтныя колебанія давленія воды въ трубахъ.

Практическіе опыты въ существующихъ уже водопроводахъ, устроенныхъ по системѣ Голли, показали, что однимъ изъ лучшихъ типовъ машинъ для нихъ должны быть признаны машины системы Вортингтона — прямаго дѣйствія, съ двумя цилиндрами и съ нѣкоторыми спеціальными приспособленіями.

Система Бёркинбайна отличается отъ только что описанной системы тѣмъ, тто въ то время, какъ, при системѣ Голли, напоръ воды въ трубахъ образовывается постоянно непосредственнымъ нагнетаніемъ воды въ сѣть до опредѣленнаго давленія, при системѣ Бёркинбайна, при нормальныхъ условіяхъ водоснабженія, давленіе воды въ трубахъ обусловливается уровнемъ воды въ резервуарѣ относительно уровня этихъ трубъ.

Такимъ образомъ, при устройствѣ водопроводовъ по системѣ Бёркинбайна, является необходимость въ сооруженіи напорныхъ резервуаровъ, вслѣдствіе чего эти водопроводы представляютъ изъ себя нѣчто среднее между обыкновенными резервуарными водопроводами и водопроводами системы Голли; при нормальныхъ обстоятельствахъ они работаютъ какъ первые, а въ случаѣ пожаровъ—какъ вторые. Подобнымъ сочетаніемъ Бёркинбайнъ имѣлъ въ виду получить въ своей системѣ всѣ хорошія качества обѣихъ предыдущихъ системъ, избѣгая, по возможности, всѣхъ ихъ недостатковъ. Насколько достигнута имъ эта цѣль, мы увидимъ нѣсколько далѣе, а теперь познакомимся съ тѣмъ приспособленіемъ, помощью котораго у Беркинбайна, смотря по желанію и необходимости, можно весьма быстро и удобно, изъ различныхъ частей города, возстановлять то одинъ, то другой типъ водоснабженія. Съ этою цѣлью, напорная труба, идущая отъ машинъ къ резервуару, и главная расхожая труба, идущая изъ резервуара въ городъ, въ наиболѣе удобномъ мѣстѣ соединены между собой особой соединительной трубой. Вблизи угла, образуемаго этою соединительною и напорною трубами, въ нихъ обѣихъ устроены клапаны, приводимые въ движеніе отъ штоковъ поршня спеціальнаго цилиндра, расположеннаго въ этомъ же углу. Соединеніе штока поршня съ осями клапана сдѣлано такого рода, что при перемѣщеніи поршня изъ одного его крайняго положенія

въ другое одинъ клапанъ всегда вполнѣ закрывается, а другой вполнѣ открывается. Въ оба конца цилиндра входятъ небольшаго діаметра желѣзныя трубы, которыя отъ этого цилиндра проведены въ машинное зданіе, *и во всѣ городскія пожарныя депо*, гдѣ установлены небольшіе резервуары съ сжатымъ воздухомъ. Соединяя эти резервуары съ одною изъ трубъ распредѣлительнаго цилиндра, возможно производить давленіе на ту или другую сторону поршня и, такимъ образомъ, перемѣщать его изъ одного конца въ другой и этимъ или закрывать клапанъ въ напорной трубѣ и открывать въ соединительной, или наоборотъ.

При нормальномъ положеніи дѣла, когда въ городѣ не требуется усиленнаго давленія воды, клапанъ въ напорной трубѣ всегда бываетъ открытъ, а въ соединительной—закрытъ; въ этомъ случаѣ, вода отъ машинъ, по напорной трубѣ, свободно проходитъ въ резервуаръ и изъ него по расхожей трубѣ направляется въ городъ. Въ случаѣ пожара въ городѣ, изъ какого-либо пожарнаго депо, помощью сжатаго воздуха, производится перемѣщеніе поршня распредѣлительнаго цилиндра, что влечетъ за собою закрытіе клапана въ напорной трубѣ и открытіе въ соединительной. Тогда вода, накачиваемая машинами, не имѣетъ уже возможности по напорной трубѣ дойти до резервуара, а по соединительной трубѣ прямо переходитъ въ расхожую, закрываетъ въ ней своимъ давленіемъ клапанъ, дающій движеніе водѣ по этой трубѣ только отъ резервуара, а ни въ какомъ случаѣ не въ резервуаръ, и распредѣляется по городской сѣти уже подъ непосредственнымъ давленіемъ отъ машинъ, которое такимъ образомъ и можетъ быть доведено до желаемой величины.

Полученіе сжатаго воздуха въ тѣхъ мѣстахъ, откуда желаютъ руководить напоромъ воды въ водопроводѣ, производится просто, при содѣйствіи же давленія воды водопровода въ аппаратѣ несложнаго устройства, состоящаго изъ двойнаго чугуннаго цилиндра, двѣ части котораго соединены между собою двумя трубками съ тремя кранами. Maximum давленія воды въ сѣти регулируется спеціальнымъ предохранительнымъ клапаномъ, расположеннымъ на напорной трубѣ, вблизи ея поворотнаго клапана, и устроеннымъ такимъ образомъ, что вся излишняя вода, проходящая черезъ предохранительный клапанъ, обходитъ поворотный клапанъ и такимъ образомъ направляется къ резервуару, не теряясь напрасно, а скопляясь въ резервуарѣ, откуда, по возстановленіи нормальнаго водоснабженія, и расходуется въ городѣ.

Обѣ системы пожарныхъ водопроводовъ Беркинбайна и Голли представляются практичными въ пожарномъ отношеніи; что касается до стоимости первоначальнаго устройства, то, во всякомъ случаѣ, система Беркинбайна, въ виду необходимости устройства напорнаго резервуара, должна быть признана болѣе дорогою, чѣмъ система Голли. По сравненію съ обыкновенными водопроводами съ постояннымъ слабымъ (не достаточнымъ для пожарныхъ цѣлей) давленіемъ стоимость пожарныхъ водопроводовъ на первый взглядъ должна казаться значительно больше, вслѣдствіе потребности въ болѣе прочныхъ и, слѣдовательно, болѣе тяжелыхъ трубахъ, а также въ болѣе сильныхъ машинахъ. Но разница эта, какъ показываетъ практика, не особенно велика.

Системы Голли и Беркинбайна получили примѣненіе въ разныхъ городахъ С.-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ. Уже въ концѣ 70-хъ годовъ по системѣ Голли было устроено до 60 водоснабженій въ городѣ и въ селахъ съ населеніемъ въ 2800 до 130000 человѣкъ. Система Беркинбайна распространилась позже и между прочимъ, по системѣ Беркинбайна, самимъ изобрѣтателемъ устроено водоснабженіе города Монтэ-Тоу, въ Штатѣ Пенсильваніи. Устройство этого водоснабженія съ приспособленіями, обусловливающими возможность быстраго тушенія пожаровъ, настолько способствовало уменьшенію ихъ разрушительнаго дѣйствія, что страховыя общества сочли для себя выгоднымъ понизить страховую премію съ 15 долларовъ съ тысячи до 5 долларовъ.

Пожарная система водопроводовъ инженера Н. П. Зимина имѣетъ задачей сочетать способы къ удовлетворенію пожарныхъ цѣлей и цѣлей хозяйственныхъ съ соблюденіемъ возможно большей экономіи, какъ въ первоначальныхъ, такъ и въ эксплоатаціонныхъ расходахъ.

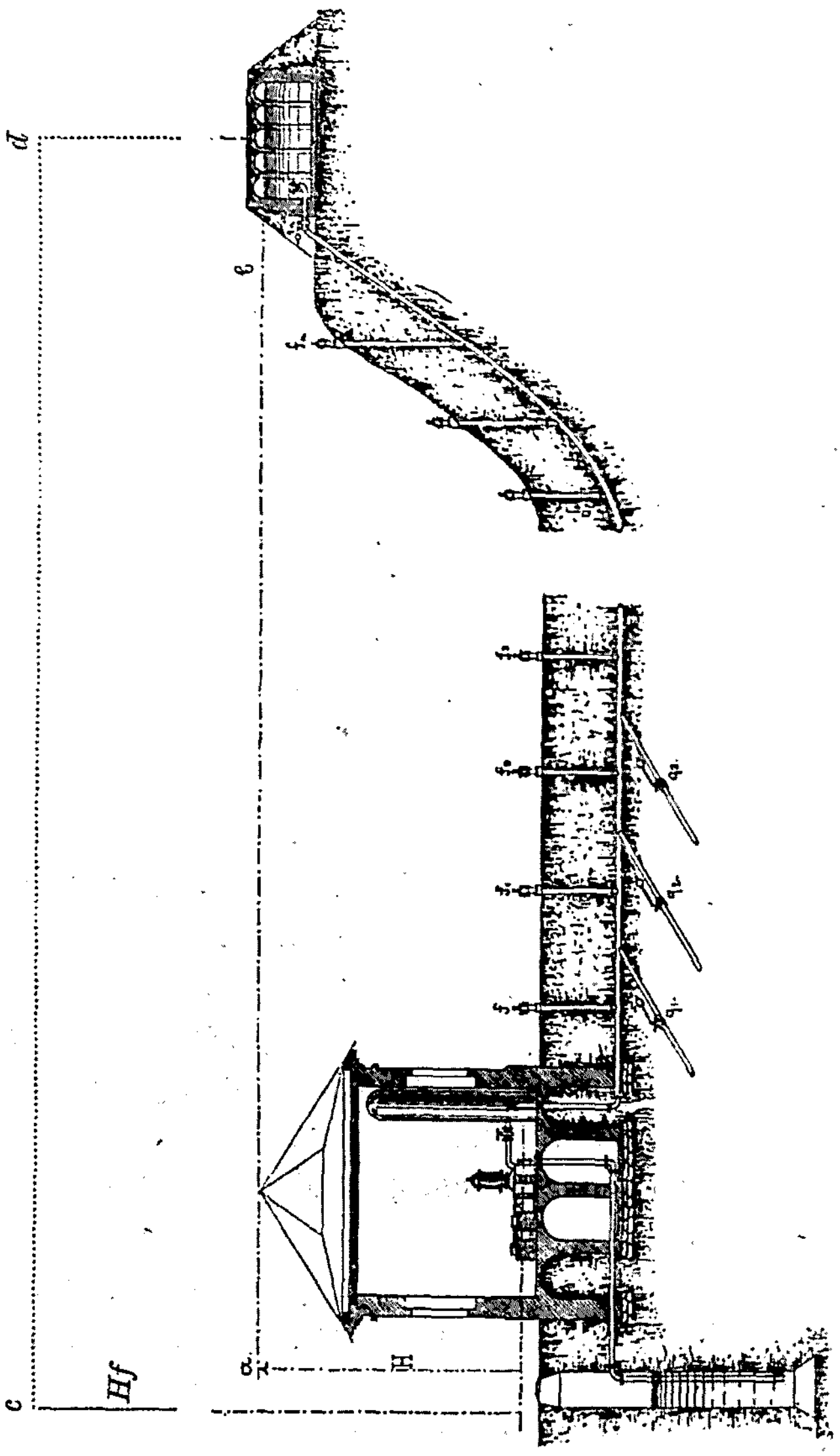
Если не имѣется денежныхъ средствъ, чтобы построить, въ виду пожарныхъ цѣлей, водопроводъ значительно большихъ размѣровъ, чѣмъ требуется для цѣлей хозяйственныхъ, и содержать его, то никакая изъ обыкновенныхъ системъ, въ томъ числѣ и охарактеризованныя выше спеціальныя противупожарныя системы водоснабженія,—не можетъ обезпечить опредѣленное, вполнѣ надежное дѣйствіе пожарныхъ кранов̀ъ для тушенія пожаровъ. Если въ данный моментъ хозяйственный разборъ воды изъ водопровода слабъ, напримѣръ ночью, то воду еще можно получать, хотя и подъ слабымъ напоромъ, изъ пожарныхъ кранов̀ъ; но въ случаѣ пожара днемъ, когда вода разбирается изъ водопровода для хозяйственныхъ цѣлей уси-

ленно, поднять давленіе трудно и тушить огонь почти что нечѣмъ; несчастіе при такихъ условіяхъ можетъ принять огромные размѣры; примѣры этого нерѣдки.

Въ системѣ противопожарнаго водоснабженія инженера Н. П. Зимина притокъ воды изъ водопровода для хозяйственныхъ цѣлей въ дома, въ фонтаны, на поливку и т. д. прекращается въ случаѣ пожаровъ, автоматически, подъ дѣйствіемъ увеличеннаго давленія въ трубахъ, и вся вода обращается подъ тѣмъ же увеличеннымъ пожарнымъ давленіемъ на тушеніе пожаровъ. При этомъ количество воды, которымъ могутъ располагать пожарныя команды, становится строго опредѣленнымъ и постояннымъ и потому не можетъ быть неожиданныхъ въ этомъ отношеніи измѣненій, могущихъ вызвать затрудненія и замѣшательства въ дѣлѣ тушенія пожаровъ.

Устройство водопровода по системѣ инженера Н. П. Зимина заключается главнѣйшее въ томъ, что сѣть водопроводныхъ трубъ разсчитывается такъ, чтобы назначаемое для хозяйственныхъ цѣлей количество воды, а если средства позволяютъ то и большее количество воды, могло притекать по трубамъ въ любой пунктъ мѣстности, по которой располагается водопроводъ. На сѣти трубъ располагаются пожарные краны сообразно съ мѣстными условіями. Каждое отвѣтвленіе отъ водопровода снабжается самозапирающимся приборомъ, состоящимъ изъ клапана, поршня, съ прорѣзами, или изъ діафрагмы, уравновѣшенныхъ при обыкновенномъ давленіи, пропускающихъ при немъ воду, и прекращающихъ этотъ протокъ при увеличенномъ пожарномъ давленіи. Вода въ сѣть трубъ доставляется или прямымъ давленіемъ отъ машинъ или изъ резервуара, а увеличеніе давленія въ случаѣ пожара производится или усиленною работою водоподъемныхъ машинъ, причемъ сѣть, если она сообщена съ резервуаромъ, отъ него изолируется, или посредствомъ сообщенія сѣти съ другимъ болѣе возвышеннымъ резервуаромъ, напоръ отъ котораго былъ бы достаточенъ для закрытія уравновѣшенныхъ при обыкновенномъ давленіи запорныхъ винтилей и для надлежащаго дѣйствія пожарныхъ крановъ.

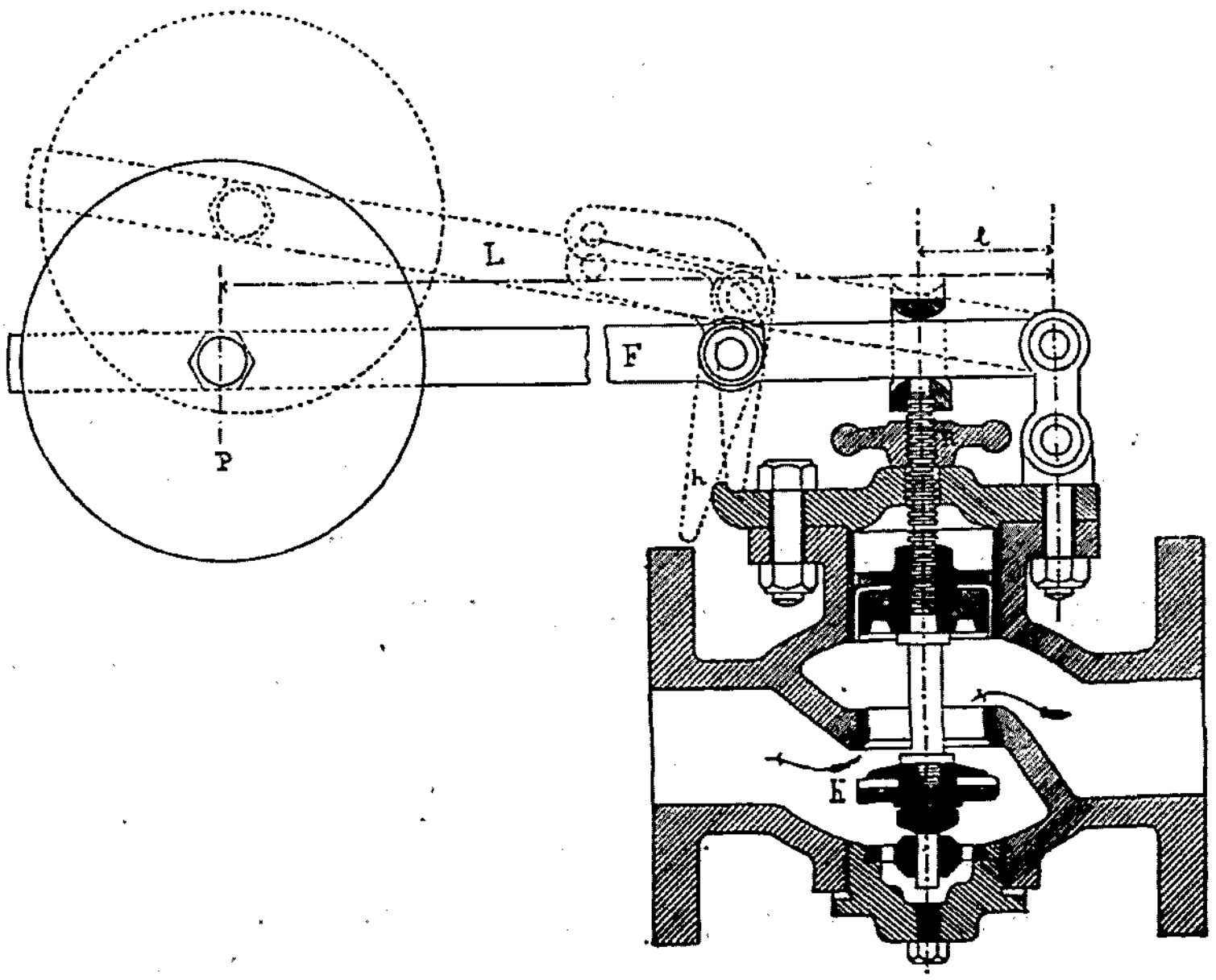
На черт. 389, изображена схематически такая сисмема водоснабженія H—обозначаетъ обыкновенный хозяйственный напоръ въ водопроводѣ; Hf—напоръ пожарный; q, q_1, q_2, q_3 .... q_n—суть расходы воды въ отвѣтвленія; f, f_3, f_2, f_3 .... f_n—расходы воды въ пожарные краны.



Черт. 389.

Схема противупожарного водопровода

системы инженера Зимина.



Черт. 390.

Автоматическій вентиль

системы инженера Зимина.

При хозяйственномъ водоснабженіи, когда вода въ количествѣ Q доставляется при линіи гидродинамическаго напора ab, расходъ въ вѣтви будетъ:

$$q + q_1 + q_2 + {}_3 \ldots\ldots + q_n = Q.$$

Когда напоръ будетъ усиленъ до пожарнаго, то притокъ въ вѣтви прекратится, т. е.:

$$q = q_1 = q_2 = q_3 = \ldots\ldots = q_n = 0.$$

и установится расходъ изъ пожарныхъ кранов при линіи гидродинамическаго напора cd, причемъ:

$$f + f_1 + f_2 + f_3 + \ldots\ldots + f_n = Q.$$

Имѣя въ виду, что случайный разрывъ пожарнаго рукава можетъ имѣть слѣдствіемъ пониженіе давленія въ сѣти трубъ, причемъ можетъ установиться усиленный разборъ воды изъ водопровода для хозяйственныхъ цѣлей, ставятъ въ пунктахъ большаго разбора вмѣсто самозапирающихся клапановъ, самозапирающіеся вентили, изображенные на черт. 390. Эти вентили, закрывшись разъ, не могутъ уже вновь открыться сами собою, удерживаясь въ закрытомъ положеніи особенною рычажною подставкою h которая удерживаетъ рычагъ F, послѣ того какъ онъ будетъ поднятъ увеличеннымъ пожарнымъ давленіемъ, какъ это указано на черт. 390 пунктиромъ.

Клапаны могутъ быть замѣняемы въ аппаратахъ поршнями съ прорѣзами, сквозь которые будетъ проходить вода и которые могутъ закрываться поднимающимся поршнемъ; запираніе можетъ также производиться и уравновѣшенной при обыкновенномъ давленіи діафрагмой, перемѣщающейся при увеличенномъ давленіи. Уравновѣшиваніе (при обыкновенномъ давленіи) клапана, поршня, или діафрагмъ можетъ производиться какъ грузами, такъ и пружинами. Вліяніе грузовъ и пружинъ остается неизмѣняемымъ и потому оно уступаетъ увеличенному—пожарному давленію, производящему запираніе клапана.

По объясненію изобрѣтателя описанная система можетъ быть примѣняема и не при полномъ прекращеніи отпуска воды въ дома и водопроводы, такъ какъ можетъ получиться на практикѣ, что по тѣмъ или инымъ причинамъ автоматическая пріостановка отпуска воды во время напора не будетъ распространяться на нѣкоторые дома, фонтаны и т. п.

По этой системѣ уже устроены нѣкоторые водопроводы, напр. въ Самарѣ и Царицынѣ и о дѣйствіи ихъ имѣются отличные отзывы. Тѣмъ не менѣе существуетъ мнѣніе, что автоматическіе затворы противупожарныхъ водопроводовъ могутъ не всегда удачно дѣйствовать и водопроводъ не быть во время пожара въ готовновности къ его тушенію.

§ 59. Приспособленіе существующихъ водопроводовъ къ тушенію пожаровъ.

Описанныя нами системы водопроводовъ — Голли, Беркинбайна и Зимина, даютъ возможность устройства новыхъ водоснабженій такого рода, что въ случаѣ пожаровъ изъ ихъ пожарныхъ кранов всегда можно получать подъ значительнымъ напоромъ большія массы воды, могущей быть непосредственно бросаемою на горящія зданія. Но теперь является вопросъ, какимъ образомъ въ существующихъ уже водопроводахъ можно было бы достигать тѣхъ же самыхъ результатовъ, имѣя въ виду неудовлетворительность бросанія на горящія зданія воды, при помощи ручныхъ или паровыхъ пожарныхъ трубъ.

Производить въ существующихъ уже водопроводахъ нагнетаніе воды прямо въ трубы до того высокаго давленія, которое необходимо для непосредственнаго тушенія пожаровъ изъ пожарныхъ кранов, должно представиться въ громадномъ большинствѣ случаевъ невозможнымъ, въ виду, обыкновенно, недостаточной для этого прочности трубъ, несоотвѣтственныхъ этому условію типовъ водоподъемныхъ машинъ и отсутствія необходимыхъ приспособленій и устройствъ.

Вопросъ долженъ быть рѣшенъ, очевидно, инымъ порядкомъ. И дѣйствительно, онъ имѣетъ для своего рѣшенія нѣсколько предположеній со стороны различныхъ авторитетныхъ инженеровъ.

Мы остановимся на описаніи только одного изъ нихъ, а именно, предложенія инженеровъ *I. H. Greathead* и *M. D. Martindale.*

Основная мысль ихъ предложенія заключается въ слѣдующемъ: по улицамъ, рядомъ съ существующими уже трубами, прокладываются другія трубы, діаметромъ отъ 2 до 4 дюймовъ, заключающія въ себѣ воду подъ значительнымъ давленіемъ отъ 700 до 800 футовъ, на 1 кв. дюймъ. Въ мѣстахъ расположенія пожарныхъ кранов, трубы высокаго и низкаго давленія соединяются между собою при помощи инжекторовъ особаго устройства, расширенный конецъ трубки которыхъ образуетъ собою гайку для привинчиванія пожар-

наго рукава. Работа этихъ инжекторовъ должна производиться водою высокаго давленія, а всасываемою жидкостью должна быть вода изъ трубъ низкаго давленія. Послѣ прохожденія обѣихъ этихъ водъ черезъ инжекторъ и смѣшенiи ихъ, значительная часть живой силы сосущей воды передается всасываемой водѣ, увеличивая этимъ ея давленіе, а слѣдовательно и возможность быть выбрасываемой на гораздо большую высоту изъ пожарнаго брандспойта. Нагнетаніе воды въ трубы высокаго давленія предположено производить помощью аккумуляторовъ и спеціальныхъ насосовъ, устроенныхъ въ большомъ количествѣ по городу, и лучше всего при каждомъ пожарномъ депо, такъ, чтобы пускались въ дѣйствіе насосы тѣхъ депо, вблизи которыхъ случился пожаръ. Подобная децентрализація машинъ для сѣти высокаго давленія должна обусловить собою значительное уменьшеніе діаметровъ прокладываемыхъ трубъ и удешевленіе эксплоатаціи всего дѣла, такъ какъ предполагается для трубъ высокаго давленія всасывать воду изъ трубъ низкаго давленія и работу насосовъ производить гидравлическими машинами, дѣйствующими напоромъ воды городскаго водопровода. Результатомъ подобной постановки дѣла должно явиться уничтоженіе всякихъ длинныхъ всасывающихъ трубъ и возможность обходиться безъ паровыхъ котловъ, топлива и особой прислуги при гидравлическихъ машинахъ, такъ какъ открыть для ихъ дѣйствія краны, и пустить въ нихъ воду можетъ всякій обыкновенный пожарный служитель. Регулированіе дѣйствія этихъ машинъ также не требуется, такъ какъ инжекторы проектированы—такого устройства, что въ нихъ самихъ заключается регулирующій аппаратъ, поддерживающій давленіе воды у основанія пожарнаго рукава, въ строго опредѣленныхъ предѣлахъ.

Описанный способъ приспособленія обыкновеннаго водопровода къ пожарнымъ цѣлямъ представляется тѣмъ болѣе заслуживающимъ вниманія, что канализація воды подъ высокимъ давленіемъ можетъ быть источникомъ дохода, служа источникомъ механической силы для приведенія въ дѣйствіе разныхъ машинъ въ мастерскихъ, элеваторовъ и пр.

Изданіе Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

В. Е. Тимоновъ.

Профессоръ Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

ВОДОСНАБЖЕНІЕ и ВОДОСТОКИ.

(Курсъ лекцій, читанныхъ студентамъ Института).

Выпускъ II, А.

Водоснабженіе (Главы VIII, IX и X).

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.
1902.

Печатано по распоряженію Института Инженеровъ Путей Сообщенія
Императора АЛЕКСАНДРА I.

ОГЛАВЛЕНІЕ II ВЫПУСКА.

ВОДОСНАБЖЕНІЕ.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

Очищеніе воды.

стр.

§ 60. Различные способы очищенія воды 369
§ 61. Отстаиваніе воды и устройство отстойныхъ бассейновъ. 379
§ 62. Процѣживаніе воды. 391
§ 63. Общая классификація фильтровъ и фильтрованіе воды въ обыкновенныхъ (англійскихъ) песочныхъ фильтрахъ 394
§ 64. Устройство обыкновенныхъ (англійскихъ) песочныхъ фильтровъ . . . 403
§ 65. Эмпирическіе законы задержки бактерій англійскими песочными фильтрами по даннымъ Варшавскаго водопровода. 411
§ 66. Теорія фильтраціи. 422
§ 67. Химическое очищеніе воды 436
§ 68. Фильтрованіе воды чрезъ механическіе (американскіе) фильтры . . . 442

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

Храненіе воды и уравниваніе напора и расхода.

§ 69. Общія понятія объ уравнительныхъ водоемахъ или резервуарахъ . . . 454
§ 70. Эволюція уравнительныхъ водоемовъ 456
§ 71. Резервуары высокаго уровня (напорные) 458
§ 72. Форма резервуаровъ высокаго и низкаго уровня. Матеріалъ для образованія ограждающихъ стѣнъ. 466
§ 73. Оборудованіе резервуаровъ 474
§ 74. Примѣры нѣкоторыхъ резервуаровъ. 480
§ 75. Водонапорныя башни и колонны 492
§ 76. Механическіе регуляторы напора 500

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

Распредѣленіе воды.

СТР.

§ 77. Общія указанія для начертанія городской сѣти. 502
§ 78. Основныя данныя относительно эксплуатаціи водопроводовъ. 508
§ 79. Домовыя водопроводныя устройства 513
§ 80. Водомѣры. 521
§ 81. Противупожарныя устройства 534
§ 82. Вода городскихъ водоснабженій, какъ источникъ механической работы . 542

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

КО ВТОРОМУ ВЫПУСКУ.

Anklamm. Glaser's Annalen. 1886, p. 48. (Описаніе Берлинскихъ фильтровъ на Тегелѣ съ чертежами).

Baker. Engineering News. (Очищеніе воды въ Америкѣ. Рядъ статей съ описаніями фильтровъ.) Aug. 3, 1893, Lawrence filter and description of apparatus of screening sand and gravel; Apr. 26, 1894, filter at Nantucket, Mass ; June 7, 1894, filters at Ilion, N. Y., June 14, 1894, filters at Hudson N. Y.; July 12 1894, filters et Zürich, Switzerland Aug. 23, 1894, filters at Mt. Vernon. N. Y.

Bechmann. Salubrité urbaine. Distribution d'eau. Assainissement. I изданіе 1888 г., II изданіе 1898 г.

Berättelse öfver Stockholms vattenlednings verksamhet under ar 1897.

Bertschinger. Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1889, p. 1126. (Отчетъ объ опытахъ въ Цюрихѣ надъ фильтрами для выясненія значенія скорости фильтраціи, очистки и пр.)

— Journal für Gas- und Wasserversorgung. 1891, p. 684. (Дальнѣйшій отчетъ о Цюрихскихъ опытахъ съ анализами и критикой опытовъ Френкеля и Пифке.)

Bolton. Descriptions and statistics of London filters. 1884.

Борзовъ. Атласъ чертежей по устройству желѣзно-дорожныхъ водоснабженій. Вып. I. Пріемники, очистители, храненіе и распредѣленіе воды на станціяхъ. Спб. 1898.

Böttcher and Ohnesorge. Zeitschrift für Bauwesen, 1876, p. 343. (Описаніе Бременскихъ водопроводовъ съ чертежами.)

Bürkli-Ziegler. Die Wasserversorgung der Stadt Zürich. Winterthur. 1872.

Burton. The water supply of towns and the construction of waterworks. London. 1894.

Clark. Reports of Mass. State Board of Health, 1894—1897. (Статьи о фильтрованіи воды.

— Jour. New England Water Works Assoc., XI, p. 277. (Удаленіе желѣза изъ грунтовыхъ водъ.)

Codd. Engineering News, Apr. 26, 1894. A description of a filter at Nantucket. Mass.
Cramer. Centralblatt für Bauwesen, 1886, p. 42. (Описаніе фильтровъ, построенныхъ въ Бригге [Германія].)
Crook. London water-supply. London. 1883.
Darcy. Les fontaines publiques de la ville de Dijon. Paris. 1856.
Debauve. Manuel de l'Ingénieur. 16-me fascicule. Distributions des eaux. Paris. 1875.
Delbruck. Allgemeine Bauzeitung, 1853, p. 103. (Общія данныя о фильтраціи со свѣдѣніями о раннихъ попыткахъ примѣненія квасцовъ.)
Delhotel. Traité de l'épuration des eaux naturelles. Paris. 1893.
Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmänner. (Стенографическіе отчеты этого общества печатаются въ Journal für Gas- und Wasserversorgung).
Drown. Journal Association Eng. Societies, 1890, p. 356. Filtration of natural waters.
Fanning. A practical treatise on water-supply engineering. New-York. 1877.
Fischer. Vierteljahresschrift für öff. Gesundheitspflege, 1891, p. 82. (Обсужденіе докладовъ о фильтрованіи воды).
Fowler. Jour. New England Water Works Assoc., XII, p. 299. The operation of a slow sand filter.
Fränkel. Vierteljahresschrift für off. Gesundheitspflege, 1891, p. 38. (Фильтры городскихъ водопроводовъ.)
Fränkel and Piefke. Zeitschrift für öff. Hygiene, 1891, p. 38. Leistungen der Sandfilter.
Fränkel and Piefke. Zeitschrift für Hygiene, 1891, p. 38. (Производительность песочныхъ фильтровъ.)
E. Frankland. Report in regard to the London filters for 1893 in the annual summary of births, deaths, and causes of death in London and other grea towns, 1893. Published by authority of the Registrar-General.
P. Frankland. Proc. Royal Society, 1885, p. 379. The removal of micro-organisms from water,
— Proceedings Inst. Civil Engineers, 1886, LXXXV. p. 197. Water-purification; its biological and chemical basis.
— Trans of Sanitary Institute of Great Britain, 1886. Filtration of water for town supply.
Frühling und Linke. Wasserversorgung und Entwässerung der Städte. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. III Bd. I Abth. 2 Hälfte. Leipzig. 1893.
Fuller. Report Mass. State of Board of Health, 1892, p. 449.
» » » » » » » 1893, p. 453.
Accounts of the Lawrence experiments upon water-filtration for 1892 and 1893.
— American Public Health Association, 1893, p. 152. On the removal of patogenic bacteria from water by sand filtration.
— American Public Health Association, 1894, p. 64. Sand filtration of water with special reference to results obtained at Lawrence. Mass.

Fuller. Report on water filtration at Cincinnati. City document, 1899. Account of experiments with sand filters, with sand without coagullants, and with other processes applied to the Ohio river water at Cincinnati.

Fuller. Report on the investigations into the purification of the Ohio river water at Lousville, Kentucky. New-York. 1898.

Gill. Proc. Institute of Civil Engineers, 1894—5; vol. 119, p. 236. (Новые Берлинскіе фильтры.)

Gill. Deutsche Bauzeitung. 1881, p. 567. (Объ американскихъ фильтрахъ.)

— Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1892, p. 596. (Описаніе развитія Берлинскихъ фильтровъ.)

Goetze. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1897, p. 169. Selbstthätige Wasseraustrittsregler besonders für Filter.

— Zeitschritt des Vereins Deutscher Ingenieure, XXX. Reinigung des Trinkwassers in Bremen durch mehrmalige Sandfiltration.

Grahn. Journal für Gas- und Wasserversorgung. 1877, p. 543. (Фильтрованіе рѣчной воды.)

— Journal für Gas- und Wasserversorgung. 1890, p. 511. (Фильтры городскихъ водопроводовъ.)

— Vierteljahresschrift für Gesundheitspflege, 1891, p. 76. (Обсужденіе докладовъ о фильтрованіи.)

— Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1894, p. 185. (Исторія правилъ фильтрованія воды.)

Grahn. Statistik der städtischen Wasserversorgungen mit einer geschichtlichen Einleitung. München. 1878.

Grahn. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1895. (Историческое обозрѣніе устройствъ для очищенія воды въ Магдебургѣ.)

Grahn and Meyer. Reiseberichte über künstliche Central Sandfiltration. Hamburg. 1876.

Crenzmer. Centralblatt der Bauverwaltung, 1888, p. 148. (Амстердамскіе фильтры съ черт.)

Gruber. Centralblatt für Bacteriologie, 1893, p. 488. (Песочные фильтры.)

Halbertsma. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. 1898. Die Resultate der doppelten Filtration zu Schiedam.

Halbertsma. Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1892, p. 43. Голландскіе фильтры.

— Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1892, p. 686.
Фильтры въ Leeuwarden, Holland.

Hart. Proceedings Inst. of Civil Engineers, 1890, c. p. 217. Description of filters at Shanghai.

Hausen. Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1892, p. 332.
Фильтры въ Helsingfors'ѣ.

Hazen. Report of Mass. State Board of Health, 1881, p. 601. Experiments upon the filtration of water.

— Report of Mass. State Board of Health, 1892, p. 539. Physical properties of sands and gravels with referance to thier use in filtration (Appendix III).

Hazen. Report to Filtration Commission. Pittsburgh. City document, 1899. A description of experiments upon the treatment of the Alleghany river water by sand and mechanical filters.

— Ohio State Board of Health Report, 1897, p. 154. Report on the mechanical filtration of the Public Water Supply of Lorain. Results of a five-weeks test of the Jewell mechanical filters at Lorain, treating Lake Eric water.

Hazen. The filtration of public Water-Supplies. 3-е изд. New-Jork. 1900.

Heusinger von Waldegg. Handbuch für speciellen Eisenbahn-Technik. Leipzig. 1873.

Hunter. Engineering, 1892, vol. 53, p. 621. Description of author's sand-washing apparatus.

Jacob. On the designing and construction of storage reservoirs. London. 1862.

Kemna. The biology of sand filtration. Read before the annual convention of the British Association of Water Works Engineers. Abstract in Engineering News, XLI, p. 419.

Kirkwood. Filtration of river-waters. New-York. 1869. A report upon European filters for the St. Louis Water Board in 1866.

Koch. Zeitschrift für Hygiene, 1893. (Гамбургская эпидемія холеры и фильтрованіе воды.)

Краткое описаніе русскихъ водопроводовъ, составленное по даннымъ, собираемымъ постояннымъ бюро русскихъ водопроводныхъ съѣздовъ. Москва. 1897 г

Kröhnke. Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1893, p. 513. (Опытъ надъ химич. реактивами въ Гамбургѣ.)

Kümmel. Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1876, p. 452. (Дѣйствіе фильтровъ въ Альтонѣ.)

— Vierteljahresschrift für Gesundheitspflege, 1881, p. 92. (Водопроводы Альтоны.)

— Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1887, p. 522. (О неудобствахъ быстро работающихъ фильтровъ.)

— Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1890, p. 531. (Критика результатовъ Френкеля и Пифке.)

— Vierteljahresschrift für Gesundheitspflege. 1891, p. 87. (Обсужденіе докладовъ о фильтрованіи.)

— Vierteljahresschrift für Gesundheitspflege, 1892, p. 385. (Эпидемія тифа въ Альтонѣ въ 1891 г.)

— Journal für Gas- und Wasserversorgung. 1893, p. 161. (Результаты опытовъ надъ фильтрованіемъ въ Альтонѣ).

— Trans. Am. Society of Civil Engineers, 1893, XXX, p. 330. (Фильтрованіе воды.)

Leslie. Trans. Inst. Civil Engineers, 1883, LXXIV, p. 110. (Эдинбургскіе фильтры.)

Lindley. Отчетъ объ очищеніи воды—на выставкѣ 1889 г. въ Парижѣ.

Линдлей. Описаніе водопроводныхъ и канализаціонныхъ сооруженій города Варшавы. Варшава. 1895 г.

Lueger. Die Wasserversorgung der Städte. Darmstadt. 1890.

Magar. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1897, p. 4. Reinigungsbetrieb der offenen Sandfilter des Hamburger Filterwerkes in Frostzeiten.

Максименко. Атласъ водопроводныхъ сооруженій.

— Курсъ водопроводовъ. (Литогр. изд.)

Mason. Engineering News, Dac. 7, 1893. (Фильтры Штутгарта.)

Merrimann. Elements of sanitary engineering. New-Yoork. 1898.

Meyer and Samuelson. Deutsche Bauzeitung. 1881. p. 340. (Проектъ фильтровъ для Гамбурга.)

Meyer. Deutsche Bauzeitung, 1882, p. 519. (Описаніе проект. фильтровъ для Гамбурга.)

— Гамбургскіе водопроводы.

Mills. Special Report Mass. State Board of Health on the purification of sewage and water. 1890, p. 601. An account of the Lawrence experiments, 1888—1890.

— Report Mass. State Board of Health, 1893, p. 543. The filter of the watersupply of the city of Lawrence and its results.

— Trans. Am. Society of Civil Engineers, 1893, XXX, p. 350. Purification of sewage and water by filtration.

Neville. Engineering, 1878, XXVI, p. 324. A description of the Dublin filters, with plans.

Nichols. Report Mass. State Board of Health, 1878, p. 137. The filtration of potable water.

Oester. Gesundheit-Ingenieur, 1893, p. 505. (О скорости фильтрованія.)

Orange. Trans. Inst. Civil Engineers, 1890. C. p. 268. Filters at Hong-Kong.

Panwity. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte, XIV, p. 153. Die Filtration von Oberflächenwasser in den deutschen Wasserwerken während der Jahre 1894 bis 1896.

Pfeffer. Deutsche Bauzeitung, 1880, p. 399. (Фильтры въ Liegnitz'ѣ.)

Piefke. Результаты естественной и искусственной фильтраціи. Berlin. 1881.

— Journal für Gas- und Wasserversorgung. 1887, p. 595. Die Principien der Reinwassergewinnung vermittelst Filtration.

— Zeitschrift für Hygiene, 1889, p. 128. Aphorismen über Wasserversorgung.

— Vierteljahresschrift für Gesundheitspflege, 1891, p. 59. (Фильтры городскихъ водопроводовъ.)

Piefke. Journal für Gas- uud Wasserversorgung, 1891, p. 208. Neue Ermittelungen über Sandfiltration.

— Zeitschrift für Hygiene, 1894, p. 151. Über Betriebsführung von Sandfiltern.

Plagge and Proskauer. Zeitschrift für Hygiene, II. p. 403. (Изслѣдованія воды до и послѣ фильтрованія въ Берлинѣ и теорія фильтраціи.)

Reincke. Bericht über die Medicinische Statistik des Hamburgischen Staates für 1892.

Reinsch. Centralblatt für Bakteriologie, 1895, p. 881. (Дѣйствіе фильтровъ въ Альтонѣ.

Renk. Gesundheits-Ingenieur, 1886. p. 54. Über die Ziele der künstlichen Wasserfiltration.

Рербергъ.Московскій водопроводъ. Москва. 1892 г.

Reynard. Le Gènie Civil, 1896. XXVIII, p. 326. (Очищеніе воды металлическими фильтрами.)

Rühlmann. Woehenblatt für Baukunde, 1887 p. 489. (Цюрихскіе фильтры.)

Richert. Om vattenledningar och vattenaflopp Stockholm. 1869.

Salbach. Glaser's Annalen, 1882. (Гронингенскіе фильтры въ Голландіи.)

Samuelson. Переводъ сочин. Kirkwood's «Filtration of river-waters» на нѣмецк. яз. съ добавленіями относительно теоріи фильтраціи и свойствъ песка.

— Фильтрованіе и водоснабженіе. Hamburg. 1882.

— Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1892, p. 660. (О матеріалахъ и устройствѣ фильтровъ.)

Sedden. Jour. Assoc. Eng. Soc., 1889, p. 477. (Осадочныя устройства для рѣчной воды.

Sedgwick. New England Water-works Association, 1892, p. 103. European methods of filtration with reference to American needs.

Sokal. Wochenschrift des Oestereichischen Ingenieur-Verein, 1899, p. 386. (С.-Петербургскіе и Варшавскіе фильтры.)

Stadler. Die Wasserversorgung der Stadt Wien. Wien. 1873.

Sturmhöfel. Zeitschrift für Bauwesen, 1880, p. 34. (Магдебургскіе фильтры.)

Tomlinson. American Water-works Assosiation, 1888. (Фильтры въ Бомбеѣ и др.)

Труды русскихъ водопроводныхъ съѣздовъ:

а) Съѣздъ первый. 1893 г. Москва.

б) Съѣздъ второй. 1895 г. Варшава.

в) Съѣздъ третій. 1897 г. С.-Петербургъ.

Tudsberry & Brightmore. The principles of waterwork engineerin. London. 1897.

Turner. Proc. Inst. Civil Fngineers, 1890, C. p. 285. (Фильтры въ Іокогамѣ.)

Van der Tak. Tijdschrift van de Maatschapping van Bouwkunde, 1875. (Роттердамскіе фильтры.)

Van Jjsselsteyn. Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, 1892—1895. p. 173. (Новые Роттердамскіе фильтры.)

Veitmeyer. Verhandlungen d. polyt. Gesell. zu Berlin, April, 1880. (Фильтрованіе и очищеніе воды.)

Wein. Die Wasserversorgung der Hauptstadt Budapesth. 1883.

Weston. Rhode Island State Board of Health. 1894. Report of the results obtained with experimental filters at the Pattaconset pumping station of the Providence water works.

Wheeler. Journal of the New England Water Works Assoc., XI, p. 301. Covered sand filter at Ashland, Wis.

Wolffhügel. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt, 1886, p. I. (Изслѣдованія Берлинской воды въ связи съ фильтраціей.)

— Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1890, p. 516. (Бактеріологическое значеніе Берлинскихъ фильтровъ.)

Zobel. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1884, p. 537. (Описаніе фильтровъ Штутгарта.)

Зиминъ. Объ улучшенныхъ способахъ фильтрованія воды механическими фильтрами. Москва. 1897 г.

— Объ очищеніи воды при помощи механическихъ фильтровъ въ связи съ коагулированіемъ. Москва. 1899.

Чижовъ. Водопроводы. Расчетъ и устройство городскаго водоснабженія. Курсъ, читанный въ Инст. Гражд. Инж. Императора Николая I. Литогр. изд. Спб. 1898.

Примѣчаніе. Въ вышеприведенномъ указателѣ литературы ко 2-му выпуску дано нѣсколько болѣе значительное распространеніе свѣдѣніямъ о сочиненіяхъ, касающихся вопросовъ о фильтрованіи воды—въ виду важности, которую получаютъ эти вопросы въ Россіи въ настоящее время. Большинство источниковъ, касающихся этого отдѣла, были указаны намъ трудомъ Hazen'a. The Filtration of public Water-Supplies. 3-е изд. New-Jork. 1900.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

Очищеніе воды.

СОДЕРЖАНІЕ: § 60. Различные способы очищенія воды.—§ 61. Отстаиваніе воды и устройство отстойныхъ бассейновъ. — § 62. Процѣживаніе воды. — § 63. Общая классификація фильтровъ и фильтрованіе воды въ обыкновенныхъ (англійскихъ) песочныхъ фильтрахъ.—§ 64. Устройство обыкновенныхъ песочныхъ (англійскихъ) фильтровъ.—§ 65. Эмпирическіе законы задержки бактерій англійскими песочными фильтрами по даннымъ Варшавскаго водопровода. — § 66. Теорія фильтраціи. —§ 67. Химическое очищеніе воды.—§ 68. Фильтрованіе воды въ механическихъ (американскихъ) фильтрахъ.

§ 60. Различные способы очищенія воды.

Вода, предназначаемая для городского водоснабженія, должна быть на столько чиста, чтобы быть вполнѣ годной къ немедленному употребленію безъ всякой предварительной очистки. Какъ ни совершенны способы очистки, примѣняемые нынѣ, они все-таки оставляютъ обширное поле сомнѣнію въ качествахъ воды прошедшей чрезъ очистительные приборы и ставятъ ее ниже и много ниже естественно чистой воды. Эта разница тѣмъ серіознѣе, что и химическій анализъ, и микрографическое изслѣдованіе являются въ этомъ случаѣ недостаточными гарантіями положительныхъ свойствъ воды. Напр. они доказываютъ, что въ фильтрованной водѣ водостоковъ нѣтъ почти солей и микроорганизмовъ, что эта вода—*чиста*, а между тѣмъ инстинктъ людей говоритъ противное. Тѣмъ не менѣе во многихъ случаяхъ, въ особенности при водоснабженіяхъ изъ рѣкъ, предварительная очистка воды необходима и неизбѣжна.

Рѣчная вода лишь въ рѣдкихъ случаяхъ бываетъ настолько чиста, чтобы можно было пользоваться ею для водоснабженія. Обыкновенно вода эта заключаетъ значительное количество примѣсей растворенныхъ и взвѣшенныхъ (муть) минеральнаго или органическаго

происхожденія. Какъ уже было замѣчено выше, минеральныя примѣси вообще не такъ ухудшаютъ качество воды, какъ органическія. Нерѣдко вода довольно чиста до входа рѣки въ городъ, въ предѣлахъ же города сильно загрязняется отбросами городского хозяйства. Кромѣ того весной во время половодья вода въ рѣкахъ становится мутною и непріятною для питья, а слѣдовательно, негодною для водоснабженія.

Въ виду этихъ обстоятельствъ необходимо очищать рѣчную воду искусственно, для чего употребляются различные способы которые могутъ быть классифицированы слѣдующимъ образомъ:

1) механическіе способы очистки;
2) физическіе способы очистки;
3) химическіе способы очистки;
4) смѣшанные способы очистки.

Способы первой категоріи суть: взбалтываніе, отстаиваніе, процѣживаніе и фильтрованіе.

Взбалтываніе производится паденіемъ воды на кучи камней, или вѣтвей, которые раздробляютъ водный потокъ на мелкія струи и даютъ ему большую поверхность соприкосновенія съ воздухомъ, причемъ вода освѣжается, запасается кислородомъ и освобождается отъ части растворенныхъ въ ней солей (углекислаго кальція, желѣза и др.).

Отстаиваніе освобождаетъ воду отъ мути, состоящей изъ веществъ болѣе тяжелыхъ чѣмъ вода, но поддерживающихся въ взвѣшенномъ состояніи движеніемъ воды. Отстаиваніе не можетъ удалить изъ воды легкія плавающія частицы, что достигается отчасти *процѣживаніемъ* воды сквозь сита.

Наконецъ, *фильтрованіе*, есть пропусканіе воды черезъ различныя пористыя вещества, задерживающія большую часть примѣсей. Такими веществами могутъ служить древесный и животный уголь, пористые камни, шерстяныя и хлопчатобумажныя ткани и т. п.; но ихъ можно примѣнять только въ тѣхъ случаяхъ, когда требуемое количество фильтрованной воды незначительно, напр. нѣсколько десятковъ ведеръ въ сутки. Для водопроводовъ, гдѣ необходимое количество воды достигаетъ нерѣдко нѣсколькихъ сотъ тысячъ и милліоновъ ведеръ въ сутки, употребляются преимущественно *песочные* фильтры; въ нихъ вода пропускается черезъ слой чистаго мелкаго кварцеваго песка толщиною около 1—2 фут.

Количественные и качественные результаты фильтрованія зависятъ отъ многихъ условій, преимущественно же отъ свойствъ фильтра и воды. Нѣкоторое представленіе объ этомъ даютъ таблицы №№ 16, 17, 18 и 19.

Физическіе агенты, примѣняемые обыкновенно при очисткѣ воды, суть *теплота*, *свѣтъ* и *электричество*.

Теплота примѣняется для *кипяченія*, *перегонки* или *замораживанія*.

При кипяченіи значительное число микроорганизмовъ умираетъ а часть минеральныхъ веществъ осаждается, вслѣдствіе выдѣленія растворенныхъ въ водѣ газовъ, въ томъ числѣ углекислоты. Для полнаго умертвленія бактерій необходимы, однако, температуры болѣе высокія, чѣмъ 100 С. и кипяченіе должно производить *подъ давленіемъ*, какъ это ясно видно изъ таблицъ №№ 20 и 21.

Дистилляція или *перегонка* производятъ то же дѣйствіе, но въ значительно большей степени и даетъ воду очень очищенную отъ организмовъ и минеральныхъ веществъ, если операція производится въ надлежащихъ аппаратахъ и съ достаточной осторожностью. Кипяченіемъ и перегонкой могутъ очищаться небольшія, относительно, количества воды.

Замораживаніе, какъ искусственная мѣра очистки воды, не можетъ имѣть широкаго распространенія, но результаты такого способа очистки весьма значительны, какъ показываетъ таблица № 22.

Свѣтъ, яркій солнечный, предохраняетъ воду отъ размноженія въ ней микроорганизмовъ и способствуетъ умиранію существующихъ, но онъ одинъ недостаточенъ для полной очистки воды.

Электричество въ видѣ пропускаемаго чрезъ воду сильнаго тока способно повидимому дать отличные результаты для массовой очистки воды, но этотъ способъ пока еще не вышелъ вполнѣ изъ состоянія болѣе или менѣе удачныхъ опытовъ.

Химическіе пріемы очищенія воды заключаются въ прибавленіи къ водѣ такихъ веществъ, которыя могутъ вызвать *осажденіе* заключающихся въ водѣ веществъ, сопровождающееся въ нѣкоторыхъ случаяхъ *окисленіемъ* органическихъ веществъ. Число такихъ пріемовъ велико, но всѣ они до послѣдняго времени мало примѣнялись для очистки *питьевой* воды, такъ какъ самые добавляемые вещества далеко не всегда были безвредны и даже въ ничтожныхъ доляхъ

Таблица № 16. — Результаты фильтрованія воды р. Темзы чрезъ песочные фильтры въ Chelsea.

I. Вода—р. Темзы въ Chelsea.

II. Опыты—Witt'a.

III. Фильтръ:

Составъ 0,76 метра мелкаго песка.
0,30 „ крупнаго „
0,15 „ ракушки.
0,07 „ мелкой гальки.
1,00 „ крупной „

Общая толщ. 2,28 метра.

Напоръ на фильтръ 1,37 м.

Размѣръ фильтра 30-35 кв. м.

Расходъ воды 930.000 литр. въ часъ.

IV. Анализы воды до и послѣ фильтраціи:

Наименованіе веществъ.	1855.				1856.		На 100 частей вещества, заключавшагося въ водѣ, фильтръ задержалъ послѣ полнаго протеканія.		
	12 сент.		29 дек.		10 марта.		1855.		1856.
	До фильтраціи.	Послѣ фильтрац.	До фильтраціи.	Послѣ фильтрац.	До фильтраціи.	Послѣ фильтрац.	12 сен.	29 дек.	10 мар.
	Граммовъ въ кубическомъ метрѣ воды.								
Плотный остатокъ: вещества растворенныя и взвѣшенныя . . .	936	590	449	345	794	326	37,0	23,2	58,9
Органическ. вещества	18	10	34	27	58	19	45,6	20,5	66,7
Минеральныя вещества. всего . . .	918	580	416	318	736	307	36,8	23,5	58,3
Минеральныя вещества. взвѣшено .	230	Слѣды	100	20	413	33	100,0	80,0	92,1
Минеральныя вещества. въ раств. .	688	580	315	298	323	374	15,7	5,4	15,0
Na Cl	288	262	39	36	—	—	9,2	7,3	—
Cl	175	159	24	22	—	—	9,8	7,2	—
Извести	—	—	124	120	124	120	—	3,1	3,4
Сѣрной кислоты . . .	—	—	42	34	—	—	—	19,9	—

Таблица № 17.—Сравнительные результаты фильтрованія воды р. Темзы чрезъ угольные и песочные фильтры.

(Delhotel — p. 156).

I. Составъ воды до фильтрованія.

Плотнаго остатка 3,51%
Минеральныхъ солей . . . . . 3,37% (изъ нихъ 0,2% *Na Cl*).
Органическихъ веществъ . . . . 0,13%.

II. Количества веществъ, задержанныя угольнымъ фильтромъ изъ кусковъ величиной въ орѣхъ.

По истеченіи нижеуказаннаго числа часовъ.	Плотнаго остатка.	Минеральныхъ солей.	Органическихъ веществъ.	Взвѣшенныхъ частицъ.	Хлористаго натра.
Въ % отъ первоначальнаго количества каждаго вещества.					
72	9,91	9,76	15,22	—	—
120	11,93	—	—	12,79	—
240	15,30	—	—	20,48	—
376	13,03	12,34	13,54	—	—

III. Количества веществъ, задержанныя песочнымъ фильтромъ (0,53 метра мелкаго песка; 0,45 м.—ракушекъ; 0,45 м.—гравія; 0,23 м.—гальки).

По истеченіи нижеуказаннаго числа часовъ.	Плотнаго остатка.	Минеральныхъ солей.	Органическихъ веществъ.	Взвѣшенныхъ частицъ.	Хлористаго натра.
Въ % отъ первоначальнаго количества каждаго вещества.					
23	2,88	3,50	—	24,11	—
120	3,61	2,73	26,96	—	22,11
240	8,32	9,16	—	46,42	21,80
376	8,43	8,40	—	54,85	—

Выводъ. Уголь сильнѣе песка задерживаетъ вещества, растворимыя въ водѣ.

Таблица № 18. — Сравнительные результаты фильтрованія воды чрезъ угольные (порошковые) и песочные фильтры.

(Delhotel, p. 157).

	Задержано фильтромъ.	
	Изъ угля.	Изъ песка.
	%	%
Минеральныхъ веществъ	52,8	2,1
Органическихъ веществъ	88	5,0
	28,3	0,2

Таблица № 19. — Сравнительные результаты относительной быстроты очистки воды при фильтрованіи ея чрезъ угольные и песочные фильтры.

(Delhotel, p. 157).

Песочный фильтръ.	Фильтръ изъ мелкаго угля.	Фильтръ изъ угля въ кускахъ.	По истеченіи числа часовъ.
Задержали изъ			
24,58 грана.		29,35 грана.	
веществъ, бывшихъ въ галлонѣ воды.			
%	%	%	
2,9	11,7	—	23
—	—	1,2	67
—	—	7,8	91
—	—	3,9	115
3,6	11,9	—	120
—	—	2,2	139
8,3	15,3	—	240
8,4	13,0	—	367

Выводъ: Дѣйствіе угля гораздо быстрѣе дѣйствія песка. Количество задержанныхъ углемъ (въ мелкихъ частяхъ) веществъ, достигнувъ максимума, идетъ уже на убыль послѣ 240 час., а въ песочномъ фильтрѣ все еще возрастаетъ.

Таблица № 20. — Результаты бактеріологическаго изслѣдованія воды рѣки Сены послѣ кипяченія ея подъ давленіемъ.

(См. Annales d'hygiène publique et de médicine légale, Avril, 1891, и Delhotel, p. 292).

Характеристика воды.	Продолжительность пребыванія воды въ аппаратахъ.	Температура.	Разводки на бульонѣ.	Разводки на желатинѣ, пептонѣ.	
				Трубки.	Пластинки.
Первая серія опытовъ.	Минуты	Град. С.			
1) Вода до стерилизаціи . .	0	0	Обильная культура въ 24 ч.	Культура	Культура
2) Стерилизованная вода . .	33	142	0	0	0
3) Вода съ насажденіемъ Bac. pyocyaneus	—	—	Обильная культура въ 24 ч.	Культура	Культура
4) Вода съ насажденіемъ послѣ стерилизаціи . . .	33	142	0	0	0
5) Тоже.	24	140	0	0	0
6) Тоже	10	141	0	0	0
Вторая серія опытовъ.					
1) Стерилизованная вода . .	20	130	0	0	0
2) Тоже	10	130	0	0	0
3) Тоже	5	130	Слабая культура на 4-й день	Слабая культура	Нѣсколько колоній на 8-й день
Третья серія опытовъ.					
1) Стерилизованная вода . .	20	120	0	0	0
2) Тоже	15	120	0	0	0
3) Тоже	10	120	Слабая культура	Слабая культура	Нѣсколько колоній
4) Тоже	5	120	Культура	Культура	Нѣсколько колоній

Примѣчаніе. Опыты производились съ аппаратомъ сист. *Rouart*, *Geneste* и *Herscher*. Расходъ угля = 1 килогр. на стерилизацію 100 литр. воды (Delhotel). Опыты показали, что для полученія полной стерилиз. нужно нагрѣвать воду въ аппаратѣ при 120° въ теченіи 15 мин. или при 130° въ теченіи 10 мин.

Таблица № 21. — Результаты химическаго изслѣдованія воды р. Сены послѣ кипяченія ея подъ давленіемъ.

(См. Annales d'hygiène publique et de médicine légale, Avril 1891, и Delhotel, p. 292).

Характеристика изслѣдованій.			Вода до стерилизаціи.	Та же вода послѣ стерилизаціи при 120 град.
I. Анализъ и проч.				
Опредѣленіе органическ. веществъ.	Кислородомъ	кисл. раств.	4,500	2,750
		щелоч. раств.	2,500	2,000
	Щавел. кисл. $C^2O^4H^2$, $2Aq$	кисл. раств.	35,460	21,670
		щелоч. раств.	19,700	15,760
Кислорода въ растворѣ сост.		по вѣсу	10,750	4,000
		по объему	7 куб. см., 51	2 куб. см., 8
Углекислоты въ растворен. сост.			25 „ „ 00	10 „ „ 0
Амміакъ и аммоніакальныя соли			0	0
Az O^3H			5,00	4,30
Cl			7,28	7,28
SO^3			11,66	19,20
Si O^2			11,00	9,00
Ca O			96,88	66,08
Mg O			7,9	4,67
Остатка при 110 градусахъ			240,3	163,5
Минеральныхъ солей			211,4	151,8
Потери при прокаливаніи			28,9	11,7
Общая жесткость въ гидротиметрич. град.			16,5	10,5
Постоянная жесткость			4,0	4,0
II. Вѣроятный составъ.				
Кремнія			11,0	9,0
Сѣрнокислаго кальція			19,8	32,64*)
Углекислаго магнія			16,6	9,8
Углекислаго кальція			158,5	94,0
Хлористаго натра			12,0	12,0
Азотной кислоты			5,0	4,3
III. Анализъ раствор. газовъ.				
Общій объемъ газовъ растворен. въ водѣ			53 куб. см. 6	22 куб. см. 4
Углекислоты			27 „ „ 2	11 „ „ 6
Кислорода			8 „ „ 2	3 „ „ 0
Азота			18 „ „ 3	7 „ „ 8

*) Этотъ сѣрнокисл. кальц. попалъ въ воду изъ песка, заключающагося въ фильтрѣ стерилизатора.

Примѣчаніе. Химическія измѣненія воды при стерилизаціи не значительны, за исключеніемъ содержанія органическихъ веществъ, которое падаетъ на $^1/_2$, сгорая подъ дѣйствіемъ растворен. въ водѣ кислорода. Количество растворенныхъ газовъ уменьшается значительно. Осаждается часть углекисл. кальція и магнія. Эти результаты получены въ аппаратѣ *Rouart, Geneste* и *Herscher*, который даетъ 500 литровъ воды въ часъ (для казармъ, больницъ и т. п.).

Таблица № 22.—Сравненіе жесткости воды въ естественномъ состояніи и полученной изъ образовавшагося изъ нея и затѣмъ оттаявшаго льда.

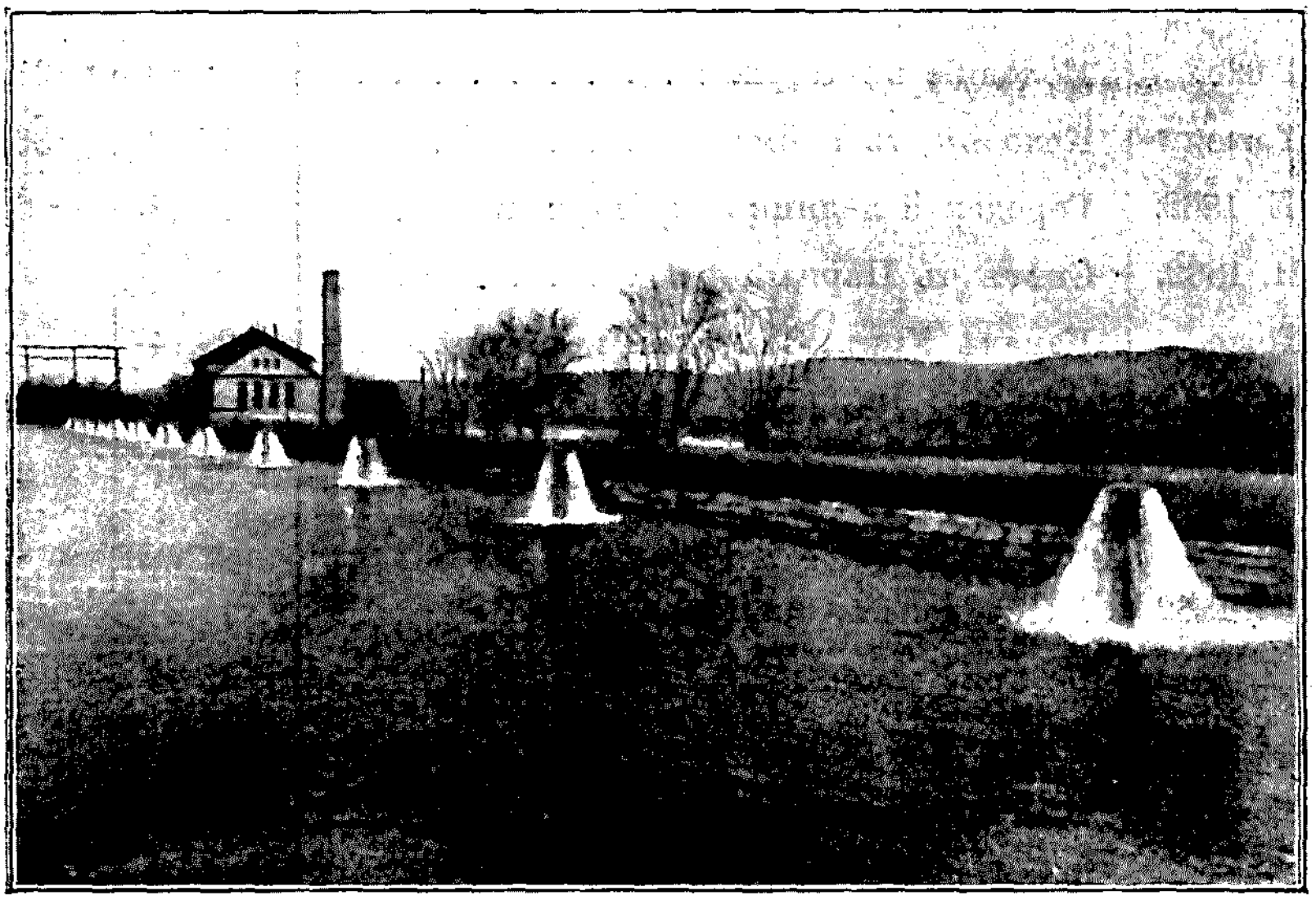
Число, мѣсяцъ и годъ.	Происхожденіе воды или льда.	Гидротиметрическій градусъ.	
		Воды естественной.	Воды изъ оттаявшаго льда.
24. I. 1862.	Большое озеро Булонскаго лѣса	30,08	0,00
28. 1. 1862.	Ледникъ на Монпарнасѣ	—	3,05
31. I. 1862.	Каналъ Уркъ (искусств. заморож.) . . .	29,14	6,58
Тоже.	Колодцы въ Парижѣ	112,80	31,96
Тоже.	Колодцы въ Реймсѣ	77,08	36,66
3. II. 1862.	Городской ледникъ въ Парижѣ	30,08	0,00
8. II. 1862.	Снѣгъ въ Парижѣ	—	3,97
Тоже	Каналъ Уркъ. Заморож. на блюдѣ . . .	29,14	2,58
Тоже.	Колодцы Парижа.	112,80	15,61
10. II. 1862.	Ледяныя сосульки въ Парижѣ	33,84	4,23
Тоже	Бассейнъ въ Тюильри	—	1,88
14. II. 1862.	Бассейнъ въ Chaillot	11,28	1,12
16. II. 1862.	Р. Сена	18,93	1,17
5. III. 1862.	Фонтанъ С. Сюльписъ	26,00	0,47
Тоже.	Водопроводная вода	26,00	1,17
Тоже.	Фонтанъ С. Сюльписъ.	33,84	2,20

обыкновенно оказывались непріятны для вкуса. Для фабричныхъ и иныхъ цѣлей предварительная химическая очистка воды даетъ давно хорошіе результаты, между прочимъ для питанія паровозныхъ котловъ, какъ объ этомъ болѣе подробно сказано далѣе.

Наиболѣе употребляемыя химическія вещества для *осажденія* водныхъ примѣсей суть *квасцы*, *сульфатъ аллюминія*, *хлорное желѣзо*, *известь*, *баритъ*, *сода* и др. Квасцы разлагаютъ углекислый кальцій, заключающійся въ водѣ, выдѣляютъ углекислоту, образуя растворимый сѣрнокислый кальцій и даютъ нерастворимый осадокъ гидрата аллюминія; этотъ осадокъ обладаетъ свойствомъ увлекать своими хлопьями взвѣшенныя въ водѣ минеральныя и органическія ча-

Водоснабженіе города Albany.

(С. Ш. Сѣв. А.).



Черт. 391.

Общій видъ отстойнаго бассейна, насосной станціи и устьевъ трубъ,

приводящихъ воду въ отстойный бассейнъ.

(Al. Hazen. On Albany Filtration Plant. Am. Soc. Civ. Eng. Nov. 1899. Proceedings Vol. XXV № 9).

стицы и осаждать ихъ вмѣстѣ съ собой, очищая такимъ образомъ воду. Такія химическія вещества называются часто *коагулянтами*. Недостатокъ квасцовъ тотъ, что послѣ ихъ дѣйствія въ очищенной водѣ остается въ растворѣ и сѣрнокислый калій, вещество непріятнаго вкуса. Этого недостатка не имѣетъ сульфатъ аллюминія, который получаетъ все большее распространеніе въ Америкѣ. Его дѣйствіе аналогично съ указаннымъ для квасцовъ; получаемый хлопьевидный осадокъ тотъ же. Двухлористое желѣзо дѣйствуетъ подобнымъ же образомъ. Относительно реакцій другихъ веществъ, имѣющихъ цѣлью уменьшеніе жесткости водъ см. курсъ Химіи. Окисленіе органическихъ веществъ достигается прибавленіемъ *марганцовокислаго* калія и т. д.

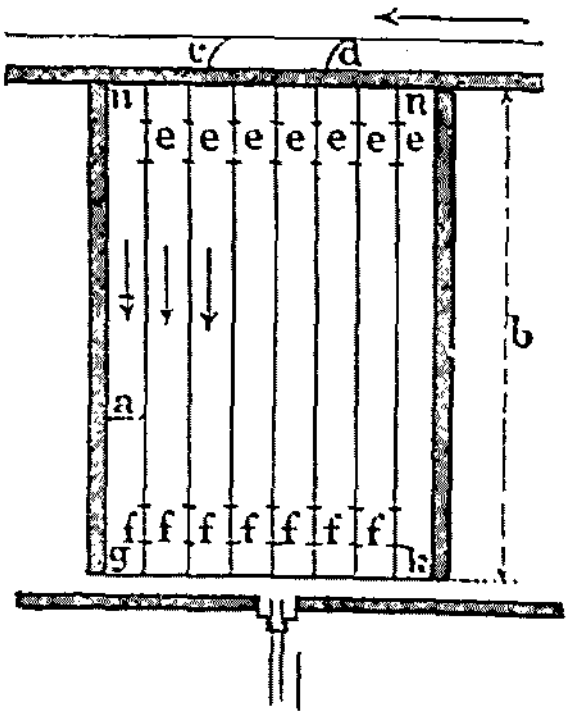
Смѣшанные способы очистки воды состоятъ въ примѣненіи совмѣстнаго дѣйствія нѣсколькихъ агентовъ для достиженія конечной цѣли—освобожденія воды отъ взвѣшенныхъ и растворенныхъ примѣсей. Въ простѣйшемъ видѣ смѣшанный способъ представляется въ употребленіи обыкновеннаго угольнаго или песчаннаго фильтра, гдѣ на ряду съ механическимъ задерживаніемъ примѣсей есть еще химическое окисляющее дѣйствіе кислорода воздуха, заключеннаго въ порахъ фильтрующаго тѣла. Въ послѣднее время смѣшанные способы получили особенное распространеніе въ Америкѣ, гдѣ придумана цѣлая серія быстро дѣйствующихъ фильтровъ, въ которыхъ вода предварительно получаетъ примѣсь тѣхъ или другихъ реактивовъ, имѣющихъ цѣлью ускорить образованіе осадковъ.

§ 61. Отстаиваніе воды и устройство отстойныхъ бассейновъ.

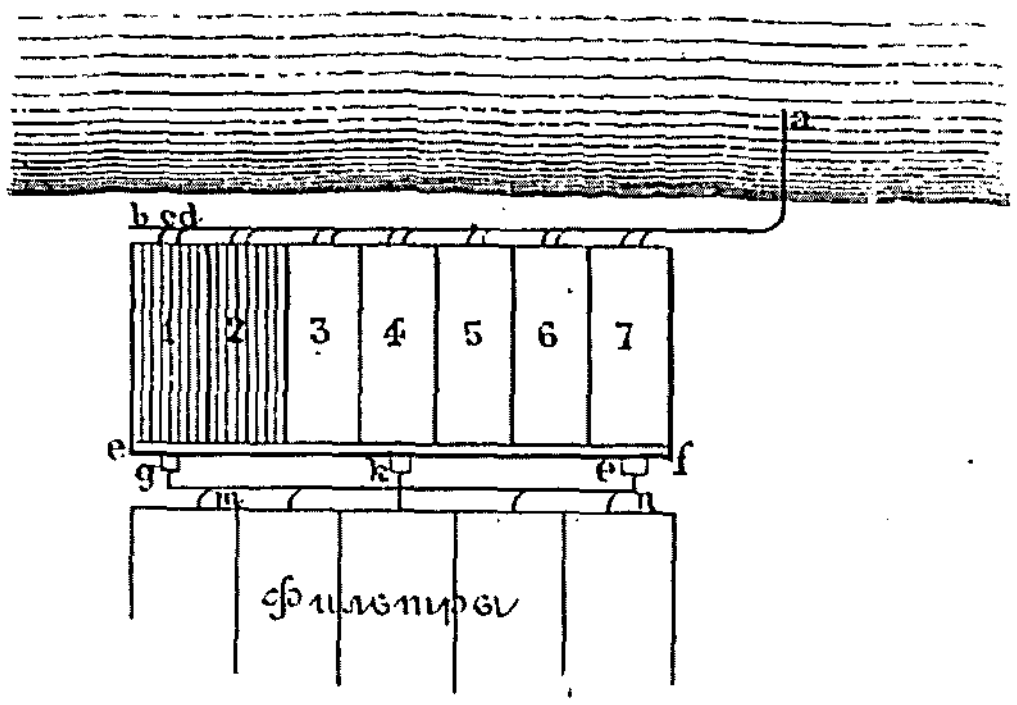
Отстаиваніе воды неоднократно пробовали примѣнять, какъ единственную операцію для очистки воды отъ мути. Такія устройства существуютъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ и понынѣ.

Опытъ показалъ однако, что, если эта операція и достигаетъ цѣли—сдѣлать мутную воду свѣтлой, прозрачной, то—обыкновенно для этого требуется слишкомъ много времени, а слѣдовательно для большихъ водоснабженій очень значительные бассейны. Воду приходится оставлять въ покоѣ до нѣсколькихъ сутокъ. Если бассейны открытые, а при огромныхъ размѣрахъ это почти неизбѣжно, то за это время въ бассейны могутъ попадать насѣкомыя, пыль и пр

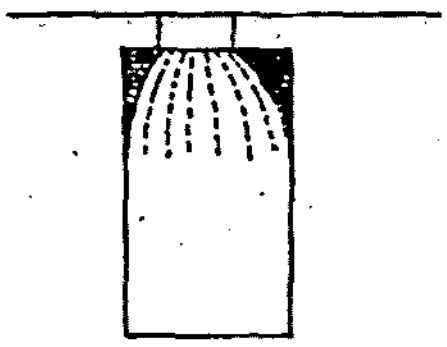
Отстаиваніе, процѣживаніе и фильтрованіе воды.



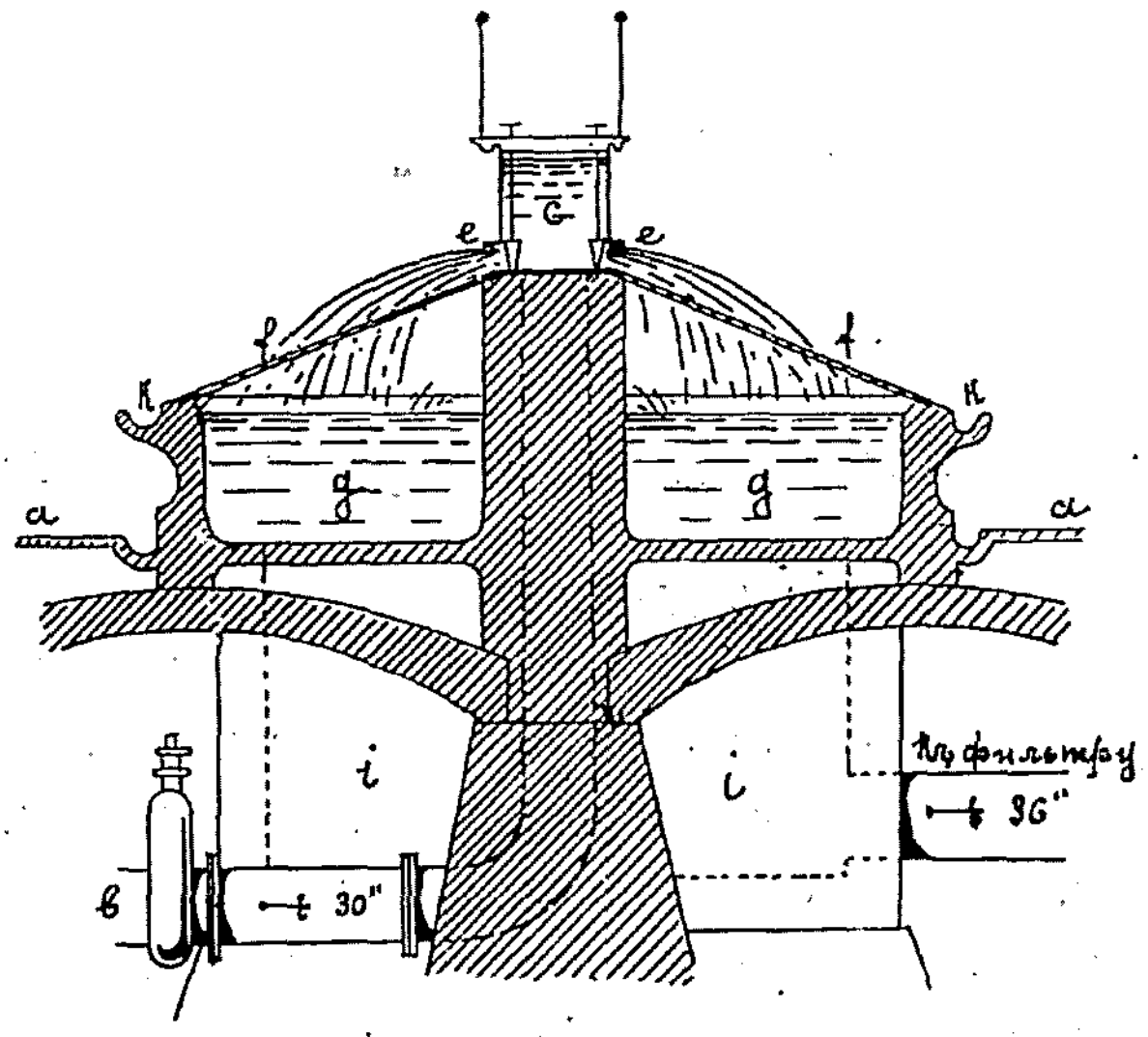
Черт. 392. — Планъ одного изъ отдѣленій отстойныхъ бассейновъ г. Будапешта.



Черт. 396.—Планъ отстойныхъ бассейновъ и фильтровъ г. Будапешта.

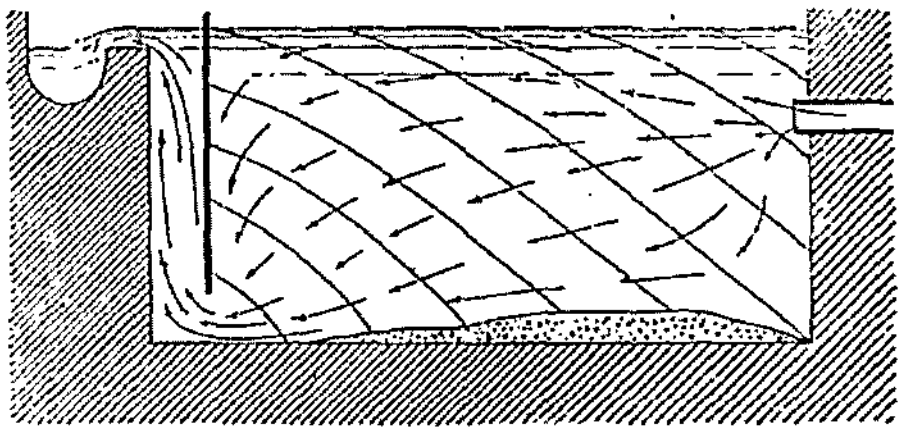


Черт. 393.—Схема отстойнаго бассейна безъ продольныхъ перегородокъ.

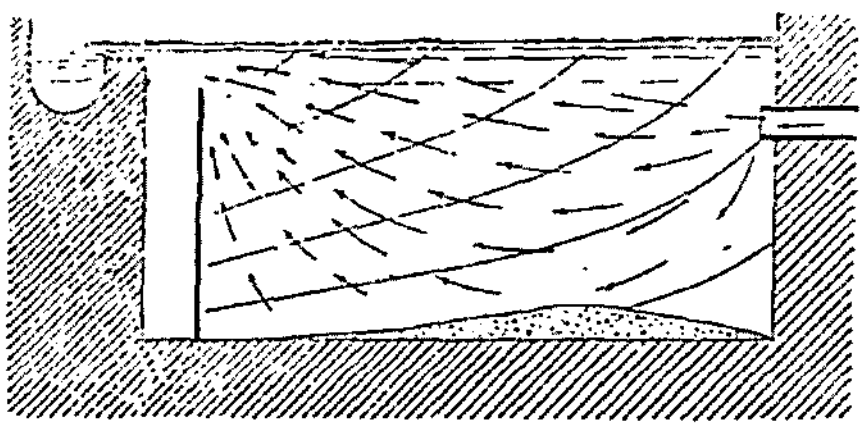


Черт. 397. — Поперечный разрѣзъ сѣтчатыхъ устройствъ С.-Петербургскаго водопровода.

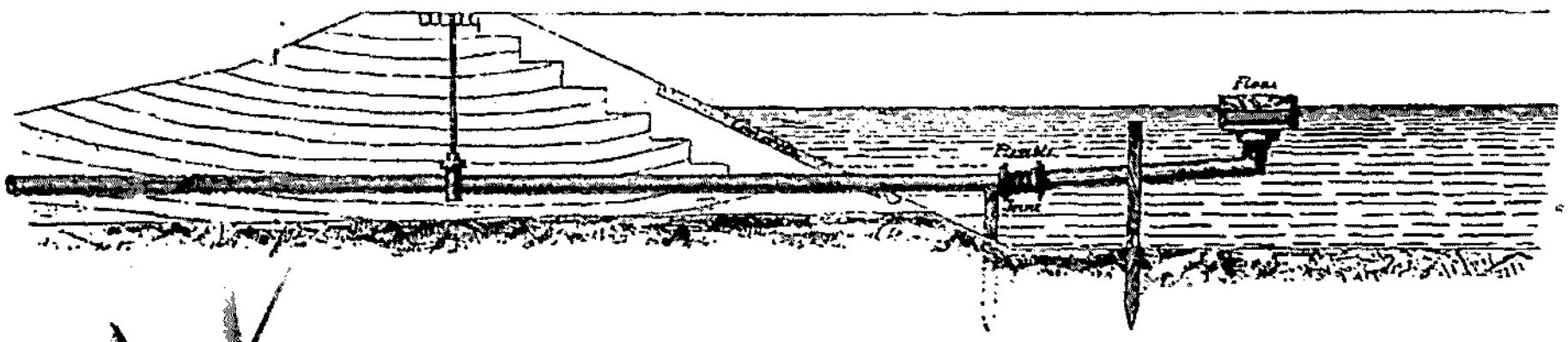
Отстаиваніе воды.



Черт. 394. — Дѣйствіе разницы лѣтнихъ температуръ притекающей, болѣе теплой, и находящейся въ бассейнѣ воды на направленіе движенія струй. Направляющій щитъ поднятъ.



Черт. 395. — Дѣйствіе разницы зимнихъ температуръ притекающей, болѣе холодной, и находящейся въ бассейнѣ воды на направленіи движенія струй. Направляющій щитъ опущенъ.



Черт. 396. — Отстойный бассейнъ съ плавучимъ водосливомъ, допускающимъ полученіе воды всегда изъ верхнихъ слоевъ. (Jacob).

и засорять воду, которая въ такомъ видѣ и поступитъ въ городскія трубы. Поэтому въ настоящее время методъ отстаиванія, какъ самостоятельный способъ очистки воды почти вездѣ оставленъ, но за то, какъ вспомогательная операція при фильтрованіи воды, примѣняется все чаще и чаще.

Оказывается, что *устройство вспомогательныхъ отстойныхъ бассейновъ*, хотя и требуетъ значительныхъ затратъ, но при мутной водѣ на столько облегчаетъ эксплоатацію фильтровъ, что во многихъ случаяхъ съ выгодой можетъ быть употребляемо. Многія рѣки несутъ столь значительное количество илистыхъ, глинистыхъ и другихъ частицъ, что если такую воду пропускать прямо черезъ фильтръ, то послѣдній быстро засоряется и для хорошаго дѣйствія требуетъ частой чистки.

Примѣръ подобныхъ условій даетъ Варшава, гдѣ не предполагали сначала строить отстойныхъ бассейновъ, но силою обстоятельствъ пришлось устроить ихъ уже послѣ окончанія постройки фильтра, доказавшаго на дѣлѣ ихъ необходимость.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда рѣчная вода содержитъ очень мало мути, осадочные бассейны могутъ оказаться излишними, лишь удорожающими общее устройство водопровода. Напримѣръ С.-Петербургъ, имѣя прозрачную Невскую воду, не пользуется осадочными бассейнами. Чѣмъ больше размѣры осадочныхъ бассейновъ, тѣмъ полнѣе происходитъ осажденіе мути, тѣмъ болѣе облегчается работа фильтровъ, но зато тѣмъ болѣе растетъ стоимость бассейновъ. Зная это и помня, что осадочные бассейны имѣютъ главную цѣль облегчить и удешевить дѣйствіе фильтровъ, приходится для каждаго даннаго случая рѣшать вопросъ: какую степень предварительнаго освѣтленія слѣдуетъ допустить, иначе говоря, какой величины слѣдуетъ дѣлать отстойные бассейны, чтобы затраты на ихъ устройство, считая проценты на затраченный капиталъ по устройству и стоимость содержанія не были больше достигаемой при этомъ экономіи въ эксплоатаціи фильтровъ. Разумѣется, что отвѣтъ на этотъ вопросъ можетъ быть лишь приблизительный, насколько онъ выяснится въ каждомъ частномъ случаѣ изъ опытныхъ данныхъ.

Англійскіе инженеры стремятся придавать осадочнымъ бассейнамъ возможно бо̀льшіе размѣры. Такъ напр., въ Лондонѣ бассейны разныхъ компаній имѣютъ вмѣстимость 3—18-дневнаго потребленія, а общая вмѣстимость всѣхъ бассейновъ равна 9-ти-дневному потреб-

ленію Лондона. Германскіе инженеры, наоборотъ, по возможности сокращаютъ размѣры бассейновъ, не превосходя суточной вмѣстимости, боясь между прочимъ порчи воды при продолжительномъ отстоѣ отъ развитія водорослей.

Отстойные бассейны дѣлаются открытыми сверху или закрытыми. Въ первомъ случаѣ они представляютъ собою земляные резервуары съ откосами; дно и бока ради водонепроницаемости должны быть выложены слоемъ глины или бетона. Откосы при этомъ дернуются или замащиваются; иногда же вмѣсто откосовъ дѣлаются каменныя или бетонныя поддерживающія стѣнки (см. черт. 391, 398 и 404). Открытые бассейны дешевле и вода въ нихъ подвергается дѣйствію свѣта, что способствуетъ ея обезвреживанію. Съ другой стороны отъ солнца вода и нагрѣвается, и въ ней легко начинаютъ развиваться водоросли. Кромѣ того въ открытые бассейны можетъ попадать пыль и пр. Наконецъ, у насъ прикрытіе сводами важно еще въ виду сильныхъ морозовъ, которые покрыли бы бассейны толстымъ льдомъ, хотя примѣръ шведскихъ водопроводовъ показываетъ, что поверхностный ледъ, когда толщина его не становится слишкомъ большой, не мѣшаетъ отстаиванію находящейся подъ нимъ воды.

Считая, что недостатки открытыхъ отстойныхъ бассейновъ значительнѣе ихъ достоинствъ, многіе строители предпочитаютъ устройство *закрытыхъ отстойныхъ бассейновъ. Они представляютъ собою кирпичные и бетонные резервуары (обыкновенно прямоугольные въ планѣ), перекрытые сводами*, опирающимися на ряды колоннъ и засыпанные съ боковъ и сверху землею; ихъ общее устройство вполнѣ схоже съ устройствомъ каменныхъ крытыхъ фильтровъ или иныхъ подобныхъ имъ резервуаровъ (черт. 399, 402, 407 и пр.).

Отстой воды въ осадочныхъ бассейнахъ можетъ быть достигнутъ двумя способами:

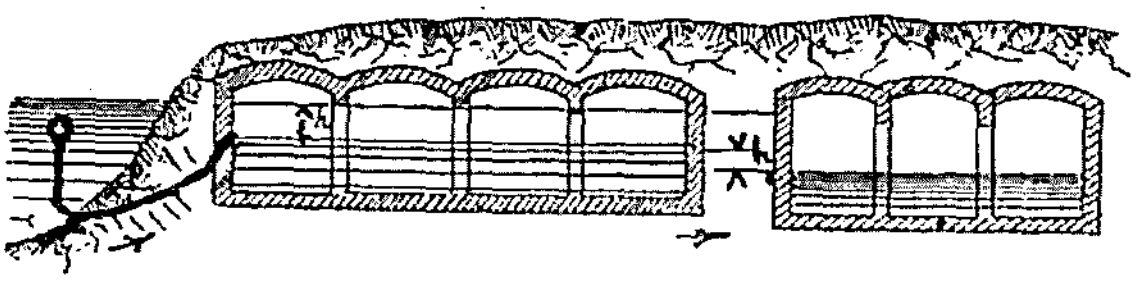
1) вода впускается въ бассейнъ, оставляется въ немъ нѣкоторое время въ полномъ спокойствіи, причемъ и происходитъ осажденіе мути, а затѣмъ верхніе, освѣтленные слои воды выпускаются на фильтры, и

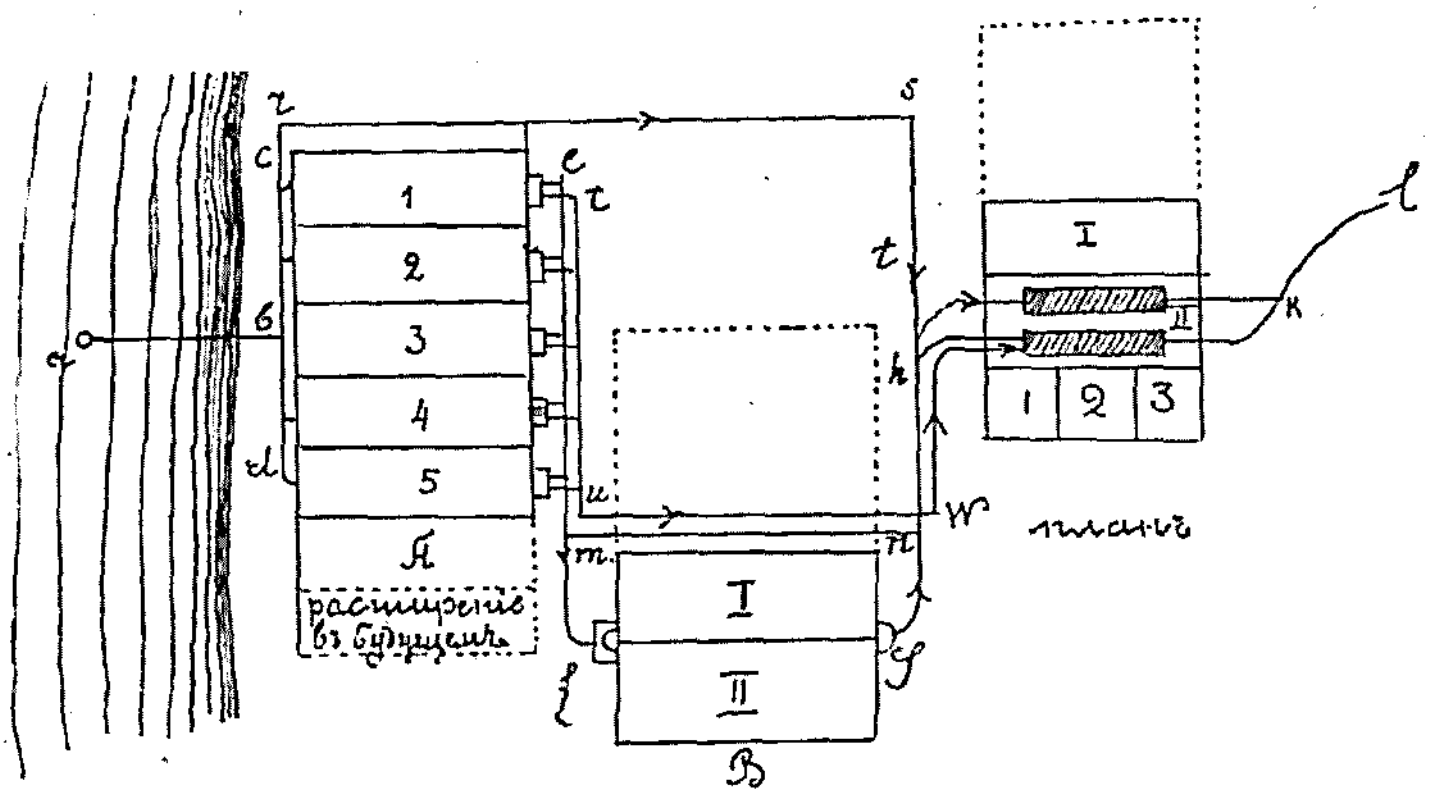
2) вода очень медленно, но непрерывно протекаетъ по бассейну, такъ что осажденіе мути происходитъ также непрерывно, причемъ освѣтленная вода также стекаетъ на фильтры.

Первый способъ въ настоящее время почти совершенно остав-

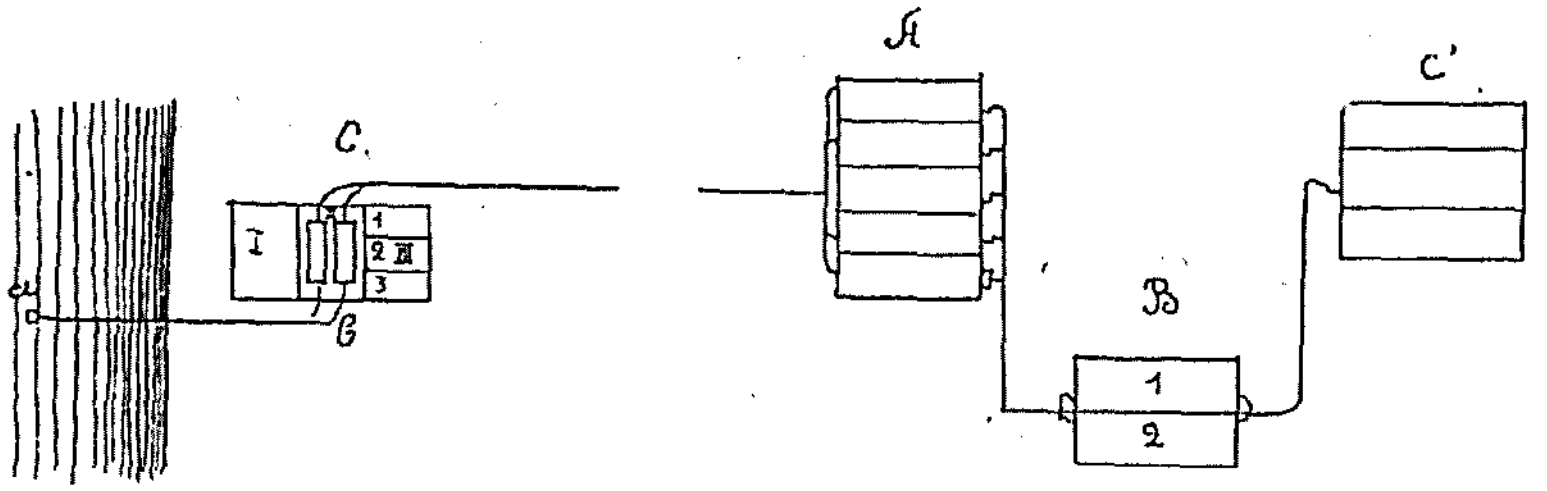
Отстаиваніе и фильтрованіе воды.

Отстойные бассейны и англійскіе песочные фильтры.





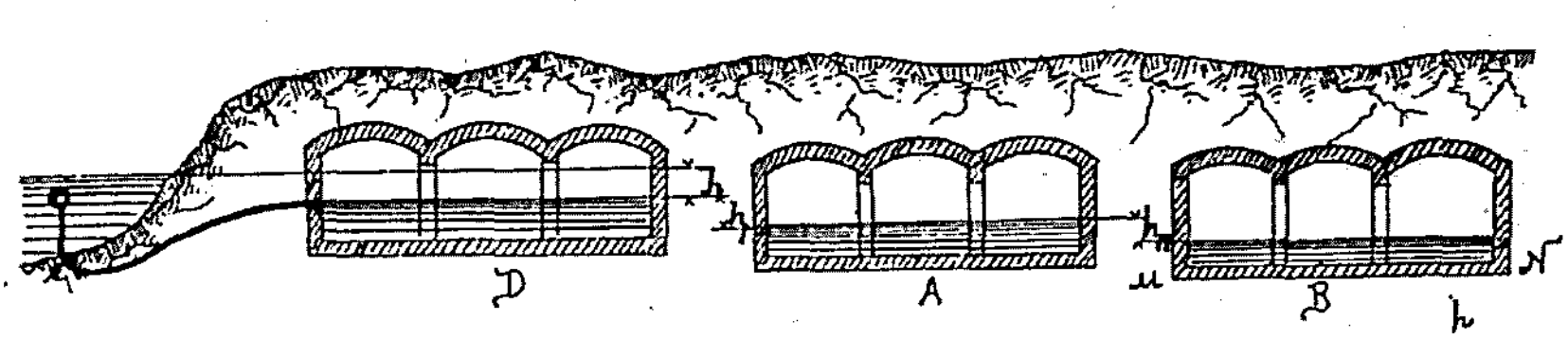
Черт. 399. — Разрѣзъ
Черт. 400. — Планъ
} при движеніи воды на фильтръ самотекомъ.



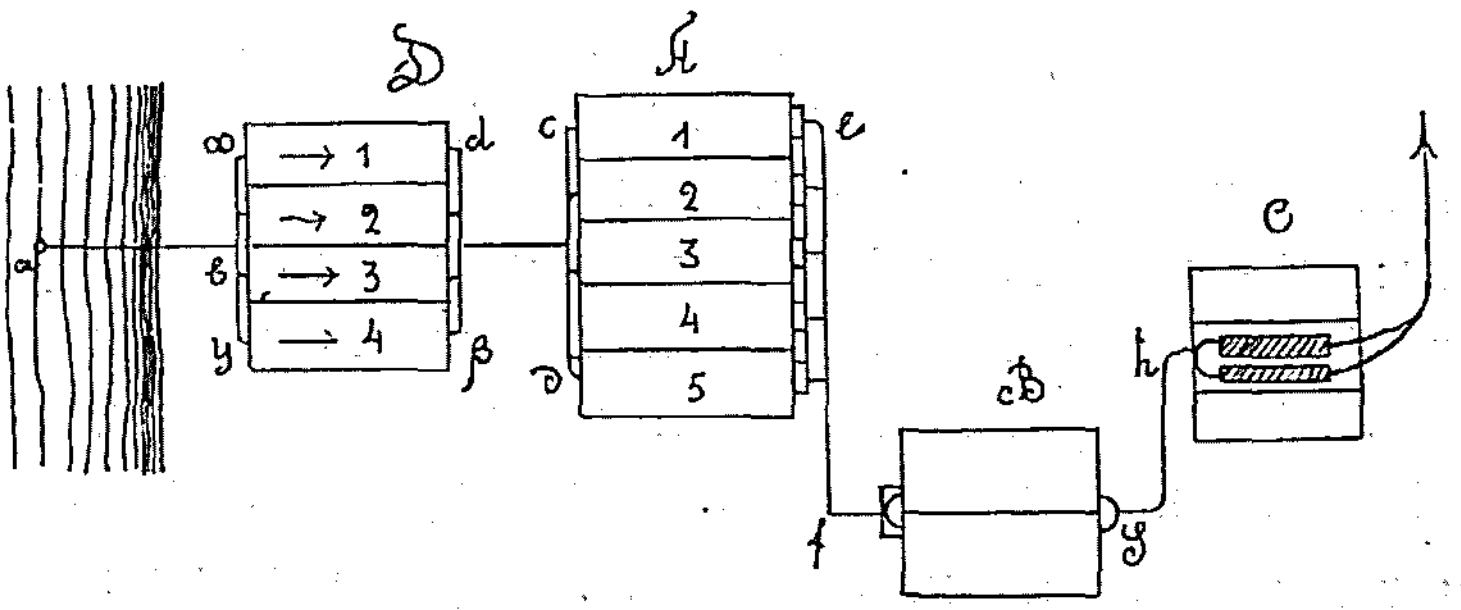
Черт. 401. — Планъ при подачѣ воды въ отстойники насосами.

Схема расположенія фильтровъ при пользованіи водой, не требующей предварительнаго отстаиванія.

Отстойные бассейны и англійскіе песочные фильтры.



Черт. 402. — Разрѣзъ.



Черт. 403. — Планъ.

Схема расположенія фильтровъ при пользованіи водой, требующей предварительнаго отстаиванія.

лень, такъ какъ при немъ время наполненія и опорожненія бассейна теряется безъ пользы для отстоя. Въ виду этого теперь употребляютъ почти исключительно второй способъ съ непрерывнымъ отстоемъ, который къ тому же даетъ вполнѣ удовлетворительные результаты. При непрерывномъ отстоѣ на днѣ осадочнаго бассейна понемногу скопляются осѣвшія вещества, такъ что время отъ времени бассейнъ приходится чистить, прерывая его дѣйствіе. Въ виду этого обстоятельства, чтобы не прерывать общій ходъ осажденія, необходимо всегда имѣть по крайней мѣрѣ одно запасное отдѣленіе осадочнаго бассейна; такъ, если предположено устроить для очистки Q куб. единицъ воды n одновременно дѣйствующихъ отдѣленій осадочныхъ бассейновъ, то необходимо устроить всего $n + 1$ отдѣленіе.

Положимъ, что устраивается $n + 1$ одинаковыхъ по величинѣ отдѣленій; каждое изъ нихъ должно быть приспособлено, очевидно, для очистки $\frac{Q}{n} = q$ куб. футъ воды въ 1 секунду (если всего надо очищать Q куб. фут.) Для разсчета размѣровъ бассейна надо задаться глубиною бассейна h, которую принимаютъ = отъ $6'$ до $12'$ и скоростью протока v; послѣднюю опредѣляютъ опытнымъ путемъ, заставляя протекать данную воду съ различными скоростями и наблюдая за ходомъ осажденія, причемъ не слѣдуетъ слишкомъ увлекаться совершенствомъ отстоя: самую мелкую муть (главнымъ образомъ глинистую) практичнѣе и дешевле удалять фильтрами, а не отстоемъ; одновременно наблюдаютъ число часовъ, необходимое для того, чтобы муть успѣла осѣсть при данной скорости теченія v. Въ большинствѣ случаевъ довольствуются скоростью протока v не менѣе 1 до 2 mm. въ 1 секунду. Изъ опредѣлившихся величинъ q, h и v можно узнать потребную ширину b бассейна: $b = \frac{q}{h \,.\, v}$. Къ полученной ширинѣ b слѣдуетъ прибавить ширину продольныхъ перегородокъ, если таковыя устраиваются въ бассейнѣ съ цѣлью уменьшенія мертвыхъ пространствъ и лучшаго направленія воды, какъ объ этомъ сказано далѣе. Если опытнымъ путемъ опредѣлилось, что для осажденія надо r часовъ (обыкновенно довольствуется $r = 12$ до 36 часовъ; въ жаркомъ климатѣ желательно ограничиваться возможно меньшей величиной r), то искомая длина l бассейна опредѣлится изъ формулы: $l = r \,.\, 60 \,.\, 60 \,.\, v$, гдѣ r — скорость теченія

воды. *По Линдлею:* $b = 16^1/_2' — 30'$; $l = 262' — 394'$. Глубина при входѣ — $6^1/_2'$; глубина при выходѣ — $10'$.

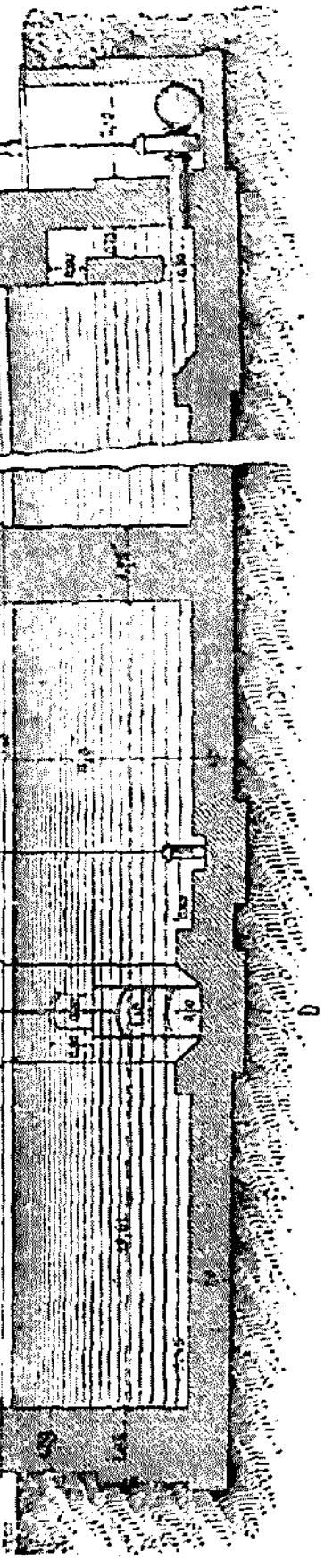
Если для притока въ бассейнъ воды вдѣлать въ его поперечную стѣнку трубу, а для выхода поставить вторую въ противоположной стѣнкѣ, то бассейнъ не будетъ дѣйствовать правильно: при малой скорости теченія и входѣ воды въ бассейнъ и выходѣ изъ него черезъ узкія, сравнительно съ шириной бассейна, трубы,—вода не станетъ двигаться равномѣрно по всей площади живаго сѣченія бассейна и потечетъ съ нѣсколько бо́льшей скоростью сравнительно узкой струею по прямой линіи изъ одной трубы въ другую, съ боковъ же бассейна останутся неподвижныя массы воды. Въ случаѣ, представленномъ на черт. 392, вода, войдя въ галлерею, наполнитъ ее и если останутся мертвыя пространства, то они будутъ не велики (именно въ точкахъ *n* черт. 392). Если бы стѣнокъ не было, то мертвыя пространства сильно увеличились бы (показаны заштрихованными площадями на черт. 393). Кромѣ того стѣнками движеніе воды направляется гораздо правильнѣе. Для болѣе правильнаго распредѣленія теченія устраиваютъ и дѣлаютъ нѣсколько отверстій для входа и выхода воды; для послѣдняго часто дѣлаютъ одинъ общій переливной желобъ въ концѣ бассейна (черт. 394 и 395). Въ нѣкоторыхъ случаяхъ устраиваютъ плавучіе водосливы, позволяющіе брать воду изъ верхнихъ слоевъ при колеблющемся уровнѣ (черт. 398). Кромѣ того въ концѣ бассейна полезно дѣлать подвижную перегородку, регулирующую правильность дѣйствія бассейна зимой и лѣтомъ.

На чертежѣ 394 изображенъ продольный разрѣзъ одного бассейна въ лѣтнее время. Вода входитъ съ одной стороны и, разливаясь по поверхности, сливается съ другого конца его. Лѣтомъ вода входитъ имѣя температуру выше, чѣмъ вода бассейна, поэтому она идетъ по поверхности и если не принять особыхъ мѣръ, то перельется водосливомъ безъ отстаиванія; вода же ниже поверхностнаго слоя будетъ стоять не мѣняясь. Поэтому передъ водосливомъ ставится поперечная вертикальная стѣнка; тогда вода измѣнитъ направленіе, останется дольше въ бассейнѣ, охладится, спустится на дно и поднимется къ водосливу, пройдя черезъ отверстіе подъ перегородкой; при этомъ осадокъ распредѣлится какъ показано на чертежѣ. Зимою наблюдается прямо противуположное явле-

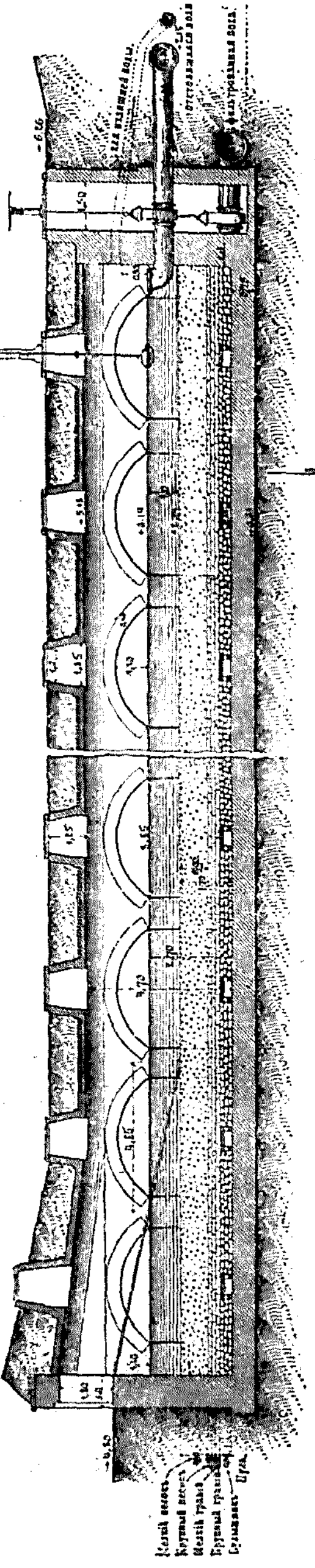
Отстаиваніе и фильтрованіе воды.

Снабженіе города Магдебурга рѣчной водой.

Отстойные бассейны и англійскіе песочные фильтры.



Черт. 404.—Разрѣзъ отстойнаго бассейна.

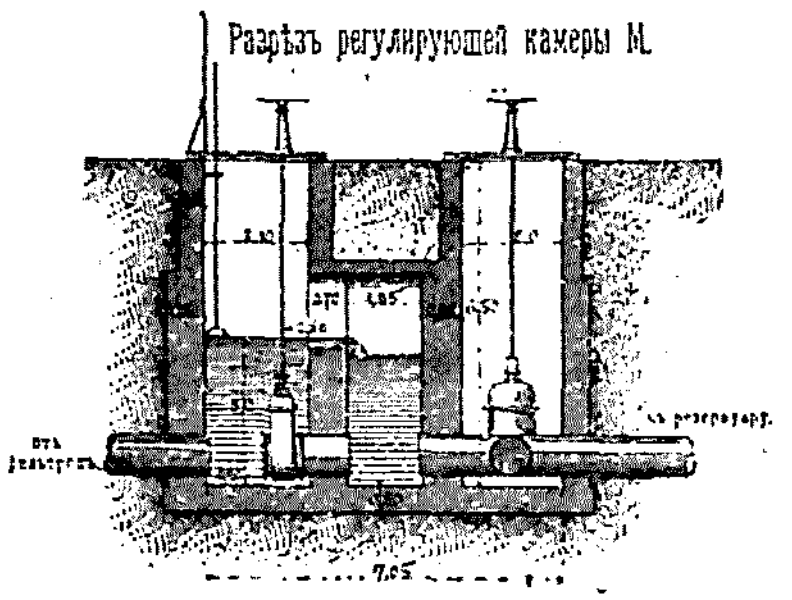


Черт. 405.—Разрѣзъ фильтра.

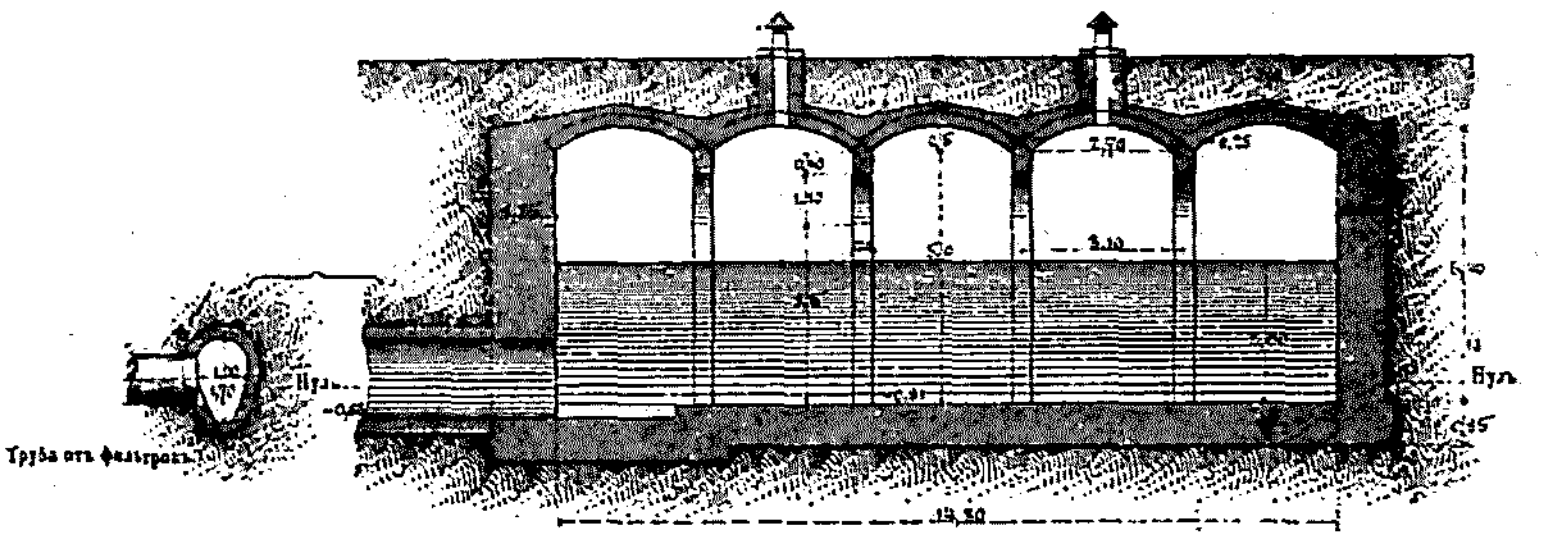
Отстанваніе и фильтрованіе воды.

Отстойные бассейны, англійскіе песочные фильтры, резервуары чистой воды.

Снабженіе гор. Магдебурга рѣчной водой.



Черт. 406.—Разрѣзъ камеры, регулирующей выпускъ воды изъ фильтровъ въ резервуаръ чистой воды, откуда она подается въ городъ машинами.



Черт. 407.—Разрѣзъ резервуара чистой воды при фильтрахъ.

(Ф. Е. Максименко, Атласъ Водопровод. сооруж.).

Примѣчаніе. Къ чертежамъ 404 — 407. Вода по каналу изъ рѣки Эльбы протекаетъ къ насосной станціи и подается машинами въ отстойные бассейны (ихъ 6 вмѣстимостью въ 7.300 куб. м. каждый); отсюда она переходитъ въ фильтры (6 независимыхъ отдѣленій, площадью—24×54,16 кв. м.). Изъ фильтровъ чрезъ камеру, регулирующую скорость фильтрованіи вода идетъ къ небольшому резервуару чистой воды, расположенному тутъ-же, откуда и поступаетъ въ городъ.

ніе (черт. 395). Вода входитъ въ бассейнъ, имѣя температуру ниже воды послѣдняго, и опускается поэтому на дно. Осадки образуются ближе ко входу. Чтобы заставить воду подняться, вертикальную стѣнку опускаютъ на дно.

Въ заключеніе будетъ не лишнимъ упомянуть еще разъ о нецѣлесообразности устройства слишкомъ большихъ отстойныхъ бассейновъ, дающихъ очень совершенное осажденіе мути, такъ какъ за извѣстнымъ предѣломъ размѣръ этихъ бассейновъ какъ указываетъ опытъ мало вліяетъ на уменьшеніе размѣровъ фильтровъ. Во многихъ случаяхъ, особенно если рѣка не несетъ большого количества грубыхъ песчаныхъ частицъ, будетъ правильнѣе на первое время ограничиться устройствомъ однихъ фильтровъ и впослѣдствіи, если опытъ укажетъ на необходимость слишкомъ частой очистки послѣднихъ, строить отстойные бассейны.

Для дальнѣйшей характеристики устройства отстойныхъ бассейновъ могутъ служить *отстойные бассейны г. Будапешта*. На черт. 396 показанъ планъ этихъ бассейновъ, разсматривая который мы видимъ, что вода идетъ изъ рѣки самотекомъ помощью трубы *a* въ отстойные бассейны, расположенные одной группой изъ семи бассейновъ. Въ каждый бассейнъ ведутъ два отростка *c* и *d*. Бассейны раздѣлены продольными стѣнками на 8 отдѣленій-корридоровъ, по которымъ вода и движется, сливаясь наконецъ въ каналъ *ef* (черт. 396), откуда уже особыми трубами—отростками *mn* направляется въ отдѣленія фильтра.

На черт. 392 представленъ одинъ изъ отстойныхъ бассейновъ въ большемъ видѣ. Въ немъ восемь галлерей отдѣлены стѣнками отъ сосѣднихъ бассейновъ. Вода приводится въ бассейнъ помощью отростковъ *c* и *d*. Стѣнки галлерей сплошныя, но имѣютъ большія круглыя окна *e*; они служатъ для сообщенія воды и для того чтобы при очисткѣ черезъ нихъ можно было переходить. Дно имѣетъ уклонъ 1 : 240, такъ что вода, встрѣчая все большее поперечное сѣченіе движется, все медленнѣе. Вначалѣ при умѣренной скорости грубыя частицы мути тотчасъ же осѣдаютъ;—болѣе же мелкія требуютъ болѣе покойнаго состоянія воды и осѣдаютъ далѣе. Осадокъ располагается такимъ образомъ съ постепеннымъ переходомъ отъ крупныхъ частицъ къ мелкимъ. Малыя отверстія *f* сдѣланы въ стѣнкахъ для того, чтобы въ случаѣ очистки бассейна можно было черезъ нихъ передвигать всю грязь въ центральную камеру, откуда

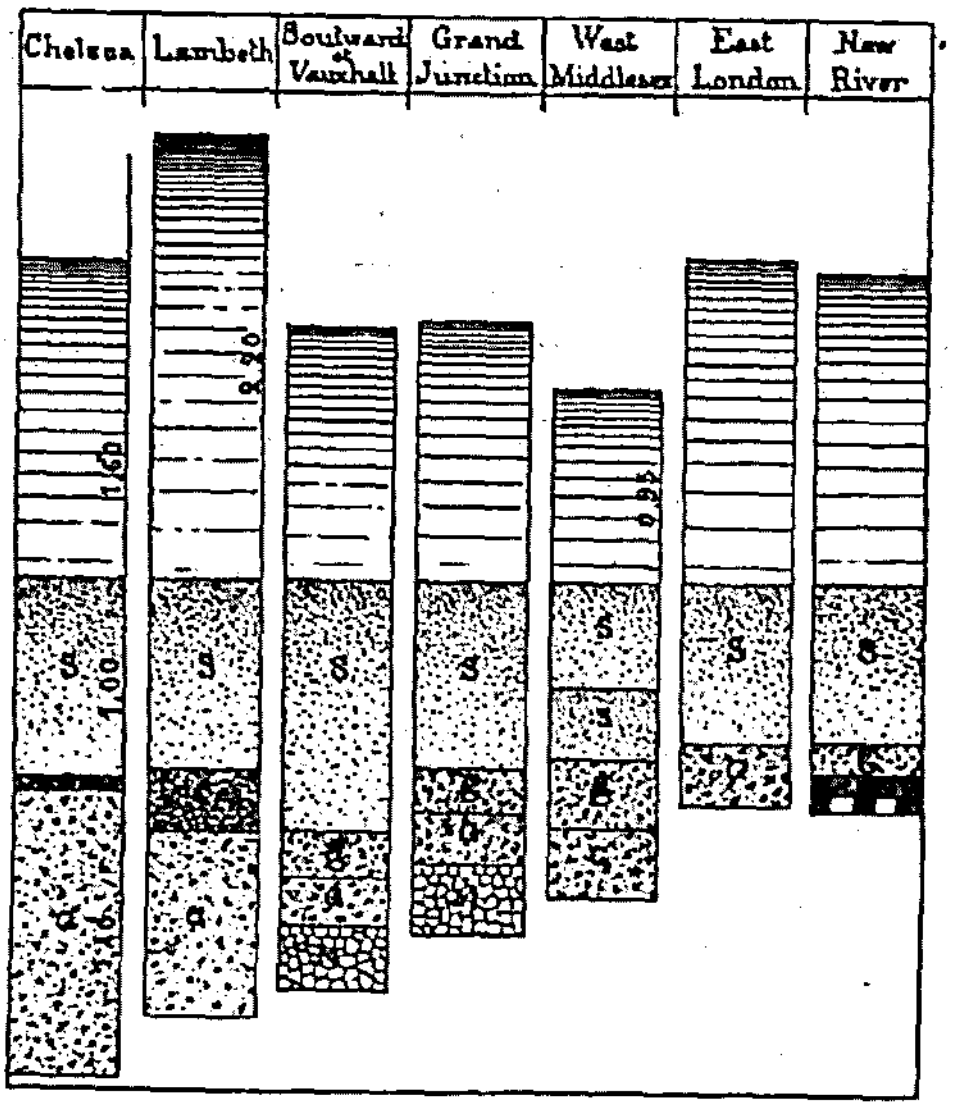
ее уже и вынимаютъ. Черезъ водосливъ *gk* вода переливается въ продольный каналъ, откуда отводится на фильтръ.

§ 62. Процѣживаніе воды.

Если рѣчная вода и не содержитъ въ себѣ много мути, все-же обыкновенно она несетъ различнаго рода плавающій соръ (щепки, водоросли и пр.) и мелкую рыбу, которые, попадая на фильтры, будутъ лишь напрасно ихъ засорять. Въ виду этого передъ впускомъ рѣчной воды на фильтры полезно производить грубое отдѣленіе крупнаго сора. Подобная предварительная очистка достигается пропускомъ рѣчной воды черезъ такъ называемое *сѣточное отдѣленіе*. Въ С.-Петербургѣ такія сооруженія впервые были устроены въ Экспедиціи заготовленія государственныхъ бумагъ, а затѣмъ (въ 1890 и 1896 г.) и на городскихъ водопроводахъ.

Сѣточныя отдѣленія помѣщаются непосредственно рядомъ съ фильтрами и представляютъ собою узкія и длинныя зданія; вдоль нихъ на нѣкоторой высотѣ надъ поломъ устроенъ желѣзный желобъ, въ который и проведена рѣчная вода; отсюда вода идетъ на наклонныя сѣтки. Поперечный разрѣзъ внутренняго устройства зданія изображенъ на чер. 397 (*a* — *a* — уровень пола). Рѣчная вода по двумъ 30″ трубамъ *b* (на черт. видна лишь одна изъ нихъ) нагнетается въ желѣзный желобъ *c*, идущій вдоль зданія; въ боковыхъ стѣнкахъ желоба на взаимныхъ разстояніяхъ около $1^1/_2$ аршинъ продѣланы отверстія *e* съ кранами, для удобства открыванія которыхъ сверхъ желоба устроенъ помостъ съ перилами. Выходя изъ желоба черезъ отверстія *e*, вода падаетъ на наклонные желѣзныя рѣшетки *f*, обтянутые тонкой и плотной мѣдной сѣткой, которая и задерживаютъ соръ, водоросли, мелкую рыбу и т. п. Подъ сѣтками проходятъ бетонные желоба *g g*, собирающіе воду; отсюда вода падаетъ въ сборный колодезь *i* и затѣмъ двумя 36″ трубами отводится на фильтры. Желобки *k* устроены для задержанія грязи, сползающей и сметаемой щетками съ наклонныхъ сѣтокъ. Въ случаѣ прорыва или сильнаго засоренія сѣтки кранъ соотвѣтственнаго отверстія *e* запираютъ и смѣняютъ раму, обтянутую сѣткой. Кромѣ своего прямаго назначенія — производить грубую механическую очистку воды, сѣточныя отдѣленія нѣсколько улучшаютъ ея каче-

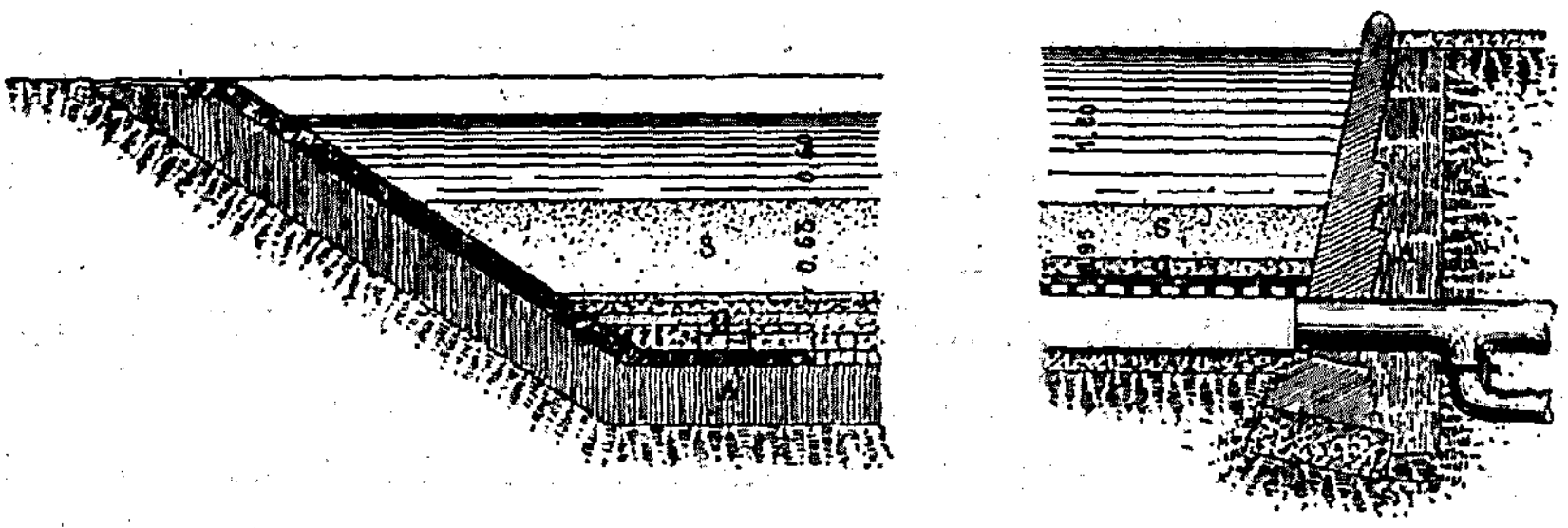
Англійскіе песочные фильтры.



Черт. 408. — Сравнительные поперечные разрѣзы фильтрующихъ слоевъ Лондонскихъ фильтровъ.

S—песокъ; *C*—голышъ; *g*—мелкій гравій; *G*—крупный гравій; *M*—каменная наброска; *B*—кирпичъ.

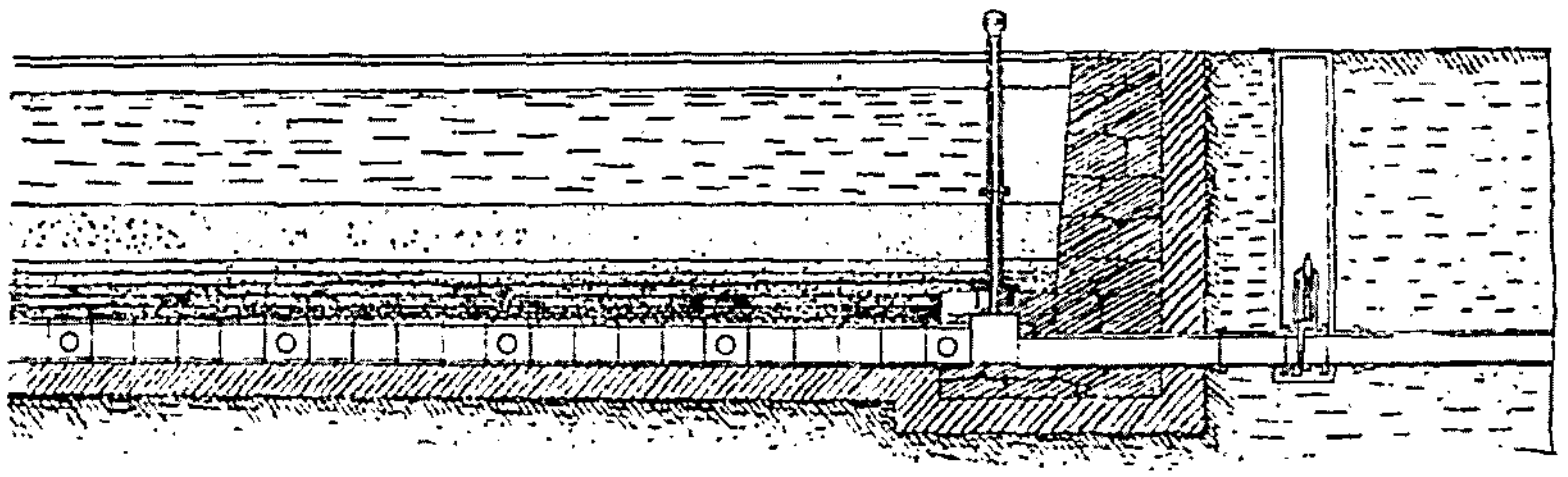
Открытые фильтры.



Черт. 409 и 410.— Типы англійскихъ открытыхъ фильтровъ, примѣняемые въ самой Англіи,—съ пологими откосами и съ поддерживающими стѣнками.

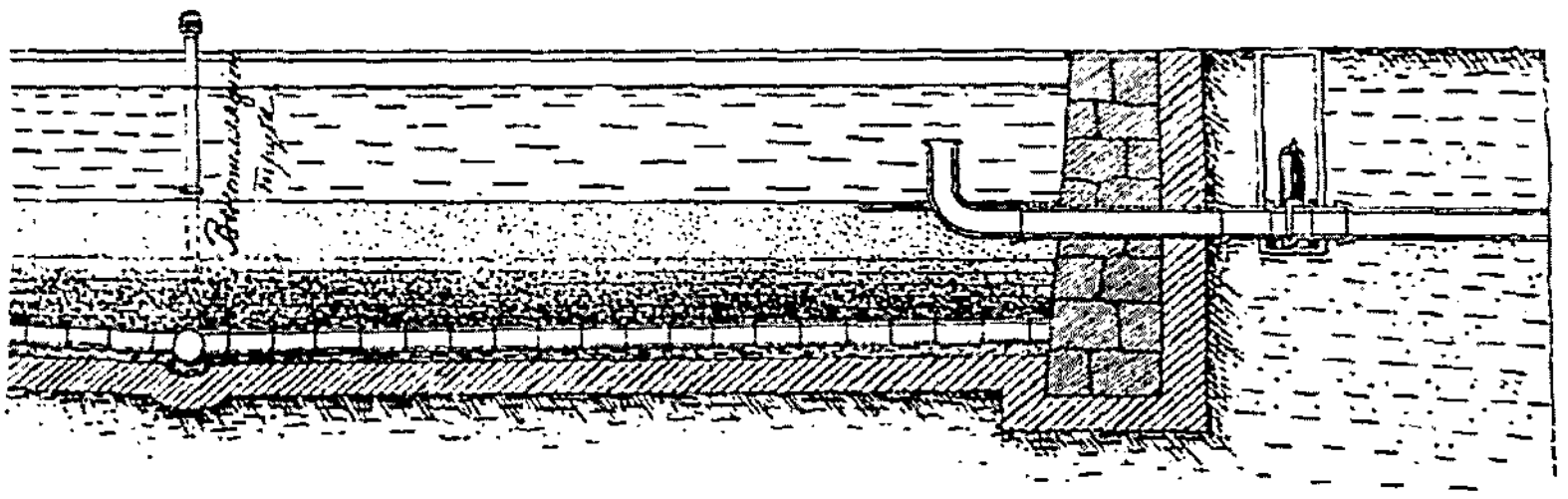
Англійскіе песочные фильтры.

Открытые фильтры.



Черт. 411.

Разрѣзъ открытаго песочнаго фильтра чрезъ отводящую воду трубу.



Черт. 412.

Разрѣзъ открытаго фильтра чрезъ приводящую воду трубу.

(I. F. Richert. Om vattenledninaar och vattenaflopp. Stockholm. 1869 г.).

Примѣчаніе. Фильтры типовъ, показаны на черт. 411—412, примѣнены въ Швеціи и между прочимъ въ Стокгольмѣ.

ства и тѣмъ, что вода, разливаясь по сѣткамъ тонкимъ слоемъ и падая отдѣльными струйками, приходитъ въ тѣсное общеніе съ атмосфернымъ воздухомъ, — вода аэрируется, причемъ кислородъ воздуха окисляетъ нѣкоторую часть органическихъ веществъ воды.

§ 63. Общая классификація фильтровъ и фильтрованіе воды въ обыкновенныхъ (англійскихъ) песочныхъ фильтрахъ.

Наиболѣе распространеннымъ способомъ очистки большихъ массъ воды представляется въ настоящее время фильтрованіе ея чрезъ песочные фильтры, которые могутъ быть раздѣлены на двѣ категоріи: *гравитаціонные* и *напорные*. Въ первой — вода проходитъ черезъ фильтрующій слой подъ дѣйствіемъ собственнаго вѣса, во второй — присоединяется еще давленіе, производимое машинами. Фильтры этой второй категоріи составляютъ одну изъ разновидностей *механическихъ фильтровъ*. Гравитаціонные фильтры могутъ быть еще подраздѣлены на *фильтры съ медленной фильтраціей* и *фильтры съ быстрой фильтраціей*.

Въ первыхъ вода въ естественномъ состояніи или послѣ отстаиванія напускается въ обширныя камеры, дно коихъ состоитъ изъ фильтрующаго матеріала и медленно протекаетъ чрезъ этотъ матеріалъ. Во вторыхъ вода обыкновенно предварительно смѣшивается съ коагулянтами (см. § 60), что вызываетъ образованіе хлопьевъ и позволяетъ значительно ускорить процессъ фильтраціи и соотвѣтственно уменьшить фильтрующія поверхности. Быстро работающіе гравитаціонные фильтры имѣютъ особыя приспособленія для ихъ очистки и это даетъ поводъ также относить ихъ къ группѣ фильтровъ *механическихъ*. Къ механическимъ фильтрамъ относятся вообще всякіе фильтры, не входящіе въ группу гравитаціонныхъ песочныхъ съ медленной фильтраціей или такъ называемыхъ *англійскихъ*. Названіе *англійскихъ* эти фильтры носятъ вслѣдствіе того, что первыя большія примѣненія они получили въ Англіи всего лишь около полустолѣтія тому назадъ. На подобномъ же основаніи механическимъ фильтрамъ можетъ быть дано названіе *американскихъ*.

Переходя къ описанію фильтровъ первой системы, единственной имѣющей серіозныя примѣненія въ Европѣ,—фильтровъ, которые мы называемъ *англійскими*, необходимо замѣтить, что самый процессъ

фильтраціи воды въ нихъ представляется при всей кажущейся простотѣ его очень темнымъ и весьма мало изслѣдованнымъ.

Что при фильтрованіи черезъ песокъ вода значительно улучшается, видно изъ таблицъ § 60, а также изъ нижепомѣщаемой таблицы съ результатами анализа воды изъ р. Темзы до и послѣ фильтрованія. Числа въ ней приведенныя обозначаютъ миллиграммы въ литрѣ воды, т. е. представляютъ количества примѣсей въ милліонныхъ доляхъ по вѣсу.

Таблица № 23. — Нѣкоторые результаты фильтрованія воды р. Темзы.

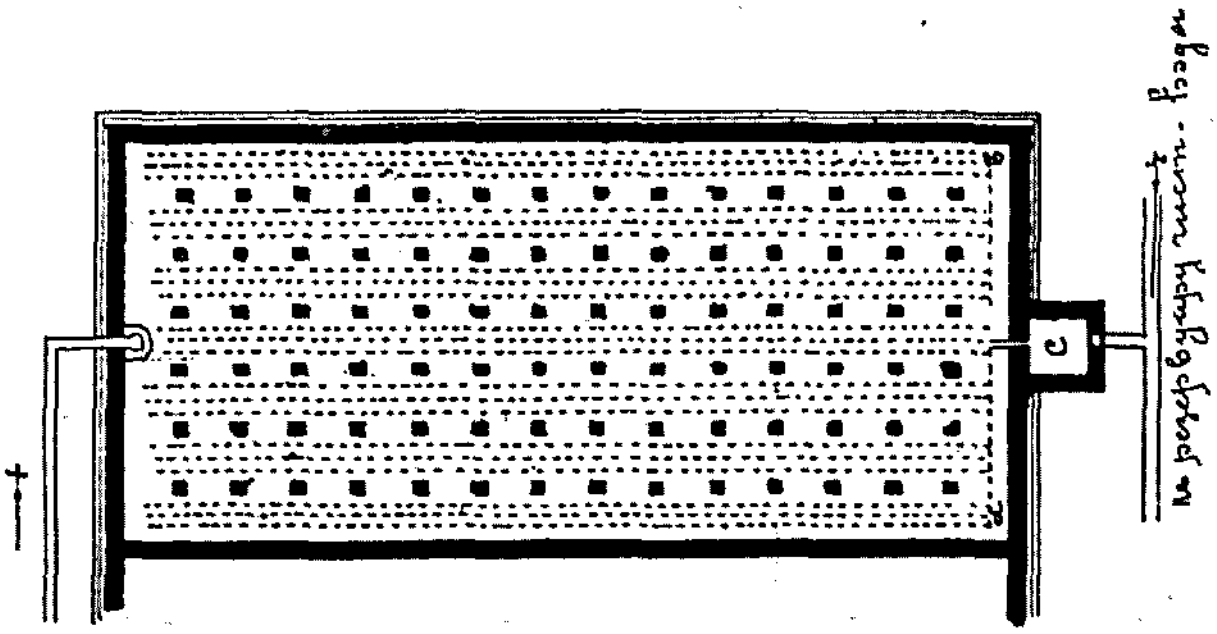
	Количество взвѣшенныхъ (плавающихъ) веществъ.			Количество растворенныхъ веществъ.		
	Минеральныхъ.	Органическихъ.	Сумма.	Минеральныхъ.	Органическихъ.	Сумма.
До фильтрованія	9,39	2,47	11,86	279,5	18,0	297,5
Послѣ фильтрованія	0,42	0,07	0,49	264,4	13,9	278,3
Уменьшеніе въ %	95,6%	97,1%	95,9%	5,4%	22,8%	6,4%

Изъ этой послѣдней таблицы видно, что уменьшеніе количества примѣсей плавающихъ, какъ минеральныхъ такъ и органическихъ, весьма значительно, и можно сказать, что взвѣшенныя вещества почти всѣ (96%) остаются на фильтрѣ. Уменьшеніе растворенныхъ примѣсей значительно меньше, причемъ изъ этихъ примѣсей больше всего задерживается органическихъ (23%), наиболѣе вредныхъ. Песчаные фильтры также задерживаютъ бактеріи. Чѣмъ медленнѣе совершается фильтрація, тѣмъ больше задерживается бактерій. Наприм., въ водѣ рѣки Шпре, которою снабжается Берлинъ, бактерій въ 1 куб. сантиметрѣ: до фильтраціи—3609, а послѣ фильтраціи—63, т. е. меньше въ 57 разъ. Въ водѣ рѣкъ Темзы и Ли, которою пользуется Лондонъ, бактерій въ 1 куб. сантиметрѣ: въ первой — до фильтраціи 20.255, а послѣ фильтраціи — отъ 146 до 630 (уменьшеніе отъ 32 до 138 разъ), а во второй — до фильтраціи 19.780, а послѣ—отъ 102 до 253 (уменьшеніе отъ 78 до 194 разъ). Главная опасность употребленія нефильтрованной воды заключается въ возможности распространенія нѣкоторыхъ болѣзней, какъ напримѣръ брюшнаго тифа, холеры. Назначеніе фильтровъ — уменьшить

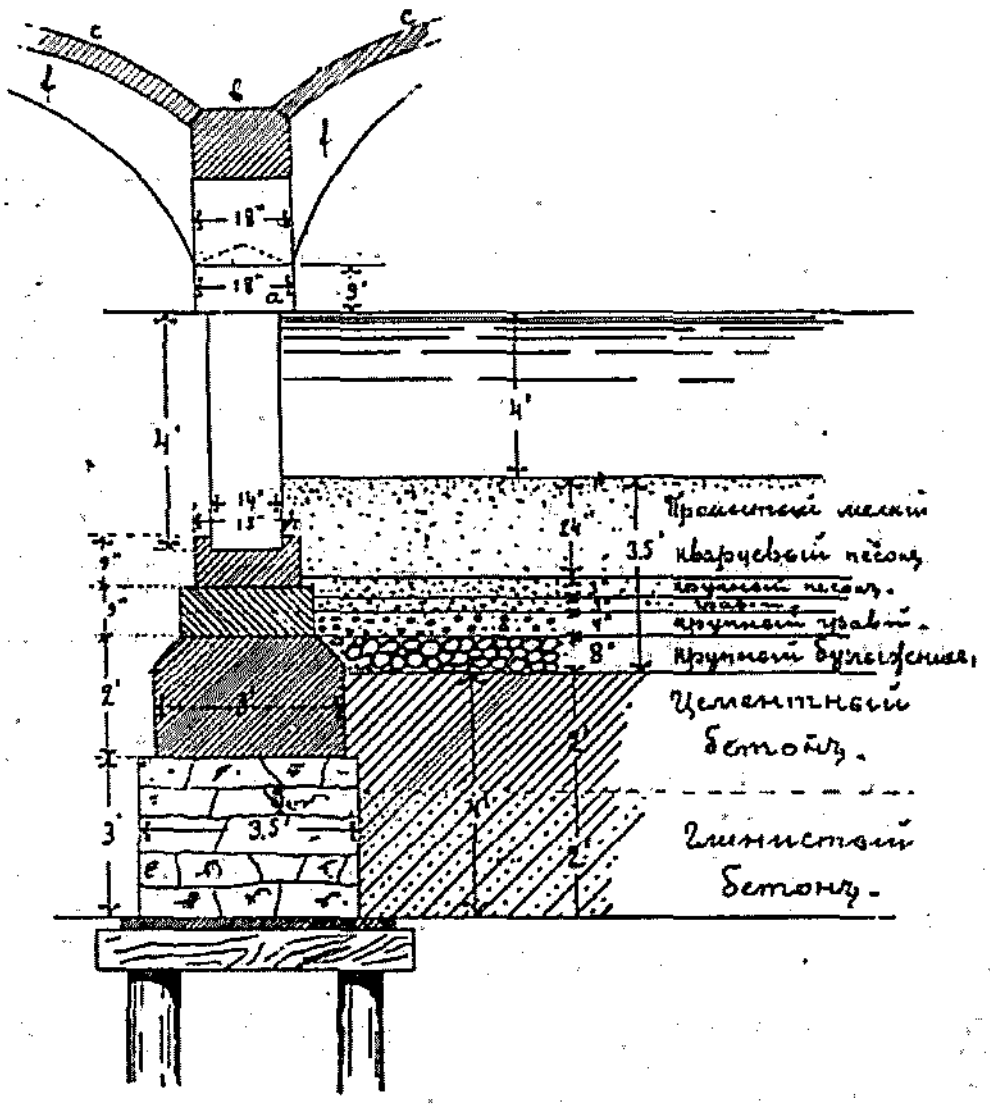
Фильтрованіе воды.

Англійскіе песочные фильтры.

Водоснабженіе гор. С.-Петербурга.



Черт. 413. — Планъ одного изъ отдѣленій фильтровъ.

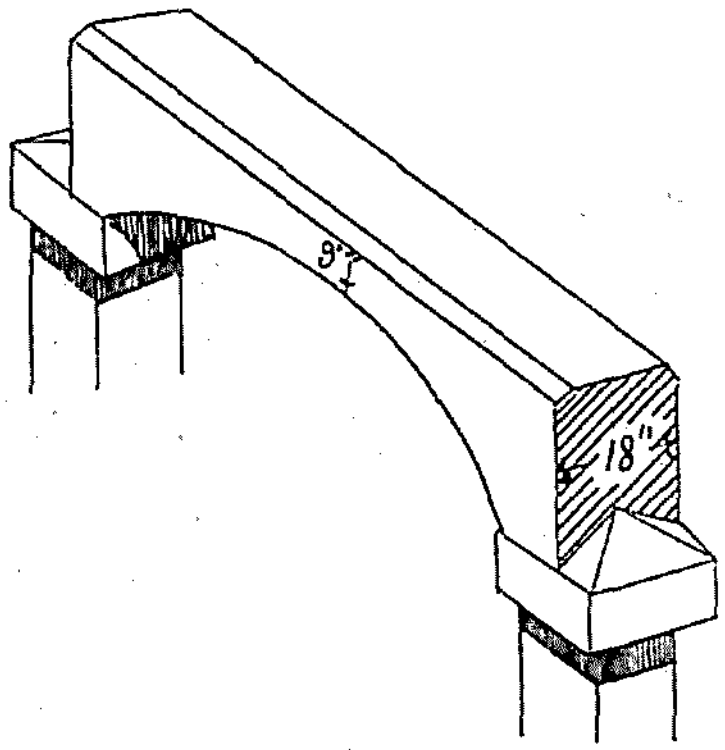


Черт. 414. — Разрѣзъ фильтра у поддерживающаго сводъ столба.

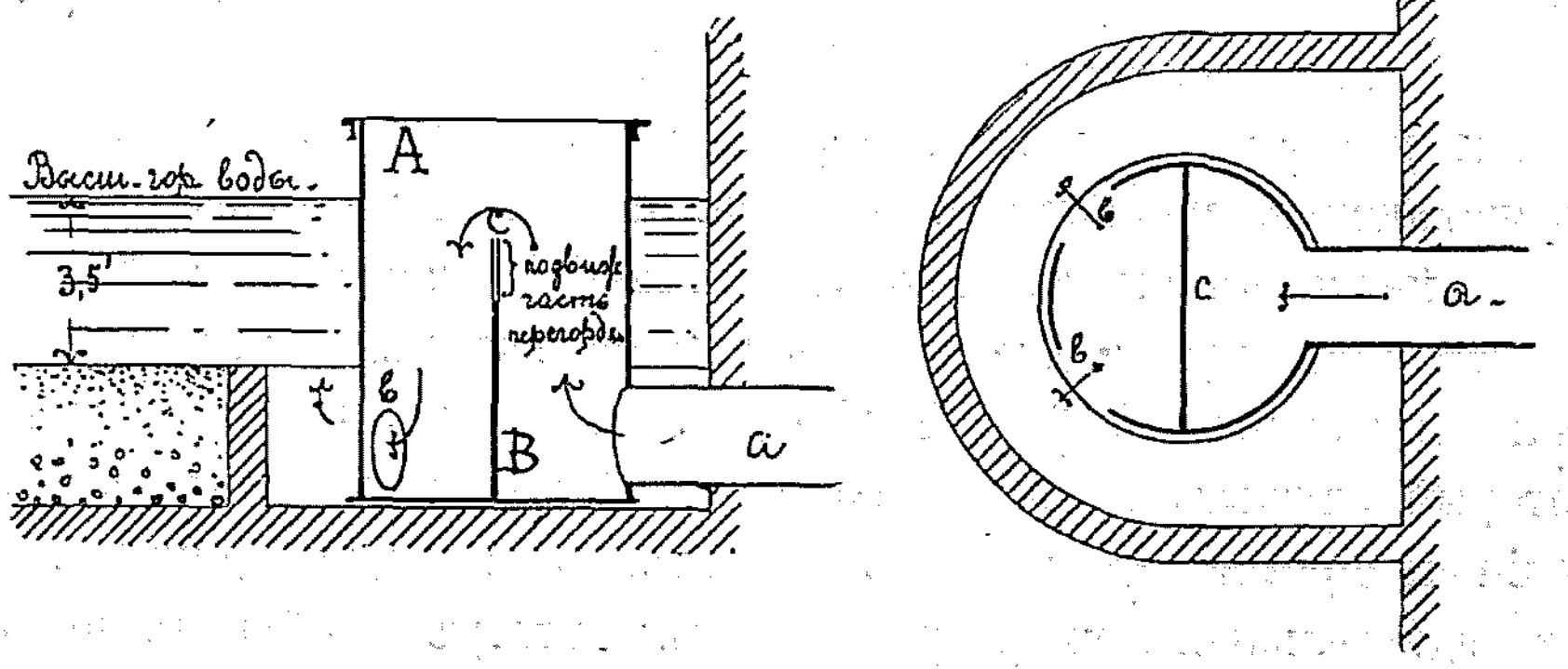
(Чижовъ — Водопроводы, Лит. к. 1898 т.).

Англійскіе песочные фильтры.

Водоснабженіе гор. С.-Петербурга.



Черт. 415. — Деталь бетонной балки, опирающейся на гранитные столбы и поддерживающей бетонныя сводчатыя покрытія.



Черт. 416 и 417. — **Разрѣзъ и планъ пріемной камеры для воды, поступающей на фильтръ.**

a—приводная труба, примыкающая къ желѣзному цилиндру *A*; *b*—выходное отверстіе изъ второй половины цилиндра, отдѣленной отъ первой перегородкой *B*; *c* — подвижная часть перегородки, опуская или поднимая которую можно регулировать количество притекающей на фильтръ воды.

(Чижовъ — Водопроводы Лит. к. 1898 г.).

(иные требуютъ—уничтожить) эту возможность до minimum'а. Мнѣнія гигіенистовъ различны: одни признаютъ санитарное значеніе фильтровъ, другіе его отрицаютъ, ибо фильтры дѣйствительно почти никогда не могутъ удержать *всѣхъ* микроорганизмовъ. Едва ли въ этомъ послѣднемъ мнѣніи не кроется нѣсколько излишнее увлеченіе. Во всякомъ случаѣ, чѣмъ строже относятся къ результатамъ фильтрованія — тѣмъ болѣе инженеры совершенствуютъ фильтры, тѣмъ болѣе профильтрованная черезъ песочные фильтры вода отвѣчаетъ санитарнымъ требованіямъ.

Въ песчаномъ слоѣ фильтра промежутки между отдѣльными песчинками образуютъ извилистые очень узкіе каналы; взвѣшенныя вещества при проходѣ воды задерживаются въ этихъ каналахъ; получаются новые еще болѣе узкіе каналы, которые производятъ болѣе совершенную фильтрацію и т. д. Но какъ бы ни были узки эти каналы, они сами по себѣ не могутъ задержать бактерій и глинистыя частицы (послѣднія мельче первыхъ). Въ дѣйствительности фильтръ при малой скорости фильтраціи задерживаетъ и бактерій, и глинистыя частицы; это объясняютъ тѣмъ, что на поверхности фильтра образуется осадокъ въ видѣ слизистой и волокнистой пленки, покрывающій весь песокъ и проникающій въ промежутки между отдѣльными песчинками поверхностнаго слоя. Эта пленка состоитъ главнымъ образомъ изъ развившихся на фильтровомъ осадкѣ микроорганизмовъ (водорослей) и значительно усиливаетъ задерживающую способность фильтра, такъ какъ не пропускаетъ даже весьма мелкихъ частицъ, проходящихъ свободно черезъ свѣжій фильтръ, на которомъ пленка еще не успѣла образоваться. По мнѣнію берлинскаго инженера *Пифке* (Piefke) именно этой пленкѣ, а не песку, который служитъ только мелкопористой подкладкой для ея образованія и представляетъ, такъ сказать, опору для прикрѣпленія и жизнедѣятельности микроорганизмовъ, фильтръ и обязанъ не только тѣмъ, что задерживаетъ большую часть бактерій, но и тѣмъ, что измѣняетъ воду химически, т. е. уменьшаетъ содержаніе растворенныхъ органическихъ веществъ, какъ это видно изъ вышеприведенной таблицы. На этомъ основаніи Пифке считаетъ фильтрацію черезъ песчаный слой процессомъ не механическимъ и не химическимъ, а біологическимъ.

По мѣрѣ дѣйствія фильтра пленка настолько утолщается, и во-

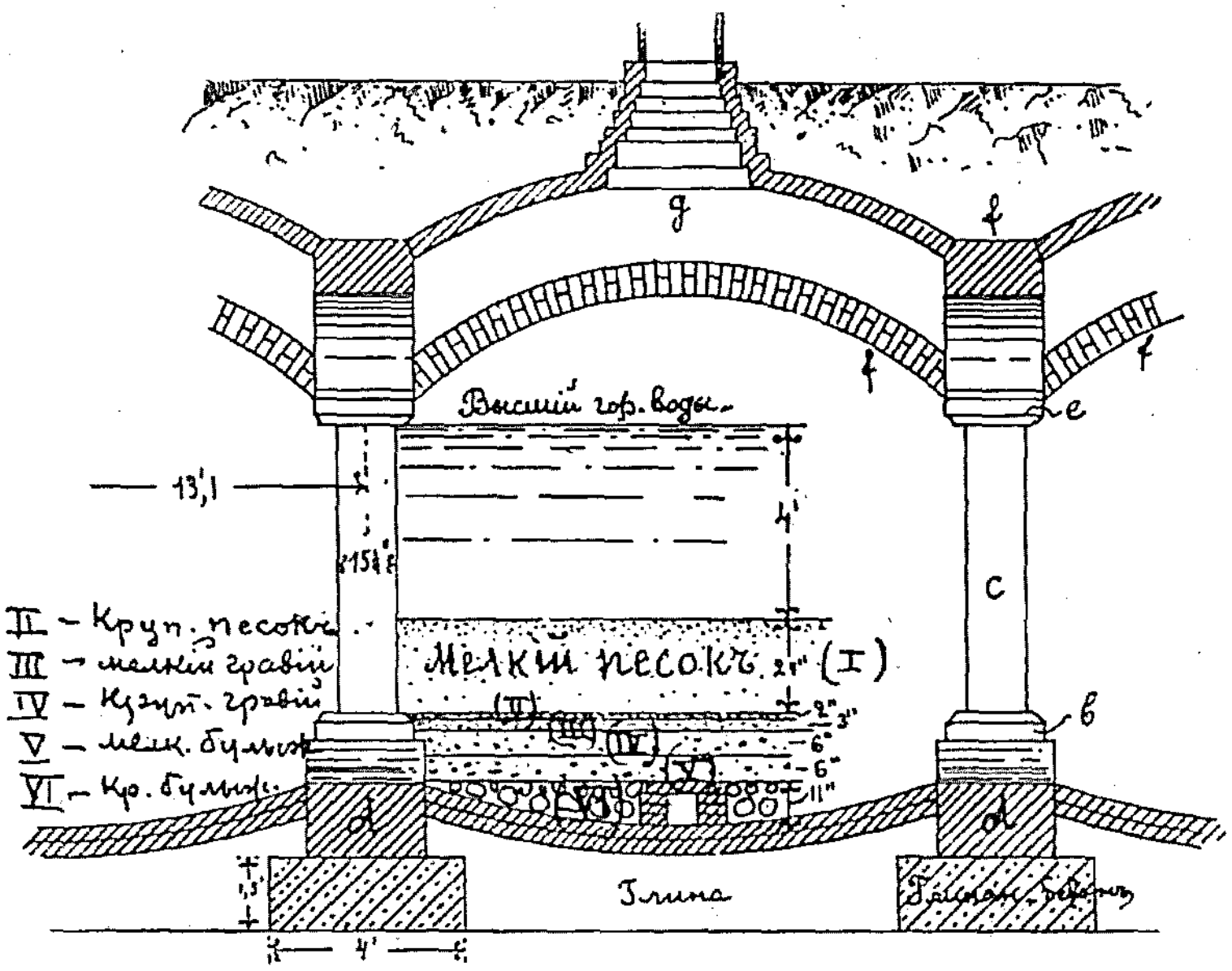
обще верхній слой песка настолько загрязняется, что фильтрованіе дѣлается все болѣе затруднительнымъ, почему фильтръ необходимо подвергнуть очисткѣ. Она заключается въ томъ, что послѣ спуска воды съ фильтра осторожно снимается верхній слой песка толщиною $^3/_8$ до $^1/_2$ дюйма. Напусканіе нефильтрованной воды прямо на фильтръ даетъ неблагопріятные результаты, почему послѣ очистки наполняютъ фильтръ уже ранѣе профильтрованной водой, пуская ее не на поверхность фильтра, а подъ фильтръ, и заставляя ее проходить черезъ песчаный слой снизу вверхъ; при этомъ воздухъ, наполняющій промежутки между песчинками, свободно удаляется; когда эта вода станетъ надъ пескомъ слоемъ отъ 8 до 10 дюймовъ, то только тогда пускаютъ на фильтръ нефильтрованную воду. Какъ показалъ опытъ, вода, профильтрованная черезъ только что очищенный фильтръ получается недостаточно чистой, и только черезъ нѣкоторое время вслѣдствіе образованія пленки, качества ея улучшаются; обыкновенно первую воду, прошедшую черезъ очищенный фильтръ, спускаютъ въ сторону, какъ неудовлетворительную. Очистка песка производится черезъ промежутки въ 1—3 недѣли и даже рѣже, въ зависимости отъ степени мутности воды. Надобность въ очисткѣ опредѣляется величиной напора, который необходимъ для полученія установленной скорости фильтраціи. По мѣрѣ засоренія фильтра напоръ этотъ возрастаетъ. Считается нежелательнымъ переходить предѣлъ напора въ 24 — 30 дюймовъ, такъ какъ при большомъ напорѣ возможны прорывы пленки и прохожденіе въ фильтратъ грязной воды. При усовершенствованныхъ регулирующихъ скорость фильтраціи приборахъ (см. § 64) опасность эта уменьшается и теперь нѣкоторые спеціалисты допускаютъ возможность идти дальше напора въ 30 дюймовъ, руководствуясь въ каждомъ случаѣ опытными данными. Съ каждой очисткой толщина слоя мелкаго песка уменьшается; обыкновенно, когда она достигаетъ одного фута, добавляютъ свѣжаго чистопромытаго песка, такъ чтобы толщина фильтрующаго слоя вновь составляла 2 фута.

Успѣхъ фильтраціи выражается количествомъ воды (въ куб. футахъ), которое профильтровывается въ теченіе сутокъ площадью фильтра въ 1 кв. фут.; очевидно, это число будетъ также представлять скорость фильтраціи въ сутки въ футахъ. Это количество зависитъ отъ мутности воды и составляетъ для обыкновенныхъ случаевъ

Фильтрованіе воды.

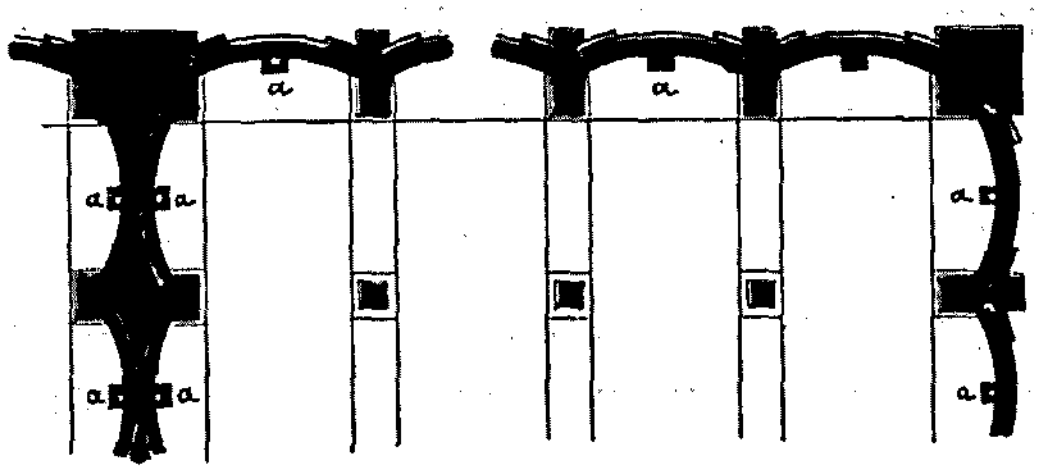
Англійскіе песочные фильтры.

Водоснабженіе города Варшавы.



Черт. 418. — Разрѣзъ фильтра.

Размѣры слоевъ: I—мелкій песокъ—24 дюйма; II—крупный песокъ—2 дюйма; III—мелкій гравій—3 дюйма; IV—крупный гравій—6 дюймовъ; V—голышъ—6 дюймовъ; круглыхъ булыжныхъ 9-ти дюймовыхъ камней—11 дюймовъ; всего: песка—2 фута, гравія, голыша и камней—$2^1/_3$ фута.

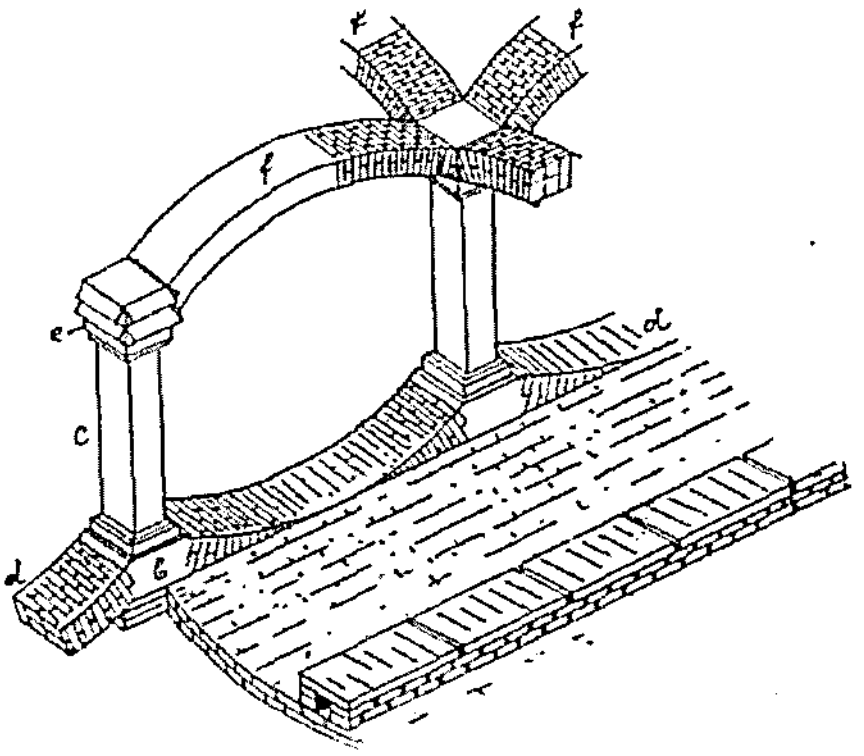


Черт. 419. — Планъ части одного отдѣленія.

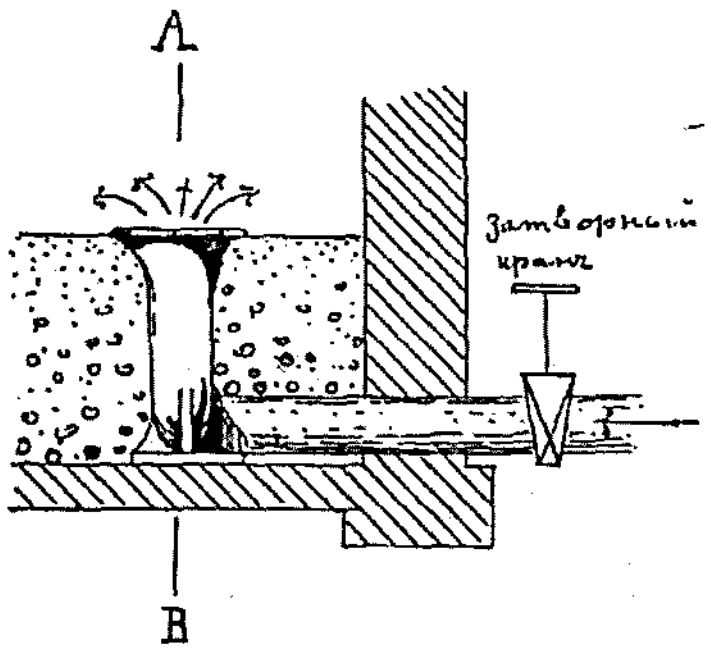
(Чижовъ — Водопроводы. Лит. к. 1898 г.).

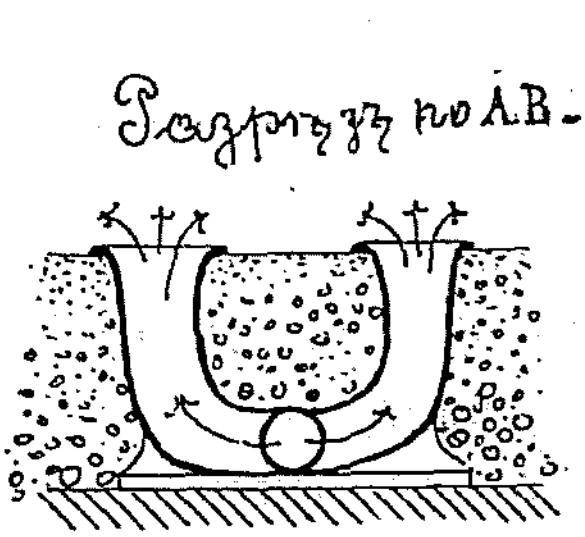
Англійскіе песочные фильтры.

Водоснабженіе гор. Варшавы.



Черт. 420. — Изометрическій видъ части фильтра съ показаніемъ устройства арокъ, поддерживающихъ сводчатыя покрытія, и нижнихъ—обратныхъ, а также водосборнаго канала (фильтрующій слой снятъ).





Черт. 421 и 422.—Устройство приспособленія для привода воды на фильтръ.

(Чижовъ — Водопроводы. Лит. к. 1898 г.).

отъ 6 до 12 куб. фут. (въ прежнее время принималось значительно больше), что даетъ скорость фильтраціи въ сутки отъ 6 до 12 фут., или въ часъ — отъ 3 до 6 дюйм. Вообще для обезпеченія успѣха фильтраціи лучше при расчетахъ фильтровъ принимать скорость нѣсколько меньше дѣйствительной, не превосходя *четырехъ* дюймовъ въ часъ. Когда вода очень мутна, то выгоднѣе, какъ это было указано въ § 61, подвергнуть ее сперва отстаиванію, вслѣдствіе чего она освобождается отъ болѣе крупныхъ взвѣшенныхъ веществъ, а затѣмъ уже фильтрованію.

При современномъ положеніи дѣла хорошо устроенные и содержимые фильтры должны удерживать не только всѣ механическія примѣси, но и часть растворенныхъ веществъ, особенно органическихъ, а равно и большую часть (до 97—99%) микроорганизмовъ. Допускаемый, по германскимъ нормамъ, maximum содержанія микробовъ = 100 зародышей въ 1 куб. сантиметрѣ фильтрованной воды. Самымъ лучшимъ и достаточно вѣрнымъ масштабомъ правильности дѣйствія фильтровъ — служатъ бактеріоскопическія изслѣдованія воды, которыя въ правильно эксплоатируемыхъ фильтрахъ должны дѣлаться не рѣже раза въ недѣлю, самое же правильное—ежедневно (такъ напримѣръ дѣлается въ Варшавѣ и въ Петербургѣ). Разъ количество микроорганизмовъ въ фильтратѣ одного изъ отдѣленій фильтра сразу значительно повысилось сравнительно съ фильтратомъ другихъ, значитъ по всей вѣроятности появились неправильности въ работѣ даннаго отдѣленія. Часто оказывается неисправность отъ увеличенія скорости фильтраціи. Значительное увеличеніе числа микроорганизмовъ можетъ происходить также при появленіи въ стѣнахъ фильтра трещины, по которой нефильтрованная вода, стоящая надъ пескомъ, проходитъ внизъ, подъ фильтрующій слой и попадаетъ въ чистую воду. Въ виду этого обстоятельства надо всегда обращать самое серьезное вниманіе на прочность и монолитность постройки фильтровъ. Вмѣстѣ съ бактеріоскопическими изслѣдованіями, какъ сырой, такъ и фильтрованной воды, производятъ и механическій (количество мути) и химическій ея анализъ. Послѣдній можно дѣлать значительно рѣже, чѣмъ, первый, который, повторяемъ, необходимъ для сужденія о работѣ фильтра.

Хотя бактеріологическій контроль и не рѣшаетъ еще въ настоящее время вопроса о полной гигіеничности воды, но онъ слу-

житъ мѣркой попеченія, которымъ окружаетъ управленіе водопроводовъ потребителей воды.

§ 64. Устройство обыкновенныхъ (англійскихъ) песочныхъ фильтровъ.

Употребляемые для городскихъ водопроводовъ песочные фильтры состоятъ изъ двухъ главныхъ элементовъ:

изъ слоя чистаго мелкаго кварцеваго песка и

изъ нѣсколькихъ слоевъ болѣе крупныхъ матеріаловъ (крупнаго песка, мелкаго гравія, крупнаго гравія, щебня и иногда мелкаго булыжника), составляющихъ поддержку перваго слоя; крупность ихъ постепенно книзу возрастаетъ, образуя такимъ образомъ послѣдовательный переходъ отъ мелкаго песка къ круппому гравію или мелкому булыжнику. Сдѣлать фильтры только изъ мелкаго песка было бы затруднительно, такъ какъ песокъ увлекался бы водой въ водосборныя трубы или каналы. Поэтому необходимъ постепенный переходъ отъ мелкаго песка къ крупному матеріалу, облегающему водосборы. На черт. 408 показана толщина обѣихъ главныхъ частей песочныхъ фильтровъ, устроенныхъ въ Лондонѣ, а на черт. 414 и 418 — тоже для фильтровъ въ С.-Петербургѣ и Варшавѣ. При выборѣ песка для фильтра необходимо всесторонее его изслѣдованіе и испытаніе его фильтрующихъ свойствъ (см. подробности Al. Hazen, стр. 20).

Классификація англійскихъ песочныхъ фильтровъ можетъ быть сдѣлана по различнымъ признакамъ. Собственно фильтръ въ разныхъ случаяхъ остается, однако, тотъ же. Одно дѣленіе обыкновенныхъ песочныхъ фильтровъ было уже указано. Они раздѣляются на: открытые и закрытые. Затѣмъ по отношенію къ способу напусканія на фильтръ воды ихъ можно раздѣлить на двѣ группы: 1) фильтры, въ коихъ вода прямо проводится на фильтръ, и 2) фильтры, для коихъ она сперва отстаивается.

Прежде дѣлались исключительно открытые фильтры (какъ напр. въ *Лондонѣ*, *Бременѣ*, *Стокгольмѣ* и др.) представлявшіе собою пруды, дно и стѣнки которыхъ дѣлались изъ бетона, изъ кирпича, мятой глины и т. д. (см. черт. 409—412). Теперь подобное устройство во многихъ случаяхъ оставлено, потому что солнце, нагрѣвая воду

лѣтомъ, усиливаетъ растительную жизнь портящую воду; кромѣ того пыль садится на воду. У насъ покрываютъ фильтры, преимущественно чтобы предупредить замерзаніе верхняго слоя воды.

Вообще можно сказать, что при устройствѣ фильтровъ въ мѣстностяхъ грязныхъ, пыльныхъ, жилыхъ — ихъ безусловно надо закрывать. Если же для фильтровъ можно избрать мѣстность съ чистымъ воздухомъ, покрытую растительностью, вдали отъ населенія, если притомъ температура инсоляціи (нагрѣванія лучами солнца) въ этой мѣстности не велика, а зимніе холода не чрезмѣрны (по мнѣнію извѣстнаго американскаго спеціалиста Газена — если температура Января не ниже 0°), то открытый фильтръ слѣдуетъ предпочесть закрытому. Они не только дешевле, но вода изъ нихъ будетъ лучше и свободнѣе отъ микроорганизмовъ.

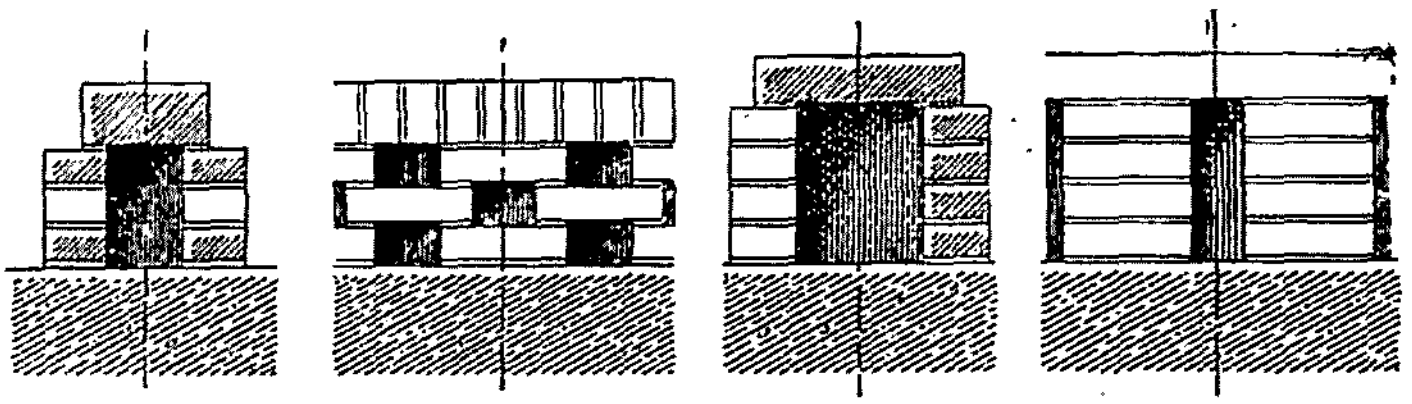
Устройство фильтрующаго слоя одинаково, какъ въ закрытыхъ, такъ и въ открытыхъ фильтрахъ.

Устройство стѣнъ и дна открытыхъ фильтровъ въ достаточной мѣрѣ ясно изъ чертежей 409—412. Что же касается ихъ расположенія по отношенію къ двумъ водопроводнымъ сооруженіямъ, составъ самаго фильтрующаго слоя, собирающихъ фильтратъ, приспособленій и пр., то къ открытымъ фильтрамъ можно примѣнить указанія, которыя будутъ даны далѣе по отношенію къ устройству фильтровъ закрытыхъ.

Одинъ изъ простѣйшихъ примѣровъ закрытыхъ фильтровъ показанъ на черт. 399—400. Здѣсь фильтръ расположенъ на берегу рѣки, откуда вода берется трубою *ab* самотекомъ изъ наиболѣе чистыхъ слоевъ, ближе къ срединѣ рѣки. (Случай города С.-Петербурга). Къ трубѣ *ab* примыкаетъ труба *cd* съ отростками въ отдѣленія фильтра (одинаковыя и независимыя другъ отъ друга); съ противоположной стороны фильтра идетъ труба *ef*, принимающая своими отростками чистую воду и отводящая ее въ резервуаръ чистой воды *B* изъ двухъ или нѣсколькихъ отдѣленій (бываетъ и одно). Изъ него труба *gh* ведетъ въ машинное зданіе *C*, состоящее изъ трехъ отдѣленій: 1) *котельнаго*, 2) *паровыхъ машинъ съ насосами* и 3) подраздѣляющагося опять на три: *мастерскую*, *складъ матеріаловъ* и *камеру машиниста*. Расположеніе всѣхъ частей фильтра видно на планѣ (черт. 400). Относительный же уровень воды видѣнъ

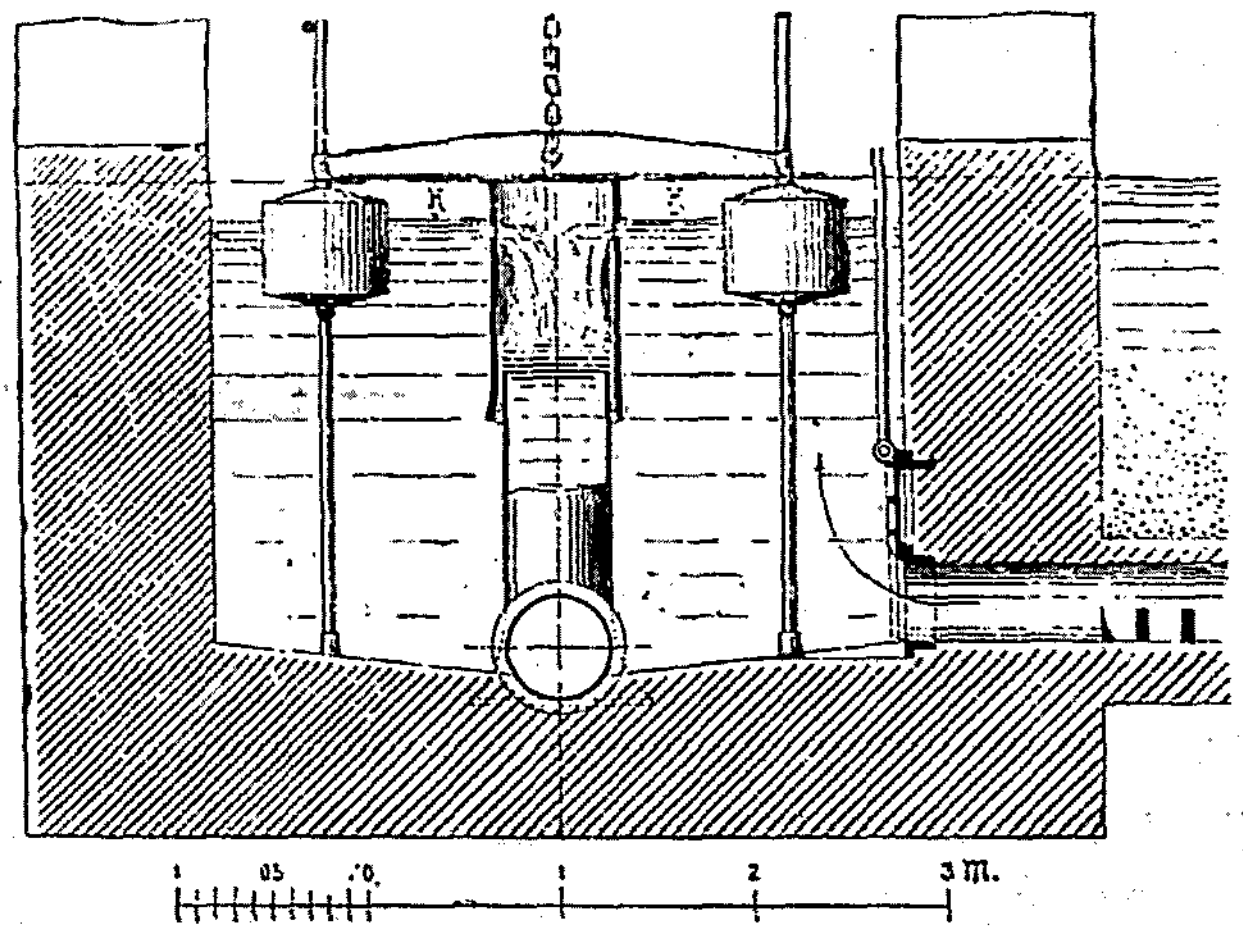
Фильтрованіе воды.

Англійскіе песочные фильтры.



Черт. 423—426.

Поперечные и продольные разрѣзы водосборныхъ каналовъ изъ кирпичей.



Черт. 427.

Автоматическій регуляторъ количества воды, вытекающей изъ фильтра.

въ разрѣзѣ на черт. 399, гдѣ h и h' представляютъ собою величины потерь напора въ приводной трубѣ и въ фильтрѣ.

Гидравлическое сопротивленіе въ послѣднемъ двоякаго рода (происхожденія)—отъ движенія по водосборнымъ трубамъ или каналамъ и отъ движенія черезъ волосные ходы фильтрующихъ слоевъ; (пельзя забывать при этомъ, что законы движенія воды по трубамъ обыкновеннаго діаметра и по волоснымъ совершенно различны).

Бываютъ случаи, когда нельзя воду рѣки доставлять въ фильтръ самотекомъ (напримѣръ, если нѣтъ мѣста для фильтра на берегу рѣки). Тогда приходится помѣстить все сооруженіе выше и пакачивать въ него воду, какъ это видно на чертежѣ 401, гдѣ показано два машинныхъ зданія: первое C у рѣки, второе C' на возвышенности. Бываютъ случаи, когда зданіе C' можетъ совсѣмъ не попадобиться, и вода пойдетъ и въ городъ самотекомъ. Отъ C до A можетъ быть нѣсколько верстъ разстоянія. Это расположеніе удобно тѣмъ, что для фильтра выбирается наиболѣе годное по качествамъ грунта мѣсто. (См. также § 49).

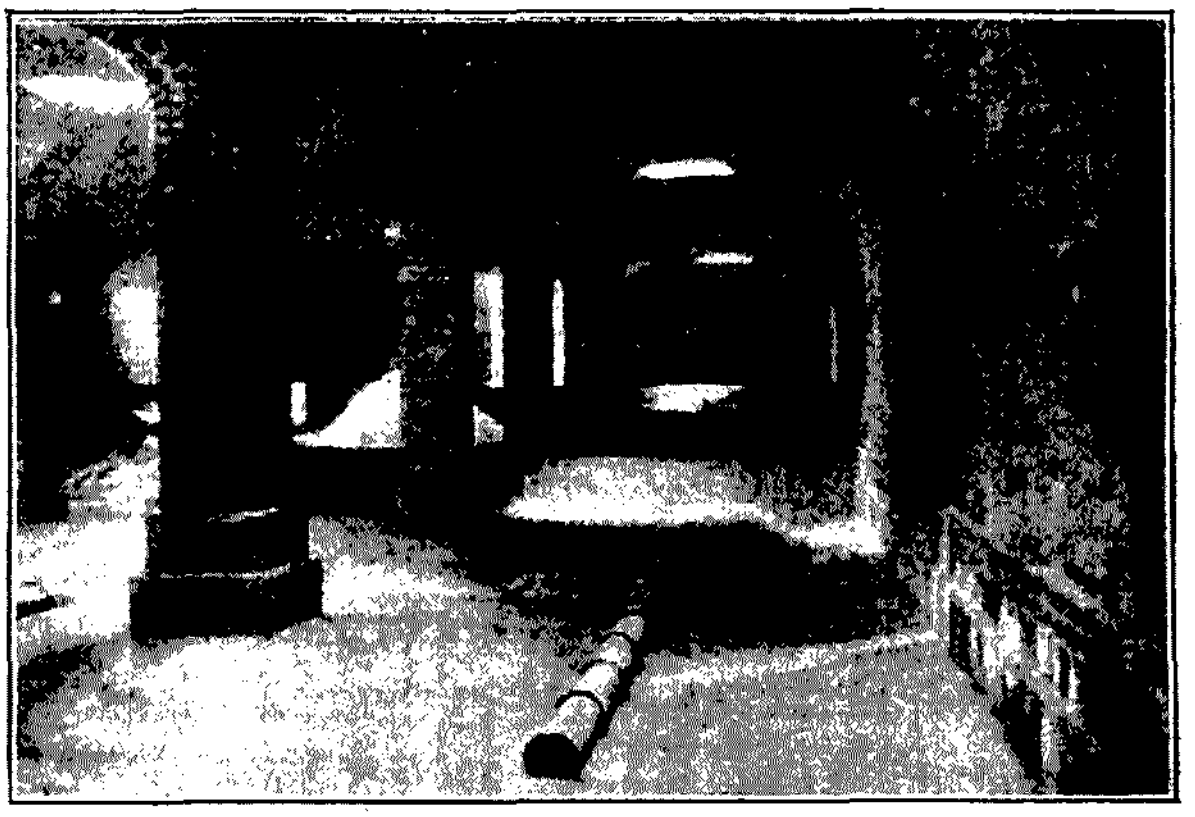
При выборѣ мѣста надо имѣть въ виду и ростъ города и располагать фильтръ такимъ образомъ, чтобы можно было его расширять.

Если въ резервуарѣ чистой воды (В черт. 400) имѣется только одно отдѣленіе, то при описанномъ выше расположеніи необходимо прибавить еще одну трубу mn, чтобы можно было миновать резервуаръ чистой воды во время его чистки (черт. 400). Для возможности пользоваться при пожарахъ нефильтрованною рѣчною водой имѣется обыкновенно труба rs (черт. 400). Кромѣ того проведены еще трубы для опорожненія какъ резервуара чистой воды, такъ и фильтра; при чисткѣ фильтра для снятія верхняго слоя песка нужно сперва удалить воду. Тоже дѣлается для ремонта. Это достигается «холостою» трубой tuw съ колодцемъ w, по которой вода или выкачивается машиной, или удаляется самотекомъ въ нижележащія лощины.

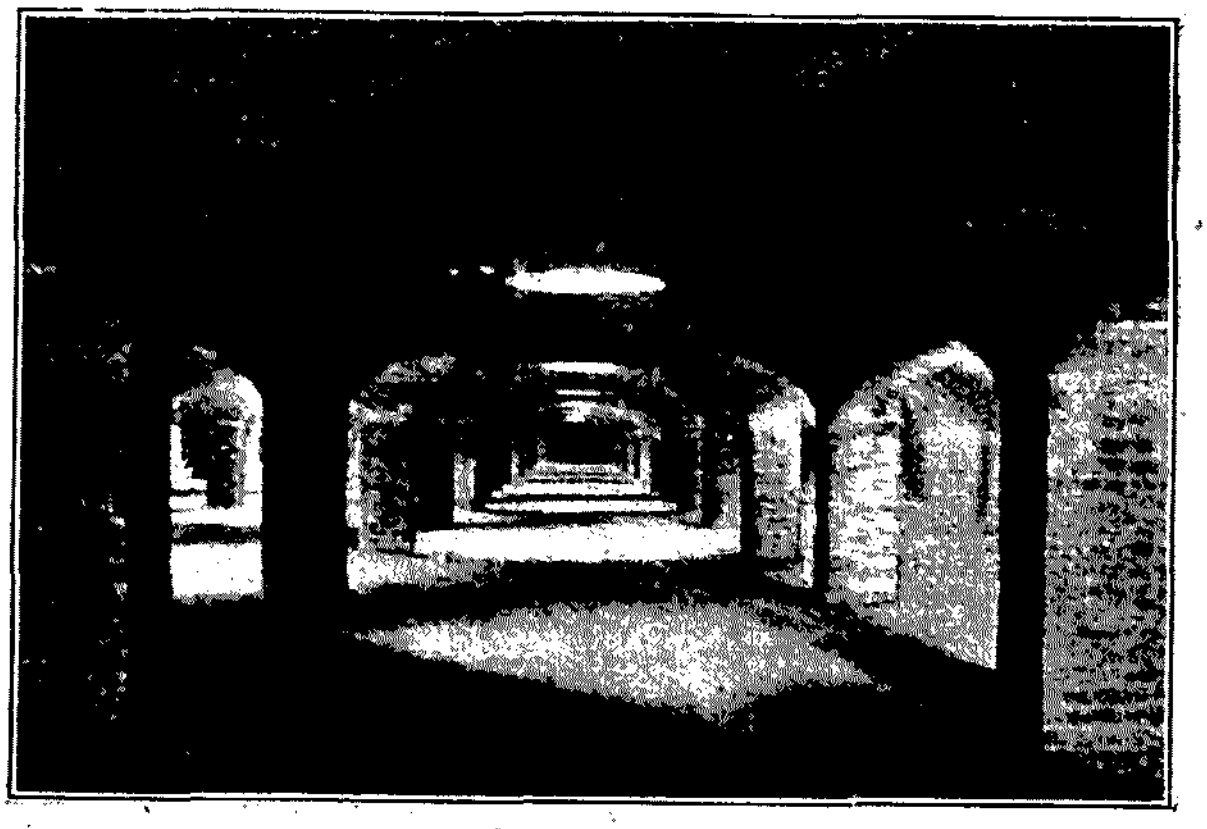
При устройствѣ фильтра второго рода—съ отстаиваніемъ—передъ фильтромъ помѣщается рядъ бассейновъ, куда по трубѣ (черт. 402) поступаетъ вода. Отсюда соединительная труба ab ведетъ ее въ фильтръ помощью трубы cd; далѣе путь, проходимый водою, совершенно аналогиченъ съ предыдущимъ (черт. 399—400. Точно также, если мѣсто не позволяетъ расположить всю систему на берегу, то помѣщаютъ тамъ одно машинное зданіе, которымъ вода перекачи-

Англійскіе песочные фильтры.

Водоснабженіе города Albany.



Черт. 428.—Внутренній видъ фильтра при незаконченной засыпкѣ фильтрующаго матеріала: дренажная труба, гравій, слои песка.



Черт. 429 — Внутренній видъ фильтра, готоваго къ употребленію.

(Al. Hazen. On Albany Filtration Plant. Am Soc. Civ. Eng. Nov. 1899. Proceedings Vol. XXV. № 9).

вается въ отстойные бассейны. Отстой происходитъво время медленнаго движенія воды по отдѣленіямъ зданія *D* (черт. 403) отъ одной стѣнки къ другой. Разрѣзъ сооруженій такого фильтра показанъ на (черт. 402). Поверхность воды въ отстойномъ бассейнѣ ниже, чѣмъ въ рѣкѣ и выше, чѣмъ въ *A*. Разность горизонтовъ въ рѣкѣ и резервуарѣ чистой воды колеблется отъ $2^1/_2$ до $2^3/_4$ и болѣе футъ. Глубина бываетъ въ резервуарѣ чистой воды около 2-хъ саженей, откуда и большая глубина заложенія основанія *MN*, глубокая выемка для котлована и часто затрудненія въ работѣ со стороны грунтовыхъ водъ.

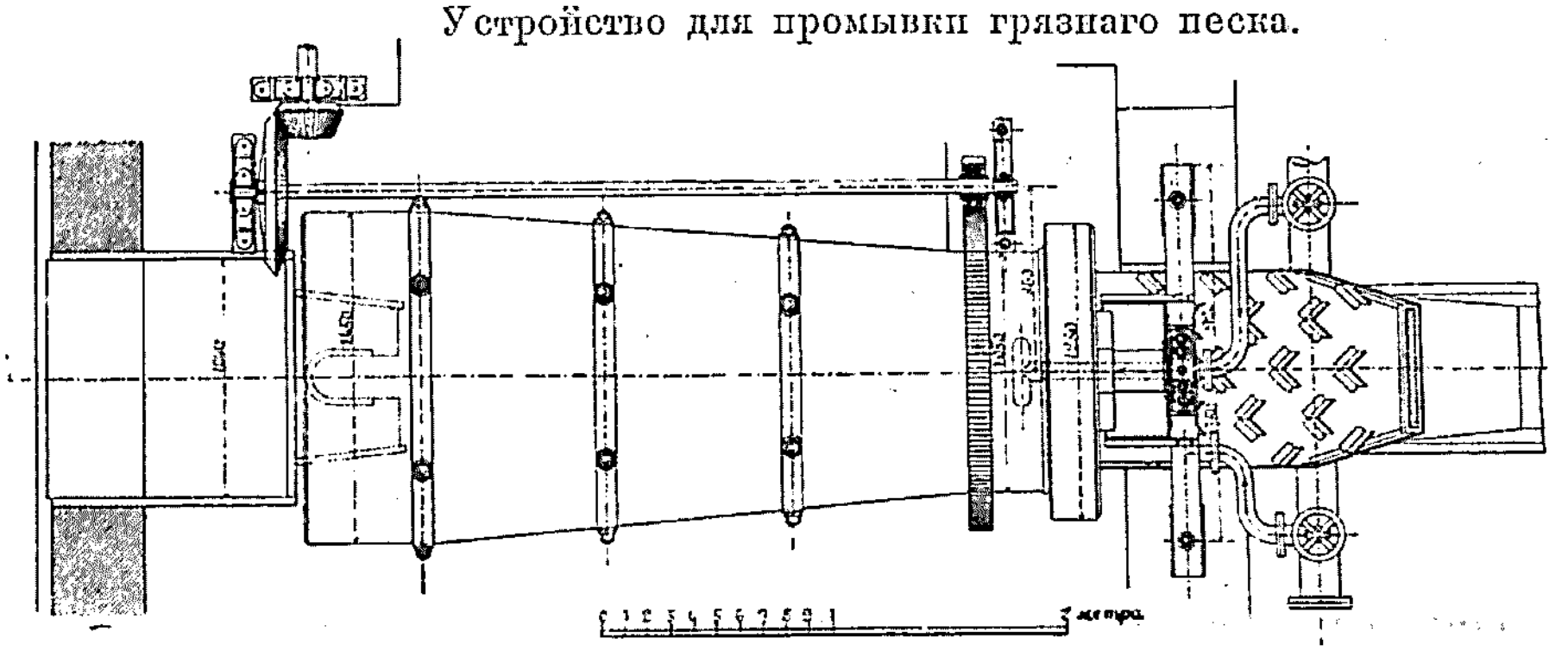
Для проектированія фильтра въ обоихъ случаяхъ надо задаться количествомъ воды, профильтровываемымъ 1 кв. футомъ песчаной поверхности въ сутки. Какъ объ этомъ упоминалось выше, 1 кв. футъ фильтра даетъ въ сутки отъ *6 до 12 куб. ф.* воды. Скорость протеканія въ часъ $= 3'' - 6''$. Прежде при фильтрованіи брали высшій предѣлъ, но теперь при проектированіи придерживаются цифры 8 куб. футъ. Если Q есть суточный расходъ, то, назвавъ полезную площадь фильтра черезъ Ω, получимъ: $\Omega = \frac{Q}{8}$ кв. футъ. Эту площадь разбиваютъ на n частей соотвѣтствующихъ числу намѣченныхъ отдѣленій и площадь каждаго изъ нихъ будетъ: $\omega = \frac{\Omega}{n}$. Площадь одного отдѣленія должна, однако, имѣть нѣкоторые абсолютные размѣры, установленные практикой, какъ наиболѣе выгодные; эти размѣры напримѣръ по указаніямъ Газена составляютъ: для закрытыхъ фильтровъ — 2100 — 2400 кв. метровъ, для открытыхъ — 3300 — 4250 кв. метровъ общей площади. Такъ какъ фильтры надо чистить время отъ времени, то дѣлаютъ кромѣ n еще одно или рѣже два запасныхъ отдѣленія. Очевидно, что запасъ полезной площади тѣмъ меньше, чѣмъ больше n, такъ что выгодно было бы разбивать на возможно большее число частей, но тогда удорожается устройство.

Поэтому берутъ n среднее: { для малыхъ городовъ 3 или 4 / для большихъ » 6 » 7 } n.

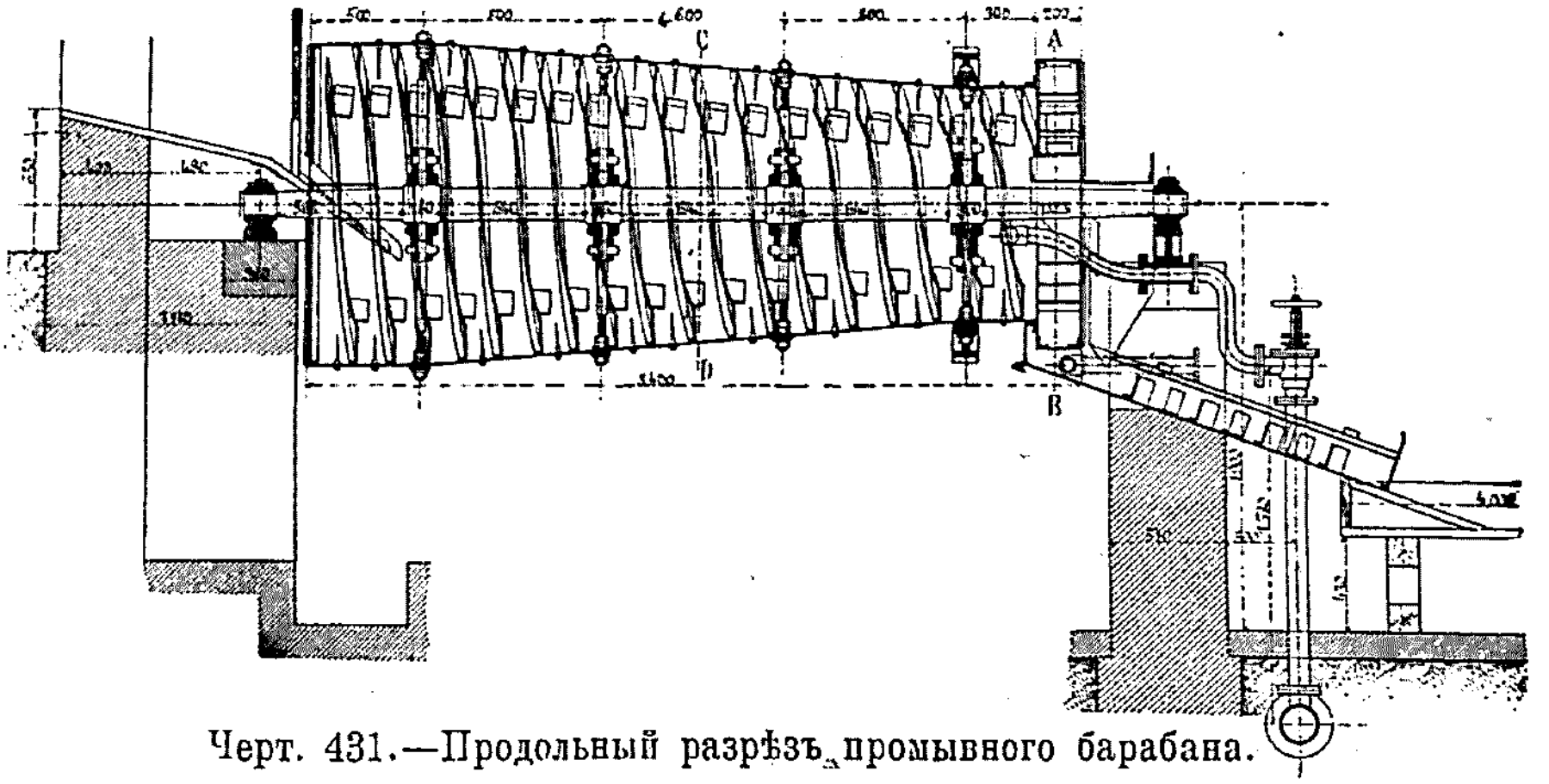
Въ Варшавѣ взято сначала *пять* отдѣленій; но число ихъ увеличивается до 11. Съ запаснымъ же — ихъ будетъ 12. Въ Петербургѣ прежде $n = 10$; запасное (n + первое) — одно. Теперь къ нимъ прибавлено (въ 1896 году) еще семь.

Фильтры города Берлина на Тегельскомъ озерѣ.

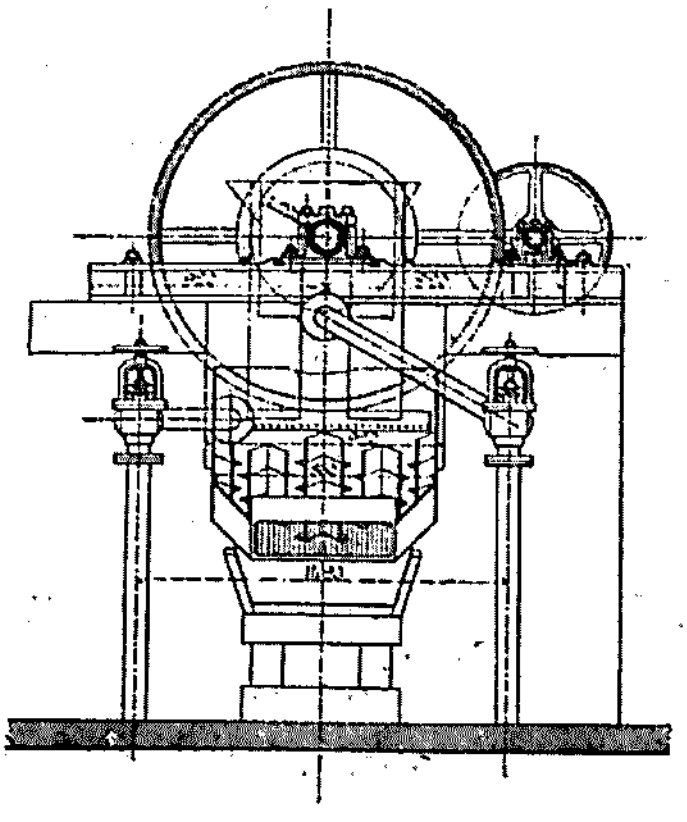
Устройство для промывки грязнаго песка.



Черт. 430.—Планъ промывного барабана.



Черт. 431.—Продольный разрѣзъ промывного барабана.



Черт. 432.—Видъ промывного барабана спереди.

Грязный песокъ поступаетъ въ широкій конецъ барабана и при вращеніи его медленно подвигается винтовой внутренней желобчатой поверхностью барабана къ другому концу. По пути песокъ обмывается струями вбрызгиваемой въ барабанѣ воды.

Когда опредѣлена *площадь* отдѣленія, переходятъ къ опредѣленію *размѣровъ* ея сторонъ. Обыкновенно дѣлаютъ отдѣленія прямоугольными съ отношеніями сторонъ $a:b$, какъ 1:2 или 1:3.

Въ дѣйствительности a и b надо увеличить, ибо перекрытіе дѣлается на сводахъ (см. черт. 428—429) и столбахъ, которые отнимаютъ площадь отъ песчанаго фильтра. Надо увеличить настолько, чтобы чистая отъ столбовъ поверхность фильтровъ (*одного фильтра*) была не менѣе ω. Разстояніе между столбами 10′ до 14 футъ.

Выгодно увеличить пролетъ, но до извѣстнаго предѣла, такъ какъ иначе столбы очень утолщаются. При разстояніи между столбами 10′—14′ гранитные столбы имѣютъ квадратное сѣченіе со стороной квадрата 15—16 дм. Кирпичные столбы, какъ менѣе прочные, приходится дѣлать еще больше. Въ фильтрѣ получаются продольныя и поперечныя галлереи (черт. 404, 405, 428, 429).

Въ каждой изъ галлерей есть дренажная кирпичная собирательная труба (черт. 405, 418, 420, 423—426. 428, 420). Каналъ *ab* (черт. 413) собираетъ воду и ведетъ въ камеру *c* и затѣмъ въ общую сборную трубу изъ всѣхъ отдѣленій. Нефильтрованная вода входитъ на дюймъ выше обыкновеннаго уровня воды въ фильтрѣ и сейчасъ же разливается по фильтру. Особые вертикальные каналы сообщаютъ каналы *ab* съ наружнымъ воздухомъ при помощи своихъ устьевъ, которые находятся въ стѣнкѣ выше максимальнаго горизонта воды (размѣры ихъ $^1/_2$ кирп.$\times^1/_2$ кирп.). Такіе каналы находятся какъ въ поперечныхъ, такъ и въ продольныхъ стѣнахъ (чтобы воздухъ изъ фильтрующихъ слоевъ свободно входилъ и выходилъ).

Сводъ покрывается сверху 3—4 футами земли, что обыкновенно достаточно для защиты воды отъ лѣтняго зноя и зимняго холода.

Покрытія фильтровъ дѣлаются сводами возможно болѣе легкаго устройства, чтобы столбы были тоньше. Кромѣ того, нужно выбирать такія покрытія, при которыхъ работа идетъ возможно скорѣе. Въ Варшавѣ легкія покрытія состоятъ изъ парусныхъ сводовъ въ $^1/_2$ кирпича. (4 каменьщика выводили въ день два сводовыхъ покрытія).

Въ Петербургѣ выбраны бетонные цилиндрическіе своды; они хотя тяжелѣе предыдущихъ, но выводятся еще быстрѣе. Варшавскій, Албанійскій и Петербургскій фильтры представляютъ типичные образчики подобныхъ сооруженій (черт. 413 и 429).

Для правильности дѣйствія фильтра необходимо, чтобы скорость

протеканія чрезъ него воды не превосходила указанныхъ предѣловъ. Для этого устраиваются различные приборы, регулирующіе расходъ воды, вытекающей изъ фильтра. Одинъ изъ нихъ см. на черт. 427. Основная часть устройства поплавокъ съ подвижной трубкой и прорѣзомъ. Поплавокъ уравновѣшенъ грузомъ. При колебаніяхъ уровня расходъ очевидно не мѣняется, такъ какъ толщина сливающагося слоя останется постоянной.

Трубы, какъ приводящая воду на фильтры, такъ равно и отводная, должны быть расположены такимъ образомъ, чтобы помощью кранов можно было выдѣлить любое изъ отдѣленій фильтра, не прекращая дѣйствія другихъ. Труба, отводящая изъ фильтровъ воду въ бассейнъ чистой воды, должна имѣть и обходную вѣтвь, которая давала-бы возможность получать воду изъ фильтровъ въ машинное зданіе помимо бассейна. Для спуска нижнихъ слоевъ воды передъ очисткой фильтровъ устраивается соединеніе и съ водостоками въ этотъ же водостокъ впускаютъ и холостыя трубы. Близъ фильтровъ должно быть помѣщеніе для мытья грязнаго песка и для склада чистаго. Послѣдній желательно имѣть со стороны входа въ отдѣленіе фильтра, который обыкновенно устраиваютъ въ нижнемъ концѣ отдѣленія. Входы въ фильтры должны быть достаточно широки ради удобства вывоза грязнаго песка при очисткѣ; для этой же цѣли отъ входныхъ дверей устраиваютъ внутрь фильтра пологій каменный сходъ. Наконецъ вблизи фильтровъ должно быть помѣщено жилое зданіе для служебнаго персонала и хотя-бы небольшая станція для испытаній воды. Мытье песка прежде дѣлалось обыкновенно ручнымъ способомъ. Теперь же для этого примѣняются механическія приспособленія, одно изъ коихъ показано на черт. 430—432.

§ 65. Эмпирическіе законы задержки бактерій англійскими песочными фильтрами по даннымъ Варшавскаго водопровода.

Гамбургъ и Альтона снабжаютъ своихъ жителей водою изъ одной и той же самой рѣки Эльбы, причемъ первый изъ этихъ городовъ черпаетъ ее изъ мѣста, расположеннаго выше устьевъ водосточныхъ каналовъ, второй — не вдалекѣ отъ нихъ; первый давалъ до 1893 г. своему населенію нефильтрованную (сырую) воду, вто-

рой—очищенную фильтрами; первый сильно пострадалъ въ 1892 г. отъ холеры, второй почти совсѣмъ былъ пощаженъ эпидеміею.

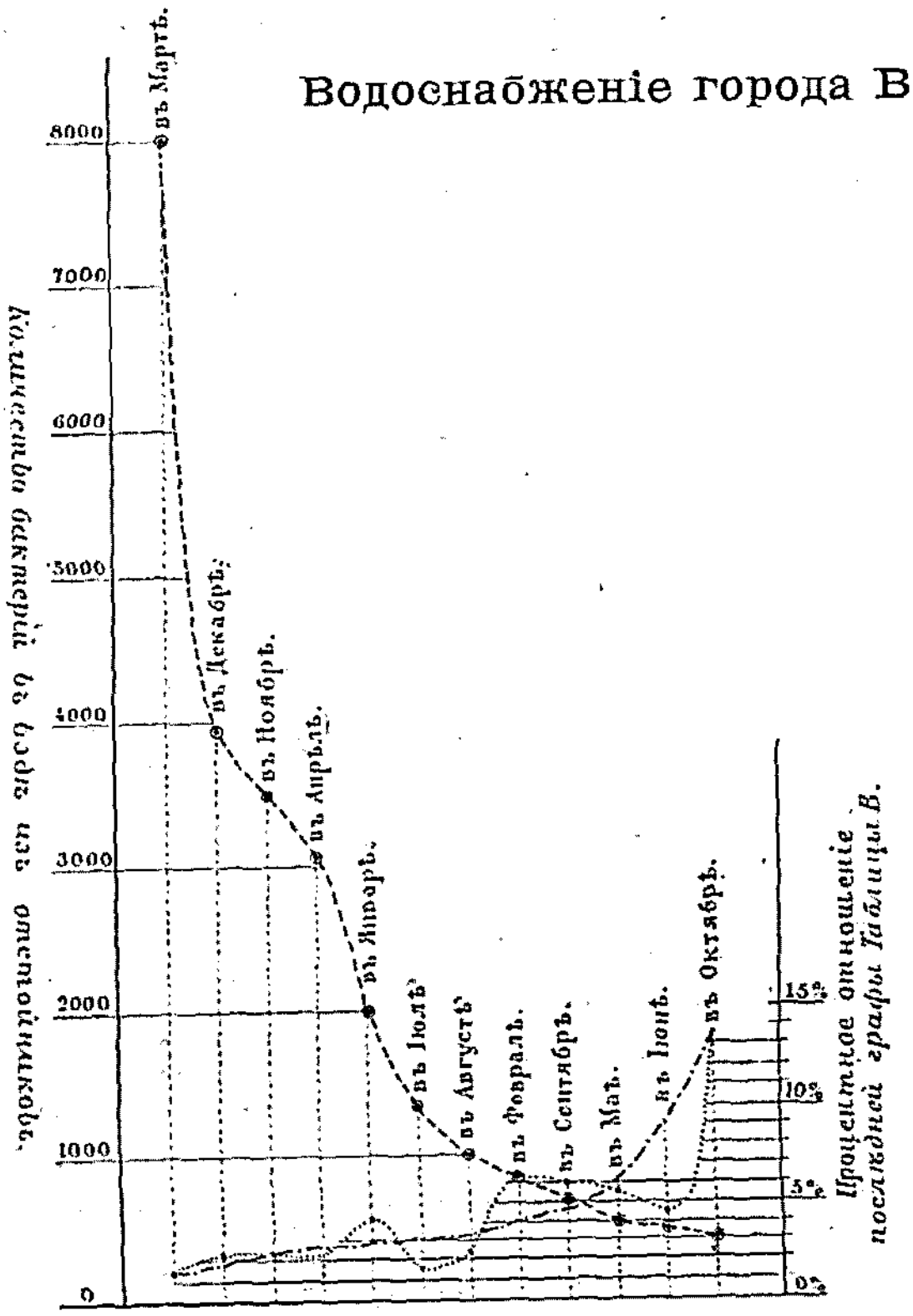
Этимъ обстоятельствомъ доказано, повидимому, безспорно, что съ одной стороны, вода можетъ служить разсадникомъ холерной эпидеміи, съ другой, что надлежащая очистка воды путемъ фильтраціи въ состояніи почти совершенно лишить ее такихъ вредныхъ свойствъ.

Подъ впечатлѣніемъ ужасной смертности, вызванной холерной эпидеміей въ Гамбургѣ, въ виду дурныхъ условій, какія господствовали тамъ въ отношеніи водоснабженія, а также подъ вліяніемъ почерпнутаго изъ этого опыта убѣжденія въ важномъ значеніи правильной фильтраціи воды, Государственное Санита́рное вѣдомство въ Германіи поспѣшило издать соотвѣтственныя обязательныя правила для всѣхъ германскихъ городовъ, снабжаемыхъ фильтрованною водою изъ открытыхъ водовмѣстилищъ. Эти правила, опредѣляя способъ производства фильтраціи и устройства фильтровъ, указывали одновременно на бактеріологическое изслѣдованіе воды, какъ на надежный способъ контроля дѣйствія фильтровъ и установили извѣстную постоянную норму числа бактерій, какое можетъ быть терпимо безнаказанно въ доставляемой населенію водѣ. Однако эти правила, въ принципѣ совершенно справедливыя, будучи изданы, экстренно, подъ вліяніемъ впечатлѣнія, вызваннаго исключительными обстоятельствами, оказались въ высокой степени непрактичными и непримѣнимыми. Поэтому управленія различныхъ городовъ при посредствѣ своихъ водопроводныхъ инженеровъ выступили съ оффиціальными протестами противъ введенія въ дѣйствіе этихъ правилъ; и постановленіемъ государственнаго канцлера Каприви была назначена смѣшанная комиссія изъ водопроводныхъ инженеровъ, представителей Государственнаго Санитарнаго вѣдомства и частныхъ спеціалистовъ, которой поручено было просмотрѣть эти правила и передѣлать ихъ сообразно съ дѣйствительными потребностями.

Видоизмѣненныя комиссіею въ концѣ 1893 и началѣ 1894 года правила были установлены временно только на два года и лишь на случай угрожающаго появленія холеры. Водопроводные инженеры, принимавшіе участіе въ этой комиссіи, обязались при этомъ для того, чтобы собрать соотвѣтственный матеріалъ, на основаніи котораго по истеченіи двухъ лѣтъ можно было бы составить новыя постоянныя правила, соотвѣтствующія успѣхамъ науки и получен-

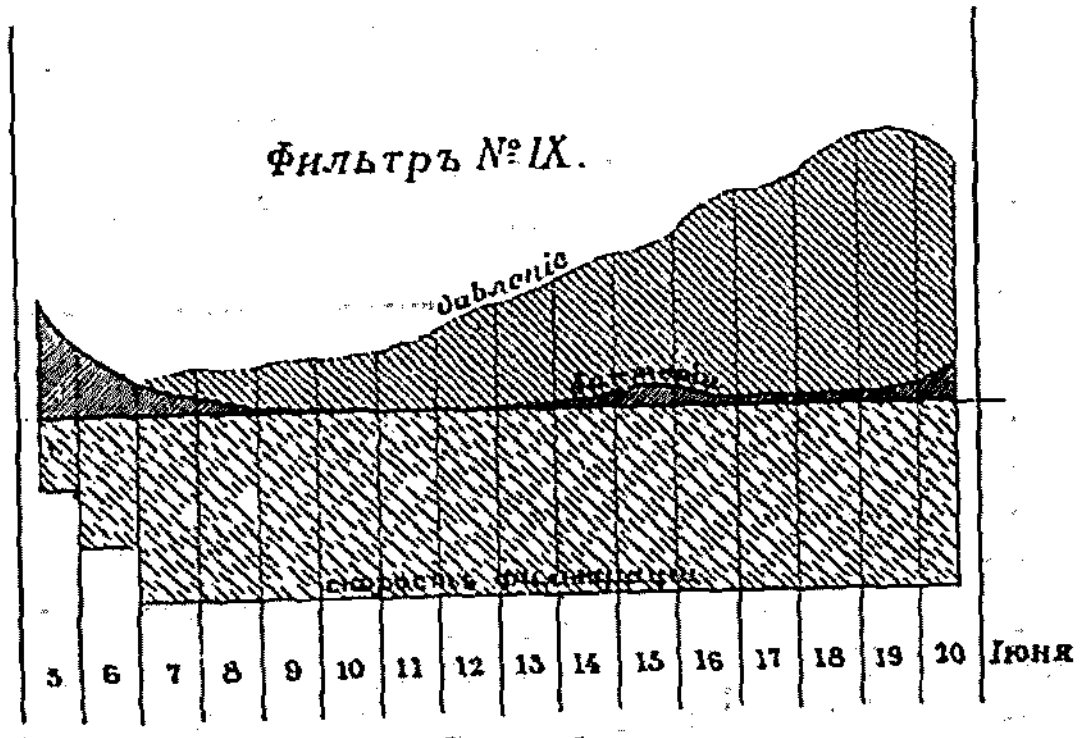
Англійскіе песочные фильтры.

Водоснабженіе города Варшавы.



Черт. 433.

Графикъ, показывающій абсолютное количество бактерій въ сырой водѣ (изъ отстойниковъ) на куб. сантим. въ разное время года и процентное отношеніе къ нимъ количества бактерій въ фильтрованной водѣ.



Черт. 434.

Графикъ, показывающій зависимость между давленіемъ, скоростью фильтраціи и числомъ бактерій въ фильтратѣ.

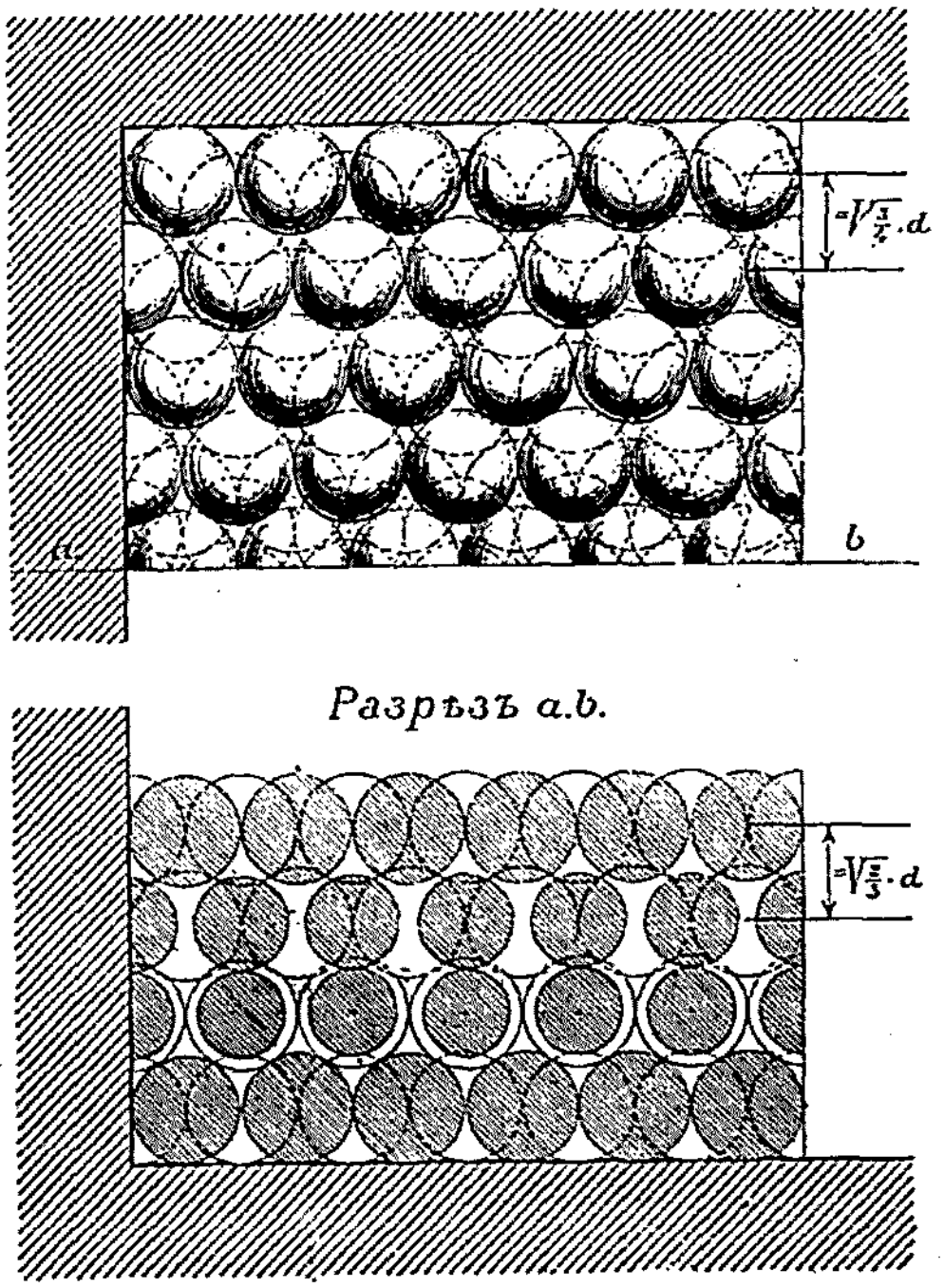
Таблица № 24.—Средніе мѣсячные и годичные выводы для количества бактерій, найденнаго въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ воды Варшавскаго водопровода.

(Л. К. Багинскій. — Результаты бактеріол. изслѣдов. Варшав. водопр. въ 1895 г.).

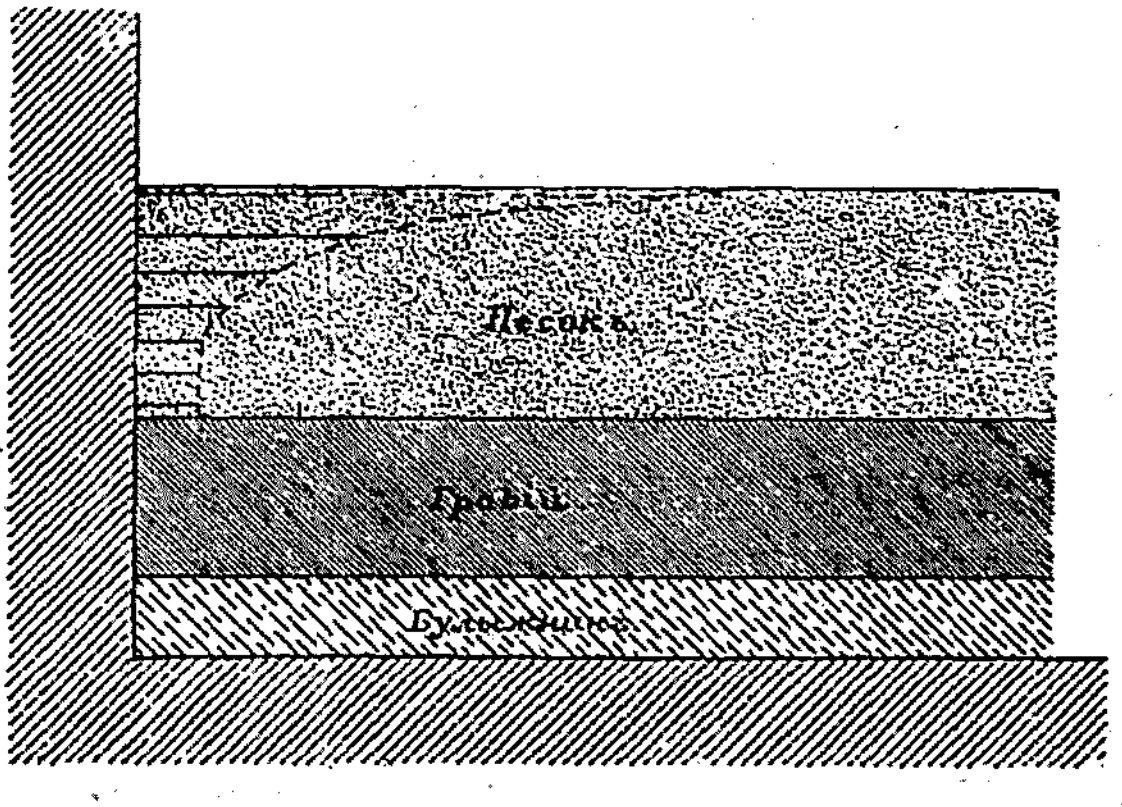
Мѣсяцы 1895 г.	1. Въ водѣ рѣки Вислы на станціи.	2. Въ водѣ изъ осадочныхъ бассейновъ.	3. Въ водѣ изъ резервуара.	4. Въ водѣ очищенной фильтрами №№ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	5. Средній выводъ изъ всѣхъ фильтровъ.
Январь	2194	1996	31	46	43	32	33	16	31	66	107	488	53	34	62	84
Февраль	858	842	35	69	44	39	33	23	28	65	123	105	39	48	46	55
Мартъ	10334	8110	83	97	84	96	83	66	45	428	129	257	80	81	66	126
Апрѣль	3854	3121	63	99	45	68	61	53	50	154	119	129	37	47	69	78
Май	516	557	16	20	24	19	17	11	15	92	66	66	19	14	11	31
Іюнь	518	494	13	14	11	22	15	9	11	54	61	34	10	13	7	22
Іюль	1969	1340	22	31	17	27	29	10	29	17	30	23	15	9	13	21
Августъ	1466	1002	20	26	30	31	55	9	14	26	31	27	12	12	22	25
Сентябрь	691	649	25	81	40	47	19	8	33	106	29	56	22	14	22	39
Октябрь	394	424	18	12	13	27	28	8	55	50	172	106	98	45	76	58
Ноябрь	4736	3512	81	23	24	161	144	103	156	74	64	75	50	41	138	88
Декабрь	5035	3056	77	50	30	115	63	114	193	59	23	125	173	38	223	100
Для цѣлаго года. .	2714	2167	40	47	34	57	48	36	55	100	80	124	51	33	63	

Англійскіе песочные фильтры.

Водоснабженіе города Варшавы.



Черт. 435 и 436.—Планъ и разрѣзъ схемы фильтра изъ шаровыхъ зеренъ.



Черт. 437.—Разрѣзъ фильтра съ показаніемъ относительныхъ количествъ бактерій, *остающихся* въ фильтрирующемъ слоѣ песка на различныхъ глубинахъ. Эти количества выражены длиной черныхъ горизонтальныхъ линій.

нымъ на практикѣ даннымъ — вести постоянный, правильный контроль какъ хода самой фильтраціи, такъ и чистоты воды, путемъ производства ежедневныхъ бактеріологическихъ анализовъ.

Но въ Варшавскомъ водопроводѣ такой бактеріологическій контроль былъ введенъ еще до обязательства, даннаго германскими инженерами. Выводы, сдѣланные на основаніи наблюденій Варшавшавскаго водопровода имѣютъ не только санитарное значеніе, но и проливаютъ нѣкоторый свѣтъ на законы фильтраціи вообще. Поэтому мы приведемъ ихъ здѣсь въ краткомъ изложеніи (см. Результаты бактеріологическаго изслѣдованія дѣйствія фильтровъ Варшавскаго водопровода въ 1895 году. Докладъ III-му водопроводному Съѣзду Л. К. Багинскаго).

Таблица № 24 даетъ средніе мѣсячные и годичные выводы для количества бактерій, найденныхъ въ 1 кубическомъ сантиметрѣ воды, взятой изъ разныхъ мѣстъ, поименованныхъ въ заглавіяхъ соотвѣтственныхъ графъ. Разсматривая числа этой таблицы, прежде всего можемъ замѣтить, что отстаиваніе вообще вліяетъ на уменьшеніе числа бактерій, заключающихся въ сырой водѣ, что особенно замѣтно тогда, когда послѣдняя весьма богата ими. При маломъ содержаніи бактерій въ сырой водѣ, число ихъ при отстаиваніи или остается почти безъ измѣненія, или даже увеличивается, какъ это видно здѣсь въ мѣсяцахъ маѣ и октябрѣ. Это обстоятельство можно объяснить тѣмъ, что рѣчная вода, богатая бактеріями, одновременно весьма мутна и что тяжелая муть, падая быстро всею массою на дно отстойниковъ, увлекаетъ съ собою бактеріи въ большемъ количествѣ противъ свойственной имъ способности размножаться въ это же самое время, между тѣмъ какъ въ водѣ съ малымъ количествомъ мути, притомъ легкой и трудно осаждающейся, можетъ происходить совершенно противоложное явленіе.

Что касается зависимости между количествомъ бактерій, переходящихъ въ фильтратъ и числомъ ихъ въ сырой водѣ, то по даннымъ, представленнымъ на этой таблицѣ, она не усматривается до такой степени ясно, какъ это можно видѣть изъ соотвѣтственнаго графика (черт. 433); однако, сравнивая числа второй графы съ такими же числами послѣдней, вообще можно замѣтить, что въ большинствѣ случаевъ увеличенію числа бактерій въ сырой водѣ соотвѣтствуетъ увеличеніе числа ихъ въ профильтрованной, а слѣ-

довательно максимуму ихъ въ первой водѣ соотвѣтствуетъ максимумъ во второй.

Относительно чистоты въ бактеріологическомъ отношеніи воды, доставляемой жителямъ Варшавы, заключеніе даетъ третья графа, представляющая содержаніе бактерій въ водѣ изъ резервуара, т. е. въ водѣ смѣшанной изъ всѣхъ фильтровъ.

Изъ горизонтальной графы внизу таблицы оказывается, что фильтры, означенные нумерами 7, 8 и 9, фильтровали хуже всѣхъ, что объясняется тѣмъ, что это были новые фильтры, только что приведенные въ дѣйствіе; фильтраціонный матеріалъ ихъ былъ свѣжій, а слѣдовательно богатъ бактеріями. Верхній слой песка въ нихъ еще не имѣлъ времени надлежащимъ образомъ пропитаться иломъ и увеличить этимъ свою способность задерживать бактеріи изъ сырой воды, а кромѣ того, вода эта, проходя дальше фильтръ, вымывала бактеріи изъ свѣжаго фильтраціоннаго матеріала, увлекая ихъ съ собою въ фильтратъ.

На таблицѣ № 25 показаны среднія числа, изображающія процентное отношеніе числа бактерій, попадающихъ въ фильтратъ, къ числу ихъ въ отстоявшейся водѣ.

Сравнивая между собою числа предпослѣдней и послѣдней графы замѣтимъ, что вторыя всегда больше первыхъ.

Это доказываетъ только, что, если тѣ или другіе фильтры давали воду, несоотвѣтствующую по количеству бактерій требованіямъ, скорость фильтраціи въ нихъ сравнительно съ другими уменьшилась соотвѣтственнымъ образомъ и, даже нерѣдко въ теченіе болѣе или менѣе долгаго времени такой фильтратъ спускался въ каналъ вмѣсто того, чтобы поступать въ резервуаръ.

Если сравнить числа послѣдней графы таблицы № 25 съ соотвѣтственными числами второй графы предыдущей таблицы № 24, при помощи графика, представленнаго на чертежѣ 433, то изъ общаго направленія кривой, представляющей абсолютное количество бактерій въ отстоявшейся водѣ и кривой для процентнаго содержанія ихъ въ фильтратѣ, слѣдуетъ прійти къ тому заключенію, что, съ увеличеніемъ числа бактерій въ сырой водѣ, процентное содержаніе ихъ въ профильтрованной водѣ уменьшается. Это обстоятельство объясняется тѣмъ, что чѣмъ богаче вода бактеріями, тѣмъ болѣе она содержитъ обыкновенной мути, которая, осаждаясь на поверхности

Таблица № 25. — Соотношенія между числомъ бактерій въ водѣ Варшавскаго водопровода до и послѣ фильтраціи.

(Л. К. Багинскій.—Результаты бакт. изслѣд. Варш. водопр. въ 1895 г.).

Мѣсяцы 1895 г.	На 100 бактерій въ водѣ сырой (отстойниковъ) найдено среднимъ числомъ въ фильтрахъ:													
	Въ фильтрахъ №№												Въ резервуарѣ.	Среднимъ числомъ для всѣхъ фильтровъ.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Январь	2,30	2,15	1,60	1,65	0,80	1,55	3,30	5,36	24,45	2,66	1,70	3,11	1,55	4,21
Февраль	8,19	5,23	4,63	3,92	2,73	3,33	7,72	14,61	12,47	4,63	5,70	5,46	4,15	6,53
Мартъ	1,19	1,03	1,18	1,02	0,81	0,55	5,28	1,59	3,17	1,00	1,00	0,81	1,02	1,55
Апрѣль	3,17	1,44	2,18	1,96	1,70	1,60	4,93	3,81	4,10	1,19	1,50	2,21	2,02	2,49
Май	3,59	4,31	3,41	3,05	1,97	2,69	16,52	11,85	11,85	3,41	2,51	1,97	2,87	5,56
Іюнь.	2,81	2,22	4,45	3,03	1,82	2,22	10,93	12,35	6,88	2,02	2,63	1,41	2,63	4,45
Іюль.	2,31	1,27	2,01	2,16	0,75	2,16	1,27	2,24	1,72	1.12	0,67	0,97	1,64	1,56
Августъ	2,59	2,99	3,09	5.49	0,89	1,39	2,59	3,09	2,69	1,19	1,19	2,19	1,99	2,49
Сентябрь	12,48	6,10	7,24	2,93	1,23	5,08	16,35	4,47	8,63	3,39	2,16	3,39	3,85	6,01
Октябрь	2,83	3,07	6,37	6,60	1,88	12,97	11,79	40,57	25,00	23,11	10,61	17,92	4,25	13,68
Ноябрь	0,66	0,69	4,58	4,10	2,96	4,44	2,10	1,82	2,13	1,42	1,17	3,93	2,34	2,53
Декабрь	1,26	0,76	2,91	1,60	2,88	4,90	1,51	0,58	3,16	4,62	0,94	5,63	1,94	2,52
Средн. числомъ для цѣлаго года.	3,91	2,60	3,64	3,13	1,70	3,57	7,02	8,53	8,85	4,15	2,65	4,08	2,52	

фильтраціоннаго песка, образуетъ ѝлистую пленку бо́льшей толщины, способствующую болѣе чистой фильтраціи.

Далѣе легко замѣтить, что всякій разъ, когда количество бактерій въ сырой водѣ увеличивается, число ихъ въ фильтрованной водѣ резервуара также возрастаетъ.

Этотъ параллелизмъ доказываетъ въ достаточной степени координацію трехъ явленій, каковы: стояніе горизонта воды въ рѣкѣ, количество взвѣшенной мути и количество микроорганизмовъ; эта координація, какъ извѣстно, зависитъ главнымъ образомъ отъ атмосферныхъ осадковъ.

Указываемая зависимость выражается въ томъ, что каковы бы ни были условія фильтраціи, т. е. находились ли фильтры въ началѣ или концѣ періода своей дѣятельности, тонкимъ-ли или толстымъ слоемъ осадился илъ на покрывающемъ ихъ поверхность пескѣ, происходила ли фильтрація черезъ старый или вновь насыпанный песокъ, происходила ли фильтрація съ большею-ли или меньшею скоростью, подъ большимъ или меньшимъ давленіемъ, — каждому увеличенію бактерій въ сырой водѣ всегда и постоянно, хотя не въ одинаковой степени, отвѣчаетъ увеличеніе числа ихъ въ фильтратѣ. Это заставляетъ вывести заключеніе, что между двумя этими величинами существуетъ извѣстная *опредѣленная зависимость*, подчиняющаяся *извѣстному закону*.

Это обстоятельство выказываетъ также, что песчаные фильтры не играютъ роли совершеннаго сита, что болѣе или менѣе благопріятныя условія фильтраціи могутъ оказывать вліяніе только на болѣе или менѣе значительное уменьшеніе относительнаго количества бактерій, но не на абсолютное ихъ задержаніе.

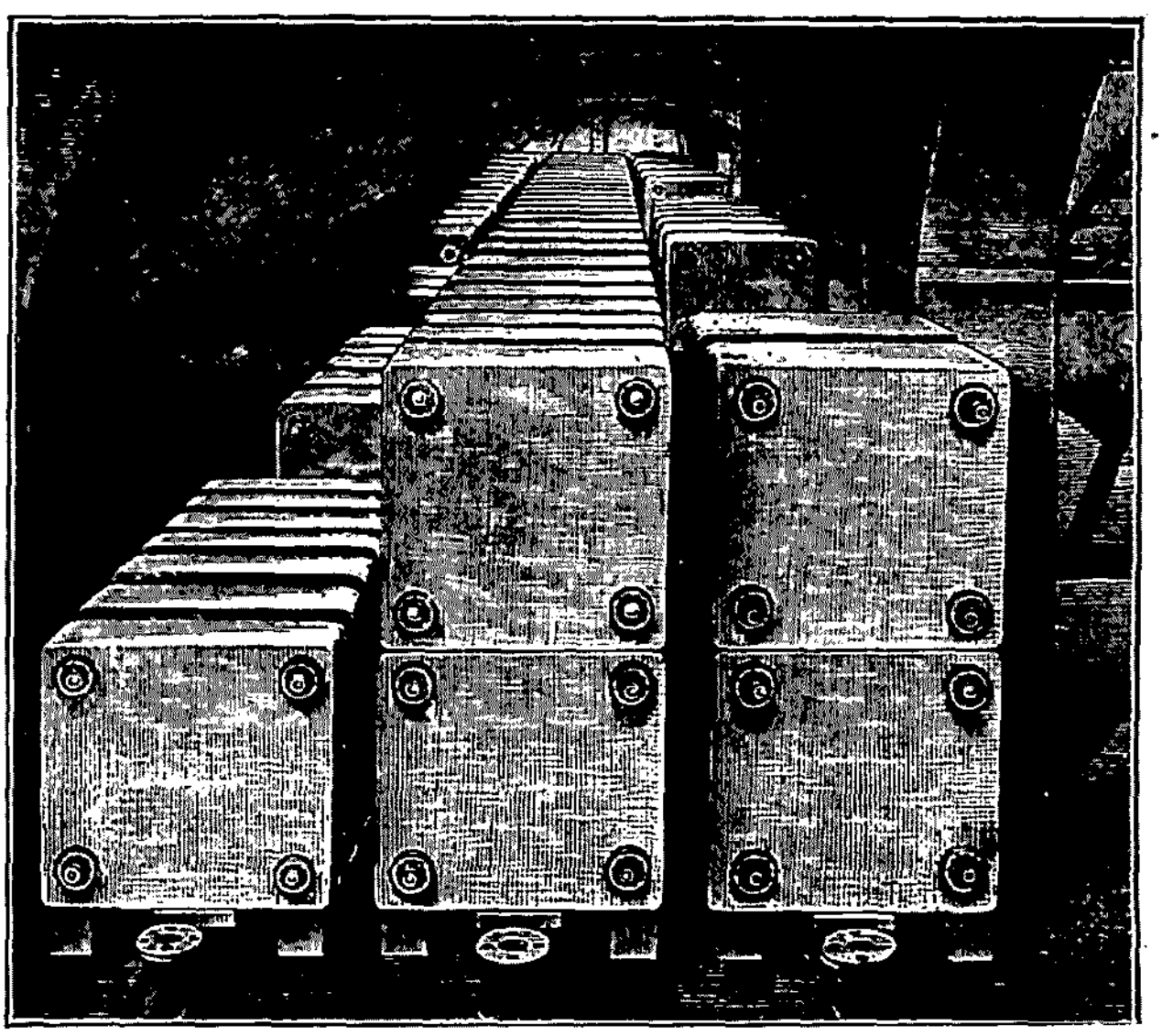
Далѣе обращаетъ на себя вни́маніе еще одно обстоятельство, а именно, что въ началѣ почти каждаго періода фильтраціи, т. е. въ теченіе первыхъ дней послѣ о́чистки фильтра, кривая, представляющая количество бактерій, начинается довольно высоко и затѣмъ вдругъ падаетъ, принимая видъ, показанный на черт. 434. Это объясняется тѣмъ, что въ теченіе первыхъ дней послѣ очистки на поверхности песка не образовался еще слой ила, вліяющій главнымъ образомъ на уменьшеніе количества бактерій. Это тотъ періодъ времени, когда фильтрующаяся вода передавала фильтрату кромѣ своихъ собственныхъ еще бактеріи, вымываемыя изъ свѣжаго песка.

Словомъ, между количествами бактерій въ фильтратѣ и сырой водѣ существуетъ какая-то зависимость, подчиняющаяся какому-то общему закону, который можно выразить общею формулою $y = k\,\varphi\,(x)$. гдѣ y означаетъ число бактерій въ фильтратѣ, x — число ихъ въ сырой водѣ, а k — нѣкоторый коэффиціентъ, стоящій въ зависмйости отъ рода и устройства самаго фильтра, а также отъ условій, сопровождающихъ фильтрацію. Слѣдовательно при одномъ и томъ же значеніи для x, но при разныхъ условіяхъ фильтраціи, т. е. при разныхъ значеніяхъ для k, будутъ получаться соотвѣтственно разныя значенія для y, т. е. для количествъ перешедшихъ въ фильтратъ бактерій.

Обстоятельствамъ фильтрованія, наблюдавшимся въ 1895 г. въ Варшавѣ, лучше всего удовлетворяетъ по мнѣнію инженера Л. П. Багинскаго прямая линія, немного наклоненная къ оси X и пересѣкающая ось Y повыше начала осей координатъ. Эта линія, какъ прямая, показываетъ, что законъ фильтраціи въ бактеріологическомъ отношеніи, т. е. зависимость количества бактерій переходящихъ въ фильтратъ отъ количества ихъ въ фильтруемой водѣ можетъ быть при постоянныхъ условіяхъ, сопровождающихъ фильтрацію, выраженъ весьма просто; то же обстоятельство, что линія эта пересѣкаетъ ось Y выше начала осей координатъ, или, что при x равномъ даже нулю, въ фильтрованной водѣ все еще можетъ находиться нѣкоторое количество бактерій, доказываетъ, что въ Варшавѣ въ 1895 г., кромѣ сырой воды еще и фильтраціонный матеріалъ доставлялъ фильтрату нѣкоторое количество бактерій. Помощью составленія графика въ большомъ масштабѣ, это количество найдено равнымъ 10.

Что касается угла (α) который линія эта образуетъ съ осью X, то тангенсъ его ($tg\alpha$) представляетъ здѣсь именно среднюю величину того коэффиціента k, который по положенію принятъ постояннымъ для данныхъ собирательныхъ значеній x и y; числовая его величина, опредѣлена средней изъ значеній всѣхъ отдѣльныхъ отношеній $\left(\frac{y-10}{x}\right)$ для всѣхъ Y и X, нанесенныхъ на графикѣ; величина эта выражается дробью $^{0,95}/_{100}$. И такъ, законъ фильтраціи (въ бактеріологическомъ отношеніи) для варшавскихъ фильтровъ за 1895 годъ, при принятомъ предположеніи по отношенію къ перемѣннымъ условіямъ сопровождающимъ фильтрацію, можно выразить уравненіемъ $y = 10 + {}^{0,95}/_{100}\,x$.

Механическіе фильтры.



Черт. 438.

Фильтръ Фишера и Петерса.

§ 66. Теорія фильтраціи.

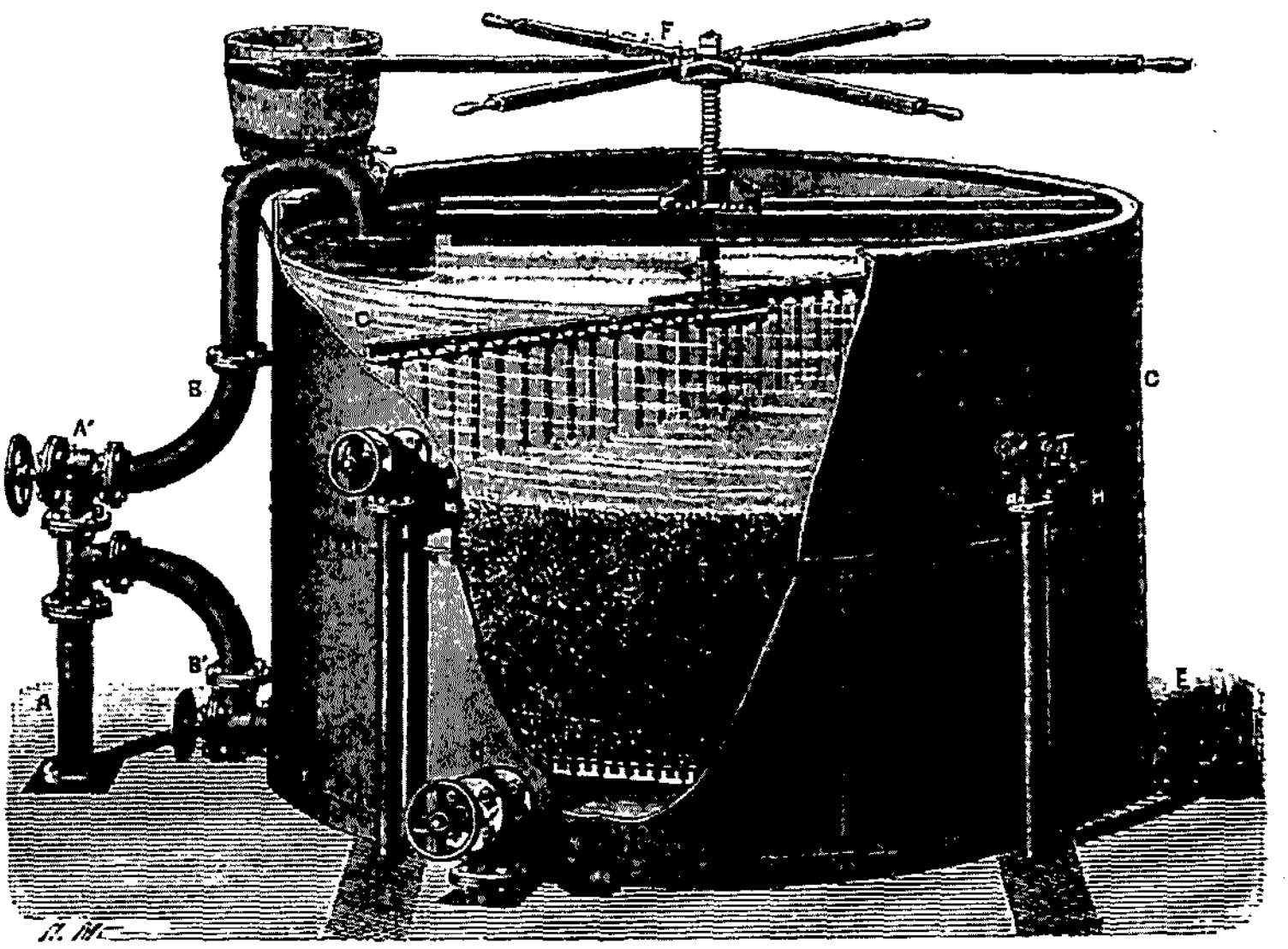
Выше было уже указано, что фильтрованіе воды чрезъ песчанные слои представляетъ собою весьма сложный процессъ, не только механическій, но и біологическій. Процессъ этотъ далеко еще не разъясненъ во всѣхъ своихъ подробностяхъ и потому тѣмъ болѣе трудно обнять его математическими формулами, которыя связали бы между собой всѣ его элементы. Тѣмъ интереснѣе, однако, попытки установленія такой связи, одну изъ коихъ, принадлежащую инженеру Багинскому (см. выше—§ 65) мы приведемъ здѣсь.

Согласно указаніямъ г. Багинскаго, въ процессѣ фильтраціи бактеріи слѣдуетъ признать ни чѣмъ инымъ, какъ нѣкотораго рода весьма мелкой мутью, одаренной жизненною способностью, и на этомъ основаніи всѣ *наблюденія* и выводы, полученные выше (§ 65) изъ нѣсколькихъ тысячъ опытныхъ данныхъ, должны относиться и къ фильтраціи въ случаѣ обыкновенной мути, за исключеніемъ, понятно, тѣхъ особенныхъ свойствъ, которыя тѣсно связаны съ жизнеспособностью бактерій, напримѣръ свойства весьма быстро размножаться при благопріятныхъ условіяхъ. Такое воззрѣніе навело на мысль, что и зависимость количества мути, проходящей въ фильтратъ отъ того количества ея, которое содержится въ фильтруемой водѣ, подчиняется извѣстному опредѣленному закону, который, при постоянныхъ, неизмѣнныхъ условіяхъ фильтраціи, долженъ бы теоретически выражаться такъ-же просто, какъ выше это оказалось для бактерій, т. е. уравненіемъ прямой. Если затѣмъ, послѣ выведенія такого уравненія для мути, представится возможность вывести изъ него при извѣстныхъ положеніяхъ, такія характеристическія свойства фильтраціи, какія замѣчены выше при разсмотрѣніи бактеріологическихъ данныхъ, то отсюда можно заключить, что сдѣланное предположеніе относительно тождества закона фильтраціи для бактерій и для мути согласно съ дѣйствительностью.

Для выведенія общей формулы фильтраціи инженеръ Багинскій сначала изслѣдуетъ этотъ процессъ въ теоретическомъ, идеальномъ песчаномъ фильтрѣ, т. е. фильтрѣ состоящемъ изъ зеренъ песка вполнѣ шарообразныхъ, равныхъ между собою и уложенныхъ какъ можно тѣснѣе параллельными слоями, какъ это представлено на черт.

Находящаяся надъ поверхностью песка мутная вода, проникая

Механическіе открытые фильтры.



Черт. 439.

Фильтръ системы Говатсона.

Американскія попытки устроить и ввести быстро-дѣйствующіе фильтры вызвали подобныя же попытки въ Европѣ. Изъ числа приборовъ европейскаго происхожденія, получившихъ извѣстное распространеніе, находятся открытые фильтры системы Говатсона (A. Howatson & C°). Фильтрующее вещество здѣсь *полярить*, одинъ изъ самыхъ энергичныхъ очистителей органическихъ веществъ. Коагулированіе примѣняется также. По этой системѣ, преимущественно распространенной во Франціи, устроена значительная фильтрованная станція въ Канрѣ на 1 милліонъ ведеръ воды въ сутки.

(Н. П. Зиминъ).

въ промежутки между песочными зернами, движется сверху внизъ; въ этомъ движеніи принимаетъ участіе и содержащаяся въ водѣ муть, причемъ тѣ изъ болѣе тяжелыхъ частицъ, которыя больше минимальныхъ промежутковъ между зернами песка, закрываютъ отчасти эти отверстія. Такимъ образомъ при установившейся фильтраціи (не въ самомъ началѣ ея) въ промежутки между зернами песка проникаетъ лишь вода съ такою мутью, частицы которой мельче наименьшихъ горизонтальныхъ между ними сѣченій дугообразно-треугольнаго очертанія; слѣдовательно, если вѣсъ количества мути, содержащейся въ единицѣ объема фильтруемой воды, обозначимъ черезъ x, то въ слой самаго песка входитъ только нѣкоторая часть этого количества—x''.

Свободные промежутки между шаровидными зернами песка уложенными такъ, какъ это мы предположили (черт. 435, 436), образуютъ въ вертикальномъ направленіи зигзагообразные канальцы съ весьма перемѣнными горизонтальными сѣченіями. Сѣченія съ наименьшею площадью находятся на плоскостяхъ, проходящихъ черезъ геометрическіе центры зеренъ каждаго отдѣльнаго слоя и сумма такихъ сѣченій, въ чемъ легко убѣдиться путемъ вычисленія, составляетъ для данной поверхности песка 0,1 ея, а такъ какъ каждому песочному зерну въ горизонтальномъ направленіи соотвѣтствуютъ два такихъ минимальныхъ сѣченія, то площадь каждаго изъ нихъ составляетъ около $^1/_{20}$ площади большаго круга песочнаго зерна. Горизонтальныя сѣченія съ наибольшею площадью тѣхъ-же извилистыхъ канальцевъ лежатъ въ горизонтальныхъ плоскостяхъ, раздѣляющихъ на двѣ равныя части разстояніе между центрами зеренъ двухъ слоевъ песку, прилегающихъ непосредственно двугъ къ другу. Словомъ, каждый зигзагообразный каналецъ на протяженіи между центрами зеренъ каждыхъ двухъ сосѣднихъ слоевъ песку начинается наименьшимъ сѣченіемъ, затѣмъ расширяется и наконецъ опять съуживается до минимума.

Мутная вода, протекающаяя по такимъ канальцамъ, и несущая съ собой вышеозначенное количество мути x'', должна оставить въ расширенныхъ частяхъ канальцевъ нѣкоторую опредѣленную часть ея, напримѣръ ax'', такъ что вода, проникающая въ пространство между вторымъ и слѣдующимъ за нимъ третьемъ слоемъ песку, уже будетъ содержать въ себѣ количество мути равное

$x'' - a\,x'' = (1-a)\,x''$. Но и здѣсь въ этомъ второмъ между-слоевомъ промежуткѣ по необходимости должно повториться то же явленіе, а именно, что изъ количества входящей мути $(1-a)\,x''$ опять нѣкоторая часть a, т. е. $a\,(1-a)\,x''$ задержится въ расширенныхъ канальцахъ и т. д.

Такимъ образомъ въ слѣдующій промежутокъ между третьимъ и четвертымъ горизонтальными слоями песочныхъ зеренъ войдетъ вода, содержащая мути $(1-a)\,x'' - a\,(1-a)\,x'' = (1-a)^2\,x''$. Продолжая такое разсужденіе, получимъ, что по выходѣ изъ послѣдняго $n+1$-го слоя песка, т. е. прошедши черезъ промежутокъ между слоями n и $n+1$ вода будетъ содержать въ себѣ лишь $(1-a)^n\,x''$ мути. Слѣдовательно въ концѣ концовъ законъ фильтраціи для всего слоя песка выразится уравненіемъ $y = (1-a)^n\,x''$, т. е. уравненіемъ прямой линіи.

Если всю толщину слоя песка означить черезъ l, разстояніе же между центрами песочныхъ зеренъ двухъ сосѣднихъ слоевъ — черезъ s, то показатель n можно замѣнить отношеніемъ $\frac{l}{s}$, въ которомъ въ свою очередь s можно выразить въ функціи діаметра песочныхъ зеренъ; для принятой системы шарообразныхъ зеренъ: $S = \sqrt{\frac{2}{3}}\,d$, гдѣ d обозначаетъ діаметръ этихъ зеренъ. Подставляя вмѣсто n соотвѣтственныя величины, имѣемъ:

$$y = (1-a)^{\frac{l}{\sqrt{\frac{2}{3}}\,d}}\,.\,x'' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

При фильтрѣ не идеальномъ принятомъ здѣсь для выведенія основной формулы, а иномъ, состоящемъ изъ однородныхъ зеренъ или волоконъ, менѣе правильнаго вида, въ формулѣ вмѣсто $\sqrt{\frac{2}{3}}\,d$ надо было бы ввести какое-то среднее измѣреніе зеренъ или волоконъ, которые, входя главнымъ образомъ въ составъ даннаго фильтра, играли бы самую важную роль въ опредѣленіи высоты выше разсматриваемаго междуслоеваго пространства.

Для того, чтобы изъ количества мути x'', содержащейся въ единицѣ объема воды, осталось ax'' въ первомъ промежуткѣ между слоями песка, необходимо нѣкоторое время, что указываетъ на зависимость между количествомъ ax'' и скоростью теченія воды сквозь песокъ. При увеличеніи скорости осажденіе мути уменьшается. Какъ

связаны между собою скорость протеканія и количество задержимой мути неизвѣстно.

Допустимъ, что количество мути, которое данный фильтръ можетъ задержать, обратно пропорціонально скорости теченія; вводя эту гипотезу въ уравненіе (I), получимъ:

$$y = \left(1 - \frac{a}{v}\right)^{\frac{l}{\sqrt{\frac{2}{3} \cdot d}}} \cdot x''.$$

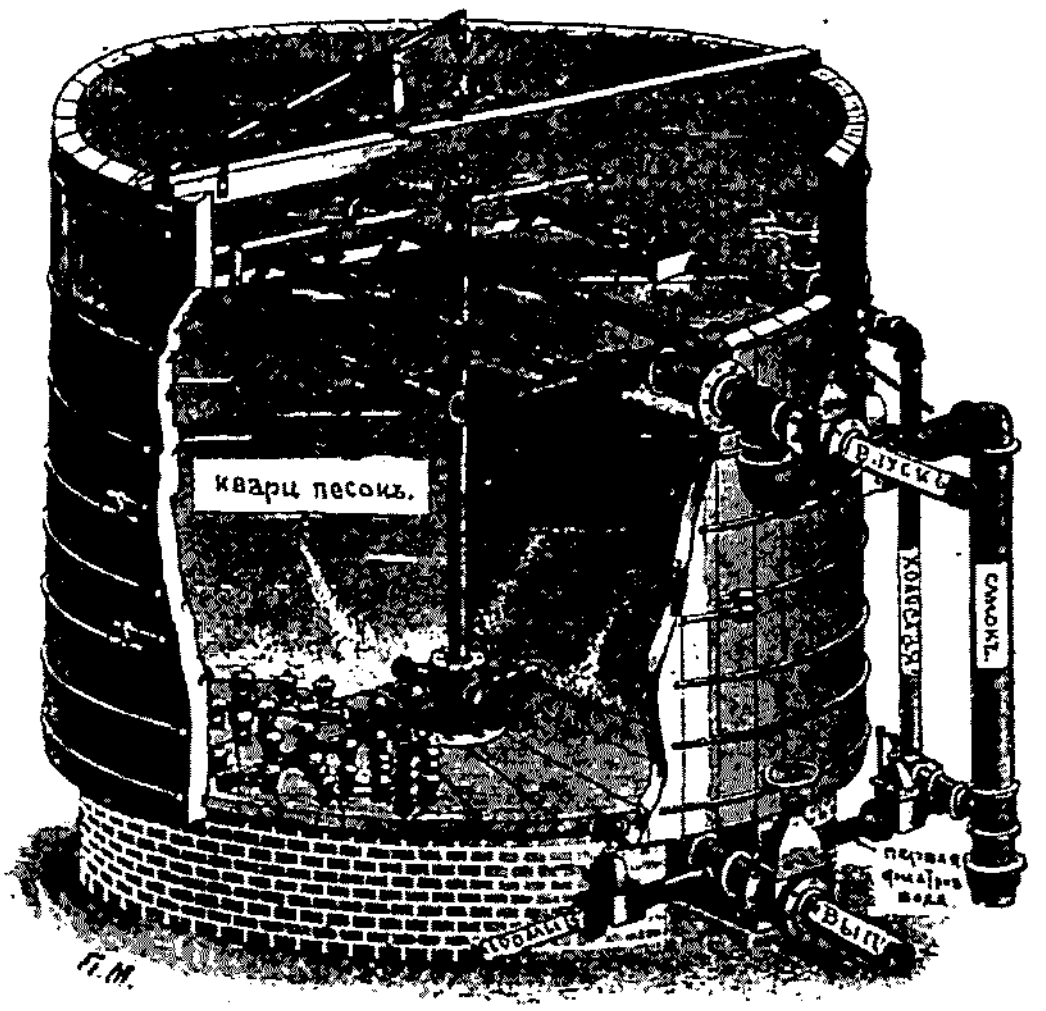
Для упрощенія положимъ v постояннымъ, редукціонный коэффиціентъ $\left(1 - \frac{a}{v}\right)$, который всегда меньше единицы, возведенный въ степень $\frac{1}{\sqrt{\frac{2}{3}}}$. обозначимъ черезъ k, тогда основное уравненіе представится въ видѣ:

$$y = k^{\frac{l}{d}} \cdot x'' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (II)$$

Въ это уравненіе, какъ видимъ, входятъ два главнѣйшія измѣренія фильтра — l и d: т. е. успѣшность дѣйствія фильтра, зависитъ отъ отношенія $\frac{l}{d}$. Этимъ объясняется уже до извѣстной степени, почему фильтры изъ фарфоровой массы Chamberland'a, и даже бумажный фильтръ и др., т. е. съ тонкими стѣнками но зато съ весьма мелкими зернышками или волоконцами, могутъ очищать воду такъ же хорошо и даже лучше, чѣмъ обыкновенные песочные фильтры. Далѣе видъ показателя объясняетъ, почему песочные фильтры съ мелкими зернами песка дѣйствуютъ успѣшнѣе фильтровъ съ болѣе крупными зернами, а также указываетъ, на то, что толщина песчанаго слоя играетъ важную роль и что было бы полезно весь фильтраціонный матеріалъ, какъ камни и гравій, служащіе лишь поддержкой слоя песка, замѣнить на сколько возможно пескомъ; наконецъ этотъ показатель указываетъ на то, что снимаемый при каждой очисткѣ фильтра верхній слой грязнаго илистаго песка, еслибы этому не мѣшали экономическія условія, долженъ быть замѣненъ чистымъ пескомъ тотчасъ же послѣ очистки фильтра, а не по принятому нынѣ порядку, по которому такая операція производится только одинъ разъ въ годъ, да и то тогда, когда очередныя очистки уменьшили толщину песчанаго слоя почти до половины.

Фильтрованіе воды.

Механическіе открытые фильтры.



Черт. 440.

Фильтръ Нью-Іоркской системы.

Нью-Іоркская компанія фильтровъ (New-York Filter Manufacturing C°) владѣетъ многочисленными патентами и видоизмѣняетъ конструкціи фильтровъ, сообразуясь съ мѣстными условіями. Ея фильтры бываютъ напорные и открытые. Напорный фильтръ Нью-Іоркской системы охарактеризованъ на чертежахъ 82 и 83 (I вып.), къ которымъ и отсылаемъ читателя.

Открытый фильтръ этой системы можетъ примѣняться въ тѣхъ случаяхъ, когда хотятъ воспользоваться существующими резервуарами. Описываемый фильтръ представляетъ собою деревянный открытый резервуаръ, наполненный пескомъ. Фильтрація происходитъ сверху внизъ, какъ и въ напорныхъ фильтрахъ той же системы (черт. 82). Промывка обратнымъ токомъ воды. Для перемѣшиванія песка во время промывки особыхъ приспособленій нѣтъ. Вода посредствомъ четырехъ-проходнаго крана, расположеннаго въ центрѣ фильтра на днѣ его, направляется поочередно въ четыре развѣтвленія и силой напора производитъ своими струями движеніе песка.

Такіе фильтры поставлены въ г. Westerly R. I. и разсчитаны на 500.000 вед. воды въ сутки. (Н. П. Зиминъ).

До сихъ поръ мы разсматривали только процессъ фильтраціи, происходящій въ однородномъ слоѣ одного только матеріала—песка. Но частицы мути большей величины и вѣса раньше, чѣмъ остальныя, болѣе легкія частицы, достигаютъ поверхности песка и образуютъ на ней илистую пленку равномѣрной толщины, представляющую, на основаніи вышесказаннаго, ни что иное, какъ второй добавочный фильтръ съ весьма малою толщиною фильтрующаго слоя, но зато съ весьма мелкими зернышками. Словомъ мутная вода, прежде чѣмъ достигнуть песочнаго фильтра, разстилаетъ такъ сказать себѣ временный фильтръ, имѣющій однако едва ли не наибольшее значеніе.

Если черезъ l' обозначимъ толщину всего слоя этого илистаго фильтра въ данный моментъ времени, черезъ ρ — средній діаметръ тѣхъ его зеренъ, которыя обусловливаютъ главнымъ образомъ размѣръ разстояній сосѣднихъ горизонтальныхъ его слоевъ и если количество мути, плавающей еще въ данный моментъ въ единицѣ объема разсматриваемой воды, положимъ равнымъ x', т. е. положимъ, что изъ общаго количества мути x нѣкоторая часть болѣе крупныхъ частицъ ея, напр. cx уложилась на поверхности песка, и слѣдовательно что $x' = (x - c.\ x) = x\ (1 - c)$ — то на основаніи вышеприведеннаго разсужденія, для песочнаго фильтра, можно выраженіемъ $\left(1 - \frac{b}{v}\right)^{\frac{l'}{\rho}}$. x' прямо представить то количество мути, которое изъ количества x' послѣ прохожденія воды черезъ этотъ илистый фильтръ переходитъ дальше къ разсмотренному прежде песчаному фильтру. Но тамъ мы означили это количество буквою x''; здѣсь же оно представляетъ фильтратъ, слѣдовательно для даннаго момента:

$$x'' = \left(1 - \frac{b}{v}\right)^{\frac{l'}{\rho}} . x' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{(III)}$$

Подставляя найденное значеніе въ предыдущую формулу (II), замѣняя x' значеніемъ $(1 - c)\ x$, и принимая во вниманіе скорость фильтраціи, которая войдетъ сюда въ видѣ множителя при c (такъ какъ можно допустить, что съ увеличеніемъ скорости въ два, три и т. д. разъ количество крупной мути, задерживающейся на поверхности песка въ единицу времени, будетъ больше вдвое, втрое и т. д.) —

однимъ словомъ замѣняя x' выраженіемъ $(1 - vc)\,x$, получимъ

$$y = (1 - vc) \cdot \left(1 - \frac{b}{v}\right)^{\frac{l'}{\rho}} \cdot k^{\frac{l}{d}} x, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (IV)$$

или, полагая v постояннымъ, можемъ написать въ сокращенномъ видѣ:

$$y = k'' \cdot k'^{\frac{l'}{\rho}} \cdot k^{\frac{l}{d}} \cdot x,$$

какъ общую формулу, выражающую въ данный моментъ времени зависимость количества мути, проходящей въ фильтратъ, отъ количества ея въ фильтруемой водой.

Какъ видно изъ этой формулы, успѣшность фильтраціи при данной величинѣ x зависитъ отъ трехъ коэффиціентовъ $k''\,k'^{\frac{l'}{\rho}}$ и $k^{\frac{l}{d}}$. Каждый изъ нихъ меньше единицы и вліяетъ на умепьшеніе y. Значеніе коэффиціента $k^{\frac{l}{d}}$ объяснено выше; теперь остается разсмотрѣть два остальные. Коэффиціентъ $k'^{\prime}$ представляетъ зависимость фильтраціи отъ степени мутности данной воды, особенно же отъ содержанія въ ней крупныхъ частицъ мути и указываетъ повидимому на то, что возрастаніе послѣдняго, особенно въ виду одновременнаго увеличенія l' въ слѣдующемъ коэффиціентѣ, благопріятно вліяетъ на качество фильтраціи.

Это свойство давно было замѣчено на практикѣ и даже было предложено на основаніи опытовъ, чтобы воду съ малымъ содержаніемъ крупной мути, мутить искусственно въ самомъ началѣ періода фильтраціи. Однако весьма мутная вода, богатая крупною мутью и вмѣстѣ съ тѣмъ содержащая весьма много мелкой мути, какъ напр., въ Вислѣ и многихъ другихъ рѣкахъ, кромѣ указанной хорошей стороны, представляетъ тотъ недостатокъ въ экономическомъ отношеніи, что̀ тогда фильтры весьма быстро засоряются на поверхности и поэтому приходится ихъ слишкомъ часто очищать.

Теоретическіе выводы относительно коэффиціента k'', будучи раціональными въ принципѣ, могутъ быть въ виду чисто практическихъ и экономическихъ соображеній примѣняемы только въ извѣстныхъ опредѣленныхъ границахъ. Доказательствомъ этого служатъ всеобще употребляемые отстойники, въ которыхъ изъ назначенной къ фильтраціи воды осаждается большая часть крупной мути.

Механическіе открытые фильтры.

Водоснабженіе гор. East-Providence.



Открытый фильтръ системы Джуэлль (Jewell).

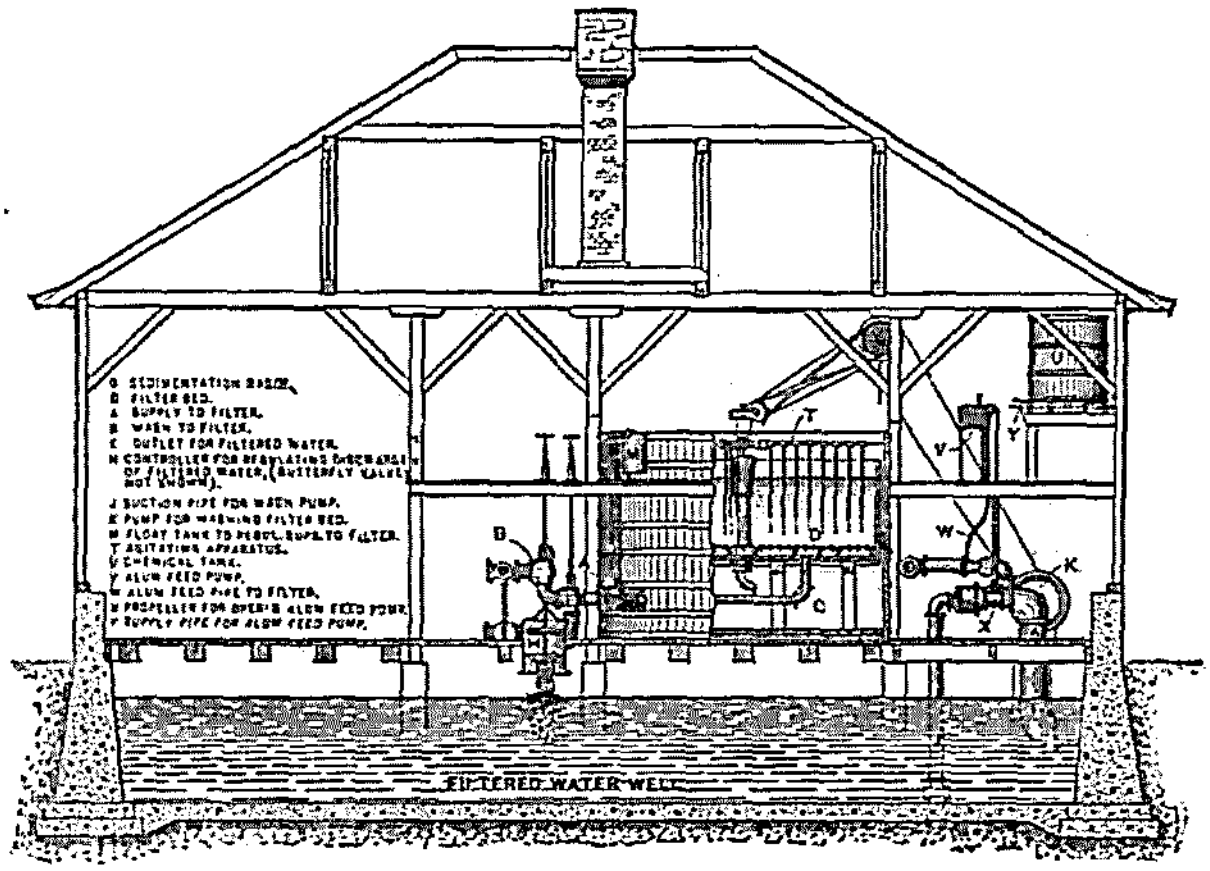
Черт. 441. — **Общій видъ опытнаго фильтраціоннаго устройства, созданнаго въ East Providence для изслѣдованія свойствъ фильтра системы *Jewell'я*. Пропускная способность фильтра 500.000 галлоновъ въ сутки при скорости фильтраціи въ 125.000.000 галлоновъ на акръ въ сутки, т. е. 4603 дюйма или примѣрно въ 50 разъ больше, чѣмъ при англійскихъ песочныхъ фильтрахъ. Коагулянтъ—сюльфатъ аллюминія—прибавляется въ количествѣ 1 грана на 1 галлонъ. Вода съ коагулянтомъ поступаетъ въ осадочный бассейнъ *c*), чрезъ который проходитъ въ 17 минутъ и поднимается на фильтръ. Фильтрующій слой состоитъ изъ искусственнаго кварцеваго песка въ слоѣ толщиной $3^3/_3$ фута. Результаты фильтраціи—*уменьшеніе*: бактерій—на 99,20%; твердаго остатка—на 6%; хлора — на 1%; окиси желѣза — на 61%; окиси аллюминія—на 38%; свободнаго аммонія на 29%; альбуминнаго аммонія — на 63%; окраски—на 83%; *увеличеніе*—жесткости на 20%. Цѣна всего устройства около 11.500 долларовъ. Если же поставить еще 3 фильтра, для коихъ спроектировано зданіе, то цѣна будетъ 21.000 долларовъ или 10.500 долларовъ на 1.000.000 галлоновъ фильтрованной воды въ сутки.**

(Am. Soc. Civ. Eng. Sept. 1899. Proc. Vol. XXV. № 7 Edmund Weston — Test of a mechanical filter).

Фильтрованіе воды.

Механическіе открытые фильтры.

Водоснабженіе гор. East-Providence.



Открытый фильтръ системы Jewell.

Черт. 442.—**Разрѣзъ фильтраціоннаго зданія.** *C*—осадочный бассейнъ; *D*—фильтръ; *A* — труба, приводящая воду къ фильтру; *B* — промывная труба фильтра; *E* — выпускъ фильтрованной воды; *H* — регуляторъ расхода воды чрезъ фильтръ; *I* — всасывающая труба промывного насоса; *K* — насосъ для промывки фильтра; *T*—вращающійся приборъ для размѣшиванія фильтруемой воды; *U*—чанъ съ химическимъ реактивомъ; *V* — насосъ для подачи химическаго реактива; filtered water well — резервуаръ фильтрованной воды; *W* — труба, доставляющая реактивъ въ фильтруемой водѣ.

(Am. Soc. Civ. Eng. Sept 1899. Proc. Vol XXV. № 7 Edmund Weston — Test of a mechanical filter).

Фильтры системы Jewell устраиваются преимущественно открытые въ формѣ деревянныхъ (черт. 442) или желѣзныхъ цилиндрическихъ резервуаровъ высотой 14 футъ и разныхъ діаметровъ. Въ новѣйшихъ открытыхъ фильтрахъ Jewell внутрь главнаго резервуара вставленъ другой меньшаго діаметра (черт. 442) и меньшей высоты, назначенный для фильтрующаго матеріала, причемъ промежутокъ между стокомъ двухъ резервуаровъ служитъ для стока воды, проходящей во время промывки сквозь фильтръ снизу вверхъ, а пространство между днищами резервуаровъ—осадочнымъ бассейномъ (*c* — на черт. 442), чрезъ который проходитъ на фильтръ коагулированная вода. Коагулянтъ — сульфатъ аллюминія. На днѣ фильтра, подъ слоемъ фильтрующаго матеріала толщиной 3—4 фута расположены горизонтальныя трубы, на которыхъ установлено значительное число (въ 12 футовомъ фильтрѣ обыкновенно 496 шт.) сѣтчатыхъ сосковъ, принимающихъ въ себя очищенную воду. Они сдѣланы изъ аллюминіевой бронзы. Фильтрующій матеріалъ—натуральный рѣчной или искусственно приготовляемый дробильными машинами кварцевый песокъ. Промывка производится обратнымъ пропускомъ воды, причемъ песокъ перемѣшивается механически особыми мѣшалками, приводимыми въ движеніе обыкновенно паровой машиной. Продолжительность такой промывки изъ Провиденскихъ опытовъ Вестона опредѣлена въ 11 минутъ, причемъ количество необходимой для нея воды опредѣлилось въ 4,9% всей фильтруемой воды. (Зимминъ—III Вод. С. стр. 131).

Изъ положительной роли, какую въ этомъ коэффиціентѣ играетъ скорость фильтраціи v, слѣдуетъ заключить, что для ускоренія момента пріобрѣтенія даннымъ фильтромъ должной способности очищать воду, можно съ пользою, въ самомъ началѣ дѣйствія его фильтровать воду со значительною скоростью. Понятно, что получаемый въ этотъ приготовительный промежутокъ времени фильтратъ, въ виду роли, какую играетъ v въ коэффиціентахъ $k' \frac{l'}{\rho}$ и $k \frac{l}{d}$, можетъ оказаться негоднымъ къ употребленію.

Второй коэффиціентъ $k' \frac{l'}{\rho}$ содержитъ перемѣнную величину l', которая въ теченіи всего періода фильтраціи непрерывно возрастаетъ, вслѣдствіе чего k', соотвѣтственно уменьшается; этимъ объясняется извѣстный фактъ, что чѣмъ продолжительнѣе дѣйствіе фильтра, тѣмъ лучше онъ фильтруетъ. Кромѣ того выясняется значеніе мутности воды: чѣмъ абсолютная мутность до фильтрованія больше, тѣмъ относительная послѣ фильтрованія меньше. Такъ напр. если для воды извѣстной мутности x коэффиціентъ k', положимъ $\frac{1}{2}$ а $l' = 1$, то для воды, мутность которой въ 2, 3, 4 и т. д. разъ больше, l' увеличится въ 2, 3, 4 и т. д. разъ, коэффиціентъ же k', уменьшится до $^1/_4$, $^1/_8$, $^1/_{16}$ и т. д., и y по отношенію къ x приметъ значенія все быстрѣе и быстрѣе уменьшающіяся.

Важная зависимость k', отъ l' приводитъ еще къ одному заключенію практическаго характера, касающемуся устройства песочныхъ фильтровъ. Какъ извѣстно, образующаяся на поверхности фильтра илистая пленка толще съ той стороны, откуда притекаетъ сырая вода, чѣмъ въ противоположномъ концѣ; вслѣдствіе этого на этой сторонѣ фильтръ очищаетъ воду лучше, здѣсь l' больше. Кромѣ того, такъ какъ одинаковый уровень воды въ фильтрѣ обусловливаетъ одинаковое по всей поверхности фильтра давленіе воды, большая же величина l' оказываетъ большее сопротивленіе фильтруемой водѣ, уменьшая скорость фильтраціи, то фильтръ дѣйствуетъ лучше со стороны притока воды еще и по другой причинѣ: потому что v меньше. Итакъ песочный фильтръ не дѣйствуетъ равномѣрно всею своею поверхностью; это составляетъ одинъ изъ его недостатковъ. На это обстоятельство слѣдовало бы обращать вниманіе при устройствѣ новыхъ фильтровъ и размѣщать притокъ и отводъ воды такъ,

чтобы фильтръ дѣйствовалъ возможно равномѣрно всею своею поверхностью.

Выше выведенное для обыкновенныхъ горизонтальныхъ песочныхъ фильтровъ общее уравненіе $y = k'' k' \rho^{\frac{l'}{\rho}} k^{\frac{l}{d}} x$ примѣнимо повидимому и ко всякому другому фильтру, съ тою лишь разницею, что при различныхъ фильтрахъ коэффиціенты $k'' k' \rho^{\frac{l'}{\rho}}$ и $k^{\frac{l}{d}}$ будутъ играть различную болѣе или менѣе важную роль. Такъ для фильтровъ съ вертикальнымъ положеніемъ фильтрующей грани второй коэффиціентъ $k'^{\frac{l'}{\rho}}$ имѣетъ малозначенія, что напр. составляетъ слабую сторону фильтра Peters-Fischer'a (см. § 68). Для фильтровъ Chamberland'a и подобныхъ самую важную роль играетъ коэффиціентъ k'', который при бумажныхъ фильтрахъ составляетъ чуть ли не всю характеристику фильтраціи.

Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что установленный взглядъ на процессъ фильтраціи легко объясняетъ способность нѣкоторыхъ фильтровъ задерживать механически газы, содержащіеся въ свободномъ состояніи въ фильтруемой жидкости. Фильтраціонный матеріалъ въ такихъ фильтрахъ по природѣ губчато-пористый, т. е. зернышки его со всѣхъ сторонъ снабжены вогнутыми поверхностями. Въ этомъ случаѣ протекающая по мелкимъ канальцамъ фильтра жидкость отчасти приводитъ увлекаемые ею пузырки газа въ соприкосновеніе съ жидкостью, находящеюся въ расширенныхъ канальцахъ въ состояніи покоя; тамъ, поднимаясь вверхъ, пузырки эти задерживаются въ углубленіяхъ зернышекъ открытыхъ снизу, откуда дальнѣйшее движеніе жидкости уже не въ состояніи вывести ихъ наружу.

Соображенія объ образованіи илистаго добавочнаго фильтра на поверхности песка очевидно можно бы по аналогіи проводить дальше, принимая, что на первомъ такомъ фильтрѣ осаждается второй, на второмъ третій и т. д., а потому въ общей формулѣ слѣдуетъ положить, что коэффиціентъ $k'^{\frac{l'}{\rho}}$ относится къ цѣлому добавочному илистому фильтру, который до даннаго момента времени образовала жидкость на поверхности песка.

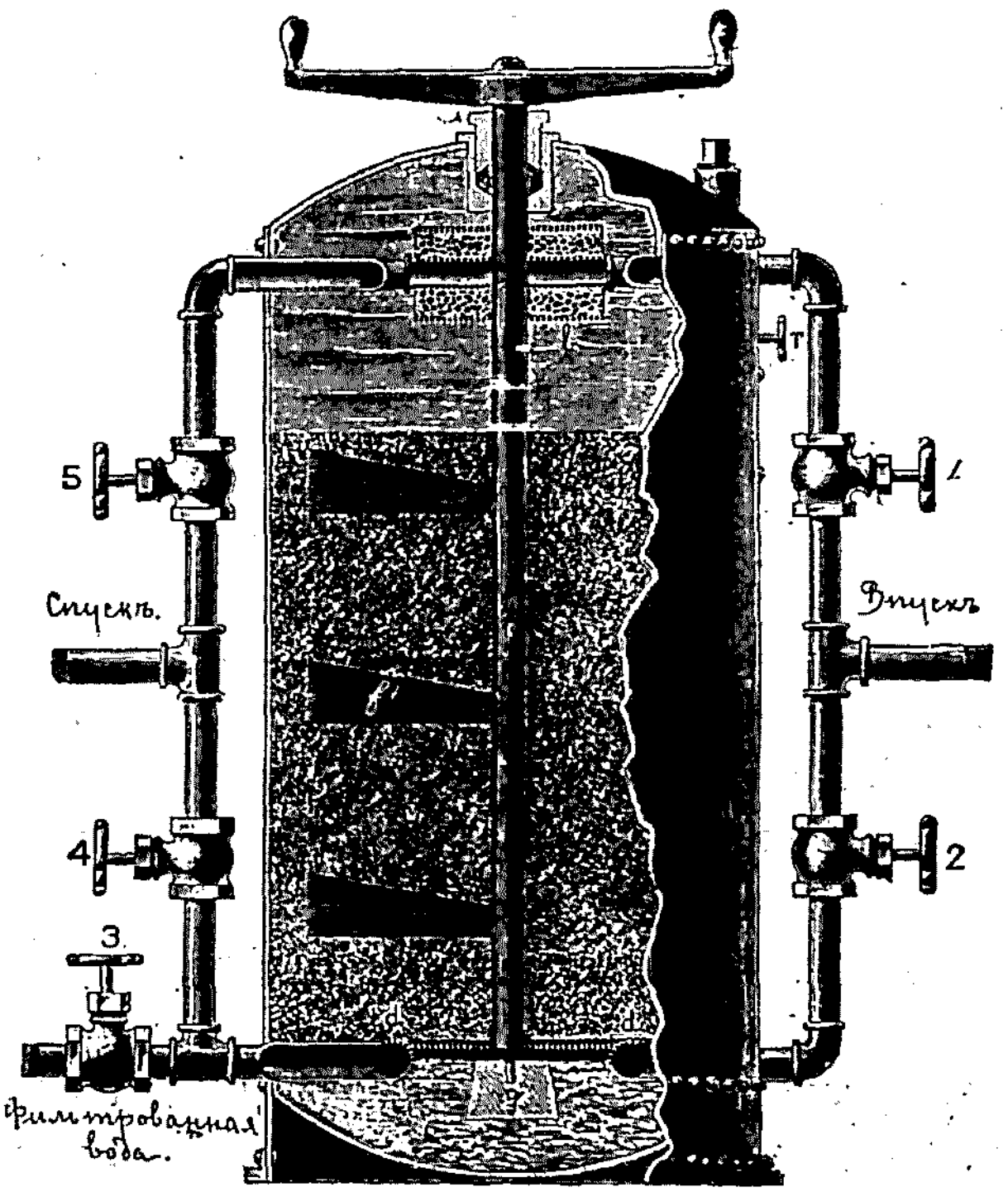
Вышеописанныя особенности песочныхъ фильтровъ, выведенныя изъ основной и общей формулъ фильтраціи мути, были уже болѣе

или менѣе давно замѣчены на практикѣ и подтверждены прямымъ наблюденіемъ хода фильтраціи. Тѣмъ не менѣе результаты многочисленныхъ бактеріологическихъ изслѣдованій, а въ числѣ ихъ и изслѣдованій произведенныхъ въ 1895 году въ варшавскихъ фильтрахъ, показали съ одной стороны, что законы фильтраціи для бактерій и для обыкновенной мути сходны, съ другой же, что приведенныя формулы подтверждаются процессомъ фильтраціи на практикѣ.

Одно свойство фильтровъ, вытекающее изъ приведенныхъ формулъ, еще не вполнѣ было подтверждено на практикѣ, вслѣдствіе чего на варшавскихъ фильтрахъ были произведены приводимыя ниже изслѣдованія.

Изъ разсмотрѣнія формулъ для илистаго фильтра ($x'' = k' \overline{\rho}^{\frac{v'}{}} x'$) и для песчанаго ($y = k \overline{d}^{\frac{l}{}} x''$) слѣдуетъ, что количества бактерій или мути, задерживаемыя въ толщѣ слоевъ этихъ фильтровъ, весьма быстро уменьшаются по направленію отъ поверхности вглубь, т. е. что поверхностные слои фильтраціоннаго матеріала задерживаютъ наибольшее, слои же лежащіе ниже сравнительно меньшее количество бактерій и мути. Это обстоятельство невозможно провѣрить по отношенію къ илистому фильтру, въ виду весьма малой толщины цѣлаго слоя его, составляющей всего около 1 миллиметра. Что касается песочнаго фильтра, то для бактерій такое уменьшеніе давно уже было доказано опытами, произведенными на разныхъ фильтрахъ. Piefke представилъ это даже графически, какъ показано на черт. 437. Длины черныхъ линій представляютъ здѣсь количества бактерій, найденныя въ слоѣ песка на соотвѣтственныхъ глубинахъ. Для обыкновенной мути опыты въ этомъ направленіи производились на варшавскихъ фильтрахъ въ концѣ 1895 и началѣ 1896 г. Извѣстно, что если толщина слоя песка въ фильтрѣ составляетъ напр. 60 см., то вслѣдствіе очередной очистки въ теченіи всего года она уменьшается до половины, послѣ чего опять пополняется свѣжимъ пескомъ до прежней толщины. Такимъ образомъ нижняя половина всего слоя песка въ каждомъ фильтрѣ обыкновенно остается не смѣненною въ теченіи многихъ лѣтъ. Шесть варшавскихъ фильтровъ дѣйствуетъ уже болѣе десяти лѣтъ, вслѣдствіе чего на ихъ несмѣненномъ пескѣ, какъ самомъ подходящемъ для этой цѣли и были произведены опыты, о которымъ

Механическіе напорные фильтры.



Черт. 443.

Закрытый фильтръ системы Девисъ.

Фильтръ системы Девисъ представляетъ собой закрытый металлическія сосудъ. Фильтрирующій матеріалъ—песокъ—лежитъ на сѣтчатомъ поддонѣ, имѣя надъ собой пространство для притекающей нефильтрованной, а подъ собой—пространство для отфильтрованной воды. Впускъ и выпускъ регулируются кранами №№ 1, 2, 3, 4, 5, назначеніе коихъ ясно изъ чертежа. Промывка производится обратнымъ токомъ воды, причемъ песокъ перемѣшивается механическими мѣшалками, насаженными на вертикальную ось.

говорится. Съ тою цѣлью взвѣшивалось извѣстное количество песка съ самаго верху и съ самаго низу несмѣшеннаго слоя, а также одновременно свѣжаго песка, какой употребляется для пополненія взамѣнъ снимаемаго при очисткѣ. Для такихъ трехъ пробъ, взятыхъ отдѣльно изъ каждаго изъ шести фильтровъ, было опредѣлено количество содержащейся въ нихъ мути, посредствомъ промывки песка въ чистой водѣ и затѣмъ фильтрованія черезъ бумажный фильтръ. Средній результатъ для шести фильтровъ показалъ, что на 1 килограммъ сухого песка при + 100° С въ самомъ грязномъ, верхнемъ его слоѣ было 21,15 граммъ мути (сухой при + 100° С), въ пескѣ нижняго слоя 3,84 гр., въ свѣжемъ 1,12 гр. Это значитъ, что фильтрующаяся вода въ теченіи 10 лѣтъ оставила въ верхнемъ слоѣ 21,15 — 1,12 = 20,03 гр., въ самомъ нижнемъ 3,84 — 1,12 = 2,72 грам. мути. Этотъ опытъ доказываетъ, что и это послѣднее свойство фильтраціи (по отношенію къ мути), выведенное изъ теоретическихъ формулъ, согласуется въ общихъ чертахъ съ результатами, получаемыми на практикѣ.

Замѣтимъ, въ заключеніе, что при всемъ интересѣ приведеннаго здѣсь изслѣдованія, оно не обнимаетъ собой свойствъ фильтра, зависящихъ отъ развитія органической жизни на пленкѣ (см. § 63).

§ 67. Химическое очищеніе воды.

Въ § 60 мы указали, въ чемъ состоятъ принципы химической очистки воды. Здѣсь имѣется въ виду остановится на нѣкоторыхъ изъ предложенныхъ способовъ, преимущественно изучавшихся въ Россіи.

Въ этомъ отношеніи представляется умѣстнымъ упомянуть объ опытахъ профессора Н. А. Бунге надъ очищеніемъ химическими способами Днѣпровской воды (см. Труды второго водопроводнаго Съѣзда, стр. 226). Хотя эти опыты не были признаны самимъ почтеннымъ профессоромъ вполнѣ рѣшающими вопросъ, но они заслуживаютъ несомнѣннаго вниманія.

Профессоръ Бунге прежде всего попробовалъ воспользоваться американскимъ способомъ для очищенія Днѣпровской воды, но безуспѣшно, такъ какъ прибавленіе сѣрно-алюминіевой соли въ количествѣ эквивалентномъ углекальціевой соли, содержащейся въ Днѣпровской водѣ, не вызываетъ требуемой мути. Тогда замѣнили сѣрно-

алюминіеву соль *гидратомъ окиси алюминія*, взболтаннымъ въ водѣ, и получили слѣдующіе результаты: при прибавленіи 40 мгр. окиси алюминія ($Al_2\ O_3$), въ видѣ гидрата къ литру профильтрованной черезъ городской фильтръ воды, послѣдняя, изъ мутной и темной, превратилась, послѣ отдѣленія осадка, вполнѣ въ безцвѣтную и прозрачную, какъ хрусталь, лишилась болѣе половинѣ (52.63%) своихъ органическихъ веществъ, и при продолжительномъ сохраненіи (нѣсколько мѣсяцевъ) въ бутылкѣ, не измѣняла своихъ качествъ, и въ ней не развивалось микроорганизмовъ. Однако цѣлый рядъ произведенныхъ анализовъ показалъ, что при этомъ способѣ очищенія нѣкоторое количество окиси алюминія остается въ водѣ.

Въ виду этого обстоятельства было признано невозможнымъ удовлетвориться указаннымъ способомъ очищенія воды, хотя онъ по своей цѣнѣ могъ бы получить практическое примѣненіе для очищенія большихъ количествъ воды. И дѣйствительно, принимая во вниманіе цѣну гидрата алюминія (19.75 флор. за 100 кило, безводнаго) расходъ на реактивъ не превышалъ бы 1 коп. на 100 ведеръ очищенной воды, при значительномъ уменьшеніи расходовъ на фильтрованіе.

Принимая во вниманіе, что органическія тѣла менѣе препятствуютъ осажденію изъ раствора окиси желѣза, чѣмъ окиси алюминія, профессора Бунге примѣнилъ также къ очищенію Днѣпровской воды хлорное желѣзо. Опытъ въ этомъ направленіи далъ удовлетворительные результаты. Прибавивъ къ одному литру Днѣпровской (профильтрованной черезъ городской фильтръ) воды *45 мгр. хлорнаго желѣза* ($Fe\ Cl_3$) *или въ круглыхъ числахъ 0,5 грам.* на ведро, давъ смѣси простоять около часу и профильтровавъ воду черезъ песокъ, онъ лишилъ воду ея мути, и обезцвѣтилъ, хотя и менѣе совершенно, чѣмъ при употребленіи окиси алюминія. При увеличеніи количества прибавляемаго хлорнаго желѣза, увеличивается эффектъ очищенія и ускоряется образованіе осадка; но указанное количество хлорнаго желѣза вполнѣ достаточно для полученія вполнѣ удовлетворительной воды.

Если принять существующую заграницей цѣну на чистое хлорное желѣзо (48 марокъ за 100 кгр.)—цѣну, которая должна понизится при увеличеніи спроса на хлорное желѣзо, имѣющее пока ограниченное примѣненіе. то расходъ на реактивъ при вышеопи-

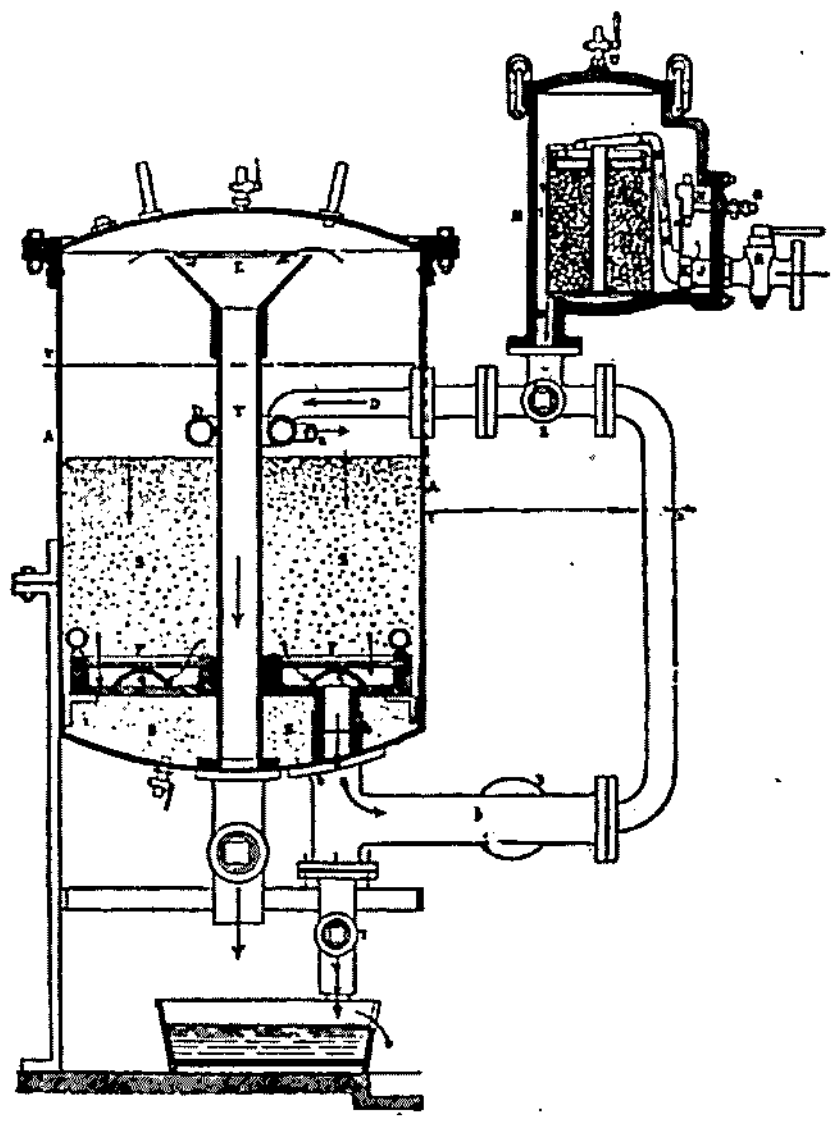
санномъ способѣ очищенія не превыситъ *2.40 пфн. на 100 ведеръ воды, или 0,72 коп. золотомъ или (при курсѣ 219 марокъ) 1,09 коп. кредитныхъ на 100 ведеръ воды.* Расходъ этотъ нельзя, по мнѣнію проф. Бунге считать чрезмѣрнымъ, въ особенности, если принять во вниманіе, что при употребленіи указаннаго способа очищенія воды значительно сокращается по опытамъ профессора Бунге размѣръ фильтровъ.

И дѣйствительно, *по лабораторнымъ опытамъ*, при отдѣленіи воды отъ осадка, можно вести фильтрованіе *(производя его снизу вверхъ)* очень быстро, а именно такъ, что 1 квадратный метръ фильтрующей поверхности, при толщинѣ песочнаго слоя въ 13 сант. и давленіи 60 сант. водянаго столба дастъ въ часъ *3.000 литровъ* очищаемой воды. Значитъ для профильтрованія *въ 24 ч.* 1 милліона ведеръ потребуется всего 171 квадратныхъ метровъ, или фильтръ, имѣющій приблизительно 13 метровъ, (18,34 аршинъ) въ квадратѣ, между тѣмъ какъ при обыкновенномъ способѣ фильтрованія, принимая англійскія нормы, для очищенія такого же количества воды потребовался бы фильтръ съ поверхностью болѣе двухъ десятинъ.

Спрашивается, однако, вода, очищенная указаннымъ способомъ, можетъ ли считаться здоровой и пригодной для всѣхъ техническихъ цѣлей? По своимъ физическимъ качествамъ очищенная вода удовлетворяетъ всѣмъ требованіямъ: она прозрачна, безцвѣтна, и по всей вѣроятности обезпложена. Но она, какъ показалъ апализъ, содержитъ приблизительно $^3/_4$ всего хлора, который былъ введенъ въ нее хлорнымъ желѣзомъ, въ видѣ хлористаго кальція. Вредно ли присутствіе незначительныхъ количествъ хлористаго кальція въ водѣ для здоровья — можетъ рѣшить вѣроятно, лишь продолжительный опытъ питья такихъ водъ. Во всякомъ случаѣ, соединеніе это неизбѣжно должно образоваться въ нашемъ желудкѣ, при употребленіи воды, содержащей *углекальціевую соль* (а ее содержатъ всѣ естественныя воды), такъ какъ желудочный сокъ, какъ извѣстно содержитъ соляную кислоту, которая и должна разложить углекальціевую соль воды съ образованіемъ хлористаго кальція.

Что касается вреда, причиняемаго присутствіемъ нѣкотораго количества хлористаго кальція въ водѣ для техническихъ цѣлей, то и этотъ вопросъ не представляется рѣшеннымъ. Правда, извѣстно, что въ водѣ, служащей для питанія паровыхъ котловъ, а также для обра-

Механическіе напорные фильтры.



Черт. 444.

Фильтръ системы Делотель и Морид̀ъ.

Въ этомъ фильтрѣ промывка верхняго слоя песка дѣлается безъ обращенія направленія тока воды; такая промывка достигается тѣмъ, что поступающая на фильтръ вода имѣетъ вращательное движеніе, такъ какъ выходныя трубки *(a)* расположены горизонтально и изогнуты подобно трубкамъ. Сегнерова колеса. Когда верхній слой загрязнится, то открывая кранъ внизу на трубѣ *T*, заставляютъ поступающую на фильтрованную воду смывать грязь и чрезъ воронку *E* удалять ее изъ фильтра. Когда же желаютъ промыть всю массу песка, то пускаютъ обратный токъ воды. Фильтръ можетъ примѣняться съ коагулянтами, которые вводятся въ воду изъ особаго распредѣлительнаго прибора.

зованія известковаго раствора и другихъ цѣлей, присутствіе хлористыхъ соединеній вообще не желательно, но предѣлъ содержанія хлористыхъ соединеній, за которымъ вода не можетъ быть болѣе употреблена для названныхъ цѣлей, не опредѣленъ.

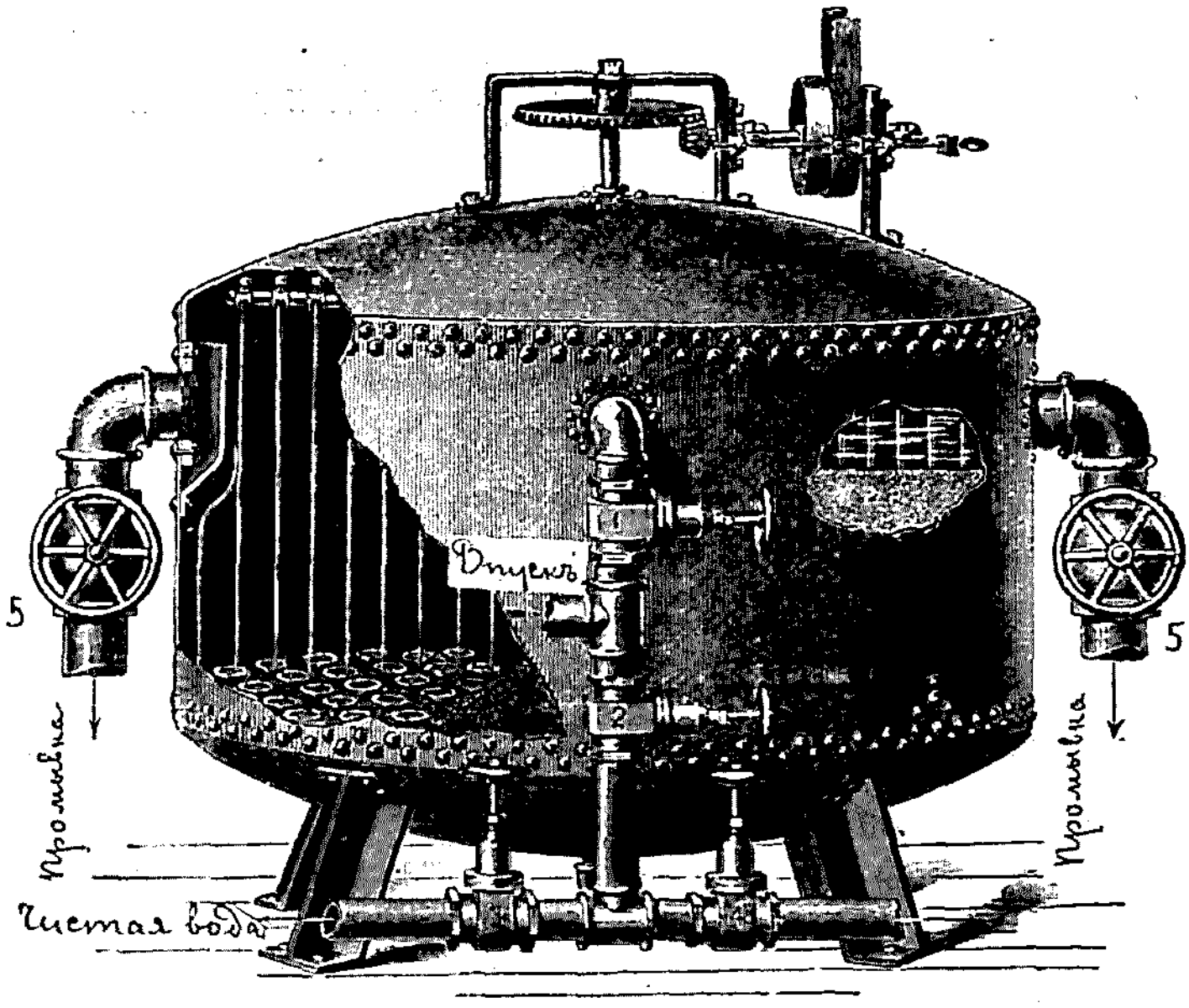
Если, однако, техники или гигіенисты найдутъ неудобнымъ очищеніе воды хлорнымъ желѣзомъ, то по мнѣнію профессора Бунге можно съ успѣхомъ замѣнить его сѣрно-желѣзною солью, причемъ увеличится въ водѣ содержаніе сѣрнокальціевой соли, съ присутствіемъ которой до извѣстнаго предѣла мирятся какъ гигіенисты, такъ и техники. По произведеннымъ имъ опытамъ при прибавленіи *55,5 мгр. на литръ или 0,683 грм. на ведро сѣрно-желѣзной соли*, [$Fe_2\ (So_4)_3$], вода становится прозрачной и безцвѣтной, лишается значительной части содержавшихся въ ней органическихъ веществъ и вообще очищается такъ же хорошо, какъ и хлорнымъ желѣзомъ, причемъ стоимость очищенія не будетъ дороже при фабричномъ производствѣ сѣрно-желѣзной соли, употребляемой нынѣ только въ качествѣ фармацевтическаго препарата.

Способъ *Гуннинга*, т. е. очищеніе воды хлорнымъ желѣзомъ совмѣстно съ содой профессоръ Бунге не рекомендуетъ. Правда, онъ вполнѣ удовлетворилъ бы гигіенистовъ, но не умепьшилъ бы въ водѣ содержанія хлора, и кромѣ того потребовалъ бы большаго расхода на реактивъ и понизилъ бы эффектъ фильтрованія; вода, очищенная однимъ хлорнымъ желѣзомъ, болѣе безцвѣтна, чѣмъ очищенная тѣмъ же количествомъ хлорнаго желѣза и содой и образующійся при этомъ осадокъ медленнѣе выдѣляется изъ воды.

Изъ произведенныхъ имъ изслѣдованій проф. Бунге пришелъ къ заключенію, *что химическіе способы очищаютъ воду несравненно полнѣе отъ органическихъ, красящихъ, взвѣшенныхъ тѣлъ и микроорганизмовъ, чѣмъ простое фильтрованіе чрезъ песочные фильтры, и по своей цѣнѣ вполнѣ доступны для очищенія большихъ количествъ воды.*

Охарактеризованные химическіе способы представляются, очевидно, способами *смѣшанными*, такъ какъ за химическимъ дѣйствіемъ слѣдуетъ непремѣнно фильтрованіе, но не обыкновенное медленное, а быстрое, такъ называемое *механическое*.

Механическіе напорные фильтры.



Черт. 445.

Закрытый фильтръ системы Jewell.

Фильтрующій матеріалъ — кварцевый песокъ. Коагулянтъ — сюльфатъ аллюминія. Промывка производится обратнымъ токомъ воды; для лучшаго перемѣшиванія песка служатъ вертикальныя мѣшалки, насаженныя на горизонтальную ось и приводимыя въ дѣйствіе паровой машиной. Продолжительность промывки — 11 минутъ; расходъ воды на промывку 4,9% всей фильтруемой воды. Фильтры этой системы появились въ 1887 г. и теперь имѣютъ значительное распространеніе. На фиг. 445 изображенъ элементъ закрытыхъ фильтровъ системы Джуэлль, устроенныхъ въ водопроводѣ г. Шаттануга въ штатѣ Теннеси. Компанія изготовляющая фильтры системы Джуэлль, рекомендуетъ предпочитать открытые фильтры этой системы, охарактеризованные на черт. 441—442. (Н. П. Зиминъ).

§ 68. Фильтрованіе воды чрезъ механическіе (американскіе) фильтры.

Изъ приведенныхъ въ § 67 указаній профессора Н. А. Бунге, мы ознакомились съ его взглядами на обыкновенную песчаную фильтрацію и съ его мнѣніемъ относительно *химическихъ способовъ* очищенія воды, получившихъ въ послѣднее время широкое распространеніе въ городахъ Сѣверной Америки. Подъ этими *химическими способами* профессоръ Н. А. Бунге подразумѣваетъ прибавку къ водѣ, подлежащей очищенію, незначительныхъ количествъ тѣхъ или другихъ реагентовъ, способныхъ производить при соединеніи съ находящимися въ водѣ солями *хлопьевидный или студенистый осадокъ*, который увлекаетъ бактерій, находящіяся въ водѣ примѣси, окрашивающія ее вещества и даже значительное количество растворенныхъ органическихъ веществъ. При фильтрованіи подготовленной такимъ образомъ воды чрезъ фильтры *снизу вверхъ* даже при весьма значительныхъ скоростяхъ, достигавшихъ при опытахъ, производившихся профессоромъ Н. А. Бунге, до 120 дюймовъ въ часъ, она очищалась до полной прозрачности.

Такъ какъ химическія воздѣйствія на воду, производимыя съ цѣлью улучшить ея качество и поставить въ наивыгоднѣйшія условія происходящее вслѣдъ за тѣмъ быстрое *механическое фильтрованіе*, представляются въ количественномъ отношеніи весьма незначительными, то американская водопроводная практика назвала такіе способы очищенія воды также *механическимъ фильтрованіемъ*, а за самыми химическими реагентами, прибавляемыми къ очищаемой водѣ, удержала названіе *коагулянты*. Процессъ прибавленія реактивовъ къ очищаемой водѣ называютъ *коагуляція*, а самые приборы, назначаемые для быстраго фильтрованія подвергнутой дѣйствію коагюлянта воды называютъ, какъ это указано въ § 63, *механическими фильтрами* (см. докладъ Н. К. Зимина по сему вопросу III Рус. Вод. Съѣзду). Напомнимъ, что механическое (быстрое) фильтрованіе производится и безъ предварительнаго коагулированія воды химическими реактивами въ приборахъ носящихъ также названіе механическихъ фильтровъ. Но результаты такой очистки воды обыкновенно мало удовлетворительны.

Профессоръ Н. А. Бунге говоритъ, что *при помощи англій-*

скихъ песочныхъ фильтровъ удается удержать изъ воды довольно совершенно только взвѣшенныя примѣси; органическія же и, въ особенности, красящія тѣла, растворенныя въ водѣ, и микроорганизмы удаляются ими несовершенно и находитъ, что несмотря на чрезвычайную надобность ввести необходимыя улучшенія въ дѣло очищенія рѣчныхъ водъ для водоснабженія городовъ, «*только въ Сѣверной Америкѣ сдѣлана первая серьезная попытка замѣнить песочные фильтры химическими способами при очищеніи массъ воды*».

Въ настоящее же время сама жизнь выдвигаетъ этотъ вопросъ: англійскіе песочные фильтры, во многихъ случаяхъ недоступны—стоютъ слишкомъ дорого, и потому до сихъ поръ значительная часть Россіи пьетъ рѣчную воду не фильтрованную.

При такихъ условіяхъ на механическіе фильтры должно быть обращено особое вниманіе. Для фильтрованія въ нихъ употребляются различные матеріалы: искусственный песчаникъ, уголь, желѣзистые шлаки и т. п., весьма же часто и обыкновенный песокъ. Одними изъ первыхъ механическихъ фильтровъ были *фильтры системы Fisher-Peters'a;* они состоятъ изъ цѣлаго ряда отдѣльныхъ небольшихъ «элементовъ», сдѣланныхъ изъ искусственнаго песчаника, черезъ которые и пропускается вода (черт. 438). Фильтрующіе элементы установлены къ крытымъ бассейнѣ. Каждый элементъ состоитъ изъ плоской, поставленной на ребро глухой коробки, сдѣланной изъ пластинъ искусственнаго песчаника. Вода проходитъ изъ бассейна во внутреннюю полость каменныхъ элементовъ и отсюда по соединительной трубѣ поступаетъ въ сборную, отводящую фильтрованную воду въ бассейнъ чистой воды. При толщинѣ стѣнокъ элементовъ въ 10 см. и принятой средней высотѣ напора каждый кв. футъ поверхности элемента даетъ 10 куб. футъ воды въ сутки, т. е. скорость фильтраціи почти одинакова съ простыми пѣсочными фильтрами, но такъ какъ при плоской формѣ элементовъ и расположеніи ихъ въ нѣсколько рядовъ другъ надъ другомъ можно занять ими очень много мѣста, то оказывается, что по сравненіи съ песочными фильтрами, каждая квадратная единица поверхности бассейна, гдѣ стоятъ элементы, даетъ значительно большее количество воды. Въ случаѣ засоренія элементы могутъ быть промываемы обратнымъ токомъ воды, впуская ее подъ напоромъ—внутрь элементовъ и выдавливая этимъ способомъ грязь изъ поръ песчаника. Въ случаѣ

сильнаго проростанія грязью, растительными организмами и проч. отдѣльные элементы могутъ быть прокаливаемы въ особыхъ печахъ. Фильтры Firsher-Peters'a впервые были устроены въ г. Вормсѣ въ 1892 году и оказались тамъ довольно удовлетворительными. У насъ подобные же фильтры были устроены въ 1894—95 г. въ Петербургѣ въ Экспедиціи Заготовленія Государственныхъ Бумагъ, но оказались здѣсь, несмотря на полную внимательность надзора, настолько неудобными (быстрота загрязненія), что были оставлены и пришлось выстроить новые песочные фильтры обыкновеннаго устройства.

Изъ описанія пластинчатыхъ фильтровъ системы Фишера-Петерса видны уже тѣ основныя мысли, которыми руководились изобрѣтатели удешевленной фильтраціи. Они стремятся устранить изъ фильтра излишнюю, ненужную для очищенія воды массу матеріаловъ, лишь поддерживающихъ слой песка и образующуюся на поверхности его изъ осадковъ фильтрующую илистую пленку (булыжникъ, камни, щебень и гравій), но вмѣстѣ съ тѣмъ служащихъ для скопленія проникающей во всю ихъ толщу выдѣляемой изъ воды грязи.

Тѣ же изобрѣтатели, располагая фильтрующія поверхности *вертикально*, достигаютъ большей утилизаціи вмѣстимости фильтровальныхъ резервуаровъ и, примѣняя способъ *обратной промывки*, вносятъ улучшеніе въ дѣло очищенія фильтровъ отъ засоряющей ихъ грязи. Но они еще довольствуются очень малой скоростью фильтраціи, около 5 дюймовъ въ часъ (125 мм.) и не примѣняютъ еще химическихъ реагентовъ (*коагулянтовъ*).

Пластинчатые фильтры Фишера и Петерса очищая воду до полной прозрачности не устраняютъ однако изъ нея желтоватой окраски, присущей водѣ большинства нашихъ русскихъ рѣкъ.

Нѣкоторое сходство съ фильтрами Фишера и Петерса по основной идеѣ конструкціи представляютъ французскіе фильтры системы «Maignan», въ которыхъ поднятая изъ рѣки въ фильтровальный резервуаръ вода высасывается расположенными въ немъ цилиндрическими вертикальными элементами, состоящими изъ асбестовыхъ мѣшковъ, содержащихъ въ себѣ животный уголь въ зернахъ и имѣющихъ внутри тоже асбестовые покрытые угольнымъ порошкомъ пріемники съ трубками для отвода чистой воды. Элементы эти располагаются на проложенныхъ по дну резервуара собирательныхъ трубахъ, отводящихъ воду въ резервуаръ для чистой воды. Но

отличіе здѣсь въ томъ, что Maignan уже примѣняетъ химическіе реагенты съ цѣлью умягченія воды.

Преимущество фильтрующихъ элементовъ Maignan передъ элементами Фишера-Петерса заключается въ томъ, что, въ случаѣ чрезмѣрнаго засоренія толщи фильтрующаго матеріала, онъ можетъ быть высыпанъ и перемытъ. Въ виду этого обратная промывка въ фильтрахъ Maignan не производится и довольствуются только наружной обмывкой элементовъ струей воды.

Не останавливаясь на многихъ другихъ существующихъ фильтровальныхъ приборахъ для малыхъ количествъ воды, потому что здѣсь имѣется въ виду только очищеніе воды въ большихъ массахъ, и перейдемъ къ *механическимъ фильтрамъ*, встрѣчающимся въ Сѣверной Америкѣ, гдѣ они получаютъ все болѣе и болѣе широкое распространеніе. Они работаютъ тамъ въ значительномъ числѣ на фабрикахъ, а также при многихъ городскихъ водопроводахъ.

Теперь въ Соединенныхъ Штатахъ Сѣверной Америки механическіе фильтры уже сильно конкурируютъ съ обыкновенными песочными фильтрами и на Американскихъ Водопроводныхъ Съѣздахъ вопросъ этотъ служитъ постоянной темой для жаркихъ преній. Каждый изъ обоихъ способовъ фильтрованія воды (то есть старый и новый) имѣютъ и тамъ своихъ защитниковъ; но тотъ фактъ, что въ Соединенныхъ Штатахъ въ настоящее время обыкновенные песочные фильтры встрѣчаются очень рѣдко, а механическіе фильтры примѣнены уже болѣе чѣмъ въ ста городахъ съ общимъ населеніемъ около 2 милліоновъ жителей—даетъ нѣкоторымъ спеціалистамъ основаніе думать, что побѣда въ этой борьбѣ останется за механическими фильтрами.

Американскіе механическіе фильтры съ очень быстрой фильтраціей дѣлаются весьма разнообразныхъ конструкцій. Идея ихъ устройства заключается въ томъ, что въ закрытые (рѣже открытые) деревянные или желѣзные сосуды, въ которыхъ насыпанъ фильтрующій слой песка (на поддонъ изъ мелкой сѣтки), пускаютъ подъ сильнымъ напоромъ воду; послѣдняя быстро проходитъ черезъ песокъ и затѣмъ особой трубою отводится въ резервуаръ чистой воды. Скорость фильтраціи въ этихъ фильтрахъ въ 10—100 разъ больше, чѣмъ въ обыкновенныхъ песочныхъ фильтрахъ. По опытамъ въ Провиденсѣ наилучшая скорость наприм. оказалась около 200″ въ часъ.

При такой значительной скорости, а также при незначительной толщинѣ слоя песка не только микроорганизмы, но и мелкая муть могутъ несомнѣнно продавливаться сквозь песокъ. Во избѣжаніе этого прибавляется къ очищаемой водѣ передъ ея входомъ въ фильтръ особыя осаждающія или обволакивающія вещества, названные выше *коагулянтами*, которые образовываютъ на песчаной поверхности слой искусственной очень мелкопористой пленки (замѣняющей грязевую), достаточно прочной для избѣжанія ея прорыва при значительной скорости фильтрованія. Наиболѣе употребительный коагулянтъ—сѣрно-аллюминіевая соль, прибавляемая въ количествѣ отъ 0,7 до 1,2 фунта на 1000 куб. футъ фильтруемой воды, а также каліевые квасцы (около 0,4 ф. на 1000 куб. футъ воды); послѣдніе пригодны не для всякой воды. Съ теченіемъ времени фильтры, очевидно, засариваются и ихъ приходится чистить (примѣрно черезъ каждые 15—20 часовъ). Для этого особыми мѣшалками или токомъ воды взмучиваютъ песокъ, обмывая его одновременно обратнымъ токомъ чистой водой. Во время эпидемій песокъ можно стерилизовать впускомъ пара. Когда песокъ сильно загрязнится — его можно замѣнить свѣжимъ.

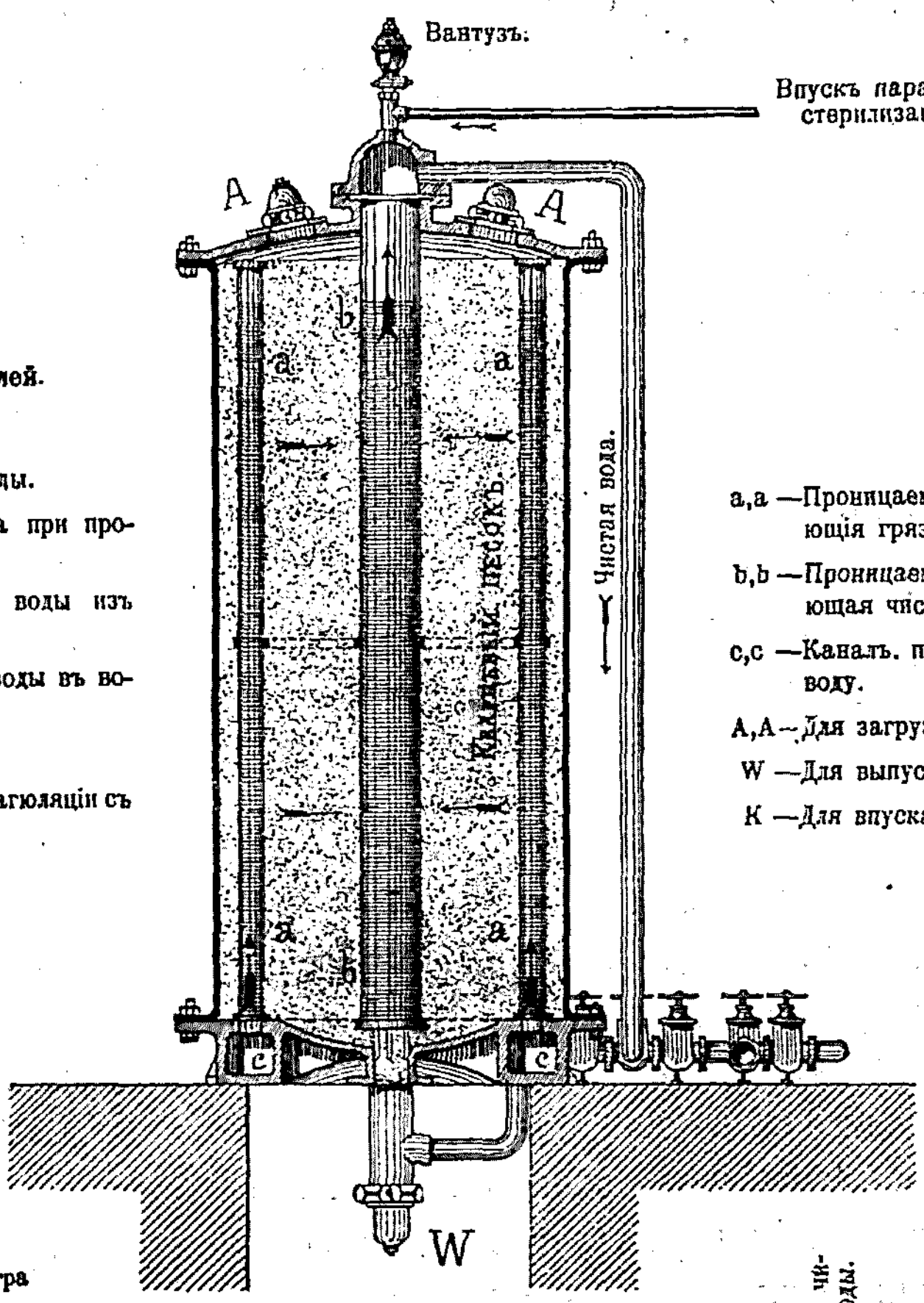
Американскіе фильтры требуютъ особой тщательности надзора и вниманія; все устройство болѣе или менѣе закрыто, отъ него идетъ масса трубъ съ различными кранами: стоитъ одинъ изъ нихъ неплотно закрыть—въ трубу чистой воды легко можетъ устремиться грязная, стоитъ недостаточно открыть кранъ для введенія раствора коагюлянта—образуется недостаточная плёнка и фильтрація дастъ плохіе результаты и т. п. При вполнѣ правильномъ дѣйствіи фильтровъ съ коагулянтами качество фильтруемой воды можетъ быть однако вполнѣ хорошимъ; по опытамъ, произведеннымъ въ Америкѣ (въ Providence), они могли удерживать изъ воды до 99,2 и даже до 100% всѣхъ микроорганизмовъ, т. е. больше наилучшихъ англійскихъ.

Хотя описываемые фильтры находили себѣ примѣненіе до настоящаго времени чаще всего въ Америкѣ, но имѣются примѣры устройства ихъ и въ другихъ странахъ (см. черт. 82—83 и 438—447). песочнымъ фильтрамъ. Въ послѣдніе годы механическіе песочные фильтры нашли себѣ сторонниковъ и въ Россіи. Такъ въ Москвѣ, въ Сандуновскихъ баняхъ, питаемыхъ Москворѣцкою водою, установлены инженеромъ Зиминымъ механическіе фильтры на 150.000

Механическіе напорные фильтры.

Назначеніе вентилей.

1. Для промывки.
2. Для впуска грязной воды.
3. Для вспушиванія песка при промывкѣ его.
4. Для выпуска чистой воды изъ фильтра.
5. Для выпуска чистой воды въ водопроводъ.
6. Для контроля воды.
7. Для первоначальной коагуляціи съ чистой водой.
8. Тоже.



a,a —Проницаемыя трубы, принимающія грязную воду.

b,b —Проницаемая труба, собирающая чистую воду.

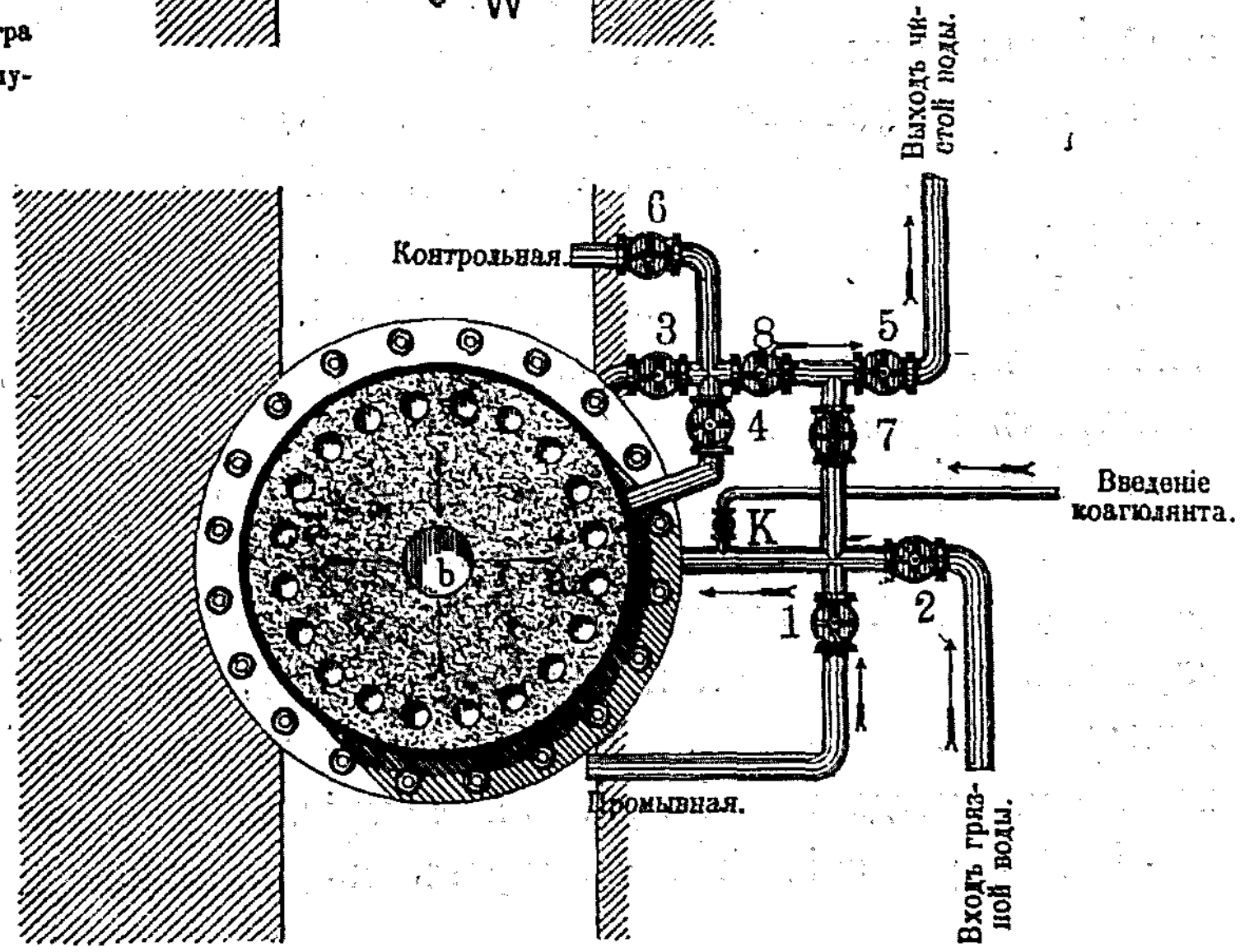
c,c —Каналъ. принимающій грязную воду.

A,A —Для загрузки песка.

W —Для выпуска песка.

K —Для впуска коагулянта.

Примѣчаніе. Промывка фильтра производится обратнымъ пропускомъ чистой воды.



Черт. 446 и 447. Разрѣзъ и планъ фильтра системы инж. Зимина.

ведеръ воды въ сутки, со скоростью фильтраціи въ 30″ въ 1 часъ. Подобные же фильтры (но безъ коагюлянта) фигурировали и на Нижегородской выставкѣ. Въ С.-Петербургѣ уже нѣсколько лѣтъ испытываются механическіе фильтры системы инженера Пашкена.

На черт. 446—447 изображенъ одинъ элементъ фильтра системы инженера Зимина. Рѣчная вода черезъ кранъ № 2 входитъ въ камеру *c* и затѣмъ въ вертикальныя дырчатыя трубки *a*, проходитъ черезъ слой кварцеваго песку толщиною около 8″ въ среднюю трубу *b*, откуда черезъ краны № 4, № 8 и № 5 въ резервуаръ чистой воды. Всѣ трубы *a* и *b* сдѣланы съ отверстіями и обтянуты мелкой мѣдной проволочною тканью. На чертежахъ 446 — 447 обозначены: *a*, *a*—дырчатыя трубы для провода въ фильтръ рѣчной (грязной) воды; *b*—дырчатая труба, собирающая чистую воду; *c*, *c*—распредѣлительная камера грязной воды, сообщенная съ трубами *b*, *b*; *A*, *A*—вантузы для насыпки свѣжаго песка; *W*—вантузъ для высыпки грязнаго; *k*—кранъ для впуска раствора коагуляпта. Назначеніе вентилей или кранов: 1—для промывки фильтра водой подъ напоромъ; 2—для впуска очищаемой воды; 3—для взбалтыванія песка при его промывкѣ; 4—для выхода чистой воды изъ фильтра; 5—для выпуска чистой воды въ городъ (или въ резервуаръ чистой воды); 6—для контроля дѣйствія фильтра; 7—для первоначальной коагуляціи съ чистой водою; 8—тоже.

Итакъ, общія черты устройства почти всѣхъ американскихъ механическихъ фильтровъ слѣдующія:

a) Они представляютъ собой открытые или закрытые сосуды, содержащіе въ себѣ, какъ фильтрующій матеріалъ, обыкновенный или искусственно изготовленный кварцевый песокъ.

b) Вода очищается, проходя черезъ песокъ *сверху внизъ* со скоростью въ десятки разъ бо́льшею, чѣмъ въ обыкновенныхъ песчаныхъ фильтрахъ европейскаго типа.

c) Фильтрованію предшествуетъ введеніе въ воду *коагулянта*, безъ чего оно не можетъ быть вполнѣ удовлетворительно. Предъ фильтрованіемъ, а иногда и послѣ его примѣняется въ нѣкоторыхъ случаяхъ *аэрація воды*, производимая съ цѣлью окисленія находящихся въ ней органическихъ веществъ или желѣза. Аэраціи подвергается иногда и фильтрующій матеріалъ.

d) Для удаленія изъ фильтровъ накопляющейся въ нихъ изъ

воды грязи примѣняется обратная промывка, при чемъ *промывается вся масса песка*, который приводится при этомъ въ сильное движеніе или струями воды или особыми мѣшалками.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда при *быстромъ* фильтрованіи не довольствуются лишь видимымъ очищеніемъ воды, а хотятъ задержать также и бактерій, *коагуляція* является безусловно необходимымъ спутникомъ механическаго фильтрованія.

Извѣстный американскій спеціалистъ по вопросамъ о фильтрованіи воды Allen Hazen изъ своихъ опытовъ убѣдился, что безъ прибавки коагюлянта механическіе фильтры не могутъ успѣшно задерживать находящихся въ водѣ бактерій.

Съ введеніемъ же коагуляпта процентъ задерживанія бактерій значительно повышается. Недавно Джуэльская фильтровальная компанія въ Чикаго *гарантировала при устройствѣ механическихъ фильтровъ системы Джуэль въ городѣ Lorain Oh. задержку 97% находящихся въ водѣ бактерій.*

Въ дѣйствительности оказывается возможнымъ задерживать изъ воды даже 99% бактерій и болѣе, какъ это доказываютъ уже упомянутые выше опыты въ этомъ направленіи, произведенные въ 1893—99 годахъ въ гор. Провиденсъ. Цѣлью ихъ была оцѣнка механическихъ фильтровъ сравнительно съ песочными. Это были опыты, носившіе строго-научный характеръ. Они были повторены и въ другихъ мѣстахъ. Отчетъ о Провиденскихъ опытахъ, составленный инженеромъ Эдмундомъ Уэстономъ, былъ опубликованъ въ 1898 году. (The Engineering Record, 1896 года. Volum. 33, № 19, и The Providence filtration experiments.—См. также новѣйшую работу Уэстона—Test of a mechanical filter въ Proc. Am. Soc. C. Eng. September, 1899).

Изъ разныхъ коагулянтовъ, употребляемыхъ въ Америкѣ для механической фильтраціи, наиболѣе распространены *сульфатъ алюминія и каліевые квасцы.*

Инженеръ Уэстонъ на основаніи провиденскихъ опытовъ пришелъ къ заключенію, что наилучшее количество сульфата алюминія это $^1/_2$—1 грана на галлонъ воды.

Квасцы дѣйствуютъ также хорошо, но ихъ слѣдуетъ употреблять въ строго-ограниченномъ количествѣ, соотвѣтствующемъ составу фильтруемой воды, такъ какъ иначе они могутъ ухудшить качество воды (см. § 60). Въ Новомъ Орлеанѣ, гдѣ поставлены механическіе

фильтры Нью-Іоркской К° на 4.000.000 ведеръ воды въ сутки, при употребленіи квасцовъ въ количествѣ 1 грана на галлонъ воды, наблюдались вредныя послѣдствія, указанныя въ § 60; потому было рѣшено употреблять ихъ втрое меньше.

Кромѣ постоянной прибавки коагулянта во время фильтрованія онъ можетъ *вводиться усиленно* въ фильтръ непосредственно послѣ его промывки для быстраго образованія фильтрующей пленки. Для полученія хорошихъ результатовъ первая фильтруемая вода при этомъ *спускается* въ сточную трубу. Въ отчетѣ инженера Уэстона о Провиденскихъ испытаніяхъ упоминается, что для хорошихъ результатовъ воду слѣдовало спускать въ продолженіи часа истрачивая такимъ образомъ до 2,9% всего количества фильтруемой воды. При строгой постановкѣ фильтраціи обыкновенными песчаными фильтрами имѣетъ мѣсто тотъ же процессъ—спусканія первой фильтруемой воды до образованія фильтрующей пленки; но пленка изъ одной мути воды образуется не такъ скоро, и потому въ Берлинѣ, напримѣръ, первую воду спускаютъ въ продолженіе 3—4 дней.

Стоимость устройства и эксплоатаціи механическихъ фильтровъ относительно невелика. По послѣднимъ даннымъ Уэстона (1899 г.) открытые механическіе фильтры (системы Jewell) со зданіями и резервуаромъ чистой воды (см. черт. 441—442)) дающіе 2.000.000 галлоновъ въ 24 часа стоятъ въ Providence около 21.000 долларовъ, а расходы на коагулянтъ (1 гранъ сульфата алюминія на галлонъ) и эксплоатацію составляютъ 2,15 доллара на 1.000.000 галлоновъ фильтрованной воды. Послѣдняя совершенно прозрачна, имѣетъ видъ дистиллированной и нравится потребителямъ. (Proc. Am. S. C. E. 1899, № 7).

Кромѣ сульфата алюминія и квасцовъ, могутъ употребляться, какъ было указано уже въ § 60, другіе коагулянты, напримѣръ, хлорное желѣзо, одно или съ содой, водная окись алюминія, водная окись желѣза и др.

Профессоръ Бунге въ своемъ докладѣ «*объ очищеніи воды химическими способами*» даетъ, какъ указано въ § 67, указанія относительно веществъ, пригодныхъ для очищенія воды и относительно происходящихъ реакцій, но онъ самъ на основаніи своихъ личныхъ опытовъ надъ Днѣпровской водой въ Кіевѣ отдаетъ предпочтеніе

хлористому желѣзу, которое въ большей степени, чѣмъ другіе реагенты, обладаетъ способностью устранять окраску воды.

Albert R. Leeds,—профессоръ химіи Стивенскаго технологическаго института въ Гобокенъ (штатъ Нью-Джерси), въ докладѣ, сдѣланномъ имъ Ротчестерской коммерческой палатѣ, говоритъ относительно значенія химической очистки рѣчныхъ водъ слѣдующее: «Нѣкоторые думаютъ никакія химическія вещества не должны употребляться для очищенія воды. Мнѣ кажется, что принять такое положеніе значитъ отказатьея отъ выгодъ, которыя дало намъ обстоятельное изученіе этого вопроса. Если бы квасцы когда-либо проходили въ вашъ водопроводъ, я бы согласился, что этого не слѣдуетъ допускать, но квасцы не проходятъ въ фильтрованную воду. Квасцы настолько разлагаются, что я никогда не былъ въ состояніи найти ихъ въ фильтрованной водѣ; гидратъ алюминія задерживается, а глиноземъ, который проходитъ въ незначительномъ количествѣ, *присутствуетъ также въ самой натуральной водѣ*. Если вы разсмотрите анализъ рѣчной воды, то вы увидите, что вода въ своемъ естественномъ составѣ содержитъ глиноземъ. Это—почвенный глиноземъ дѣлаетъ воду изъ буровыхъ колодцевъ водою фильтрованной».

Относительно скорости фильтраціи Allen Hazen (Proceedings of the sixteenth annual meeting of the American Water-Works Association, held at Indianopolis. Ind. 1896.—ст. 103), — проводя различіе между песчаными фильтрами и механическими, говоритъ о послѣднихъ: «*Однимъ изъ характерныхъ признаковъ механическихъ фильтровъ служитъ то, что скорость фильтрованія въ нихъ сравнительно громадная — въ 50—100 разъ бо́льшая, чѣмъ при песчаной фильтраціи.* Широкимъ европейскимъ опытомъ дознано, что существуетъ точно опредѣленная граница для скорости, при которой возможно успѣшное фильтрованія воды (4″—5″ въ часъ). Попытка фильтровать воду со скоростью въ 100 разъ большею не дала бы удовлетворительныхъ результатовъ, еслибы не былъ введенъ въ это дѣло новый факторъ. Этотъ факторъ, устраняющій вредное вліяніе большой скорости фильтрованія, есть *химическое воздѣйствіе на фильтруемую воду*».

Но чрезмѣрно большой скорости слѣдуетъ избѣгать. Инженеръ Эдмундъ Вестонъ, производившій испытаніе механическихъ фильтровъ на научной основѣ, въ своемъ отчетѣ говоритъ:

«Если механическіе фильтры принимаются для города, то я рекомендовалъ бы, чтобы ихъ производительность была принята *въ 100.000.000 галлоновъ на акръ въ 24 часа (93,54 метр.) для того, чтобы гарантировать хорошую работу фильтра*».

Въ дальнѣйшихъ опытахъ тотъ же инженеръ принялъ скорость въ 125 мил. гал. въ 24 часа на акръ (116,93 метр. или 4603 дюйма въ сутки, т. е. 192 дюйма въ часъ) и получилъ отличные результаты (см. черт. 441 и 442).

Промывка механическихъ фильтровъ производится всегда обратнымъ направленіемъ воды при сильномъ перемѣшиваніи песка особыми мѣшалками или струями воды. Allen Hazen видитъ въ этомъ главное отличіе механическихъ фильтровъ отъ песчаныхъ. Расходъ воды на промывку механическихъ фильтровъ составляетъ отъ 3% до 5% отъ всего количества фильтруемой воды. Промывка каждаго отдѣльнаго механическаго фильтра требуетъ времени отъ 5 до 10 минутъ. Главное различіе конструкцій американскихъ механическихъ фильтровъ, по существу своему сходныхъ между собою, заключается въ способахъ взмѣшиванія песка во время промывки. Всѣ механическіе фильтры можно раздѣлить на два вида, именно *фильтры открытые* и *фильтры напорные*. Первые требуютъ особыхъ мѣшалокъ; вторые допускаютъ промывку обратнымъ токомъ. Конструкція первыхъ ясно видна изъ чертежей 439, 440, 441 и 442, а примѣромъ вторыхъ можетъ служить описанный выше фильтръ Н. П. Зимина (черт. 446, 447) и др. (черт. 82, 83, 443, 444 и 445).

Въ большинствѣ механическихъ фильтровъ коагулянтъ вводится въ воду въ моментъ впуска ея въ фильтръ. Въ послѣднее время это признали неудобнымъ.

Многіе инженеры, въ томъ числѣ и инженеръ Н. П. Зиминъ, послѣ изученія дѣйствія механическихъ фильтровъ въ С. Америкѣ, признаютъ, что для полученія вполнѣ хорошихъ результатовъ необходимо производить коагулированіе воды ранѣе напусканія ея на фильтръ — въ особомъ осадочномъ резервуарѣ, въ которомъ вода должна медленно перемѣщаться въ продолженіи отъ получаса до часа, причемъ значительная часть хлопьевиднаго осадка опустится на дно резервуара и не попадаетъ уже на фильтръ. При такомъ способѣ подготовки воды для фильтрованія коагулянтъ будетъ болѣе совершенно смѣшиваться съ водою и будетъ имѣть достаточно времени

для полнаго воздѣйствія на ея примѣси. Прежде это не считалось существеннымъ и потому многіе проектировали фильтры для системы прямаго давленія отъ насосовъ. Теперь же рекомендуется ставить фильтръ между двумя резервуарами, изъ которыхъ первый, принимающій нефильтрованную воду, долженъ быть приспособленъ для коагулированія воды и осажденія. Эта идея отчасти осуществлена въ устройствѣ, изображенномъ па чертежѣ 441 и 442.

Недавно закончены въ Америкѣ въ г. Питтсбургѣ новые строго-научные опыты надъ различными фильтрами. Эти опыты вполнѣ подтвердили то, что было констатировано при научныхъ испытаніяхъ механическихъ фильтровъ въ городахъ Провиденсѣ, Лоренъ, Люисвиллѣ,—они доказали, что механическіе фильтры задерживаютъ изъ воды въ среднемъ 97% и болѣе бактерій, не говоря уже конечно о полномъ задерживаніи мути. Въ настоящее время предприняты еще новыя научныя испытанія механическихъ фильтровъ въ городѣ Cincinnati и у насъ въ Россіи въ Москвѣ. Вообще теперь накопляется уже обильный строго-научный матеріалъ, дающій возможность идти въ дѣлѣ проектированія и устройства механическихъ фильтровъ съ совершенно открытыми глазами. Принципы дѣла теперь установлены — остается лишь заботиться о соотвѣтственномъ ихъ примѣненіи въ каждомъ данномъ случаѣ.

ГЛАВА IX.

Храненіе воды и уравниваніе напора и расхода.

СОДЕРЖАНІЕ: § 69. Общія понятія объ уравнительныхъ водоемахъ или резервуарахъ.—§ 70. Эволюція уравнительныхъ водоемовъ или резервуаровъ.—§ 71. Резервуары высокаго уровня.—§ 72. Форма резервуаровъ высокаго и низкаго уровня. Матеріалъ для образованія ограждающихъ стѣнъ.—§ 73. Оборудованіе резервуаровъ.—§ 74. Примѣры нѣкоторыхъ резервуаровъ.—§ 75. Водонапорныя башни и колонны.—§ 76. Механическіе регуляторы напора.

§ 69. Общія понятія объ уравнительныхъ водоемахъ или резервуарахъ.

Вода, доставляемая въ городъ гравитаціоннымъ или напорнымъ водопроводомъ поступаетъ непосредственно или пройдя предварительно чрезъ устройства, предназначенныя для ея очистки,—въ одинъ или нѣсколько *водоемовъ* или *резервуаровъ* (чистой воды), помѣщенныхъ обыкновенно на возвышенныхъ точкахъ городской водопроводной сѣти.

Эти резервуары не предназначаются, подобно тѣмъ, о которыхъ говорилось въ главѣ VI, для собиранія большихъ запасовъ воды, напр. въ теченіе періода дождей или таянія снѣга, — достаточныхъ для снабженія города въ теченіи нѣсколькихъ недѣль или мѣсяцевъ сухого времени года. Резервуары чистой воды не слѣдуетъ также смѣшивать съ отстойными бассейнами, гдѣ происходитъ освобожденіе воды отъ мути.

Назначеніе резервуаровъ чистой воды, которые мы будемъ просто называть резервуарами, состоитъ главнымъ образомъ въ уравниваніи большихъ неправильностей въ расходѣ воды въ теченіи сутокъ сравнительно съ накачиваніемъ ея. Поэтому ихъ называютъ еще урав-

нительными резервуарами или уравнительными водоемами. Накачиваемая вода, не требующаяся для расхода, скапливается въ этомъ резервуарѣ, чтобы въ свою очередь удовлетворить потребностямъ въ водѣ, когда онѣ временами превышаютъ объемъ накачиваемой воды. Если при водопроводѣ не имѣется достаточно большаго резервуара, то водопроводъ долженъ постоянно доставлять столько воды, чтобы ею можно было удовлетворить наибольшему нужному расходу, такъ какъ иначе могутъ происходить перерывы или, по меньшей мѣрѣ, ограниченія въ доставкѣ воды потребителямъ. Причина этому, какъ мы уже выше упоминали, заключается въ постоянныхъ колебаніяхъ расхода потребляемой воды не только въ различные часы дня, но и въ различные дни недѣли и года. Но при такомъ устройствѣ водопровода въ случаѣ сокращенія расхода воды потребителями, избытокъ накачиваемой воды безполезно стекаетъ въ сторону. Слѣдовательно, водопроводъ при этихъ условіяхъ стоитъ дороже (большее сѣченіе каналовъ и трубъ, большая сила машинъ) и часть доставляемой воды теряется безполезно.

Эти неудобства и устраняются устройствомъ достаточно большаго уравнительнаго водоема, который въ то же время является еще важнымъ средствомъ для борьбы съ пожаромъ, такъ какъ даетъ во всякое время значительный запасъ воды съ сильнымъ напоромъ для дѣйствія пожарными рукавами, привинчиваемыми къ пожарнымъ уличнымъ кранамъ.

Полезная емкость резервуара разсчитывается обыкновенно такимъ образомъ, чтобы онъ могъ заключать въ себѣ суточную потребность въ водѣ (или нѣсколько больше) на случай, если произойдетъ остановка въ доставкѣ воды каналомъ въ гравитаціонномъ водопроводѣ или въ дѣйствіи водокачальныхъ машинъ. Такая вмѣстимость признается минимальной для гравитаціонныхъ водопроводовъ, имѣющихъ только одинъ приводной каналъ къ городу, такъ какъ притокъ постоянен и равенъ среднему секундному расходу воды въ городѣ: необходимо поэтому за ночь скопить значительный запасъ для дневного потребленія. Въ напорныхъ водопроводахъ, гдѣ доставка воды можетъ легче приспособляться къ размѣрамъ потребленія, запасъ можетъ быть значительно меньше, но и здѣсь необходимо имѣть въ виду возможность разрыва магистрали и остановки въ водоснабженіи со всѣми тяжелыми послѣдствіями; поэтому

если городъ имѣетъ одну приводную трубу, то суточный запасъ нужно также считать и въ напорныхъ водопроводахъ минимальнымъ. Такимъ образомъ, можно принять за правило давать резервуару полезную емкость въ размѣрѣ суточной потребности воды, если водопроводъ имѣетъ нѣсколько приводныхъ каналовъ или трубъ, могущихъ замѣнять временно другъ друга; въ противномъ случаѣ при одиночномъ каналѣ или трубѣ давать емкость большую, а именно въ 2—3 раза. (См. по этому вопросу V. A. Frühling—Die Was. der Städte, p. 80).

Если городъ расположенъ весь на плоскости, то наиболѣе цѣлесообразнымъ мѣстомъ для уравнительнаго водоема представляется центръ тяжести площади города; при такомъ положеніи вода распространяется по всѣмъ трубамъ съ наименьшей потерей давленія, что тѣмъ важнѣе, чѣмъ меньшими напорами можно располагать въ данномъ случаѣ. Такое расположеніе резервуара соотвѣтствуетъ и минимуму стоимости сѣти для опредѣленнаго расхода воды.

Въ дѣйствительности выборъ мѣста для резервуара несравненно труднѣе. Города имѣютъ неровную поверхность; въ нѣкоторыхъ случаяхъ разность горизонтовъ частей города бываетъ даже очень велика. Въ такомъ случаѣ резервуаръ приходится помѣщать на возвышенности, стараясь приблизить его по возможности къ городу, руководствуясь соображеніями, изложенными въ § 71, и иллюстрируемыми чертежами №№ 448, 449, 512 и 513.

§ 70. Эволюція уравнительныхъ водоемовъ.

Изъ сказаннаго видно, что для того, чтобы удовлетворить вполнѣ своему назначенію уравнительный водоемъ долженъ осуществлять два условія:

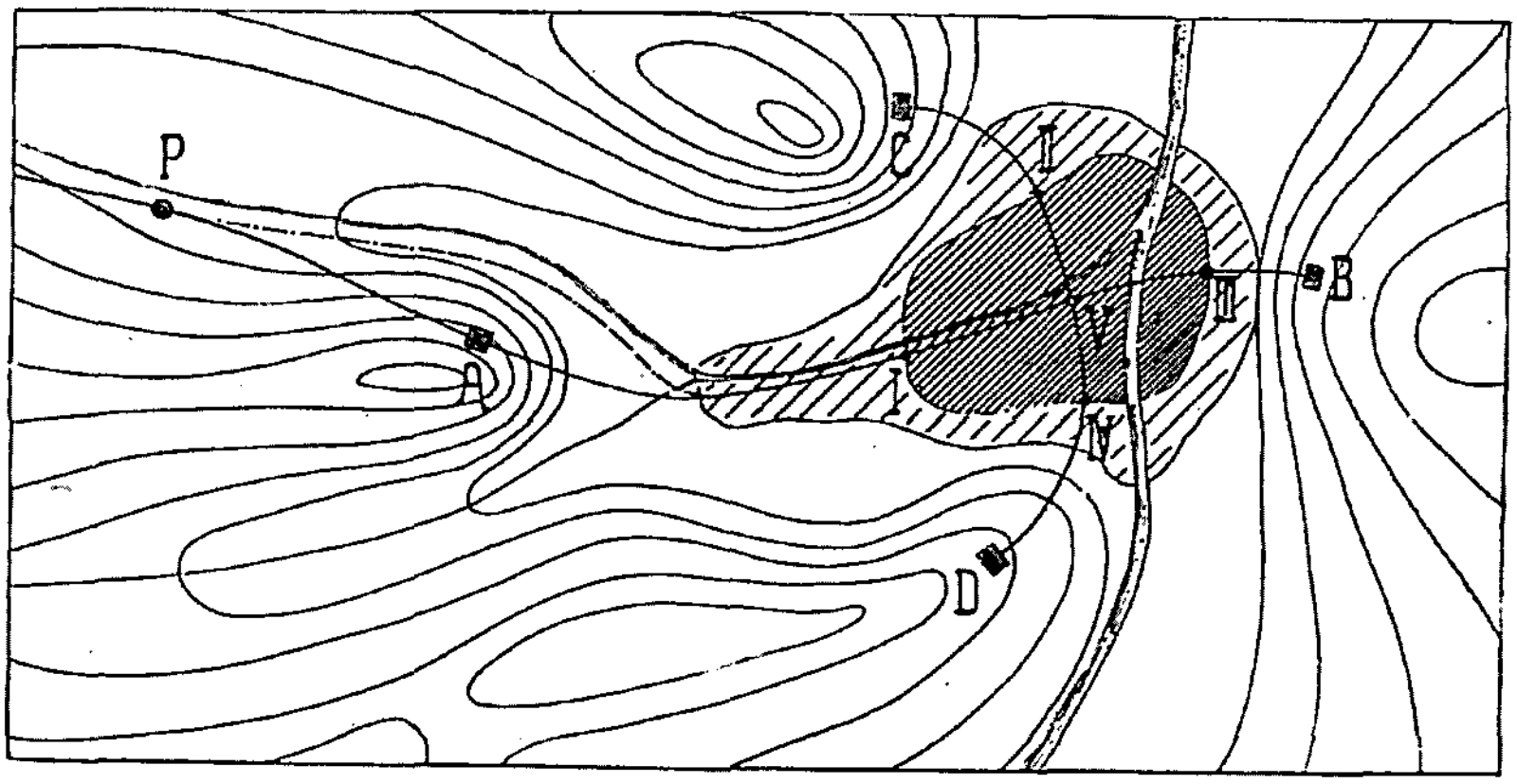
а) вмѣщать въ себѣ достаточный запасъ воды для подачи ея во время усиленнаго разбора или перерыва въ доставкѣ воды въ городъ;

б) находиться на достаточной высотѣ, чтобы собранная въ немъ вода могла достигать, подъ дѣйствіемъ тяжести отдаленнѣйшихъ и наиболѣе высокихъ концовъ сѣти въ самыхъ высокихъ зданіяхъ города.

Удовлетворить этимъ условіямъ можно только съ затратой значительныхъ денежныхъ средствъ. Размѣръ потребнаго расхода зна-

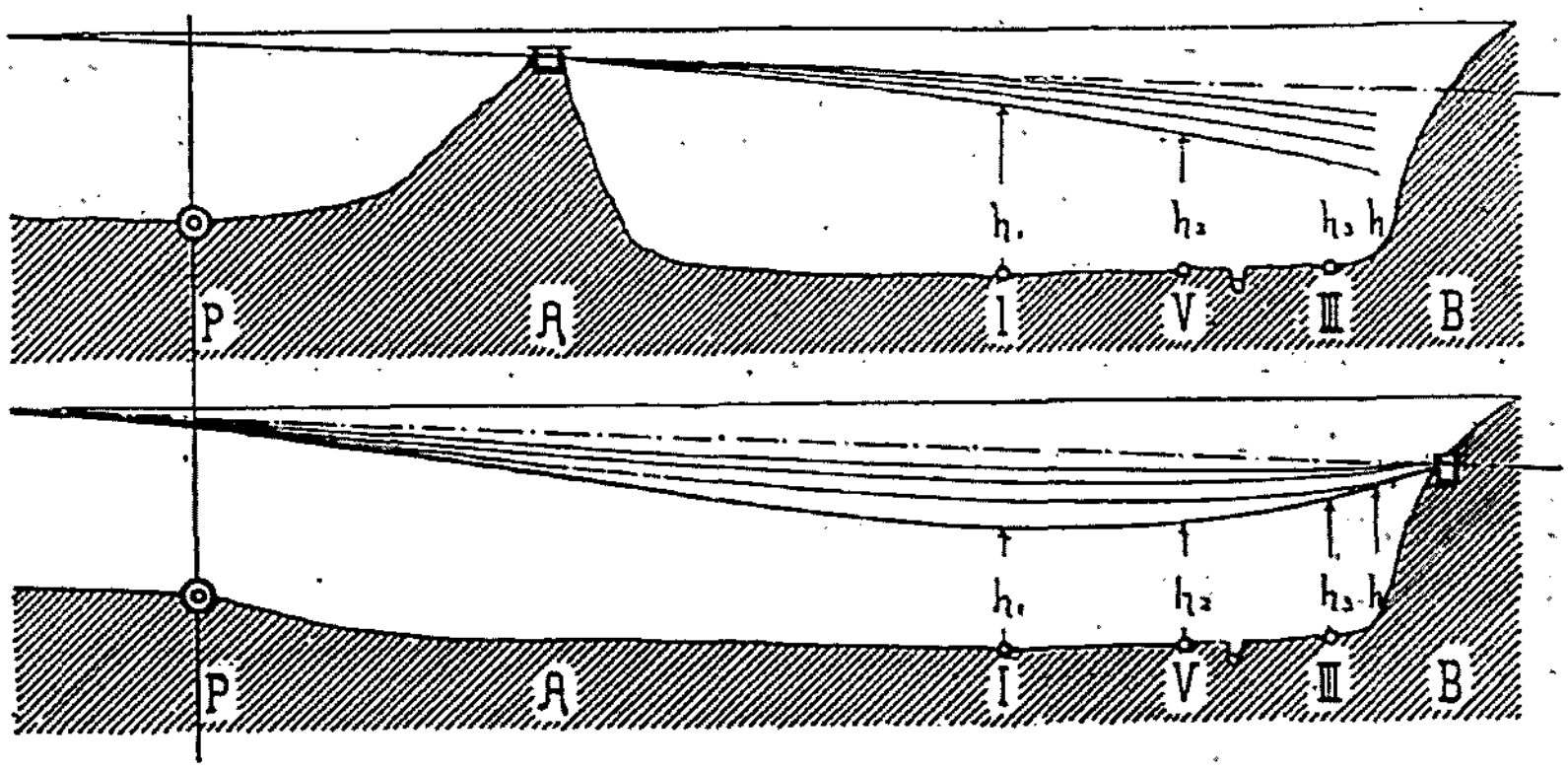
Уравнительные водоемы.

Избраніе мѣста для уравнительнаго водоема.



Черт. 448.

Планъ мѣстности съ показаніемъ разныхъ положеній водоема.



Черт. 449.

Продольныя профили къ плану (черт. 448) по линіи *PB* съ показаніемъ линій пьезометрическихъ высотъ въ трубахъ городской сѣти въ моментъ максимальнаго расхода при двухъ положеніяхъ резервуара (въ *A* и въ *B*).

чительно возрастаетъ, притомъ при неблагопріятныхъ мѣстныхъ условіяхъ, напр., когда нѣтъ естественной возвышенности для помѣщенія резервуара и требуется создавать искусственное дорогое зданіе. Это дало поводъ въ разныхъ городахъ къ измѣненіямъ идеи выше охарактеризованнаго уравнительнаго водоема, съ цѣлью уменьшенія его стоимости. Измѣненія эти, конечно, имѣютъ послѣдствіемъ ограниченіе полезнаго дѣйствіе уравнительнаго водоема и состоятъ въ слѣдующемъ:

а) водоемы помѣщаются не на искусственномъ высокомъ зданіи, а на уровнѣ городской сѣти и устраивается особая машинная станція для подачи воды изъ резервуара въ сѣть и поддержанія необходимаго напора. Резервуаръ здѣсь ничѣмъ не отличается по размѣрамъ отъ резервуара высокаго уровня, но помѣщается низко и не можетъ самъ регулировать напора въ сѣти;

б) уровень высокій—резервуаръ сохраняется, онъ помѣщается на искусственномъ зданіи, причемъ значительно уменьшается объемъ, такъ что запасъ воды дѣлается достаточнымъ только для непродолжительныхъ вспомогательныхъ дѣйствій (менѣе значительный разрывъ трубъ, пожары); такой уравнительный водоемъ называютъ водонапорной башней;

в) объемъ собственно резервуара дѣлаются равнымъ нулю; сохраняется только высокій уровень. Другими словами резервуара нѣтъ, остаются только трубы, ведущія къ нему, такъ что въ сѣти создается точка съ опредѣленнымъ высокимъ давленіемъ, которое регулируетъ напоръ въ сѣти. Такое сооруженіе называется водонапорной колонной. Оно уже не играетъ роли въ уравниваніи колебаній въ расходѣ.

Итакъ, слѣдовательно, уравнительные водоемы могутъ представляться въ слѣдующихъ четырехъ разновидностяхъ:

резервуаръ высокаго уровня,
резервуаръ низкаго уровня,
водонапорная башня,
водонапорная колонна.

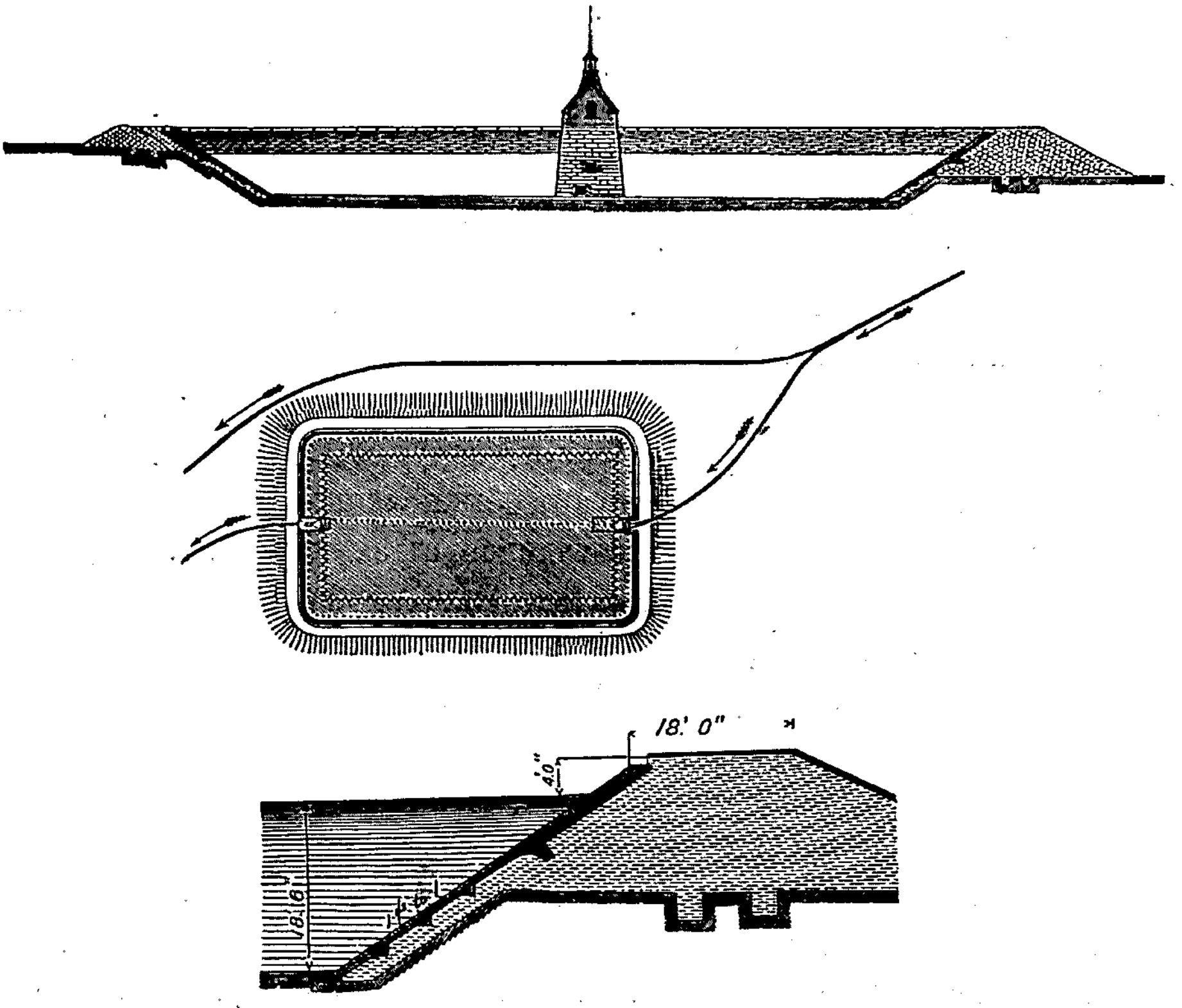
§ 71. Резервуары высокаго уровня (напорные).

Мѣстоположеніе напорнаго резервуара зависитъ отъ топографическихъ условій города и должно быть избрано такъ, чтобы всѣ задачи резервуара были выполнены съ наименьшей затратой денегъ. Для

Уравнительные водоемы.

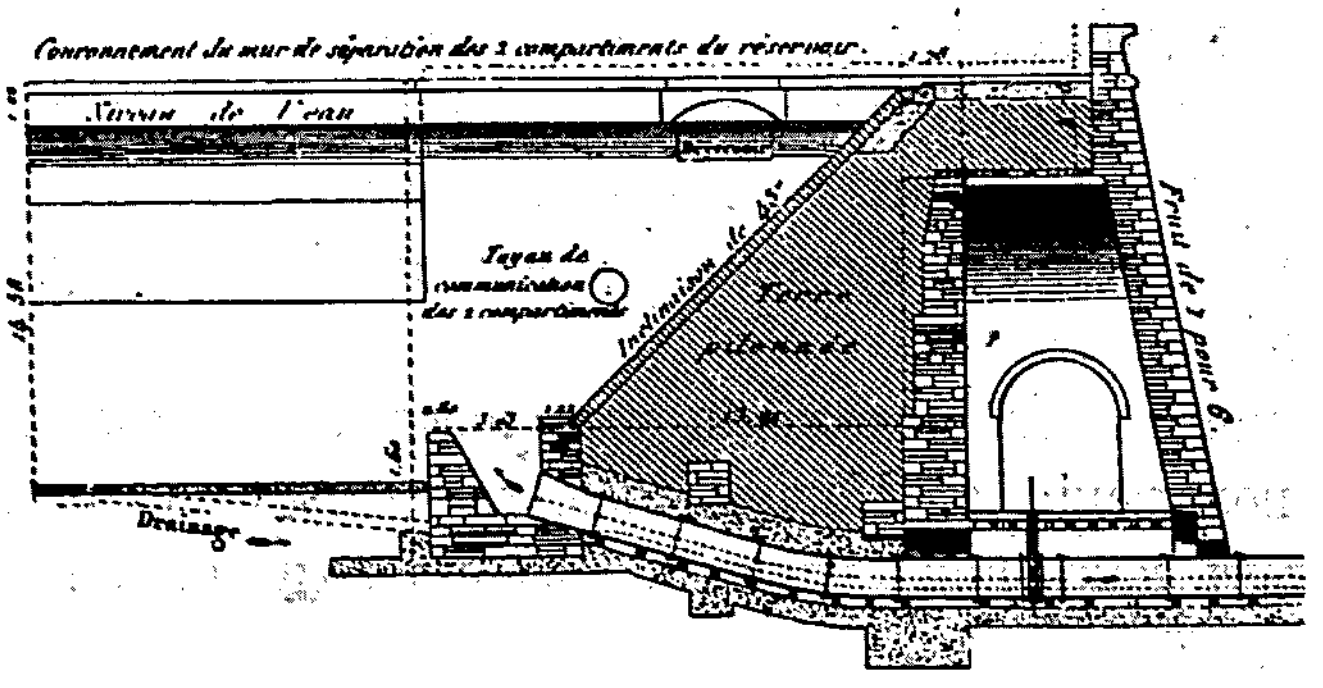
Открытые резервуары.

Водоснабженіе города Манчестера.



Черт. 450, 451 и 452.—Планъ, разрѣзъ и деталь открытаго резервуара Манчестерскаго водопровода, устроеннаго въ 1874 г. инж. Fanning'омъ.

Водоснабженіе гор. Нью-Іорка.



Черт. 453.— Резервуаръ Кротонскаго водопровода въ городѣ Нью-Іоркѣ. Разрѣзъ ограждающей стѣны въ мѣстѣ притока воды.

этого, очевидно, *нужно, чтобы резервуаръ былъ по возможности ближе къ мѣсту потребленія воды*. Въ городѣ совершенно плоскомъ такимъ мѣстомъ является центръ тяжести фигуры города. Но и въ этомъ простѣйшемъ случаѣ вопросъ усложняется тѣмъ, что центральные участки города заняты наиболѣе дорогими постройками и земля здѣсь особенно цѣнна. Устройство резервуара въ центрѣ города можетъ обойтись поэтому слишкомъ дорого.

Когда мѣстность не плоская задача еще усложняется. Обыкновенно стараются тогда воспользоваться возвышенными частями города, но при этомъ, хотя самый резервуаръ будетъ стоить дешево, можетъ значительно возрасти стоимость сѣти, если возвышенность расположена очень въ сторонѣ. Вопросъ этотъ можетъ быть рѣшенъ въ частныхъ случахъ лишь посредствомъ нѣсколькихъ варіантовъ съ принятіемъ въ соображеніе, какъ стоимости первоначальнаго устройства, такъ и стоимости эксплуатаціи сооруженій.

По отношенію къ сѣти резервуаръ обыкновенно (особенно прежде) располагался такъ, чтобы онъ находился въ ея началѣ: т. е. къ нему подходитъ главный приводный каналъ или труба, а отъ него отходитъ главный отводный, который потомъ и развѣтвляется по городу. Такое положеніе резервуара (*A* на черт. 448) имѣетъ крупныя неудобства:

магистраль ведущая отъ резервуара къ сѣти (*AI*) должна имѣть діаметръ, соотвѣтствующій наибольшему секундному расходу въ году,

каждый разрывъ трубы *AI* лишаетъ воды всю сѣть,

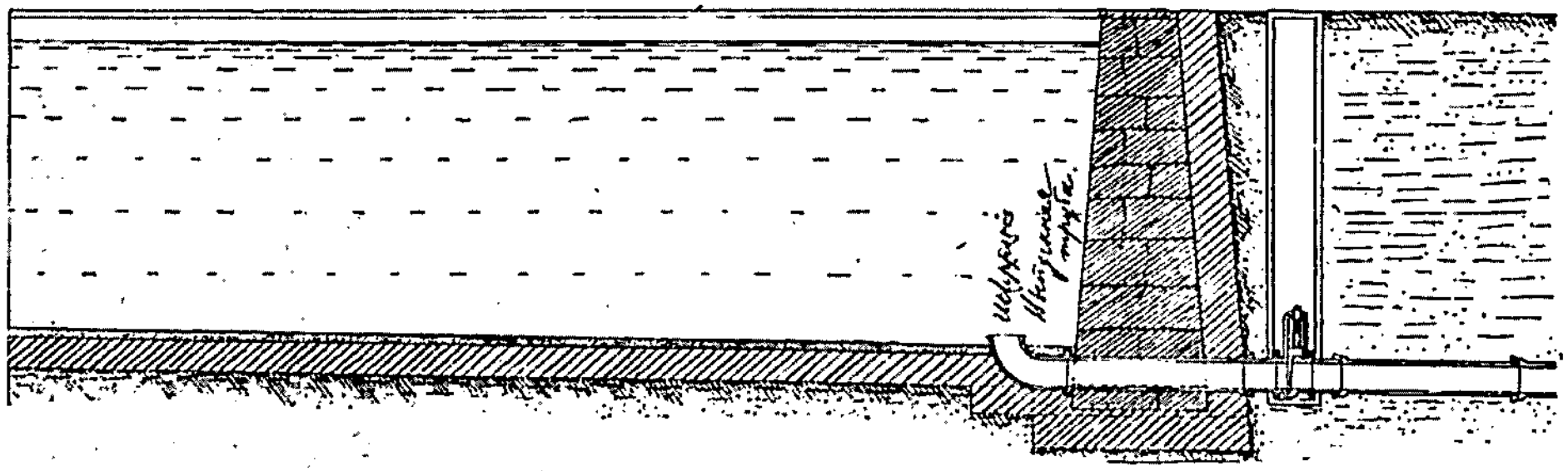
вода никогда не поступаетъ въ сѣть непосредственно, а всегда послѣ болѣе или менѣе долгаго пребыванія въ резервуарѣ,

напоръ въ сѣти неравномѣрно и быстро уменьшается къ концу, противуположному резервуару (черт. 449).

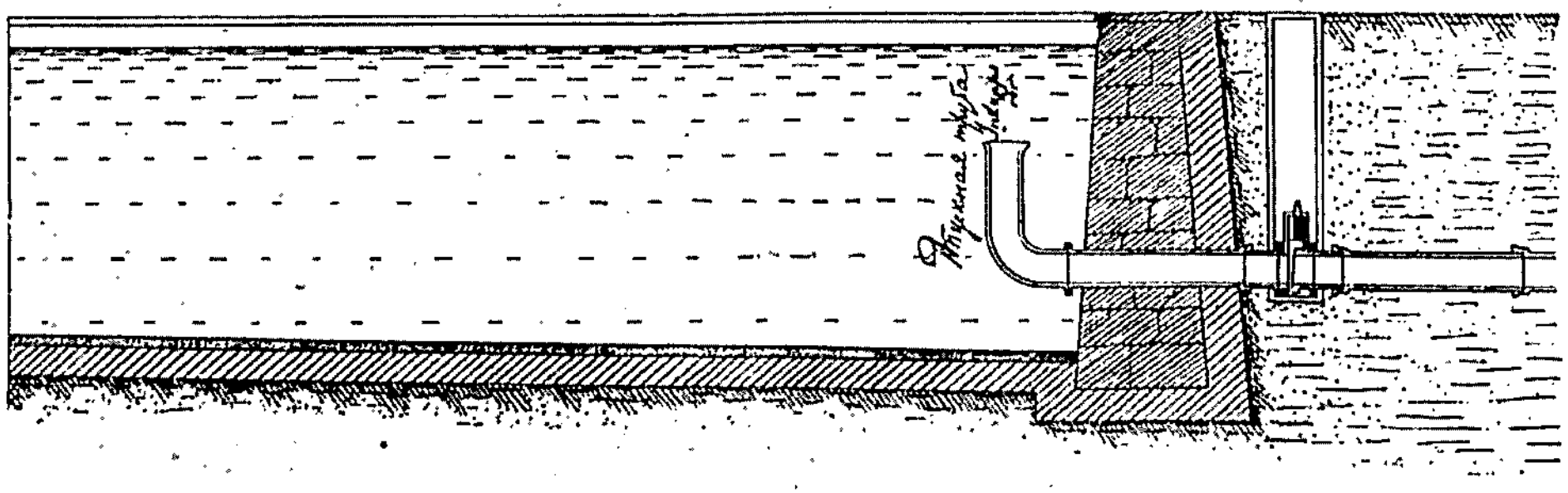
Достоинства расположенія резервуара въ началѣ сѣти состоятъ въ томъ, что движеніе воды совершается въ одномъ и томъ же направленіи и что легко измѣрять количество доставляемой въ резервуаръ воды и сравнивать съ потребляемымъ въ городѣ.

Эти достоинства не имѣются при помѣщеніи резервуара въ концѣ сѣти (*B* на черт. 448).

За то при такомъ положеніи устраняются и недостатки, указанные для положенія *A*. Напоръ въ сѣти здѣсь распредѣленъ равномѣрнѣе, такъ какъ при сильномъ разборѣ воды сѣть питается какъ



Черт. 454.—Разрѣзъ открытаго резервуара чрезъ выпускную трубу.



Черт. 455. — Разрѣзъ открытаго резервуара чрезъ впускную трубу. (I. G. Richert.— Om vattenledningar och vattenaflopp. Stockholm 1869 г.).

Примѣчаніе. Резервуары такихъ типовъ примѣнены, между прочимъ, въ Стокгольмѣ.

непосредственно изъ магистрали, такъ и изъ резервуара (см. черт. 449—пьезометрическихъ линій). Въ періодъ малаго потребленія вода поступаетъ въ сѣть безъ посредства резервуара и діаметръ магистрали здѣсь меньше чѣмъ въ случаѣ *A*.

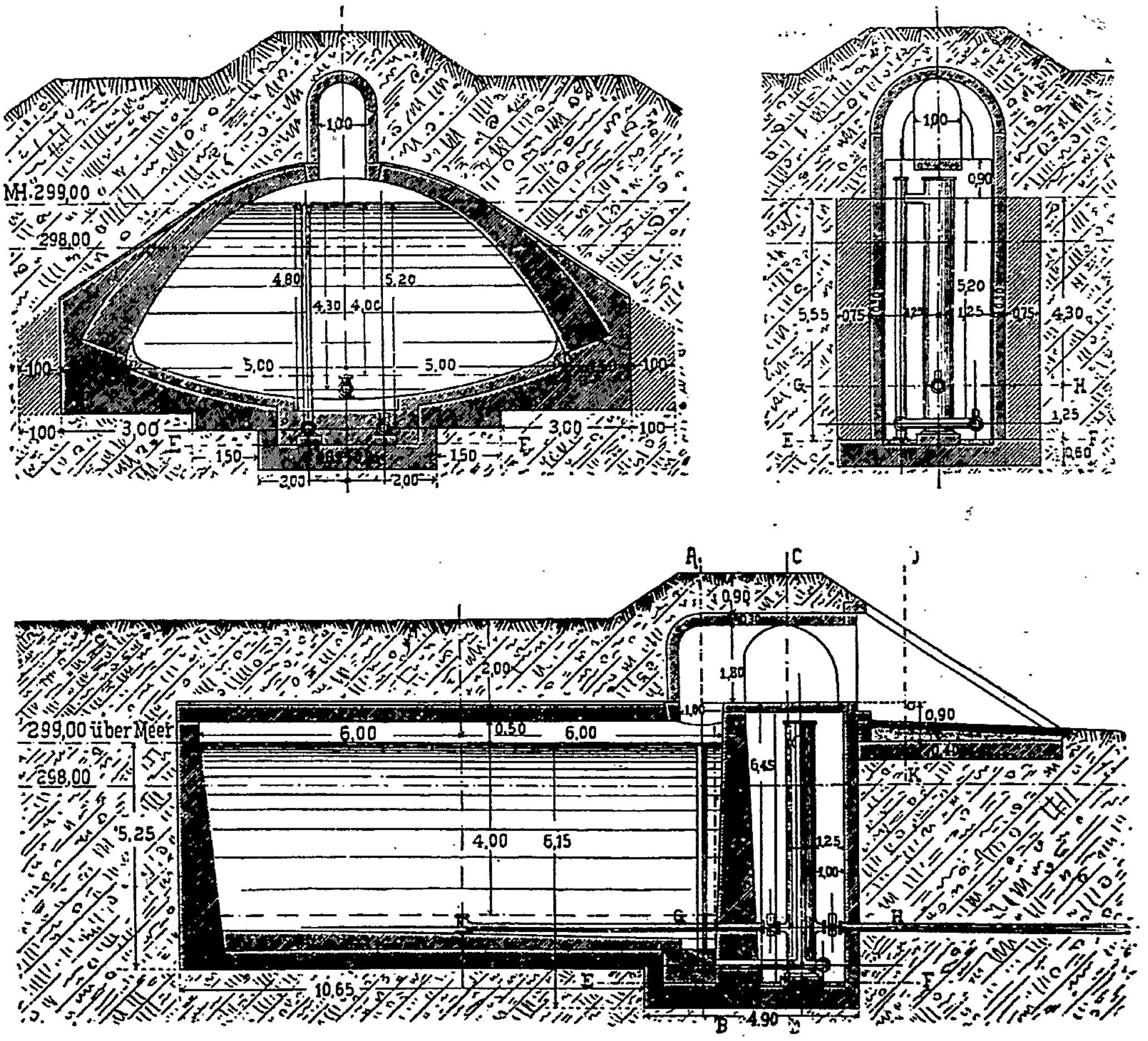
Еще удобнѣе вмѣсто одного большого резервуара имѣть ихъ два, причемъ, если возможно по мѣстнымъ обстоятельствамъ, располагать ихъ на противоположныхъ концахъ города, снабжаемаго водою. Такіе резервуары соединяются между собою главной магистралью и взаимно помогаютъ другъ другу въ уравниваніи колебаній напора въ городской сѣти, причемъ въ продолженіе малаго расхода въ сѣти, особенно во время ночи, вся накачиваемая вода стремится въ дальній резервуаръ и наполняетъ его, а днемъ, съ возрастаніемъ опять расхода, стекаетъ обратно по главной магистрали. Для регулированія притока и выпуска воды служитъ клапанный кранъ, помѣщаемый въ главной магистрали предъ ея входомъ во второй резервуаръ. Передъ клапаномъ труба развѣтвляется и одна изъ вѣтвей впущена въ резервуаръ нѣсколько выше наивысшаго уровня воды, назначеннаго для резервуара. Клапанъ открывается въ сторону города и не позволяетъ водѣ выходить изъ резервуара до тѣхъ поръ, пока, отъ происшедшаго гдѣ либо въ городской сѣти большаго расхода воды, давленіе на клапанъ не ослабнетъ. Если напоръ снова возрастетъ, то опять клапанъ закроется и вода тогда начнетъ изливаться чрезъ вѣтвь въ резервуаръ.

Идя далѣе въ томъ же направленіи легко замѣтить, что три резервуара, поставленные съ разныхъ сторонъ города дадутъ еще болѣе равномѣрное распредѣленіе давленій и діаметровъ трубъ. Вообще, можно сказать, что *выгодно вмѣсто одного большого резервуара сдѣлать нѣсколько малыхъ съ той же общей вмѣстимостью, помѣщая ихъ возможно ближе къ сѣти.* Но это общее утвержденіе должно быть принимаемо со всѣми оговорками относительно топографическихъ и хозяйственныхъ условій города, какія были сдѣланы выше.

Въ хорошо устроенномъ городскомъ водоснабженіи вода должна въ самыхъ высоколежащихъ улицахъ имѣть еще такой напоръ, чтобы ею можно было удобно пользоваться для всѣхъ домашнихъ, общественныхъ и промышленныхъ потребностей; слѣдовательно, и въ такихъ улицахъ вода должна по трубамъ подниматься до крышъ самыхъ высокихъ домовъ. При движеніи воды по трубамъ расхо-

Уравнительные водоемы.

Резервуары изъ камня.



Черт. 456, 457 и 458.

Поперечный (по *AB* и *CD*) и продольный разрѣзъ резервуара въ Müllheim'ѣ.

Резервуаръ однокамерный. Построенъ изъ каменной кладки; дно покрыто слоемъ бетона. Во время очистки или ремонта резервуара его функцію, какъ напорнаго устройства, исполняетъ помѣщенная въ особой камерѣ предъ резервуаромъ напорная колонна; этимъ устраняется отчасти необходимость во второй камерѣ. (Lueger, p. 759).

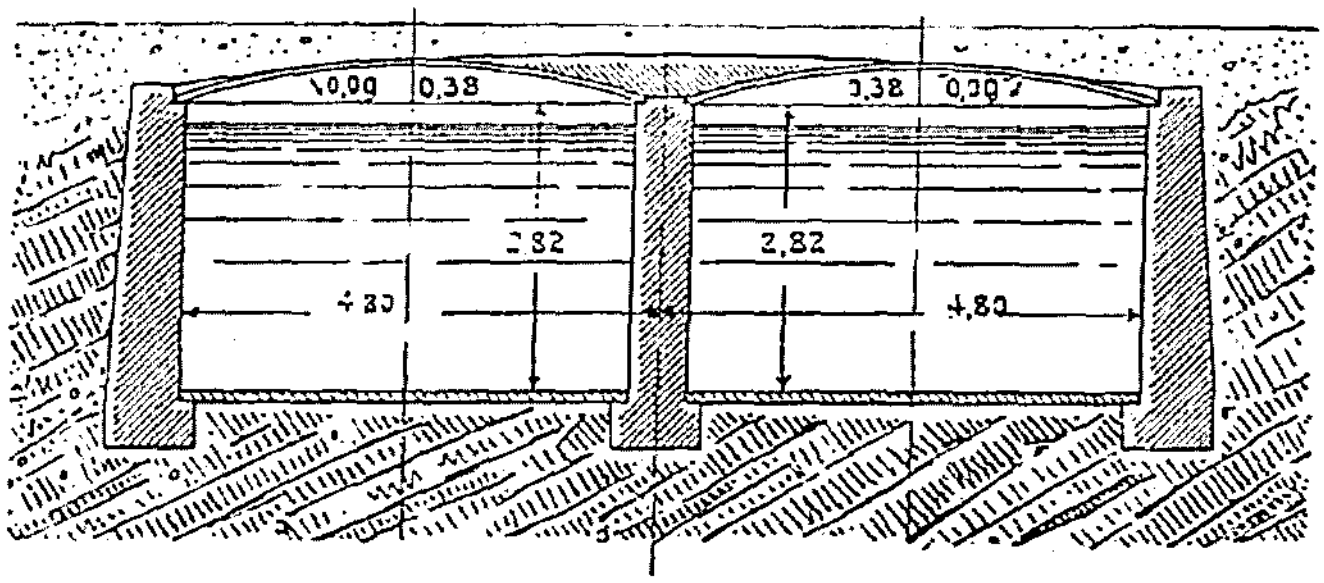
дуется извѣстная часть напора на преодолѣніе сопротивленія тренія и эта часть поглощаемаго треніемъ напора тѣмъ значительнѣе, чѣмъ длиннѣе проводъ и чѣмъ менѣе его діаметръ. Вслѣдствіе этого напоръ воды въ началѣ водопровода долженъ быть тѣмъ сильнѣе, чѣмъ далѣе самая высоколежащая часть города находится отъ главной магистрали, приводящей воду въ городъ, чтобы въ наиболѣе отдаленныхъ и наиболѣе возвышенныхъ пунктахъ вода въ трубахъ имѣла требуемый наименьшій напоръ. Съ этимъ также сообразуется выборъ мѣсторасположенія резервуара и *опредѣленіе уровня* воды въ немъ.

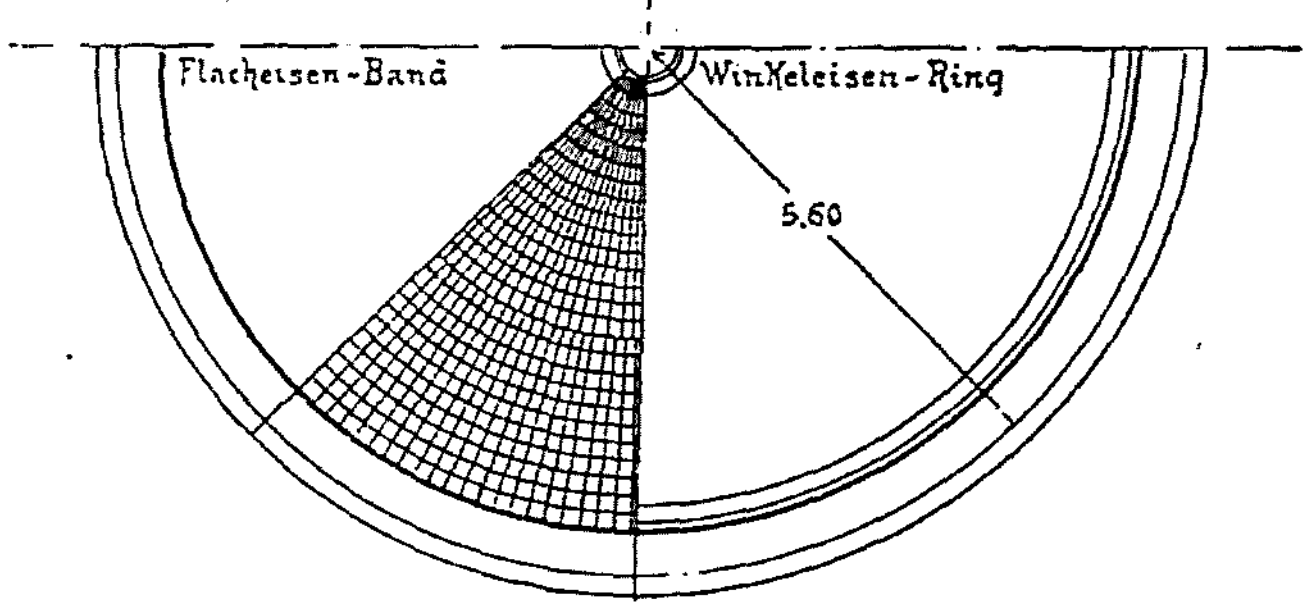
Въ высокихъ домахъ крыши расположены на высотѣ до 12 саж. и болѣе надъ мостовой, но такъ какъ трубы лежатъ въ землѣ на глубинѣ около сажени, то, слѣдовательно, въ каждомъ пунктѣ города вода въ трубахъ должна имѣть напоръ не менѣе 13 саж.= 91 фут.=$2^3/_4$ атмосф. При такомъ напорѣ струя воды изъ рукава, привинченнаго къ уличному пожарному крану, бьетъ на только-что достаточную высоту.

Вычисленіе высоты, на которой должно расположить напорный резервуаръ, основывается на длинѣ всѣхъ уличныхъ трубопроводовъ, доставляющихъ воду въ требуемое наиболѣе возвышенное мѣсто, сообразно ихъ діаметрамъ, опредѣляемымъ по скорости, принятой для движенія воды по водопроводнымъ трубамъ.

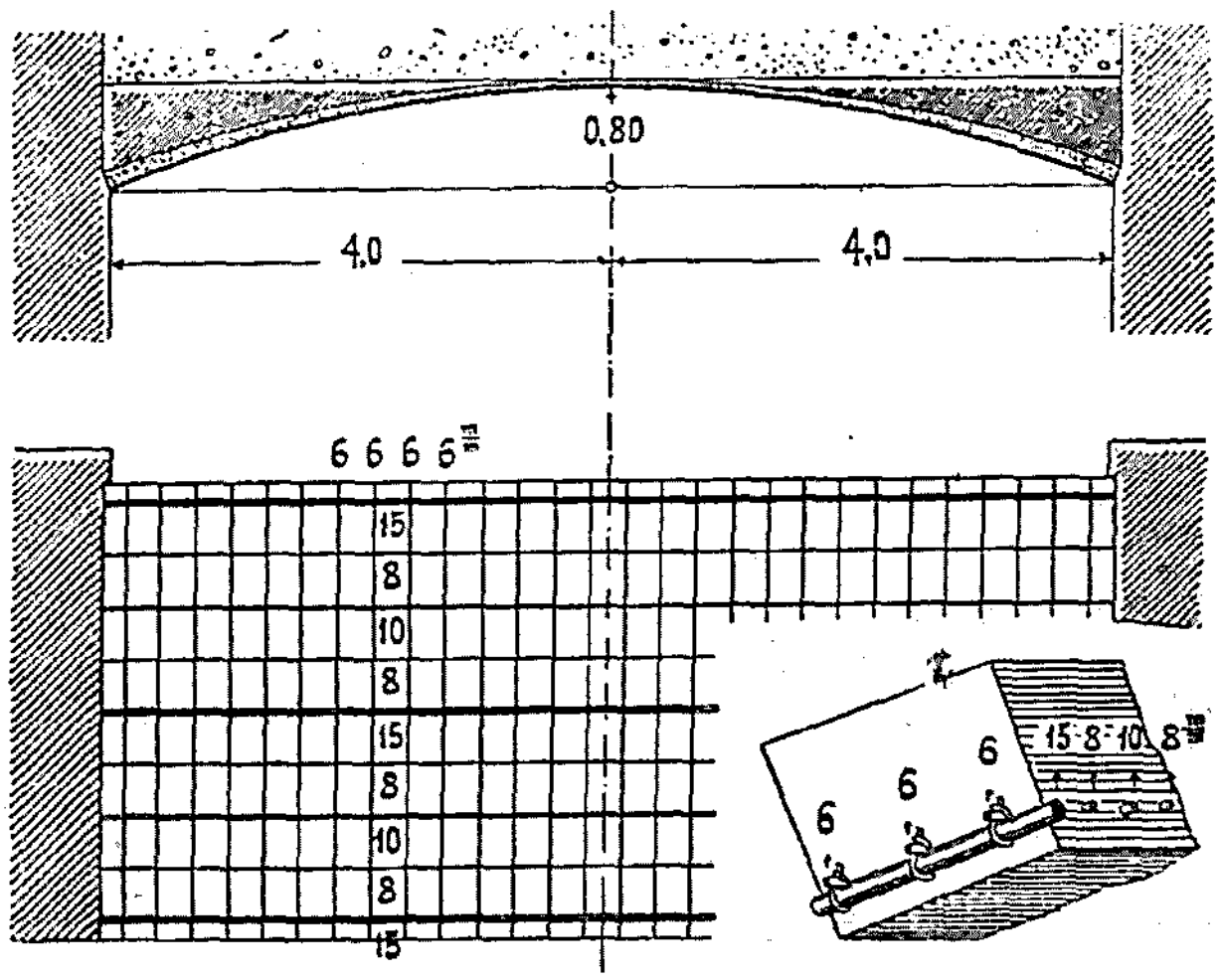
При устройствѣ резервуаровъ во всякомъ случаѣ надобно избѣгать образованія излишняго напора, такъ какъ съ увеличеніемъ напора возрастаетъ затрудненіе въ содержаніи въ исправности многочисленныхъ стыковъ трубъ городской сѣти, а вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивается опасность разрыва трубъ отъ неосторожнаго быстраго запиранія створныхъ кранов. Если же условія мѣстности не позволяютъ устройства одного только верхняго резервуара, который снабжалъ бы самыя высокія части города и вмѣстѣ съ тѣмъ не усиливалъ безполезнаго напора въ трубахъ низменныхъ частей города, то городское водоснабженіе дѣлаютъ съ такъ называемыми *поясами напора*, т. е. устраиваютъ столько верхнихъ резервуаровъ со особою, принадлежащею къ каждому изъ нихъ сѣтью водопроводныхъ трубъ, сколько по условіямъ мѣстности придется, для достиженія того, чтобы всѣ трубы работали приблизительно подъ одинаковымъ напоромъ. Соединеніемъ между собою всѣхъ поясовъ, въ удобныхъ

Резервуары изъ бетона, камня и желѣза.





Черт. 459 и 460.—Вертикальный разрѣзъ и планъ цилиндрическаго резервуара изъ каменной кладки съ покрытіемъ изъ бетона Монье, устроеннаго въ Бременѣ въ 1889 г. для промывныхъ цѣлей (размѣры въ метрахъ).



Черт. 461, 462 и 463.—Детали свода изъ бетона Монье для покрытія резервуаровъ. Составъ бетона—обыкновенно: 1 объемъ портландскаго цемента на 3 гравія-, причемъ допускаемое напряженіе = 30 килогр. на кв. см. (Lueger, p. 763).

мѣстахъ особыми трубами со створными кранами, получается возможность усиливать временно давленіе въ нижерасположенныхъ частяхъ города, напр., во время пожаровъ. Такимъ образомъ раздѣленъ, напримѣръ, Лондонъ на различные пояса напора, такъ что давленіе въ самыхъ низменныхъ частяхъ города не превышаетъ 3 до $4^1/_2$ атмосферъ. (См. также черт. 512 и 513 въ главѣ X).

Въ Парижѣ городская водопроводная сѣть состоитъ изъ совершенно отдѣльныхъ частей, смотря по возвышенію разныхъ частей города. Точно также и во многихъ другихъ городахъ — Ліонѣ, Ливерпулѣ, Манчестерѣ, Марсели, Брюсселѣ, Дублинѣ, Глазго, Генуѣ, Эдинбургѣ, а также и во многихъ небольшихъ городахъ, а у насъ— напр. въ Нижнемъ-Новгородѣ, сдѣланы раздѣленія въ водоснабженіи самыхъ повышенныхъ и самыхъ пониженныхъ частей города.

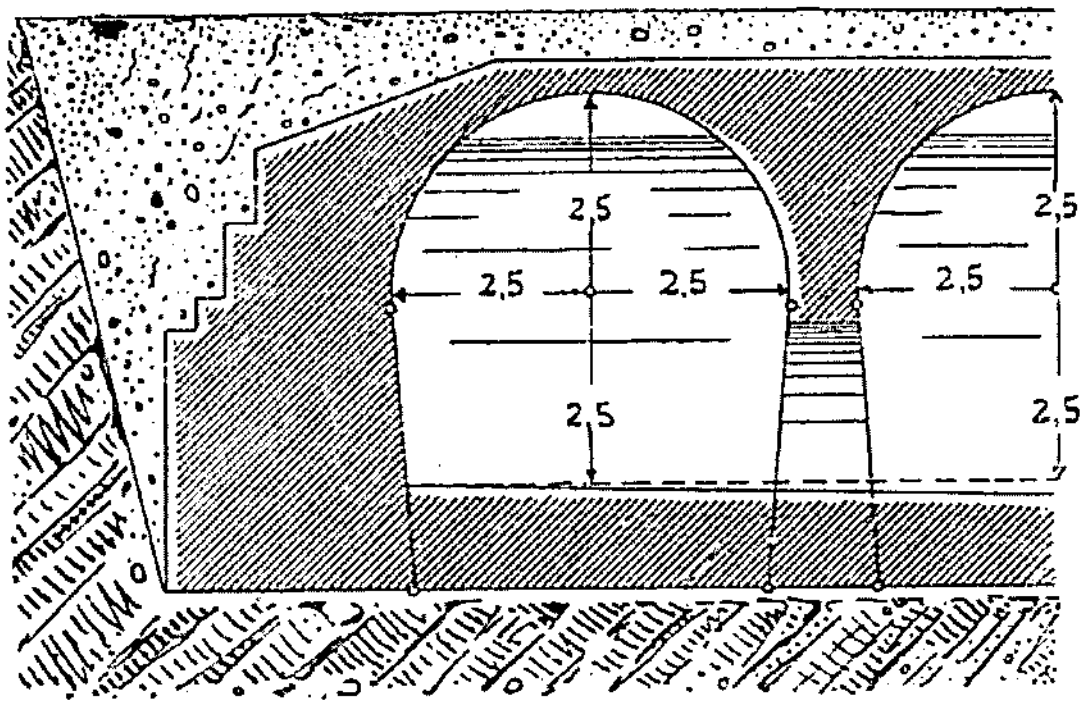
Въ Вѣнѣ устроены четыре резервуара, расположенные на высотѣ 287,3 фут., 267,3 фут., 264,3 фут. и 166,0 фут. надъ нулевымъ уровнемъ р. Дуная; каждая изъ уличныхъ сѣтей отъ этихъ резервуаровъ составляетъ самостоятельное цѣлое, но во всякое время эти сѣти могутъ быть сообщены между собою.

§ 72. Форма резервуаровъ высокаго и низкаго уровня. Матеріалъ для образованія ограждающихъ стѣнъ.

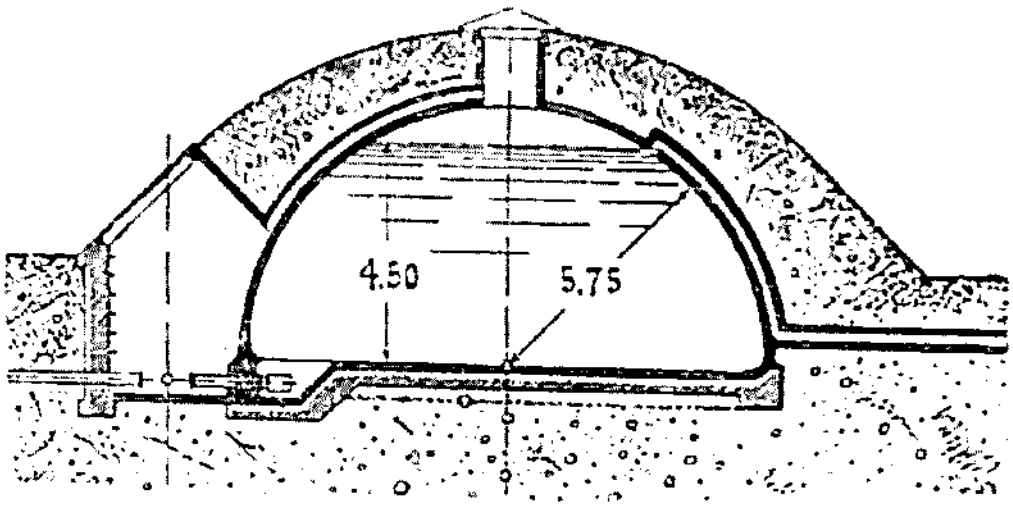
Въ планѣ резервуарамъ дается обыкновенно видъ квадрата или прямоугольника и очень рѣдко видъ правильнаго многоугольника или круга; между тѣмъ круговая или многоугольная форма наиболѣе экономична, такъ какъ она даетъ при наименьшемъ периметрѣ (стѣны стоятъ очень дорого)—наибольшую вмѣстимость. Но круговыя стѣны легко дѣлаются изъ металла и съ трудомъ изъ камня. Поэтому малые резервуары — металлическіе дѣлаются круглые, а большіе каменные — прямоугольные, за немногими исключеніями: напр. въ Дижонѣ есть круглый каменный резервуаръ діаметромъ въ 24 метра. Съ введеніемъ въ строительную практику бетона, а въ послѣднее время — особенно желѣзобетона— круговая форма резервуаровъ начинаетъ встрѣчаться все чаще и чаще. Уравнительные водоемы или резервуары чистой воды обыкновенно покрываются. Небольшіе резервуары покрываются крышами, а большіе, каменные по причинѣ обширности площади покрытія, покрываются ря-

Уравнительные водоемы.

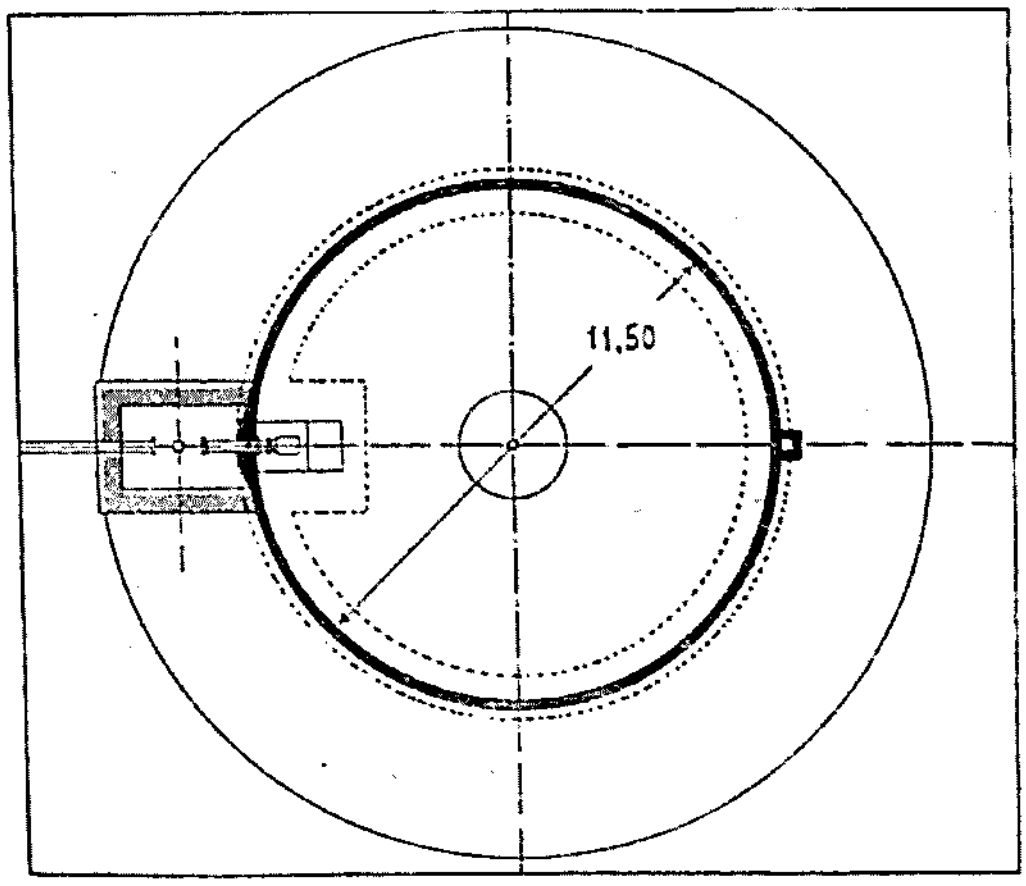
Резервуары изъ камня, бетона и желѣза.



Черт. 464. — Разрѣзъ части подземнаго резервуара изъ каменной кладки „de la porte Guillaume“. Этотъ резервуаръ построенъ въ числѣ всей совокупности сооруженій знаменит. водоснабж. г. Дижона—Дарси. Резервуаръ de la porte Guillaume отличается значительной прочностью и избыткомъ матеріала. Примѣненіемъ обратн. арокъ можно было бы, по мнѣнію новѣйшихъ строителей, не теряя въ прочности, выиграть въ матеріалѣ. Резервуаръ въ планѣ круглый и имѣетъ два кольцевыхъ сводчатыхъ хода (на разрѣзѣ видно $1^1/_2$). По срединѣ центральный колодезь съ затворами трубъ; въ колодезь входъ чрезъ изящную башню. (См. черт. 470). (*Darcy*—Les fontaines publics de laville de Dijon—1856).



Черт. 465. — Разрѣзъ полушароваго резервуара изъ бетона Монье (патентъ — A. Martenstein & Josseaux въ Оффенбахѣ в/М). Резервуаръ изъ бетона Монье поставленъ на бетонномъ основаніи. Типъ считаютъ экономичнымъ (Lueger), но указаній опыта еще не имѣется.



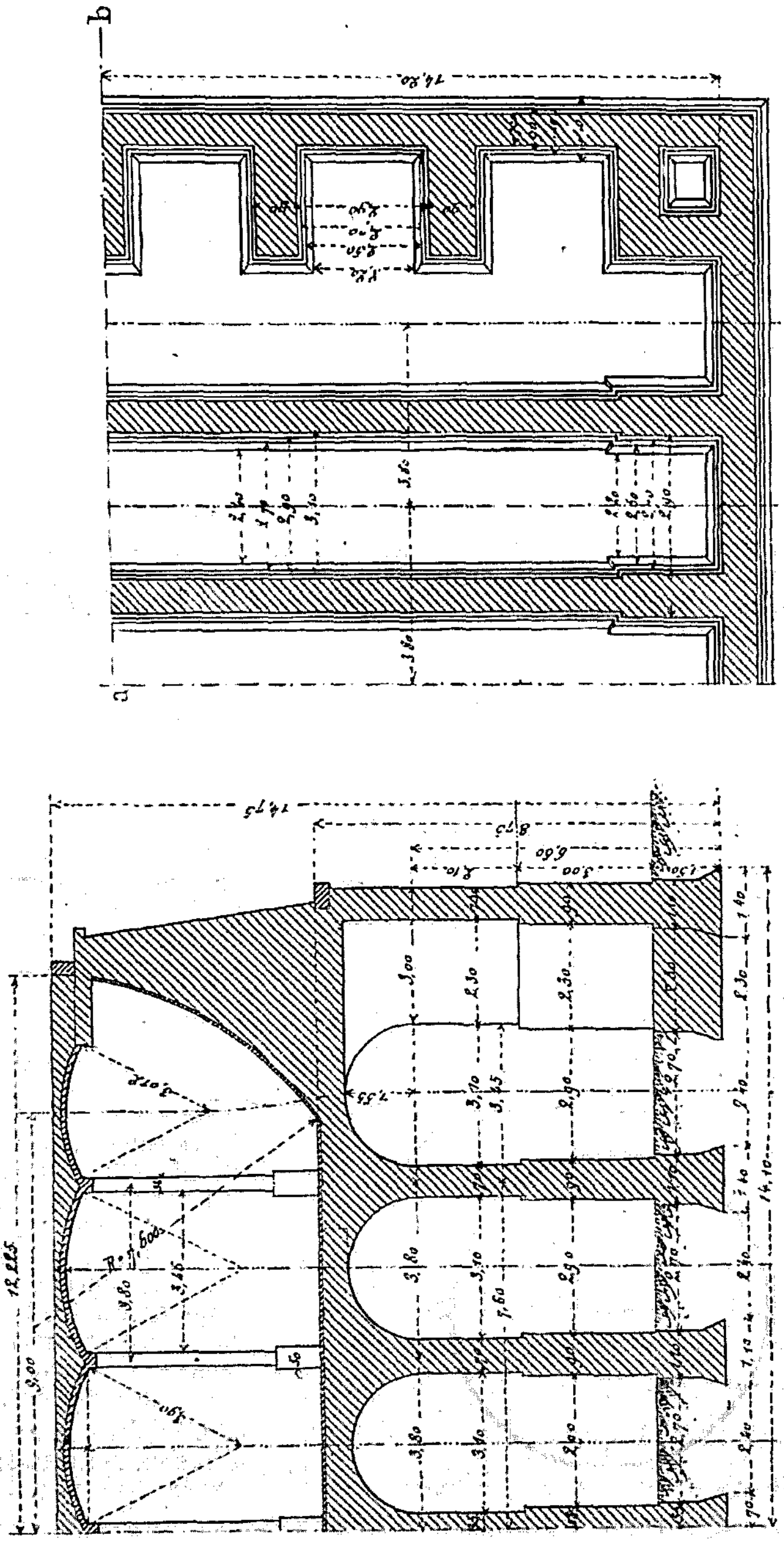
Примѣчаніе. Примѣненіе желѣзо-бетона для постройки водопроводныхъ резервуаровъ сдѣлало въ послѣдніе годы большіе успѣхи, особенно во Франціи. Такъ въ Парижѣ въ 1893—1897 гг. построено десять такихъ резервуаровъ емкостью отъ 200 до 4000 куб. м.

(См. An. des Ponts et Ch. 1898, а также докладъ Н. Житкевича 3-му вод. Съѣзду).

Черт. 466.—Планъ къ черт.

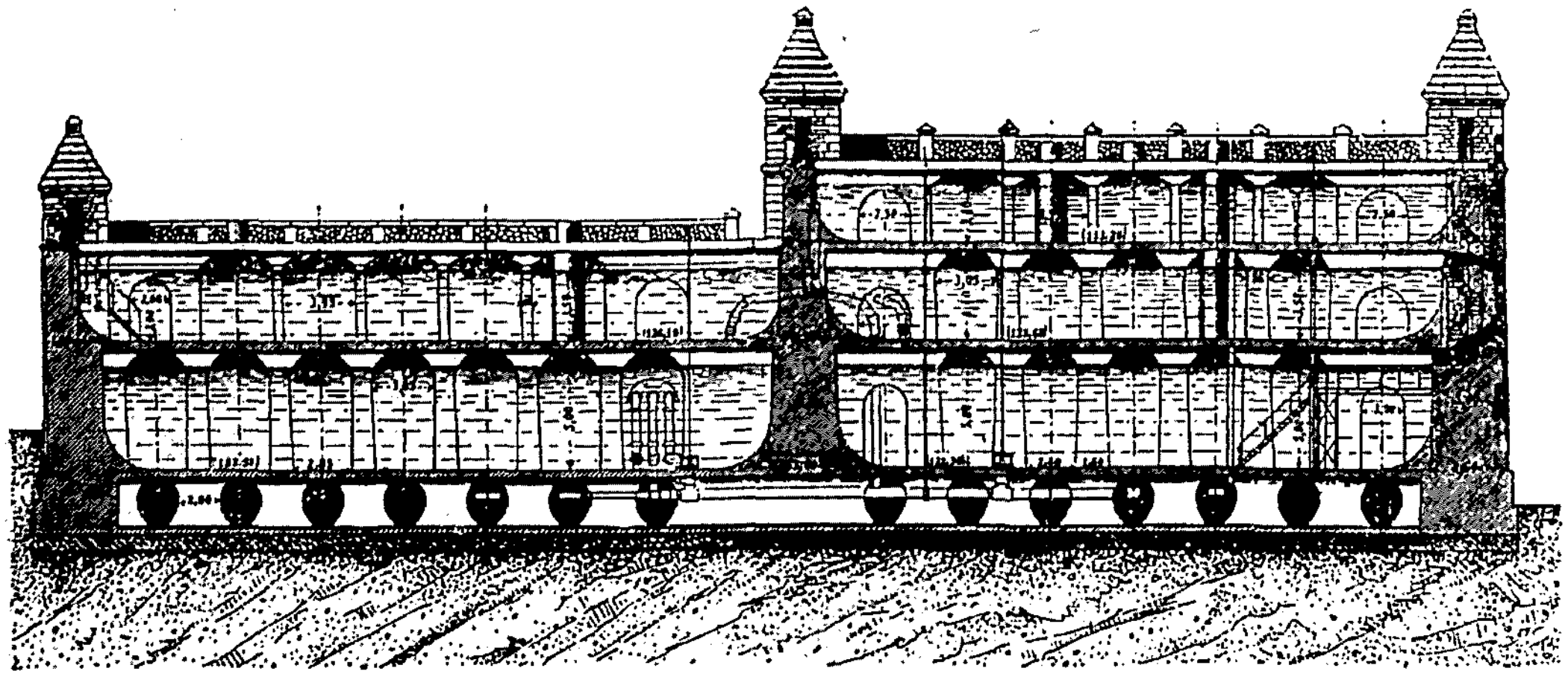
Уравнительные водоемы.

Водоснабженіе города Орлеана.



Черт. 467.—Вертикальный разрѣзъ резервуара.

Черт. 468.—Планъ части резервуара.



Черт. 469. — Разрѣзъ трехъ-этажнаго свободно стоящаго (не зарытаго въ землю) резервуара чистой воды на горѣ Монмартръ.

Вмѣстимость его 11.000 губ. м. Глубины воды: въ нижнемъ этажѣ—5 м., во II—3,50 м., въ III—2,50 м. Толщина стѣнъ нижняго этажа—3,60 м. Подъ резервуаромъ—имѣется подвальный этажъ, въ которомъ уложены всѣ приводныя, отводныя и спускныя трубы. Благодаря этому осмотръ всѣхъ этихъ трубъ очень легокъ, но что гораздо важнѣе,—подвалъ позволяетъ легко обнаружить течь въ днѣ резервуара и исправить ее, а также собрать просачивающуюся воду, не допуская ее проникать въ грунтъ и размягчать его. Подобныхъ резервуаровъ въ Парижѣ нѣсколько.

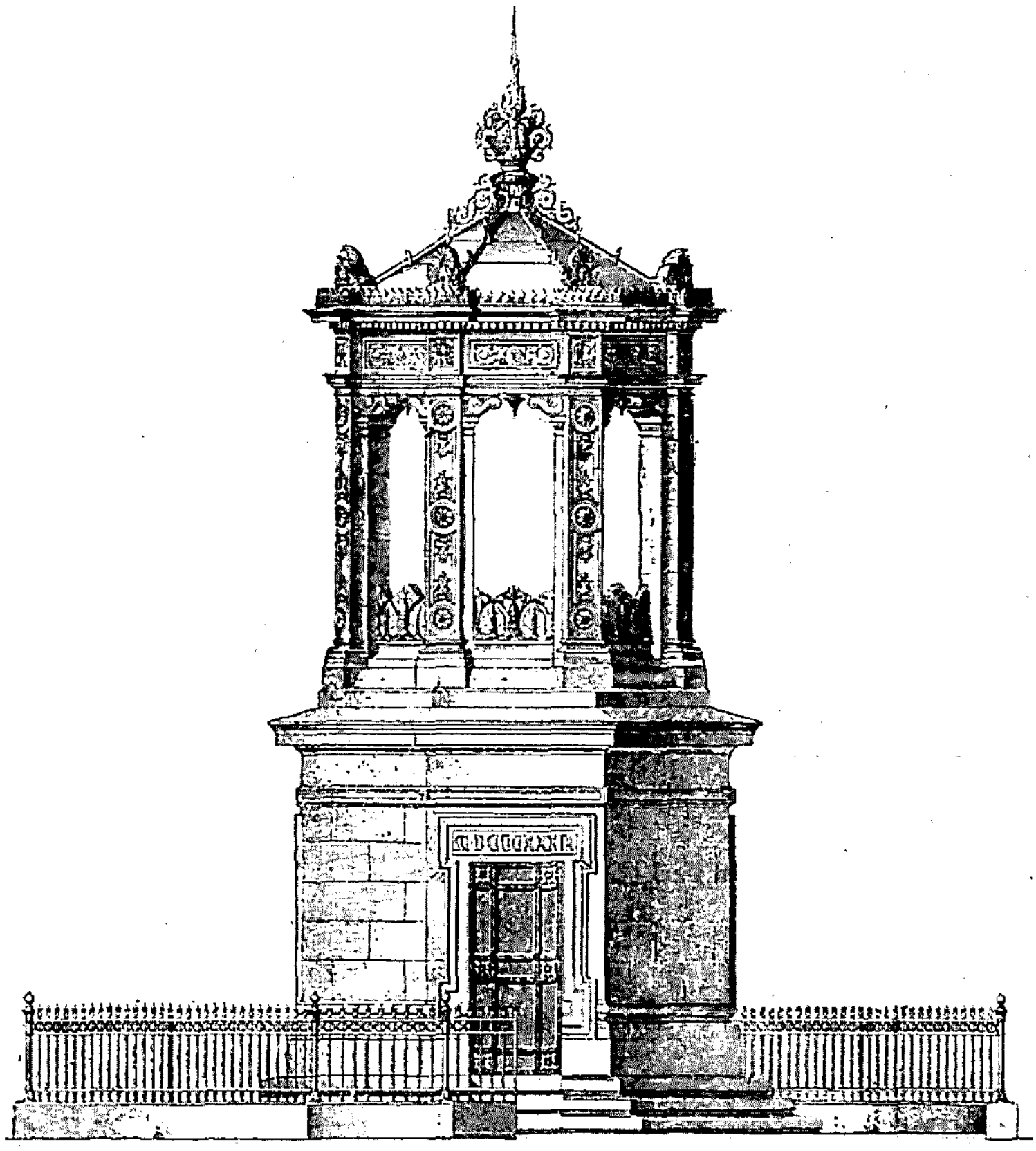
(Reserv. à deux etages de Ménilmontant — Nouv. An. de la Const. 1873; Reservoir de Montrouge à Paris — Engineering. 1878; Bechmann — Usines et reserv. à Paris — A. P. Ch. — 1891; Lueger).

домъ сводовъ, расположенныхъ одинъ подлѣ другого на столбахъ или на гуртовыхъ аркахъ, съ пролетомъ отъ $1^1/_2$ до 2 саж. Своды эти обыкновенно — парусные или цилиндрическіе. Встрѣчается. однако не мало примѣровъ открытыхъ сверху резервуаровъ (см. черт. 450—455). Такое устройство дешевле и даетъ возможность подвергаться водѣ оздоровляющему дѣйствію свѣта и воздуха; но оно возможно лишь въ мѣстностяхъ свободныхъ отъ пыли и міазмовъ. Большіе резервуары раздѣляются стѣнками на части, представляя этимъ удобство для чистки безъ остановки водоснабженія, такъ какъ каждую часть резервуара можно чистить отдѣльно. Въ то же время такое раздѣленіе резервуара напримѣръ поламъ представляетъ выгоду для удобнаго наблюденія за притокомъ и расходомъ воды посредствомъ наблюденія за уровнемъ воды въ то время, какъ одна половина наполняется, а другая опораживается. Для устраненія застоя большой массы воды въ резервуарѣ, приводную и расходную трубы располагаютъ въ возможно большемъ отдаленіи одна отъ другой и дну резервуара даютъ небольшой уклонъ. Чтобы вода, проходя чрезъ резервуаръ, совершала при своемъ движеніи возможно длинный путь, въ нѣкоторыхъ случаяхъ раздѣляютъ резервуаръ системою перегородокъ на нѣсколько камеръ, соединенныхъ между собою отверстіями, расположенными по ломанной линіи, такъ чтобы отверстія для входа воды въ камеру находились въ одномъ ея концѣ, а выходное отверстіе въ противоположномъ ея концѣ (черт. 480).

Дно каждой камеръ дѣлается съ небольшимъ уклономъ къ ея сединѣ и сверхъ того съ уклономъ (напр. въ 0,0005) по направленію длины камеры. Вслѣдствіе такого расположенія перегородокъ, притекающая вода пробѣгаетъ по камерамъ извилистой линіей до послѣдней камеры, изъ которой она поступаетъ въ городскую сѣть.

Глубина воды въ резервуарѣ дѣлается обыкновенно отъ 10 до 15 фут. и съ этимъ соображается толщина окружающихъ стѣнъ. Точное опредѣленіе наивыгоднѣйшей глубины воды въ резервуарѣ очень затруднительно и можетъ, быть сдѣлано въ каждомъ случаѣ только ощупью. Чѣмъ глубина больше, тѣмъ толще должны быть стѣны, но зато тѣмъ меньше ихъ протяженіе. Съ другой стороны при большихъ глубинахъ воды колебанія уровня въ резервуарахъ вызываютъ значительныя измѣненія давленія въ сѣти — это вредно.

Водоснабженіе города Дижона (см. также черт. 464).



Черт. 470.

Входная башня надъ резервуаромъ «de la porte Guillaue» въ Дижонѣ, ведущая въ центральный колодезь, въ которомъ помѣщены краны трубопровода.

(Darcy — Les fontaines publics de Dijon. — 1856).

Если глубина мала и слѣдовательно поверхность велика, то вода легче портится и т. д.

Стѣны, насколько это позволяютъ условія мѣстности, должны быть опущены ниже поверхности земли или, другими словами,— резервуаръ долженъ быть врытъ въ землю. При такомъ условіи не только вода менѣе подвержена вліянію температурныхъ перемѣнъ воздуха, но и кладка стѣнъ обходится дешевле, такъ какъ имъ можно дать меньшую толщину тогда, когда онѣ окружены плотнымъ грунтомъ, чѣмъ когда онѣ выше поверхности земли и окружены насыпью. Матеріалъ для стѣнъ—камень, кирпичъ, бетонъ.

Дно резервуара возводится на бетонномъ слоѣ отъ 1—2—3 фут. толщиною, сверхъ котораго кладутся плашмя два ряда кирпича на цементѣ (см. напр. черт. 489 и 490), или дѣлается каменная облицовка (см. о способѣ возведенія и деталяхъ устройствъ каменныхъ и бетонныхъ резервуаровъ — Bechmann: Distribution d'eau, Frühling: Die Wasserversorgung der Städte и др). Для избѣжанія развитія растительности дно и внутренность стѣнъ гладко оштукатуривается цементомъ до высоты самаго высокаго уровня воды въ резервуарѣ.

Своды дѣлаются кирпичные, толщиною въ одинъ кирпичъ, и снаружи покрываются слоемъ цемента, сверхъ котораго накладывается слой глины, такъ что вся вода, просачивающаяся сквозь сдѣланную надъ резервуаромъ земляную насыпь, отводится въ сторону за боковыя стѣнки. Земляная насыпь надъ резервуаромъ дѣлается толщиною отъ 3,5 до 5 фут. надъ вершиною сводовъ; вслѣдствіе такого тщательнаго прикрытія резервуара въ послѣднемъ держится средняя температура отъ 8° до 9° Р. или отъ 10° до 12° Ц.

Въ настоящее время можно встрѣтить примѣры резервуаровъ, сдѣланныхъ сплошь изъ бетона *). Таковъ—резервуаръ въ *Висбаденѣ* на 4275 куб. м.

Замѣтимъ, что и большіе резервуары покрываютъ иногда не сво-

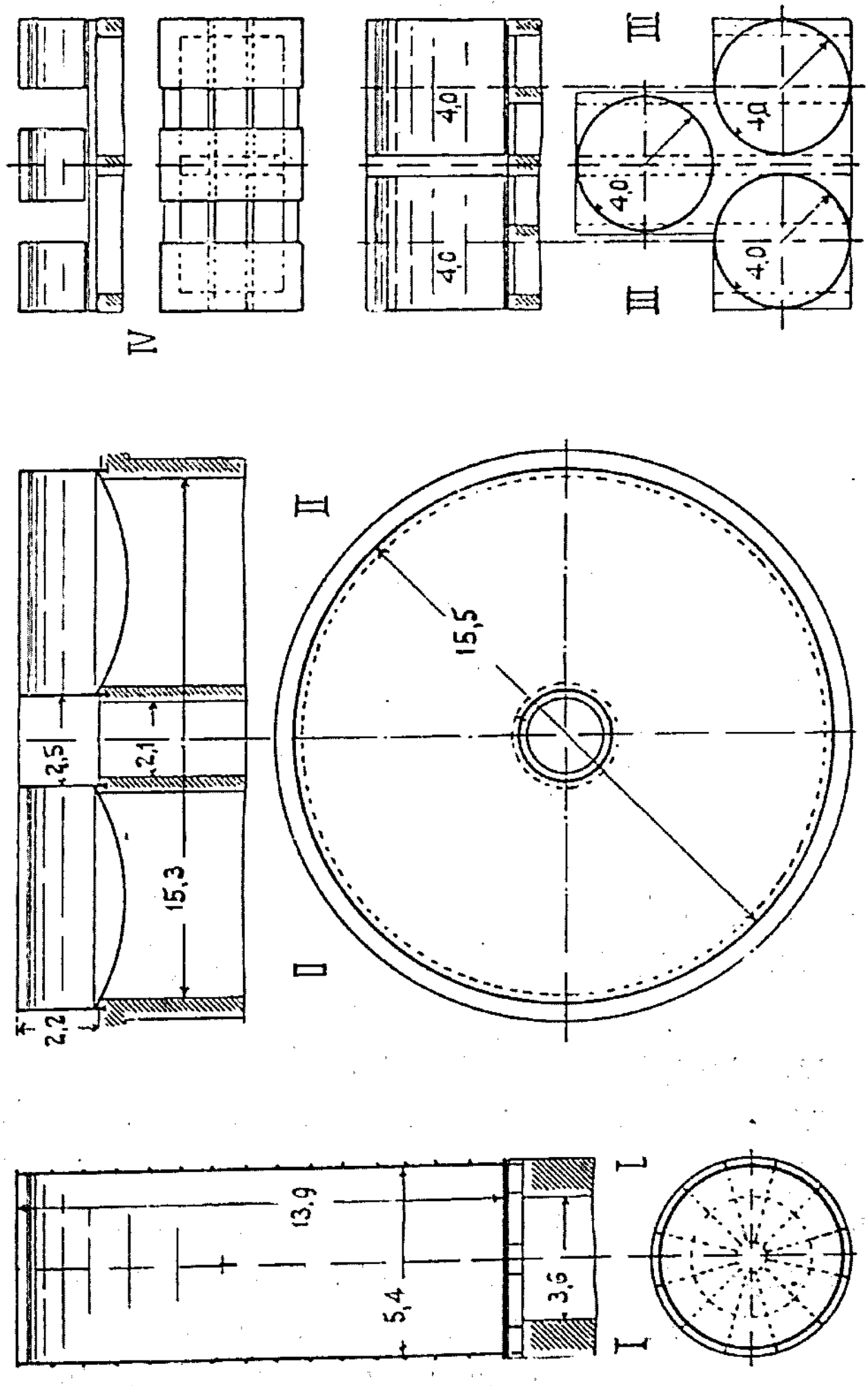
---

*) Составъ бетона для стѣнъ резервуаровъ, врытыхъ въ землю, обыкновенно: 1 объемная часть цемента на 6—7 гравія и 6—7 щебня. (Lueger, p. 763). Составъ бетона для сводчатыхъ покрытій Монье: 1 объемъ портландъ-цемента на 3 гравія.

Данныя для расчетовъ такихъ сооруженій теперь уже многочисленны. Между прочимъ см. *Undeutsch,* Untersuchungen über die Stabilität u. Festigkeit von cylindrischen Bassinwänden. (Journ. f. Gasb. und Wasservers, 1877, S. 691). *Vigreux*, étude sur la stabilité des voûtes. (An. de Gén. Civ. 1878, p. 1).

Уравнительные водоемы.

Металлическіе резервуады.



Черт. 473, 474.—**Желѣзный кольцевой резервуаръ въ Leiden'ѣ (Голландія)**, поставленный на цилиндрическія стѣны башни.

Черт. 475—478.—**Типы группировокъ четыреугольныхъ и круглыхъ резервуаровъ, поставленныхъ на полы.**

Примѣчаніе. Размѣры къ черт. 471—478 въ метрахъ.

Черт. 471, 472. — **Чугунный резервуаръ въ Karlsruhe (Баденъ), поставленный на балочный полъ.**

дами, а навѣсами изъ болѣе или менѣе легкихъ матеріаловъ съ такой же легкою крышею. Такой типъ покрытія дешевъ, такъ какъ для него не требуется даже промежуточныхъ опоръ. Но подъ крышей вода хуже предохраняется отъ колебаній температуры, чѣмъ подъ сводами и слоемъ земли и кромѣ того ремонтъ и содержаніе крышевыхъ покрытій стоитъ дорого.

§ 73. Оборудованіе резервуаровъ.

Предметы оборудованія резервуаровъ суть:

а) приводныя и отводныя трубы,

б) затворы для прекращенія притока или вытеканія воды,

в) распредѣлители воды по отдѣленіямъ,

г) предохранительные водоспуски для предупрежденія подпиранія водой сводовъ или крыши резервуара или переливанія черезъ края въ открытыхъ резервуарахъ,

д) водоспуски для полнаго опорожненія резервуаровъ,

е) вентиляціонныя и свѣтовыя отверстія,

ж) лѣстницы для спуска воды и матеріаловъ,

з) указатели уровня.

Чертежи (450 — 505) въ достаточной степени знакомятъ съ устройствомъ приспособленій, упомянутыхъ въ п.п. а—ж (см. также Bechmann—Distribution d'eau). Поэтому мы остановимся только на послѣднемъ.

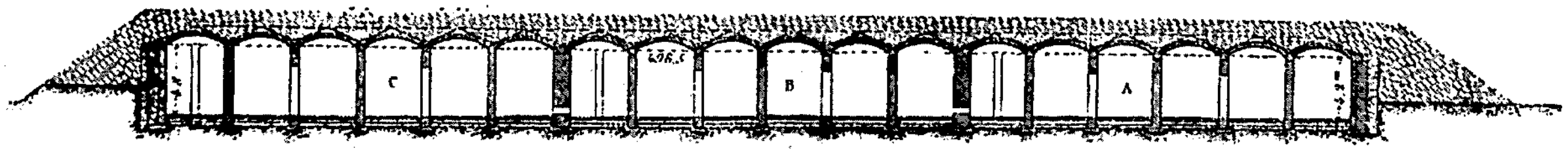
Весьма важно знать размѣръ дѣйствительнаго притока и расхода воды и для этого при каждомъ резервуарѣ устраиваются особыя приспособленія.

Величина притока, которая при накачиваніи воды машинами можетъ быть опредѣляема также числомъ ходовъ поршня, въ большей части случаевъ опредѣляется посредствомъ удобно расположенныхъ водоспусковъ, но въ резервуарахъ о двухъ отдѣленіяхъ можетъ быть гораздо проще опредѣлена наблюденіями надъ высотою водянаго уровня, причемъ расходъ воды дѣлается такъ, что вода въ расхожую трубу поперемѣнно пускается то изъ одного, то изъ другого отдѣленія, и вода изъ одного расходуется въ то время, когда другое отдѣленіе наполняется.

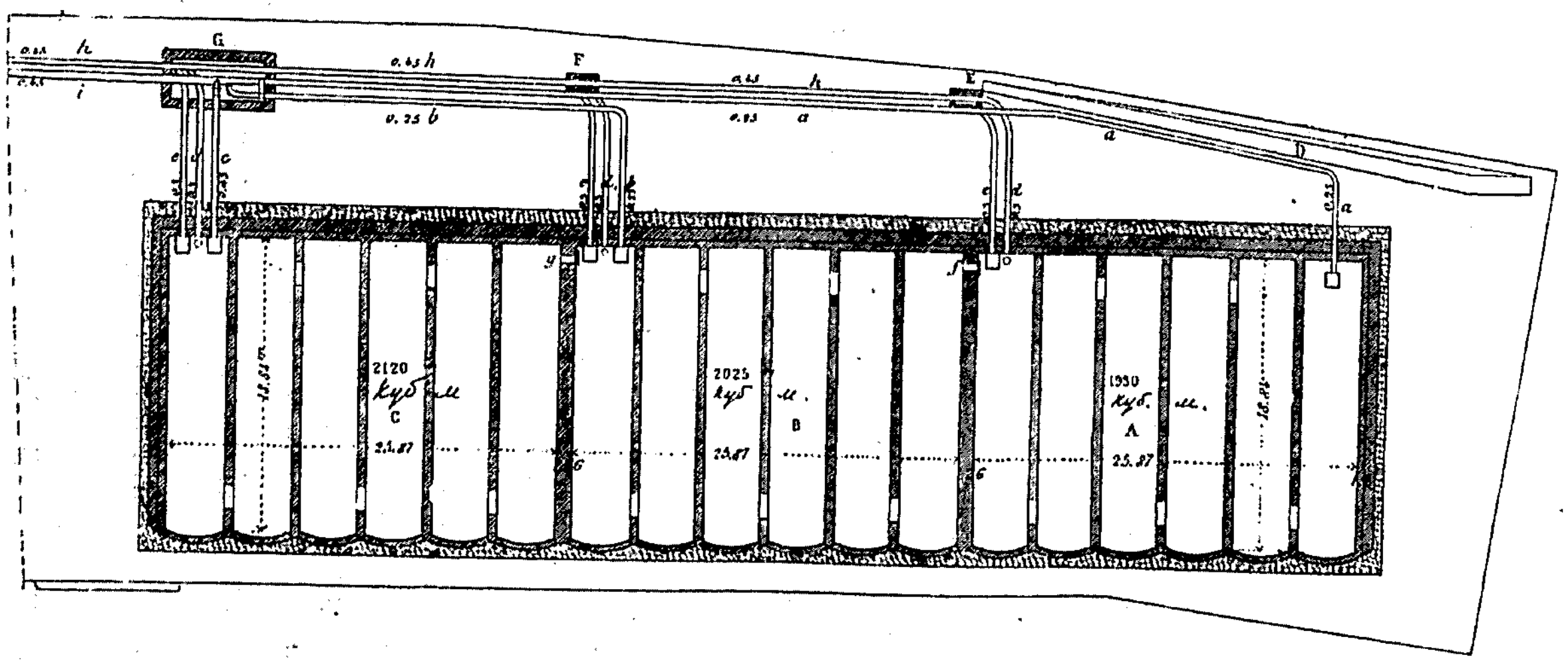
Измѣренія высоты уровня воды дѣлаются или поплавкомъ, или стекляннои мѣрной трубкой. Употребленіе поплавка представляетъ

Водоснабженіе города Цюриха.

Резервуаръ высокаго уровня (напорный резервуаръ).



Черт. 479.—Продольный разрѣзъ (масштабъ $^3/_{2000}$).



Черт. 480.—Планъ (масштабъ $^3/_{2000}$).

Примѣчаніе. Цюрихъ имѣетъ двойное водоснабженіе: питьевой воды изъ ключей и промышленной изъ рѣки Лиммать. Чертежи представляютъ собой резервуаръ высокаго уровня для возвышенной части города. Онъ состоитъ изъ 3 отдѣленій, которыя должны были строиться постепенно по мѣрѣ надобности (*A*, *B*, *C*); *a*, *b*, *c*—впускныя трубы; *d d d* — водосливныя *e e e* — водоспускныя трубы; *E*, *F* — затворы водоспусковъ отдѣленія *A* и *B*; *G* — камера крановъ разныхъ трубъ.

(A. Bürkli — Ziegler).

ту выгоду, что высоту уровня воды можно отсчитывать на скалѣ, поставленной на какой угодно высотѣ, такъ какъ мѣрная стеклянная трубка должна находиться на одинаковой высотѣ съ дѣйствительной вышиной уровня воды въ резервуарѣ.

Повѣрительный поплавокъ состоитъ изъ плавающаго въ водѣ и только отчасти въ нее погруженнаго тѣла, деревяннаго кружка или пустаго металлическаго шара, собственно поплавка, къ которому придѣланъ вертикально стоящій стержень. Къ верхнему концу этого стержня прикрѣплена веревка, перекинутая затѣмъ черезъ блокъ и несущая на нижнемъ концѣ указательную гирю достаточнаго вѣса, чтобы держать всегда веревку въ натянутомъ положеніи. Длина веревки соображается съ тѣмъ, гдѣ помѣщена рейка, на которой гиря указываетъ высоту уровня воды въ резервуарѣ; при этомъ гиря движется вдоль по рейкѣ вмѣстѣ съ повышеніемъ и пониженіемъ уровня воды въ резервуарѣ. Нулевое дѣленіе скалы въ этомъ случаѣ помѣщается не у нижняго, а у верхняго ея конца, такъ что при самомъ низкомъ уровнѣ воды въ резервуарѣ гиря находится на верху, и обратно. На рейкѣ нанесены не только дѣленія по длинѣ ея для показанія уровня воды въ резервуарѣ, но противъ каждаго дѣленія показана и соотвѣтствующая емкость резервуара въ куб. фут. и т. п. для болѣе наглядnаго наблюденія за притокомъ и расходомъ воды въ резервуарѣ.

При употребленіи водомѣрной трубки, на расхожей трубѣ, при выходѣ ея изъ резервуара въ крановую камеру, просверливаютъ небольшое отверстіе, въ которое ввинчивается запорный кранъ съ прикрѣпленной къ нему коробкой для мѣрной трубки; послѣдняя дѣлается нѣсколько выше самаго высокаго уровня воды въ резервуарѣ и всегда сверху открыта. Позади стеклянной трубки помѣщается скала, подраздѣленная вышеописаннымъ образомъ. Вода въ трубкѣ всегда будетъ стоять на одномъ горизонтѣ съ уровнемъ воды въ резервуарѣ, такъ что всегда на скалѣ можно прочесть объемъ воды, находящійся въ данную минуту въ резервуарѣ.

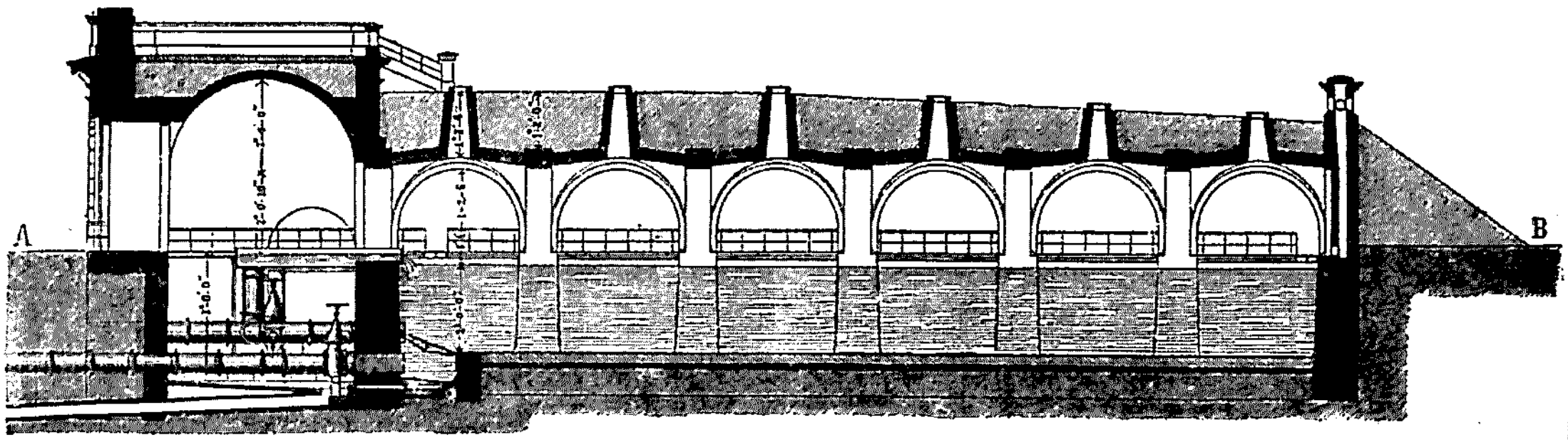
Для облегченія прочитыванія, къ трубкѣ придѣлывается подвижная указательная стрѣлка.

Въ послѣднее время при многихъ резервуарахъ устроены самодѣйствующіе электромагнитные измѣрители уровня воды, представляющіе то удобство, что уровень воды въ резервуарѣ можетъ быть наблюдаемъ въ любомъ пунктѣ города. У водопоказателя Сименса и

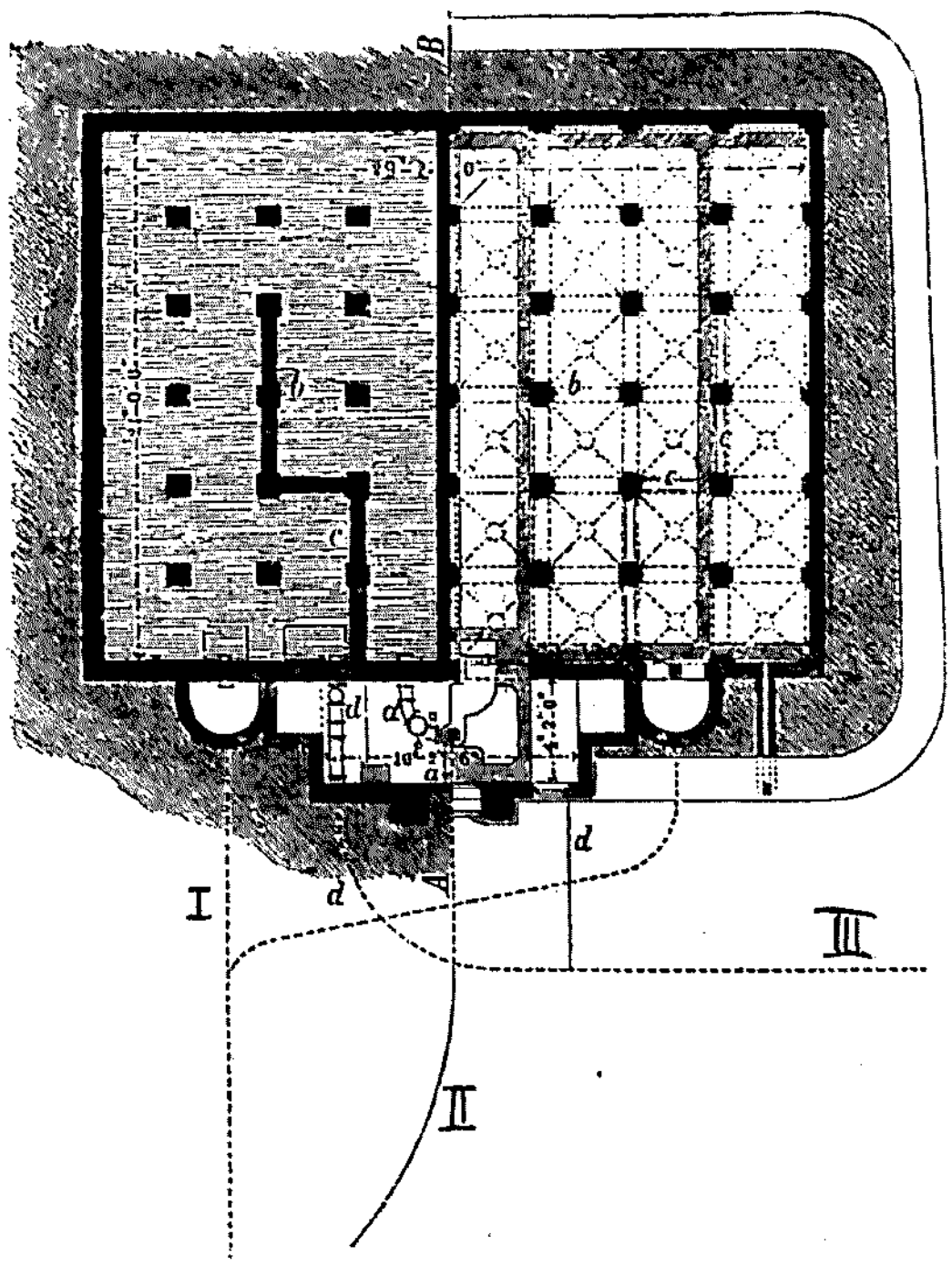
Уравнительные водоемы.

Водоснабженіе города Вѣны.

Резервуаръ „auf der Schmelz“.



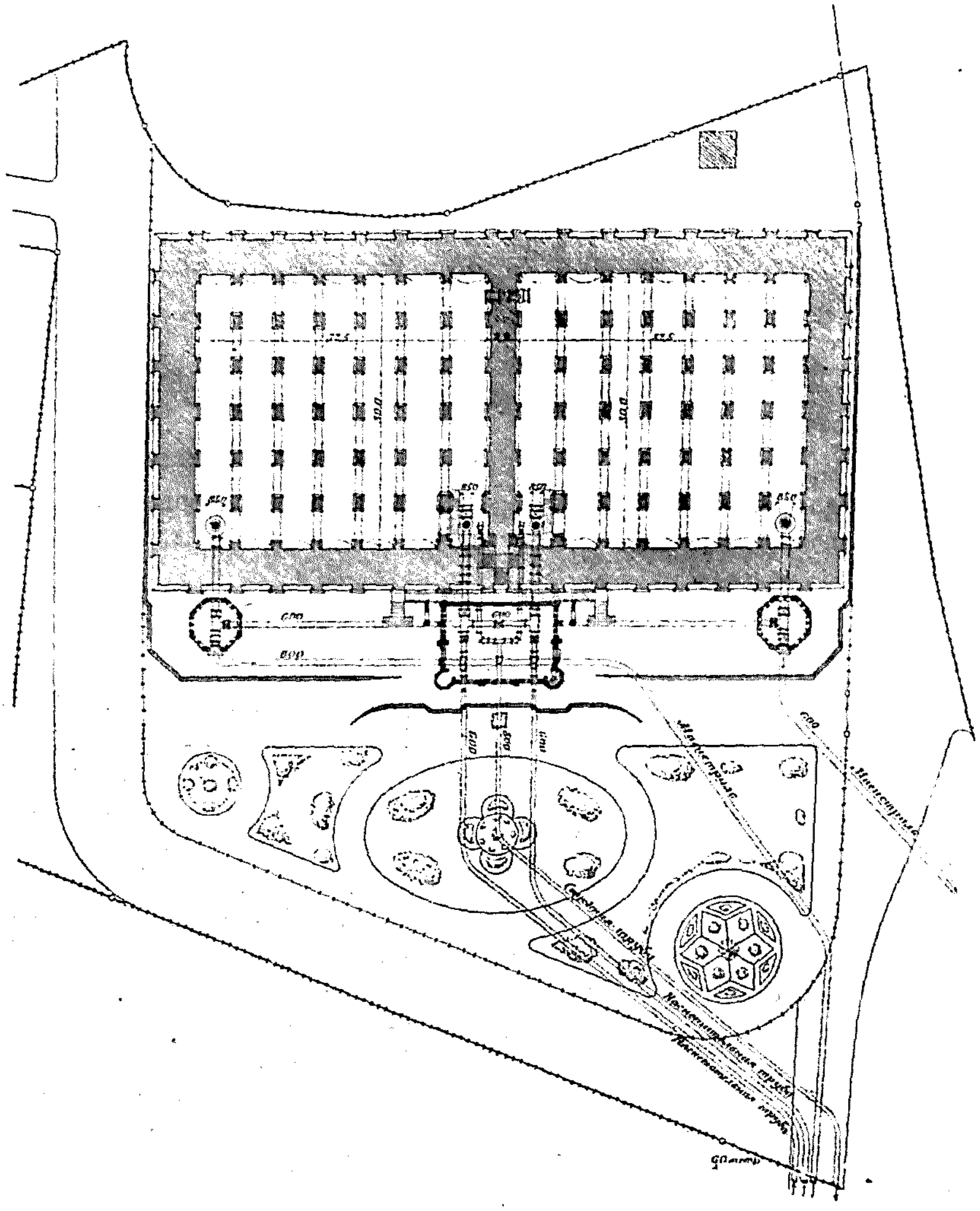
Черт. 481. — **Продольный разрѣзъ резервуара** по *A B* (плана черт. 482), съ показаніемъ впускной и выпускной трубъ, галлереи для осмотра, свѣтовыхъ и вентиляціонныхъ отверстій.



Черт. 482. — **Планъ резервуара.**

На лѣвой сторонѣ плоскость плана ниже уровня воды; на правой выше этого уровня. Вода притекаетъ въ резервуаръ по трубѣ II, которая развѣтвляется на двѣ *a*, идущія каждая къ одному изъ двухъ самостоятельныхъ отдѣленій резервуара. Берется изъ резервуара вода трубами *d d*, соединяющимся въ одну общую III. Избытокъ воды отводится чрезъ водосливы каналомъ I. Въ каждомъ отдѣленіи глухая стѣна *c b*, заставляетъ воду проходить по всему резервуару прежде чѣмъ попасть изъ впускной трубы *a* въ выпускную *d*. Впускать воду можно или у дна резервуара или у горизонта воды; послѣднее достигается закрытіемъ нижняго крана, причемъ вода поднимается по вертикальному отростку трубы въ желѣзный ящикъ, откуда сливается въ резервуаръ (см. продольный разрѣзъ черт. 481). Резервуаръ каменный сводчатый, покрытый землей. Внѣшній его видъ сходилъ съ представленнымъ на черт. 81.

Водоснабженіе города Гановера.



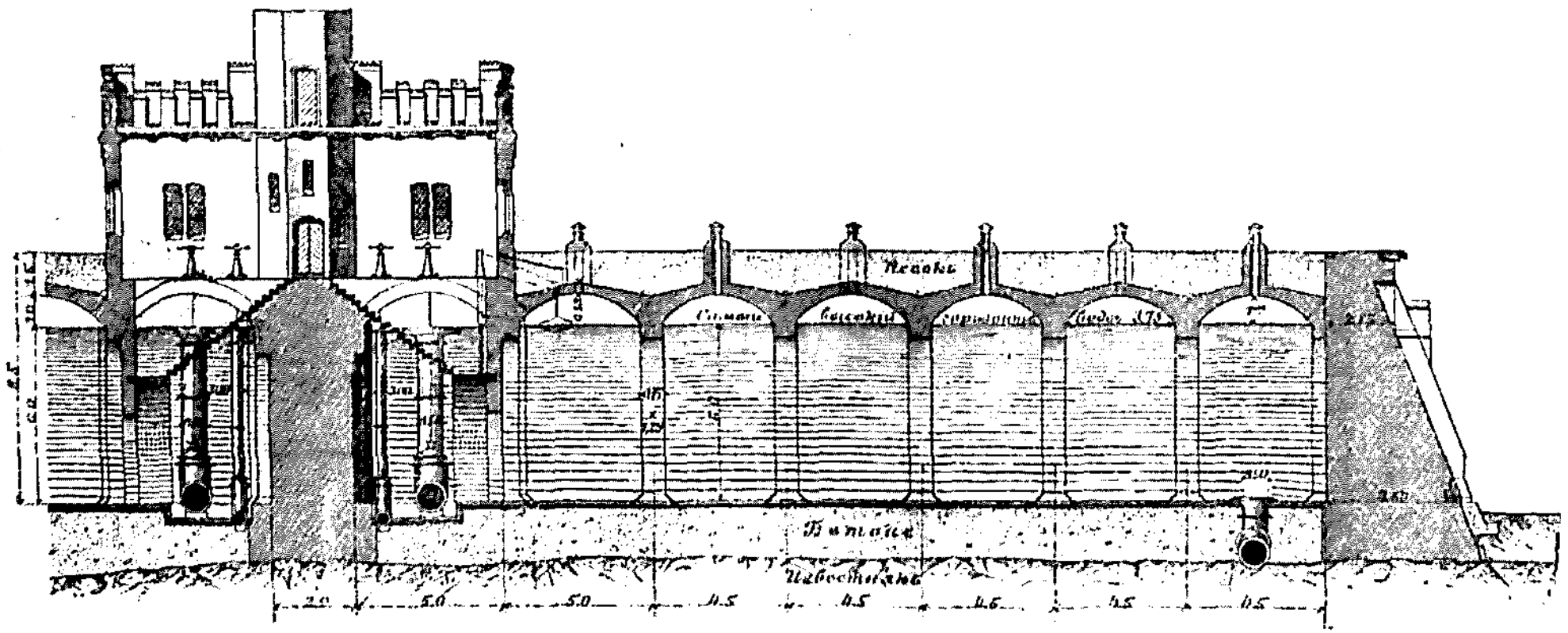
Черт. 483.

План напорнаго резервуара на горѣ Линденъ ($^1/_{1000}$ н. в.).

(Фасадъ см. на черт. 80, I вып.).

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. сооруж.).

Водоснабженіе города Ганновера.



Черт. 484.

Разрѣзъ напорнаго резервуара на горѣ Линденъ ($^1/_{400}$ н. в.).

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. сооруж.).

Гальске на подраздѣленномъ циферблатѣ движется стрѣлка, соединенная телеграфнымъ проводомъ съ поплавкомъ и показывающая положеніе уровня воды въ резервуарѣ. Въ другихъ городахъ, чрезъ извѣстные промежутки времени положеніе уровня воды сообщается по телеграфу или телефону караульными при резервуарѣ въ контору управленія водопроводами; весьма полезно имѣть всегда телеграфное или телефонное сообщеніе между резервуаромъ и машиннымъ отдѣленіемъ.

§ 74. Примѣры нѣкоторыхъ резервуаровъ.

Изъ сказаннаго въ предшествующихъ §§ становится яснымъ, что при зависимости устройствъ резервуаровъ отъ мѣстныхъ условій, матеріаловъ и пр. они должны представлять очень значительное разнообразіе. Не считая поэтому удобнымъ входить въ болѣе подробную классификацію резервуаровъ сверхъ установленной выше, мы приведемъ лишь нѣсколько примѣровъ нѣкоторыхъ устройствъ этого рода, частью иллюстрируя ихъ чертежами, частью краткими указаніями, приводимыми далѣе.

Помѣщенные въ настоящей главѣ чертежи съ пояснительнымъ къ нимъ текстомъ даютъ понятіе объ устройствѣ:

- а) резервуаровъ открытыхъ:
  - съ земляннымъ огражденіемъ — Манчестеръ — черт. 450—452;
  - съ каменнымъ огражденіемъ — Нью-Іоркъ — черт. 453 и Стокгольмъ — черт. 454—455.
- б) резервуаровъ закрытыхъ или покрытыхъ:
  - 1) съ каменнымъ огражденіемъ:
    - одноэтажныхъ:
      - Мюлгеймъ — черт. 456—458;
      - Дижонъ — черт. 464, 470;
      - Цюрихъ — черт. 479—480;
      - Вѣна — черт. 81, 481, 482;
      - Ганноверъ — черт. 80, 483, 484;
      - Веймаръ — черт. 485—487;
      - Галле — черт. 488—491;
    - двухъэтажныхъ:
      - Орлеанъ — черт. 467, 468;
      - Парижъ — черт. 469;
  - 2) съ бетонными и желѣзобетонными огражденіями:
    - Бременъ — черт. 459, 460;
    - Оффенбахъ — черт. 465, 466;
  - 3) съ желѣзными огражденіями:
    - Карлсруэ — черт. 471, 472;
    - Лейденъ — черт. 473—474;
    - Ремшейдъ — черт. 498, 499;
    - Галле — черт. 500.
    - Дюрренъ — черт. 502;
    - Princeton — черт. 505;
    - Ней-Штрасфуртъ — ч. 501 и др.

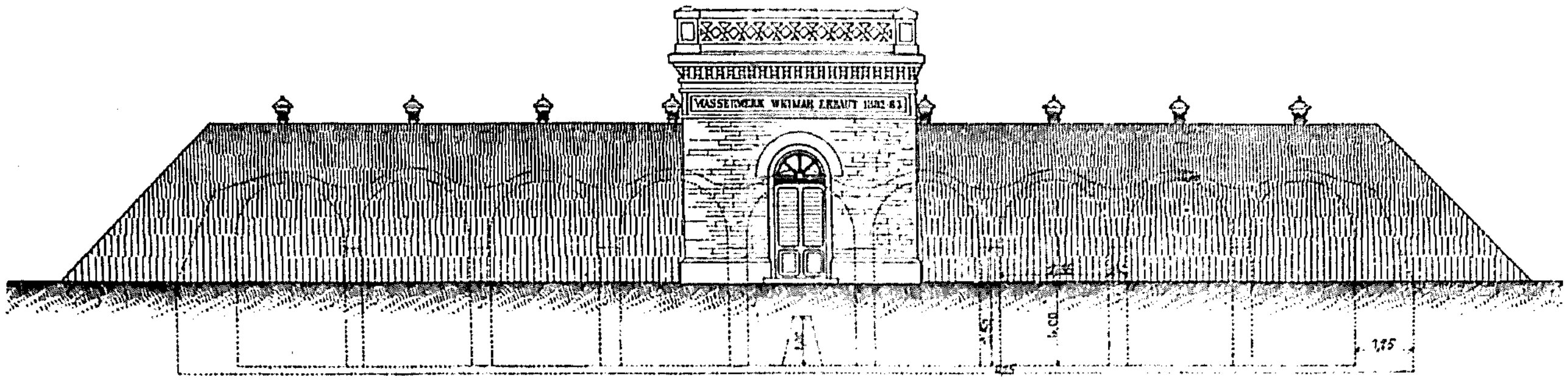
Сверхъ этихъ резервуаровъ могутъ быть отмѣчены еще слѣдующіе:

Въ г. Магдебургѣ резервуаръ устроенъ длиною 188,2 и шириною 105,6 фут. и можетъ вмѣстить въ себя всю воду, ежесуточно накачиваемую машинами, а именно около 400,000 куб. фут. или около 930,000 вед. Резервуаръ расположенъ на высотѣ 133,8 надъ самымъ низкимъ уровнемъ воды въ р. Эльбѣ.

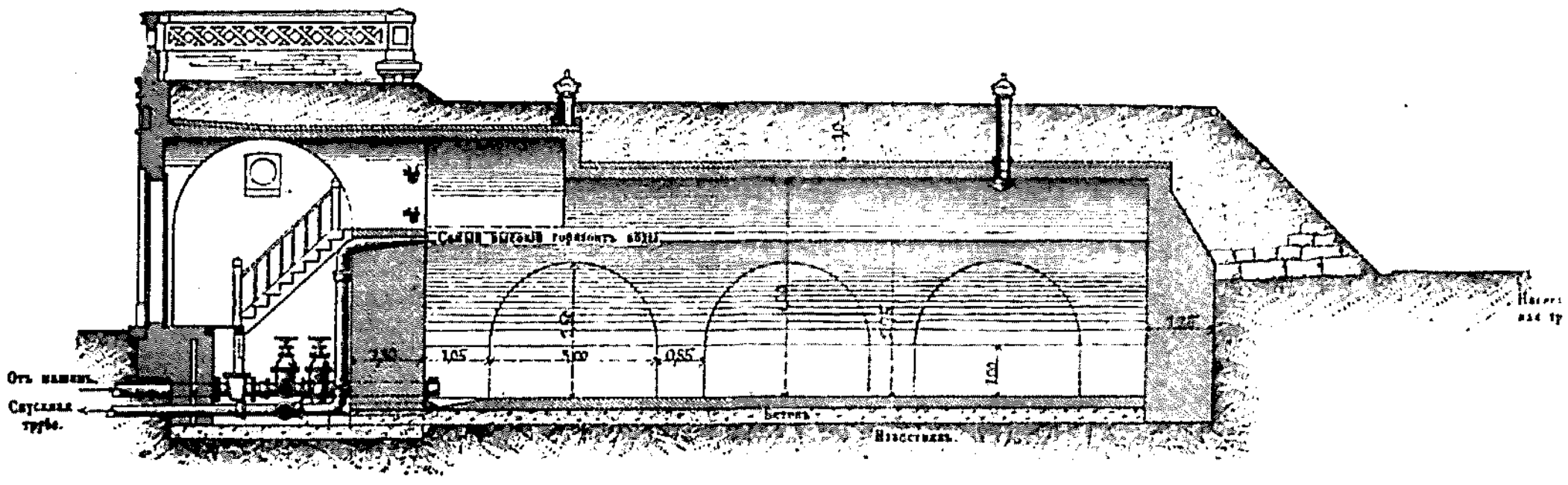
Въ Парижѣ устроено болѣе десяти напорныхъ резервуаровъ, емкость которыхъ превосходитъ суточный расходъ воды. Резервуаръ у заставы Амандье въ Парижѣ, вмѣщающій 192,500 куб. фут. воды, прикрытъ кирпичными сводами, тогда какъ резервуаръ въ Шальо, вмѣщающій 14,000 куб. фут. прикрытъ желѣзнымъ куполомъ.

Для новаго Вѣнскаго водопровода горной ключевой воды устроено, какъ выше было сказано, четыре резервуара. Резервуаръ на Розенхюгелѣ имѣетъ емкость въ 80,000 куб. фут., глубина воды въ немъ 12,5 фут., и онъ расположенъ на высотѣ 287,3 фут. надъ нулевымъ уровнемъ р. Дуная; онъ устроенъ изъ двухъ половинъ. Резервуаръ на Шмельцѣ расположенъ на высотѣ 267,3 фут. надъ р. Дунаемъ, имѣетъ глубину воды въ немъ 12,5 фут. и вмѣщаетъ въ себѣ 370,000 куб. фут. воды, тогда какъ резервуаръ на Винеръ-Бергѣ, расположенный на высотѣ 264,3 фут. надъ нулемъ, имѣетъ глубину воды 12,5 фут. и вмѣщаетъ въ себѣ 166,000 куб. фут. воды. Четвертый, позже построенный, резервуаръ на Ларсбергѣ для снабженія низменной части города, лежитъ всего на 166,0 фут. надъ нулемъ, имѣетъ глубину воды въ 15,5 фут. и вмѣщаетъ въ себѣ 385,000 куб. фут. Всѣ резервуары устроены съ водосливами для обмѣра воды, притекающей въ каждый изъ резервуаровъ, а также со сточными трубами для отвода излишне-притекающей воды. Створные краны и всѣ другіе приборы помѣщены въ особомъ зданіи.

Верхній резервуаръ для новаго водопровода въ гор. Лейпцигѣ расположенъ на возвышенностяхъ Пробстейда и представляетъ огромное кирпичное, крытое сводами, зданіе, вмѣщающее въ себѣ до 160,000 куб. фут. воды; резервуаръ имѣетъ въ длину 142 фут., въ ширину 102 фут. и глубина воды въ немъ 14 футъ. На сѣверо-западномъ углу свода находится небольшая башне-образная надстройка, сквозь которую по желѣзной лѣстницѣ въ отверстіе въ сводѣ можно сойти въ резервуаръ; сверхъ того въ этой башнѣ помѣщена вертикальная труба, діаметромъ 12 дюйм., и поплавокъ.

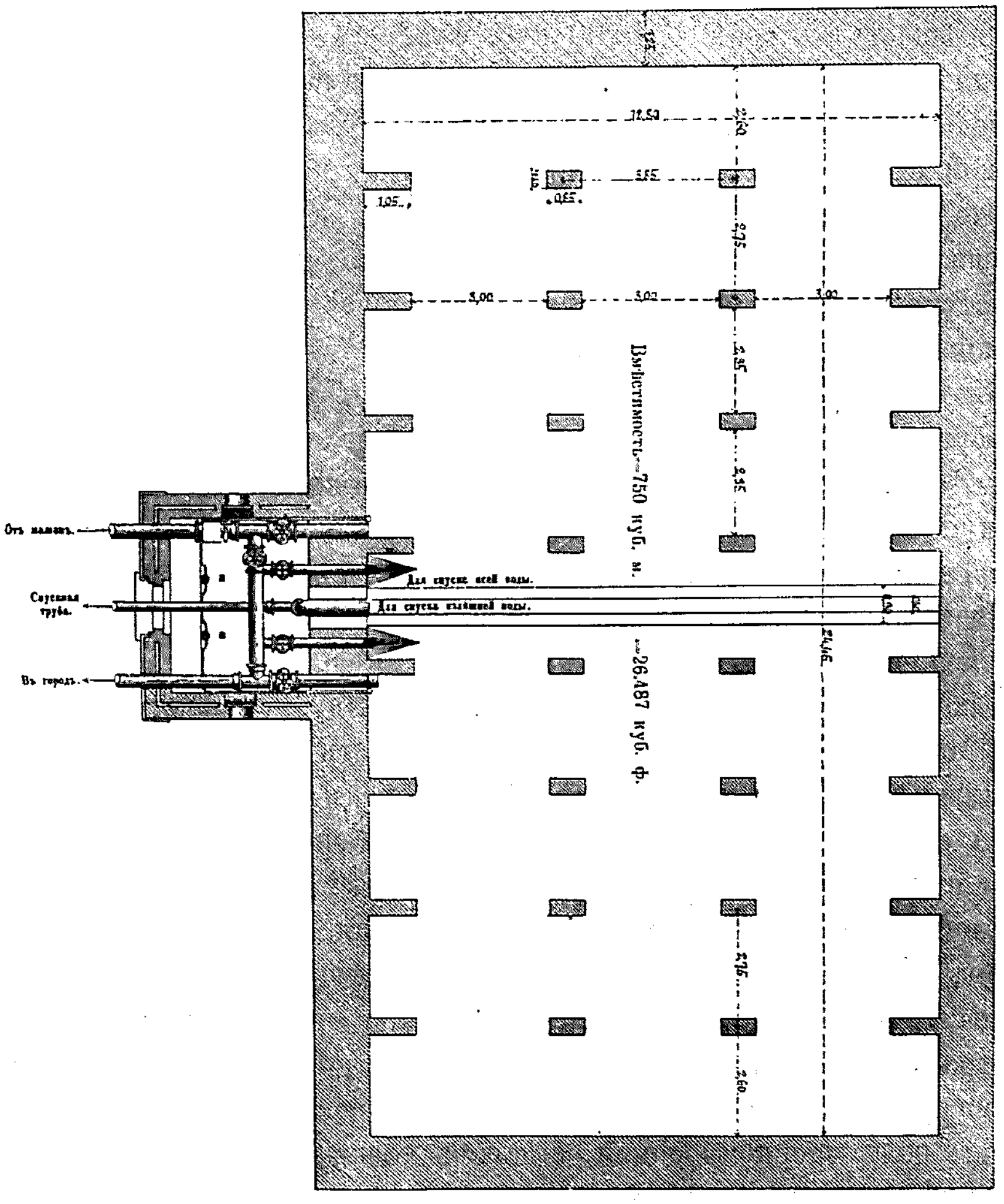


Черт. 485. — Фасадъ напорнаго резервуара ($^1/_{200}$ н. в.)



Черт. 486. — Разрѣзъ напорнаго резервуара ($^1/_{200}$ н. в.).

Водоснабженіе города Веймара.



Черт. 487.

План напорнаго резервуара. (Масштабъ $^1/_{200}$ н. в.).

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. сооруж.).

Для Бостонскаго водопровода изъ озера *Кантуайтъ* устроены три распредѣлительные резервуара и изъ нихъ самый большой резервуаръ Браконъ-Хиль. Стѣны у него гранитныя, толщиною 5 фут. у основанія и 3 фут. у пятъ сводовъ. Дно сдѣлано изъ бетоннаго слоя, толщиною 3 фут., сверхъ котораго положены плашмя еще два ряда кирпича. При глубинѣ воды въ резервуарѣ въ 15 фут. 7 дюйм., онъ вмѣщаетъ въ себѣ 470,000 куб. фут.

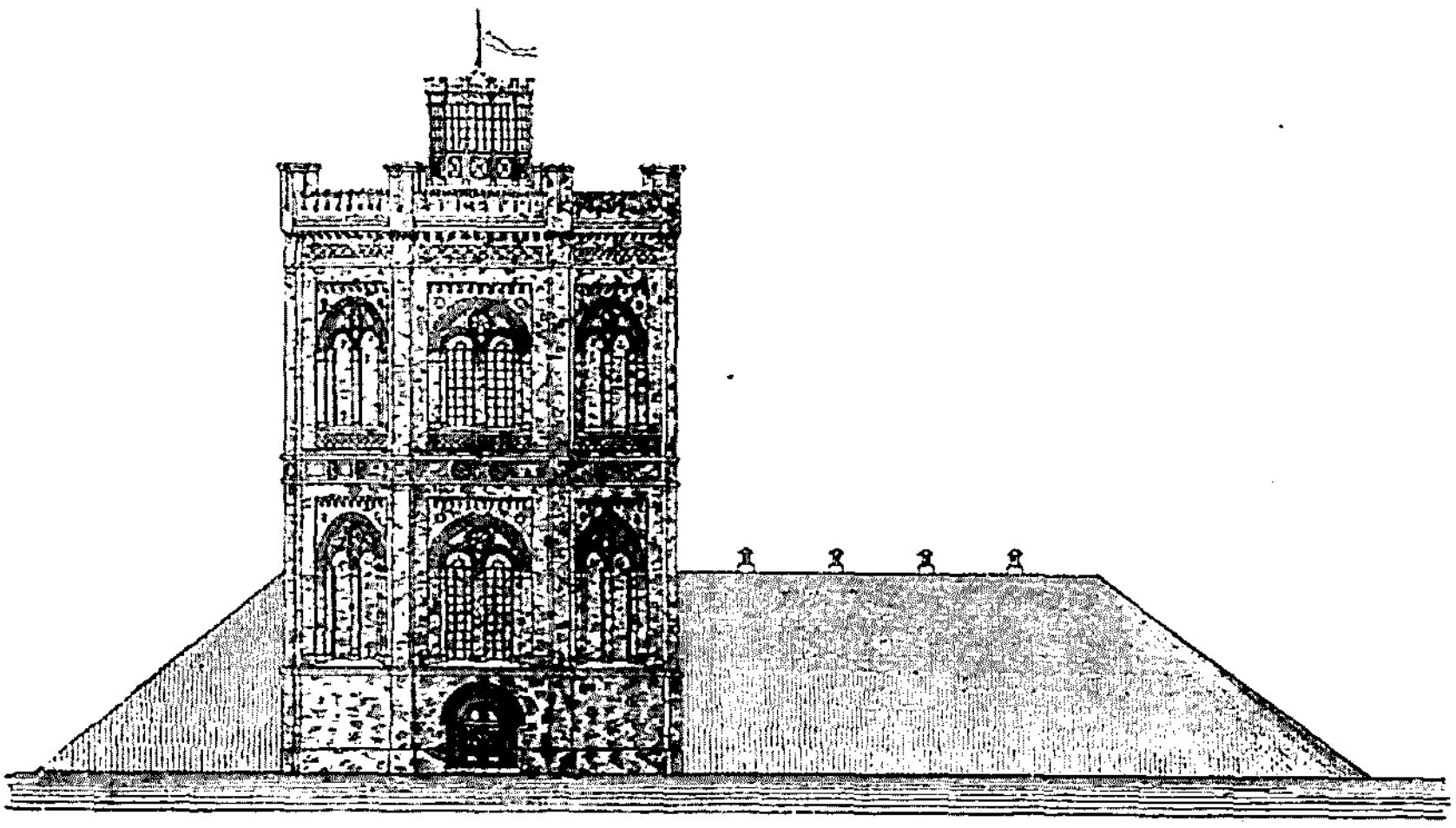
Для Нюрнбергскаго водопровода устроенъ напорный резервуаръ, вмѣщающій въ себѣ 70,000 куб. фут. воды, высѣченный въ песчаниковой скалѣ, такъ что онъ представляетъ собою какъ бы огромный погребъ въ скалѣ. Окружающія стѣны, а также вытесанные изъ скалы столбы, облицованы кирпичемъ на цементѣ и покрыты штукатуркою изъ цемента, и такимъ же образомъ сдѣлано водонепроницаемымъ дно резервуара.

Въ Константинополѣ напорный резервуаръ имѣетъ внутри длину 137 фут., ширину 75 фут. и вышину 33 фут. до пятъ сводовъ. Онъ покрытъ 45 шапочными сводами, опирающимися на окружающія стѣны и на 32 четыреугольные столба толщиною 4 фута; окружающія стѣны по всей ихъ высотѣ имѣютъ 8 фут. въ толщину.

Очень интересный примѣръ устройства чугуннаго резервуара представляетъ резервуаръ въ городѣ Цитау.

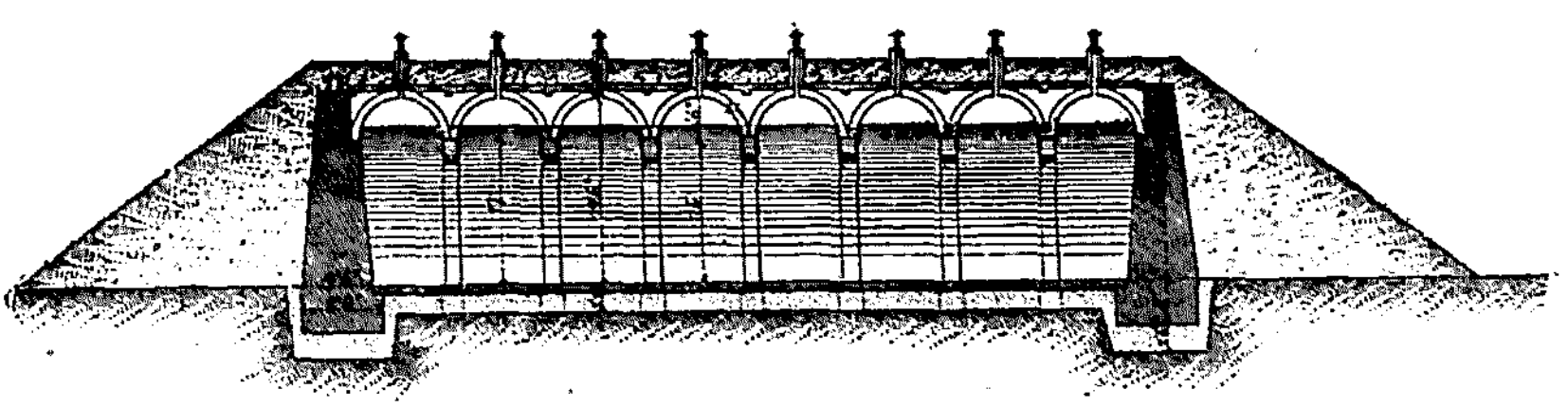
Ключевая вода, проведенная въ гор. Цитау, собрана на скатѣ горы Мюльтстейнберга въ разстояніи 7 верстъ отъ города. Высшій изъ ключей выбѣгаетъ на высотѣ 576 фут. надъ горизонтомъ р. Мандау, а самый глубокій на высотѣ 496 фут., сборный бассейнъ устроенъ на высотѣ 495,5 ф. надъ этимъ горизонтомъ и на высотѣ 935,5 фут. надъ нулевымъ уровнемъ р. Эльбы. Ключевая вода по трубѣ, діаметромъ въ 6 дюйм., проведена въ верхній резервуаръ, расположенный на самой высшей точкѣ города, откуда она по двойной трубѣ, діаметромъ каждая въ $6^1/_2$ дюйм., расходится въ городскую сѣть. Резервуаръ имѣетъ форму многогранника и расположенъ на высотѣ 46 фут. надъ уровнемъ самой высокой точки города, имѣетъ въ діаметрѣ 60,5 фут. и вышину 12 фут.; вмѣстимость его около 34,000 куб. фут. воды. Очень толстое основаніе резервуара имѣетъ въ поперечномъ сѣченіи форму правильнаго двѣнадцати-угольника, углы котораго усилены толстыми выступами. Изъ угловъ по радіусному направленію проведены перегородки, такъ что внутренность двѣнад-

Уравнительные водоемы и водонапорныя башни.



Черт. 488. — **Водопроводъ г. Галле.**

Водонапорная башня и резервуаръ. Фасадъ. (Масштабъ $^1/_{500}$ н. в.).

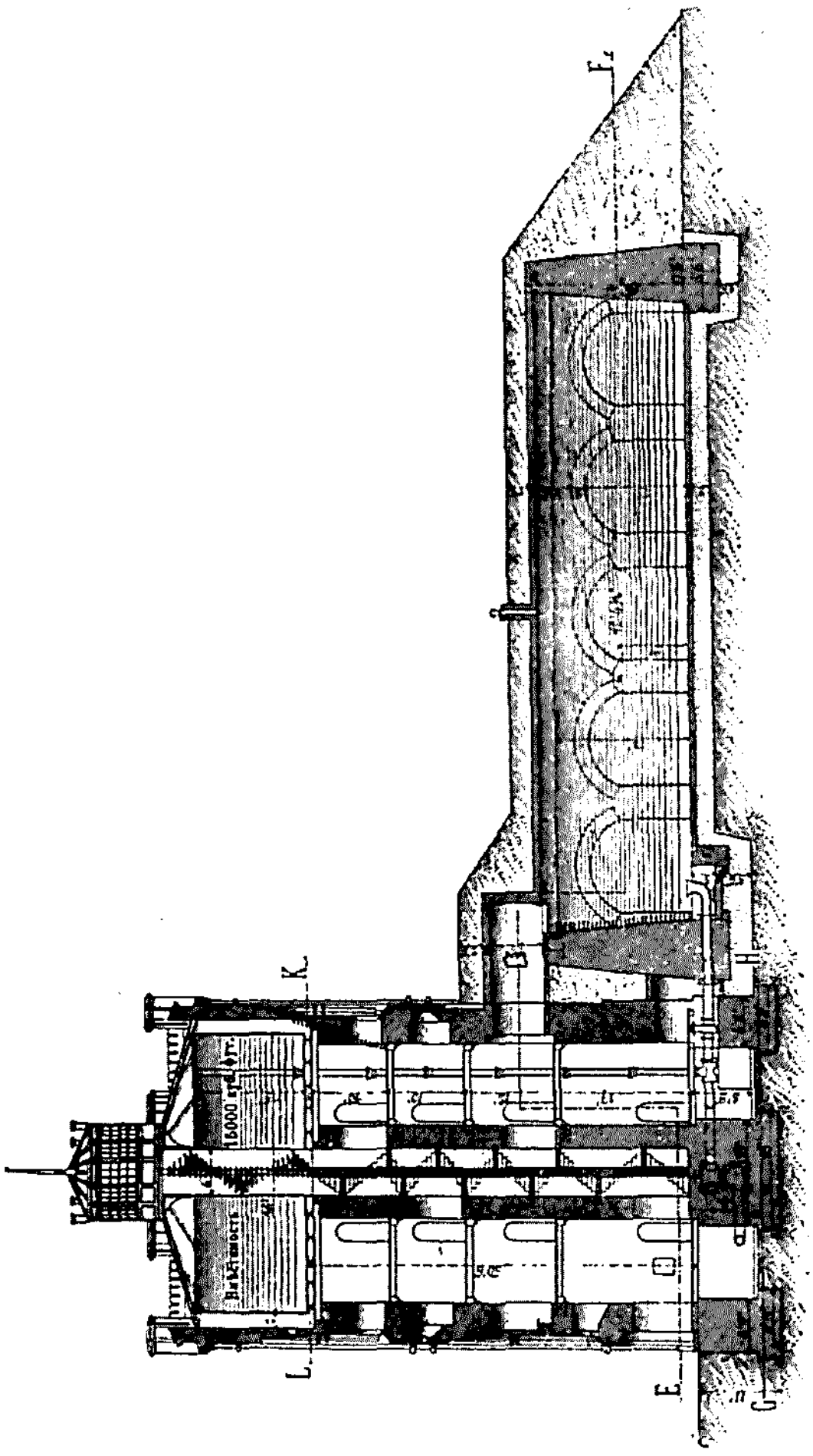


Черт. 489. — **Водопроводъ г. Галле.**

Водонапорная башня и резервуаръ. Вертикальный разрѣзъ резервуара по *CD*. (Масштабъ $^1/_{500}$ н. в.)

(Ф. Е. Максименко, Атл. водопр. сооруж.).

Уравнительные водоемы и водонапорныя башни.

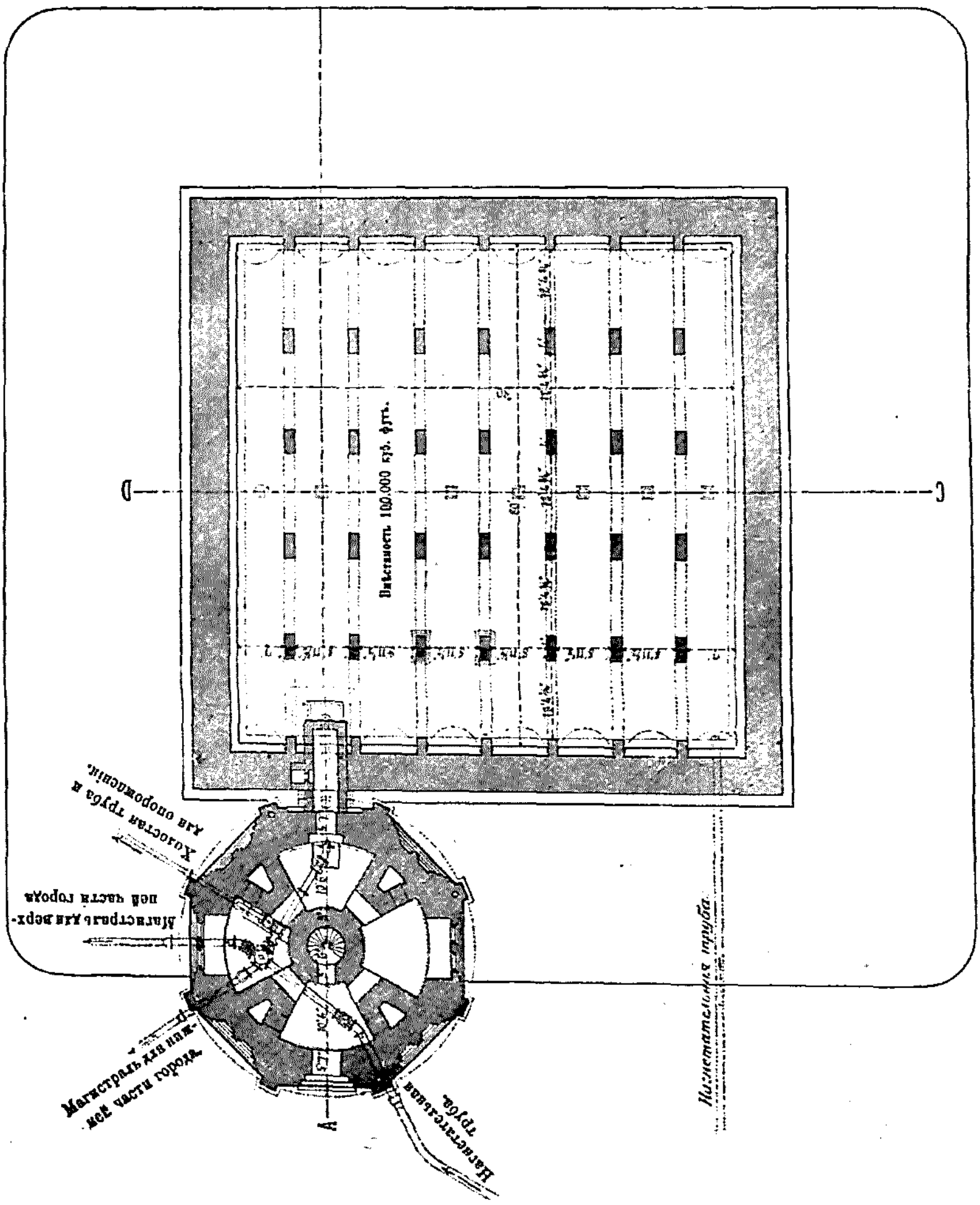


Водонапорная башня и резервуаръ. Разрѣзъ по *AB*. Планъ (черт. 491). (Масштабъ $^1/_{500}$).

Черт. 490. — Водопроводъ г. Галле.

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. сооруж.).

Уравнительные водоемы и водонапорныя башни.

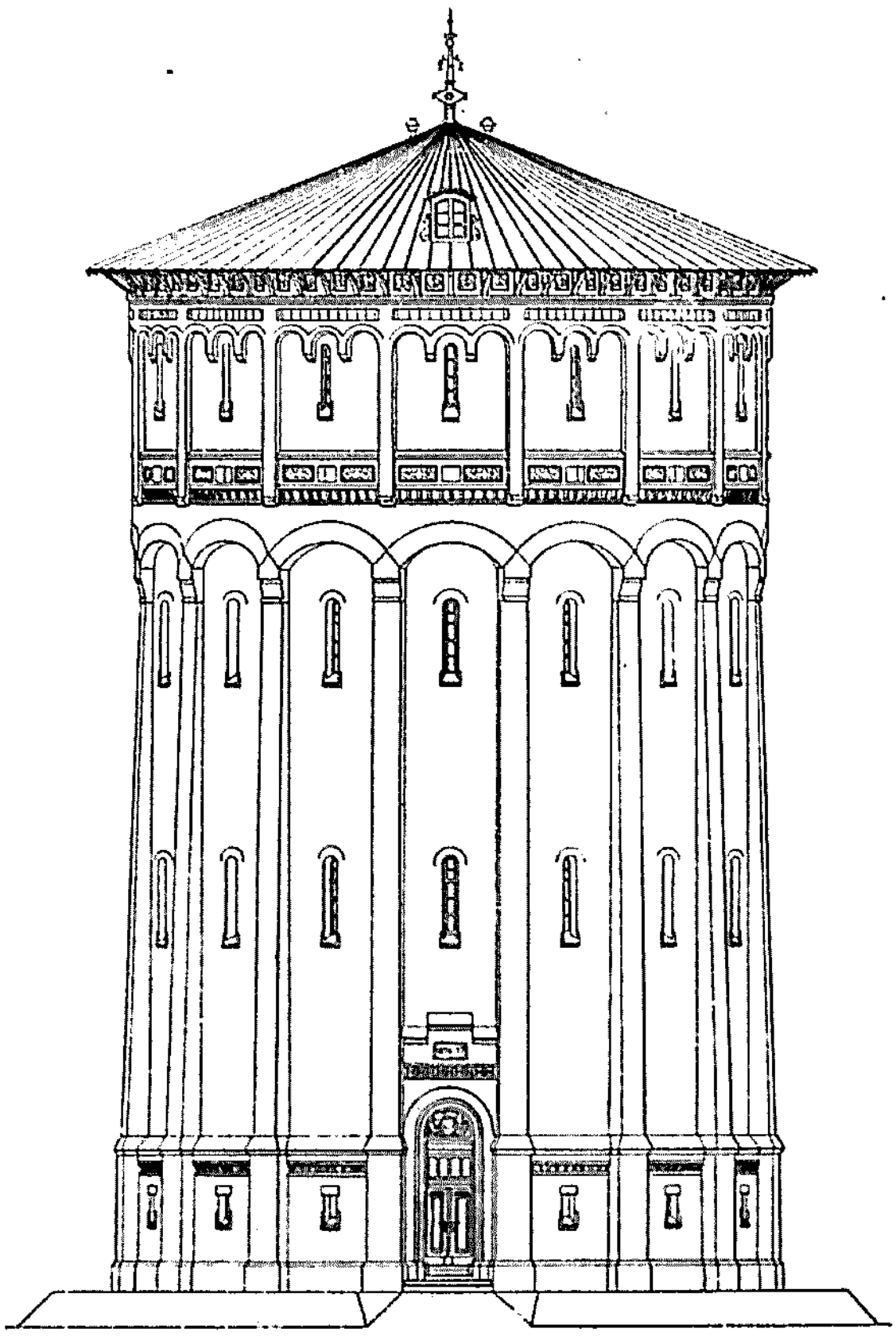


Черт. 491. — **Водопроводъ г. Галле.**

Водонапорная башня и резервуаръ. Планъ. (Масштабъ $^1/_{500}$ н. в.).

(Ф. Е. Максименко. Атл. Водопр. сооруж.).

Водоснабженіе
гор. Крефельдъ.

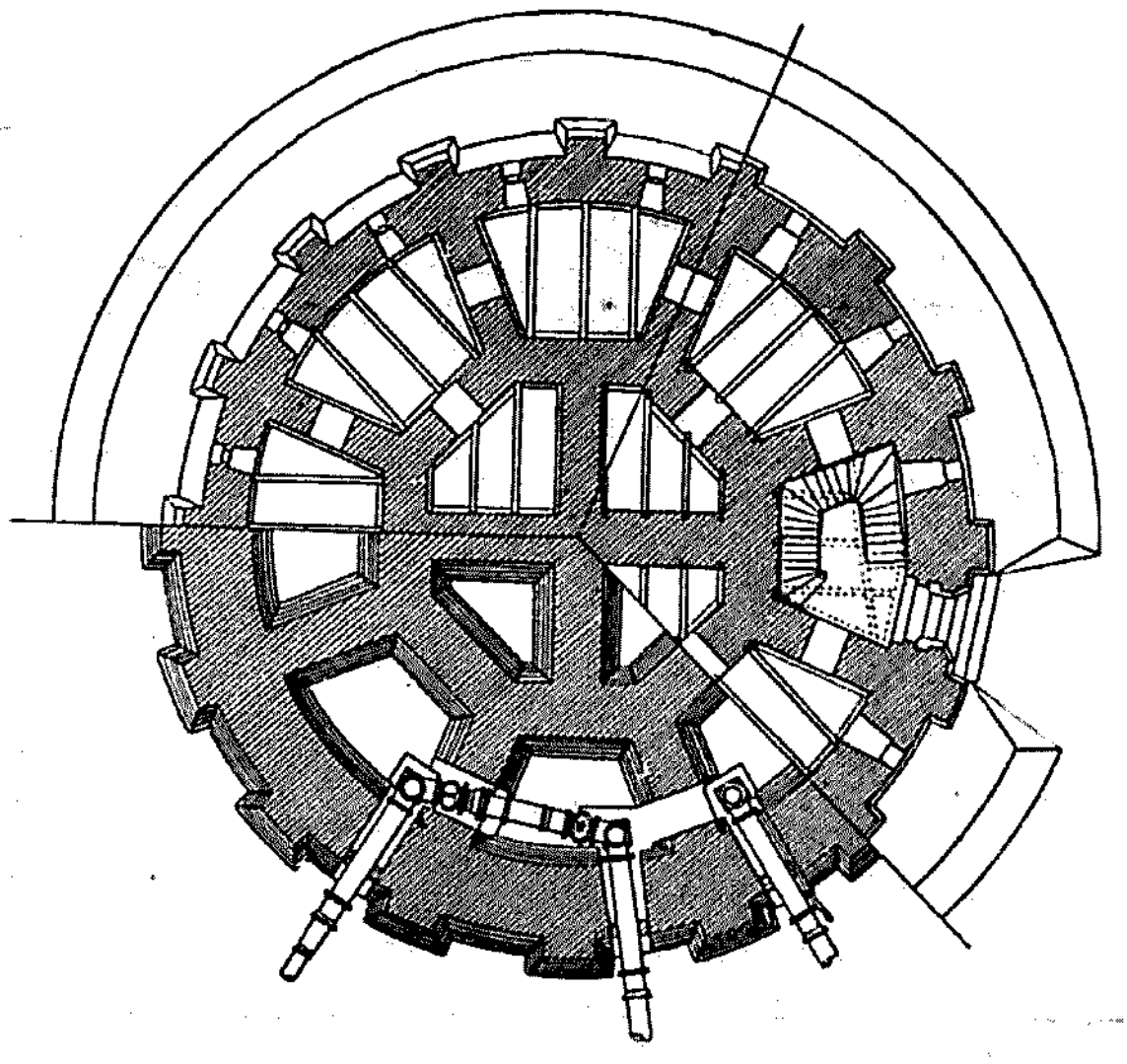


Черт. 492.

Водонапорная башня.

Фасадъ.

(Масштабъ $^1/_{400}$ н. в.).



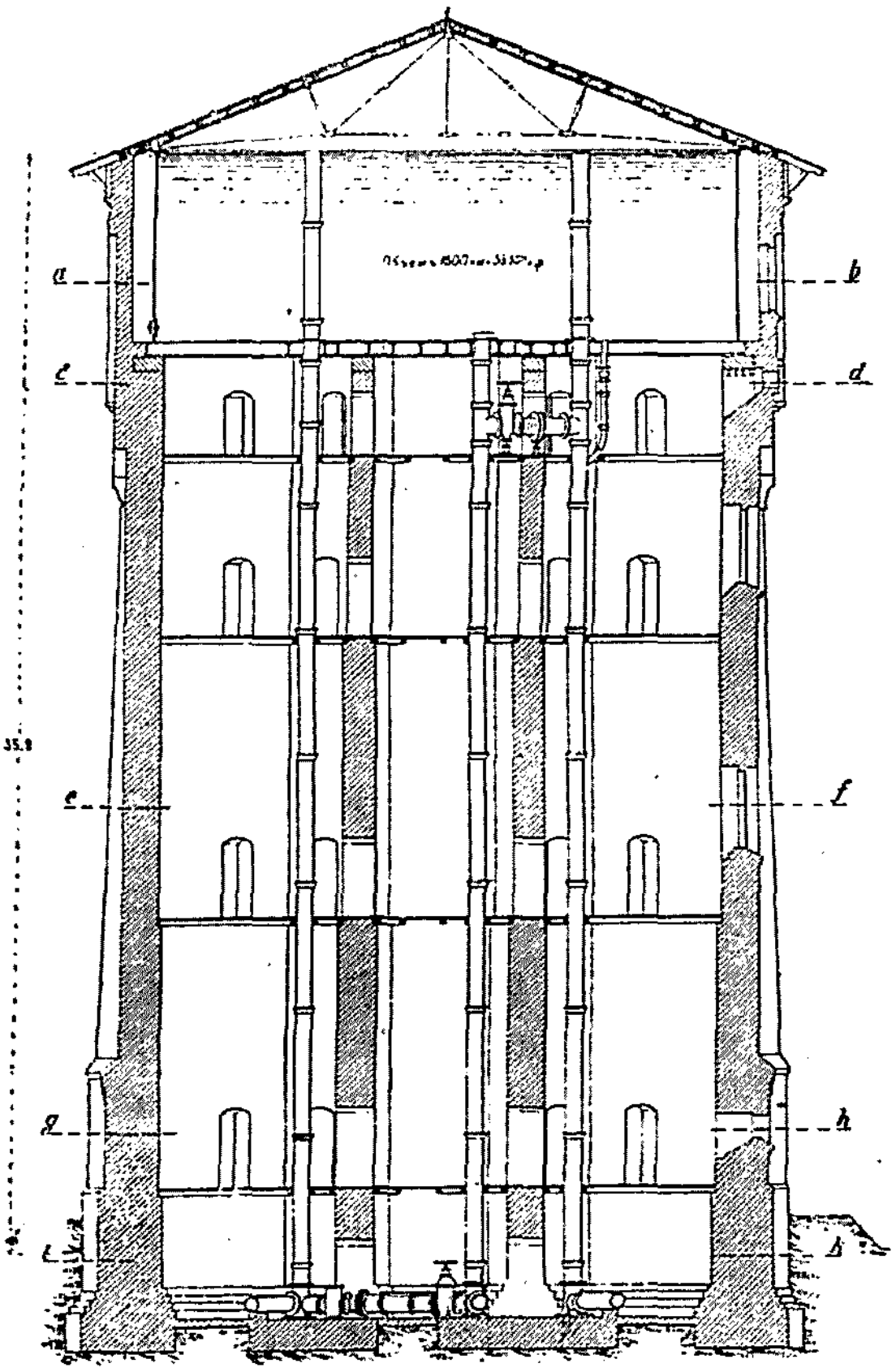
Черт. 493.

Планъ водонапорной башни (разрѣзъ по *ef*, *gb*, *ik*).

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. сооруж.).

Водонапорныя башни.

Водоснабженіе
гор. Крефельдъ.

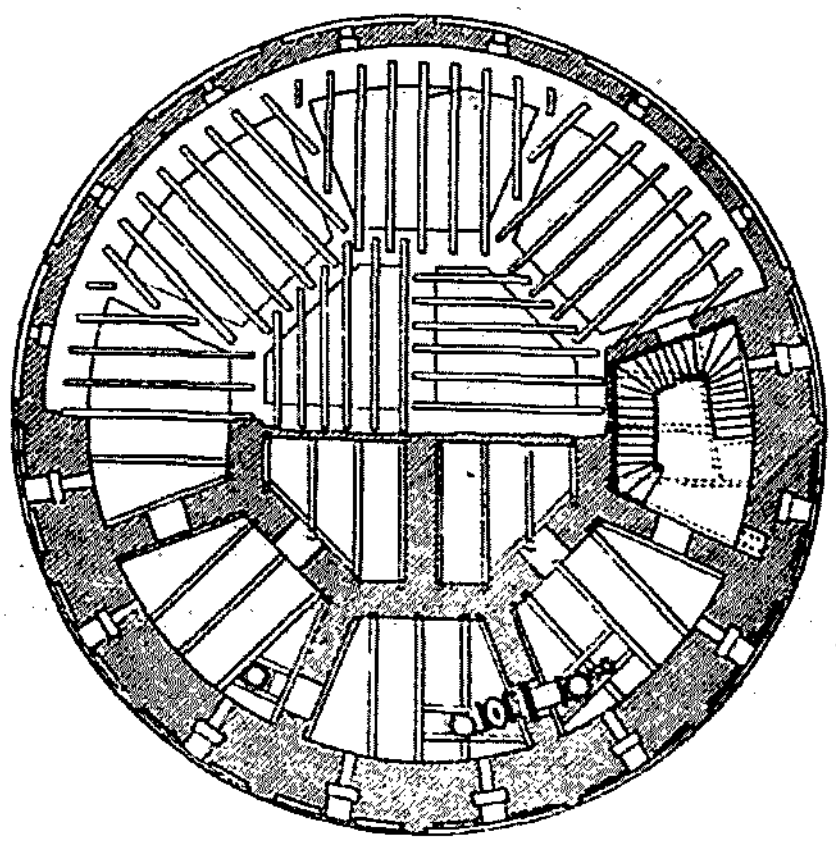


Черт. 494.

Водонапорная башня.

Вертикальный разрѣзъ.

(Масштабъ $^1/_{400}$ н. в.).



Черт. 495.

Планъ водонапорной
башни
(разрѣзы по *ab* и *cd*).

(Ф. Е. Максименко,
Атласъ Водопр. сооруж.).

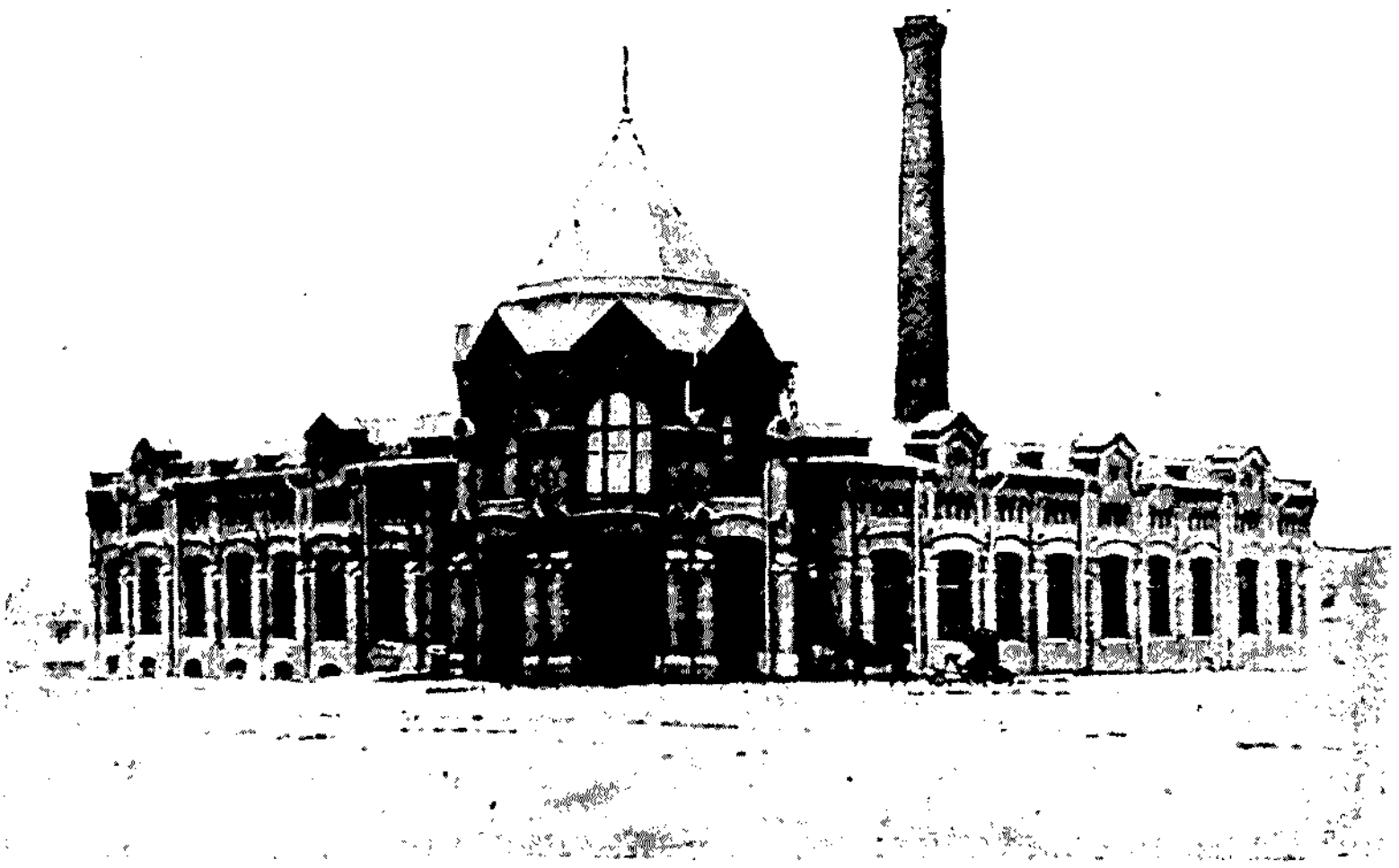
цати-угольника раздѣлена на такое же число отдѣльныхъ камеръ, причемъ въ кругѣ центра сдѣлано тринадцатое отдѣленіе въ видѣ правильнаго шестиугольника, къ которому примыкаютъ всѣ двѣнадцать перегородокъ изъ угловъ. Радіусно направленныя перегородки связываютъ внутреннюю шестиугольную окружающую стѣну съ наружной двѣнадцати-угольной окружающей стѣной. Основаніе резервуара раздѣлено на два этажа, подвальный и первый этажи, причемъ каждая камера подвальнаго этажа покрыта сводомъ толщиною 18 дюйм., а каждая камера перваго этажа покрыта сводомъ толщиною 12 дюйм.

Для передачи огромнаго давленія, отъ вѣса всего строенія вмѣстѣ съ водою резервуара, на грунтъ возможно равномѣрнѣе, устроены между столбами и стѣнами обратныя или разгрузныя арки, выведенныя чрезвычайно тщательно. Пространство между стѣнами основанія заполнено бутовою кладкою до пола подвальнаго этажа.

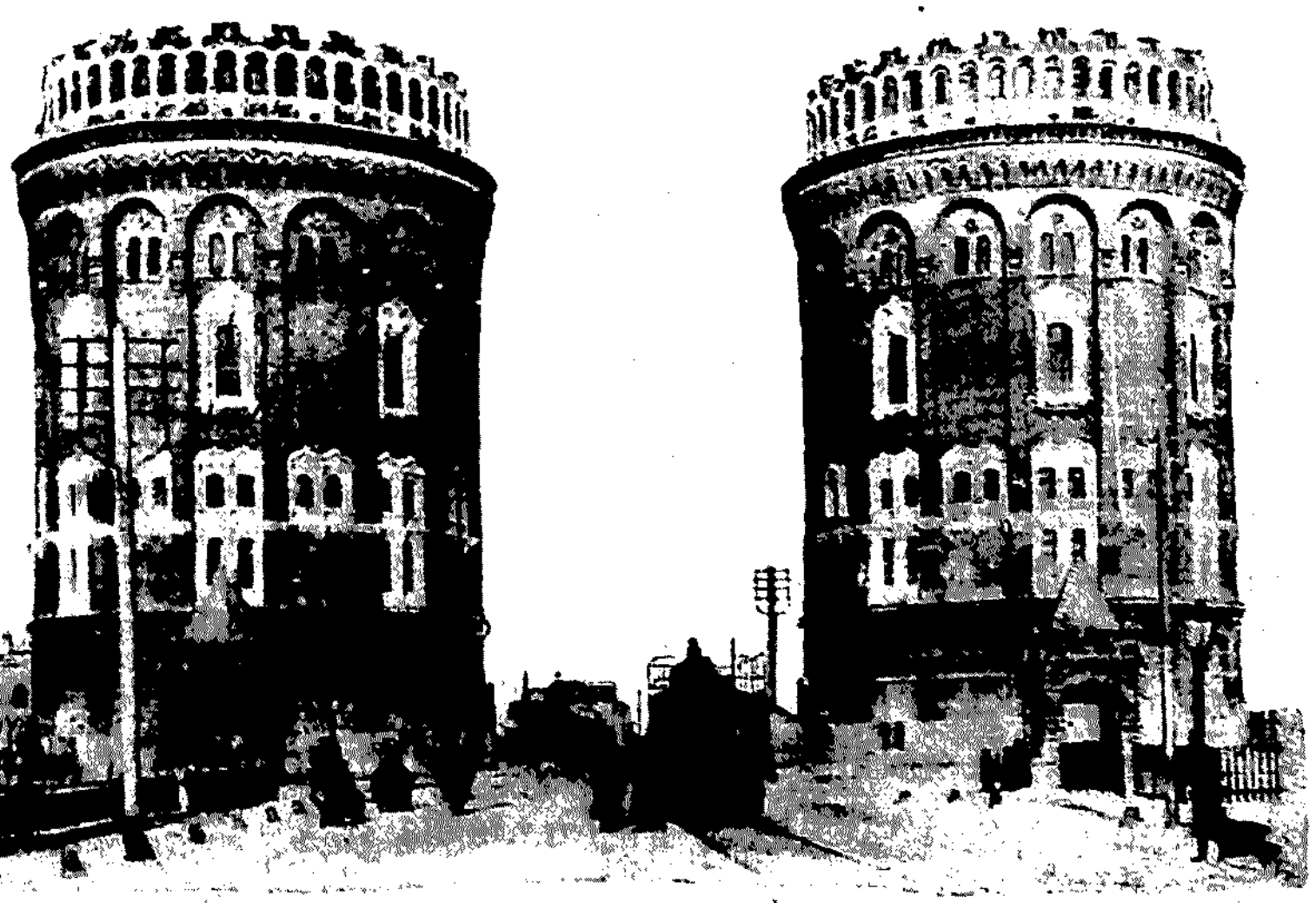
Въ третьемъ этажѣ окружающія стѣны строенія имѣютъ форму круга до начала куполообразной крыши. Стропила крыши сдѣланы изъ тавроваго желѣза и состоятъ изъ четырехъ взаимно пересѣкающихся главныхъ стропилъ и изъ промежуточныхъ стропилъ; крыша сдѣлана изъ листоваго желѣза толщиною $^1/_8$ дюйма. Надъ куполомъ сдѣланъ двѣнадцатиугольный свѣтовой фонарикъ, снабженный ставнями жалюзи, такъ что посредствомъ фонарика и оконъ въ круглой части зданія вся внутренность строенія хорошо провѣтрена. Резервуаръ сдѣланъ изъ чугунныхъ плитъ, которыхъ пошло 72 на стѣнки и 137 на дно резервуара; плиты имѣютъ фланцы и соединены между собою болтами съ гайками. Стѣнки сдѣланы изъ трехъ цилиндрическихъ поясовъ въ каждомъ по 24 плиты, вышиною каждый поясъ по 4 фута. Каждый поясъ охваченъ кольцомъ, сквозь которое пропущены желѣзныя тяги, проходящія внутри резервуара отъ одной стѣнки до другой по діаметрамъ. Толщина половыхъ плитъ сдѣлана въ 1 дюймъ.

Кромѣ приводной и расхожей трубъ въ этомъ резервуарѣ сдѣланы еще: труба для стока излишней воды, промывная труба и указательный поплавокъ. Внутри резервуара уложена еще согрѣвательная труба, вода для которой нагрѣвается въ котлѣ, устроенномъ въ подвальномъ этажѣ.

Водоснабженіе города Москвы.



Черт. 496. — Общій видъ водоподъемнаго зданія.



Черт. 497. — Общій видъ водонапорныхъ башень.

§ 75. Водонапорныя башни и колонны.

Затруднительность, а иногда и невозможность найти въ городѣ мѣсто для уравнительнаго водоема, отвѣчающее указаннымъ выше требованіямъ, привели къ устройству водопапорныхъ башенъ. Это тоже водоемы, но обыкновенно много меньшаго объема, поставленные на искусственно созданномъ возвышеніи въ видѣ башни.

Водонапорныя башни представляютъ собой многоэтажныя зданія болѣе или менѣе значительной высоты съ небольшой относительно площадью основанія.

Въ верхнемъ или верхнихъ этажахъ помѣщается резервуаръ. Въ категорію водонапорныхъ башень вводятъ и водоемныя зданія желѣзнодорожныхъ водоснабженій, описанныя ниже.

Вода накачиваемая машинами, изливается въ водяной бакъ, помѣщенный на верху башни, поднимаясь туда по подъемной трубѣ, а затѣмъ по напорной или спускной трубѣ эта вода поступаетъ въ городскую водопроводную сѣть. Въ случаѣ переполненія бака излишняя вода изъ него уходитъ по особой спускной трубѣ.

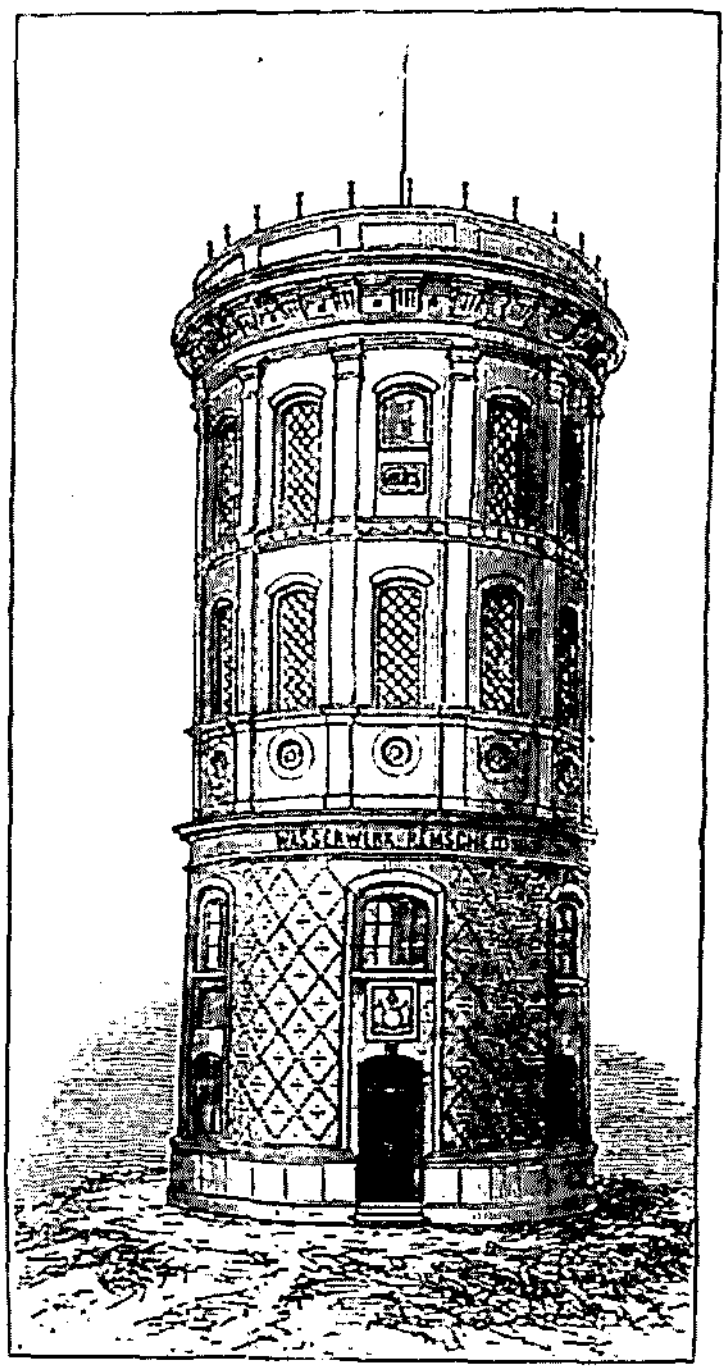
Въ виду необходимости избѣжать боковыхъ давленій воды на стѣны башни (иначе при большой высотѣ стѣнъ имъ пришлось бы придавать несообразно большую толщину), резервуаръ на башняхъ дѣлается въ видѣ самостоятельнаго бака, передающаго на стѣны башни только вертикальное давленіе отъ вѣса воды.

Водонапорныя башни не могутъ, подобно верхнимъ резервуарамъ, служить для уравниванія колебаній въ расходѣ воды, такъ какъ необходимый для этихъ размѣровъ бакъ потребовалъ бы колоссальной башни, но эти башни служатъ только для уравниванія неправильности движенія воды въ водопроводной сѣти, являющейся вслѣдствіе неравномѣрной скорости поршней нагнетающихъ насосовъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, когда представляется необходимымъ имѣть въ запасѣ значительныя количества воды на надлежащей высотѣ, резервуары на башняхъ принимаютъ однако довольно значительные размѣры. Таковы, напримѣръ, башенные резервуары въ *Крефельдѣ* на 1.600 куб. м. (черт. 492—495), въ *Галле* на 1.200 куб. м. (черт. 500), въ *Ремшейдѣ* на 400 к. м. (черт. 499), въ *Сегединѣ* на 1.000 к. м. и др.

Баки дѣлаются обыкновенно изъ листового желѣза (см. черт. 471—478 и 488—506), но бываютъ изъ чугуна, дерева и бетона съ прово-

Водонапорныя башни.

Водоснабженіе города Ремшейда.

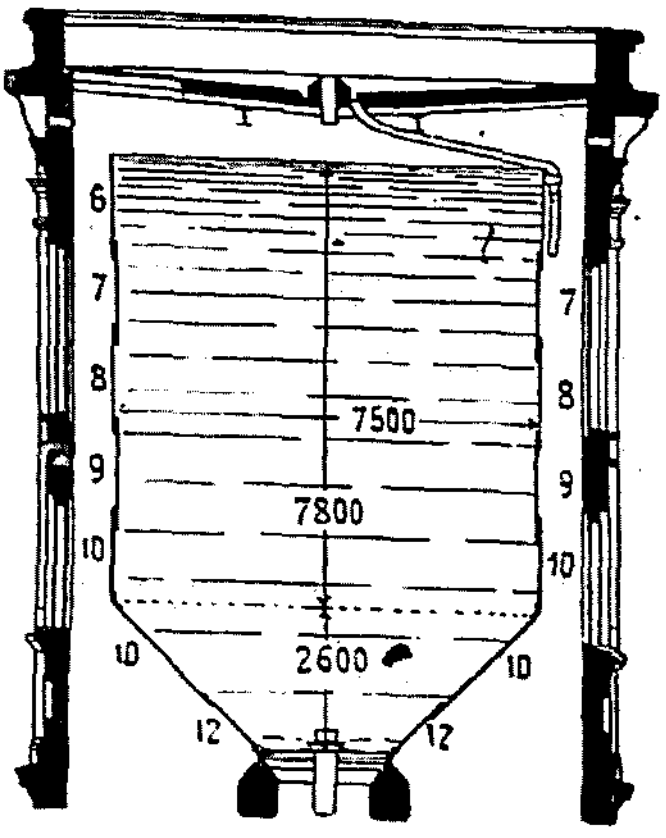


Черт. 498.—Общій видъ водонапорной башни въ Ремшейдѣ. (Remscheid).

Черт. 499.

Разрѣзъ желѣзнаго резервуара водонапорной башни въ Ремшейдѣ. Вмѣстимость — 400 куб. м. Горизонтъ воды на 43 м. надъ подошвой башни. Резервуаръ стоитъ на внутренней кольцевой стѣнѣ. Наружныя стѣны сдѣланы во всю высоту башни. Такая конструкція дорога и не цѣлесообразна. Проще и лучше башни съ одиночными стѣнами и свѣшивающейся надстройкой для резервуара. (Черт.).

(Разсчетъ металлическихъ резервуаровъ см. Forchheimer. — Die Berechnung cbener und gekrümter Behäclerboden. 1894.—Zeitschr. f. Bauwesen.



лочнымъ каркасомъ (Монье). Наиболѣе удобны и практичны желѣзные резервуары по ихъ легкости, простоты упругости и долговѣчности.

Подробности устройства желѣзныхъ и чугунныхъ баковъ въ основныхъ чертахъ приведены въ главахъ, касающихся водоснабженія желѣзнодорожныхъ станцій. Для предохраненія воды отъ нагрѣванія, замерзанія и загрязненія резервуары окружаются стѣнами и покрываются крышей.

Относительно трубъ башенныхъ резервуаровъ и прочихъ приспособленій см. главы XI и XII.

Металлическіе резервуары ставятъ или на балки, поддерживаемые стѣнами башни или же непосредственно на стѣны послѣдней, причемъ дно резервуара свободно виситъ въ ея просвѣтѣ. Схематически разные способы установки металлическихъ резервуаровъ въ башняхъ представлены на чертежахъ 471 — 478 подъ №№ I, II, III, IV. Резервуары изъ литаго желѣза, наиболѣе распространенные, особенно въ желѣзнодорожномъ водоснабженіи, имѣютъ обыкновенно цилиндрическую форму съ криволинейнымъ дномъ. Форма дна дѣлается въ видѣ шарового сегмента, въ рѣдкихъ случаяхъ цѣлаго полушарія. Когда дно полушаръ, то резервуаръ не вызываетъ касательныхъ напряженій въ своемъ опорномъ кольцѣ, коимъ онъ лежитъ на круговой стѣнѣ башни; за то установка резервуара съ такимъ дномъ сложная и башня для него должна быть выше. При сегментномъ днѣ (черт. 500) резервуаръ компактнѣе, устанавливается проще, но при разныхъ наполненіяхъ резервуаръ вызываетъ различныя касательныя напряженія въ опорномъ кольцѣ, которыя могутъ растроить кладку башни.

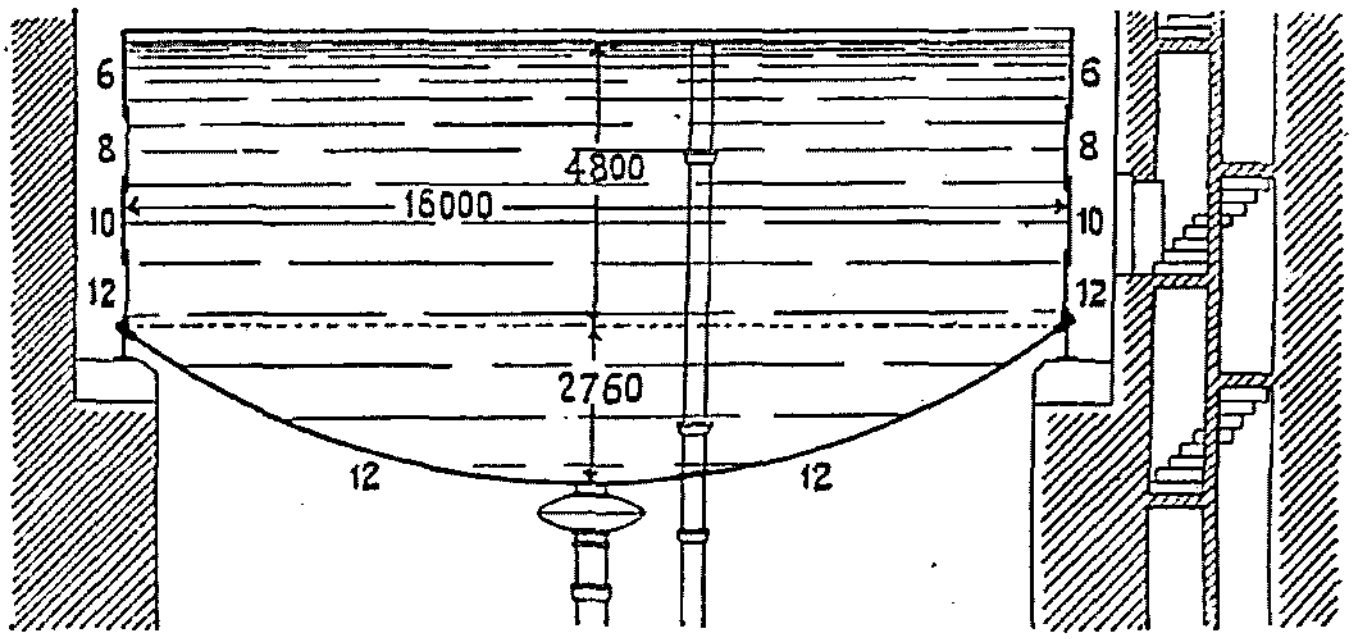
Это неудобство устраняется и притомъ достигается еще возможность значительно сократить размѣры башни устройствомъ резервуара по способу Intze (см. черт. 501 и 502). Интце даетъ опорному кольцу меньшій діаметръ, чѣмъ діаметръ резервуара, соотвѣтственно измѣняя форму дна. Разница діаметровъ опредѣляется расчетомъ такъ, чтобы на опорное кольцо дѣйствовала только вертикальная сила.

Размѣры стѣнокъ цилиндрической части резервуара опредѣляются обыкновенно по формулѣ:

$$\sigma = \frac{hr}{1000\,k},$$

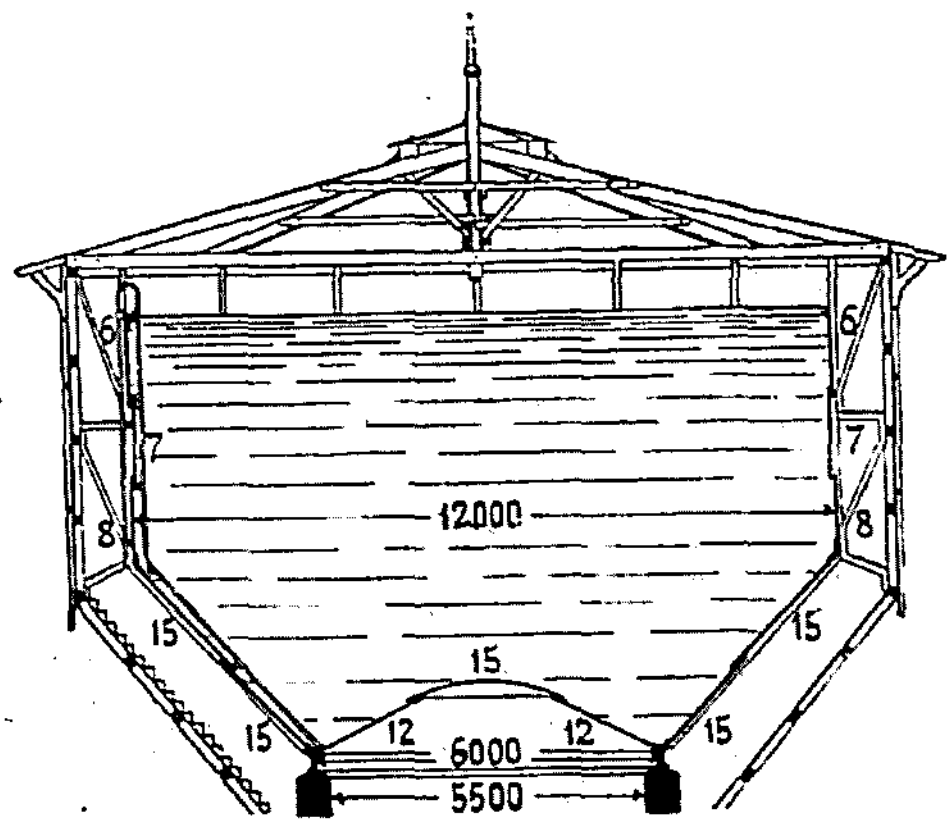
Водонапорныя башни.

Резервуары изъ желѣза.



Черт. 500.

Желѣзный резервуаръ въ Галле (Halle a. S.).



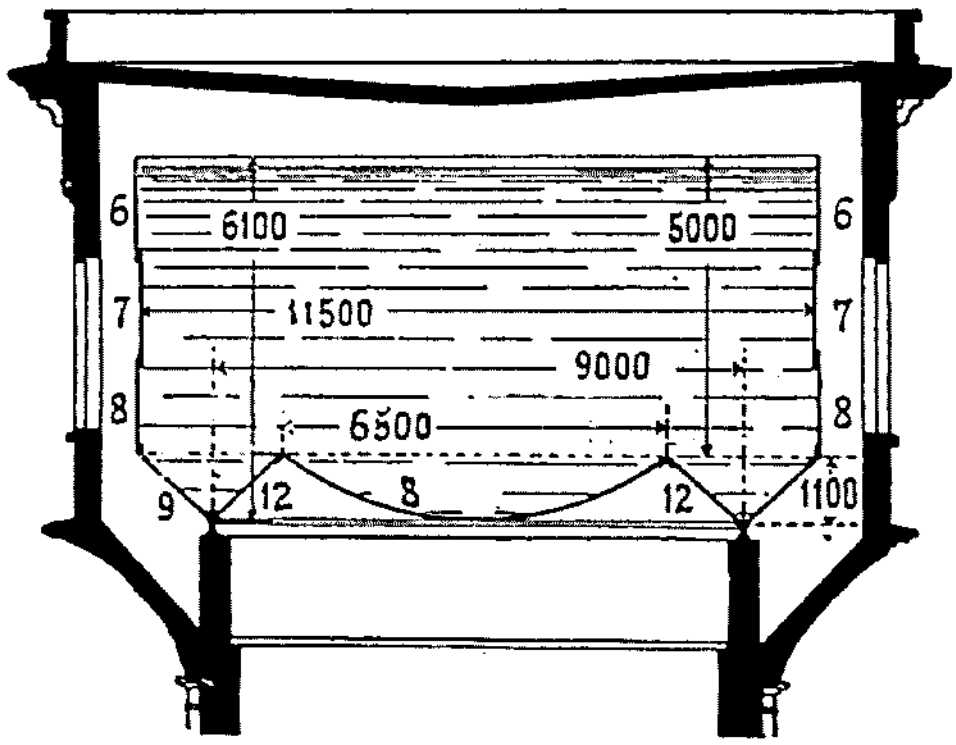
Черт. 501.

Желѣзный резервуаръ въ Ней-Штасфуртъ (Neu-Stassfurt).

Вмѣстимость 600 куб. метровъ.

Водонапорныя башни.

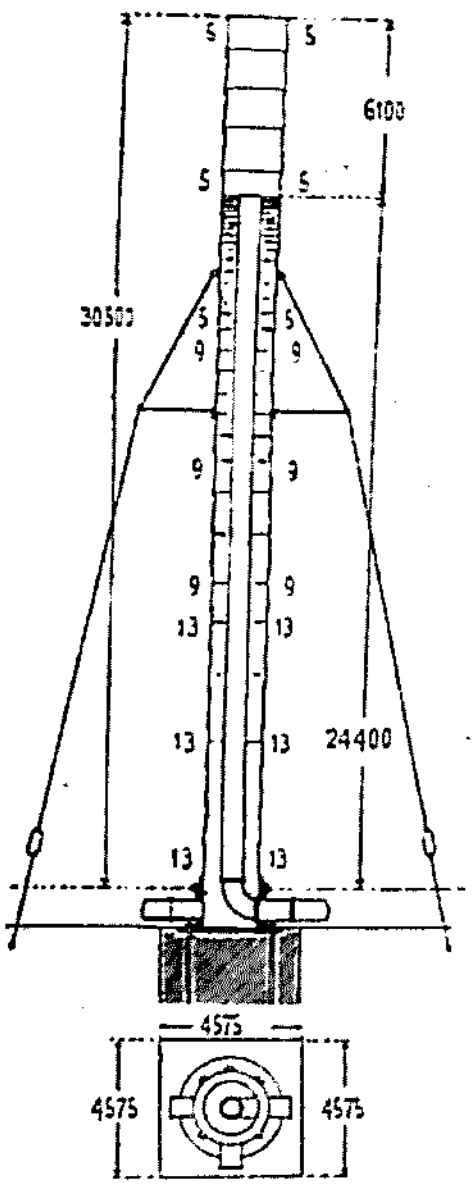
Резервуары изъ желѣза.



Черт. 502.

Желѣзный резервуаръ въ Дюрренѣ (Dürren).

Вмѣстимость 550 куб. метровъ.

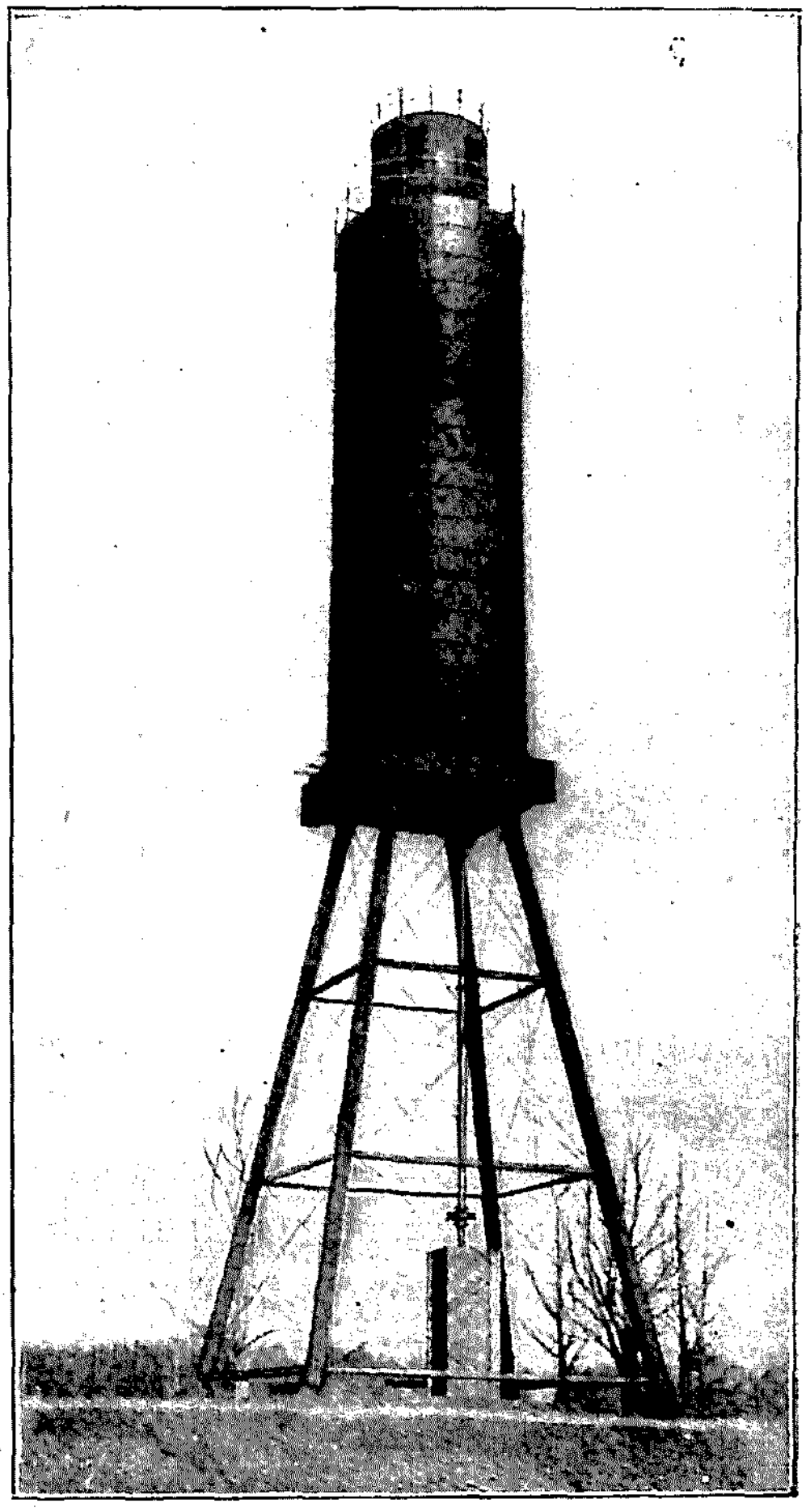


Черт. 503 и 504.— Водонапорная колонна въ Jersey-City (Нью-Іоркъ).

Труба изъ листового желѣза стоитъ на каменномъ фундаментѣ при посредствѣ чугуннаго постамента, прикрѣпленнаго къ кладки якорями. Чрезъ чугунный постаментъ проходитъ приводная труба (730 mm.); отъ него же идетъ отводная (730 mm.). Діаметръ колонны 1800 mm. Колонна укрѣплена вантами отъ боковыхъ усилій.

(См. Birkinbine, Standpipe for Blomington. Journ. of. the Frankl. Inst. 1875). Clocker— Therelative Economy of standpipe & trestle tower, Eng. Build. Record. 1890. **Чугунная колонна водопровода въ Аврорѣ.** Eng. Rec. & San. Eng. 1891. *Abbot* — Standpipe — Baltimore. Eng. Rec. 1892. **Желѣзная колонна высотою 30 м. 1 діам. 9 м. въ Newark Eng.** News 1892. — Lueger),

Водоснабженіе С.-Американскихъ городовъ.



Черт. 505.

Общій видъ водонапорной желѣзной башни въ Princeton (Сѣв.-Америк. Соед. Штаты).

Резервуаръ стоитъ на раскосной опорѣ въ 60 футъ вышиной. Высота резервуара—60 ф.; діаметръ 20 ф.; вмѣстимость 142000 галлоновъ.

гдѣ: $б$ — толщина стѣнки,
h — глубина воды,
r — радіусъ цилиндра
} (въ сантиметрахъ)
k — коэффиціентъ прочнаго сопротивленія желѣза въ килограммахъ, на кв. см., равный для листового желѣза 750 килогр. на кв. см.

Эта формула даетъ только приблизительныя указанія, такъ какъ условія жесткости требуетъ отъ стѣнъ не менѣе 5 мм. толщины, а кромѣ того должны быть приняты въ расчетъ заклепочныя отверстій, несовершенство выполненія и пр.

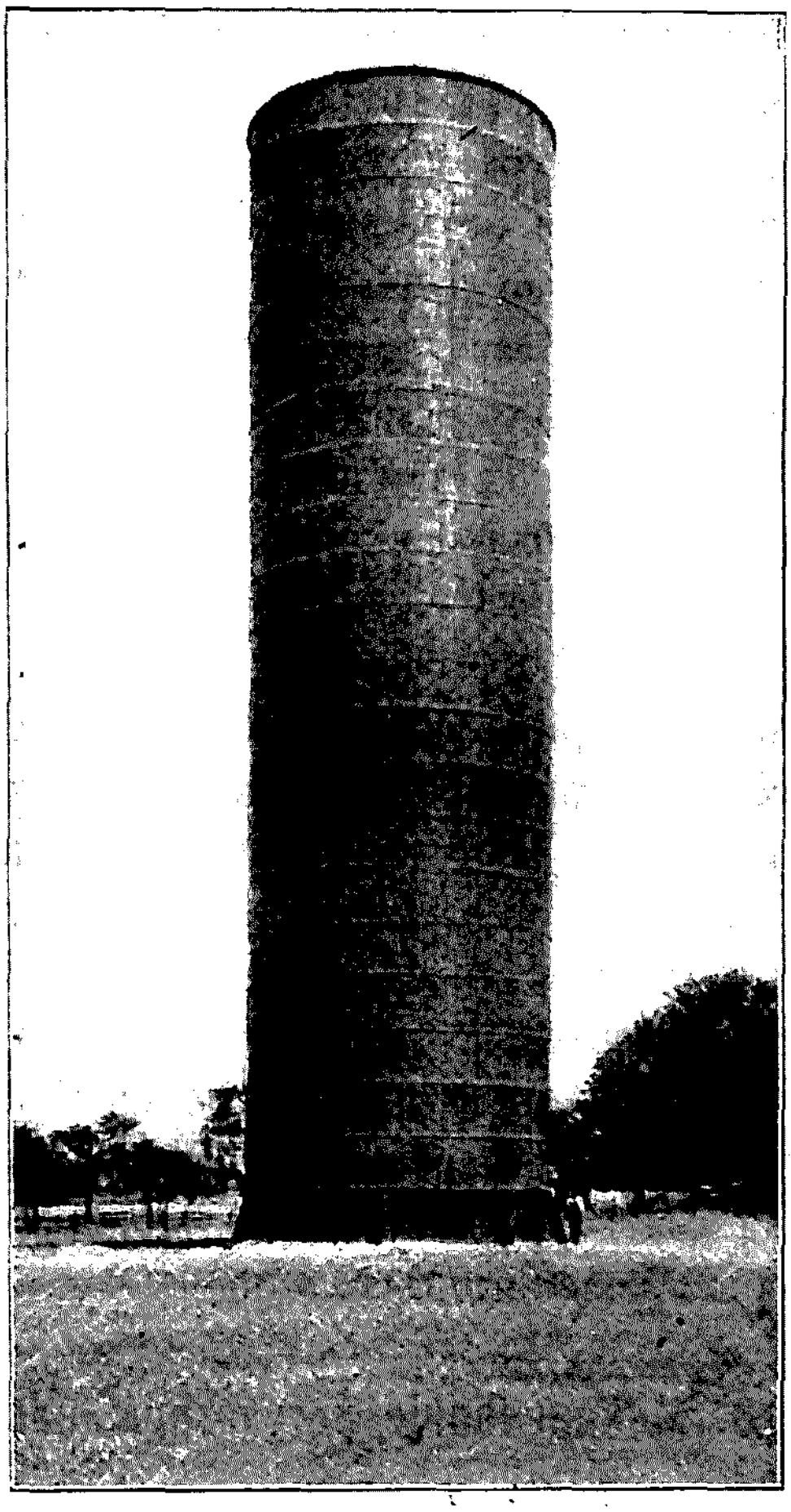
Опредѣленіе размѣровъ дна представляетъ для строго научнаго рѣшенія этой задачи большія затрудненія и пока еще нужно ждать результатовъ широко поставленныхъ опытныхъ изслѣдованій, прежде чѣмъ можно будетъ установить достаточно точныя практическія формулы. Отсылая читателя для ознакомленія съ предложенными методами расчета криволинейныхъ днищъ резервуаровъ къ трудамъ Forchheimer'a (Journ. für Gasbel. u. Wasserversorg. Bd. 27, p. 705 Jahrg. 1884 и Zeitschr. für Bauwes. 1894) и другимъ (напр. см. Nouv. Ann. de la Construction 1890), предлагаемъ, въ виду неточности теоріи этихъ сооруженій, непремѣнно провѣрять результаты расчета сравненіемъ съ размѣрами существующихъ сооруженій.

Собственно нѣтъ никакой надобности для урегулированія напора накоплять предварительно воду хотя бы и въ малыхъ количествахъ на верху башни, такъ какъ давленіе въ городской сѣти можно одинаковымъ образомъ урегулировать болѣе простымъ способомъ, а именно, если при началѣ главной магистрали поставить на послѣднюю открытую сверху вертикальную трубу соотвѣтственной высоты, въ которую уходила бы вода, нагнетаемая насосами, какъ скоро расходъ ея въ сѣти уменьшается. Въ такихъ вертикальныхъ трубахъ вода устанавливается всегда на уровнѣ, высота котораго соотвѣтствуетъ производимому напору, а по мѣрѣ уменьшенія расхода воды въ сѣти постепенно поднимается до верхняго конца трубы и оттуда сбѣгаетъ по спускной трубѣ, такъ что поршни насосовъ никогда не могутъ подвергнуться большему давленію, чѣмъ то, для котораго они устроены и которому соотвѣтствуетъ вся высота трубы.

Такую стоячую трубу легко установить во всякой имѣющейся башнѣ; но она представляетъ только то неудобство, что зимою вода

Водонапорныя колонны.

Водоснабженіе С.-Американскихъ городовъ.



Черт. 506.

Общій видъ водонапорной колонны въ Camden'ѣ (Сѣв.-Американ. Соед. Штаты).

Высота—110 фут., діаметръ—30 фут.

въ ней мерзнетъ, вслѣдствіе чего являются разныя въ ней поврежденія, болѣе или менѣе важныя; поэтому необходимо при такой трубѣ имѣть согрѣвательные аппараты.

Невозможно провести точную границу между водонапорными башнями и водонапорными колоннами. Изъ описанія и чертежей водонапорныхъ башень видно, что нисходящая труба изъ резервуара башни есть въ сущности водопапорная колонна; съ другой стороны при достаточно большемъ діаметрѣ водонапорныя колонны до извѣстной степени будутъ играть роль башенныхъ резервуаровъ. И дѣйствительно, встрѣчается не мало сооруженій, носящихъ названіе водонапорныхъ колоннъ, но являющихся въ то-же время и резервуарами (см. черт. 506), благодаря большой вмѣстимости колонны.

Такимъ образомъ можно сказать, что башня, имѣющая наверху резервуаръ и соединенная системой трубъ съ водопапорной сѣтью есть типичная водопроводная башня. Если же резервуаръ ея, сохраняя свой діаметръ, будетъ опущенъ до уровня горизонтальныхъ трубъ сѣти, то она станетъ называться колонной. Такіе случаи, однако, рѣдки и водонапорная колонна въ обыкновенномъ видѣ представляетъ изъ себя резервуаръ очень небольшой вмѣстимости, дѣйствующій лишь какъ уравнитель напора, а не расхода воды. Колонна такого типа представлена схематически на черт. 503—504. Діаметры колоннъ могутъ колебаться отъ 2 до 40 футъ. Большія подробности относительно водонапорныхъ колоннъ см. между прочимъ въ сочиненіи Fanning'a «Treatise on Hydraulics and Water Supply Engineering», гдѣ есть спеціальная глава, посвященная этому вопросу и откуда взятъ рисунокъ (черт. 84), изображающій общій видъ водопроводной колонны въ каменномъ футлярѣ.

§ 76. Механическіе регуляторы напора.

Еще дальнѣйшій шагъ въ дѣлѣ упрощенія регуляторовъ напора былъ сдѣланъ, когда явилось убѣжденіе, что и такія стоячія трубы излишни и цѣль назначенія ихъ исполняется посредствомъ соотвѣтственной величины воздушнаго колокола, который менѣе подверженъ замерзанію и стоитъ гораздо дешевле.

Для устраненія же возможности образованія слишкомъ увеличеннаго давленія, на напорной трубѣ устанавливается предохранительный клапанъ, который, въ случаѣ подачи насосами воды въ боль-

шемъ противъ потребности количествѣ, открывается и выпускаетъ на волю излишнюю воду, пока давленіе въ трубахъ опять не ослабнетъ и не придетъ въ равновѣсіе съ нагрузкою на предохранительномъ клапанѣ.

Въ Петербургѣ у водопроводовъ на Васильевскомъ островѣ, на Петербургской и Выборгской сторонахъ, машины прямо качаютъ воду въ городскую сѣть, причемъ при началѣ главной магистрали поставленъ на ней воздушный колоколъ. Напоръ въ трубахъ отъ $3^1/_2$ до $4^1/_2$, атмосферъ. Точно такое устройство сдѣлано у водопроводовъ въ Нижнемъ-Новгородѣ, въ Астрахани, Харьковѣ и въ Одессѣ.

Въ Женевѣ вода накачивается въ городъ прямо машинами, соединенными съ воздушнымъ колоколомъ. Въ городѣ нѣтъ собственно резервуара, если не считать таковымъ небольшаго бака, поставленнаго на башнѣ ратуши въ видѣ *запаснаго водохранилища на случай пожара*.

Кромѣ предохранительнаго клапана, служащаго для удаленія изъ напорной трубы излишняго количества, противъ необходимаго, нагнетенной въ нее воды, устраиваются также на трубѣ, идущей отъ наососнаго цилиндра къ напорной трубѣ, особые самодѣйствующіе клапаны, называемые регуляторами напора, которые съ измѣненіемъ расхода воды измѣняютъ соотвѣтственно скорость хода поршней насосовъ.

Дѣйствіе напорныхъ регуляторовъ заключаются въ томъ, что клапанъ, соединенный съ двумя поршнями неодинаковаго діаметра, отъ увеличенія или умепьшенія напора поднимается съ своего гнѣзда или прижимается къ нему; въ первомъ случаѣ онъ своимъ поднятіемъ уменьшаетъ производимое на насосы давленіе, во второмъ случаѣ увеличиваетъ это давленіе.

На чертежѣ 388-мъ *A* есть шайбовый клапанъ, прилегающій къ гнѣзду *C*. На клапанномъ штокѣ *B* насажены разной величины поршни *D* и *E*, движущіеся въ короткихъ цилиндрахъ, прикрѣпленныхъ къ клапанной коробкѣ. Отношеніе между площадями поперечныхъ сѣченій обоихъ поршней сообразуется съ тѣмъ, чтобы уменьшившееся, вслѣдствіе нѣкотораго прикрытія клапана, давленіе удерживало клапанъ всегда на одинаковой или по крайней мѣрѣ приблизительно на одинаковой высотѣ. Существуетъ еще много другихъ механическихъ устройствъ для этой же цѣли.

ГЛАВА X.

Распредѣленіе воды.

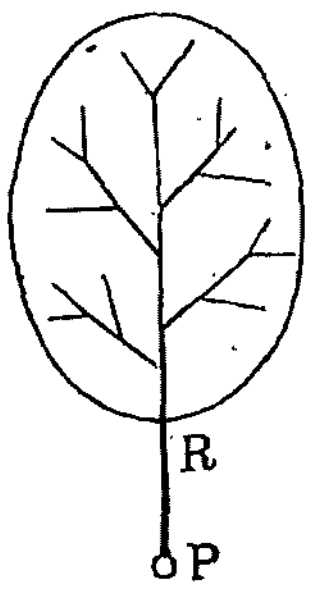
СОДЕРЖАНІЕ: § 77. Общія указанія для начертанія городской сѣти. — § 78. Основныя данныя относительно эксплуатаціи водопроводовъ.—§ 79. Домовыя водопроводныя устройства.—§ 80. Водомѣры.—§ 81. Противупожарныя устройства.—§ 82.—Вода городскихъ водоснабженій, какъ источникъ механической работы.

§ 77. Общія указанія для начертанія городской сѣти.

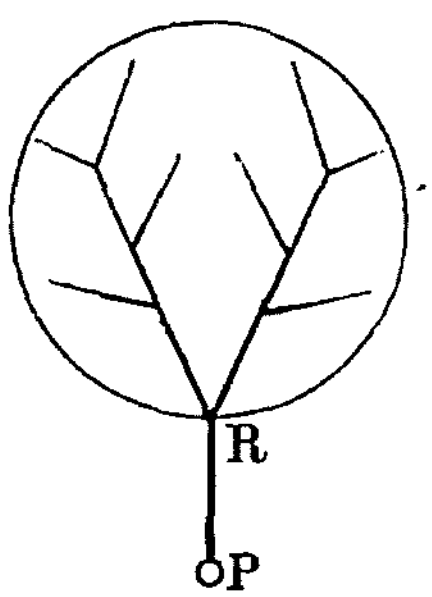
Водопроводныя трубы, проложенныя по каждой улицѣ, образуютъ всѣ вмѣстѣ систему или сѣть городскихъ трубъ, которая, смотря по способу расположенія трубъ, бываетъ или съ круговымъ движеніемъ воды, или безъ круговаго движенія.

Когда по трубамъ нѣтъ круговаго движенія, то вся сѣть представляется въ видѣ вѣтвей, отдѣленныхъ отъ главнаго ствола, т. е. отъ главной магистральной трубы, причемъ діаметръ трубъ уменьшается по мѣрѣ ихъ удаленія отъ главной магистрали (черт. 507—510). Въ этомъ случаѣ каждая уличная труба представляетъ собою единственный путь, по которому вода доставляется къ мѣсту ея потребленія, и діаметръ ея опредѣляется по наибольшему, ожидаемому изъ нея, расходу, принимая при этомъ во вниманіе высоту положенія трубы относительно резервуара, чтобы при извѣстной скорости воды въ трубѣ сохранялся требуемый наименьшій напоръ. Во всякомъ случаѣ, всѣ тѣ трубы, на которыхъ помѣщены пожарные краны, не должны имѣть діаметръ менѣе 4 дюймовъ.

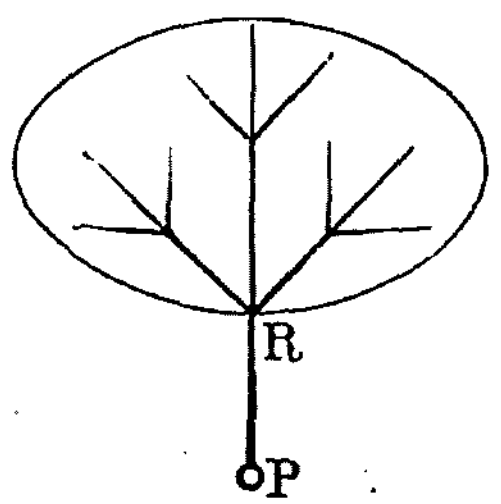
Когда сѣть устроена съ круговымъ движеніемъ въ ней воды, то всѣ боковыя вѣтви въ надлежащихъ мѣстахъ соединены между собою промежуточными уличными трубами, такъ что всѣ онѣ въ совокупности дѣйствительно представляются сѣтью, въ которой коле-



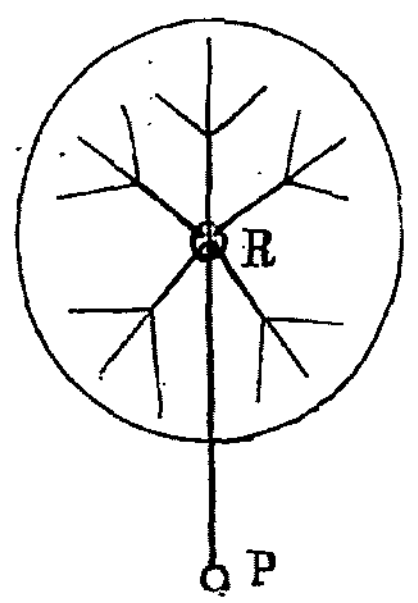
Черт. 507.



Черт. 508.

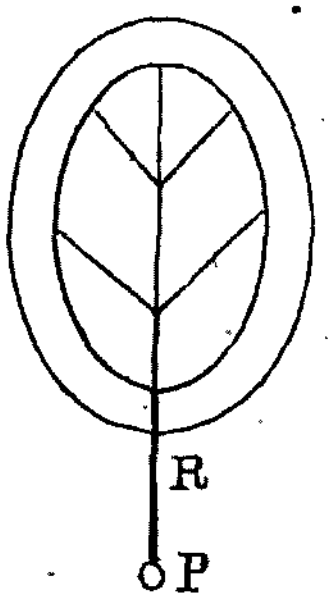


Черт. 509.

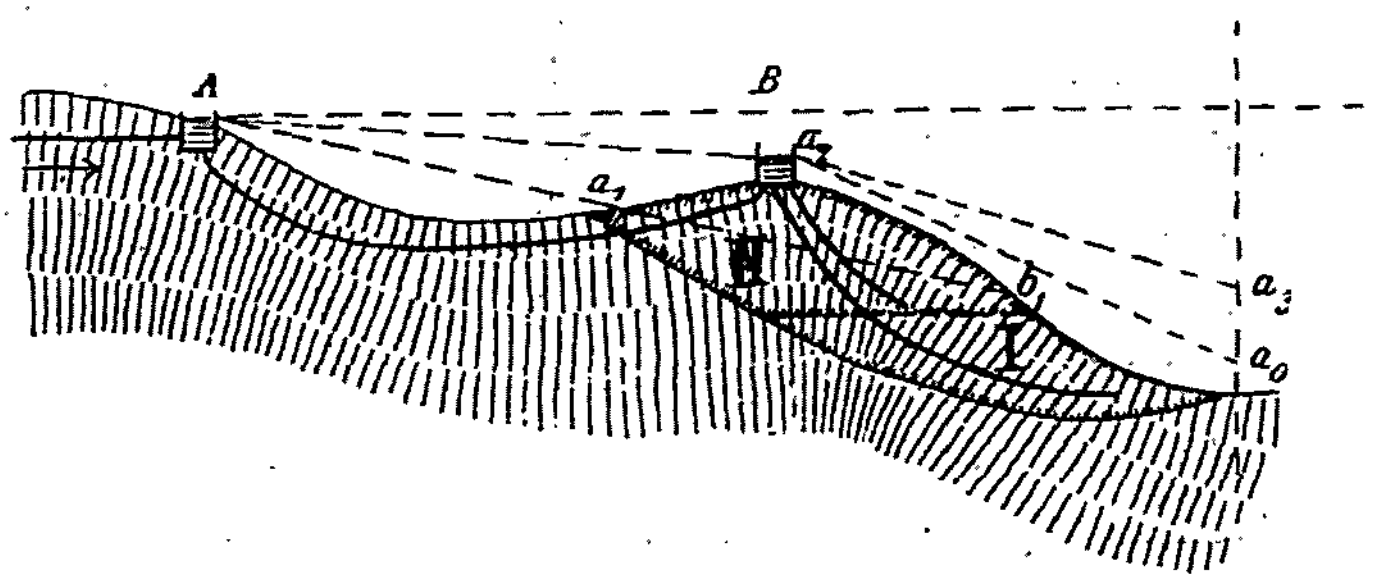


Черт. 510.

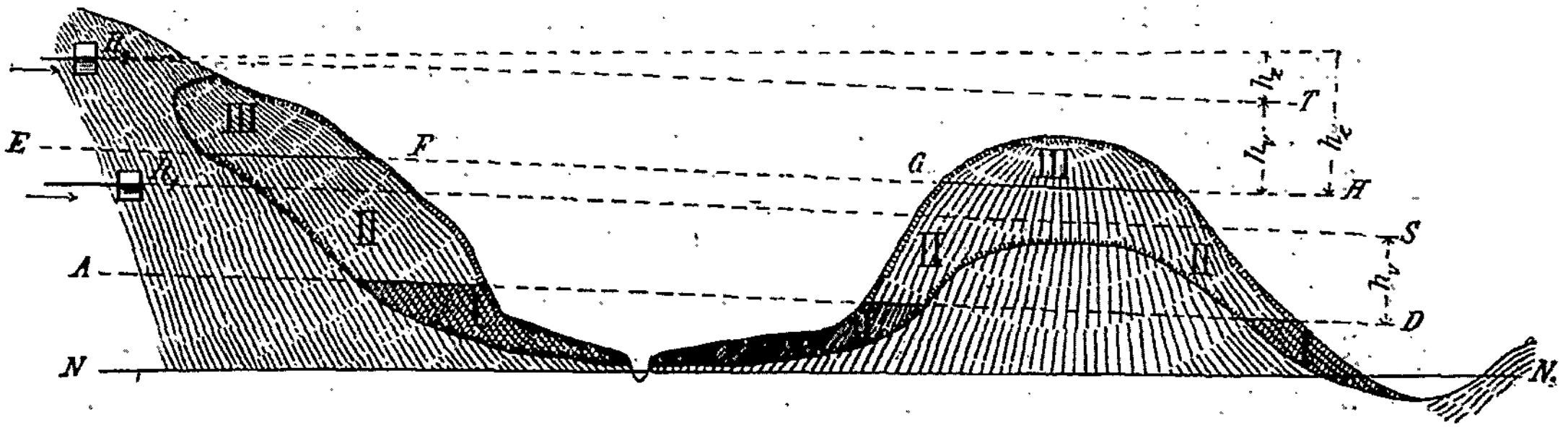
Схемы городской сѣти безъ кругового движенія воды съ одной, двумя, тремя и нѣсколькими магистралями при резервуарѣ (R) поставленномъ на границѣ города и съ резервуаромъ въ городѣ. (Мѣстность плоская).



Черт. 511.— Схема городской сѣти съ круговымъ движеніемъ. (Мѣстность плоская).



Черт. 512. — Схема распредѣленія зонъ при одномъ резервуарѣ. (Мѣстность неровная).



Черт. 513. — Схема распредѣленія зонъ при двухъ резервуарахъ. (Мѣстность неровная).

банія въ скорости движенія воды, происходящія отъ неравномѣрнаго расхода потребителями, уравниваются сами собою (черт. 511).

Первая система, для снабженія водою извѣстной мѣстности, требуетъ меньшаго протяженія водопроводныхъ трубъ, чѣмъ круговая система, и во всякомъ случаѣ устройство ея дешевле, чѣмъ устройство круговой системы.

Но некруговая система имѣетъ и существенныя неудобства. Если случится, что потребители изъ какой-нибудь длинной уличной трубы, несвязанной съ трубами другихъ улицъ, начнутъ болѣе расходовать воды или населеніе улицы вдоль этой трубы увеличится противъ того, для котораго былъ первопачально разсчитанъ діаметръ этой трубы, то чрезъ нѣсколько времени является недостатокъ воды въ этой улицѣ. Вода по трубѣ такой улицы не будетъ болѣе притекать въ необходимомъ количествѣ такъ скоро, какъ это требуется, а изолированная труба не сможетъ притянуть къ себѣ воду изъ трубъ сосѣднихъ улицъ, въ которыхъ расходъ можетъ быть относительно значительно слабѣе; если же вода и будетъ притекать въ достаточномъ количествѣ, то можетъ стать недостаточнымъ напоръ и, слѣдовательно, вода изъ такой уличной трубы не будетъ подниматься до той высоты, на которой устроены разборные краны. При круговой системѣ, неравномѣрность въ движеніи воды не такъ легко возможна, такъ какъ вода, смотря по расходу ея, движется по трубамъ въ ту или другую стороны и, слѣдовательно, всегда по направленію случайнаго наибольшаго расхода, къ мѣсту, гдѣ открыто наибольшее число расходныхъ отверстій. Сверхъ того, при не круговой системѣ, въ оконечныхъ или мертвыхъ точкахъ длинныхъ вѣтвей потребители получаютъ воду не совсѣмъ чистую, такъ какъ въ этихъ точкахъ скопляются осадки, несомые водою. Поэтому въ мертвыхъ точкахъ отдѣльныхъ водопроводныхъ трубъ всегда надобно устраивать спускную трубу со створнымъ краномъ или ставить пожарный кранъ, чтобы время отъ времени можно было промывать трубы. При круговой системѣ ни въ какой точкѣ сѣти вода не находится никогда въ застоѣ, такъ какъ вода постоянно движется по трубамъ въ ту или другую сторону для возстановленія равновѣсія въ мѣстахъ съ наибольшимъ расходомъ, такъ что осадки не могутъ осѣдать и скопляться въ исключительныхъ мѣстахъ. При вычисленіи діаметровъ трубъ для сѣти по круговой системѣ предполагается

движепіе воды по трубамъ такое, чтобы вода по ней доходила кратчайшимъ путемъ до мѣста потребленія. На черт. 507 и 511 представлены планы расположенія некруговой и круговой системъ водопроводной сѣти для одного и того же города.

Изъ главной магистрали не слѣдуетъ прямо отводить рукавовъ въ дома посредствомъ отростковъ или сѣделокъ (см. гл. VII, черт. 331—332 и черт. 515—519); а лучше укладывать для этого параллельно съ главной магистралью второстепенную трубу.

Если улицы очень широки, то вдоль тротуара каждой стороны улицы укладывается особая водопроводная труба для избѣжанія укладки слишкомъ длинныхъ домовыхъ рукавовъ, укладка которыхъ и впослѣдствіи ремонтъ могутъ мѣшать свободному проѣзду по улицѣ. Діаметръ домовыхъ рукавовъ не долженъ быть менѣе $2^1/_2$—3 дюйм.

Надобпо соблюдать правило, чтобы вѣтвь никогда не вводить снова въ ту же главную магистраль, изъ которой она исходитъ, но соединять ее въ удобномъ мѣстѣ съ другою магистралью, независимою отъ первой. Цѣль этого правила легко видѣть въ томъ, чтобы избѣжать прекращепія водоснабженія по этой вѣтви, если одна изъ магистралей будетъ заперта для какой-либо надобности, потому что тогда вѣтвь можетъ получать воду изъ другой магистрали. При этомъ створные краны должны быть поставлены на вѣтви около каждой магистрали.

Изъ этихъ вѣтвей домовые рукава отдѣляются или сѣделками, или особыми трубами съ отростками, вставляемыми при укладкѣ въ составъ вѣтви противъ каждаго дома. Эти отростки прикрываются или крышкою съ фланцами, или тутъ же ставятся створные краны, къ которымъ впослѣдствіи и примыкаютъ домовые рукава. Пожарные крапы во всякомъ случаѣ должны быть установлены на самыхъ магистраляхъ, на всѣхъ перекресткахъ улицъ, и затѣмъ вдоль улицъ въ разстояніи отъ 30 до 40 саж. одинъ отъ другого. Параллельную съ главной магистралью трубу можно укладывать, если это случится, и въ одну траншею съ магистралью, но при этомъ малая труба должна быть уложена выше магистрали, такъ чтобы нижняя ея поверхность была отъ 2 до 4 дюйм. выше верхней поверхности магистрали; этимъ избѣгается проведеніе особой траншеи для малой трубы. При этомъ надобно только наблюсти, чтобы по укладкѣ главной магистрали земля около и сверхъ ея была плотно утрамбована, такъ какъ она будетъ

служить ложемъ для малой трубы. При такомъ расположеніи перемѣна звеньевъ главной магистрали не представляетъ особыхъ затрудненій. Во Франкфуртскомъ водопроводѣ большая часть параллельныхъ трубъ уложены такимъ образомъ, и въ нихъ не замѣчается поврежденій.

При составленіи проекта городской водопроводной сѣти легко впасть въ грубыя ошибки, если руководствоваться лишь соображеніями о начертаніи сѣти въ планѣ. Необходимо не упускать изъ вида, что сѣть трубъ располагается на мѣстности отнюдь не плоской и принимать въ соображеніе разность давленій въ трубахъ, обусловливаемую конфигураціей мѣстности. При правильно проектированныхъ водопроводахъ вода должна подниматься надъ крышами самыхъ высокихъ зданій, стоящихъ въ наиболѣе возвышенныхъ точкахъ города. Стремясь осуществить это условіе въ городахъ съ большими разностями высотъ мѣстности, можно встрѣтить серіозныя затрудненія, такъ какъ при достаточномъ напорѣ въ высокихъ частяхъ низкія могутъ имѣть напоръ чрезмѣрно большой, который будетъ вызывать порчу трубъ и очень увеличивать утраты воды. При такихъ условіяхъ раціонально раздѣлить городъ на два или нѣсколько отдѣльныхъ поясовъ или зонъ, изъ коихъ каждая имѣла бы свою независимую сѣть и свой уравнительный водоемъ или иной регуляторъ напора. Такое раздѣленіе на зоны должно быть сдѣлано, такъ, чтобы максимальный допустимый напоръ нигдѣ не былъ превзойденъ. Чертежъ 512 и 513, представляющій нѣкоторые частные случаи, отчасти иллюстрируютъ и эту мысль.

Чертежъ 512 представляетъ собой частный случай города, расположеннаго на скатѣ горы и получающаго воду изъ A подъ *естественнымъ напоромъ*.

Городская территорія обозначена штрихованной границей и цифрами I и II. Притекающая вода собирается въ резервуаръ A, откуда можетъ быть проведена въ городъ одной главной трубой, непосредственно развѣтвляющейся по городу. Это однако не всегда возможно. Если мѣстность такова, что линія напора одиночной магистрали при максимальномъ расходѣ $Aa_1 - b_1$ пересѣкаетъ поверхность земли въ точкахъ a_1 и b_1, то часть города выше этихъ точекъ будетъ по временамъ совсѣмъ безъ воды. Въ такомъ случаѣ можетъ быть гораздо цѣлесообразнѣе помѣстить резервуаръ въ B и сдѣлать отъ него двѣ отдѣльныя магистрали къ частямъ города, бо-

лѣе высокой—II и болѣе низкой I. При этомъ труба на протяженіи AB получитъ меньшій діаметръ, такъ какъ должна отвѣчать лишь среднему расходу, а не максимальному. Двѣ отдѣльныя магистрали къ частямъ I и II дѣлаются для того, чтобы при очень большомъ разборѣ воды въ нижней части верхняя не оставалась безъ воды. Если бы для обѣихъ частей была одна магистраль, то общая линія напора должна была бы быть напр. a_2a_3; при двухъ—линія напора нижней можетъ опуститься напр. до a_2a_0. Если бы водопроводъ былъ не гравитаціонный, какъ предположено на чертежѣ 512, то изложенныя выше соображенія сохранили бы вполнѣ свое значеніе въ предположеніи, что вода поднималась бы машинами въ резервуары A и B. Надо, однако, замѣтить, что при напорномъ водопроводѣ число различныхъ рѣшеній относительно мѣстоположенія резервуаровъ и распредѣленія магистралей можетъ быть гораздо больше и самыя рѣшенія разнообразнѣе и въ большинствѣ случаевъ вопросъ можетъ быть разрѣшенъ лишь составленіемъ нѣсколькихъ варіантовъ и исчисленіемъ стоимости ихъ устройства, ремонта эксплоатаціи (сѣть, насосы, резервуары). Вообще говоря, нужно предпочесть то рѣшеніе, которое при равныхъ техническихъ достоинствахъ будетъ соотвѣтствовать минимуму суммы $^0/_0$ на капиталъ и погашеніе + стоимость годового ремонта и эксплоатаціи.

Черт. 513 представляетъ схему зонъ при двухъ резервуарахъ также въ нѣкоторомъ частномъ случаѣ города, раскинувшагося по склонамъ холмовъ и получающаго воду изъ двухъ источниковъ, расположенныхъ на разныхъ высотахъ въ R_1 и R_2, гдѣ устроены уравнительные водоемы. Верхній источникъ недостаточенъ для питанія всего города и нужно опредѣлить зоны, соотвѣтствующія каждому изъ резервуаровъ. Проведемъ чрезъ горизонтъ каждаго резервуара соотвѣтствующую ему наклонную, вслѣдствіе потери напора въ пути, липію папора и ниже ея на разстояніи h_0 равномъ минимальному напору, который нужно имѣть въ уличныхъ трубахъ параллельную линію: для R_1—$EFGH$, для R_2 — AD. Эти линіи дѣлятъ городъ на участки — I, II и III. Участокъ III будетъ имѣть напоръ меньше требуемаго нормальнаго, участокъ I—больше нормальнаго. Первый (III) можетъ питаться только изъ резервуара R_2; второй долженъ питаться преимущественно изъ резервуара R_1, чтобы напоръ не былъ безъ нужды большимъ. Участокъ II можетъ питаться выше линіи RS только изъ верхняго резер-

вуара; ниже изъ обоихъ. Раздѣленіе этого участка между двумя резервуарами придется дѣлать въ зависимости отъ количествъ воды, которыя даетъ каждый. Въ участкѣ I, если бы давленіе въ нѣкоторыхъ мѣстахъ стало чрезмѣрнымъ (есть примѣры давленія до 80 метровъ), то надо выдѣлить наиболѣе напряженную часть сѣти и сдѣлать для нея особый поперечный резервуаръ ниже R_1, который получалъ бы воду изъ R_2 или R_1.

Въ случаѣ, когда вода въ R_1 и R_2 доставляются не гравитаціоннымъ, а напорнымъ водопроводомъ слѣдуетъ примѣнить соображенія высказанныя выше по поводу чертежа 512.

При раздѣленіи сѣти на зоны должно быть обезпечено особенно *тщательно питаніе водой верхней зоны; нижнія же въ случаѣ* поврежденій своихъ питательныхъ вѣтвей должны имѣть обезпеченное сообщеніе съ верхними для полученія необходимой воды.

Разсчетъ размѣровъ трубъ водопроводной сѣти выходитъ изъ предѣловъ программы настоящаго курса и составляетъ достояніе курса гидравлики. Поэтому мы ограничимся лишь нѣсколькими общими указаніями. Разсчетъ этотъ долженъ вестись по наибольшимъ секуднымъ расходамъ каждой трубы съ принятіемъ во вниманіе всѣхъ колебаній средняго расхода въ теченіи сутокъ и года (§ 31). Скорость должна допускаться не выше опредѣленнаго проектнаго предѣла, напр. по Fanning'у отъ 0,75 до 2 метровъ. Діаметры должны быть подводимы къ опредѣленной серіи трубъ нормальныхъ размѣровъ, установленныхъ практикой, т. е. вмѣсто разсчетнаго долженъ *браться ближайшій высшій діаметръ этой серіи. При разсчетахъ слѣ*дуетъ принимать въ соображеніе условія и удобства будущей эксплоатаціи водопровода, увеличивая иногда размѣры той или другой трубы, для усиленія расхода или давленія какой либо части сѣти на случай поврежденій нормально питающихъ ее магистралей и т. п. (Относительно расчетовъ водопроводовъ см. между прочимъ— Lueger-Die Wasserversorgung der Städte).

§ 78. Основныя данныя относительно эксплуатаціи водопроводовъ.

При раздачѣ воды частнымъ потребителямъ она обыкновенно считается за товаръ, который, съ одной стороны, потребителямъ желательно пріобрѣсти наиболѣе дешевымъ и удобнымъ образомъ,

по который съ другой стороны, предпринимателю водоснабженія долженъ оплатить всѣ издержки на устройство и доставку воды.

Въ примитивныхъ водопроводныхъ устройствахъ вода доводится только до нѣкоторыхъ пунктовъ города. Здѣсь она разбирается водовозами или водоносами изъ открытыхъ или закрытыхъ резервуаровъ (см. напр. чер. 514) или же просто изъ кранов, если расходъ ихъ достаточенъ. При такомъ способѣ раздачи воды количество ея, доставляемое каждому потребителю вполнѣ опредѣленно и оплата его весьма проста.

Дѣло это становится гораздо сложнѣе, когда вода доставляется въ дома по трубамъ, къ чему стремятся всѣ благоустроенныя водоснабженія. Для опредѣленія количества воды, расходуемой потребителемъ, и для опредѣленія платы, которую можно взимать за потребленную воду при проведеніи ея въ дома трубами вошли въ употребленіе различные способы раздачи воды, а именно: *непрерывный* способъ, *перемежающійся* способъ и способъ *неограниченнаго пользованія водою.*

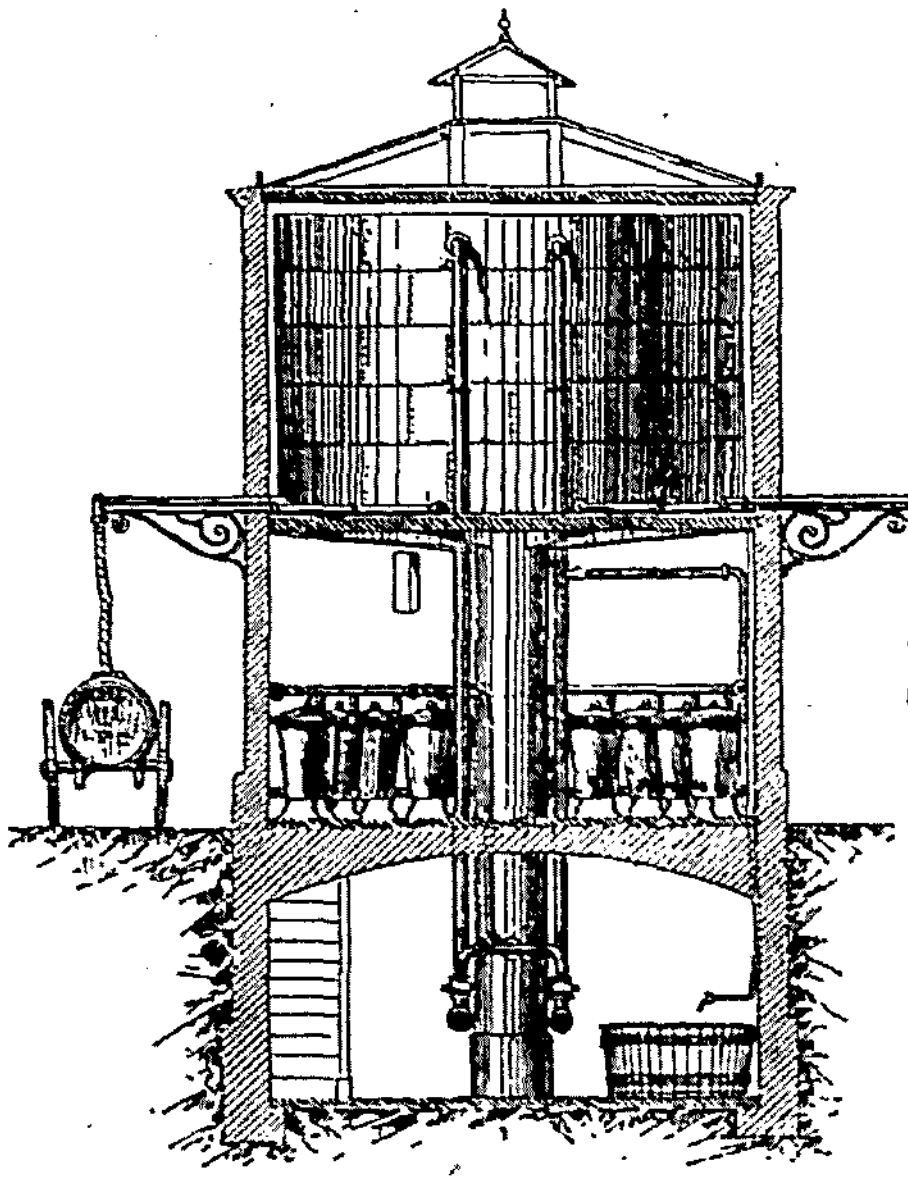
Непрерывный способъ пользованія водою состоитъ въ слѣдующемъ. Расходуемый въ теченіе сутокъ потребителемъ объемъ воды измѣряется тѣмъ, что доставка воды производится чрезъ особый кранъ, доступный только для агентовъ управленія водопровода, такъ называемый *калиберный* или *калиброванный* кранъ, выпускное отверстіе котораго регулировано такимъ образомъ, что оно въ теченіе сутокъ можетъ пропустить при постоянномъ выпускѣ изъ него воды не болѣе точно опредѣленнаго объема воды.

При *перемежающемся способѣ* пользованіе состоитъ въ томъ, что, для полученія потребителемъ необходимаго ему суточнаго количества воды, открываютъ главный кранъ водопровода въ его домѣ на $^1/_2$, 1 до 2 часовъ времени для наполненія имѣющагося въ домѣ бака до опредѣленной высоты и затѣмъ главный кранъ опять запирается до слѣдующаго дня.

Оба вышеуказанные способа регулированія количества воды, потребляемой частными лицами, представляютъ для потребителей большія затрудненія и неудобства, а вмѣстѣ съ тѣмъ, такъ какъ пользованіе общественнымъ водопроводомъ для домашнихъ и промышленныхъ надобностей очень ограничивается, то наносится вредъ доходности и полезности самаго предпріятія. Какъ при непрерывномъ, такъ и при пе-

Раздача воды.

Уличные водоемы.

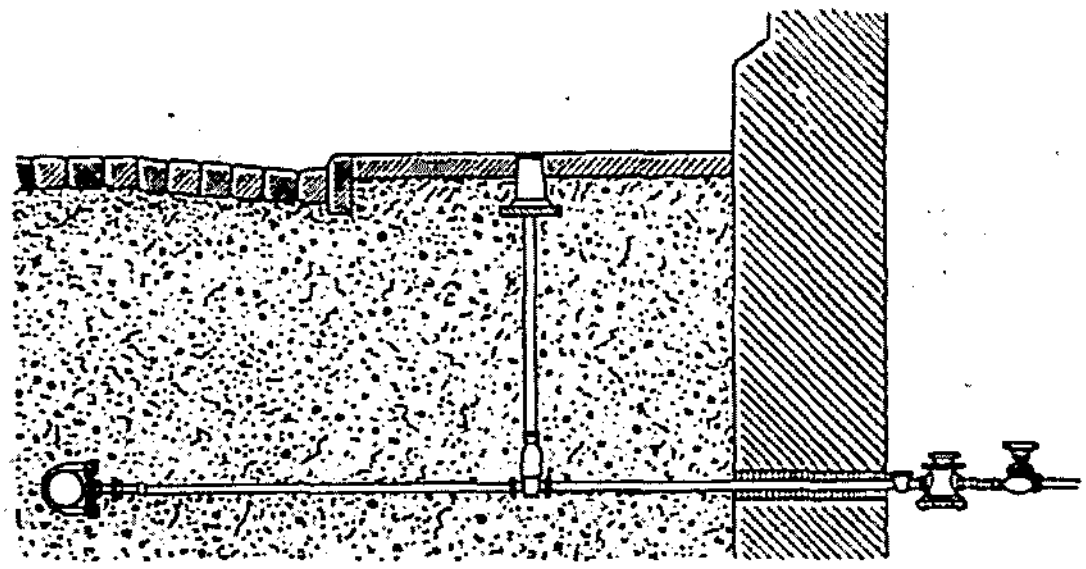


Черт. 514.

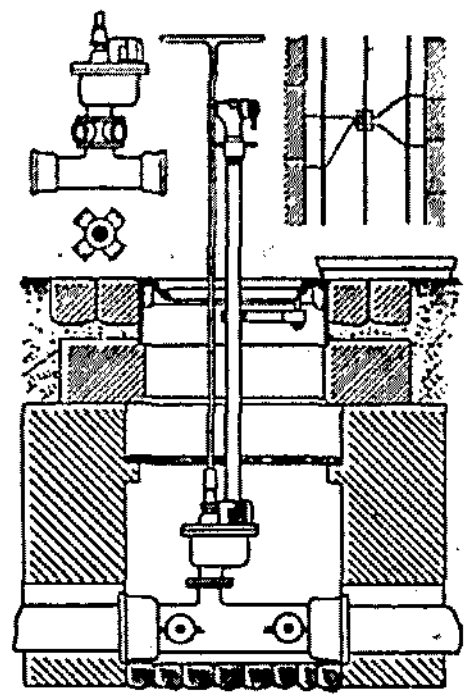
Разрѣзъ уличнаго водоема въ Парижѣ, изъ коего вода развозится бочками и разносится ведрами.

(Bechmann, p. 126).

Проведеніе воды въ дома.



Черт. 515.



Черт. 516–519.

Черт. 515.—Устройство отводной домовой вѣтви отъ уличной трубы. На вѣтви имѣется запорный кранъ, который можетъ быть и не подъ троттуаромъ, какъ показано на чертежѣ, а подъ мостовой. Кромѣ того, есть второй запорный кранъ въ предѣлахъ самого снабжаемаго водой участка или дома.

Черт. 516—519.— Устройство домовыхъ отводовъ въ городахъ Вюртемберга. Отводы дѣлаются изъ колодцевъ, въ которыхъ устанавливаются гидранты (черт. 516) на чертежѣ 519 показанъ планъ улицы съ такимъ колодцемъ надъ уличной водопроводной трубой, откуда вода проведена въ четыре дома желѣзными гальванизированными трубами. Отводныя вѣтви примыкаютъ къ трубѣ въ одной плоскости съ ней 515 или же къ вертикальному отростку (517, 518). Достоинство этого типа отвода—мѣсто соединенія домовыхъ вѣтвей съ уличной трубой всегда доступны осмотру. Недостатокъ—большая длина проводовъ. (Lueger, 829).

ремежающемся способахъ вода въ теченіе опредѣленнаго времени доставляется всегда въ одинаковомъ количествѣ, тогда какъ потребленіе ея измѣняется не только съ временами года, но и по различнымъ днямъ недѣли, а также весьма неодинаково въ различные часы дня и ночи. Чтобы имѣть, поэтому, повременамъ большее количество воды для пользованія, чѣмъ доставляетъ водопроводъ, потребитель вынужденъ устраивать у себя бакъ довольно большаго размѣра, въ которомъ онъ могъ бы запасать воду на случай экстренной въ ней надобности. Для доставленія воды изъ бака во всѣ части дома, бакъ этотъ необходимо ставить на чердакѣ дома, вслѣдствіе чего является необходимость въ устройствѣ водопроводныхъ трубъ съ улицы въ бакъ и затѣмъ изъ бака по всѣмъ частямъ дома. Стоимость устройства домоваго водоснабженія въ этомъ случаѣ будетъ гораздо значительнѣе и нѣкоторыхъ домовладѣльцевъ можетъ удержать отъ желанія провести въ свой домъ воду.

Для предупрежденія переполненія водою такихъ частныхъ баковъ устраивается или кранъ съ поплавкомъ или сливная труба, вслѣдствіе чего, въ первомъ случаѣ, когда бакъ наполненъ, то кранъ приводной трубы самъ собою запирается, а во второмъ случаѣ излишняя вода стекаетъ по сливной трубѣ.

Потребитель долженъ бываетъ, однако, уплатить за потерянное для него количество воды, какъ за доставленное ему.

Устройство водопроводовъ въ домахъ по обоимъ означеннымъ способамъ можетъ обойтись не только дорого, но при этомъ является неудобство и въ томъ, что отъ долгаго пребыванія воды въ бакѣ она лѣтомъ слишкомъ согрѣвается, а зимою слишкомъ охлаждается, чего можно избѣжать только давая водѣ постоянно течь. Во всякомъ случаѣ оба способа непрерывнаго и перемежающагося снабженія позволяютъ пользоваться водою въ высшей степени не полнымъ образомъ, такъ какъ въ короткій промежутокъ времени при этихъ способами нельзя воспользоваться большимъ количествомъ воды, если не имѣется въ домѣ чрезвычайно большаго собственнаго бака. Если, напримѣръ, кто-нибудь получаетъ по 120 вед. воды въ сутки, то по регулированному калиберному крану при непрерывномъ способѣ притекаетъ къ нему въ минуту по $^1/_{12}$ ведра, такъ что, чтобы наполнить сосудъ въ 5 ведеръ емкостью, потребителю надобно 1 часъ времени. Пивоваренный котелъ, емкостью въ 240 ведеръ, если кали-

берный кранъ доставляетъ въ сутки 360 вед. или въ минуту $^1/_4$ ведра, будетъ наполняться 16 час. времени и въ продолженіе этого времени нельзя получить воды для другихъ надобностей. Имѣя запасной бакъ въ 240 вед., можно, конечно, скорѣе наполнить изъ него котелъ, но все-таки остается то неудобство, что наполненіе водою такого бака также потребуетъ въ свою очередь долгаго времени.

Для избѣжанія всѣхъ вышеприведенныхъ неудобствъ, въ послѣднее время вводится вездѣ *способъ неограниченнаго пользованія водою*, который оказывается выгоднымъ какъ для потребителей, такъ равно и для водопроводныхъ обществъ. Вездѣ, гдѣ введенъ этотъ способъ, чрезвычайно усилилось потребленіе частными лицами, а вмѣстѣ съ тѣмъ возрасла и доходность предпріятія.

При этомъ способѣ доставка воды въ домъ по домовому рукаву, какъ это видно уже по самому названію способа, происходитъ не по установленному размѣру, какъ при непрерывномъ и при перемежающемся способахъ суточнаго потребленія, но потребитель можетъ открывать и закрывать по своему желанію главный домовый кранъ и вообще во всякое время потреблять столько воды, сколько можетъ пройти къ нему сообразно діаметру домоваго рукава и имѣющемуся напору въ уличной магистрали. Діаметръ домоваго рукава и домоваго главнаго крана сообразуется съ приблизительнымъ количествомъ потребной для этого дома воды; діаметръ трубы по крайней мѣрѣ долженъ быть не менѣе такого размѣра, чтобы наибольшая временная потребность въ водѣ потребителя могла быть удовлетворена въ возможно короткое время, напр., въ домашнемъ хозяйствѣ для наполненія котла прачешной, для паровыхъ машинъ—для наполненія пароваго котла, въ пивоваренныхъ заводахъ для наполненія пивнаго котла и т. д. Діаметръ домоваго рукава измѣняется въ предѣлахъ отъ 1 до 4 дюйм. и только для бань онъ доходитъ до 8 дюйм.

При способѣ неограниченнаго пользованія водою потребители платятъ или за объемъ потребленной ими воды, измѣряемый такъ называемыми *водомѣрами*, установленными на домовомъ рукавѣ, или потребители пользуются водою по произволу, съ платою за нее оптомъ сообразно съ домашними или промышленными надобностями потребителя. Способъ опредѣленія оптовой платы въ различныхъ городахъ неодинаковый. Если вода получается по оптовой платѣ, то нѣтъ возможности опредѣлить количества потребляемой воды ка-

ждымъ домомъ въ отдѣльности, такъ что легко можетъ случиться, что потребитель, расходующій воды менѣе другого, платитъ за воду однако дороже этого послѣдняго; такимъ образомъ при оптовой платѣ теряютъ то потребитель, то водопроводное общество. Но когда нѣтъ надобности въ обмѣрѣ потребляемой воды, то устройство водопровода въ домахъ обходится во-первыхъ дешевле, а во-вторыхъ потребители не такъ боятся израсходовать лишнюю воду, чѣмъ когда вода доставляется по водомѣру, показывающему на своемъ циферблатѣ каждую сотню израсходованныхъ ведеръ воды.

Всѣ эти причины вмѣстѣ содѣйствуютъ однако тому, что при пользованіи водою по оптовой платѣ частныя лица употребляютъ воду для всѣхъ своихъ надобностей, а это въ свою очередь дѣлаетъ примѣненіе оптовой платы болѣе точнымъ и близкимъ къ дѣйствительности.

Опасеніе, что при пользованіи водою за оптовую плату, со стороны потребителей можетъ происходить, если не съ умысломъ, то отъ небрежности безполезная трата воды, говоритъ, однако, въ особенности въ городахъ съ ограниченнымъ общимъ количествомъ воды, противъ способа неограниченнаго пользованія водою за оптовую плату, хотя таковая безполезная трата можетъ быть устранена установленіемъ соотвѣтственныхъ правилъ пользованія водою, а также устройствомъ особаго рода кранов и другихъ приборовъ, коими расходъ воды въ домѣ можетъ быть ограничиваемъ (см. § 29).

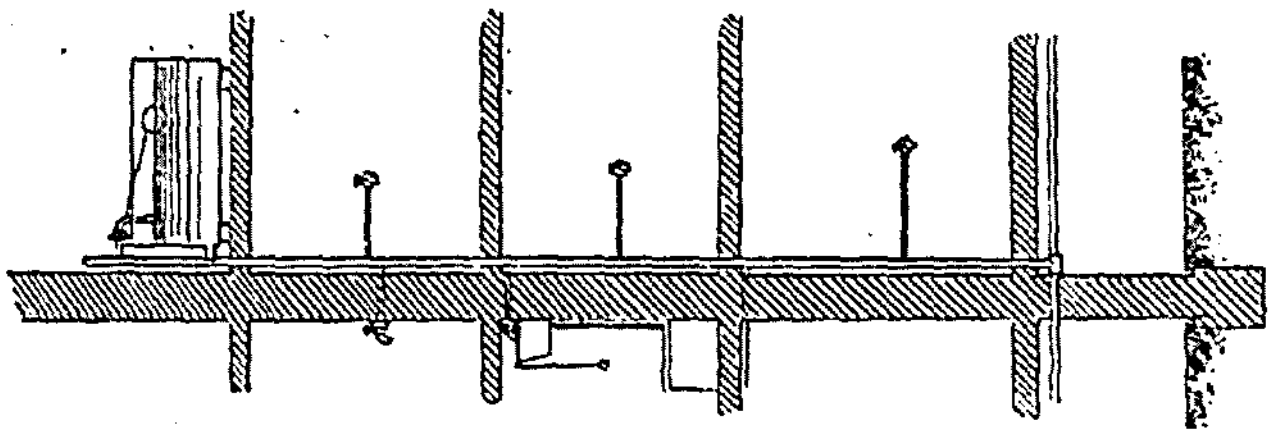
§ 79. Домовыя водопроводныя устройства.

Устройство водопроводовъ въ домахъ для пользованія водою изъ общественнаго водопровода зависитъ какъ вообще отъ системы самаго городскаго водопровода, такъ и въ частности отъ способа отдачи воды потребителямъ.

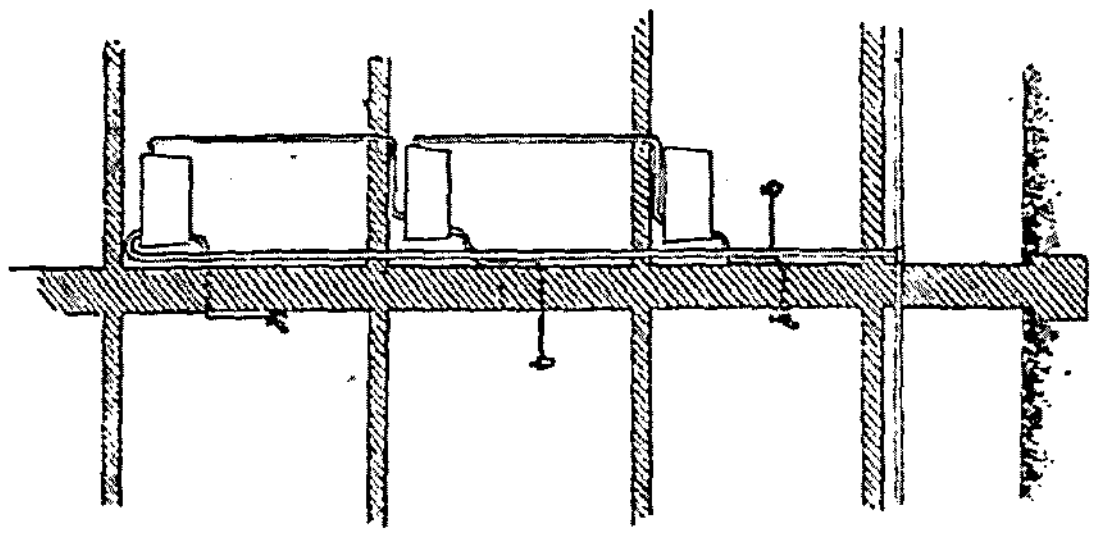
Самое простое устройство домоваго водопровода бываетъ при способѣ неограниченнаго пользованія водою, такъ какъ тогда проводится сквозь всѣ этажи дома подъемная труба, отъ которой вода разводится по этажамъ горизонтальными трубами во всѣ мѣста, гдѣ полагается поставить водоразборные краны.

Въ верхнемъ концѣ подъемной трубы полезно ставить воздушный колоколъ (черт. 520), который устранялъ бы гидравлическіе удары,

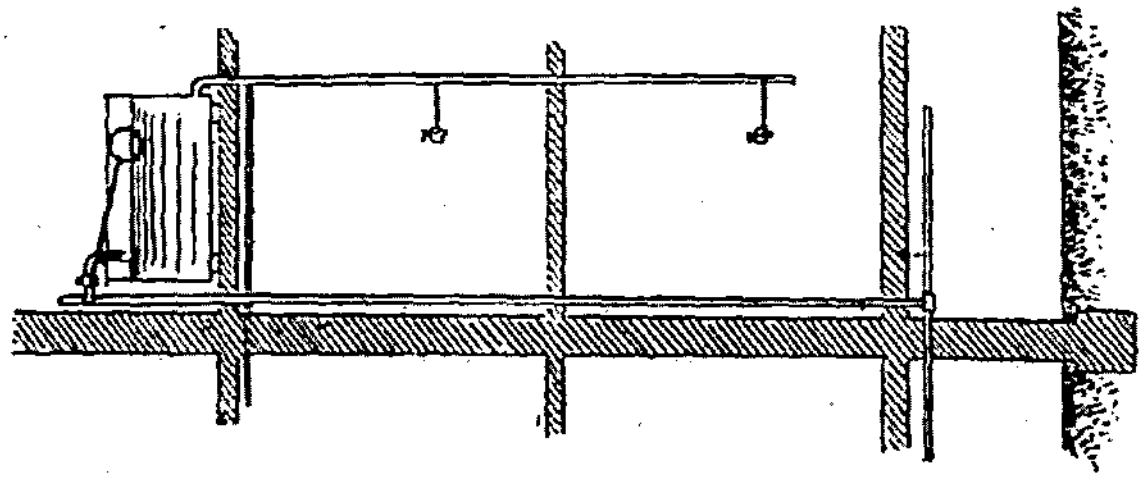
Домовые водопроводы.



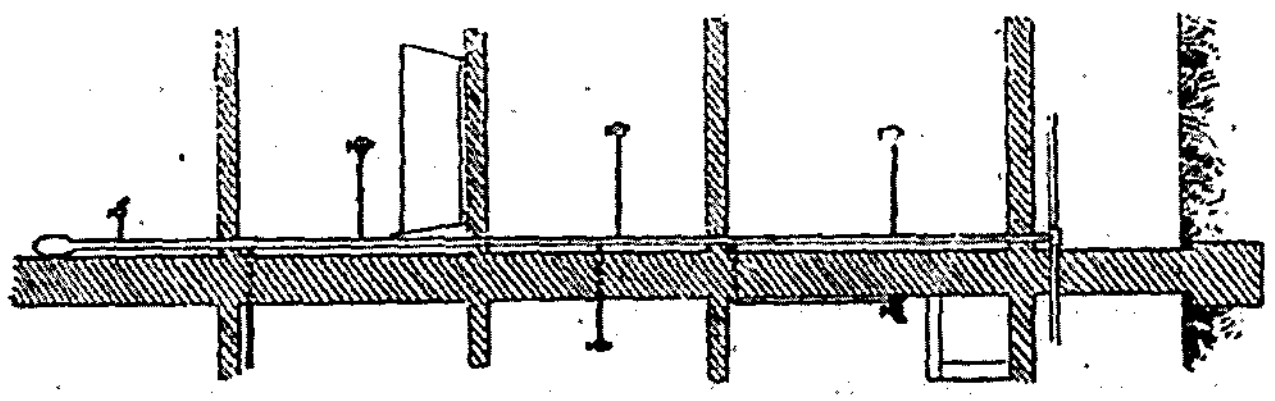
Черт. 523. — Домовая сѣть съ общимъ бакомъ и одной общей восходящей трубой.



Черт. 522. — Домовая сѣть съ отдѣльными баками при каждомъ кранѣ.



Черт. 521. — Домовая сѣть съ общимъ бакомъ, восходящей и нисходящей отдѣльными трубами.



Черт. 520. — Домовая сѣть безъ баковъ.

производимые быстрымъ отпираніемъ и закрываніемъ крановъ. Резервуары или баки при такихъ водопроводахъ вовсе не требуются.

Если же вода доставляется по непрерывному способу въ видѣ тонкой и непрерывной струи, то необходимъ домовый бакъ, который наполнялся бы водою изъ подъемной трубы. Особой спускной трубы изъ бака нѣтъ надобности дѣлать, и всѣ развѣтвленія по этажамъ можно провести прямо отъ подъемной трубы. Послѣдняя впускается въ бакъ не сверхъ уровня воды въ немъ, но въ дно бака, чтобы вода, находящаяся въ бакѣ, могла стекать по подъемной трубѣ въ вѣтви, въ случаѣ надобности въ большемъ расходѣ воды, нежели сколько можетъ ея доставить водопроводъ. Если же для устройства автоматическаго затвора вода впускается въ верхнюю часть бака, то въ нижней дѣляется особое соединеніе съ питающей трубой (черт. 520). Домовый бакъ играетъ въ обоихъ случаяхъ ту же роль, какъ и устраиваемый въ городской сѣти уравнительный водоемъ.

Домовый водопроводъ дѣлается нѣсколько сложнѣе, когда вода доставляется по перемежающемуся способу, такъ какъ въ этомъ случаѣ необходимъ не только домовый бакъ, наполняемый водою по водопроводу до срока закрытія уличнаго крана, но также и спускная труба, отъ которой дѣлаются всѣ развѣтвленія по этажамъ.

Для избѣжанія безполезной потери воды у верхняго конца подъемной трубы, въ бакѣ дѣлается кранъ съ поплавкомъ, чтобы прекращать притокъ воды въ бакъ, когда онъ наполнится; по мѣрѣ опоражниванія бака кранъ вновь открывается и вода изливается въ бакъ.

Хотя при исправномъ дѣйствіи крана съ поплавкомъ, бакъ можетъ наполняться водою только до опредѣленной высоты, однако изъ предосторожности, на случай переполненія бака водою, необходимо изъ послѣдняго устраивать сливную трубу, такъ какъ при малѣйшей неисправности крана съ поплавкомъ бакъ можетъ переполниться водою и послѣдняя разольется по дому. При непрерывномъ способѣ доставки воды поплавка съ краномъ нѣтъ надобности дѣлать, но сливная труба и въ этомъ случаѣ необходима.

На черт. 520—523 схематически представлены различныя расположенія разведенія воды въ домахъ. На черт. 520 представлено простѣйшее устройство домоваго водопровода съ прямымъ разведеніемъ воды къ мѣстамъ выпускныхъ крановъ. На черт. 521 представленъ домовый водопроводъ съ однимъ головнымъ бакомъ и съ от-

дѣльными подъемной и разводной трубами. На черт. 522 изображенъ домовый водопроводъ безъ главнаго а лишь съ побочными баками, а также съ подъемной и сливной трубами. На черт. 523 представленъ домовой резервуаръ съ главнымъ бакомъ и съ одной подъемной трубой, но безъ водосливной трубы и безъ побочныхъ баковъ.

Удобнѣйшій способъ соединенія развѣтвленій съ домовой напорной трубой или со спускной трубой зависитъ отъ размѣровъ и положенія снабжаемыхъ водою помѣщеній, такъ что для этого нельзя дать никакихъ общихъ правилъ; только и здѣсь надобно принимать въ соображеніе замѣчанія, которыя были высказаны выше, когда говорилось о развѣтвленіяхъ городской сѣти по улицамъ отъ главной магистрали. Главное правило: всѣ домовыя водопроводныя трубы должны быть такъ расположены, чтобы въ необходимомъ случаѣ изъ всѣхъ ихъ можно было выпустить воду. Съ этою цѣлью на напорной трубѣ, у самаго ея входа въ домъ, въ самой пониженной точкѣ. ставится кранъ. Точно также и на спускныхъ трубахъ, у выхода изъ домового бака, ставятся краны. Равнымъ образомъ и на каждой домовой вѣтви, при отдѣленіи ея отъ напорной или спускной трубъ, ставится запорный кранъ, чтобы въ случаѣ надобности можно было ее разъединить.

Поперемѣннаго проведенія каждой изъ трубъ то вверхъ, то внизъ, надобно во всякомъ случаѣ избѣгать, такъ какъ иначе въ верхнихъ точкахъ перегиба образуются скопленія воздуха, а въ нижнихъ точкахъ перегибовъ остается вода послѣ выпуска воды изъ трубъ, и въ короткое время эта вода можетъ замерзнуть и произвесть разрывъ трубъ.

Всѣ домовые проводы должны быть защищены отъ жара и холода, поэтому домовый рукавъ долженъ съ улицы проходить сквозь фундаментъ дома на глубинѣ не менѣе 5—6 фут. отъ поверхности земли. Если нельзя избѣгнуть проведенія трубъ чрезъ холодное помѣщеніе, то ихъ надобно обернуть дурными проводниками тепла, какъ-то соломою, войлокомъ, шерстью и т. п. Со всѣмъ тѣмъ никакая изолировка не предохранитъ трубы отъ замерзанія въ сильные морозы, если онѣ лежатъ въ предѣлахъ промерзанія; поэтому, если ночью по такой трубѣ нѣтъ расхода воды, то лучше на ночь выпускать изъ нея воду или впродолженіе всей ночи имѣть спускной кранъ на столько открытымъ, чтобы изъ него выходила і ѳболь-

шая струйка воды; при постоянномъ движеніи воды по такой трубѣ вода въ ней не замерзнетъ. Но во всякомъ случаѣ выпускъ воды на ночь изъ такой трубы предпочтительнѣе второго способа. Съ этою цѣлью придѣлываютъ къ такимъ трубамъ особые краны, такъ называемые спускные краны (въ нѣкоторыхъ городахъ это обязательно), которые при запираніи и уединеніи трубы выпускаютъ сквозь себя всю воду, заключавшуюся въ трубѣ.

Вырубка шпунтовъ въ каменныхъ стѣнахъ, для помѣщенія въ нихъ водопроводныхъ трубъ, чтобы скрыть ихъ подъ штукатуркою, какъ это иногда дѣлается, должна быть строго воспрещена, такъ какъ всякую течь въ нихъ тогда труднѣе замѣтить и розыскать, чѣмъ въ трубахъ, лежащихъ на виду.

Трубы не должно проводить вверхъ съ наружной стороны наружныхъ стѣнъ, но вводя ихъ сквозь фундаментъ внутрь дома, вести вдоль внутренней поверхности стѣнъ и даже, для лучшаго предохраненія трубъ отъ охлажденія, лучше вести ихъ всегда вверхъ вдоль внутреннихъ, а не наружныхъ стѣнъ дома.

Отогрѣваніе замерзшихъ водопроводныхъ трубъ, вообще очень затруднительное, обѣщаетъ, однако, стать повидимому операціей относительно легкой, если пользоваться для этой цѣли электрическимъ токомъ. Сильный электрическій токъ пропускается по замерзшей трубѣ и, нагрѣвая ее, заставляетъ растаять ледъ. Способъ этотъ предложенъ профессорами американскаго университета штата Висконсинъ—Медисономъ и Будомъ и обѣщаетъ успѣхъ. Въ одномъ случаѣ этимъ способомъ удалось въ теченіе 18 минутъ разогрѣть до таянія воды совершенно обмерзшій водопроводъ длиною 50 метровъ, причемъ труба не испытала поврежденій.

Относительно матеріала для трубъ и резервуаровъ домовой водопроводной сѣти можно замѣтить слѣдующее (см. Труд. В. С.):

Вода городскихъ водопроводовъ, доставляемая подъ непрерывнымъ давленіемъ по чугуннымъ трубамъ, проложеннымъ на достаточной глубинѣ, въ землѣ, приходитъ въ дома съ надлежащей температурой и достаточно чистою, пріобрѣтая на пути лишь ничтожное количество окиси желѣза, не имѣющее никакого вреднаго вліянія на здоровье человѣка. При разведеніи воды въ домахъ остается, слѣдовательно, сохранить ея чистоту и температуру, а для этого необходимо:

1) разводить воду въ домахъ по трубамъ, изготовленнымъ изъ неядовитаго металла;

2) прокладывать трубы въ такихъ мѣстахъ, чтобы проводимая ими вода не нагрѣвалась и не замерзала;

3) — чтобы водопроводная сѣть трубъ не имѣла никакого сообщенія со сточными трубами;

4) — чтобы запасъ воды хранился въ сосудахъ, абсолютно не пропускающихъ никакого ядовитаго или оскверняющаго начала.

Здѣсь прежде всего мы сталкиваемся съ вопросомъ о матеріалѣ для водопроводныхъ трубъ домовой сѣти. Асфальтированный чугунъ можно признать наилучшимъ и давно испытаннымъ матеріаломъ для водопроводныхъ трубъ, но употребленіе его для домовыхъ сѣтей весьма ограничено вслѣдствіе неподходящихъ размѣровъ чугунныхъ трубъ (наименьшій діаметръ чугунныхъ трубъ = 2 дюйма) и вслѣдствіе нѣкоторыхъ неудобствъ ихъ прокладки въ домахъ.

Наиболѣе употребительный до сихъ поръ матеріалъ, — свинецъ, представляетъ многія удобства при устройствѣ домовыхъ водопроводовъ, но въ то же время имѣетъ и много недостатковъ.

Помимо всего остального неоднократно указывалось, что вода, находящаяся въ свинцовыхъ трубахъ или резервуарахъ, болѣе или менѣе загрязняется ядовитыми солями этого металла.

Химикъ Буде (Boudet), производившій изслѣдованіе по порученію Парижскаго Гигіеническаго Совѣта вслѣдствіе заявленія 900 докторовъ, въ своемъ донесеніи заключаетъ: «употребленіе резервуаровъ, водопроводовъ и трубъ изъ свинца опасно для чистой воды и должно быть запрещено».

Докторъ А. Готье (Gautier) въ своемъ трактатѣ (Annales d'Hygiéne, 1882 г. т. I, стр. 24) по вопросу о водопроводахъ пришелъ къ слѣдующимъ заключеніямъ:

1) различныя воды заимствуютъ отъ свинцовыхъ трубъ разное количество этого ядовитаго металла, даже и въ томъ случаѣ, когда трубы покрыты осадками известковыхъ солей;

2) это количество свинца увеличивается въ зависимости отъ большей чистоты воды и ея аераціи;

3) неосторожно пить такую воду, которая находилась нѣкоторое время въ свинцовыхъ трубахъ безъ движенія и въ присутствіи воздуха.

Французскій инженеръ Гамонъ (Hamon) предложилъ обклады-

вать внутренность свинцовыхъ трубъ спаемъ чистаго олова; но Бельгранъ обратилъ вниманіе на то, что невнимательный и неопытный мастеръ не можетъ сдѣлать удовлетворительной спайки такихъ трубъ. Инженеръ Bayles (House Drainage, 1879 г., стр. 106) изъ Нью-Іорка констатируетъ, что дѣло укладки трубъ, обложенныхъ оловомъ, требуетъ рукъ очень искуснаго и заботливаго рабочаго.

Кромѣ того, профессора: Бушарда (Bouchardat), Рессель (Russel) и Корфильдъ (Corfield) на основаніи опытовъ утверждаютъ, что въ случаѣ прикосновенія воды къ тому или другому металлу вышеуказанныхъ трубъ одновременно, разложеніе металловъ вслѣдствіе гальваническаго процесса происходитъ еще болѣе энергично. Наконецъ, слѣдуетъ добавить, что свинцовыя трубы, обложенныя внутри оловомъ, сравнительно дороги.

Такимъ образомъ, ни свинцовыя трубы, ни свинцовыя обложенныя оловомъ, съ санитарной точки зрѣнія нельзя рекомендовать для разведенія чистой воды въ домахъ.

Желѣзныя газовыя трубы, употребляемыя въ Англіи и въ особенности въ большихъ городахъ Америки, несмотря на многія свои достоинства, имѣютъ также и недостатки. Чистыя желѣзныя трубы, то есть ничѣмъ непокрытыя, быстро ржавѣютъ, и отдаютъ нѣкоторымъ водамъ (сладковатаго вкуса) значительное количество окиси желѣза, которая хотя и не вредна для здоровья, но неудобна при нѣкоторомъ домашнемъ употребленіи такой воды.

Профессоръ Пру (Proust) даетъ слѣдующее заключеніе относительно устройства водопроводовъ (Traité d'Hygiéne, 1881 г., стр. 470), «въ общемъ самый безупречный пріемъ, повидимому, состоитъ въ употребленіи чугунныхъ или желѣзныхъ трубъ, покрытыхъ внутри предохраняющимъ ихъ слоемъ».

Но каковъ долженъ быть этотъ предохраняющій слой?

Цинкъ, такъ много употребляемый подъ именемъ гальванизаціи, всегда содержитъ часть свинца, производящаго гальваническій токъ и окисляющаго воду.

Стекло или эмаль можетъ служить прекраснымъ изолирующимъ слоемъ для желѣзныхъ водопроводныхъ трубъ, но здѣсь является то неудобство, что, почти невозможно разрѣзать такую трубу, не повредивъ на ней эмали.

Профессоръ Риплей-Никольсъ (Ripley-Nicohls) и Паркесъ (Parkes) совѣтуютъ употреблять асфальтированныя желѣзныя трубы.

Наконецъ профессоръ Барфъ (Barff) совѣтуетъ употреблять желѣзныя трубы предварительно нагрѣтыя въ муфеляхъ до-красна и подвергнутыя въ такомъ состояніи дѣйствію перегрѣтыхъ водяныхъ паровъ, при чемъ на поверхности трубъ образуется корка магнитной окиси желѣза.

Принимая во вниманіе, что асфальтировка трубъ является болѣе простымъ и дешевымъ пріемомъ и что она весьма долго сохраняется на чугунныхъ водопроводныхъ трубахъ, возможно рекомендовать для домовыхъ водопроводовъ желѣзныя асфальтированныя трубы.

Для предупрежденія излишняго нагрѣванія воды или ея замерзанія весьма удобно прокладывать всѣ распредѣлительныя по разнымъ помѣщеніямъ дома водопроводныя трубы въ теплыхъ или полутеплыхъ подвалахъ, гдѣ таковые имѣются, тамъ же, гдѣ ихъ нѣтъ, слѣдуетъ прокладывать главную подземную трубу или въ теплой лѣстничной клѣткѣ, или же въ помѣщеніяхъ кухонь, ватеръ-клозетовъ, теплыхъ кладовыхъ и т. п. Слѣдуетъ замѣтить здѣсь, кстати вновь, что сѣть домовыхъ водопроводныхъ трубъ должна быть такъ устроена, чтобы ее можно было опоражнивать всю и по частямъ; водоснабженіе каждаго отдѣльнаго помѣщенія должно быть отдѣляемо отъ всего остальнаго запорнымъ краномъ.

Въ цѣляхъ сохраненія чистоты воды, никоимъ образомъ не слѣдуетъ допускать непосредственной изъ водопроводныхъ трубъ промывки ватеръ клозетовъ и отвода излишней воды изъ заполненныхъ резервуаровъ прямо въ домовые водостоки, такъ какъ по этимъ холостымъ трубамъ зародыши заразныхъ болѣзней могутъ проникать въ резервуары съ водой. Англійскіе и американскіе гигіенисты приводятъ многочисленные случаи, подтверждающіе пагубное вліяніе такихъ опасныхъ расположеній. Съ тою же цѣлью каждый ватеръ-клозетъ долженъ быть снабженъ отдѣльнымъ резервуаромъ съ паровымъ клапаномъ.

Общепринятая система храненія водъ въ открытыхъ резервуарахъ, помѣщаемыхъ на чердакахъ, съ гигіенической точки зрѣнія не можетъ быть рекомендована. Не говоря уже о томъ, что вода въ открытыхъ резервуарахъ можетъ быть загрязняема разными на-

сѣкомыми, птицами, крысами и кошками, она можетъ еще поглощать разныя вредныя испаренія, скопляющіяся на чердакѣ. Температура воды также измѣняется въ чердачныхъ резервуарахъ, а именно: зимой понижается, а лѣтомъ повышается. Чтобы избѣжать всѣхъ вышеуказанныхъ неудобствъ, французскій инженеръ Карре (Carré) предложилъ употреблять для запаса воды круглые, желѣзные, герметически закрытые резервуары, помѣщаемые въ подвалахъ домовъ; но при такомъ расположеніи они расходуютъ не всю содержимую ими воду, и обходятся дороже. Если же снабдить такой резервуаръ вантузомъ и помѣстить его подъ потолкомъ какой-либо комнаты верхняго этажа, то весь запасъ воды, имѣющійся въ резервуарѣ, можетъ быть израсходованъ.

Не останавливаясь на приготовленіи и разведеніи горячей воды въ домахъ, укажемъ лишь на то, что такъ употребительные у насъ мѣдные луженые приборы для нагрѣванія воды могутъ также служить источниками зараженія ея, такъ какъ въ большинствѣ случаевъ эти приборы лудятся оловомъ съ примѣсью свинца. Докторъ Готье и Галиппъ (Gautier и Galippe) находятъ, что лучше было бы не лудить мѣдныхъ резервуаровъ. Замѣтимъ еще, что въ Америкѣ вода въ домахъ нагрѣвается почти исключительно въ желѣзныхъ закрытыхъ котлахъ.

§ 80. Водомѣры.

Для измѣренія количества воды, расходуемаго потребителями, употребляются приборы, называемые водомѣрами, показывающіе на своихъ циферблатахъ объемъ протекшей сквозь нихъ воды.

Чтобы такой приборъ соотвѣтствовалъ всѣмъ условіямъ, требуемымъ отъ хорошаго водомѣра, онъ долженъ:

1) съ точностью показывать объемъ протекшей сквозь него воды такимъ образомъ, чтобы всякій потребитель могъ свободно и ясно прочесть это на его циферблатѣ;

2) быть годенъ для всякаго напора, не измѣняя отъ измѣненія напора своего точнаго и вѣрнаго хода;

3) производить возможно малую потерю напора отъ движенія своихъ составныхъ частей, т. е., чтобы вода по проходѣ водомѣра сохраняла почти прежній свой напоръ;

4) всѣ части механизма имѣть прочными и особенно не быть

слишкомъ чувствительнымъ къ случайнымъ загрязненіямъ воды пескомъ, иломъ и т. п.;

6) быть не слишкомъ дорогимъ, чтобы его могли ставить у себя и потребители небольшихъ количествъ воды.

Чрезвычайно важная и до сей минуты не разрѣшенная задача устройства совершеннаго и отвѣчающаго всѣмъ требованіямъ водомѣра имѣетъ для практики тѣмъ большее значеніе, что водопроводы входятъ все въ большую и большую настоятельную потребность всѣхъ городовъ. Въ дѣйствительности потребность въ точномъ водомѣрѣ давно уже признана и множество техниковъ заняты рѣшеніемъ этой задачи.

Въ Англіи, Германіи и Америкѣ взято донынѣ уже огромное число привилегій на разные водомѣры, причемъ самая старая привилегія относится въ 1824 году для слабаго напора въ трубахъ; только въ 1828 году была взята первая привилегія на водомѣры для водопроводовъ съ высокимъ напоромъ.

Въ настоящее время имѣется нѣсколько довольно хорошихъ водомѣровъ, которые показываютъ обемъ протекшей сквозь нихъ воды до извѣстной степени точно. Къ сожалѣнію, стоимость большей ихъ части довольно значительна, такъ что обязательное употребленіе ихъ всѣми потребителями не можетъ быть еще нынѣ введено водопроводными обществами, почему большая часть расходуемой воды оплачивается по оптовой платѣ безъ водомѣра; только въ нѣкоторыхъ городахъ всѣ потребители, безъ исключенія, платятъ за воду по водомѣру.

Нѣкоторые изъ новѣйшихъ и введенныхъ въ употребленіе водомѣровъ, суть слѣдующіе: водомѣръ системы: Фростъ, Кеннеди, Шмидъ, Розенкранцъ, Сименсъ, Сименсъ и Гальске, Мейнеке, Тайлоръ, Фаллеръ, Леопольдеръ, Эвереть, Витъ и мн. др.

Всѣ эти водомѣры, относительно ихъ устройства, можно раздѣлить на двѣ системы, а именно: на систему измѣренія по скорости и на систему измѣренія по емкости.

Въ водомѣрахъ, устроенныхъ по первой системѣ, родъ крылатаго или турбиннаго колеса, вращающагося отъ протекающей воды, измѣряетъ скорость воды и передаетъ это счетчику, причемъ, въ извѣстныхъ предѣлахъ, число оборотовъ турбиннаго колеса пропорціонально общему протекшей воды.

Во второй системѣ вода наполняетъ цилиндръ, въ которомъ дѣйствіемъ напора воды движется взадъ и впередъ поршень, посредствомъ самодѣйствующаго распредѣлительнаго механизма. Число ходовъ пор-

шня передается счетчику, показывающему сколько разъ наполнится цилиндръ, и поэтому опредѣляется объемъ препущенной сквозь водомѣръ воды.

Изъ упомянутыхъ выше водомѣровъ, водомѣры Фроста, Кеннеди и Шмида принадлежатъ къ системѣ поршневыхъ, а остальные 9 въ системѣ измѣренія по скорости. Эти послѣдніе опять различаются между собою относительно устройства колеса, движимаго водою, причемъ одни изъ нихъ имѣютъ однокрылое колесо (Сименсъ и Гальске, Мейнеке, Тайлоръ, Фаллеръ) или двукрылое (система Леопольдера), вслѣдствіе чего этотъ родъ водомѣровъ вызывается также крылатыми водомѣрами; затѣмъ движеніе счетчику передается или посредствомъ особаго рода турбинки (системы Сименса, Витта) или змѣеобразнымъ колесомъ (системы Эверета).

Поршневые водомѣры представляютъ ту выгоду, что точнѣе измѣряютъ объемъ пропущенной воды, тогда такъ водомѣры по скорости движенія даютъ только приблизительный объемъ воды и сверхъ того тѣмъ не выгодны для водопроводныхъ обществъ, что небольшаго объема проходящей воды недостаточно для преодолѣнія сопротивленія отъ тренія и отъ инерціи всего механизма, такъ что, если кранъ открытъ постоянно, но только отчасти, такой водомѣръ остается неподвижнымъ и не обмѣряетъ большей части пропускаемой имъ воды. За всѣмъ тѣмъ такіе водомѣры по ихъ чрезвычайной простотѣ, небольшому требуемому ремонту и дешевизнѣ сравнительно съ поршневыми водомѣрами, вошли въ обширное употребленіе, особенно система Сименса и Гальске и система Сименса.

Ниже мы приводимъ сравнительные вѣсъ и цѣны различныхъ водомѣровъ для отверстія въ 1 дюйм. (по даннымъ Штукенберга)

Водомѣры	Вѣсъ.	Цѣна.
Фроста	6,9 пуд.	86 р. 50 к. метал.
Кеннеди	10,7 »	93 » — » »
Шмида	2,25 »	76 » — » »
Розенкранца . . .	1,55 »	52 » 70 » »
Сименса	0,93 »	32 » 50 » »
Тайлора	0,55 »	32 » 50 » »
Фаллера	0,85 »	28 » 50 » »
Леопольдера . . .	0,43 »	28 » 80 » »
Эверета.	0,31 »	29 » 50 » »
Витта	0,29 »	27 » 90 » »

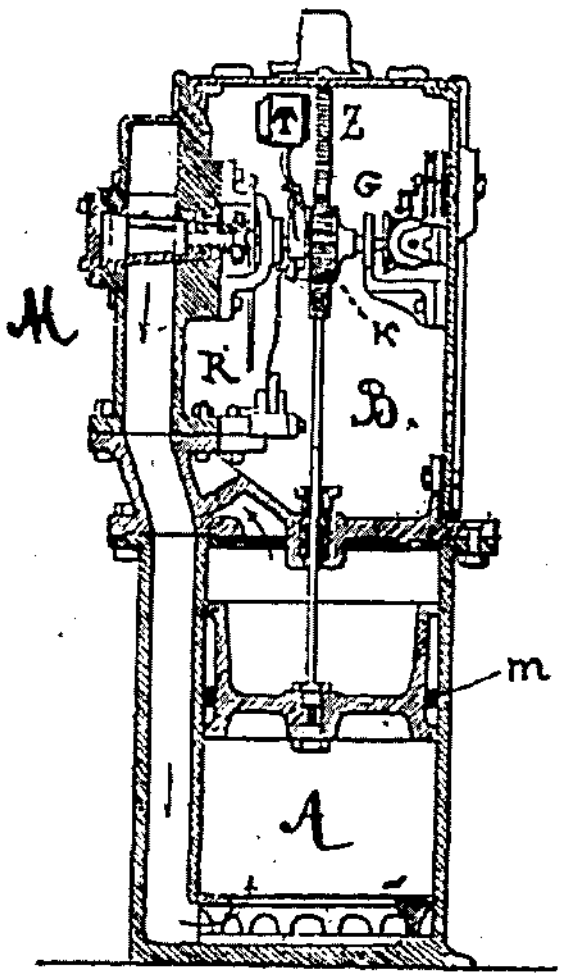
Устройство водомѣра съ турбинкою, напр. Сименса, показано въ общемъ схематическомъ видѣ на черт. 526.

Вода прежде чѣмъ войти въ водомѣръ входитъ въ находящійся предъ нимъ чугунный грязевой ящикъ непосредственно во внутреннее его помѣщеніе, которое окружено стѣнкою въ видѣ сѣтки съ круглыми отверстіями. Сквозь эти круглыя отверстія вода, оставивъ весь несомый ею илъ и другія нечистоты за ситомъ грязеваго ящика, по соединительной трубкѣ *A* вступаетъ въ мѣрительный приборъ. Если въ грязевомъ ящикѣ соберется очень много нечистотъ, то, снявъ верхнюю его крышку, можно сито вынуть и легко очистить отъ грязи. Мѣрительный приборъ дѣлается чугунный, но иногда и изъ другого металла, и раздѣленъ перегородкою на два отдѣленія: нижнее *D—F—G* и верхнее *I*. Въ нижнемъ отдѣленіи помѣщенъ подвижный турбинообразный барабанъ *F*, приводимый въ движеніе водой; въ верхнемъ, наполненномъ масломъ, счетчикъ, отмѣчающій въ зависимости отъ числа оборотовъ турбины объемы прошедшей чрезъ водомѣръ воды. Въ отдѣленіе *D* вода проходитъ сквозь поставленное тамъ цилиндрическое сито *BC* и входитъ затѣмъ чрезъ отверстія *E* въ турбину-барабанъ *F*, вытекая далѣе чрезъ отверстія *G* въ трубу *H*. Барабанъ *F* вращается подъ дѣйствіемъ протекающей воды на стальныхъ шипахъ и имѣетъ вертикальную ось съ безконечнымъ винтомъ на верхнемъ концѣ, зацѣпляющимъ зубчатый приводъ, который сообщается съ указательной стрѣлкой циферблата, на верхней крышкѣ прибора. Циферблатъ *L* помѣщенъ въ особомъ отдѣленіи *K*. Ось вращенія турбины переходитъ изъ отдѣленія *DFG* въ отдѣленіе *I* чрезъ плотный сальникъ. Наименьшее дѣленіе циферблата показываетъ расходъ въ 10 литровъ. Для урегулированія скорости вращенія турбины и приведенія ея въ соотвѣтствіе съ дѣйствительными расходами кромѣ отверстій *E* въ каждой турбинѣ есть еще отверстія *M* (см. планъ черт. 527) обратнаго направленія; измѣняя ихъ размѣры, можно достигнуть регулировки съ значительною точностью. Вѣсъ водомѣра при 25 мм. діаметра трубы — 15,25 килограммъ; число оборотовъ на 1 куб. м. воды 11.312.

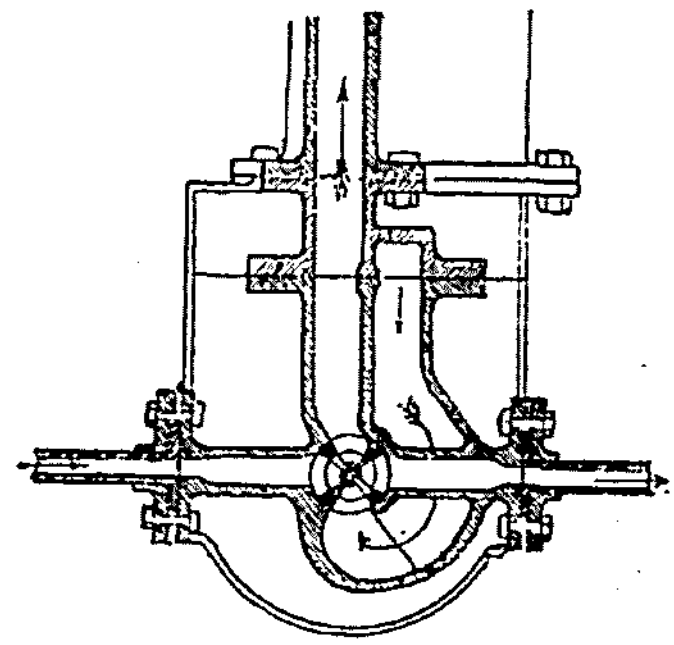
Точность показаній описаннаго водомѣра устанавливается изъ графика (черт. 528). Абсцисы выражаютъ часовые расходы воды въ куб. метрахъ. Ординаты—соотвѣтствующія потери напора въ ме-

Водомѣры

Измѣреніе небольшихъ расходовъ.

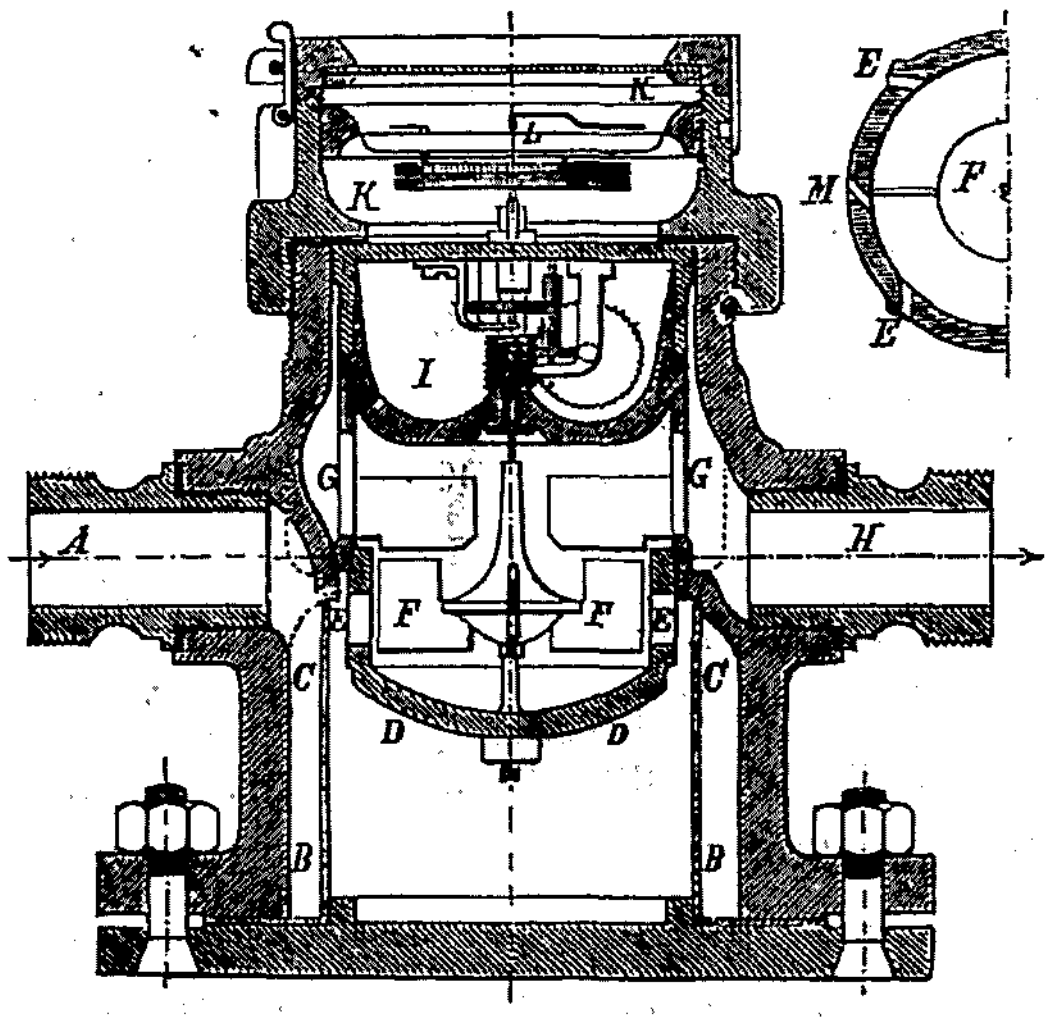


Черт. 524.—Вертикальный разрѣзъ. Водомѣры системы Кеннеди.

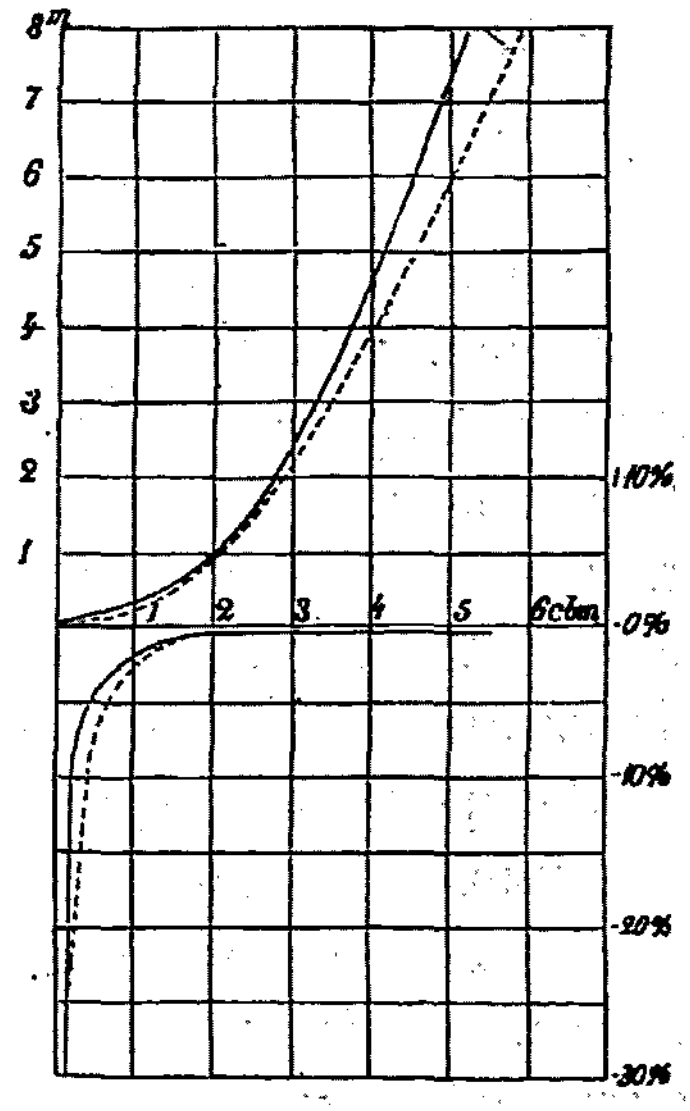


Черт. 525. — Деталь водомѣра системы Кеннеди.

Четырехпроходный кранъ.



Черт. 526 и 527.—Водомѣръ системы Сименса и Гальске. Вертикальный разрѣзъ и часть горизонтальнаго разрѣза.



Черт. 528.—Графикъ потерь напора и неточности показаній водомѣра системы Сименса и Гальске.

трахъ водянаго столба. Какъ ординаты же представлены выраженныя въ $^0/_0$ уклоненія отъ дѣйствительнаго количества воды показаній водомѣра, т. е. $\frac{\text{показанія водомѣра} - \text{дѣйствительное количество.}}{\text{показаніе водомѣра.}}$

Сплошныя кривыя относятся къ давленію въ 13 метровъ, пунктирныя—въ 40—50 м. Объ пары кривыхъ показываютъ, что абсолютная величина давленія имѣетъ малое вліяніе на точность показаній водомѣра. Видно также, что потеря напора приблизительно пропорціональна расходу. Количество воды, которое проникаетъ чрезъ водомѣръ, не вращая вертушки и опредѣляя слѣдовательно чувствительность прибора (ошибка счетчика при этомъ $100^0/_0$) = 80—90 литровъ въ часъ. При расходѣ въ 1,5—5 куб. м. въ часъ относительная ошибка становится приблизительно постоянной составляя около $1^0/_0$, какъ это ясно показываетъ кривая погрѣшностей, идущая въ указанныхъ предѣлахъ на близкомъ разстояніи отъ оси x и параллельно ей.

Основаніе устройства поршневаго водомѣра показано на черт. 524 и 525, на которомъ изображенъ въ разрѣзѣ водомѣръ Кеннеди.

Этотъ водомѣръ состоитъ изъ двухъ главныхъ частей, изъ мѣрительнаго цилиндра A и изъ распредѣлительной и счетной камеры B.

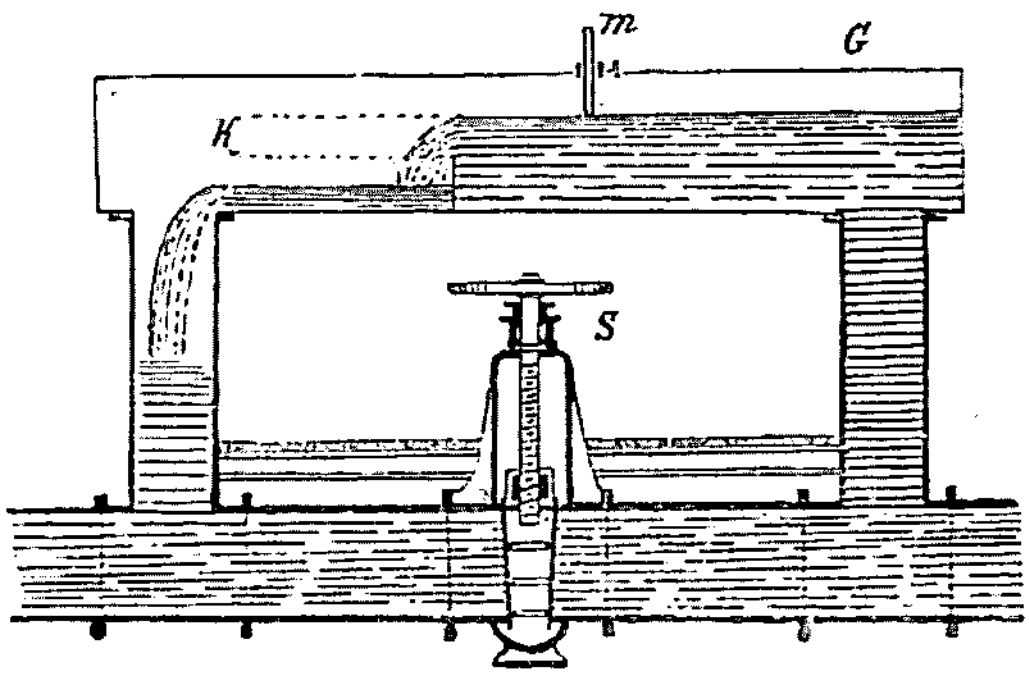
Послѣдняя не наполняется водою, такъ какъ вода не можетъ проходить сквозь плотно устроенный сальникъ поршневаго штока; счетная камера желѣзнымъ колпакомъ прикрыта отъ наружныхъ поврежденій. Главная особенность такого водомѣра состоитъ въ плотности набивки поршня; послѣдній сдѣланъ изъ высокаго цилиндра съ выдающимися ребрами на обоихъ своихъ концахъ. Помѣщенное въ пространство между обоими ребрами набивное резиновое кольцо можетъ кататься, во время движенія поршня, вслѣдствіе чего треніе скольженія преобразовывается въ катучее треніе.

Распредѣленіе воды сверхъ и подъ поршнемъ дѣлается краномъ съ четырьмя проходами, помѣщеннымъ въ коробкѣ M (черт. 525).

Опрокидываніе крана совершается такимъ образомъ, что зубчатая полоса, насаженная на верхній конецъ поршневаго штока, зацѣпляетъ зубчатое колесо, сидящее на валѣ G. Зубчатое колесо имѣетъ два кулака, изъ которыхъ одинъ поднимаетъ до верхняго положенія равновѣсія тяжесть T, свободно вращающуюся на валу. Когда поршень дойдетъ до конца своего хода, тяжесть приподнимается до

Водомѣры.

Измѣреніе большихъ расходовъ.

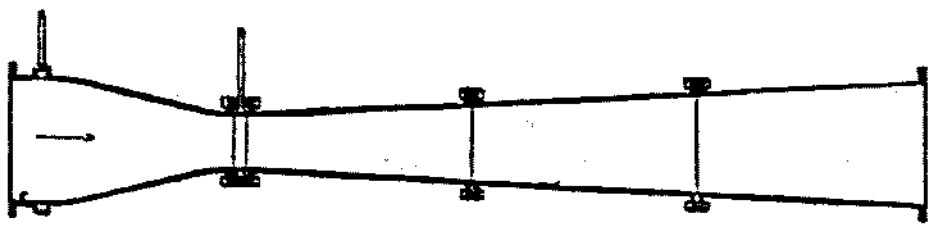


Черт. 529.

Приспособленіе для измѣренія количества воды, протекающей по трубѣ.

S—запорный кранъ; *G*—желобъ съ водосливомъ, чрезъ который вода переливается при запираніи крана *S*; *h*—высота переливающагося слоя, *m*—измѣритель высоты *h*. Количество воды вычисляется по формулѣ $Q = \frac{2}{3}\,\mu\, bh\sqrt{2gh}$, гдѣ *b*—ширина водослива.

Водомѣръ Вентури.



Черт. 530.

Общая схема прибора съ показаніемъ трубокъ, идущихъ отъ восходящей струи и отъ горла для измѣренія разности давленій въ этихъ двухъ мѣстахъ.

своего крайняго высшаго положенія и свободно падаетъ на другую сторону, но при этомъ паденіи задѣваетъ рычагъ K, соединенный съ четырепроходнымъ краномъ и увлекаетъ этотъ рычагъ за собою. Какъ скоро поршень, поршневой штокъ и зубчатое колесо начнутъ двигаться по противоположному направленію, второй кулакъ захватитъ тяжесть, приподнимаетъ ее постепенно до верха, опрокинетъ ее на другую сторону и тяжесть повторитъ свое дѣйствіе на рычагъ четырепроходнаго крана. Качательное движеніе зубчатаго колеса тремя коническими колесиками преобразуется во вращательное движеніе по одному направленію, передающееся счетчику.

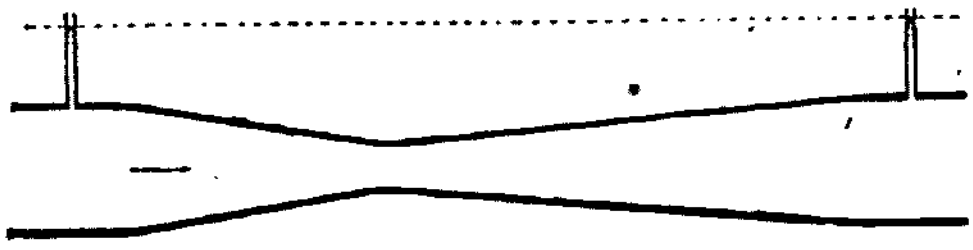
Водомѣры ставятся непосредственно на домовый рукавъ подлѣ главнаго запорнаго крана внутри дома и должны быть тщательно предохранены отъ замерзанія. Время отъ времени водомѣры необходимо испытывать относительно точности ихъ показаній, равнымъ образомъ и всякій новый водомѣръ до его постановки долженъ быть провѣренъ.

Всѣ охарактеризованныя выше системы водомѣровъ приспособлены для измѣренія количества протекающей воды въ трубахъ небольшого діаметра. Водомѣръ для трубъ діаметромъ сверхъ 5-ти дюймовъ представляетъ изъ себя уже цѣлый водяной двигатель, требующій для приведенія его въ дѣйствіе болѣе или менѣе значительной силы, а потому, помимо неточности указаній, онъ отчасти вліяетъ и на потерю напора, а слѣдовательно и на замедленіе притока воды. Это обстоятельство обусловливаетъ рѣдкое употребленіе водомѣровъ большого діаметра. Въ подобныхъ случаяхъ большую струю воды иногда разбиваютъ на нѣсколько маленькихъ и на каждой изъ послѣднихъ ставятъ соотвѣтствующаго діаметра водомѣръ, послѣ прохода котораго воду вновь соединяютъ въ одну общую трубу. Методъ этотъ однако на столько затруднителенъ и дорогъ, что примѣняется лишь въ исключительныхъ случаяхъ. Не менѣе исключительное примѣненіе можетъ имѣть и устройство, представленное на черт. 529 и основанное на принципѣ водослива въ тонкой стѣнкѣ. Оно очевидно крайне дорого и сложно. Такая ограниченность въ примѣненіи водомѣровъ устранилась съ изобрѣтеніемъ водомѣра особаго типа, спеціально предназначеннаго для трубъ значительнаго діаметра и представленнаго на чертежахъ 530, 531, 532 533, 534, 535 и 536.

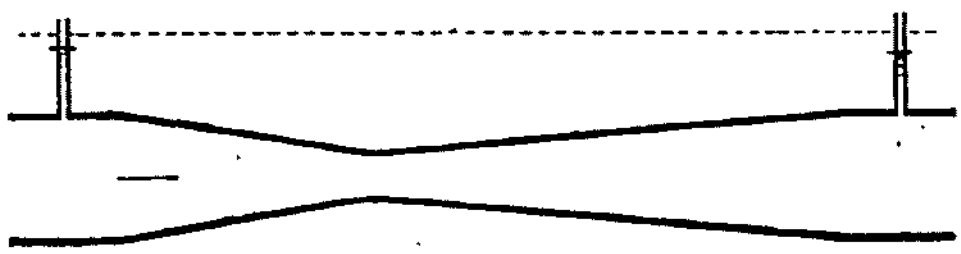
Водомѣры.

Измѣреніе большихъ расходовъ.

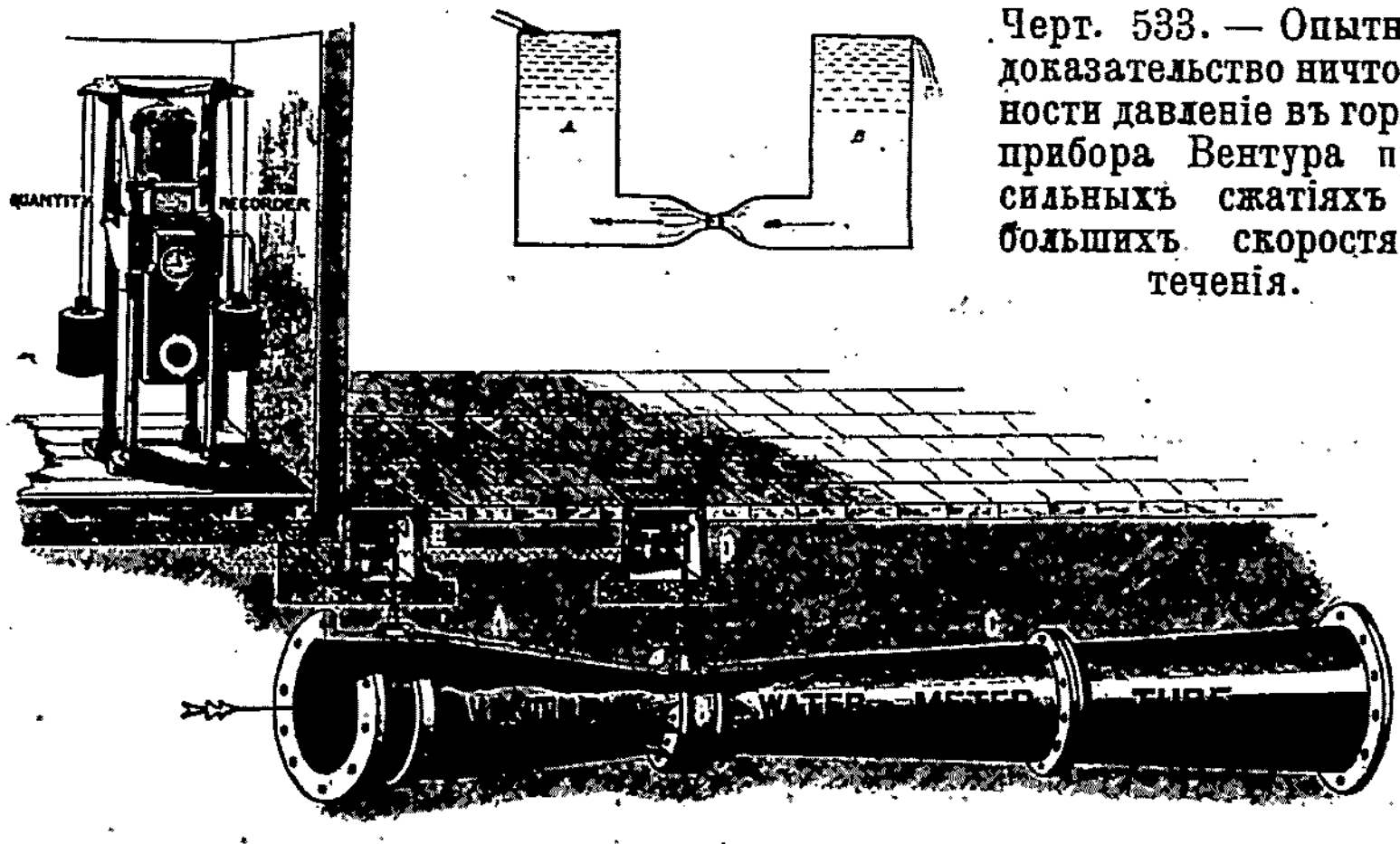
Водомѣръ „Вентури“.



Черт. 531. — Схема прибора, показывающая одинаковость пьезометрическихъ уровней въ восходящей и нисходящей струяхъ, когда нѣтъ замѣтнаго движенія воды..



Черт. 532. — Схема прибора съ показаніемъ неодинаковаго по мало разнящаго пониженія пьезометрическихъ уровней (давленій) въ восходящей и нисходящей струяхъ, когда вода течетъ по трубѣ.



Черт. 533. — Опытное доказательство ничтожности давленіе въ горлѣ прибора Вентура при сильныхъ сжатіяхъ и большихъ скоростяхъ теченія.

Черт. 534.—Общее расположеніе водомѣра Вентури съ показаніемъ счетчика (quantity recorder).

Водомѣры эти, названные «Вентури», могутъ быть широко примѣняемы для измѣренія воды не только въ магистраляхъ водопроводовъ, діаметромъ въ 6, 8, 10, 12, 14, 16, 36, 48, 84 и болѣе дюймовъ, но даже и для каналовъ водоснабженія, орошенія и городскихъ водостоковъ.

Точность этого водомѣра подтверждается многочисленными и разнообразными опытами, сдѣланными въ 1887 году въ Америкѣ инженеромъ Гершелемъ, въ штатѣ Массачузетсѣ, въ г. Голійокѣ, а также предсѣдателемъ общества Пенфильдскаго водопровода инженеромъ Франкомъ Бергенъ—въ Нидервадѣ, въ Сѣверномъ Джерси.

Изъ этихъ опытовъ выяснилась не только точность аппарата, но и преимущество этого метода передъ водосливами, на которые до сихъ поръ смотрѣли какъ на основной методъ измѣренія большихъ массъ воды. Водомѣръ «Вентури» обладаетъ дѣйствительно еще тѣмъ весьма важнымъ свойствомъ, для подобныхъ массовыхъ измѣреній, что потеря давленія въ немъ незначительна. Наконецъ, водомѣръ этотъ въ сущности есть не что иное, какъ часть линіи трубъ, а потому онъ не портится отъ толчковъ воды и не можетъ быть поврежденъ рыбою, гравіемъ или вообще веществами, пропосимыми водой черезъ линію трубъ.

Въ водопроводной практикѣ посредствомъ этого водомѣра можно вести также ежедневный отчетъ объ общемъ количествѣ воды, доставляемой въ городъ, и количествѣ воды, доставляемой въ отдѣльную часть города, предмѣстья или какое-либо пригородное селеніе. Водомѣръ этотъ можно употреблять также, какъ водомѣръ утраты воды, что дѣлаетъ его очень цѣннымъ.

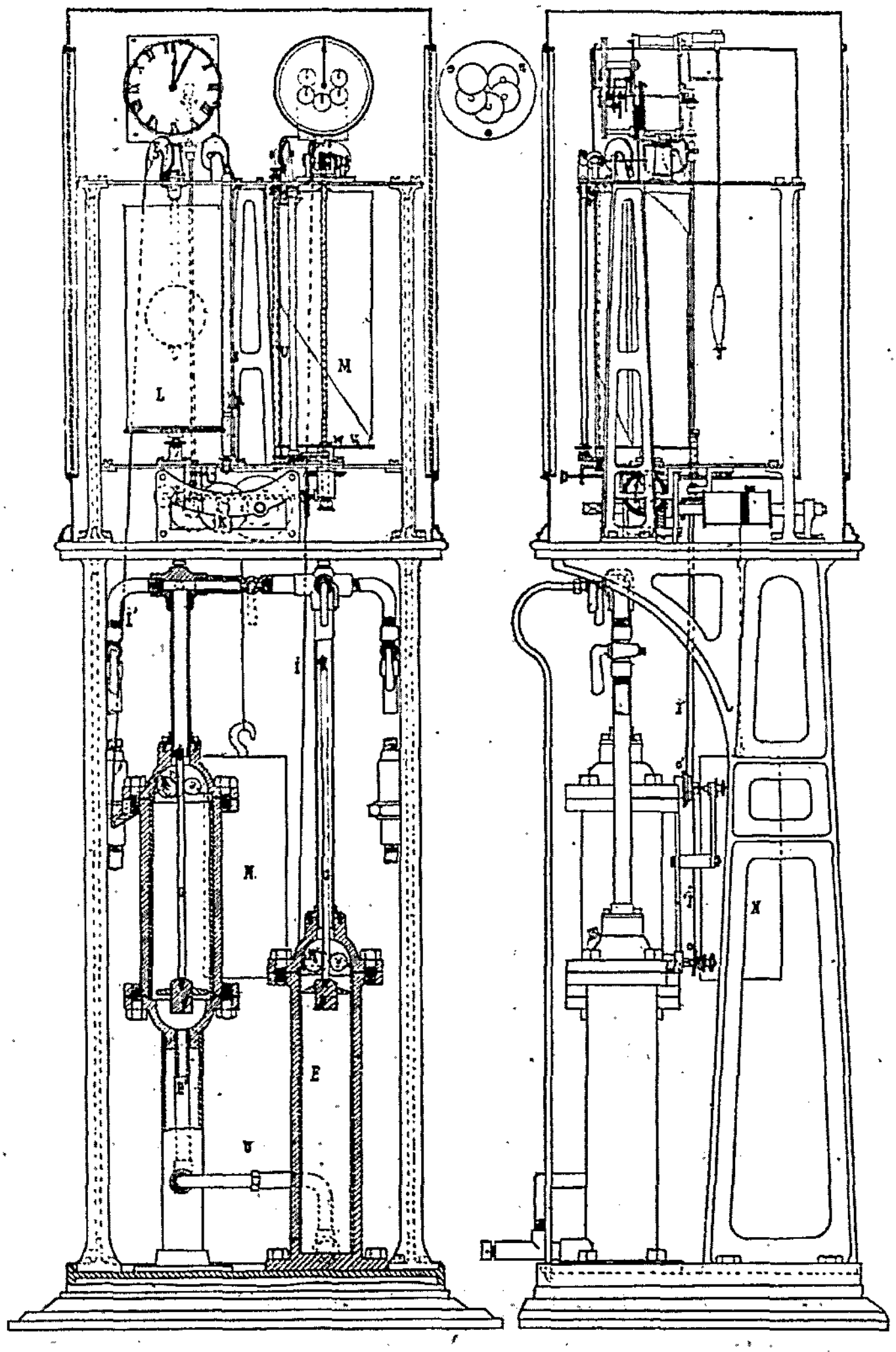
Водомѣръ «Вентури» получилъ названіе отъ имени итальянскаго философа Вентури, который первый указалъ въ 1796 году на отношенія между скоростью и давленіемъ жидкостей во время ихъ протока черезъ сходящіяся и расходящіяся трубы; но самъ Вентури, въ своемъ отчетѣ, изданномъ въ Парижѣ въ 1797 году, о своихъ опытахъ, произведенныхъ въ Моденѣ въ 1796 году, не примѣнилъ и даже не совѣтовалъ практически утилизировать это свойство, указывая на него лишь какъ на интересную черту дѣйствія своего аппарата.

Водомѣръ «Вентури» состоитъ изъ двухъ частей: трубы, по которой протекаетъ вода, и счетчика, отмѣчающаго количества протекающей воды. Первая часть, то-есть труба, имѣетъ форму двухъ

Водомѣры.

Измѣреніе большихъ расходовъ.

Водомѣръ „Вентури“.



Черт. 535 и 536. — Счетчикъ водомѣра Вентури.

усѣченныхъ конусовъ, соединенныхъ въ ихъ наименьшихъ діаметрахъ короткимъ цилиндрическимъ горломъ, при которомъ находится воздушная камера, гдѣ и отмѣчается давленіе (черт. 530).

Часть трубы, короткій конусъ, по которой входитъ вода, называется трубою восходящей струи, а другая труба, длинный конусъ, — трубою нисходящей струи.

Оба конуса дѣлаются чугунными, а горло бронзовымъ или же только облицованнымъ внутри бронзою.

При первомъ взглядѣ можетъ показаться, что проходъ воды черезъ сокращенное отверстіе произведетъ непремѣнно значительную потерю давленія или измѣненіе скорости теченія въ трубѣ. Однако же, въ дѣйствительности, здѣсь не происходитъ значительной потери давленія, имѣющей какое-либо практическое неудобство. Это можно доказать простымъ опытомъ. Если поставить вертикально стеклянную трубку на восходящей струѣ, а другую на нисходящей, то вода въ обѣихъ трубкахъ будетъ стоять на одинаковомъ уровнѣ въ то время, когда она не протекаетъ черезъ водомѣръ (черт. 531). Когда же вода течетъ черезъ водомѣръ, уровень воды въ обѣихъ трубкахъ падетъ, но неодинаково: уровень въ трубкѣ на нисходящей струѣ будетъ ниже, но весьма немного ниже, уровня восходящей струи (черт. 532). Эта разница въ нѣсколько дюймовъ и есть потеря давленія вслѣдствіе тренія воды во время прохожденія ея черезъ водомѣръ. Эту незначительную потерю можно измѣрять съ такою же ясностью и манометромъ.

Если же при этомъ опытѣ скорость теченія измѣняется, то очевидно, что чѣмъ теченіе становится быстрѣе, тѣмъ ниже будетъ уровень воды въ стеклянныхъ трубкахъ. Эти уровни воды представляютъ давленіе и, слѣдовательно, чѣмъ быстрѣе теченіе, тѣмъ меньше давленіе.

Изъ конструкціи видно, что вода, протекая черезъ водомѣръ «Вентури», должна пройти черезъ съуженное отверстіе, а потому здѣсь она пріобрѣтаетъ наибольшую скорость, а слѣдовательно, и давленіе въ горлѣ будетъ наименьшее.

Чертежъ № 533 иллюстрируетъ явленіе, которое представляетъ собою вода, двигающаяся съ такой большой скоростью, что она проскакиваетъ изъ одной конусной насадки въ другую въ то время, когда сосуды остаются раздвинутыми; — это прямо указываетъ на сильное уменьшеніе давленія въ горлѣ водомѣра «Вентури».

Изъ этихъ опытовъ дѣлается очевиднымъ, что чѣмъ быстрѣе теченіе воды черезъ трубу «Вентури», тѣмъ болѣе разницы въ давленіи на восходящей струѣ и у горла трубы; чѣмъ же теченіе медленнѣе, тѣмъ менѣе разницы въ давленіи.

На этомъ-то принципѣ и основано дѣйствіе водомѣра и, благодаря измѣняющимся разницамъ въ давленіяхъ, количество протекающей воды показывается самопишущимъ указателемъ, который составляетъ вторую часть водомѣра.

Не слѣдуетъ смѣшивать разницу давленія восходящей струи и горла съ разницею давленія восходящей и нисходящей струй. Первая разница употребляется для приведенія въ дѣйствіе указателя и измѣренія расхода воды, вторая показываетъ потерю давленія во время прохожденія воды черезъ водомѣръ. Первая разница можетъ дойти до 10 футъ, тогда какъ вторая можетъ показать такое количество лишь въ дюймахъ.

Разность давленія воды въ восходящей струѣ и въ горлѣ водомѣра есть функція скорости протеканія воды, а слѣдовательно расходъ, который такимъ образомъ можетъ автоматически регистрироваться особымъ указателемъ или счетчикомъ. Главными факторами, положенными въ основу указателя, являются время и давленіе, которые даютъ въ результатѣ діаграмму, указывающую скорость, съ которою проходитъ вода въ каждую минуту въ продолженіе 24-хъ часовъ, и — затѣмъ счетчикъ, показывающій сумму количества проходящей воды. Эти факторы примѣняются слѣдующимъ образомъ.

Давленіе указывается (см. чертежи 534—536) ртутною трубкою U, а время — часами. Ртутная трубка U имѣетъ одно колѣно E, соединенное съ восходящей струей или выпускной трубой, а другое колѣно E′, соединенное съ горломъ трубы. По мѣрѣ того, какъ скорость воды въ трубѣ увеличивается, давленіе въ горлѣ уменьшается и вслѣдствіе того же ртуть въ колѣнѣ E′ трубы подымается, а ртуть въ другомъ колѣнѣ падаетъ. Въ каждомъ колѣнѣ на ртути находятся поплавки F и F′. Эти поплавки прикрѣплены къ зубчатымъ полосамъ G и G′, задѣтымъ за передаточныя колеса H и H′, оси которыхъ выходятъ на открытый воздухъ; другіе же концы снабжены маленькими роликами O и O′. Къ этимъ роликамъ прикрѣплены проволоки I и I′, проходящія вверхъ къ частамъ аппарата, управляемымъ часами. Часовая часть аппа-

рата состоитъ изъ шестерни K, приводимой въ движеніе тяжестью N. Эта тяжесть двигаетъ барабанъ діаграммы L, который дѣлаетъ 1 оборотъ въ 24 часа, и интегрирующій барабанъ M, управляющій счетчикомъ; барабанъ этотъ дѣлаетъ одинъ оборотъ въ 15 минутъ. Скорость этихъ двухъ барабановъ регулируется часами.

Когда вода проходитъ по трубѣ съ извѣстной скоростью, производящей разницу въ давленіи между восходящей струей и горломъ трубы, то вслѣдствіе этой разницы поплавокъ въ колѣнѣ E′ трубы U подымется, а другой въ другомъ колѣнѣ опустится. Проволока, прикрѣпленная къ блоку въ соединеніи съ колѣномъ E′, проходитъ вверхъ надъ блокомъ F вверху барабана діаграммы и прикрѣплена къ карандашу R, который двигается вертикально вверхъ и внизъ по стеклянному пруту S рядомъ съ барабаномъ діаграммы L. Это движеніе поплавка заставляетъ карандашъ подняться на столько, что онъ дѣлаетъ отмѣтку на барабанѣ діаграммы, показывающую скорость теченія, соотвѣтствующую разницѣ давленій въ данный моментъ. Проволока, проходящая отъ другого колѣна E трубы U, двигается по тому же направленію и заставляетъ маленькую телѣжку двигаться внизъ около интегрирующаго барабана M. Совокупное движеніе карандаша по ординатамъ, пропорціональнымъ скорости или секундному расходу и барабановъ по абсциссамъ, пропорціональнымъ времени даетъ діаграмму расхода воды въ трубѣ въ теченіе извѣстнаго промежутка времени.

§ 81. Противупожарныя устройства.

Въ главѣ VII, говоря о проведеніи воды, мы указали уже виды приборовъ, служащихъ для пользованія водой съ пожарными цѣлями (§ 56), а также и основанія устройства такъ называемыхъ противупожарныхъ водопроводовъ. По этому здѣсь мы остановимся лишь на нѣкоторыхъ деталяхъ вопроса дающихъ возможность установить потребности противупожарныхъ водопроводныхъ устройствъ, пользуясь въ данномъ случаѣ указаніями американскихъ инженеровъ Фримана и Фаннинга.

Инженеръ Freeman даетъ слѣдующія совершенно ясныя опре дѣленія:

1) Нормальная пожарная струя должна изливать до 250 американскихъ галлоновъ *) (75 ведеръ) воды въ минуту.

2) Давленіе воды у наконечника брандспойта для полученія такой струи должно быть 40—50 фунтовъ на кв. дюймъ.

3) Число нормальныхъ струй, которое нужно имѣть для борьбы съ пожарами, зависитъ отъ размѣра населенія городовъ, а именно:

при	1000	жителей нужно . .	2— 3	струи
»	1500	» » . .	4— 8	»
»	10000	» » . .	6—12	»
»	20000	» » . .	8—15	»
»	40000	» » . .	12—18	»
»	60000	» » . .	15—22	»
»	100000	» » .	20—30	»
»	200000	» » .	30—50	»

Freeman рекомендуетъ имѣть 10 нормальныхъ пожарныхъ струй даже и въ самыхъ малыхъ городахъ, если жилыя строенія расположены скученно.

4) Пожарное количество воды должно добавлятся къ хозяйственному и полученіе его должно быть вполнѣ обезпечено, по крайней мѣрѣ, на 6 часовъ.

5) Разстояніе между пожарными кранами должно быть таково, чтобы каждый рукавъ могъ имѣть длину по возможности не болѣе 400—500 футовъ.

6) Трубы водопроводной сѣти не должны имѣть діаметръ менѣе 6-ти дюймовъ.

7) Сѣть трубъ должна быть предпочтительно замкнутая (круговая) съ болѣе сильными внѣшними магистралями по окраинамъ.

8) Въ видахъ уменьшенія потери напора отъ тренія чугунныя трубы должны быть хорошо асфальтированы.

Fanning обращаетъ особенное вниманіе на то, что весьма важно, чтобы общественное водоснабженіе было бы хорошею и дѣйствительною системой охраны отъ пожаровъ.

«Въ большинствѣ большихъ и малыхъ городовъ, говоритъ Fanning, строившихъ на городской счетъ водопроводы, желаніе имѣть

---

*) Американскій галлонъ = 3,785 литра = 0,8333 англійскаго галлона = = 0,8333 × 0,36942 = 0,3078 ведра.

пожара защиту было, вѣроятно, сильнѣйшею побудительною причиной въ пользу займовъ на устройство водопроводовъ».

«Пожаръ, продолжаетъ Fanning, можетъ быть великолѣпнымъ зрѣлищемъ для того, кто не имѣетъ другого личнаго интереса кромѣ наблюденія его величія; онъ можетъ интересовать того, кто изучаетъ планъ борьбы съ нимъ; но онъ является разореніемъ для тѣхъ, кто не получаетъ вознагражденія, онъ наводитъ уныніе, какъ злой рокъ, на пострадавшаго и въ высшей степени ужасенъ, когда человѣческія жертвы поглощаются развалинами.

«Всѣ большіе города цивилизованнаго міра передаютъ въ своихъ исторіяхъ разсказы о большихъ опустошительныхъ пожарахъ и сумма убытковъ отъ большихъ пожаровъ однихъ американскихъ городовъ кажется баснословною. Комитетъ Національнаго Страхованія отъ пожаровъ опредѣляетъ средній ежегодный убытокъ отъ пожаровъ въ Америкѣ за послѣднія 10 лѣтъ болѣе чѣмъ въ сто милліоновъ долларовъ, и заявляетъ, что убытки эти возрастаютъ.

«Бостонъ имѣетъ 5 большихъ историческихъ пожаровъ, Нью-Іоркъ—два, Филадельфія—два, Сенъ-Луи—три, Питсбургъ, Альбани, Санъ-Франциско, Вашингтонъ, Портлендъ, Чикаго, Линнъ и множество мелкихъ городовъ видѣли, какъ злой духъ огня совершилъ свой дерзкій покосъ среди жилищъ.

«Такъ часто повторяющіяся неудачи въ дѣлѣ борьбы съ пожарами не происходятъ ли въ бо́льшей степени отъ недостатка знакомства съ правилами и размѣрами примѣненія хорошей службы пожарнаго крана?» Такъ ставитъ вопросъ Fanning.

Въ богато обставленномъ цифровыми данными изслѣдованіи I. T. Fanning разсматриваетъ послѣдовательно вопросъ о примѣненіи водопровода къ пожарнымъ цѣлямъ, начиная съ силы пожарныхъ струй и кончая проводимою способностью сѣти водопроводныхъ трубъ и приводитъ къ слѣдующимъ выводамъ.

1) Нормальная пожарная струя должна изливать до 300 галлоновъ (90 ведеръ) въ минуту.

2) Высоты пожарныхъ струй въ разныхъ случаяхъ должны быть отъ 80 до 100 футовъ.

3) Число пожарныхъ струй необходимое для городовъ Fanning ставитъ также, какъ и Freeman, въ зависимость отъ населенія городовъ, а именно при населеніи:

Таблица 26. — Сравненіе потери напоровъ отъ тренія въ различныхъ сортахъ шланговъ; при исчисленіи взять за основаніе протокъ воды въ 74 ведра въ минуту, каковое количество проходитъ черезъ отверстіе наконечника въ $1^1/_8''$ діам. и при напорѣ въ 92 фута въ концѣ шланга.

Марки сортовъ.	ОБРАЗЦЫ ШЛАНГА.	Діаметръ соединенія въ дюйм.	Средній діаметръ шланга въ дюйм.	Средняя скорость воды въ шлангѣ въ футахъ въ секунду.	Увеличеніе въ длинѣ шланга при среднемъ напорѣ въ 115 футъ.	Потеря напора отъ тренія на каждые 100 фут. длины шланга въ футахъ.	% прибавленія или убавленія въ потерѣ отъ тренія для полученія величины потери, которая существовала бы при діам. шланга въ $2^1/_2''$.	Потеря напора отъ тренія на каждые 100 футовъ длины шланга, которая бы существовала при діаметрѣ шланга въ $2^1/_2$ дм.
A	$2^1/_2''$ резиновый шлангъ, гладкій внутри . . .	2,52	2,65	13,96	$^3/_4$%	23	+ 34%	30,82
B	$2^1/_2''$ резиновый шлангъ.	2,53	2,60	14,50	$1^1/_2$%	26,5	+ 22%	32,31
C	$2^1/_2''$ пеньковый шлангъ, выложенный резиной .	2,53	2,47	16,07	4%	34,6	— 6%	32,43
D	$2^1/_2''$ пеньковый шлангъ, выложенный резиной .	2,47	2,49	15,81	5%	33,35	— 2%	32,66
E	$2^1/_2''$ пеньковый шлангъ, выложенный резиной .	2,50	2,68	13,65	$3^1/_2$%	25,99	+ 42%	36,9
F	$2^1/_2''$ пеньк. шлангъ, выложк. рез. нисш. сорта .	2,50	2,50	15,69	$4^1/_2$%	33,64	0	38,64
G	$2^1/_2''$ пеньковый шлангъ, выложенный резиной .	2,51	2,60	14,50	$1^3/_4$%	31,97	+ 22%	39,0
H	$2^1/_2''$ пеньковый шлангъ, выложенный резиной .	2,51	2,62	14,28	3%	33,12	+ 27%	42,06
I	$2^1/_2''$ пеньковый шлангъ, выложенный резиной	2,51	2,69	13,55	$2^1/_2$%	31,5	+ 44%	44,71
J	$2^1/_2''$ кожаный шлангъ	2,50	2,80	12,51	$2^1/_4$%	28,06	+ 76%	49,36
K	$2^1/_2''$ пеньковый шлангъ, выложенный резиной .	2,48	2,53	15,31	5%	55,43	+ 6%	58,75
L	$2^1/_2''$ пеньковый шлангъ, безъ прокладки . . .	2,50	2,60	14,50	$2^1/_2$%	62,56	+ 22%	76,32
	Потеря напора отъ тренія при тѣхъ же условіяхъ въ нормальной желѣзной $2^1/_2''$ трубѣ, покрытой внутри смолой или асфальтомъ . .	—	—	—	—	—	—	34,04

Таблица 27.— Величины напоровъ въ пожарномъ кранѣ и шприцѣ и дальность дѣйствія струи при наконечникѣ діаметромъ въ $^7/_8$ дюйма.

Напоръ у наконечника въ футахъ.		Средняя наивысшая высота вертикальной струи въ футахъ.	Уклонъ брандспойта. Въ 60°-70°. Высота полевой струи въ футахъ.	Уклонъ брандспойта. Въ 32°. Горизонтальное разстояніе полезнаго дѣйствія струи въ футахъ.	Количество воды выбрасываемой струей въ минуту въ ведрахъ.	Напоръ въ футахъ, долженствующій быть въ пожарномъ кранѣ для поддержанія означенныхъ напоровъ въ шприцѣ (наконечникѣ) при различныхъ длинахъ $2^1/_2$″ шланга. При длинѣ шлангова въ: 50 фут. Пеньковый шланг.	50 фут. Резиновый прокладочный шланг.	100 фут. Пеньковый шланг.	100 фут. Резиновый прокладочный шланг.	200 фут. Пеньковый шланг.	200 фут. Резиновый прокладочный шланг.	300 фут. Пеньковый шланг.	300 фут. Резиновый прокладочный шланг.	400 фут. Пеньковый шланг.	400 фут. Резиновый прокладочный шланг.	500 фут. Пеньковый шланг.	500 фут. Резиновый прокладочный шланг.
Слабая струя.	23	21	18	21	22	27,6	25,3	30	25,3	36,9	30	41,5	32,3	48,4	34,6	53	36,9
	$34^1/_2$	31	26	27	27	39,2	36,9	43,8	39,2	53	43,8	62,3	48,4	71,5	50,7	80,7	55,3
	46	41	34	33	31	53	50,7	60	53	71,5	57,7	83	62,3	96,9	69,2	108,4	73,8
	$57^3/_4$	51	42	38	35	67	62,3	73,8	66,9	90	71,5	103,8	78,4	119,9	85,3	136,1	92,3
	69	61	49	42	38	80	76,1	90	78,4	108,4	87,7	124,5	94,6	143	103,8	161,5	110,7
Нормальная струя.	80	71	56	46	41	94,5	87,7	103,8	92,3	124,5	101,6	147,6	110,7	168,3	119,9	189,1	129,1
	$92^1/_4$	81	62	49	44	106,1	99,2	119,9	106,1	143	115,4	168,3	126,8	191,4	136,1	216,8	147,6
	$103^3/_4$	89	67	52	47	120	113	133,7	117,6	161,5	131,4	189,1	143	216,8	154,5	242,2	166
	$115^1/_2$	97	71	55	49	133,7	124,5	149,9	131,4	179,9	145,3	209,2	159,1	239,9	170,7	269,8	184,6
	$126^3/_4$	105	74	58	51	147,6	138,4	163,7	145,3	196	159,1	230,6	173	262,9	189,1	297,5	203
	$138^1/_2$	112	77	61	54	161,4	149,9	179,9	159,1	214,5	173	251,4	189,1	288,3	205,3	322,9	221,4
Высокій напоръ.	150	118	79	64	56	173	163,7	193,7	170,7	232,9	189,1	272,2	205,3	311,4	221,4	350,6	239,9
	$161^1/_2$	123	81	66	58	186,8	175,3	207,6	184,5	251,4	203	292,9	221,4	344,4	239,9	378,3	258,3
	173	128	83	68	60	200,6	189,1	223,7	198,3	269,8	216,8	313,7	237,6	359,8	256	403,6	276,8
	$184^1/_2$	132	85	70	62	214,5	200,6	237,6	209,9	286.	232,9	334,4	253,7	382,9	274,5	431,3	295,2

Таблица 28.—Величины напоровъ въ пожарномъ кранѣ и шприцѣ и дальность дѣйствія струи при наконечникѣ діаметромъ въ 1 дюймъ.

Напоръ у наконечника въ футахъ.		Средняя наивысшая высота вертикальной струи въ футахъ.	Уклонъ брандспойта. Въ 60°-70°. Высота полезной струи въ футахъ.	Уклонъ брандспойта. Въ 32°. Горизонтальное разстояніе полезнаго дѣйствія струи въ футахъ.	Количество воды выбрасываемой струей въ минуту въ ведрахъ.	Напоръ въ футахъ, долженствующій быть въ пожарномъ кранѣ для поддержанія означенныхъ напоровъ въ шприцѣ при различныхъ длинахъ $2^1/_2$″ шланга. При длинѣ шлангова въ: 50 фут. Пеньковый шлангъ.	50 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.	100 фут. Пеньковый шлангъ.	100 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.	200 фут. Пеньковый шлангъ.	200 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.	300 фут. Пеньковый шлангъ.	300 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.	400 фут. Пеньковый шлангъ.	400 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.	500 фут. Пеньковый шлангъ.	500 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.
Высокій напоръ.	23 .	21	18	21	29	30	27,6	34,6	27,6	46,1	32,3	55,3	36,9	66,9	41,5	76,1	46,1
Нормальная струя. Слабая струя.	34 .	32	26	30	35	43,8	39,6	53	43,8	66,9	50,7	83	57,7	99,2	64,6	115,4	69,2
	46 .	43	35	37	41	60	53,0	69,2	57,7	90	69,9	110,7	76,1	131,5	85,3	152,2	94,6
	57 .	53	43	42	45	73,8	66,9	87,7	71,5	113	83	138,4	94,6	163,8	106,1	191,5	117,7
	69 .	63	51	47	50	87,7	78,4	103,8	86,3	136,1	99,2	166,1	113	198,4	126,9	228,4	140,7
	80 .	73	58	51	54	103,8	92,3	122,3	101,6	156,8	117,7	193,8	131,5	230,8	147,6	267,7	163,8
	92 .	84	64	55	57	117,7	106,1	138,4	115,4	179,9	133,8	221,5	152,2	263,1	168,4	304,6	186,9
	103 .	92	69	58	61	131,5	120,0	156,8	129,2	203	149,9	249,2	170,7	297,7	191,5	343,8	210
	115 .	101	73	61	64	147,6	131,5	173	143,0	226,1	166,1	276,9	189,2	330	212,3	383	235,4
	126 .	109	76	64	67	161,5	145,3	191,5	159,1	249,2	182,2	304,6	207,7	362,3	233,1	420	258,4
	138 .	117	79	67	70	177,6	159,1	207,7	173,0	270	200,7	333,4	226,1	394,6	253,8	459,2	281,5
Высокій напоръ.	150 .	124	82	70	73	181,5	173,0	226,1	186,9	293,1	216,9	360	246,9	429,2	274,6	496,2	304,6
	161 .	130	85	72	76	205,3	184,6	242,3	200,7	316,1	233,1	387,6	265,4	461,6	295,4	535,4	327,7
	173 .	135	87	74	79	220,5	198,4	260,8	216,9	339,2	249,2	417,7	283,8	493,9	318,5	572,3	350,8
	184 .	140	89	76	81	235,4	217,3	276,9	230,8	360	265,4	445,4	302,3	528,5	339,2	609,2	371,8

Таблица 29.—Величины напоровъ въ пожарномъ кранѣ и шприцѣ и дальность дѣйствія струи при наконечникѣ діаметромъ въ $1^1/_8$ дюйма.

Напоръ у наконечника въ футахъ.		Средняя наивысшая высота вертикальной струи въ футахъ.	Уклонъ брандспойта. Въ 60°-70°. Высота полезной струи въ футахъ.	Уклонъ брандспойта. Въ 32°. Горизонтальное разстояніе полезнаго дѣйствія струи въ футахъ.	Количество воды выбрасываемой струей въ минуту въ ведрахъ.	Напоръ въ футахъ, долженствующій быть въ пожарномъ кранѣ для поддержанія означенныхъ напоровъ въ шприцѣ при различныхъ длинахъ $2^1/_2$" шланга. При длинѣ шлангова въ: 50 фут. Пеньковый шлангъ.	50 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.	100 фут. Пеньковый шлангъ.	100 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.	200 фут. Пеньковый шлангъ.	200 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.	300 фут. Пеньковый шлангъ.	300 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.	400 фут. Пеньковый шлангъ.	400 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.	500 фут. Пеньковый шлангъ.	500 фут. Резиновый прокладочный шлангъ.
Слабая струя.	23	22	18	22	37	34,6	27,6	41,5	32,3	60	39,2	76,1	46,1	92,3	55,3	110,7	62,3
	$34^1/_3$	32	27	31	45	50,7	43,8	62,3	48,4	87,7	60,0	113,0	71,5	138,4	80,7	163,7	92,3
	46	43	36	38	52	66,9	57,7	83,0	64,6	117,6	78,4	152,2	94,6	184,6	108,4	219,1	124,5
	$57^3/_4$	54	44	44	58	83,0	71,5	103,8	80,7	147,6	99,2	189,1	117,6	232,9	136,1	274,5	154,5
	69	64	52	50	64	101,6	85,3	126,8	96,9	177,6	119,9	228,3	140,7	279,1	163,7	329,8	184,6
Нормальная струя.	80	74	59	54	68	117,6	99,2	147,6	113,0	205,3	138,4	265,2	163,7	325,2	189,1	382,9	216,8
	$92^1/_4$	84	65	59	73	133,7	115,4	168,3	129,1	235,2	159,1	302,1	186,8	371,3	216,8	438,2	246,8
	$103^3/_4$	94	70	63	78	149,9	129,1	189,1	145,3	265,2	177,6	341,4	212,2	417,5	244,5	493,6	276,8
	$115^1/_2$	104	75	66	82	166,0	143,0	209,9	161,5	295,2	198,3	378,3	235,2	463,7	272,2	549,0	309,1
	$126^3/_4$	113	80	69	86	184,6	156,8	230,8	177,6	322,9	219,1	417,5	258,3	509,8	299,8	604,4	339,0
	$138^1/_2$	122	83	72	90	200,6	170,7	251,4	193,7	352,9	237,6	454,4	281,4	559,9	325,2	—	369,0
Высокій напоръ.	150	130	86	75	94	216,8	186,8	272,2	209,9	382,9	258,3	493,6	304,4	602,1	352,9	—	401,3
	$161^1/_2$	136	88	77	97	232,9	200,6	292,9	226,0	412,9	276,8	530,6	329,8	—	380,6	—	431,3
	173	142	90	79	100	251,4	214,5	313,7	242,2	440,5	297,5	567,5	352,9	—	408,3	—	463,6
	$184^1/_2$	146	92	81	104	267,5	228,3	334,4	258,3	470,6	318,3	606,7	376,0	—	433,6	—	493,6

отъ	4000	до	10000	жителей	. . .	7—10 струй
»	10000	»	50000	»	. . .	10—14 »
»	50000	»	100000	»	. . .	14—18 »
»	100000	»	150000	»	. . .	18—23 »

4) Пожарное количество воды должно быть прибавляемо къ хозяйственному и на такой соединенный расходъ воды должна расчитываться проводная способность сѣти трубъ.

5) Вѣтви, подводящія воду къ гидрантамъ, и стойки гидрантовъ должны быть достаточнаго діаметра, а именно не менѣе 6 дюймовъ для 2 струй.

6) Сѣть трубъ должна быть предпочтительно замкнутая (круговая).

7) Слѣдуетъ стремиться къ однообразному сросту пожарныхъ рукавовъ, дабы можно было пользоваться возможно большимъ числомъ ихъ.

«Часто стоимость водопроводныхъ магистралей должнаго для противупожарныхъ цѣлей размѣра составляетъ трудно преодолимое препятствіе къ устройству противупожарнаго водопровода».

«Часто необходимость такихъ магистралей не настолько сознается муниципальными учрежденіями, чтобы получить достаточное ихъ примѣненіе.

«Часто очень мало обращается вниманія на мнѣнія, даже подтвержденныя фактами, что изъ увеличенныхъ затратъ для устройства хорошей сѣти водопроводныхъ трубъ каждыя 1.000 долларовъ, вѣроятно спасутъ отъ истребленія огнемъ имущества по крайней мѣрѣ на 100.000 долларовъ.

«Хотя отъ городскихъ пожарныхъ водопроводныхъ магистралей нельзя ожидать, чтобы онѣ справились съ очень большимъ пожаромъ, но никакой муниципалитетъ не долженъ допускать въ устройствѣ своихъ водопроводныхъ магистралей такой несоразмѣрности, чтобы не быть въ состояніи сильно и успѣшно бороться въ первомъ періодѣ его развитія съ однимъ или болѣе пожарами», такъ говоритъ Fanning.

Относительно діаметровъ брандспойтовъ, т. е. гибкихъ рукавовъ, которыми вода проводится отъ пожарнаго крана къ мѣсту пожара и выбрасывается чрезъ шприцъ на огонь, слѣдуетъ отмѣтить важное значеніе увеличенія этого діаметра для увеличенія высоты подни-

мающейся струи. Обыкновенно діаметръ шланговъ—$2^1/_2$ дюйма, но въ Америкѣ стремятся довести его до $2^3/_4$ и даже 3 дюймовъ при діаметрѣ наконечника $1^1/_8''$. Важно также, чтобы для шланговъ выбирался матеріалъ, вызывающій наименьшее сопротивленіе движенію воды, такъ какъ потеря напора можетъ значительно возростать съ увеличеніемъ шероховатости стѣнокъ. Для уясненія этого обстоятельства можетъ служить таблица 26. Не останавливаясь болѣе здѣсь на вопросѣ о зависимости между напоромъ у наконечника и въ пожарномъ кранѣ, мы отсылаемъ для практическихъ соображеній къ таблицамъ №№ 27—29.

§ 82. Вода городскихъ водоснабженій, какъ источникъ механической работы.

Вода городскихъ водоснабженій, вообще говоря, находится въ условіяхъ неблагопріятныхъ для пользованія ею, какъ источникомъ механической работы.

Причины этого таковы:

1) Давленіе въ городской сѣти не превосходитъ обыкновенно 40—50 метровъ; оно считается чрезмѣрнымъ, если достигаетъ 100 метровъ. Между тѣмъ въ спеціальныхъ устройствахъ, дѣйствующихъ при помощи сжатой воды (портовые краны, стрѣлки ж. д. и пр.), давленіе требуется въ 50 атмосферъ или болѣе 500 метровъ, а иногда примѣняется давленіе значительно большее, причемъ опытъ показываетъ, что экономичность устройствъ возрастаетъ съ увеличеніемъ давленія.

2) Давленіе въ городской сѣти подвержено постояннымъ колебаніямъ въ очень большихъ предѣлахъ, вслѣдствіе неравномѣрности притока и расхода воды, и вслѣдствіе ударовъ воды въ трубахъ. Между тѣмъ гидравлическіе двигатели, дѣйствующіе посредствомъ сжатой воды, требуютъ равномѣрнаго давленія, что въ спеціальныхъ устройствахъ достигается примѣненіемъ аккумуляторовъ.

3) Вода въ городахъ обыкновенно оплачивается по разсчету за единицу объема независимо отъ давленія, подъ которымъ получаютъ ее потребители; такимъ образомъ при пользованіи водопроводной водой для механическихъ цѣлей, плата оказывается внѣ всякаго соотношенія съ получаемой энергіей.

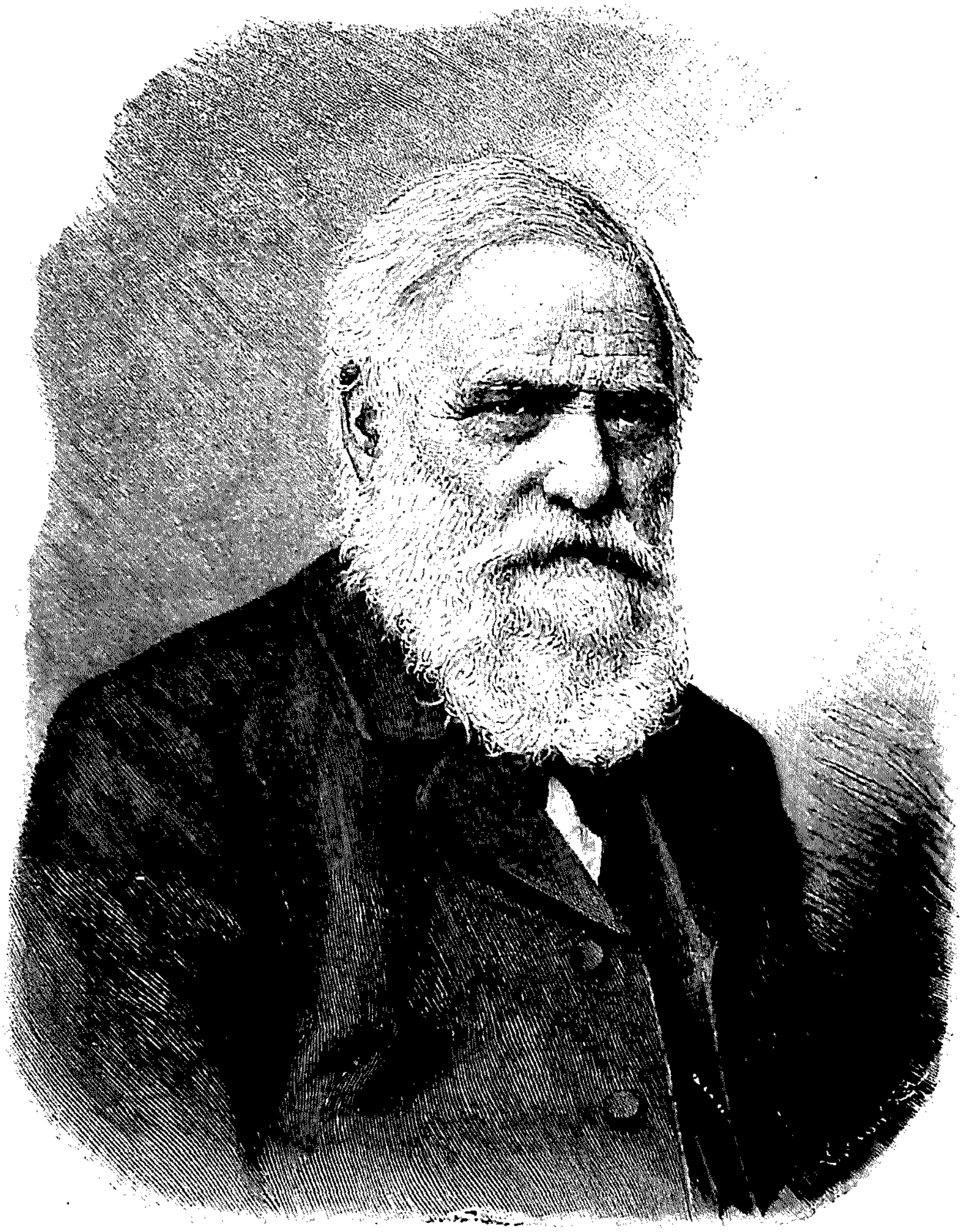
4) Водоснабженіе отдѣльныхъ трубъ городской сѣти не рѣдко прерывается на болѣе или менѣе значительное время ради исправленій, новыхъ работъ и пр. даже въ тѣхъ случаяхъ, когда водоснабженіе организовано не въ видѣ періодической, а въ видѣ постоянной подачи воды. Эти перерывы, могущіе не имѣть серьезнаго значенія для прямыхъ цѣлей водоснабженія, въ большинствѣ случаевъ крайне неудобны для цѣли механической, т. е. машины могутъ оказаться въ бездѣйствіи какъ разъ въ то время, когда въ нихъ встрѣтится особая надобность.

Поэтому, когда въ городѣ ощущается потребность въ значительномъ примѣненіи правильно организованной передачи энергіи водой, рѣшеніе задачи ищутъ внѣ городского водоснабженія и устраиваютъ особую, спеціально предназначенную для механическихъ цѣлей, канализацію воды подъ большимъ давленіемъ. Такъ поступлено напр. въ Лондонѣ.

Но тѣмъ не менѣе, однако, есть много случаевъ, когда и вода городского водоснабженія можетъ быть съ выгодой примѣняема для полученія движущей силы,—когда перечисленные выше недостатки воды городской сѣти въ этомъ отношеніи не имѣютъ серьезнаго значенія.

Таковы, напримѣръ, устройство *подъемниковъ* или *элеваторовъ* для вещей и людей въ домахъ и гостинницахъ и на городскихъ крутыхъ спускахъ, устройство маленькихъ турбинныхъ двигателей для вентиляторовъ, мѣшалокъ въ лабораторіяхъ, электрическихъ, швейныхъ и другихъ машинъ.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 22 Мая 1901 г. Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, 9.



Максъ фонъ Петтенкоферъ

(1818—1901),

знаменитый гигіенистъ и создатель современной санитарной науки.

Изданіе Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

В. Е. Тимоновъ,

Профессоръ Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

ВОДОСНАБЖЕНІЕ и ВОДОСТОКИ.

(Курсъ лекцій, читанныхъ студентамъ Института).

Выпускъ III.

ВОДОСТОКИ (Главы XIII—XXV).

Программы упражненій и проектовъ по водоснабженію и водостокамъ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.
1901.

Печатано по распоряженію Института Инженеровъ путей сообщенія
Императора АЛЕКСАНДРА I.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

ВОДОСТОКИ.

Указатель литературы.

Глава XIII. — Количество и составъ сточныхъ водъ.

Глава XIV. — Системы водостоковъ и главнѣйшія основанія для ихъ проектированія.

Глава XV. — Поперечныя сѣченія водостоковъ, поверхностныхъ и подземныхъ.

Глава XVI. — Общесплавная система.—Расположеніе сѣти водостоковъ.

Глава XVII. — Общесплавная система.—Пріемники сточныхъ водъ.

Глава XVIII. — Общесплавная система.—Уличные водостоки.

Глава XIX. — Общесплавная система.—Приборы и дополнительныя устройства.

Глава XX. — Общесплавная система.—Промывка, очистка и вентиляція водостоковъ.

Глава XXI. — Краткое обозрѣніе раздѣльныхъ системъ Ліернура, Бурова, Берліе и Веринга.

Глава XXII. — Гидропневматическая система Шона.

Глава XXIII. — Послѣдствія спуска нечистотъ въ рѣки.

Глава XXIV. — Очистка сточныхъ водъ искусственнымъ путемъ.

Глава XXV. — Очистка сточныхъ водъ посредствомъ почвы, растительности и бактерій.

Приложенія.

ОГЛАВЛЕНІЕ ВТОРОЙ ЧАСТИ.

стр.

§ 110. Указатель литературы къ третьему выпуску 625

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ.

Количество и составъ сточныхъ водъ . . . . . —

§ 111. Вещества подлежащія удаленію изъ предѣловъ населенныхъ мѣстностей 643
§ 112. Свойства поверхностныхъ (уличныхъ) водъ 644
§ 113. Количество уличныхъ водъ 645
§ 114. Свойства домовыхъ водъ 671
§ 115. Количество домовыхъ водъ 674
§ 116. Фабричныя воды 677
§ 117. Грунтовыя воды 681
§ 118. Составъ сточныхъ водъ 681
§ 119. Ливнеотводы и разжиженіе домовыхъ водъ уличными 687

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ.

Системы водостоковъ и главнѣйшія основанія для ихъ проектированія 692

§ 120. Силы, посредствомъ коихъ удаляются нечистоты 692
§ 121. Классификація системъ удаленія нечистотъ и общій составъ сѣти водостоковъ 694
§ 122. Руководящія основанія при составленіи проекта водостоковъ . . 697
§ 123. Общій порядокъ разсчета сѣти водостоковъ 702

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ.

Поперечныя сѣченія водостоковъ, поверхностныхъ и подземныхъ 705

§ 124. Общія указанія 705
§ 125. Прямоугольное сѣченіе 708
§ 126. Трапецоидальное сѣченіе 710
§ 127. Круглое сѣченіе 711
§ 128. Овоидальное сѣченіе 714
§ 129. Лотковое сѣченіе 721

СТР.

§ 130. Водостоки—туннели съ кюветомъ 721
§ 131. Сѣченія водосточныхъ трубъ при наличности значительныхъ напоровъ 721
§ 132. Водостоки нерацiональныхъ типовъ 722

ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ.

Общесплавная система.—Расположеніе сѣти водостоковъ 723

§ 133. Непосредственный спускъ нечистотъ въ рѣки 723
§ 134. Пересѣчная схема 723
§ 135. Радiальная схема 724
§ 136. Скорость теченія 726
§ 137. Уклонъ поверхности воды въ водостокахъ и глубина, на которую должна быть опущена эта поверхность 730
§ 138. Уклонъ подошвы водостоковъ 734

ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ.

Общесплавная система.—Пріемники сточныхъ водъ . 740

§ 139. Пріемники уличныхъ (поверхностныхъ) водъ 740
§ 140. Пріемники дворовыхъ водъ 746
§ 141. Пріемники домовыхъ отбросовъ 746
§ 142. Домовая канализацiя 748
§ 143. Гидравлическiе затворы внутри домовъ и приспособленія для осмотра домовой канализацiи 765

ГЛАВА ВОСЕМНАДЦАТАЯ.

Общесплавная система.—Уличные водостоки . . . 770

§ 144. Трубопроводы 770
§ 145. Керамиковыя трубы 770
§ 146. Асфальтовыя, бетонныя и желѣзобетонныя трубы 782
§ 147. Металлическiя трубы 786
§ 148. Кирпичные и каменные водостоки 788
§ 149. Бетонные водостоки 795
§ 150. Производство работъ по сооруженію водостоковъ 798

ГЛАВА ДЕВЯТНАДЦАТАЯ.

Общесплавная система.—Приборы и дополнительныя устройства 806

§ 151. Патрубки 806
§ 152. Соединительные колодцы въ трубопроводахъ 808
§ 153. Соединенiя овоидальныхъ коллекторовъ 808
§ 154. Смотровые колодцы 812
§ 155. Ливнеотводы 816
§ 156. Пересѣченiя съ газо- и водопроводными трубами 817
§ 157. Дюкеры или сифоны и водопроводные мосты 820
§ 158. Приспособленiя для дренажа почвы 824

ГЛАВА ДВАДЦАТАЯ. стр.

Общесплавная система.—Промывка, очистка и вентиляція водостоковъ 829

§ 159. Необходимость мѣръ по поддержанію чистоты въ водосточной сѣти . 829
§ 160. Промывка водостоковъ малыхъ размѣровъ 834
§ 161. Промывка водостоковъ большихъ размѣровъ 838
§ 162. Промывка водостоковъ водой рѣкъ и каналовъ и т. п. 842
§ 163. Расположеніе промывныхъ приборовъ 842
§ 164. Сохраненіе чистоты воздуха въ предѣлахъ сѣти 846
§ 165. Дезинфекція коллекторнаго воздуха въ мѣстахъ сообщенія съ наружнымъ 855

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ.

Краткое обозрѣніе раздѣльныхъ системъ Ліернура, Бурова, Берліе и Веринга 858

§ 166. Общія указанія относительно раздѣльныхъ системъ 858
§ 167. Система Ліернура 860
§ 168. Система Бурова 869
§ 169. Система Берліе 870
§ 170. Система Веринга 876

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ.

Гидропневматическая система Шона 882

§ 171. Общее описаніе системы Шона 882
§ 172. Эжекторъ и его дѣйствіе 884
§ 173. Эжекторныя станціи 889
§ 174. Канализація сжатаго воздуха 889
§ 175. Промываніе водосточной сѣти 890
§ 176. Примѣненія системы Шона 894

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ.

Послѣдствія спуска нечистотъ въ рѣки 902

§ 177. Общее положеніе вопроса о судьбахъ нечистотъ и сточныхъ водъ . 902
§ 178. Загрязненіе рѣкъ 903
§ 179. Мнѣнія объ уменьшеніи опасности загрязненія рѣкъ исключеніемъ изъ сточныхъ водъ изверженій 907
§ 180. Самоочищеніе рѣчной воды 909
§ 181. Неопредѣленность современной постановки вопроса о пользованіи рѣками для спуска нечистотъ 911

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТАЯ.

Очистка сточныхъ водъ искусственнымъ путемъ . 915

§ 182. Общія основанія и главные методы искусственной очистки сточныхъ водъ 915
§ 183. Очистительные бассейны во Франкфуртѣ на Майнѣ 919

стр.

§ 184. Способъ Рекнеръ-Роте и его примѣненіе въ Эссенѣ 923
§ 185. Торфяной фильтръ Петри и способъ Дегенера 929
§ 186. Условія необходимости очистки сточныхъ (городскихъ и фабричныхъ) водъ предъ спускомъ ихъ въ рѣки 933

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЯТАЯ.

Очистка сточныхъ водъ посредствомъ почвы, растительности и бактерій 936

§ 187. Очистительныя свойства почвы, какъ фильтра 936
§ 188. Практическія затрудненія въ примѣненіи очистки сточныхъ водъ фильтраціей и соединеніи фильтраціи съ орошеніемъ 944
§ 189. Основныя черты очистительнаго процесса при орошеніи 946
§ 190. Значеніе состава почвы и отношеніе между количествомъ сточныхъ водъ и орошаемой поверхностью 950
§ 191. Сооруженія для отвода сточныхъ водъ на поля 955
§ 192. Поля для орошенія и ихъ устройство 959
§ 193. Зимнее орошеніе и зимніе бассейны 961
§ 194. Значеніе орошаемыхъ сточными водами полей въ санитарномъ отношеніи 962
§ 195. Бактеріолизъ 965

Предисловіе къ III выпуску.

Третій выпускъ курса лекцій по водоснабженію и водостокамъ посвященъ разсмотрѣнію главныхъ основаній канализаціи городовъ и представляетъ собою переработанный и дополненный трудъ, изданный въ 1897 году подъ заглавіемъ «Матеріалы для курса водостоковъ».

Къ третьему выпуску приложены: портретъ знаменитаго гигіениста Петтенкофера, примѣры заданій по проектамъ и упражненіямъ по водоснабженію и водостокамъ изъ числа предлагавшихся студентамъ Института и адресъ, поднесенный Институтомъ Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I — Императорской Военно-Медицинской Академіи въ день столѣтняго ея юбилея. Адресъ составленъ по указаніямъ Г. Директора Института М. Н. Герсеванова и устанавливаетъ необходимость солидарности въ дѣйствіяхъ инженеровъ и врачей въ области санитарной гидротехники.

Составитель.

ВОДОСТОКИ.

§ 110. Указатель литературы къ третьему выпуску.

Помѣщаемыя здѣсь свѣдѣнія о литературѣ водостоковъ — отнюдь не имѣютъ въ виду представить полный перечень всѣхъ трудовъ, относящихся къ данному предмету, хотя составитель курса и нашелъ нужнымъ дать настоящему обзору большее развитіе, чѣмъ для первой части курса, въ виду меньшей разработанности въ отечественной литературѣ вопросовъ о водостокахъ.

Свѣдѣнія по русской литературѣ взяты, между прочимъ, изъ «Указателя литературы по вопросу объ удаленіи и обезвреживаніи нечистотъ изъ населенныхъ мѣстъ», составленнаго инженеромъ Ю. Н. Эрлихомъ, изъ Каталога Института Инженеровъ Путей Сообщенія, составленнаго Э. Ѳ. Радловымъ и другихъ источниковъ.

Данныя для иностранной литературы почерпнуты отчасти изъ сочиненія «Blasius'a и Büsing'a — Die Städtereinigung», отчасти собраны непосредственно.

При этомъ, въ мѣрѣ возможности, въ оба отдѣла помѣщены свѣдѣнія о новѣйшихъ сочиненіяхъ, явившихся въ свѣтъ послѣ напечатанія перечисленныхъ выше источниковъ.

Отдѣлъ I.

Перечень сочиненій на русскомъ языкѣ.

Балугьянскій, А. М. Очищеніе городовъ посредствомъ сжиганія нечистотъ Докладъ Моск. Отд. Р. И. Техн. О. Москва. 1878.

Баталинъ, Ѳ. О различныхъ способахъ осушенія земли. Петербургъ 1874.

Баталинъ, Ѳ. Пневматическая канализація А. Штукенберга. Библіографическая статья. Петербургъ 1875.
— Теорія пневматической канализаціи. Петербургъ 1875.
Безпаловъ, А. Н. Водостоки. Петербургъ 1856.
— Дренажныя трубы. Часть I. Петербургъ 1857.
Бензенгръ, В. Объ оздоровленіи городовъ. Москва 1884.
Буровъ, А. и Поллардъ, Э. Объ удаленіи и дезинфекціи нечистотъ въ С.-Петербургѣ. Петербургъ 1874.
Веденяпинъ, А. А. Докладъ: „О сравнительномъ достоинствѣ различныхъ системъ удаленія нечистотъ изъ городовъ“ 1883.
Верпго, А. Изслѣдованіе почвы пересыпи по отношенію къ вопросу объ орошеніи нечистотами. Одесса 1878.
Вирховъ, Р. Работы объ очисткѣ и канализаціи Берлина Москва 1879.
Водостоки. Курсъ, читанный въ Институтѣ Гражданскихъ Инженеровъ въ 1883—84 году. С.-Петербургъ.
Воеводскій. Устройство для полнаго обезвреживанія всѣхъ больничныхъ нечистотъ. Спб. 1894.
— Уничтоженіе путемъ утилизаціи отбросовъ и нечистотъ скотобоенъ и пр. Спб. 1881.
Гобрехтъ. Пояснительная записка къ проекту канализаціи Москвы. (Изв. Моск. Гор. Дум. 1882).
Гомилевскій, В. Г. Оздоровленіе русскихъ городовъ путемъ утилизаціи городскихъ нечистотъ для сельскаго хозяйства. Спб. 1887.
— Къ вопросу объ оздоровленіи городовъ утилизаціей нечистотъ въ интересахъ земледѣлія.
Гренбергъ, К. Краткое описаніе устройства водостоковъ и городскаго очищенія. Одесса 1868.
— Пояснительная записка къ проекту водостоковъ г. Одессы. Одесса 1869.
— Краткій обзоръ развитія вопроса о канализаціи г. Одессы и замѣчаніе на докладъ коммисіи Одеск. Отд. Техн. Общ Одесса.
Гречъ и Чижовъ. Разсчетъ и устройство водостоковъ. Спб. 1891. 141 стр. и 14 табл. черт.
Доброславинъ, А. Гигіена. Курсъ общественнаго здравовѣденія. Спб. 1882.
— Теорія Петтенкофера и примѣненіе ея къ почвѣ Петербурга. Спб.
Докладъ подкоммисіи для производства опытовъ надъ вентиляціей въ сточныхъ трубахъ Москвы. 1895.
Домантовичъ, И. Записка по проектамъ объ отводѣ городскихъ нечистотъ, поступившимъ въ учрежденную при С.-Петербургской думѣ коммисію по устройству въ С.-Петербургѣ мостовыхъ и трубъ для отвода нечистотъ. Спб. 1874.
— О введеніи въ 9 незарѣчныхъ частяхъ С.-Петербурга пневматической системы отвода нечистотъ по способу инженеръ-технолога Бурова. Спб. 1874.
Доминиканъ. Пояснительная записка по изысканіямъ, произведеннымъ для избранія лучшихъ направленій коллекторовъ въ Одессѣ. Одесса 1870.
— Пояснительная записка къ проекту коллекторовъ г. Одессы. Одесса 1870.
— Разборъ вычисленій проекта коллекторовъ г. Одессы Компаніи Задлера и Армана. Одесса 1870.
— О свободной и закрытой системахъ очищенія городовъ и отводѣ нечистыхъ водъ на окрестныя поля для орошенія ихъ. Одесса 1874.
Дуриово, В. П. Оздоровленіе Москвы, губернскихъ и уѣздныхъ городовъ. Москва 1893.
Житкевичъ, Н. Примѣненіе желѣзо-бетона къ канализаціи и водоснабженію городовъ. Спб. 1899.
— Плоскія желѣзо-бетонныя покрытія и ихъ разсчетъ. Спб. 1899.
Журналы засѣданій коммиссіи при участіи гг. членовъ общества охраненія народнаго здравія, по разсмотрѣнію вопросовъ объ очисткѣ городовъ. Проектъ канализаціи С.-Петербурга, составленный инженеромъ Линдлеемъ. Труды III (санитарнаго) отдѣла Императорскаго русскаго техническаго общества 1881—1886. Спб. 1886.
Записка, Краткая—по вопросу о выборѣ системы водостоковъ для г. Одессы. Одесса 1868.

Зуевъ и Діатроповъ. Одесскія поля орошенія. Одесса 1898.
Карловичъ, В. Санитарно-Инженерные очерки. Воздухъ. — Вода. — Почва. — Удаленіе отбросовъ и проч. (изъ Инженернаго Журнала 1882 г.). Спб. 1882.
Кастальскій, В. Канализація Москвы по сплавной системѣ.
Контковскій, Е. В. Вопросы по оздоровленію городовъ на VIII-международномъ гигіеническомъ конгрессѣ въ Будапештѣ въ 1894 г. Спб. 1895 и 1897 гг.
Котляревскій, П. Н. Замѣтки по канализаціи городовъ въ связи съ вопросомъ объ ассенизаціи большихъ ж. д. станцій. 1886.
— О соединеніи водопроводныхъ трубъ.
Клебергъ К. Канализація нечистотъ С.-Петербурга по раздѣлительной системѣ Веринга. Спб. 1883.
Л. Л. Замѣтка къ вопросу о канализаціи и ассенизаціи городовъ. Извлеченіе изъ „Русск Вѣд." за Іюнь и Іюль 1876.
Линдлей В. Проектъ канализаціи и водоснабженія г. Варшавы. Переводъ съ нѣмецкаго. Замѣчанія, сдѣланныя на проектъ канализаціи города Варшавы и объясненія по симъ замѣчаніямъ В. Линдлея. Варшава 1879.
— Водостоки столичнаго города С.-Петербурга, Проектъ на устройство водостоковъ на пространствѣ между р. Большою Невою и Обводнымъ Каналомъ, составленный инженеромъ Линдлеемъ по порученію С.-Петербургской Городской Думы. Изданъ въ русскомъ переводѣ подъ наблюденіемъ Городской Коммисіи по изысканію системы для отвода нечистотъ изъ С.-Петербурга.
— Часть I. Докладъ. Спб. 1883.
— II. Главный планъ сѣти водостоковъ. Спб. 1884.
— III. Спеціальные чертежи. Спб. 1882.
— IV. Смѣты. Спб. 1882.
— V. Пояснительныя записки. Спб. 1884.
— VI. Пояснительные чертежи. Спб. 1884.
— Описаніе водопроводныхъ и канализаціонныхъ сооруженій г. Варшавы. Варшава 1895.
Медвѣдевъ, П. И. По вопросу о канализаціи Москвы. (Замѣч. на реф. Ѳ. П. Попова Мед. Общ. 1879. Т. XI. Отд. III.) Москва 1879.
Мейеръ, Л. Х. Системы канализаціи городовъ и способы очистки грязной канализаціонной воды. Кіевъ 1887.
Мельниковъ, Н. П. Одесскія поля орошенія.
Объяснительная записка къ вопросу объ удаленіи нечистотъ въ С.-Петербургѣ способомъ инженеръ-технолога Бурова. 1874.
Описаніе новыхъ скотобоень. Спб. 1882.
Очищеніи, Объ — и канализаціи городовъ. Спб. 1874.
Пасынкинъ. Удаленіе нечистотъ пнематическимъ способомъ. Спб. 1884.
Пель, А. Х. Планъ С.-Петербурга съ показаніемъ уровня почвы, почвенной воды и линіи наводненія бывшаго 7 Ноября 1824 года. Спб. 1870.
Петтенкоферъ. Канализація и вывозъ нечистотъ. Популярныя лекціи. Переводъ съ нѣмецкаго инженеровъ С. Уманскаго и А. Попова. Москва 1877.
Поллардъ, Э. и Племянниковъ, А. Къ докладу о канализаціи. Спб. 1874.
Поповъ, М. Къ вопросу о канализаціи С.-Петербурга водостоками. Критическій разборъ системы отвода концентрированныхъ нечистотъ по проекту Г. Бурова. Спб. 1870.
— 2-я записка. Общій очеркъ системы и финансовая операція.
— 3-я записка. Выгребно-отводная система по проекту Бурова и Полларда.
— 4-я записка. Система Попова. Спб. 1873.
— Къ вопросу о канализаціи С.-Петербурга правильными водостоками въ связи съ улучшеніемъ мостовыхъ. Спб. 1870.
— Два проекта удаленія нечистотъ изъ города и двѣ системы извлеченія пользы изъ нечистотъ. Спб. 1873.
— Водостоки и мостовыя. Спб. 1874.
— Санитарныя мѣропріятія. Стоки за границею и въ Россіи. Записки М. Попова. Городскіе и загородные стоки за границею. Городскіе и загородные стоки въ Россіи. Приложеніе: Табели устройства водостоковъ. — Домовые и дворовые стоки системы М. Попова. Приложеніе: Цѣны на гончарныя

трубы и на друія подѣлки потребныя для приспособленія отхожихъ мѣстъ по системѣ М. Попова на 1875 г. Спб.
Проектъ оздоровленія С.-Петербурга удаленіемъ изъ города нечистотъ. Спб. 1882.
Саблинъ. Замѣтки по канализаціи городовъ (сист. Шона). Кіевъ 1891. 40 стр. 4 табл. черт.
Савицкій, М. Записка объ изслѣдованіяхъ относительно мѣстности С.-Петербурга, произведенныхъ по поводу предположеннаго составленія проекта для отвода нечистотъ изъ города и для устройства въ оном мостовыхъ. Спб. 1881.
Саловъ, В. В. Историческій очеркъ Петербургскихъ наводненій и предположеній относительно предохраненія низменныхъ частей г. С.-Петербурга отъ затопленія. Спб. 1898.
Силичъ, Л. Матеріалы для вопроса объ изслѣдованіи почвы города С.-Петербурга. Диссертація на степень доктора медицины. Спб. 1879.
Скворцовъ, Ир. Обзоръ способовъ удаленія нечистотъ изъ населенныхъ мѣстъ. Спб. 1875.
Сооруженіи, О — гранитныхъ мостовыхъ и устройствѣ водосточныхъ трубъ въ Одессѣ. 1864.
Солодухинъ, Г. А. Пневматическая система канализаціи, какъ лучшій и дешевый способъ очистки городовъ. Спб. 1893.
Солодухинъ. О примѣненіи пневматической очистки нечистотъ въ Спб. Спб. 1881.
Тимоновъ, В. Е. Матеріалы для курса водостоковъ. Спб. 1892. 302 стр. 217 черт.
— Матеріалы для курса водоснабженія (Врем. изд.). I вып. Спб. 1897. 77 стр. 8 табл. черт.
— Матеріалы для курса водоснабженія. Вып. II. 65 стр. 3 табл. чертежей. Спб. 1898.
— Водоснабженіе и водостоки (Курсъ лекцій читанныхъ студентамъ Института Инжен. Пут. Сообщ. Императора Александра I). Выпускъ I. Общее введеніе. Водоснабженіе (главы III—VII). Спб. 1899. VIII + 368 стр., 390 черт. въ текстѣ.
— Выпускъ II. Водоснабженіе (главы VIII—X и матеріалы для главъ XI и XII). Спб. 1900. XIII + 240 стр., 146 черт. въ текстѣ и 3 табл.
Труды Высочайше утв. Рус. Общ. Охр. Народ. Здравія.
Труды русскихъ водопроводныхъ Съѣздовъ (1893, 1895, 1897 и 1899).
Труды III (санитарнаго) отдѣла Императорскаго русскаго техническаго общества 1880—1884 г. Журналы засѣданій при участіи гг. членовъ общества охраненія народнаго здравія, по разсмотрѣнію вопросовъ объ очисткѣ городовъ. Спб. 1884.
Федоровъ, Е. Удаленіе нечистотъ изъ городовъ и населенныхъ мѣстъ. Читано на Общ. Собр. Каз. Отд. Им. Рус. Техн. Общ. 28 Янв. 1884 года). Казань 1884.
Флавицкій, И. Отопленіе и оздоровленіе жилыхъ помѣщеній. Спб. 1882.
Хлопинъ, Г. В. Гигіена и санитарія съ исторической точки зрѣнія. Спб. 1897.
— О раздѣльной системѣ сплавной канализаціи городовъ. Москва 1889.
Штукенбергъ, А. Пневматическая канализація или удаленіе домашнихъ нечистотъ изъ городовъ по чугуннымъ трубамъ силою атмосфернаго давленія съ примѣненіемъ къ Петербургу въ техническомъ отношеніи. Спб. 1874.
— Пневматическая канализація. Дополненіе къ книгѣ изданной въ 1874 году. Спб. 1875.
Чижовъ. Водостоки города Парижа. Спб. 1893. 93 стр. 11 табл. чертежей.
— Водостоки. Выпускъ I. Спб. 1895. 152 стр. Выпускъ II. Спб. 1896. 148 стр.
Эрисманъ, Ф. Ф. Различные способы удаленія нечистотъ изъ населенныхъ мѣстъ по отношенію къ оздоровленію городовъ. Спб. 1875.
— Курсъ Гигіены. т. II. Одежда, отопленіе, освѣщеніе, удаленіе нечистотъ, санитарная статистика. Москва 1887. 402 стр.
Эрлихъ, Ю. Н. Указатель литературы по вопросу объ удаленіи и обезвреживаніи нечистотъ; разныя системы канализаціи и вывоза. Спб. 1885.
Яхненко, С. С. Отчетъ о бетонныхъ водостокахъ, построенныхъ хозяйственнымъ способомъ въ 1874, 1875 и 1876 годахъ. Одесса 1877.

Отдѣлъ II.

Перечень сочиненій на иностранныхъ языкахъ.

Матеріалы для историческаго обзора канализаціи городовъ. — Сочиненія общаго характера, руководства, курсы и описанія канализаціонныхъ работъ. — Задача оздоровленія городовъ въ ея общемъ значеніи.

Abnahme der Sterblichkeit infolge unterirdischer Entwässerungsanlagen, in den Engineering News (1885)

J. W. Adams, Sewers and drains for populous districts, New York, 1887.

Agthe, Bericht über die Vorarbeiten für die systematische Entwässerung und Reinigung der Stadt Riga, Riga 1886.

— Versuch der Beantwortung einiger Fragen, betr. die systematische Reinigung und Entwässerung der Stadt Riga.

Aird, Ein Rückblick auf die Kanalisation von London, Centralbl. f. allgem. Gesundheitspflege (1887).

Albu, Die oeffentliche Gesundheitspflege in Berlin. Berlin, 1877.

Arnould, Eloignement des inmondices, Nouveaux élémens d'hygiène. 2 édit. Paris, 1889.

Assainissement de Paris. Des eaux d'égout et des Vidanges. Societè d'ètudes. Paris 1875.

Assainissement des villes et des habitations. Les études parues dans les Annales de la Construction. Assainissement de la ville de Toulon, avec une planche. Livraison d'août 1885.

— Nouveaux types de latrines publiques et privées, avec écoulement direct à l'égout, avec une planche. Livraison de juin 1885.

— Siphon de Clichy-Asnières sous la Seine, avec 4 planches. Livraisons de janvier et de mars 1895.

— Assainissement de le ville de Bizerte, avec 1 planche. Livraison de juin 1895.

— Destruction des gadoues par le feu. Livraison de décembre 1895.

— Construction du nouvel égout collecteur à Paris, entre la place de la Trinité et la porte de Clichy, avec 1 planche. Livraison de mai 1896.

— Le système d'épuration des eaux vannes d'East Molesez (Angleterre), avec une planche. Livraison d'octobre 1896.

— Usine pour la destruction par le feu, des ordures de la ville de Bath (Angleterre), avec une planche. Livraison de décembre 1896.

— Description des égouts de la ville de Buenos-Ayres, avec une planche. Livraison de mars 1897.

— Note sur divers moyens d'augmenter le débit des bouches d'égout. Livraison de juillet 1897.

— Note sur le procédé Arnold employé en Amérique pour le traitement des ordures ménagères. Livraison d'août 1897.

Badois et Bieber. Assainissement comparé de Paris et des grandes villes de l'Europe, Berlin, Amsterdam, La Haye, Bruxelles, Londres. 1 volume grand in-8°.

Bailey Denton, J. Sewage Farming. London 1870.

— The Sewage Question. London 1871.

Barde. Salubrité des habitations et hygiène des villes; humidité, water-closets, drainage, plomberie, cuisines, planchers, dallages, chauffage, ventilation, service, d'eau, égouts, voirie, édilité, assainissement des villes, etc. 1 volume grand in-8° avec 22 figures dans le texte.

Baron im Centralbl. f. allgemeine Gesundheitspflege (1886) über den Einfluss von Kanalisation und Wasserversorgung auf Typhus- und Cholerafrequenz.

Baumeister, Städteerweiterungen in technischer, baupolizeilicher und wirtschaftlicher Beziehung (1876).

Baumeister, Zur Kanalisationsfrage in Mainz, 1879.

Baumeister, Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung, 1890.
Bazalgette on the Drainage of London. London, 1865.
Bechmann. Salubrité Urbaine. Distribution d'eau et assainissement. 2-e edition 2 volumes. Paris 1898—1900.
Bechmann et Launay. Notice sur les travaux de l'aqueduec et du parc agricole de l'Acherès. Paris 1897.
Becker, Die Kanalisation der Stadt Königsberg, 1890.
Belgrand, Les travaux souterrains de Paris, 1875—1883.
Bericht über die Verhandlungen und Arbeiten der vom Stadtmagistrat in München niedergesetzten Kommission für Wasserversorgung, Kanalisation und Abfuhr, München 1876.
Bericht von Münchener Commission über Canalisations- und Berieselungs-Anlagen sowie Liernur-Anlagen. München 1879.
Bericht über die Allgem. deutsche Ausstellung auf dem Gebiete der Hygiene und des Rettungswesens in Berlin 1882/83. 3. Bd. (1886).
Blasius, R. und Büsing, F. W. Städtereinigung. Jena. 1894.
Bochmann. Die Reinigung und Entwässerung der Städte. Riga 1877.
Borough of Birmingham. Report of the Sewage inquiry Commitee. London, 1871.
Brix, Die Kanalisation von Wiesbaden, Wiesbaden 1887.
— Bd. 1 des Handbuchs von Behring: Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten, 1894.
Brix, J. Das Eichen'sche Verfahren zur Reinigung städtischer und industrieller Abwässer. 1898.
Brunfaut. Les odeurs de Paris. Assainissement. 1 volume in-12°.
— Assainissement de la ville de Paris. In-8°.
Bürkli-Ziegler, Ueber Anlage städtischer Abzugskanäle und Behandlung der Abfallstoffe aus Städten, 1866.
— The cleaning and sewerage of cities; sewerage, sewage disposal and street cleansing, New York 1891.
Büsing, F. W. Die Städtereinigung. Stuttgart 1897.
Centralbl. der Bauverwaltung:
Jahrg. 1884 о каналнзаціи Парижа;
„ 1885 „ Berlin'a.
Centralbl. f. allgemeine Gesundheitspflege соотвѣтственныя сообщенія почти во всѣ годы.
Chrétien. Les odeurs de Paris. Étude analitique des causes qui concourent à l'insalubrité de la ville et des moyens de les combattre. In-8°.
City of Newton. Annual Report of the City Engineer 1896.
— „ „ „ „ „ „ 1897.
— „ „ „ „ „ „ 1898.
Cresy, Encyclopaedia of Civil Engineering. London 1847.
Cunz, Kanalisation von Karlsbad, Karlsbad 1807.
Debauve, A. Distribution d'eau. Egouts. Paris 1897.
Dempsey, G. D. On the drainage of lands, towns and buildings. London 1890.
Denfer, J. Plomberie. Eau. Assainissement. Gas. Paris 1897.
D'Esménard. Congrès d'assainissement. Premier congrès d'assainissement et de salubrité (Paris 1895). Compte rendu des travaux. 1 volume grand in-8°, avec 67 figures dans le texte et 4 planches.
Deutsche Bauzeitung:
Jahrg. 1880 о каналнзаціи Mainz'a;
„ 1885 „ Bremen'a и London'a;
„ 1887 „ Szegedin'a.
Dobel, Kanalisation, Anlage und Bau städtischer Abzugskanäle und Hausentwässerungen, Stuttgart 1866.
Dörich, Wasserversorgung und Kanalisation von Bunslau (1883).
Duchesne. Hygiène générale et industrielle; ouvrage rédigé conformément au programme du cours d'hygiène industrielle de l'École centrale. 1 volume grand in-8, avec figures dans le texte.
Dunbar. Die Behandlung städtischer Spüljauche. Deutsches Vierteljahrschrift für öffentl. Gesundheit. Bd. XXXI, Heft I.

Durand-Claye, Les travaux de l'assainissement de Danzic, Berlin, Breslau, Revue d'hygiène 1884.
— Assanissement de la Seine. Paris, 1875.
Emmerich, R. und Rocknagel, G. Die Wohnung. Leipzig 1894.
Engineering News 1884 о канализации Boston'a.
Erichsen, J. Zur Frage über die Canalisation und Reinigung von St.-Petersburg. St.-Petersburg 1874.
Erismann in Pettenkofer, Handbubh der Hygiene. 2. Bd. 1. Abt. S. 75.
Eulenberg, Handbuch des öffentl. Gesundheitswesens (1887).
— Gutachten über die Kanalisation der Städte, Berlin 1883.
Festschrift der Stadt Berlin, dargeboten dem 10. internationalen medizinischen Kongress 1890.
Finkelnburg, Die öffentliche Gesundheitspflege Englands (1874).
First Report of the Commissioners appointed in 1868 to inquire into the best means of preventing the pollution of rivers. London 1870.
Flügge. Beiträge zur Hygiene (1879).
Fischer, F. Die Verwerthung der Städtischen und Industrie Abfallstoffe. Leipzig 1875
Fodor, J. Hygiene des Bodens. Jena 1893.
Fodor, Hygienisnche Untersuchugen über Luft, Boden und Wasser (1882).
Fonsagrives J. B. Hygiène et Assainissement des villes. Paris, 1874.
Franklin, A. La vie privée d'autrefois L'hygiène. Paris 1890.
Franzius u. Sonne, Handb. d. Ingenieurwissensch. 3. Bd. 3. Aufl. (1893).
Freycinet, Ch. Traité d'assainissement industriel. Paris 1870.
— Rapport supplementaire sur l'assainissement industriel. Paris 1868.
— Principes de l'assainissement des villes. Paris 1870.
Friedrich. Kulturtechnischer Wasserbau. Berlin 1897.
Gesundheitsingenieur:
Jahrg. 1873 о канализации Бреславля;
„ 1889 „ Düsseldorfa;
„ 1889 „ Karlsruhe;
„ 1891 „ Charlottenburg'a;
„ 1893 „ Köln'a.
Gildemeister, Die Städtereinigungsfrage für Bremen.
Gordon, The drainage of continental towns, Leicester 1885. Dresden 1884.
Gordon, Generelles Projekt zur Kanalisation von München 1876.
— The drainage of continental towns, Leicester 1885.
— Kanalisation der Stadt Heilbronn, 1876.
— Erläuterungsbericht zu dem Dispositionsplan über die Anlage von Spülkanälen in Stuttgart, 1876.
Hamburg in naturwissenschaftlicher und medizinischer Beziehung, Festschrift zur 49. Versammlung deutsch. Naturforscher undAerzte 1876.
Heider, A. Untersuchungen über die Verunreinigung der Donau durch die Abwässer der Stadt Wien. Wien 1893.
Hervieu, J. Traité pratique de la construction des égouts. Paris 1897.
Hitchmannn. The Sewage of Towns. Papers by varions authors read at a Congress on the Sewage of Towns. London 1866.
Hobrecht, Die Kanalisation von Stettin (1868).
— Beiträge zur Beurteilung des gegenwärtigen Standes der Kanalisations- u. s. w. Frage, 1883.
Hobrecht, Die Kanalisation der Stadt Stettin, 1868.
— Die Kanalisation von Berlin, 1884.
Hueppe im Journal f. Gasbeleuchtung (1887) über denselben Gegenstand.
Hügel. Kanalisation und Abfuhr in Würzburg, 1886.
Installations de bains. Les monographies parues dans les Annales dela Construction. Le Hammam ou bains turco-romains, à Paris, avec 3 planches. Livraisons de juillet et août 1877.
— Bains et lavabos du collège Chaptal, avec une planche. Livraison de mars 1879.
— Etablissement de bains avec piscine pour la natation, à Paris, avec 1 planche. Livraison de décembre 1876.

Installations. Bains de l'hôpital Saint-Antoine, à Paris, avec 1 planche. Livraison de mars 1887.
— Installations des appareils de bains, avec 2 planches. Livraisons de février et mars 1888.
— Bains d'aspersion, à l'Ecole militaire de Saint-Cyr, avec 1 planche. Livraison de juin 1888.
— Petit établissement de bains, rue Guillaume-Tell, à Paris, avec 1 planche. Livraison de novembre 1891.
Installation des water-closets. Les études parues dans les Annales de la Construction.
— Installation des water-closets et urinoirs. Etude des principaux systèmes de Doulton, Geneste et Herscher, Flicoteaux, Rogier-Mothes, etc., avec une planche.— Livraisons de noyembre et décembre 1886 et de mai 1887.
— Appareil dit «aéro-hydraulique», système Beauvalet, pour l'utilisation des eaux sans pression au lavage de W. C. et la suppression de la congèlation des conduites, avec une planche. Livraison de novembre 1896.
Kaftan, Reinigung und Entwässerung der Städte, 1880.
Kanalisation von Karlsruhe. Bearbeitet durch das Städtische Wasser- und Strassenbau Amt. Karlsruhe 1880.
Kast, H. Reinigung und Entwässerung Freiburgs in B. Freiburg in B. 1876.
Klasen, L Die Entwässerungsanlagen in ihren Grundzügen. Halle 1874.
Kiersted, Sewage Disposal. New York 1894.
Knauff, Allgem. Grundsätze für eine system. Reinig. u. Entwässerung der Städte, Gesundheitsingenieur (1881).
— Die Ableitung des Regenwassers aus Städten, Gesundhietsingenieur (1882).
Köhn, Die Kanalisation von Charlottenburg, Vierteljahrsschr. für öffentl. Gesundheitspflege (1887).
Koppin, Ueber die Entwässerung der Stadt Hamburg durch unterirdische Kanäle (1851).
König, G. Ueber die Kanalisation kleiner Städte und Reinigung der Abwässer. Halle 1894.
König, J. Die Verunreinigung der Gewässer. Zweite Aufl. Berlin 1899.
Kraft, M. Fabrikhygiene. Wlen 1891.
Kuborn. Aperçu historique de l'hygiène publique en Belgiqne, depuis 1830. 1 vol. grand in-8°.
Langsdorff, Die neuesten Erfahrungen auf dem Gebiet der Städtereinigung, Dresden 1884.
Latham, Frank. The Sanitation of domestie buildings. London 1898.
Lavoirs et Buanderies. Les études parues dans les Annales de la Construction.
— Installation d'une buanderie, 159 rue de l'Université, à Paris, avec 1 planche. Livraison de septembre 1888.
— Buanderie à l'hospice de Ferrari, à Clamart, avec 1 planche. Livraison de décembre 1892.
— Ateliers-lavoirs en ciment et fer, système Monnier, à Boulogne, avec 1 planche. Livraison de janvier 1895.
Latham-Baldwin, Sanitary Engineering, a guide to the construction of the works of sewerage and house drainage, 2. ed. London & New York 1878.
Lent, Köln, Festschrift zur 61. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte 1888.
Lent, Bericht über den „Generalbericht“ von Virchow über die Arbeiten der Städt. gem. Deputation in Berlin für die Untersuchung der auf Kanalisation bezügl. Fragen, Niederrhein. Korrespondenzbl. (1873).
Lord Kelvin and A. Barr. The Horsfall Destructors. London.
Machine à essayer les tuyaux. Avec 1 planche. Ce mémoire a paru dans la livraison de juin 1893 du Portefeuille des machines.
Manchester Corporation. Report of the Rivers Commitee. 1887.
Menzies, W. A. Treatise on the Sanitary Management & Utilisation of Sewage London 1865.
Merkel, Zur Geschichte der Technik, Deutsche Bauzeitung (1878).

Merriman, M. Elements of Sanitary Engineering. New-York 1898.
Это сочиненіе предоставляетъ особый интересъ по сборникамъ заключающихся въ немъ практическихъ упражненій для учащихся, имѣющихъ цѣлью ознакомить ихъ съ санитарно-технической литературой).
Michaelis, Gordon u. Marx, Entwässerung der Stadt Dortmund, 1878 u. 1883.
A. Mille, Assainissement des villes pour l'eau, les égonts, les irrigations. Paris 1885. (Интереспая исторія ассенизаціи Парижа).
Mitgau, Die Kanalisation der Stadt Braunschweig, 1887.
— Bericht über die in Berlin, Amsterdam, Manchester, Croydon und Abingdon eingeführten Systeme der Städtereinigung, 1880.
Mittermaier, Reinigung und Entwässerung der Stadt Heidelberg, 1870.
Mollini, J. Hygiene publique. Lille 1891.
Mollins. Les eaux d'égout industrielles et ménagères. Leur épuration chimique et agricole; dangers des irrigations. 1 vol. in-°.
Moore. Sanitary Engineering. London 1898.
Notice sur les champs d'irrigation d'Odessa. Odessa 1894.
Ochwadt. Die Kanalisation mit Berieselung und das Dr. Petrische Verfahren. Berlin 1877.
v. Pettenkofer, Vorträge über Kanalisation und Abfuhr (1876 и 1880).
— in der Viertelj. f. öffentl. Gesundheitspflege 6. Bd.
— Das Kanal- oder Sielsystem in München (1869).
Phillips, J. Draniage & Sewerage of Towns. London 1872.
Pieper, C., Wie steht die Städtereinigungsfrage (Berlin). Dresden, 1873.
P. Pignon, Principes d'assainissement des habitations des villes et de la banlieu. Paris, 1890. I v. et atlas. (Хорошіе чертежи домовыхъ устройствъ.)
Putzeys, F. et E. L'hygiène dans la construction des habitations privées. Emplacement.—Matériaux de construction.—La maison et ses dépendances.—Chauffage.—Ventilation.—Eclairage.—Service des eaux.—Eloignement des immondices. 1 volume in-8°, avec 174 figures dans le texte et 6 planches.
Raumer. Das Kanalisiren und Drainiren der Städte. Breslau 1876.
Renier Malherbe, U. De l'assainissement des villes Mons 1870.
Reinigung und Entwässerung Berlins. Verhandlungen und Berichte über mehrere auf Veranlassung des Magistrats angestellte Versuche und Untersuchungan. Berlin 1871—1879.
Jul. Rochard, Encyclopédie d'hygiène, Tome 3, 211 ff.
Rothe, W. Das Röckner-Rothesche Verfahren. Beiuburg 1887.
Sautter, A. u. Dobel, E. Die Ahfuhr und die Verwerthung der Fäkelstoffe in Stuttgart. Stuttgart, 1880.
Scherpf, Die Kanalisierung der Stadt Würzburg, 1867.
Schück. Die Schwemmkanalisation in Karlsruhe. 1893.
Schweizerischen Bauzeitung:
Jahrg. 1890 о каналпзаціи Winterthur'a.
Sommaruga. Die Städtereinigungs-Systeme in ihrer land- und volkswirthschaftlichen Bedeutung. Halle 1874.
Soyka. Untersuchungen zur Kanalisation (1885).
— Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände (Hygien. Tagesfragen I.), München 1889.
The Engineer 1873 о каналпзаціи London'a.
Transact. of the Americ. Society of Civ. Engineer. 1889 о каналпзаціи Memphis'a.
Ueber die Reinigung der Städte (брошюра безъ автора имѣются въ виду нужды С.-Петербурга). St.-Peterburg 1874.
Van Overbeck de Meyer. Les systemes d'évacuation des eaux. Paris 1880.
Varrentrapp, Ueber Entwässerung der Städte, über Wert oder Unwert der Wasserklosetts und deren angebliche Folgen (1868).
— in der Viertelj. f. öffentl. Gesundheitspflege 12. Bd.
Vierling, Zur Kanalisationsfrage in Mainz, 1879.

Vierteljahrschr. f. ö. Gesundheitspfl.:
Jahrg. 1872 о каналнзаціи Bremen'a;
„ 1873 „ Düsseldorf'a и Frankfurt a/M.;
„ 1874 „ Witten'a a. d. R.;
„ 1880 „ Brüssel'я и Познани;
„ 1883 „ Парижа;
„ 1887 u. 1891 о каналнзаціи Charlottenburg'a.
Vierteljahrschrift für öffentl. Gesundheitspflege (1886).
Virchow, Kanalisation oder Abfuhr? Eine hygienische Studie (1869).
— Reinigung und Entwässerung von Danzig (1865).
— Gutachten über die Kanalisation Berlins (1868).
— Reinigung und Entwässerung Berlins; einleitende Verhandlungen und Berichte (1870 bis 1879) (darin enthalten der „Generalbericht").
— Typhus und Städtereinigung, Deutsche Mediz. Wochenschrift (1876).
— Ueber die Kanalisation von Berlin. Berlin 1868.
Virchow und Guttstadt, Die Anstalten der Stadt Berlin für die öffentliche Gesundheitspflege, herausgegeben von den städtischen Behörden aus Anlass der 59 Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte 1886.
Vogt, A. Städtereinigung und ein neues System ventilirten Labrinenhäuser. Bern 1873.
A. Wazon, Principes techniques d'assainissement des villes et habitations. Paris, 1884.
Th. Weyl, Die Einwirkung hygienischer Werke auf die Gesundheit der Städte (1893).
Weyl, Berl. klin. Wochenschrift (1893 und 1894). Dort ausgedehnte Diskussion der Berl. med. Gesellschaft über das eben citierte Werk von Th. Weyl.
Wiebe, Die Reinigung und Entwässerung von Berlin, 1861 u. 1869.
— Die Reinigung und Entwässerung der Stadt Danzig, unter Mitwirkung von Veitmeyer bearbeitet, Berlin. 1865. 1880.
— Wasserleitung, Kanalisation und Rieselfelder von Danzig, 1877.
— Genereller Entwurf eines Kanalisationssystems zur Reinigung und Entwässerung von Königsberg. Berlin, 1880.
Winterhalter, Zur Kanalisation in München, München 1880.
Wochenschr. d. österr. Ingen.- u. Archit.-Ver.:
Jahrg. 1886 о каналнзаціи Варшавы.
Zeitschr. d. Archit.- u. Ingen.-Ver. f. Hannover:
Jahrg. 1877 о каналнзаціи Brüssel'я;
„ 1878, 1887 und 1891 о каналнзаціи Hannover'a.
Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingen.:
Jahrg. 1891 о каналнзаціи Elberfeld'a.
Zeitschr. f. Bauwesen:
Jahrg. 1873 о каналнзаціи Witten'a;
„ 1890 „ Königsberg'a;
„ 1892 „ Неаполя.
Многочисленныя общія свѣдѣнія о каналнзаціонныхъ устройствахъ заключаетъ въ себѣ Bd. III des Berichts über die Allgem. deutsche Ausstellg. auf dem Gebiete der Hygiene u. s. w. Berlin 1882/83, Breslau 1886.

Количество и составъ сточныхъ водъ.

Arnould, Nouveaux élémens d'hygiène 2 éd. (1889). Altonaer Nachr. 1861.
Baumeister, Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung (1890).
von Bebber, Die Regenverhältnisse Deutschlands 1877.
Behring, Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten, Bd. I (1894).
Bürkli-Ziegler, Grösste Abflussmengen bei städtischen Abzugskanälen. Zürich, 1880. Zusammenstellung derselben im Gesundheits-Ingenieur (1882).
Brix, Die Kanalisation von Wiesbaden (1887).
Durand-Claye, Отчеты о междун. конгр. гигіены и демографіи. 1887.
Ebermayer, Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden (1873).
— Der Einfluss des Waldes und der Bestanddichte auf die Bodenfeuchtigkeit und

die Sickerwassermengen, in den „Forschungen aus dem Gebiete der Agrikultur-Physik„ (1889).
Fischer, Das Wasser u. s. w. (1891).
— Die menschlichen Abfallstoffe (1892).
Franzius und Sonne, Handbuch der Ingenieurwissenschaft 3. Bd.
Gordon, The drainage of continental towns, Leicester 1885.
Grandke, Die Rieselfelder von Berlin (1892).
C. Heiden, Die menschlichen Exkremente, Hannover 1882.
Heiden, Müller und v. Langsdorff, Beiträge zur Schwemmkanalisation (1882).
Heinzerling, Die Abwasser (1885).
Hellmann, Ueber Niederschlagsmengen, Zeitschr. des Königl. Preuss. statistischen Bureaus (1884) 251 ff. (auch als Senderabdruck erschienen).
— Das Klima von Berlin, Abhandlungen des Königl. Preuss. meteorologischen Instituts 1. Bd. № 4.
— Ueber Einrichtung eines Regenfeldes in der Umgebung von Berlin und die Ergebnisse der Beobachtungen. Jahresberichte des Berliner Zweigvereins der Deutschen meteorologischen Gesellschaft von 1884 an.
Hygienische Rundschau 1893 S. 802, 312, 605.
Jurisch, Verunreinigung der Gewässer (1889).
Koch, Desgl. in den Mitteilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. I.
Köhn, Die Entwässerung von Charlottenburg, Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege (1887).
Lent, Köln, Festschrift zur 61. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte 1888.
Lueger, Die Wasserversorgung der Städte (1892).
Miquel, Ueber die Zahl der Mikroben im Wasser, in den Annuaires de Montsouris (1880).
Mori, Ueber pathogene Bakterien im Kanalwasser, Zeitschr. f. Hygiene. 4 Bd.
v. Nägeli, Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infektionskrankheiten 1877.
Salkowski, Untersuchungen über die Osdorfer Rieselfelder, Deutsch. medizin. Wochenschrift IX (1883).
Seckendorf, Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. 2. Bd. (1879).
Uffelmann, Jahresbericht über die Fortschritte der Gesundheitspflege. X. Jahrgang ff.
Verwaltungsberichte des Magistrats von Berlin betr. die Verwaltung der Kanalisationswerke, vom Rechnungsjahre 1875 an.

Общесплавная система водостоковъ.

a. Общее расположеніе сѣти водостоковъ.

Baumeister, Städtisches Strassenwesen u. Städteentwässerung, 1890.
Entwässerung der Stadt Szegedin in d. Dtsch. Bauztg. 1887.
Franzius u. Sonne, Handb. d. Ingenieurwissensch. 3. Bd.
Hobrecht, Die Kanalisation von Berlin, 1884. Centralbl. d. Bauverwltg. 1884.

b. Уклонъ каналовъ и скорости теченія.

Franzius u. Sonne, Handb. d. Ingenieurwissensch. 3. Bd.
Hobrecht, Die Kanalisation von Berlin, 1884.
Horton, On flow in Sewers (Proc. Am. Soc. C. E. 1901, January).

c. Поперечныя сѣченія водостоковъ.

Baumeister, Städtisches Strassenwesen u. Städtereinigung, 1893.
Bestimmung der Querschn. von Entwässerungskanälen, in der Zeitschr. d. Archit.- u. Ingen.-Ver. zu Hannover 1875.
Die Kanalprofile in der neuen Avenue de l'Opéra in Paris, in Nouv. Annal. de la constr. 1877.

Franzius u. Sonne, Handbuch der Ingen.-Wissensch. 3. Bd.
Ueber den Querschnitt gemauerter Kanäle im Wochenbl. f. Archit. u. Ingen. 1884.

d. Матеріалы и устройство водосточныхъ каналовъ.

О вліяніи кислотъ на строительные матеріалы водостоковъ см.:
Bayrisch. Industrie- und Gewerbebl. 1878,
Deutsch. Bauztg. 1879, 1882, 1883, 1894,
Thonindustrieztg. 1878, 1893,
Wochenbl. f. Arch. u. Ingen. 1879,
Centralbl. d. Bauverwaltung (1884),
О долговѣчности различныхъ строительныхъ матеріаловъ въ Вѣнскихъ водостокахъ см. Wochenschr. d. öster. Ingen.- u Arch.-Ver. 1879.
Kanäle aus Betonguss mit Sohlen aus glasiertem Steinzeug, in der Zeitsch. d. öster. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1877.
Ueber das Verlegen von Ableitungsrohren aus gebranntem Thon, im Centralbl.. der Bauverwltg. 1889.
Renk, Die Kanalgase, deren hygien. Bedeutg. u. techn. Behandlg., 1882.
Gerhard, Anlage von Hausentwässerungen, 1889.
Linse, Ueber Hauskanalisation, 1881.
См. также Gesundheitsingenieur 1893 u. Hygien. Rundschau 1894.
Webster & Wagner, On Subway Sewer Construction (Proc. Am. S. C. E. December, 1900.

e. Глубина заложенія каналовъ.

Arnould, Nouveaux élémens d'hygiène, 1889.
Baumeister, Städtisches Strassenwesen u. Städtereinigung.
Bericht der techn. Kommission des Altonaer Industrie-Ver. in der Beil. № 126 d. Altonaer Nachr. 1861.
Chailly. Anlage und Bau der Abzugskanäle. Wien 1876.
v. Fodor, im Gesundheitsingenieur 1883.
— Hygien. Unters. über Luft, Boden u. Wasser, 1882.
Gesundheitsingenieur 1893.
M. v. Pettenkofer, Das Kanal- oder Sielsystem in München. Gutachten, abgegeben von der durch den Stadtmagistrat gewählten Kommission.
Raynald Legouëz. Emploi du Bouclier dans la construction des Souterains. Paris. Baudry, 1897.
The sewage flow of Chiswick; Transact. of the Proceedings of the Inst. of Civ. Engineer, London.
Wibel, in den Abhandl. d. Naturwissensch. Ver. von Hamburg 1883.
Wolffhügel, in der Zeitschr. f. Biol. 11 Bd. und im Bericht über d. Verhdl. d. vom Stadtmagistrat München niedergesetzten Kommission f. Wasserversorgung, Kanalisation und Abfuhr, 1874 u. 1875.
— Ueber die Verunreinigung des Bodens durch Strassenkanäle und Abortgruben 1875 Vierteljschr. f. ö. Gesdhtpfl. 1872 u. 1876.

f. Пріемные и смотровые колодцы.

Anlage von Strasseneinläufen, The Builder 1881.
Baumeister, Städtisches Strassenwesen u. Städtereinigung, 1890.
Einsteigeschächte und Lampenlöcher, im Scientif. American 1884.
Franzius u. Sonne, Handb. d. Ingenieurwissensch. 3. Bd.

g. Пересѣченія водостоковъ съ текучими водами, трубопроводами,ливнеспуски и т. п. устройства.

Baumeister, Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung, 1890.
Düker durch die Alte Elbe für die Entwässerung d. Stadt Magdeburg, Dtsch. Bauzeitg. (1893).
Frankfurt a/M. und seine Bauten, 1886.
Franzius u. Sonne, Handb. d. Ing.-Wissenscfi. 3. Bd.; Dtsch. Bauztg. (1893) und Gesundheitsingenieur (1893).

Hamburg und seine Bauten, 1890.
Heberleitung zur Entwässerung der Sandinsel in Breslau, Dtsch. Bauztg. (1891).
Hobrecht, Die Kanalisation von Berlin, 1884.
Seeauslässe für Schwemmkanäle, im Scientific American (1881).
Selbstthätige Auslassschleuse in Salford, in The Engineer (1879).
Steuernagel, Kanalisation der Stadt Cöln, Vierteljschr. f. ö. Gesndhtspfl. (1892 u. 1893).

h. Промывка водостоковъ.

О большихъ самостоятельныхъ промывныхъ устройствахъ см.:
Centralbl. d. Bauverwaltung (1884),
Gesundheitsingen. (1884, 1886, 1887, 1890, 1892);
Dingler's Polytechn. Journal (1884, 1885), 257 Bd.;
Journal f. Gasbel. u. s. w. (1886);
The Engineer (1885);
Revue industr. (1885);
Génie civil (1886);
Engineering and Building Record (1889).
Устройства для очистки низкихъ каменныхъ каналовъ въ Engineering News (1885).

k. Вентиляція водостоковъ.

Crimp, Experiments on the movement of sewer air at Wimbledon, in Transact. of. Inst. of Civ. Engin. London 1889.
Hesse, Quantitative Bestimmung der in der Luft enthaltenen Mikroorganismen in den Mitt. a. d. Kaiserl. Gesdh.-A. 1884.
— Bemerkungen zur quantitativen Bestimmung der Mikroorganismen der Luft Zeitschr. f. Hyg. (1886) IV.
Lissauer, Ueber das Eindringen von Kanalgasen in die Wohnräume, Vierteljschr. f. ö. Gesundheitspfl. 13. Bd.
Mc Clellan, The sewer gases question, New-York 1890.
Miquel, Les organismes vivants de l'atmosphère, Paris 1883.
— Étude sur les poussières organiques de l'atmosphère, Compt. rend. hebd. de l'académie des sciences 1878 und in den Annuaires de Montsouris 1879.
— Septième mémoire sur les organismes microscopiques de l'air et de l'éau, Ann. de Montsouris 1885.
Mori, Ueber pathogene Bakterien im Kanalwasser, Zeitschr. f. Hyg. 4. Bd.
v. Naegeli, Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infektionskrankh. u. d. Gesundheitspfl.. 1878.
— Uebergang von Spaltpilzen in die Luft, Centralbl. f. d. medizin. Wissenschaften, 1882.
Poincarè, Etude sur les circonstances qui peuvent faire varier la richesse des égouts en microbes, Revue d'hygiène 1889.
Soyka, Roszahegyi, Renk, Ueber Kanalgase als Verbreiter epidemischer Krankheiten, Vierteljschr. f. ö. Gesundheitspfl. 14 Bd.
Soyka, Untersuchungen zur Kanalisation, 1885.
Strachan, On sewer ventilation, Tr. Inst. C. Eng. 1886.
Ueber Lüftung von Strassenkanälen, im Gesundheitsingenieur 1880, 1888; Centralbl. d. Bauverwltg. 1882; Wochenbl. f. Bauk. 1886; The Builder 1880; Iron 1888. Scientific American 1873, 1880, 1886, 1889.
Ueber Vergiftungen durch Kanalgase siehe Vierteljschr. f. ger. Mediz. (1893) 3. Folge 5. Bd. 2. H.
Vermeintliche Typhusepidemien durch Kanalgase in Ann. d'hyhiène, 21. Bd. 338.
Zuber, Des gaz d'égout et de leur influence sur la santé publique, Revue d'hygiène 1881.
— De l'influence pathogénique des gaz d'égout, Revue d'hygiène 1882.

l. Насосныя станціи.

Baumeister, Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung. 1880.
Frankfurt a/M. und seine Bauten, 1886.

Franzius u. Sonne, Handb. der Ing.-Wissensch. 3. Bd.
Hamburg und seine Bauten, 1890.
Hobrecht, Die Kanalisation von Berlin 1884. Dtsch. Bauztg. (Breslauer Heber) 1893 S. 505.
Köln und seine Bauten, 1892.
Vierteljschr. f. ö. Gesdhtspfl. (1892).

Домовая и дворовая канализація въ санитарномъ, техническомъ и полицейскомъ отношеніяхъ.

Assmann, Die Be- und Entwässerung von Grundstücken, 1893.
Barde, Salubrité des habitations et hygiène des villes, Genf 1891.
Bargum, Baupolizeigesetz der Stadt Hamburg, 1892.
Baumeister. Normale Bauordnung, 1880.
Bayley-Denton, Handbook of house sanitation, London 1882.
Beielstein, Die Wasserleitung in Wohngebäuden, 2. Aufl. (1884). Aerzte, 1888.
Brix, Die Kanalisation von Wiesbaden, 1887.
Clarke, Plumbing practice, London 1891.
Die Hausentwässerung unter besonderer Bekücksichtigung der für die Stadt Köln giltigen Verordnungen, herausgeg. vom Archit.- u. Ingen.-Ver. f. Niederrhein u. Westphalen, Köln 1887.
Dr. R. Emmerich, Wasserklosett-Anlagen, München 1892 (Sonderabdruck aus dem Bayr. Industrie- u. Gewerbebl.).
Gerhard, Anlage von Hausentwässerungen, 1880. en,
— House drainage and sanitary plumbing, Providence 1882.
— Drainage and sewerage of dwellings, New York 1884.
— Sanitary drainage of tenement houses, Hartford 1884.
— The disposal of household wastes, New York 1891.
— Die Hauskanalisation in der Deutsch. bautechn. Taschenbibliothek, 1885.
v. Gruber, Anhaltspunkte f. d. Verfassung neuer Bauordnungen, 1893.
Hobrecht, Die Kanalisation von Berlin, 1884.
v. d. Hude u. Hennicke, Entwässerung des Centralhotels in Berlin in der Zeitschr. f. Bauw. (1881).
Janke, Die Schwemmkanalisation und die Anschlüsse der Grundstücke an dieselbe, Berlin 1879.
Jäschke, Die preussischen Polizeigesetze.
Koch, Die Be- und Entwsserungsanlagen der Grundstücke von Berlin, Berlin 1878.
Knauff, Entwurf zu einem Normalstatut für Hausentwässerungen; „Der Rohreger“, 1880.
— Die Hauskanalisation in ihrer praktischen Ausführung mit Hinblick auf die für Berlin geltenden massgebenden Bestimmungen u. s. w., Berlin 1879.
— Entwässerung und Reinig. d. Gebäude im Handb. d. Archit. (1891) 3. Teil 5 Bd.
Lent. Köln. Festschr. f. d. Mitglieder und Teilnehmer der 61. Vers. deutscher Naturf. u. Aerzte, 1888.
Linse, Ueber Hauskanalisation, mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Aachen, Aachen 1881.
Lüftung der Hausleitungen in The Builder (1876); daselbst über Hausentwässerung, (1880); Beiträge von Rogers Field u. Corfield; desgl. daselbst über Mängel von Hausentwässerungen und ihre Folgen, 1876 u. 1879; über denselben Gegenstand in The Engineer (1879 u. 1880).
Passavant, Der verbesserte Erdabtritt Frankfurt a. M. 1879.
Nadeïn, Neues Sanitär-Ökonomisches Canalisations-System.
Peters, Die Kanalisationsanlagen des Central-Viehmarktes und -Schlachthofes zu Berlin im Wochenbl. f. Arch. u. Ingen. (1881 u. 1882).
E. Putzeys, L'hygiène dans les constructions des habitations privées, Paris et Liège.
Regulations of the Town Council of Aberdeen, regarding plans of new buildings and the mode of executing the drainage and ventilation of houses, 1893.
Renk, Die Kanalgase, deren hygien. Bedeut. u. techn. Behdlg., 1889.
Statut XXXI betr. die Baupolizeiordnung für die Stadtgemeinde Oldenburg, 1890.

Stevens-Hellyer, Traité pratique de la salubrité des maisons, traduit de l' anglais par Poupard ainè, Paris 1889.
P. Teale, Lebensgefahr im eigenen Hause; aus dem Englischen übersetzt von I. K. H. der Prinzess Christian v. Schlesw.-Holst., bearb. v. Wansleben, 1886.
Vogel, Die Anlage der Hausentwässerungen in Hannover, Linden, 1893.
Waring, The sanitary drainage of houses and towns, Boston 1889.

Раздѣльныя системы водостоковъ.

A. О раздѣльныхъ системахъ вообще.

Baumeister, Das Separatsystem der Städtereinigung, Vierteljschr. f. öff. Gesundheitspfl., 15 Bd.
— Städteerweiterungen in technischer, baupolizeilicher und wirtschaftlicher Beziehung, 1876.
— Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung, 1890.
Berichte über den internationalen Kongress für Hygiene u. Demographie zu Wien, 1887, insbes. H. IV.
— Über die Allgem. Deutsche Ausstellung auf dem Gebiete der Hygiene und des Rettungswesens zu Berlin 1882/83, 3 Bd., 1886.
Breyer, J., Die Beisetzung der Abfallstoffe durch das Gas Hochdruck-System. Wien, 1881.
Clark, The separate system of sewerage, Report of the State Board of Health of Massachusetts, Boston 1881.
Cöln, Festschrift von Dr. Lent zur 61. Versammlung deutsch. Naturforscher u. Aerzte, 1888.
Die systemat. Reinigung u. Entwässerung der Städte, Gesundheits-Ingenieur 1881.
Knauff, Ableitung des Regenwassers aus Städten, Gesundheits-Ingenieur 1882.
Köhn, Die Kanalisation von Charlottenburg, Vierteljschr. f. öff. Ges., 19. Bd.
Le tout à l'égout; Rapport fait par la commission composée de Mr. A. Dévaux, Dr. en médécine, Inspect. général du service de santé civil et d'hygiène au ministère d'agriculture et de l'industrie et des travaux publics et de Mr. M. F. Putzeys, Dr. en méd., Professeur d'hygiène à l'Université de Liège, 1889.
Mittermaier, Reinigung und Entwässerung von Heidelberg, 1870.
Sanders, F., Vidange par la force hydraulique-syctème Sanders. St -Petersbourg, 1889.
Staley and Pierson, The separate system, Newyork 1886.

B. О системѣ Ліернура вообще.

R. Blasius, Bericht über den 5. internationalen Kongress für Gesundheitspflege in Prag, V. f. öff. Ges. 17. Bd. 237 ff.
Erismann, Entfernung der Abfallstoffe, in Pettenkofer's Handb. d. Hyg. u. d. Gewerbekrank. (1882) II. Teil I. Abt. 1. Hälfte.
Glöckner, Die wirkliche Bedeutung der Versuche zur Einführung der pneumatischen Kanalisation zu Prag (1869).
E. Heiden, A. Müller und K. v. Langsdorff, Die Verwertung der städtischen Fäkalien (1885), 184.
Laurin, Das Liernur'sche System u. s. w., Prag 1869.
Liernur, Ueber Strassenreinigung in den Städten, Monatsbl. f. öff. Ges. (1879). 2. Bd. 22.
Dr. G. H. O. Volger, gen. Senckenberg, Eie Schwemmsielfrage angesichts des Liernurschen Abfuhrverfahrens mit Saugsielen, Frankfurt a/M. 1869.
Zeitschr. f. angew. Chemie (1891) № 10, 294.

Сверхъ названныхъ см. о системѣ Ліернура нижеслѣдующія работы:

Ba. Болѣе или менѣе безразлично относящіеся къ системѣ Ліернура.

H. Eulenberg, Gutachten der Kgl. wissenschaftl. Deputation, betr. das Liernur'sche Reinigungsverfahren in Städten, Vierteljschr. f. Med. u. öff. San.-W. (1884) XL. Supplementheft.

Knauff und Esser, Bericht über die zu Amsterdam und Leyden angestellten Versuche mit dem Liernur'schen Systeme, Viertelj. f. öff. Ges. (1871) 4 Bd. 316.
L. Mitgau, Bericht überdie in Berlin, Amsterdam etc. eingeführten Systeme der Städtereinigung, Braunschweig 1880.
C. Wallis, Liernur's Differenseringssystem och fragan am städers renhaltning, Stockholm 1877 (nach Virchow-Hirsch, Jahresber. (1878), 503 eine kritische Darstellung des Liernur'schen Systems etc.).

Bb. За систему Лиернура.

Adam Scott, Darlegung und Kritik des Liernur'schen Städtereinigungssystems, Sanitary Record, 21. Nov. 1874.
Arch. f. rat. Städteentwässerung, herausgegeben von Ch. T. Liernur (1891) 7. Heft, 201.
E. Bochmann, Die Reinigung und Entwässerung der Städte, Riga, W. F. Hücker, 1877, 35 ff.
Bornemann, Das Liernur-System Berlin 1892.
R. Braungart, Der gegenwärtige Standpunkt der Städtereinigungsfrage und die Einführung des Schwemmkanalisations-Systems in München, Freising, Dalterer, 1890.
Die Einführung des pneumatischen Kanalisationssystems zu Prag und deren Resultate, Techn. Bl., V. d. d. Ingen.- u. Arch.-Ver. in Bohmen (1869) I. 1. Heft.
Die Schwemmkanalisation vor den Berliner Stadtverordneten am 14. Oktober 1880, eine historisch-kritische Studie, Dresden 1881.
Esser, Gutachten über das Liernur'sche System (für Heidelberg), V. f. öff. Ges. (1872) 4. Bd. 320.
Ewich, Die Städtereinigungssysteme in Bezug auf Gesundheitspflege, Ackerbau, Nationalökonomie und Rentablität, Monatsschr. f. med. Stat. und öff. Gesundheitspfl. (1869) № 7.
Fr. Gesellius, Kanalisation oder Abfuhr, vom Standpunkte der Parasitentheorie für St Petersburg, St. Petersburg, A. Münx, 1869. (NB. Kritisch widerlegt von Wasserfuhr, Viertelj. f. öff. Ges. 1. Bd. 204.
F. C. Krepp, The Sewage Question, London 1867.
Kanalisation und Abfugr mit besonderer Beziehung auf Leipzig, vom Sanitätsausschuss des ärztl. Zweigvereins in Leipzig, Leipzig 1869 (kritisch widerlegt von Wasserfuhr, Viertelj. f. öff. Ges. 1. Bd. 270).
Ch. T. Liernur, Offener Brief an die Teilnehmer der 42. Versammlung der Naturforscher und Aerzte zu Dresden 1888, Prag 1869.
— Die Einführung des pneumatischen Kanalisationssystems in Prag, V. d. d. Ing.- u. Arch.-Ver. in Böhmen, I. Jahrg., 1. Heft.
— Die pneumatische Kanalisation und ihre Gegner, Frankfurt a/M. 1870.
— Die Ueberrieselungsfrage und Prof. Dünckelberg in Wiesbaden, Frankfurt a/M., Boselli 1870.
— Beantwortung der im Schreiben des Magistrats vom 1./3. 1871 vorgelegten Fragen betreffend das Kanalisationsprojekt in Berlin, Berlin 1871.
— Die pneumatische Kanalisation in der Praxis, Frankfurt a/M. 1873.
— Ueber die Kanalisation von Städten auf getrenntem Wege, im Vergleiche mit dem Schwemmsystem, Vortrag, gehalten in Bern am 11. Jan. 1876, Zürich, Meyer und Zeller, 1876.
— Ueber die Städtereinigung, Allg. Wiener med. Zeit (1878) № 40—44 u. 47.
— Vortrag über Städtereinigungssysteme gelegentlich der XX. Wanderversammlung bayricher Landwirte zu Bayreuth am 4./6. 1878, Berlin u. Leipzig 1878.
— Die Verunreinigung deutscher Flüsse, Berlin u. Leipzig 1878.
— Vortrag über „Städtereinigung" auf der 5. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Cassel (Hyg. Sekt.), V. f. off. G. (1879) 11. Bd. 295.
— Ueber das Kanalisieren von Städten auf getrenntem Wege, Vortrag, gehalten in Frankfurt a/M. am 24. Juli 1879, Frankfurt a/M., 1879.
— Zur Prüfung der Kanalisation auf getrenntem Wege seitens der Münchener Kommission. Frankfurt a. M. 1880.
— Beantwortung der Fragen der Königl. preussischen wissenschaft. Deputation vom

11. Jan. 1892 inbetreff der Kanalisation auf getrenntem Wege (Differenzier-System) (als Manuskript für Privatgebrauch gedruckt).
Ch. T. Liernur, Archiv f. ration. Städteentwässerung, Heft 1 (1884)—Heft 9 (1891) — Rationnelle Städteentwässerung. Eine critische Beleuchtung sämmtlicher Systeme. Berlin, 1884. 4 тома.
The Liernur-Sewerage-System judged by Hawksley, Power, Sibson, Southern. Eulenberg, Alexander Müller and the Royal Ministers of the Kingdom of Prussia, Amsterdam 1883. 28 ff. Uebersetzt ins Deutsche in Prager med. Wochschr. 1883 № 33 von Dr. T. Bulova.
v. Overbeck de Meyer, Les systèmes d' évacuation des eaux et immondices d'une ville, Paris, G. Masson, 1880.
Palasciano, Vortrag über das Liernur'sche System der Städtereinigung in der hygienischen Sektion des VI. intern. mediz. Kongresses der medizinischen Wissenschaften zu Amsterdam, Referat darüber in V. f. öff. G. (1880) 12. Bd. 487.
Pieper, Ingenieur, „Schwemmkanäle oder Abfuhr", Dresden, Bach., 1869.
Reinhardt und Merbach, Amtlicher Bericht über die auf einer Reise nach Holland inbetreff des Liernur'schen pneumatischen Systems daselbst gesammelten Erfahrungen, Vierteljschr. f. ger. Med. u. öff. Sanitätsw. (1875) N. F. 23. Bd. 189.
A. Reuss, Offizielle Berichte von Staats- und Stadtbehörden über das Liernur'sche Kanalisationssystem, Heilbronn 1877.
Schröder und Lorent, Bericht über die vom Capitain Liernur in Amsterdam ausgeführten Einrichtungen für Entfernung der Fäkalstoffe (für Bremen) V. f. öff. Ges. (1872) 4. Bd. 486.
A. Schultz, Anhaltspunkte zur Beurteilung der Kanalisationsfrage in Berlin, Berlin, Wiegandt, Hempel und Parey, 1880.
A. Schultz, Zur Städtereinigungsfrage, eine Studie mit besonderer Rücksicht von Berlin, 1881.
Fr. Thon, Gesundheit und Agrikultur oder die Lösung der Latrinenfrage u. s. w., Cassel und Göttingen 1869.
Verhandlungen des Internationalen Vereins gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft. I. Versammlung 1877 in Köln, Berlin und Leipzig 1878. — II. Versammlung 1878 in Cassel, Frankfurt a/M. 1880. — III. Versammlung in Baden-Baden 1879, Frankfurt a/M. 1881.—IV. Versammlung in Mainz 1880, Frankfurt a/M. 1881.
G. Virchow, Kanalisation oder Abfuhr, Berlin 1869
R. Zehfuss, Die pneumatische Kanalisation beleuchtet mit Rücksicht auf Gesundheitspflege, Land- und Forstwirthschaft, I. Abt. Frankfurt 1869.

Вс. Противъ системы Ліернура.

Das Liernur'sche System für Stuttgart empfohlen; Für und Wider. Obermedizinalrat Reuss und die Schwäbische Chronik, Viertelj. f. öff. G. (1873) 5. Bd. 147.
W. Gunning in Amsterdam, Vortrag über das Liernur-System auf der 51. Versamml. deutscher Naturf. u. Aerzte zu Cassel, Referat darüber in Viertelj. f. öff. G. (1879) 11. Bd. 302.
Ladislas Hajnis, Historisch-kritische Studien über das Liernur-System, mit besonderer Berücksichtigung des Entwässerungssystems mittels Injektoren; übersetzt aus dem Bohmischen, Prag, 1886.
Hobrecht, Das Liernur'sche System und seine Anwendung in Prag, Viertelj. f öff. G. (1869) 1. Bd. 552.
J. Kaftan, Der gegenwärtige Stand der Fäkalienabfuhr nach dem Differenziersystem, Viertelj. f. öff. G. (1885) 17. Bd. 407.
Knauff, Gutachten über das Liernur'sche System (für Heidelberg), Viertelj. f. öff. G. (1872) 4. Bd. 323.
Liernur's System in Amsterdam, redaktionelle Mitteilung einer Notiz von Gosi in Amsterdam, in Medical Times and Gazette vom 8./3. 1873, Viertelj. f. öff. G. 6. Bd. 163.
H. Marggraff, Wasserversorgung, Kanalisation und Abfuhr, München 1879.
L. Mitgau, Liernur's System der Städtereinigung, Braunschweig 1879.
Reisebericht der Münchener Kommission über die Besichtigung der Kanalisations-

und Berieselungs-Anlagen in Frankfurt a/DM., Berlin, anzig und Breslau, sowie der Liernur-Anlagen in Amsterdam, Leyden und Dordrecht.
J. Soyka, Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände, München 1880.
Urteile über Versuche mit dem sogen. Liernur'schen Systeme in Hanau, V. f öff. G. (1871) 3. Bd. 312.
G. Varrentrapp, Das Liernur'sche System und seine neuen offiziellen Beurteiler, Viertelj. f. öff. G. (1877) 9. Bd. 593.
Virchow, Ueber die Verwendung der städtischen Unreinigkeiten, Referat auf der X. Versammlung d. D. V. f. öff. G. in Berlin 1883, Viertelj. f. öff. G. (1883) 15. Bd. 584.
— Reinigung und Entwässerung Berlins, Generalbericht, Berlin 1873, 89 ff.

C. О системѣ Берлье.

Bericht der Gesundheitskommission der Stadt Utrecht, aus dem Holländischen übersetzt von Francis Liernur, Arch. f. rat. Städteentwässerung von Ch. T. Liernur (1890) 6. Heft 1.
Berlier, Sur l'évacuation des vidanges; Bullet. Soc. médicale publique, 1882.
Heiden, Müller u. von Langsdorff, Die Verwertung der städtischen Fäkalien, Hannover 1885 173 ff.
Overbeck de Meyer in Ann. d'Hyg. 1882 № 8 178.—Его же Les systèmes d'évacuation etc. 99.
E. Ferrand, Vidanges et égouts, Lyon méd. 1886.
Rapport sommaire sur le système des vidanges Berlier, см. Travaux de la commission de l' assainissement de Paris, 1883.
E. O. Schubarth, Berlier's pneumatisches System, ein Beitrag zur Städtereinigungsfrage, Berlin, A. Seydel, 1883.
J. Stübben, Ein neues System der Beseitigung der menschlichen Abfallstoffe aus den Städten (System Berlier), Centralbl. f. allg. Ges. (1884) 2. Bd. 1.

D. О системѣ Веринга.

Pontzen, Première application à Paris de l'assainissement suivant le système Waring. Paris 1884.
Waring, The sewerage of Memphis, in den Transactions of the Sanitary Inst. of Great Britain, 1880, und in den Transact. of the Americ. Society of Civilengineers, 1851.
— Sewerage and Land draining. Forth Edition. New-Jork, 1897.
White, Drainage of Oxford. 1887.

E. О системѣ Шона.

Knauff, Die Mängel der Schwemmkanalisation gegenüber dem Shone-System,. 1883.
— Entwurf zur Kanalisation der Stadt Potsdam, 1885.
Sheme intended for Stansty etc. with exposal for sewering the same on Isaac Shones sewerage system, London 1880.

Ремонтъ, эксплуатація, стоимость водосточныхъ сооруженій.

Baumeister, Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung, 1890.
Dobel, Kanalisation, Anlage und Bau städtischer Abzugskanäle und Hausentwässerungen, 1886,
Franzius u. Sonne, Handb. d. Ingenieurwissensch. 5. Aufl. (1893) 3. Bd.
Hobrecht, Die Kanalisation von Berlin, 1884.
Verwaltunhsberichte des Magistrats von Berlin von 1875 an.
Bechmann, Salubrité urbaine. Paris, 1899.

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ.

Количество и составъ сточныхъ водъ.

СОДЕРЖАНІЕ: § 111. Вещества, подлежащія удаленію изъ предѣловъ населенныхъ мѣстностей. — § 112. Свойства поверхностныхъ (уличныхъ) водъ. — § 113. Количество уличныхъ водъ.—§ 114. Свойства домовыхъ водъ.—§ 115. Количество домовыхъ водъ.—§ 116. Фабричныя воды.—§ 117. Грунтовыя воды.—§ 118. Составъ сточныхъ водъ.—§ 119. Ливнеотводы и разжиженіе домовыхъ водъ уличными.

§ 111. Вещества подлежащія удаленію изъ предѣловъ населенныхъ мѣстностей.

Вещества, подлежащія удаленію изъ предѣловъ населенныхъ мѣстностей, весьма различны по своимъ свойствамъ и своему антисанитарному значенію.

Вообще они суть слѣдующія:

1) *Атмосферныя воды*—отъ дождя и снѣга и пр., которыя могутъ называться въ данномъ случаѣ *поверхностными* или *уличными*.

1) *Отработавшія воды городского водоснабженія*, т. е. помои изъ бань, кухонь, прачешныхъ, клозетовъ, боень, воды отъ поливки улицъ, фонтановъ и т. д., обыкновенно называемыя *домовыми*, и фабрикъ, заводовъ и пр.—*фабричныя* воды.

3) *Грунтовыя воды*.

4) *Соръ*, домовый и уличный, и уличная *грязь*.

Для правильнаго проектированія и осуществленія всѣхъ санитарно-техническихъ мѣропріятій въ какомъ-либо городѣ необходимо тщательное и подробное изученіе въ качественномъ и количественномъ отношеніи всѣхъ перечисленныхъ веществъ. Это изученіе должно быть производимо въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ спеціально, такъ какъ разсматриваемыя вещества крайне различны и по качеству и по количеству для разныхъ мѣстностей.

Отсылая читателя по этому вопросу къ спеціальнымъ трактатамъ, мы здѣсь разсмотримъ только общія свойства водъ, подлежащихъ удаленію изъ населенныхъ мѣстностей и укажемъ методъ для опредѣленія ихъ количества, имѣя въ виду, что домовой соръ и отчасти уличная грязь удаляются обыкновенно исключительно путемъ вывоза, остальныя же вещества (воды) могутъ быть удаляемы посредствомъ водостоковъ.

§ 112. Свойства поверхностныхъ (уличныхъ) водъ.

Составъ и свойство водъ, стекающихъ съ поверхности улицъ и дворовъ, измѣняются въ значительныхъ предѣлахъ, какъ по мѣсту, такъ и по времени. На составъ этихъ водъ имѣетъ вліяніе способъ мощенія улицъ и дворовъ, густота строеній, размѣры и родъ движенія, степень заботливости, съ которою поддерживается чистота на улицахъ, ширина и профиль улицъ, расположеніе ихъ относительно странъ свѣта, присутствіе растительности на улицахъ, относительное количество осадковъ и пр. Составъ уличныхъ водъ измѣняется также въ различные періоды года, и наибольшее вліяніе при этомъ имѣетъ годовое распредѣленіе количества выпадающей влаги. Частые, но слабые дожди значительно загрязняютъ улицы и, наоборотъ, рѣдкіе и обильные дожди производятъ меньшее загрязненіе. Въ нѣкоторыхъ большихъ городахъ, гдѣ на очистку улицъ не обращается должнаго вниманія, стекающія воды слабыхъ дождей могутъ иногда быть больше загрязнены, чѣмъ спускаемые изъ домовъ помои. Но, съ другой стороны, промытая въ первый періодъ сильнаго дождя мостовая при дальнѣйшемъ продолженіи дождя не доставляетъ больше нечистотъ, такъ что вся стекающая во второй періодъ вода отличается сравнительно чистотою состава, и замедленіе при удаленіи ея не можетъ считаться опаснымъ въ санитарномъ отношеніи.

Измѣненія въ составѣ водъ, стекающихъ съ городскихъ улицъ, еще весьма мало изслѣдованы, и имѣющіяся по этому предмету разрозненныя и случайныя данныя не вполнѣ надежны. Особаго интереса заслуживаютъ результаты наблюденій французскаго инженера Durand-Clay, производившаго многочисленные анализы сточныхъ водъ въ поверхностныхъ каналахъ парижскихъ улицъ. Въ

одномъ куб. метрѣ этой воды имъ найдено было въ среднемъ 37,7 гр. азотистыхъ веществъ, 822,9 гр. органическихъ и 1007 гр. минеральныхъ веществъ. При этомъ въ одномъ куб. сантиметрѣ найдено имъ въ среднемъ 127.273 микробовъ. Эти количества относятся въ водѣ, стекающей съ улицъ непосредственно передъ началомъ промывки улицъ. Послѣ промывки количество органическихъ веществъ уменьшалось приблизительно въ 10 разъ, а число микробовъ въ 4 раза; количество же азотистыхъ веществъ уменьшалось—въ $2^1/_2$ раза.

Въ мѣстностяхъ, гдѣ снѣговой покровъ значителенъ и гдѣ происходитъ ѣзда на саняхъ, за зиму на поверхности улицъ можетъ скопляться очень большое количество отбросовъ всякаго рода, которые попадая при таяніи снѣга въ водостоки, значительно увеличиваютъ загрязненіе сточныхъ водъ. Вообще, снѣгъ можетъ имѣть очень большое вліяніе, какъ на составъ, такъ и на количество сточныхъ водъ, въ особенности при быстрыхъ оттепеляхъ. Замѣтимъ здѣсь, кстати, что въ городѣ, гдѣ снѣжный покровъ не достаточно устойчивъ и мѣшаетъ городскому движенію (напр. Парижъ и др. гг.) прибѣгаютъ для удаленія его къ искусственнымъ пріемамъ, помимо вывозки, напр. къ посыпанію снѣга солью, отчего образуется жидкость не замерзающая при —9° С. и могущая стекать въ водостоки.

§ 113. Количество уличныхъ водъ.

При составленіи проекта канализаціи однимъ изъ наиболѣе важныхъ основныхъ элементовъ являются свѣдѣнія о количествѣ уличныхъ водъ, подлежащихъ удаленію по водостокамъ. Водостокъ долженъ имѣть такіе размѣры поперечнаго сѣченія и уклона, чтобы возможный расходъ воды въ немъ былъ не меньше наибольшаго секуднаго притока воды къ данному сѣченію. Очевидно, слѣдовательно, что для точнаго опредѣленія размѣровъ водостока необходимо знать, сколько именно можетъ къ каждому его сѣченію притекать воды въ секунду при наибольшей интенсивности притока. Задача эта очень сложна, въ особенности по отношенію къ уличнымъ водамъ, и въ настоящее время лишь для немногихъ мѣстностей имѣется достаточно точныхъ данныхъ о количествѣ выпадающаго дождя и снѣга, о той части этого количества, которая можетъ или должна попадать въ водостоки.

При слабыхъ дождяхъ вода большею частью вовсе не попадаетъ въ водостоки, такъ какъ она, не достигая ихъ, теряется черезъ испареніе и просачиваніе въ почву. Поэтому по городскимъ водостокамъ дождевыя воды текутъ не каждый разъ, когда въ городѣ идетъ дождь.

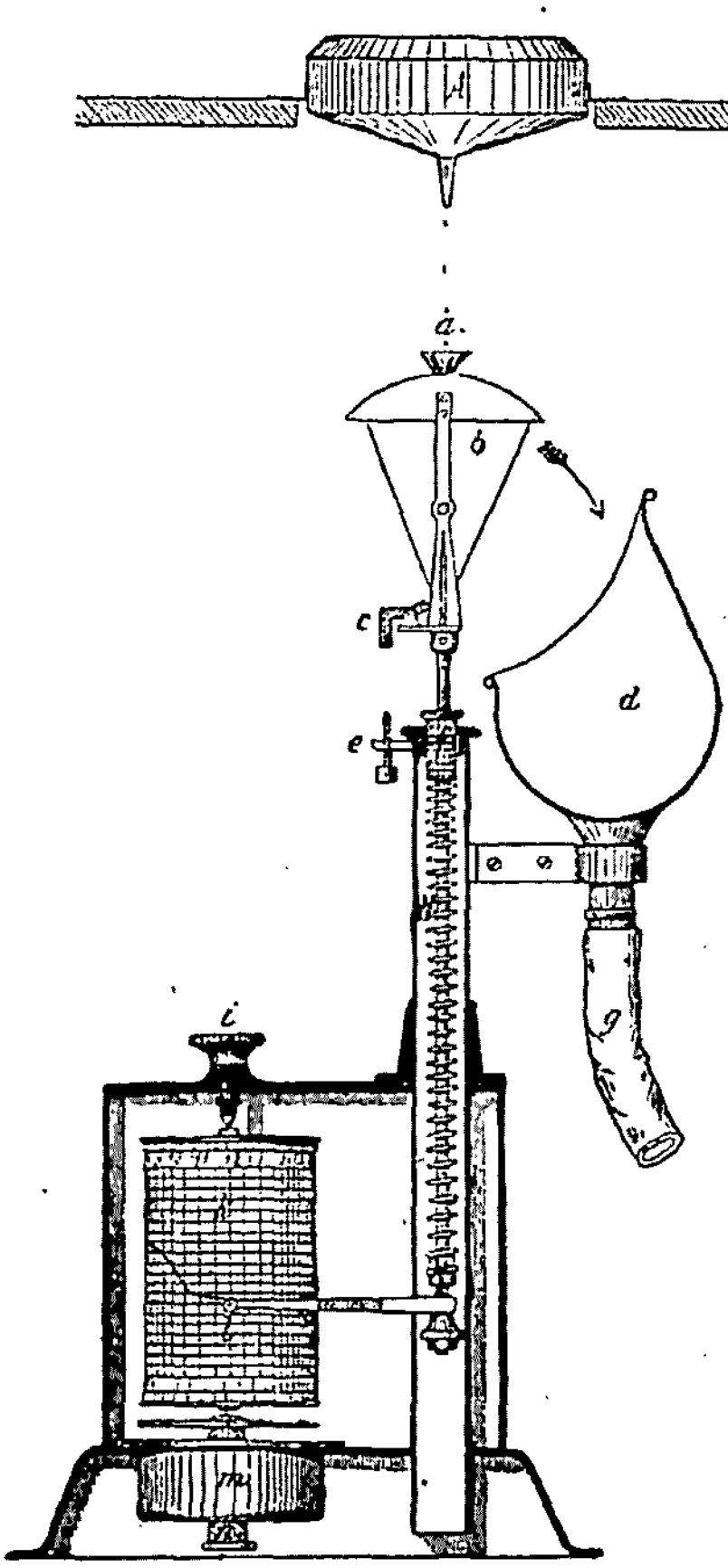
Такъ, напримѣръ, по вычисленіямъ на основаніи сорока-четырехъ лѣтнихъ наблюденій въ Берлинѣ, дождевые дни въ теченіи года распредѣляются въ зависимости отъ высоты слоя осадковъ слѣдующимъ образомъ (см. табл. 31):

Таблица № 31. Распредѣленіе дождевыхъ дней въ Берлинѣ въ зависимости отъ высоты выпавшихъ осадковъ.

Число дождевыхъ дней въ году.	Соотвѣтствующая высота слоевъ осадковъ въ миллиметрахъ.
13,5	0,0— 0,2
42,5	0,3— 1,0
70,8	1,7— 5,0
25,2	5,1—10,0
7,2	10,1—15,0
2,9	15,1—20,0
1,4	20,1—25,0
0,8	25,1—30,0
0,7	больше—30,0
Итого . 165	

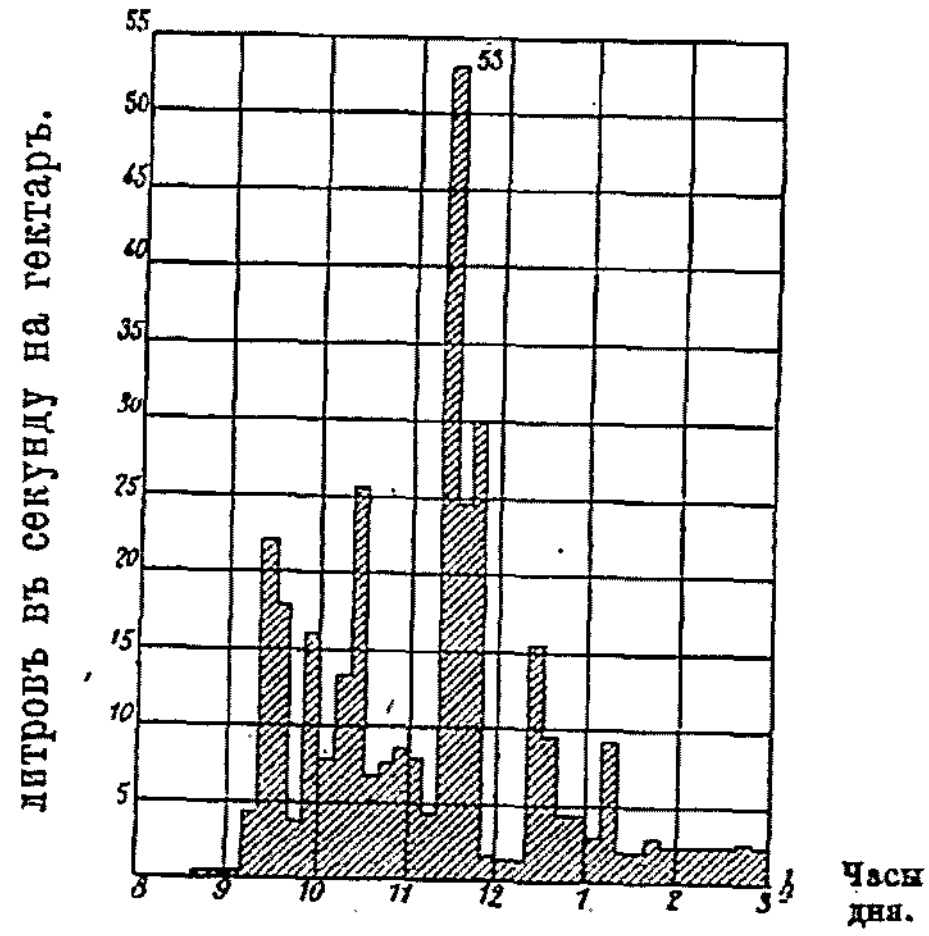
Но такъ какъ при высотѣ суточнаго слоя осадковъ до двухъ миллиметровъ въ водостоки почти что ничего не попадаетъ и даже при нѣсколько большемъ количествѣ осадковъ въ случаѣ медленнаго дождя вода также не достигаетъ водостоковъ въ сколько-нибудь значительной степени, то можно сказать, что водостоками Берлина отводятся атмосферныя воды, примѣрно, въ теченіе 60 наиболѣе дождливыхъ дней въ году. Въ теченіе остальной части года водосточными каналами отводятся лишь домовыя воды. Между двумя дождями, доставляющими воду въ канализаціонную сѣть, въ лѣтнее время можетъ такимъ образомъ пройти промежутокъ въ нѣсколько недѣль. Въ зимнее же время при отсутствіи оттепелей періоды перерыва бываютъ еще дольше.

Опредѣленіе количества дождевыхъ водъ.



Черт. 621.

Дождемѣръ системы Мауэра, исполненный фирмой Hottinger & C° въ Цюрихѣ. Изъ пріемника *A* чрезъ *a* дождь попадаетъ въ сосудъ *b*, который поддерживается стержнемъ съ пружиной *N*. Когда въ *b* попадетъ 500 граммовъ воды пружина сжимается настолько, что *c* упирается въ *e* и сосудъ *b* опоражнивается въ *d*. Карандашъ *b* на движимомъ часовымъ механизмомъ цилиндрѣ *k* отмѣчаетъ эти моменты опораживанія вертикальной чертой. Дѣля 500 гр. на время между двумя опораживаніями, получаемъ среднюю секундную интенсивность дождя въ этотъ промежутокъ времени. (Die Städtereinigung von Professor F. W. Büsing. Stuttgart, 1897).



Черт. 622.

Графическое изображеніе колебаній интенсивности дождя въ г. Цюрихѣ 3 іюня 1878 г.

Различіе въ способахъ отведенія водостоками дождевой воды и воды, получающейся отъ таянія снѣга, заключается въ томъ, что лѣтнія дождевыя воды быстро направляются по сточнымъ каналамъ, между тѣмъ какъ снѣговая вода попадаетъ въ каналы медленно по мѣрѣ таянія. Съ другой стороны, при таяніи снѣга уменьшеніе количества воды отъ просачиванія въ почву — не происходитъ, испареніе же, вслѣдствіе продолжительнаго таянія, довольно значительно. Поэтому количество воды, теряемой при таяніи снѣга чрезъ одно лишь испареніе, легко можетъ сравниться съ общею потерею дождевыхъ водъ отъ испаренія и просачиванія вмѣстѣ. Вообще же наибольшій притокъ воды въ подземные водосточные каналы можетъ произойти какъ во время ливней, такъ и при быстромъ таяніи значительныхъ количествъ снѣга въ сильныя оттепели, сопровождаемыя большими дождями. Количество воды, которое можетъ получиться при такой оттепели, съ трудомъ поддается разсчету. Нѣкоторое примѣрное понятіе получается, если замѣтить, что высота снѣговаго слоя x соотвѣтствуетъ высотѣ слоя дождя въ $\frac{x}{15}$ до $\frac{x}{14}$, а часть осадковъ, выпадающая въ видѣ снѣга, составляетъ въ средней полосѣ Европы отъ 13 до 16% общаго годового количества осадковъ.

Съ какою бы точностью ни было, однако, опредѣляемо въ каждомъ частномъ случаѣ общее количество атмосферныхъ водъ, выпадающихъ на данную канализуемую площадь, оно совсѣмъ не достаточно для вычисленія размѣровъ водостоковъ. Для разсчета размѣровъ водостоковъ, согласно сказанному въ началѣ настоящаго §, имѣетъ значеніе не столько общее, суточное количество выпадающей влаги, сколько наибольшее количество воды, доставляемой непрерывнымъ ливнемъ въ опредѣленный короткій періодъ времени и дающее максимальный притокъ воды въ водостоки. Тѣмъ не менѣе въ нѣкоторыхъ случаяхъ и продолжительные слабые дожди могутъ явиться важными факторами въ расчетѣ сѣти водостоковъ, но не отдѣльныхъ сѣченій каналовъ, а общей объемной вмѣстимости сѣти. Это въ тѣхъ случаяхъ, когда сѣть должна давать возможность временнаго накопленія въ ней извѣстнаго количества водъ, напр. въ случаѣ совпаденія дождей съ поднятіемъ горизонта рѣки до предѣла, при коемъ затопляются устья водосточной сѣти. Въ настоящемъ § мы не имѣемъ въ виду эти исключительные случаи и гово-

Таблица № 32. Количество осадковъ: наибольшее мѣсячное и наибольшее суточное для нѣкоторыхъ городовъ Россіи и Западной Европы.

(Извлечено изъ таблицы, составленной профес. Н. К. Чижовымъ — см. его „Водостоки").

Мѣсто. (цифры, поставленныя въ скобкахъ, показываютъ число лѣтъ наблюденій).	Средняя годовая толщина слоя атмосф. осадковъ въ миллим.	Средній maximum осадковъ, выпавшій въ теченіе сутокъ.		Абсолютный maximum осадковъ, выпавшій въ теченіе сутокъ.	
		Въ какомъ мѣсяцѣ.	Милли-метр.	Въ какомъ мѣсяцѣ и году.	Милли-метр.
Астрахань (33) . . .	156	Іюнь	18	Мартъ 1878 . .	57
Баку (20).	253	Январь . . .	35	Январь 1875 .	102
Варшава (40)	569	Августъ. . .	80	Іюль 1851 . .	87
Екатеринбургъ. . .	356	Іюль	77	Іюль 1848 . .	93
Златоустъ (44) . . .	469	Іюль	91	Іюнь 1865 . .	88
Кемь (18).	359	Іюль	49	Августъ 1869 .	46
Кіевъ (23)	528	Іюль	77	Августъ 1858 .	104
Кронштадтъ (34) . .	515	Августъ . .	80	Іюль 1851. . .	71
Либава (21).	584	Сентябрь . .	80	Августъ 1879 .	81
Москва (27)	536	Іюль	71	Августъ 1870 .	44
Нерчинскъ (42). . .	412	Августъ. . .	112	Августъ 1854 .	154
Николаевъ (23) . . .	365	Іюль	52	Іюль 1878 . .	60
Ново-Архангел. (25).	2.154	Октябрь . . .	307	Августъ 1859 .	110
Оренбургъ (32) . . .	395	Іюнь	53	Май 1860 . . .	44
Рига (30)	508	Августъ. . .	63	Августъ 1876 .	43
Севастополь (16) . .	385	Декабрь . . .	52	Іюль 1875 . .	54
С.-Петербургъ (44) .	471	Іюль, Августъ	66	Августъ 1861 .	59
Аѳины (12)	382	Ноябрь . . .	80	?	?
Берлинъ (23)	597	Іюль	?	Іюль 1858 . .	67
Будапештъ (28). . .	527	Май	61	Іюль 1878 . .	108
Вѣна (34).	595	Августъ . .	72	Іюль 1882 . .	104
Галле на З. (20) . .	545	Іюль	?	Іюль 1882 . .	89
Дрезденъ (28). . . .	698	Іюль	80	Іюнь 1863 . .	84
Карсруэ (54)	723	Іюль	78	Сентябрь 1877	92

Мѣсто. (цифры, поставленныя въ скобкахъ, показываютъ число лѣтъ наблюденій).	Средняя годовая толщина слоя атмосф. осадковъ въ миллим.	Средній maximum осадковъ, выпавшій въ теченіе сутокъ.		Абсолютный maximum осадковъ, выпавшій въ теченіе сутокъ.	
		Въ какомъ мѣсяцѣ.	Миллиметр.	Въ какомъ мѣсяцѣ и году.	Миллиметр.
Кельнъ (23)	596	Іюль	?	Августъ 1881 .	63
Кенигсбергъ (32) . .	611	Іюль	64	Сентябрь 1876.	69
Константинополь (38)	718	Декабрь. . .	120	?	?
Копенгагенъ (20) . .	559	Іюль	67	?	?
Мадридъ (20)	380	Октябрь . . .	49	?	?
Миланъ (68)	967	Апрѣль . . .	178	?	?
Нагасаки (6)	1.970	Іюнь	301	?	?
Неаполь (26)	826	Ноябрь . . .	120	?	?
Парижъ (84)	471	Іюнь.	50	?	?
Пекинъ (31)	624	Іюль.	213	Іюнь 1848 . .	251
Римъ (85)	800	Октябрь . . .	118	?	?
Стокгольмъ (36) . .	434	Августъ . . .	60	?	?
Тріестъ (28).	1.093	Май	101	Октябрь 1849 .	140
Штутгартъ (45). . .	611	Іюль	77	Августъ 1851 .	71

римъ о свѣдѣніяхъ о ливняхъ, нужныхъ для нормальнаго расчета сѣченій водостоковъ. Такія свѣдѣнія имѣются далеко не для всѣхъ мѣстностей, да и тамъ, гдѣ они собираются, полнота ихъ оставляетъ желать многаго. Метеорологическія станціи, если даже и даютъ еще иногда, рядомъ съ данными о суточныхъ высотахъ слоя осадковъ, также количества воды, доставляемыя отдѣльными значительными ливнями, то весьма рѣдко имѣютъ свѣдѣнія о колебаніяхъ въ интенсивности отдѣльнаго ливня въ послѣдовательные моменты времени. А это между тѣмъ очень существенно, такъ какъ хотя болѣе продолжительные и слабые дожди и отличаются равномѣрностью, зато короткіе и сильные крайне перемѣнчивы въ интенсивности (см. таб. №№ 32 и 33).

Для производства подобныхъ наблюденій необходимо имѣть самозаписывающіе приборы, которые стоятъ дорого и потому наблюденія того рода дѣлаются рѣдко. Первый приборъ такого рода примѣненъ,

повидимому, въ Цюрихѣ. (См. P. Gerhardt — Die selbstzeichnender Regenmesser und ihre Benutzung zur Statistik der starken Niederschläge, insbesondere für Berlin 1884—1880. Zeitschrift f. Bauw. 1890. S. 503). Примѣромъ подобныхъ снарядовъ можетъ служить самозаписывающій дождемѣръ, показанный на черт. 621.

Замѣчено, что болѣе продолжительные дожди отличаются и большею равномѣрностью, тогда какъ интенсивность короткихъ дождей бываетъ довольно перемѣнчива (см. черт. 622). Наблюденіями тоже доказано, что наибольшая интенсивность дождя относится къ средней интенсивности его (R), опредѣленной дождемѣромъ и выраженной

Таблица № 33. Количество осадковъ, выпавшихъ во время наиболѣе сильныхъ ливней.

Извлечено изъ таблицы, (составленой профес. Н. К. Чижовымъ.— См. его „Водостоки“.)

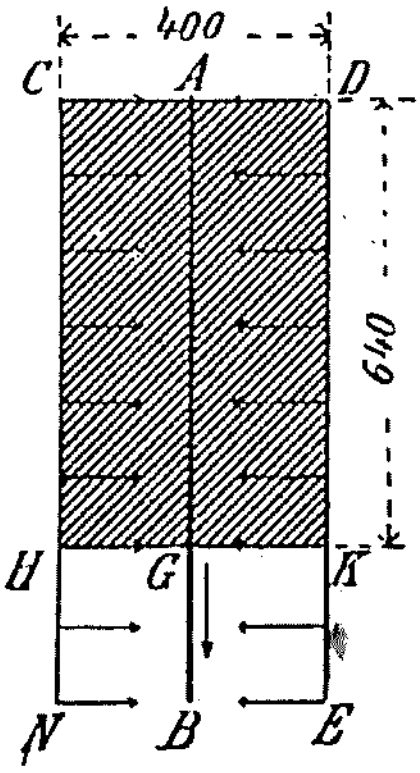
МѢСТО.	ВРЕМЯ.	Продолжительность ливня въ минутахъ.	Толщина выпавшаго слоя въ миллиметр.	
			Всего.	По разсчету въ 1 часъ.
С.-Петербургъ. . .	10 Мая 1874	40	16,9	25,3
Павловскъ.	18 Іюля 1893	—	—	23,5
Берлинъ.	6 Октября 1883 . . .	15	17	68
Бреславль	6 Августа 1858. — . .	90	95	63
Будапештъ	26 Іюня 1875	60	66	66
Дрезденъ	13 Іюня 1876	30	41	82
Женева	30 Мая 1827	180	162	54
Карлсруэ	29 Іюня 1885	60	100	100
Кенигсбергъ. . . .	16 Іюня 1864	45	55	69
Лондонъ.	1 Августа 1846 . . .	60	100	100
Лугано	8 Сентября 1873 . . .	36	79	130
Марсель	15 Сентября 1872 . . .	120	240	120
Мюнхенъ	12 Августа 1873 . . .	30	51	102
Парижъ	20 Сентября 1867 . . .	20	41	123
Цюрихъ	9 Сентября 1876 . . .	10	21	127
Штуттгартъ	23 Іюля 1883	3	7,5	150

въ толщинѣ слоя въ секунду,—различно, но максимумъ этого отношенія (k) можетъ значительно колебаться и доходить до 2 и болѣе. Такимъ образомъ рѣдко когда имѣется возможность опредѣлить по даннымъ метеорологическихъ станцій максимумъ секуднаго выпаденія дождя или вообще атмосферныхъ водъ, *чѣмъ еще болѣе увеличивается трудность опредѣленія максимума секуднаго притока атмосферныхъ водъ къ стокамъ.*

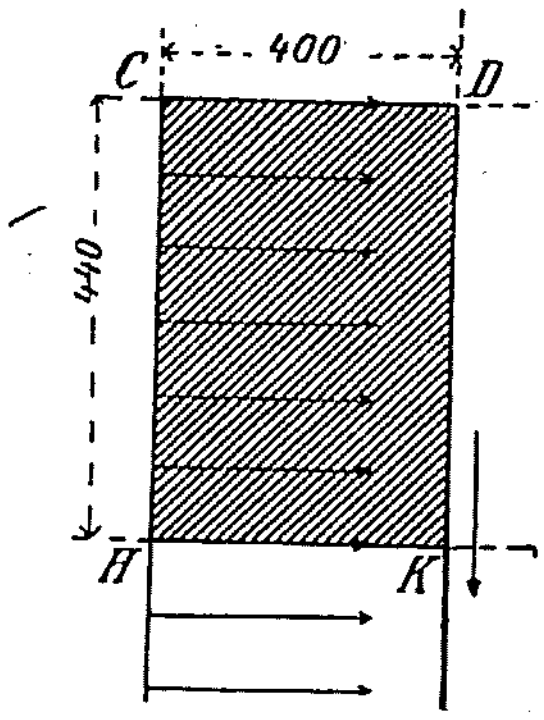
Если допустить однако, что максимумъ секуднаго выпаденія извѣстенъ даже (k R), то до опредѣленія нужнаго для расчета водостока количества воды еще очень далеко, такъ какъ необходимо учесть потерю на испареніе и просачиваніе (которую можно выразить дробью TkR (гдѣ T—коэффиціентъ меньшій единицы) и принять во вниманіе замедленіестока, о коемъ будетъ сказано дальше. Величина T очень перемѣнна во времени и пространствѣ и съ точностью можетъ быть опредѣлена лишь путемъ сложныхъ наблюденій.

Поэтому для рѣшенія практическихъ вопросовъ нерѣдко прибѣгаютъ къ нѣкоторымъ эмпирическимъ пріемамъ. Такъ, напримѣръ, принимаютъ, что изъ всего количества выпадающей воды на площадь какого-нибудь бассейна, одна треть испаряется, треть просачивается въ почву, а остающаяся треть стекаетъ по поверхности и, слѣдовательно, должна быть принята водостоками. Что это правило не должно считаться общимъ — ясно уже потому, что вся дождевая вода получается испареніемъ и, слѣдовательно (для всей поверхности земли), количество испаряющейся воды равно количеству выпадающихъ осадковъ. Такимъ образомъ законы, установленные для большихъ бассейновъ не могутъ быть безусловно примѣняемы къ небольшимъ площадямъ, каковыми являются города, гдѣ устраиваются водостоки. Тѣмъ не менѣе при разсчетахъ размѣровъ водостоковъ не рѣдко ограничиваются указаннымъ простымъ приближеніемъ, т..е. принимаютъ, что *въ водостоки попадаетъ въ секунду $^1/_3$ выпадающаго средняго секуднаго слоя дождя.* Въ тѣхъ случаяхъ, однако, когда желательна большая точность, а именно при расчетѣ главныхъ коллекторовъ, отводящихъ воду съ большихъ площадей, стараются принять въ соображеніе обстоятельства, обусловливающія движеніе по земной поверхности, просачиваніе и испареніе воды, безъ чего размѣры коллекторовъ могли бы получиться недостаточными или же слишкомъ большими.

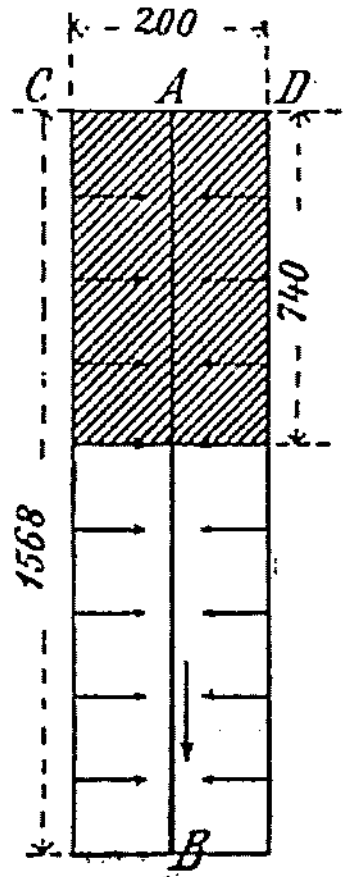
Графическій методъ опредѣленія коэффиціента замедленія стока.



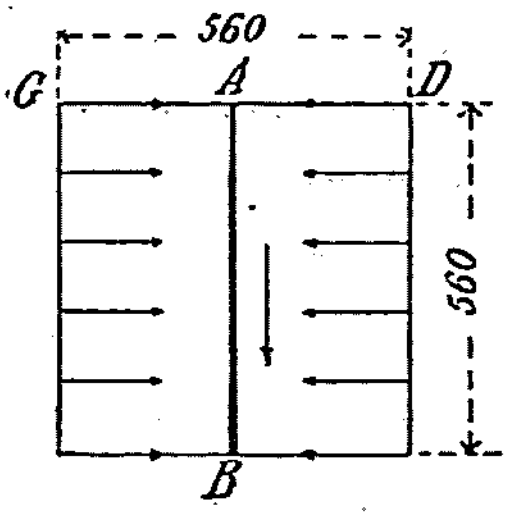
Черт. 623.



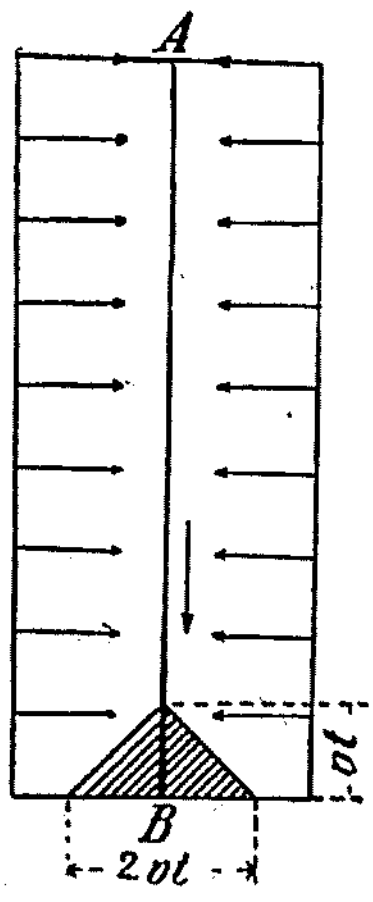
Черт. 624.



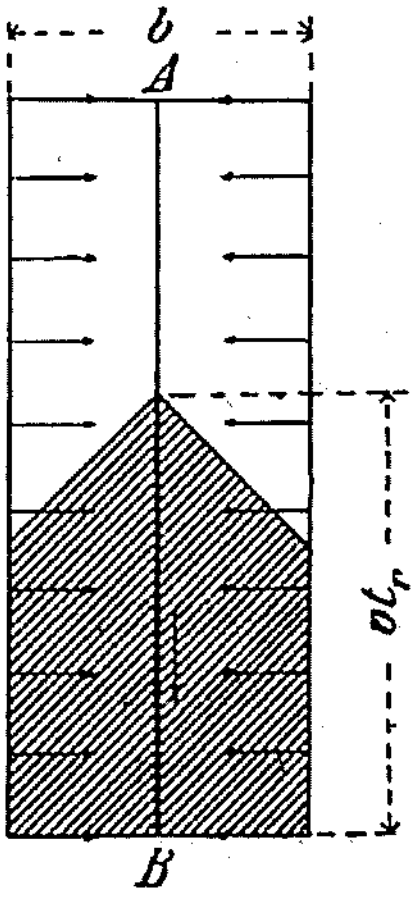
Черт. 625.



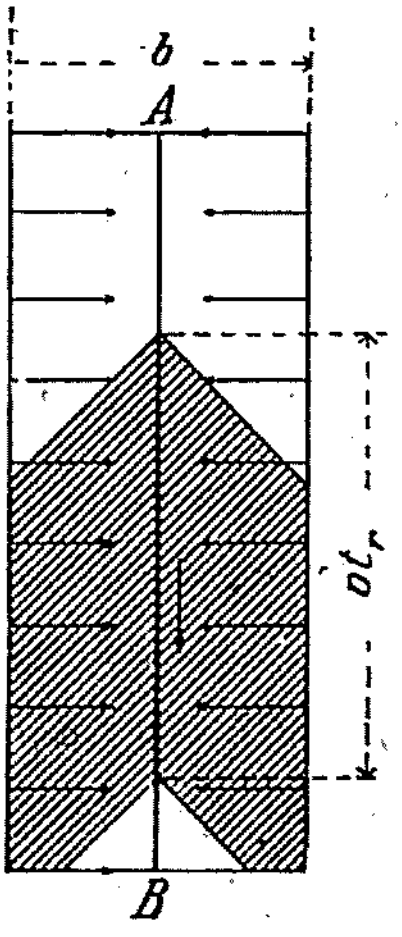
Черт. 626.



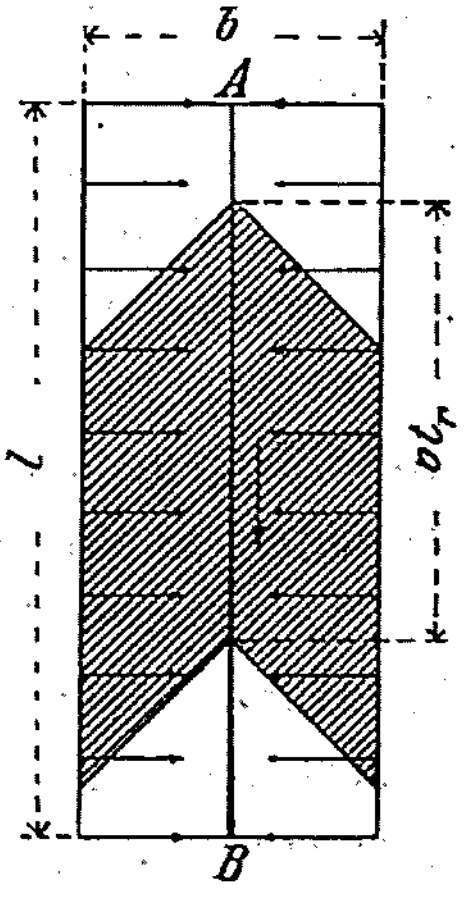
Черт. 627.



Черт. 628.



Черт. 629.



Черт. 630.

Въ тѣхъ же случаяхъ, когда приходится отводить воду съ участковъ, состоящихъ изъ мощеныхъ дворовъ и строеній подъ непроницаемыми кровлями съ крутыми скатами, и притомъ небольшихъ необходимо разсчитывать на отводъ каналами всего количества выпадающей воды безъ всякаго уменьшенія и безъ замедленія времени стока.

Количество просачивающейся воды на городскихъ площадяхъ и улицахъ зависитъ отъ состава грунта, относительнаго количества пространствъ, покрытыхъ растительностью и большей или меньшей проницаемости мостовой. Испареніемъ вообще теряются самые разнообразные количества выпадающей влаги въ зависимости отъ характера испаряющей поверхности. *Количество воды, теряемой испареніемъ и просачиваніемъ, зависитъ также отъ уклона, размѣра и формы улицъ и отъ бассейна водостока, а слѣдовательно и отъ времени, въ теченіе котораго вода передвигается по поверхности.* Но при продолжительныхъ дождяхъ верхніе слои почвы и атмосфера скоро насыщаются, и тогда выпадающее дальнѣйшее количество воды полностью должно быть принято водосточными трубами.

Для примѣра приведемъ соотвѣтственные коэффиціенты T, принятые Бриксомъ при составленіи проекта Висбаденскихъ водостоковъ и выражающіе отношеніе количества дѣйствительно стекающей воды къ полному количеству выпавшей влаги, за вычетомъ потери на испареніе и просачиваніе:

а) для густо застроенныхъ площадей 0,75

б) » рѣдко » » 0,55

в) » дачныхъ участковъ, принимая, что $^2/_9$ площади застроены густо, а $^7/_9$ находятся подъ растительностью 0,37

г) для участковъ подъ огородами и пашнями (принимая, что $33^0/_0$ выпадающей влаги просачивается въ почву, а $40^0/_0$ теряется испареніемъ) 0,27

д) для участковъ подъ лѣсомъ и паркомъ 0,13

При большихъ уклонахъ мѣстности коэффиціенты T (выражающей полное количество дождя минусъ потери на испареніе и просачиваніе) въ 0,75, 0,55, 0,37 оказываются слишкомъ малыми и ихъ необходимо нѣсколько увеличить, въ особенности при существованіи непроницаемой мостовой.

Замедленіе стока атмосферной воды къ коллекторамъ можетъ

существенно вліять на количество воды, подлежащее отведенію въ единицу времени. Вліяніе замедленія выражаютъ обыкновенно при разсчетѣ водостоковъ особымъ коэффиціентомъ S, понятіе о коемъ можетъ быть установлено на основаніи слѣдующаго.

Представимъ себѣ опредѣленный пунктъ, чрезъ который должны пройти всѣ воды, падающія на нѣкоторую площадь F, напримѣръ, верхнее устье или какой-либо другой пунктъ отводнаго канала. Для достиженія этого пункта каждая частица воды должна пройти опредѣленный путь и наиболѣе продолжительный путь должны совершать частицы, падающія на окраинахъ разсматриваемой площади. Вмѣсто этихъ неравныхъ путей можно принять для всѣхъ частицъ одну и ту же длину пути, равную среднему изъ разстояній центровъ тяжести отдѣльныхъ площадокъ до разсматриваемаго сборнаго пункта. Отъ длины этого средняго радіуса зависитъ вообще продолжительность времени, необходимаго для стока воды со всей площади F. Чѣмъ больше этотъ радіусъ, тѣмъ больше времени требуется для стока всѣхъ водъ, выпавшихъ на этой площади, и наоборотъ. Отъ величины и формы площади зависитъ, слѣдовательно, и отношеніе къ количеству выпадающей въ секунду воды того количества ея, которое должно быть въ секунду отводимо водостоками. Но кромѣ *величины* площади большое значеніе имѣютъ еще ея уклоны и видъ ея поверхности. Чѣмъ уклоны больше, тѣмъ стеканіе быстрѣе. Равнымъ образомъ, чѣмъ поверхность разсматриваемой площади шероховатѣе, чѣмъ больше на ней растительности, тѣмъ это стеканіе воды медленнѣе.

Отъ такого замедленія стока, происходитъ то, что количество воды протекающей по водостоку возрастаетъ съ иной постепенностью чѣмъ количество воды падающей на данную площадь и, очевидно, при кратковременности ливней, на которые ведется расчетъ водостоковъ, можетъ случиться, что ливень прекратится ранѣе, чѣмъ въ водостокъ начнетъ попадать вода со всего бассейна водостока. Такимъ образомъ водостокъ построенный для площади F фактически не будетъ одновременно получать воду со всей этой площади, а только съ нѣкоторой ея части SF.

Для величины *коэффиціента замедленія стока* существуютъ эмпирическія указанія.

Такъ, иногда принимаютъ для этого коэффиціента (S) постоян-

ную величину, беря ее изъ наблюденій, сдѣланныхъ въ городахъ, гдѣ уже существуетъ и дѣйствуетъ канализація. Напримѣръ въ нѣкоторыхъ англійскихъ городахъ было найдено, что время, въ теченіе котораго стекающая по поверхности часть воды притекаетъ къ устьямъ каналовъ, т. е. продолжительность стока, превышаетъ продолжительность дождя въ 3—4 раза, т. е. въ среднемъ въ 3,5 раза; эта величина и могла бы быть введена въ расчетъ, какъ коэффиціентъ замедленія стока. Такой способъ опредѣленія коэффиціента замедленія стока (S) по аналогіямъ оставляетъ большой просторъ для произвольныхъ соображеній составителя проекта; недостатокъ его заключается главнымъ образомъ въ томъ, что вліяніе перемѣнныхъ величины и характера, площади, съ которой стекаетъ вода, на продолжительность стока выражается постоянной величиной *замедленія стока* (для приведеннаго примѣра—Лондона), причемъ не принято во вниманіе даже перемѣнное вліяніе уклоновъ и состояніе поверхности участка. Но для небольшихъ площадей повидимому можно, когда расчетъ не требуетъ точности, пользоваться и такими примѣрными величинами. Дѣйствительно, на практикѣ площади сѣченія каналовъ не дѣлаются менѣе извѣстнаго предѣла, и затѣмъ для обезпеченія пропускной способности каналовъ большаго размѣра имъ обыкновенно придается нѣкоторый запасъ сѣченія, который обыкновенно покрываетъ неопредѣленность принятаго *коэффиціента замедленія стока.*

Желая принять во вниманіе величину площади (F) и уклоновъ улицъ, можно пользоваться формулой Баумейстера и ее видоизмѣненіями, предложенными разными лицами. Эта формула, гдѣ F выражено въ гектарахъ,

$$S = \frac{1}{\sqrt[n]{F}}$$

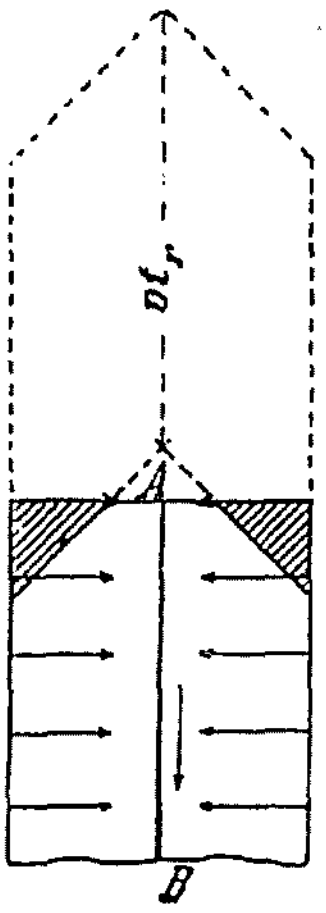
Для плоской мѣстности и при малыхъ уклонахъ берутъ

$$S = \frac{1}{\sqrt[4]{F}},$$ (такъ называем. форм. Brükli),

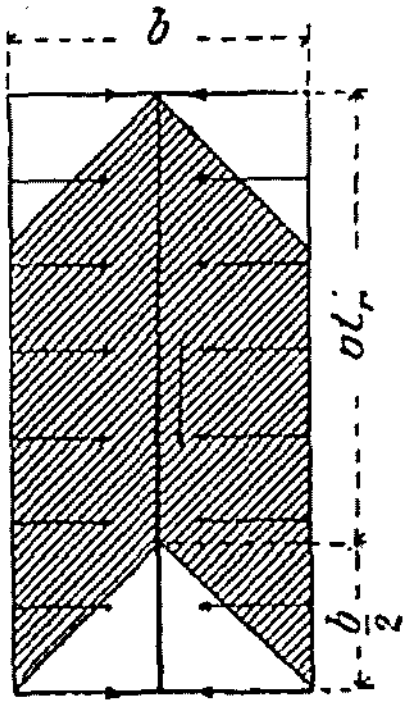
а для мѣстностей съ крутыми или весьма крутыми уклонами:

$$S = \frac{1}{\sqrt[5]{F}} \quad \text{или} \quad S = \frac{1}{\sqrt[6]{F}}$$ (такъ называем. формула Brix'a);

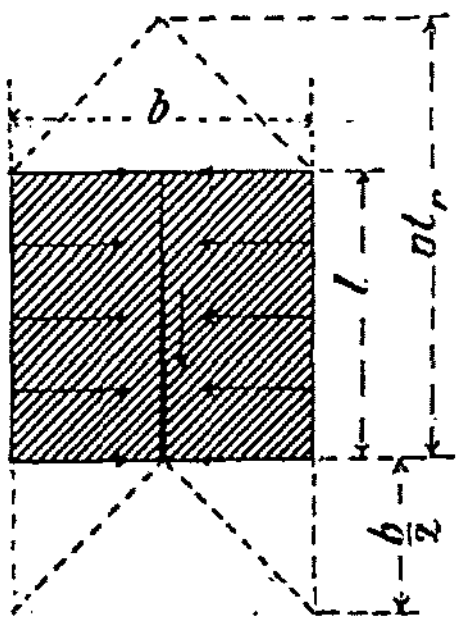
Графическій методъ опредѣленія коэффиціента замедленія стока.



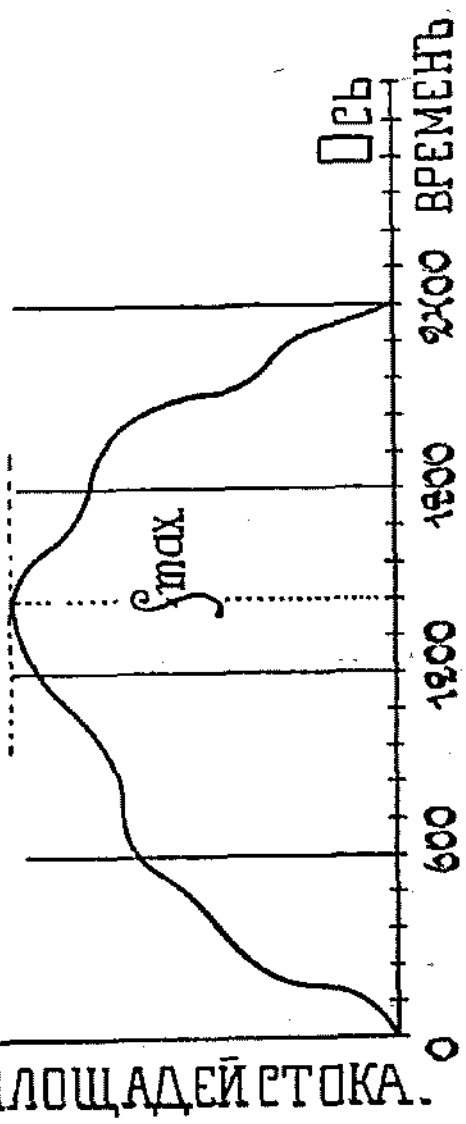
Черт. 631.



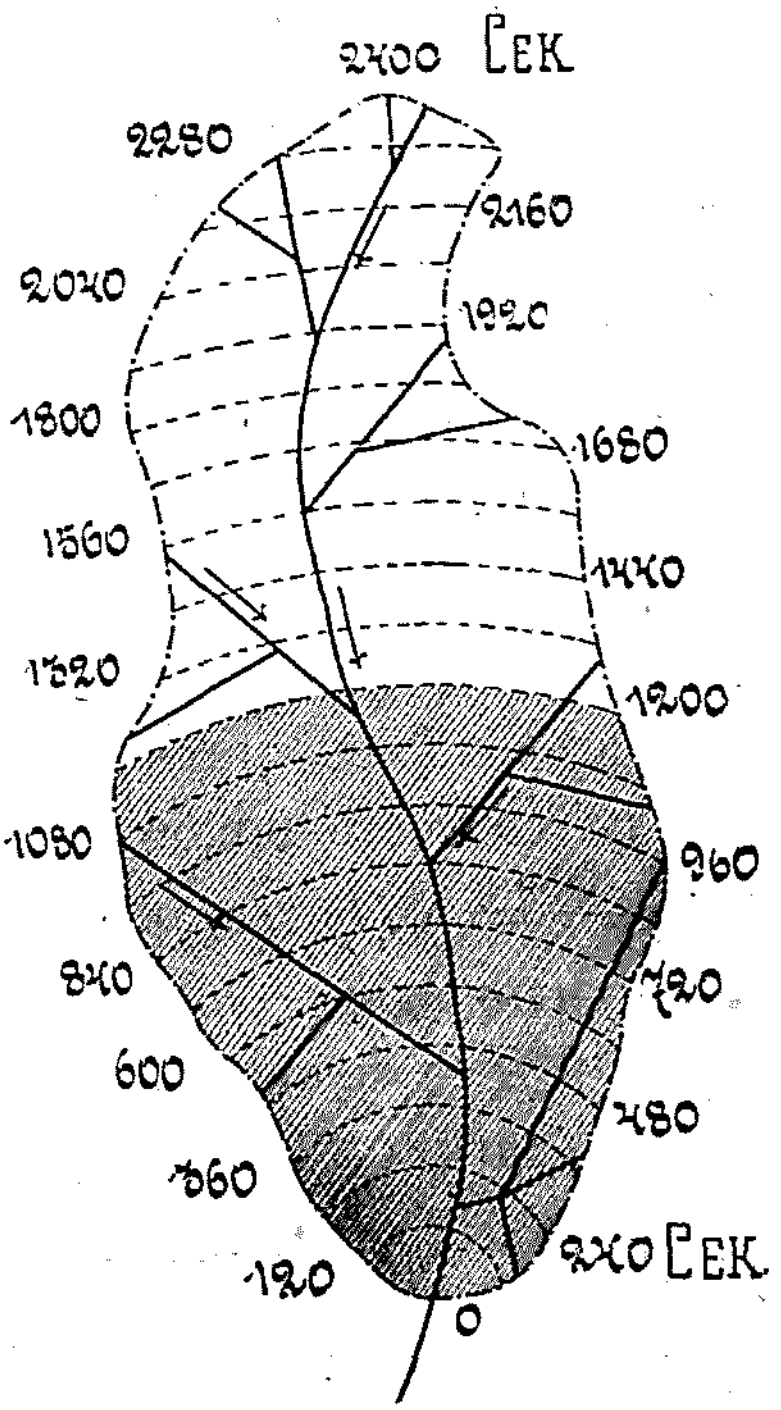
Черт. 632.



Черт. 633.



Черт. 635.



Черт. 634.

первая изъ приведенныхъ формулъ положена была въ основаніе при составленіи проекта водостоковъ для гор. Кенигсберга, а послѣднею пользовались при проектированіи Висбаденскихъ водостоковъ. Формула $S = \frac{1}{\sqrt[n]{F}}$ даетъ возможность опредѣлить коэффиціентъ замедленія стока для каждой точки сѣти водостоковъ. Вычисляя его для различныхъ площадей, получимъ дробь, на которую надо помножить максимальное количество воды, выпадающей въ секунду на единицу этой площади, чтобы опредѣлить долю этого количества, могущаго достигать отводныхъ каналовъ въ теченіе времени выпаденія дождя.

Опредѣленіе коэффиціента замедленія стока по указаннымъ выше формуламъ крайне распространено и примѣняется весьма часто, но не можетъ быть признано удовлетворительнымъ. Въ частности противъ этого пріема можно сдѣлать слѣдующія возраженія.

а) По формуламъ, замедленіе имѣетъ мѣсто для всякихъ площадей, въ томъ числѣ и для малыхъ; между тѣмъ до извѣстнаго предѣла площади замедленія нѣтъ и коэффиціентъ $\varphi = 1$. Для примѣра возьмемъ площадь стока въ видѣ прямоугольника $CDEN$ шириной 400 метровъ. AB—главный коллекторъ, къ которому второстепенные примыкаютъ подъ прямымъ угломъ (черт. 623). Примемъ среднюю скорость движенія воды по каналамъ $v = 0{,}7$ метра и (пренебрегая временемъ нужнымъ, чтобы вода попала къ устьямъ уличныхъ колодцевъ) продолжительность ливня $t_r = 1200$ секундъ. Путь, который вода пройдетъ по каналамъ за время t_r равенъ

$$t_r v = 1200 \times 0{,}7 = 840 \text{ метровъ} = CA + AG.$$

Слѣдовательно въ моментъ окончанія предположеннаго нами ливня, воды со всего прямоугольника $CDKH$, имѣющаго площадь $f = \frac{640 \times 400}{10000} = 25{,}6$ гектара, будетъ притекать въ водостокъ и только при площадяхъ большихъ явится замедленіе стока.

Для $CDKH$ и площадей меньшихъ $S = 1$, между тѣмъ, какъ по формулѣ Bürkli

$$S = \frac{1}{\sqrt[4]{F}} \text{ онъ равенъ } 0{,}44,$$

а по формулѣ Brix'a

$$S = \frac{1}{\sqrt[6]{F}} \text{ онъ равенъ } 0{,}58.$$

б) Второе возраженіе заключается въ томъ, что уклонъ каналовъ не введенъ въ формулы и замедленіе стока является какъ бы не зависящимъ отъ уклона. Уже на пути воды отъ различныхъ мѣстъ поверхности земли, куда она падаетъ изъ атмосферы,—къ водосточнымъ устьямъ, уклоны поверхности земли могутъ имѣть вліяніе на замедленіе стока. Вліяніе это однако мало, такъ какъ пробѣгаемые водой на поверхности земли пути до попаданія въ водостоки вообще незначительны. Но вліяніе уклоновъ самыхъ каналовъ очень велико, такъ какъ вмѣстѣ съ уклонами можетъ значительно измѣняться и скорость теченія воды. Такъ, если въ предшествующемъ примѣрѣ скорость v составляла бы не 0,7 метр., а 0,5 метра, то точка G была бы не въ 640 м., а въ 520 м. отъ A и площадь $f = 20{,}8$ гектара. Если же v равнялось бы 1,00 метру, то AG было бы равно 1000 метровъ и площадь, для которой $S = 1$, была бы 40 гектаровъ.

в) Далѣе въ формулахъ замедленія не принято во вниманіе мѣстоположеніе водостока. Между тѣмъ, если предположить въ примѣрѣ, разсмотрѣнномъ въ пунктѣ a, что водостокъ проходитъ не по срединѣ участка, а по одному изъ его краевъ, напр. DK, то при всѣхъ тѣхъ условіяхъ наиболѣе удаленная отъ начала стока C точка K будетъ находиться отъ D въ разстояніи $DK = 0{,}7 \times \times 1200 - 400 = 440$ метровъ (черт. 624) и соотвѣтствующая площадь f, для коей $S =$ еще 1, будетъ только $\frac{400 \times 440}{10000} = 17{,}6$ гект. вмѣсто 25,6, найденныхъ для случая (a).

г) Не принято въ соображеніе также и вліяніе формы участка. А оно можетъ быть очень существенно, какъ легко увидѣть изъ сравненія условій стока воды съ двухъ прямоугольныхъ участковъ, (черт. 625 и 626), имѣющихъ одинаковое квадратное содержаніе, но разные линейные размѣры, и снабженныхъ срединнымъ отводнымъ каналомъ. Для участка, представленнаго на черт. 625 вода изъ точки C попадаетъ въ B (наибольшій пробѣгъ) въ $\frac{100+1568}{0{,}7} = 2383$ секунды, для участка же фигуры 626 въ $\frac{840}{0{,}7} = 1200$ секундъ.

При продолжительности ливня въ 1200 секундъ для послѣдняго участка коэффиціентъ замедленія для $B =$ слѣдовательно единицѣ ($S = 1$) и каналъ въ B долженъ быть расчитанъ такъ, чтобы отводить воду со всей площади $GADB = \frac{560 \times 560}{10000} = 31{,}36$ гектара.

Для участка же фигуры 625 къ концу ливня площадь, отвѣчаю-

щая наибольшему возможному пробѣгу воды, будетъ заштрихованная поверхность съ квадратнымъ содержаніемъ $= \frac{200 \times 740}{10000} = 14{,}8$ гектара и слѣдовательно для точки B, коэффиціентъ замедленія будетъ уже не 1, а $\frac{14{,}8}{31{,}36} = 0{,}47$.

д) Наконецъ, формулы не ставятъ коэффиціентъ S въ зависимость отъ продолжительности ливня, что очевидно необходимо. Въ примѣрѣ пункта (а), если принять продолжительность ливня въ 3000 секундъ вмѣсто 1200, то площадь для которой $S = 1$ возрастетъ съ 25,6 гектара до 76 гектаровъ.

Какъ же опредѣлить величины коэффиціента замедленія такъ, чтобы они соотвѣтствовали дѣйствительности? Фрюлингъ рекомендуетъ для этого (A. Frühling, Entwässerung der Städte, p. 381) графическій пріемъ.

Допустимъ снова, что участокъ, для коего отыскивается коэффиціентъ S—прямоугольный и имѣетъ водостокъ по срединѣ черт. 627.

Разсмотримъ затѣмъ послѣдовательно явленія стока воды по такому участку къ конечной точкѣ коллектора B, пренебрегая движеніемъ воды по поверхности земли къ устьямъ водосточныхъ колодцевъ и предполагая, что оно совершается исключительно по каналамъ, нормальнымъ къ главному, съ однообразной сторостью v.

Вода попадаетъ въ точку B главнаго коллектора прежде всего изъ ближайшей части сѣти. Черезъ t секундъ послѣ начала ливня эта часть выразится заштрихованнымъ треугольникомъ, представленнымъ на черт. 627 и имѣющимъ основаніе $2vt$ и высоту vt. По мѣрѣ увеличенія величины t стороны треугольника поднимаются и площадь, изливающая воду въ точку B принимаетъ форму, показанную на черт. 628. Если вся продолжительность ливня составляетъ t_r секундъ, то максимальная площадь, одновременно посылающая воду въ B, въ моментъ прекращенія дождя (черт. 628) будетъ имѣть размѣръ $= bvt_r - \frac{b^2}{4}$.

Съ момента прекращенія дождя площадь дающая воду въ B будетъ сокращаться внизу, такъ какъ нижніе каналы опорожнившись уже не будутъ получать новыхъ количествъ воды, но зато сверху будетъ присоединяться расходъ изъ каналовъ все болѣе и болѣе удаленныхъ. Сокращеніе снизу выразится сначала треугольникомъ (черт. 629), а затѣмъ, когда стороны треугольника достиг-

нуть краевъ участка, — бѣлой площадью фигуры 630. Съ момента, когда стороны треугольника убыли достигнутъ краевъ участка, убыль площади стока снизу и приращеніе сверху уравниваются и площадь эта, выражаясь заштрихованною поверхностью чертежа 630, передвигается снизу вверхъ. Ея величина равна $f = bvt_r$.

Когда верхній конецъ площади стока достигнетъ верхняго края участка, размѣръ этой площади постепенно уменьшается, какъ показано на черт. 631, до полнаго исчезновенія.

Общая продолжительность стока равняется

$$t = \frac{l + \frac{b}{2}}{v} + t_r,$$

а коэффиціентъ замедленія для точки B:

$$S = \frac{f}{F} = \frac{bvt_r}{bl} = \frac{vt_r}{l}.$$

При $v = 0{,}7$; $t_r = 1200$; $b = 300$ и $l = 1400$.

Находимъ $t = 3414$ секундъ и $S = 0{,}6$.

Очевидно, найденная величина S вѣрна лишь до тѣхъ поръ, пока наибольшая отвѣчающая продожительности ливня площадь стока помѣщается въ предѣлахъ участка (черт. 632), и не годна напримѣръ для случая, показаннаго на черт. 633.

Разъясненный на частномъ примѣрѣ пріемъ нахожденія коэффиціента замедленія стока воды можетъ быть примѣненъ къ площадямъ произвольной формы при произвольномъ расположеніи на нихъ сточныхъ каналовъ. Предположимъ, что нужно опредѣлить коэффиціентъ замедленія для точки B канализаціонной сѣти представленной на чертежѣ 634.

Примемъ, что скорость движенія воды въ каналахъ одинакова и равна v и что наибольшая продолжительность ливня t_r. Опредѣлимъ на поверхности участка геометрическія мѣста точекъ изъ коихъ вода будетъ притекать къ B въ одни и тѣ же промежутки времени, напр. 120, 240, 360 и т. д. секундъ.

Для этого отъ точки B отложимъ по каждой изъ примыкающихъ къ B линій каналовъ величины $120v$, $240v$, $360v$ и т. д.

Соединяя между собой точки, отвѣчающія одинаковому пробѣгу

воды, т. е. $120v$, $240v$ и т. д., мы получимъ на поверхности участка кривыя *равнаго стока*, которыя позволятъ опредѣлить размѣры послѣдовательныхъ площадей, отправляющихъ воду къ точкѣ B. Чрезъ 120 секундъ послѣ начала ливня это будетъ площадь ограниченная равносточной кривой $120v$, чрезъ 240—равносточною кривой $240v$ и т. д.

При максимальной продолжительности ливня въ 1200 секундъ въ моментъ его прекращенія площадь посылающая воды въ B будетъ заключаться между нижнимъ краемъ участка и кривой $1200v$.

Затѣмъ далѣе начнется перемѣщеніе площади f, посылающей воды въ B по разсматриваемому участку снизу вверхъ, подобно тому какъ на черт. 631. Только въ данномъ случаѣ при перемѣщеніи площадь будетъ мѣнять и свои размѣры, заключаясь постоянно между двумя равносточными кривыми, отстоящими другъ отъ друга на величину продолжительности ливня $\times v$, т. е. на $t_r v$. Когда верхняя граница площади f дойдетъ до верхняго края участка, то площадь эта начнетъ убывать до полнаго исчезновенія.

Коэффиціентъ замедленія стока, представляющій собой отношеніе f къ общей площади участка F, не будетъ слѣдовательно величиной постоянной, а будетъ непрерывно измѣняться. Для разсчета сѣченій водостоковъ важна его наибольшая величина. Чтобы ее найти надо опредѣлить f max., т. е. max. площади участка между равносточными кривыми, отстоящими одна отъ другой на величину $t_r v$.

Для этого вычислимъ послѣдовательныя величины площадей стока f_1, f_2, f_3 и т. д., сначала возрастающія отъ 0 до $0 — 1200v$, затѣмъ заключающіяся между каждыми двумя равносточными кривыми, отстоящими другъ отъ друга на величину продолжительности ливня t_r, т. е. въ нашемъ примѣрѣ площади

$$0 — 1200v, \quad 120v — 1320v, \quad 240 — 1440v \text{ и т. д.}$$

и, наконецъ, убывающія.

Наибольшую изъ этихъ величинъ раздѣлимъ на площадь всего участка. Частное будетъ искомый коэффиціентъ замедленія.

Для большей наглядности можно построить графикъ величинъ f, (черт. 635). Max. f въ общемъ случаѣ не отвѣчаетъ условному раздѣленію площади участка равносточными кривыми; онъ отвѣчаетъ нѣкоторымъ предѣламъ лежащимъ между начерченными линіями.

Чтобы найти max. f съ большимъ приближеніемъ можно опредѣлить примѣрное положеніе этой площади указаннымъ выше разсчетомъ или графикомъ, сгустить въ нужныхъ мѣстахъ равносточныя линіи, дѣлая ихъ на разстояніи въ 5—10 разъ болѣе близкими, чѣмъ на всемъ участкѣ и тѣмъ увеличивая степень точности въ опредѣленіи max. f и $\frac{\text{max. } f}{F}$.

Для болѣе точныхъ разсчетовъ можно также пойти и дальше, принявъ для скорости движенія воды по каналамъ не среднюю величину V, а найденную вычисленіемъ для каждаго канала величину v_1, v_2, v_3 и т. д. Въ этомъ случаѣ все изложенное выше будетъ лишь первымъ приближеніемъ для опредѣленія коэффиціента замедленія стока и расхода воды въ водостокѣ. По этимъ величинамъ будетъ разсчитанъ водостокъ и его вѣтви и найдены (или приняты) скорости теченія въ каждомъ отдѣльномъ каналѣ. Далѣе по этимъ скоростямъ можно болѣе точно опредѣлить величину замедленія стока и найти новыя величины расходовъ и скоростей.

Не слѣдуетъ, однако, стремиться къ слишкомъ большой точности въ разсчетахъ такого рода, въ виду значительнаго числа произвольныхъ допущеній, которыя съ ними связаны; обыкновенно первое, въ болѣе рѣдкихъ случаяхъ, второе, приближенія достаточны для цѣлей практики.

Такимъ образомъ, согласно изложенному, для исчисленія въ нѣкоторомъ частномъ случаѣ количества воды, подлежащаго удаленію съ площади F посредствомъ водостоковъ, необходимо опредѣлить, въ соотвѣтствіи съ величиной площади, ея уклонами, степенью и характеромъ застроенности, свойствами грунта и проч. слѣдующія величины:

1) R — среднюю высоту слоя дождя, выпадающаго въ секунду,
2) k — отношеніе наибольшей интенсивности дождя къ средней его интенсивности, опредѣленной дождемѣромъ (коэффиціентъ интенсивности дождя),
3) T — дробь, выражающую долю дождевой воды, дѣйствительно попадающей въ водостоки, за вычетомъ потерь на испареніе и просачиваніе,
4) S — отношеніе продолжительности стока дождевой воды по разсматриваемой поверхности къ продолжительности дождя (коэффиціентъ замедленія стока).

Тогда, называя чрезъ:

A — часть максимальнаго секуднаго слоя дождя, подлежащую удаленію чрезъ водостокъ, и

Q — расходъ водостока въ секунду, можно написать:

$$Q = F \times A \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$$A = k \times T \times S \times R \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

или $$Q = F \times k \times T \times S \times R \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Въ этой формулѣ точно извѣстно F — по плану мѣстности и, пожалуй, R изъ данныхъ метеорологическихъ станцій. Остальныя величины k, T и S, вообще говоря, не извѣстны и при томъ зависятъ отъ весьма большого числа факторовъ. Коэффиціентъ интенсивности дождя мѣняется для разныхъ мѣстностей и для одной и той же мѣстности далеко не постоянепъ; къ тому же, какъ было сказано, метеорологическія станціи его, вообще, не наблюдаютъ. Для нѣкоторыхъ отдѣльныхъ случаевъ величина k приблизительно извѣстна; такъ для Лондона наблюдался max. $k = 2{,}4$.

Величина T зависитъ отъ формы и размѣровъ орошаемой дождемъ площади, ея уклоновъ, состоянія ея поверхности и пр., т. е. является функціей крайней сложной цѣлаго ряда перемѣнныхъ величинъ. Значеніе этой функціи, конечно, неизвѣстно вовсе и опять-таки лишь въ отдѣльныхъ частныхъ случаяхъ имѣются нѣкоторыя практически опредѣленныя величины для T. Такъ напримѣръ въ нѣкоторыхъ англійскихъ городахъ принимается, что, при существованіи такъ называемой непроницаемой мостовой, въ каналы попадаетъ отъ 53 до 94% всего количества выпавшей влаги.

Наконецъ, величина коэффиціента замедленія стока, S — есть также очень сложная функція средняго радіуса площади, уклоновъ поверхности, ея характера, размѣровъ и устройства самыхъ водостоковъ, такъ какъ вода только вначалѣ течетъ непосредственно по улицамъ, а затѣмъ попадаетъ въ подземные каналы и по нимъ достигаетъ того пункта, для котораго мы ищемъ величину Q; напримѣръ для нѣкоторыхъ англійскихъ городовъ S принимаютъ равнымъ $1 : (3—4)$.

Если принять приведенныя выше для англійскихъ городовъ значенія разныхъ величинъ, входящихъ въ формулу (3), то ее можно

написать такъ:

$$Q = F \times 2{,}4 \times \frac{(0{,}53 \text{ до } 94)}{3{,}5} \times R = F\,(0{,}37—0{,}65) \times R.,$$

Изъ приведеннаго примѣра видно, что даже для вполнѣ опредѣленной страны (Англія) нельзя указать à priori иначе, какъ въ видѣ далекихъ предѣловъ (0,37—0,65) ту долю (α) средняго секуднаго выпаденія ливня, на которую должно разсчитывать сѣченіе водостоковъ. Тѣмъ менѣе возможно сдѣлать это вообще, при современномъ составѣ наблюденій, дѣлаемыхъ на метеорологическихъ станціяхъ.

Поэтому указавъ выше въ общихъ чертахъ методъ нахожденія названной доли, слѣдуетъ замѣтить, что *въ каждомъ частномъ случаѣ при сооруженіи водостоковъ необходимо пополнять указанія общихъ наблюденій спеціальными непосредственными, возможно продолжительными наблюденіями надъ зависимостью между высотой выпадающей атмосферной влаги, испареніемъ, просачиваніемъ и пр. въ примѣненіи къ нуждамъ собственно водосточной сѣти.*

Остается теперь разобрать вопросъ о томъ, для какихъ изъ самыхъ сильныхъ дождей слѣдуетъ разсчитывать размѣры водостоковъ или другими словами, какую величину слѣдуетъ брать для R. Исключительно сильные ливни случаются рѣдко, и если принимать во вниманіе подобные ливни при проектированіи каналовъ, то пришлось бы строить слишкомъ дорогія сооруженія, которыя лишь весьма рѣдко исполняли бы свое назначеніе въ полной мѣрѣ, — подобный образъ дѣйствія былъ бы очевидно весьма невыгоденъ, а во многихъ случаяхъ и не возможенъ. *Поэтому для отвода воды на случай совершенно исключительныхъ по величинѣ ливней устраиваютъ такъ называемые «предохранительные ливнеотводы»*, т. е. боковые водостоки, направляющіе сточныя воды, являющіяся въ данномъ мѣстѣ въ количествѣ превосходящемъ пропускную способность коллектора, — въ сторону въ рѣку, оврагъ, озеро и т. п. по кратчайшему направленію, причемъ уже не заботятся о послѣдствіяхъ такого ненадлежащаго исключительнаго направленія сточныхъ водъ. *Всѣ же прочія части водостоковъ, проектируемыя для дѣйствія въ нормальныхъ условіяхъ, разсчитываютъ на тѣ наибольшіе дожди, которыхъ повтореніе чрезъ извѣстные не* слиш-

комъ продолжительные промежутки времени болѣе или менѣе неизбѣжно. Къ исключительно сильнымъ ливнямъ, которые повторяются очень рѣдко, причисляютъ обыкновенно дожди, доставляющіе въ часъ слой воды толще 75 мм. Наблюденіями также доказано, что дожди, дающіе въ часъ слой воды толще 24 мм., весьма рѣдко продолжаются болѣе 3 часовъ. Вообще же средніе выводы изъ большаго числа наблюденій показываютъ, что сила (густота) дождя и его продолжительность находятся въ обратномъ отношеніи другъ къ другу; необыкновенно сильные почти всегда продолжаются менѣе часа. Для сѣверной части средне-европейской низменности, по статистическимъ выводамъ Гельмана, максимумъ толщины слоя воды въ часъ слѣдуетъ считать въ 60—75 мм. Дождь такой силы даетъ 165—205 литровъ на гектаръ въ секунду, или, принимая во вниманіе испареніе, просачиваніе и замедленіе стоку, требуютъ отъ водостоковъ пропускной способности отъ 60 до 70 литровъ на гектаръ въ секунду. *Разсчитывать подводное сѣченіе каналовъ на подобный расходъ при устройствѣ большой канализаціонной сѣти оказывается обыкновенно невозможнымъ*, такъ какъ сооруженія обошлись бы при этомъ столь дорого, что пришлось бы отказаться отъ исполненія проекта. *Поэтому такой расходъ можетъ быть принятъ во вниманіе лишь при канализаціи небольшихъ площадей, между тѣмъ какъ для большихъ сѣтей приходится уменьшить требованія и для отвода воды исключительныхъ по силѣ ливней устраивать*, какъ было сказано, *особые спуски, направленные въ ближайшіе овраги, озера или рѣки.*

При этомъ въ иныхъ случаяхъ даже мирятся съ тѣмъ неудобствомъ, что въ особенно сильные дожди вода поднимается въ пріемныхъ и смотровыхъ колодцахъ.

Въ таблицѣ № 34 приведены цифры пропускной способности каналовъ, принятыя при составленіи проектовъ водостоковъ для нѣкоторыхъ городовъ Россіи и западной Европы, прекрасно сгруппированныя и приведенныя къ одинаковымъ отношеніямъ профессоромъ Н. К. Чижовымъ. Цифры эти могутъ служить отчасти указаніями для аналогичныхъ случаевъ. При пользованіи ими необходимо имѣть въ виду, что онѣ опредѣлены строителями канализаціи по различнымъ методамъ. Интересующая насъ доля средняго секуднаго выпаденія ливня, по которой долженъ быть опредѣленъ сред-

Таблица № 34. Расходъ ливневыхъ водъ, принятый въ основу разсчета канализаціонныхъ устройствъ различныхъ городовъ и выраженный въ куб. футахъ съ 1000 кв. сажень въ секунду.

(Извлечено изъ таблицы, составленной *профес.* Н. К. Чижовымъ).

Названіе города.	Части города.	Выше ливнеспусковъ. Принятое количество ливневыхъ водъ. Милиметровъ въ 1 часъ.	Куб. фут. въ 1 с. съ 1000 кв. с. въ сек.	Дробь показывающая, на какую долю ливневыхъ водъ расчитаны водостоки.	Расходъ ливневыхъ водъ, принятый въ основаніе расчета водостоковъ въ куб. фут. съ 1000 кв. саж. въ секунду.	Количество воды, отводимое водостоками ниже ливнеспусковъ (куб. ф съ 1000 саж. въ сек.)
С.-Петербургъ (*проектъ* Линд-лея).	Густо заселенн., центральныя части города	—	—	—	0,284	0,024
Тоже	Внѣшнія части города	—	—	—	0,213	0,024
Варшава. . . .	Внутреннія части города	—	—	—	0,213	0,012
„ . . .	Внѣшнія части города	—	—	—	0,142	0,012
Берлинъ	Центральныя части города	23	1,028	1/3	0,343	—
„ . . .	Части города съ многочисленными садами и парками . .	23	1,028	1/6	0,171	—
„ . . .	Среднее для радіальныхъ системъ I-V .	23	1,028	—	0,314	0,043
Брауншвейгъ . .	—	21	0,933	1/2	0,466	—
Бреславль . . .	Второстепенные коллектора	6,5	0,289	1/3	0,096	—
„ . . .	Главные коллектора .	6,5	0,289	1/6	0,048	(0,024)
„ . . .	Вновь построенные коллектора. . . .	—	—	—	0,322 до 0,402	—
Висбаденъ . . .	Густо застроен. части города	35	1,560	По Брикку.	отъ 0,338 до 1,190	0,042
„ . . .	Рѣдко застроен. части города	35	1,560		отъ 0,257 до 0,868	0,026
„ . . .	Части города, застроенныя виллами, окруженн. садами .	35	1,560		отъ 0,177 до 0,579	0,010

Названіе города.	Части города.	Выше ливнеспусковъ. Принятое количество ливневыхъ водъ. Миллиметровъ въ 1 часъ.	Куб. фут. въ 1 с. съ 1000 кв. с. въ сек.	Дробь показывающая, на какую долю ливневыхъ водъ расчитаны водостоки.	Расходъ ливневыхъ водъ, принятый въ основаніе расчета водостоковъ въ кубич. фут. съ 1000 куб. саж. въ секунду.	Количество воды, отводимое водостоками ниже ливнеспусковъ (куб. ф. съ 1000 саж. въ сек.).
Вѣна	Нѣкоторые коллектора (старая норма) .	25	1,126	3/8	0,422	—
„	Главные коллектора (новая норма) . .	20	0,884	1/3	0,295	0,045
Гамбургъ. . . .	—	28	1,254	1/2	0,627	0,030
Данцигъ	Густо застроенныя старинныя части города	13	0,579	1/2	0,285	0,024
„	Рѣдко застроенныя части города . . .	13	0,579	1/3	0,193	0,024
Дортмундъ . . .	Верхнія коллекторныя вѣтви.	9	0,402	2/3	0,268	—
„ . . .	Среднія коллекторныя вѣтви.	9	0,402	1/2	0,201	—
„ . . .	Нижнія (конечн.) коллекторныя вѣтви .	9	0,402	1/3	0,134	—
Дюссельдорфъ . .	—	41	1,817	1/3	0,606	0,027
Кельнъ	Главные коллектора въ густо застроенныхъ частяхъ города.	25	1,126	3/5	0,676	0,045
„	Главные коллектора въ рѣдко застроенныхъ частяхъ . .	25	1,126	около 1/3	0,402	0,045
Кельнъ.	Второстепенные коллектора въ густо застроенныхъ частяхъ города. . .	25	1,126	4/5	0,901	—
„	Второстепенные коллектора въ новыхъ, рѣдко застроенныхъ частяхъ гортда . .	25	1,126	около 1/2	0,531	—
Кенигсбергъ . .	Новый проектъ . .	60	2,701	отъ 0,25 до 0,6 по формулѣ: $\frac{1}{\sqrt[5]{F}}$	0,643 до 1,608	0,170 —

Названіе города.	Части города.	Выше ливнеспусковъ. Принятое количество ливневыхъ водъ. Милиметровъ въ 1 часъ.	Куб. фут. въ 1 с. съ 1000 кв. с. въ сек.	Дробь показывающая, на какую долю ливневыхъ водъ расчитаны водостоки.	Расходъ ливневыхъ водъ, принятый въ основаніе расчета водостоковъ въ куб. фут. съ 1000 квад. саж. въ секунду.	Количество воды, отводимое водостоками ниже ливнеспусковъ (куб. ф. съ 1000 саж. въ сек.)
Лейпцигъ . . .	—	12	0,535	1/2	0,268	—
Лондонъ	Смотря по величинѣ площади стока и плотности застройки	25	1,126	отъ 1/3 до 1/2	0,375—0,563	—
Льежъ.	—	22	0,981	1/3	0,327	—
Мангеймъ . . .	Центральныя, густо застроенныя части города	45	2,010	По Бюркли.	max.=1,351	—
„ . .	Части занятыя особняками, окруженными садами. . .	45	2,010	По Бюркли.	max.=1,013	—
„ . .	Рѣдко застроенныя пригородныя части.	45	2,010	По Бюркли.	max.=0,675	—
Майнцъ	—	40	1,785	1/2	0,482	—
Мюльгаузенъ . .	Центральныя части города	18	0,804	0,6	0,482	—
„ . .	Рабочіе кварталы и пригородъ	18	0,804	0,4	0,322	—
Мюнхенъ. . . .	Рѣдко застроенныя части города. . .	16	0,724	отъ 1/5 до 1/2	0,145—0,362	—
Мюнхенъ. . . .	Главный отводной коллекторъ четырехъ сточныхъ системъ.	16	0,724	около 1/3	0,265	0,024 до 0,129
Нюрнбергъ . . .	Смотря по величинѣ площади стока . .	13	0,579	отъ 1/3 до 1/2	0,193—0,290	—
Парижъ	Главные коллектора.	45	2,010	1/3	0,670	—
Пештъ.	Главные коллектора, смотря по густотѣ застройки города .	25	1,126	отъ 0,15 до 0,3	0,169—0,338	—
Фрейбургъ (въ Баденѣ) . . .	Густо застроенныя части города . . .	—	—	—	0,643—0,804	—
Тоже	Рѣдко застроенныя части города . . .	—	—	—	0,322	—

Названіе города.	Части города.	Выше ливнеспусковъ. Принятое количество ливневыхъ водъ. Милліметровъ въ 1 часъ.	Куб. фут. въ 1 с. съ 1000 кв. с. въ сек.	Дробь показывающая, на какую долю ливневыхъ водъ расчитаны водостоки.	Расходъ ливневыхъ водъ, принятый въ основаніе расчета водостоковъ въ куб. фунт. съ 1000 квад. саж. въ секунду.	Количество воды, отводимое водостоками ниже ливнеспусковъ (куб. фут. съ 1 00 саж. въ секунду.
Тоже	Вновь проложенные коллектора. . . .	65	2,894	По Манку. (Deutsche Bauzeit. 1884).	max. = 1,737	—
Хемницъ. . . .	Смотря по густотѣ застройки и уклону поверхности земли .	25	1,126	По Манку.	0,273 до 0,804	(0,032—0,056
Штеттинъ . . .	—	13	0,579	1/2	0,290	—
„ . . .	Вновь построенные коллектора. . . .	—	—	По Брикку.	max. = 0,804	—
Штуттгартъ. . .	Второстепенные коллектора	—	—	—	0,193 до 0,273	—
„ . .	Главный водоспускъ .	—	—	—	—	0,054
Многіе города Англіи и Америки.	—	25	1,125	1/2	0,563	—

ній секундный расходъ водостока (α) не есть во всѣхъ приведенныхъ въ таблицѣ № 34 случаяхъ та величина, какую имѣютъ въ виду изложенныя нами выше соображенія, т. е. α не равно kTS. Иногда это только S и вообще въ большинствѣ случаевъ величины, меньшія дѣйствительнаго значенія α.

Большое различіе этихъ чиселъ объясняется нѣкоторымъ образомъ приведенными выше соображеніями о различныхъ условіяхъ, вліяющихъ на количество воды, которое попадаетъ въ каналы. Но необходимо имѣть въ виду, что при установленіи нормъ для разсчета потребнаго сѣченія каналовъ, въ нѣкоторыхъ изъ упомянутыхъ городовъ оказалось возможнымъ по мѣстнымъ обстоятельствамъ выпускать излишнюю воду отъ большихъ проливныхъ дождей помощью предохранительныхъ выпусковъ прямо въ рѣку; въ нѣкоторыхъ же изъ этихъ городовъ каналы по экономическимъ соображеніямъ сдѣланы были недостаточныхъ размѣровъ и это неудобство сейчасъ же оказалось въ первые годы эксплоатаціи. Послѣдствія этой неумѣст-

ной бережливости дают себя чувствовать при сильных ливнях появлением воды на поверхности улиц и затоплением подвалов в низменных частях города.

Из изложенного в последней части настоящаго § видно, что прямого ответа на вопрос, что в каждом частном случае следует принимать за величину наибольшаго секундняго слоя ливня подлежащаго введению в расчет водостоков (αR), дано быть не может. Нужно искать эту величину путем специальных наблюдений, брать ее возможно большей в каждом случае в зависимости от тех средств, коими можно располагать для постройки сети водостоков, а для предохранения водосточной сети от повреждений и города от затопления устраивать где возможно ливнеотводы. Основания для расчета ливнеотводов и определения их влияния на действие сети изложены ниже.

§ 114. Свойства домовых вод.

По качествам своим домовыя воды бывают крайне разнообразны и перемѣнчивы. Свойства вод, выпускаемых из домов, зависит не только от количества потребления воды жителями, но также от системы удаления нечистот, принятых в городе способов спуска воды из домов и многих других обстоятельств.

В нѣкоторых случаях в раковины, предназначенных для спуска помоев, попадает также безъ умысла или съ умысломъ со стороны хозяев большое количество изверженій; в других, наоборот, пользуются даже и при сплавной системѣ водостоков открытыми канавами, площадями, огородами, дворами, ямами, бочками и т. д., как легко доступными мѣстами, для свалки гніющих веществ.

В городах съ вывозом нечистот умышленный спускъ нечистот в каналы водостоков, предназначенных только для помоев и дождевых вод, может достигнуть весьма значительных размѣров, но точное количество спускаемых подобным образом нечистот едвали может быть определено даже для частнаго случая при знаніи всѣх мѣстных обстоятельств. В городах со сплавной системой при существованіи удобных ванн, хороших ватерклозетов и писсуаров и вообще при соблюденіи большой

чистоты въ домахъ, спускаемыя воды поступаютъ въ водостоки въ весьма разжиженномъ состояніи; въ такихъ же городахъ, если чистота жилищъ стоитъ на болѣе низкомъ уровнѣ, домовыя воды являются въ болѣе или менѣе загрязненномъ видѣ.

Повсюду,—слѣдовательно и тамъ, гдѣ содержимое ватерклозетовъ отдѣлено отъ сообщенія съ домовыми водами,—вмѣстѣ съ послѣдними удаляется значительное количество остатковъ мяса и зелени, мусоръ, нѣкоторыя количества животныхъ изверженій и другіе продукты гніенія, въ числѣ которыхъ преобладаютъ иногда вещества животнаго происхожденія, иногда же растительные отбросы.

Поэтому вопросъ о томъ, насколько исключеніе человѣческихъ изверженій изъ водостоковъ способствуютъ чистотѣ протекающей по нимъ воды и загрязнится ли значительно болѣе отводимая водостоками вода, если всѣ нечистоты изъ отхожихъ мѣстъ будутъ прямо спускаться въ сѣть водостоковъ, при достаточномъ, конечно, разжиженіи—пока остается открытымъ. Во всякомъ случаѣ, едвали можно признавать большой вредъ за спускомъ изверженій прямо въ водостоки, такъ какъ и въ настоящее время невозможно предотвратить спускъ въ нихъ нѣкоторой части изверженій, даже при существованіи на это запрещенія.

Количество человѣческихъ изверженій характеризуется слѣдующими общими данными.

Петтенкоферъ даетъ, какъ среднее число: 34 килогр. твердыхъ и 439 килогр. жидкихъ изверженій, а слѣдовательно всего 472 килогр. на человѣка въ годъ. Съ этими данными вполнѣ согласуются числа, приводимыя Вольфомъ и Леманомъ, которые для группы въ 1.000 человѣкъ, состоявшей изъ 376 мужчинъ, 346 женщинъ, 141 мальчика и 137 дѣвочекъ, считаютъ въ годъ 33.170 килогр. твердыхъ и 428.100 килогр. жидкихъ нечистотъ. Подробности этого разсчета приведены въ таблицѣ № 35.

Изъ чиселъ этой таблицы видно, что въ составѣ изверженій находится мочи въ 12,9 разъ больше по вѣсу, нежели кала, причемъ въ послѣднемъ содержится азотистыхъ веществъ немногимъ, какъ извѣстно, менѣе полутора процентовъ, а въ мочѣ ихъ заключается нѣсколько менѣе одного процента. Количество азотистыхъ веществъ, содержащихся въ экскрементахъ, считается мѣрою заключающихся въ нихъ матеріаловъ, способныхъ къ гніенію, и одновременно съ

Таблица № 35.—Количество и составъ человѣческихъ изверженій, по возрастамъ, для 1.000 лицъ обоего пола.

		Кала.			Мочи.			На одного человѣка въ годъ:	
		Всего килогр.	Въ томъ числѣ: Азотистыхъ веществъ килогр.	Въ томъ числѣ: Фосфатовъ килогр.	Всего килогр.	Въ томъ числѣ: Азотистыхъ веществъ килогр.	Въ томъ числѣ: Фосфатовъ килогр.	Кала.	Мочи.
Взрослыхъ	мужчинъ (376)	20.585	238,8	449,3	205.850	2.058,5	834,7	54,75	547,50
	женщинъ (346)	5.675	128,0	136,7	160.410	1.371,9	690,3	16,40	492,50
Дѣтей	мальчиковъ. (141)	5.660	93,8	83,2	29.340	243,2	111,4	40,15	208,05
	дѣвочекъ. (137)	1.250	28,8	18,5	22.506	184,3	87,7	9,125	104,25
	1.000 =	33.170	489,4	687,7	428.100	3.857,9	1.724,1	—	—

этимъ приблизительнымъ масштабомъ для оцѣнки ихъ достоинства въ качествѣ удобренія. Подобное же значеніе придаютъ фосфатамъ. Такъ какъ извергаемая людьми моча содержитъ въ 7—9 разъ больше азота и въ два съ половиною раза больше фосфатовъ, чѣмъ калъ, то въ названныхъ отношеніяхъ первая имѣетъ несравненно большее значеніе, чѣмъ второй.

Калъ содержитъ въ среднемъ 75 процентовъ воды, а моча въ среднемъ 94,5 процента. Удѣльный вѣсъ кала 1.067, а мочи 1,027, а потому при отношеніи смѣси 1 : 12,9,—удѣльный вѣсъ содержимаго выгребовъ долженъ быть (1.067 + 12,9 . 1,027) : 13,9 = 1,03; но такъ какъ часть жидкости испаряется, то удѣльный вѣсъ смѣси обыкновенно ближе къ удѣльному вѣсу кала, т. е. въ среднемъ около 1,05. Поэтому въ стоячей водѣ человѣческія изверженія обыкновенно падаютъ на дно.

Всѣ приведенныя выше данныя относятся къ свѣжимъ извержениямъ, но составъ ихъ очень скоро измѣняется вслѣдствіе образованія большого количества газовъ. Такъ какъ процессъ разложенія экскрементовъ совершается въ теченіе довольно продолжительнаго времени, то данныя о составѣ содержимаго выгребовъ не могутъ имѣть общаго значенія и вообще весьма между собою разнятся.

Такимъ же перемѣнамъ подвержент составъ домовыхъ водъ вообще, поэтому указанія относительно состава этихъ водъ слѣдуетъ принимать лишь въ относительномъ смыслѣ. Въ составѣ помоевъ замѣчаются нѣкоторыя правильныя колебанія въ зависимости отъ времени года, дней недѣли и періодовъ сутокъ, а также въ зависимости отъ количества потребляемой воды, образа жизни обывателей и пр. Съ увеличеніемъ количества потребляемой жителями воды увеличивается и количество спускаемыхъ домовыхъ водъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и уменьшается загрязненіе этихъ водъ нечистотами. Поэтому наибольшее загрязненіе способными гнить веществами происходитъ въ теченіе тѣхъ часовъ, когда потребленіе воды бываетъ наименьшее, обыкновенно это бываетъ въ средніе предобѣденные часы. Среднее загрязненіе вообще совпадаетъ съ періодомъ средняго потребленія воды, а именно, въ послѣ-обѣденные и ранніе вечерніе часы.

§ 115. Количество домовыхъ водъ.

Количество домовыхъ водъ, подлежащихъ удаленію по водостокамъ принимается равнымъ количеству воды, потребляемой жителями.

Количество же потребляемой въ городахъ воды измѣняется въ зависимости отъ различныхъ обстоятельствъ, преимущественно же въ зависимости отъ привычекъ различныхъ классовъ населенія Количество потребляемой воды на одного жителя возрастаетъ, кромѣ того, съ величиною города и въ особенности съ густотою населенія. Въ частяхъ города, обитаемыхъ богатымъ классомъ, потребленіе воды на одного жителя можетъ превышать въ 10 и до 20 разъ количество воды, потребляемой населеніемъ бѣдныхъ кварталовъ. Потребность этихъ послѣднихъ удовлетворяется вполнѣ 10 литрами въ день на человѣка, между тѣмъ какъ для людей достаточныхъ иногда требуется болѣе 150 литровъ на человѣка въ сутки (подробности см. въ I части курса «Водоснабженіе» §§ 26—33.

Потребленіе воды, какъ было уже указано, колеблется также весьма сильно въ разныя времена года и части сутокъ. Это въ особенности касается небольшихъ городовъ, гдѣ лѣтомъ расходуется много воды на поливку садиковъ и дворовъ, такъ что потребленіе увеличивается отъ 3 до 5 разъ сравнительно съ зимнимъ временемъ,

оставаясь притомъ безъ замѣтнаго вліянія на количество водъ спускаемыхъ въ калалы водостоковъ.

Принимая среднее годовое количество потребляемой въ одинъ день воды равнымъ единицѣ, получимъ, что въ дни наибольшаго расхода изъ водопроводовъ (какъ показываетъ опытъ, это бываетъ въ августѣ или въ сентябрѣ) потребленіе выражается напр. по Фрюлингу (см. I ч. курса стр. 138) цифрою 1,5. Среднее потребленіе въ часъ будетъ $\frac{1}{24} \times 1{,}5$; наибольшее часовое потребленіе, обыкновенно приходящееся на послѣ-обѣденные часы, бываетъ, въ отношеніи къ среднему часовому потребленію, по Фрюлингу 6,5%. Поэтому наибольшее количество потребляемой въ часъ воды, отнесенное къ среднему годовому количеству потребляемой воды въ сутки, будетъ, согласно этому расчету, приблизительно около 10%; напримѣръ, при 100 литрахъ средняго суточнаго потребленія наибольшее часовое потребленіе будетъ около 10 литровъ.

По другимъ даннымъ наибольшее часовое истребленіе составляетъ $\frac{1}{16}$ до $\frac{1}{9}$ части суточнаго.

Меньше всего расходуется воды въ ночные и самые ранніе утренніе часы, когда количество потребляемой воды въ часъ уменьшается до $^1/_{50}$ части и даже ниже — суточнаго количества, такъ что при среднемъ потребленіи въ сутки 100 литровъ въ эти часы расходуется изъ водопровода 1,5—3 литра и даже менѣе. *При разсчетѣ количества притекающихъ въ каналы водостоковъ домовыхъ водъ обыкновенно принимается для запаса наибольшее количество потребляемой воды въ часъ, безъ вычета на испареніе, утечку и другія потери,* которыя, смотря по роду потребленія, могутъ однако доходить въ нѣкоторыхъ случаяхъ до 50 проц.

Затѣмъ необходимо принять также во вниманіе, подобно тому, какъ это дѣлается при расчетѣ водопроводовъ (см. § 32), что впослѣдствіи, съ увеличеніемъ народонаселенія, количество потребляемой воды и абсолютное, и относительное на человѣка можетъ также увеличиться. Количество домовыхъ водъ должно быть отнесено, какъ и количество дождевыхъ водъ, къ единицѣ площади города. Для этого необходимо знать густоту населенія, а именно не только существующую въ настоящее время, но и наибольшую, которую можно ожидать въ будущемъ по соображенію съ вѣроятнымъ развитіемъ

города, согласно данным статистики движенія населенія въ данномъ городѣ. Въ видѣ примѣра можно привести, что при составленіи проекта берлинскихъ водостоковъ въ III-мъ участкѣ системы считалось 232 жителя на площади 1 гектара, но для осторожности при опредѣленіи количества потребляемой воды принято было вмѣсто этого числа—732, т. е. въ 3,18 раза больше.

Обозначая среднее количество потребляемой воды въ сутки черезъ r, число жителей на гектаръ черезъ n, получимъ наибольшее количество домовыхъ водъ, которое можетъ попасть въ водостоки съ площади одного гектара въ секунду:

$$b = \left(\frac{1}{16} \text{ до } \frac{1}{9}\right) \frac{nr}{3600} \text{ литровъ въ секунду.}$$

Количество домовыхъ водъ, попадающее въ водостоки въ городахъ, наиболѣе обильно снабженныхъ водою, какъ показываетъ разсчетъ, составляетъ не больше $3^0/_0$ количества дождевыхъ водъ, на которое должны быть разсчитаны водосточные каналы. Обыкновенно же это количество еще меньше и не превосходитъ $1{,}5—2^0/_0$. Изъ этого слѣдуетъ, что въ случаѣ удаленія домашнихъ и дождевыхъ водъ по однимъ и тѣмъ же стокамъ количество домовыхъ водъ *имѣетъ весьма малое вліяніе на необходимую площадь сѣченія водосточныхъ каналовъ*. Въ виду того, что всегда вводится нѣкоторый запасъ площади для обезпеченія пропускной способности сѣти противъ всякихъ случайностей и въ предупрежденіе послѣдствій неточности разсчета, — опредѣленіе необходимой площади подводнаго сѣченія каналовъ дѣлается въ названномъ случаѣ совмѣстнаго удаленія дождевыхъ и домовыхъ водъ лишь по количеству дождевыхъ водъ. Другими словами—стоимость устройства водостоковъ, которымъ приданы достаточные размѣры для отвода дождевыхъ водъ, не измѣняется отъ того, будемъ ли впускать въ нихъ домовыя воды, или нѣтъ. Присутствіе въ сточныхъ водахъ большаго или меньшаго количества домовыхъ водъ имѣетъ, однако, вліяніе на стоимость устройства приспособленій для очистки сточныхъ водъ, промывки и т. п., а равно на стоимость эксплоатаціи сѣти. (См. также табл. №. 36).

Необходимо, однако, имѣть въ виду, что годовое количество домовыхъ водъ, спускаемыхъ съ площади одного гектара, можетъ сравниться, а нерѣдко и превысить годовое количество дождевыхъ

водъ, стекающее съ той же площади; отношеніе этихъ величинъ зависитъ отъ густоты населенія и размѣра потребленія воды. При числѣ населенія отъ 124 до 150 человѣкъ на гектаръ и нормальномъ потребленіи воды годовое количество домовыхъ и дождевыхъ водъ для климатическихъ условій средней Европы приблизительно равны. Это обстоятельство имѣетъ *очень важное значеніе при рѣшеніи вопроса объ отводѣ городскихъ водъ на ирригаціонныя или фильтраціонныя поля.* Въ этомъ случаѣ общее количество домовыхъ водъ играетъ важную роль, тѣмъ болѣе, что по вреднымъ свойствамъ своимъ эти воды имѣютъ также доминирующее значеніе.

Что касается собственно до содержанія въ домовыхъ водахъ изверженій людей, то принимая данныя Петтенкофера для количества изверженій въ годъ на одного жителя (462 килограмма), получимъ количество изверженій въ секунду, получаемое съ площади одного гектара, выраженное въ литрахъ:

$$e = \frac{462\,n}{1{,}05 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60} = \frac{1{,}20\,n}{86\,400},$$

гдѣ 1,05 удѣльный вѣсъ изверженій.

§ 116. Фабричныя воды.

Составъ грязныхъ водъ, спускаемыхъ съ фабрикъ и заводовъ, сильно измѣняется для заведеній различнаго рода, а количество этихъ водъ можетъ быть опредѣлено лишь на основаніи особыхъ изслѣдованій въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ. Но даже въ тѣхъ случаяхъ, когда эти изслѣдованія можно произвести вполнѣ точно, нѣтъ возможности съ такою же точностью разсчитать позднѣйшія измѣненія въ количествѣ спускаемыхъ водъ,—измѣненія, которыя могутъ произойти съ возрастаніемъ народонаселенія. Въ этомъ случаѣ приходится довольствоваться цифрами, основанными лишь на приблизительныхъ соображеніяхъ. Въ качествѣ примѣровъ рѣзкаго отличія въ цифрахъ, выражающихъ количество фабричныхъ водъ, можно привести слѣдующіе случаи. Для весьма промышленнаго города Мюльгаузена количество сточныхъ водъ, выпускаемыхъ изъ фабрикъ и заводовъ, опредѣлилось на основаніи спеціальныхъ изысканій цифрою, превышающею въ 4 раза количество домовыхъ водъ. Въ нѣ-

Таблица № 36.—Расходъ домовыхъ сточныхъ водъ въ канализаціяхъ нѣкоторыхъ городовъ.

(Извлечено изъ таблицы, составленной проф. Н. К. Чижовымъ).

НАЗВАНІЕ ГОРОДА.	Части города.	Число жителей на 100 кв. саж.		Число ведеръ домовыхъ водъ на одного жителя въ сутки.	Число часовъ, въ течен. которыхъ расходуется 1/2 всего количества домовыхъ водъ.	Расходъ домовыхъ водъ въ кубич. фут. съ 1000 кв. саж. площади города.
		Среднее существовавшее во время проектированія.	Принятое въ основу проекта.			
С.-Петербургъ (проектъ Линдлея)	Центральныя части города (между Невою и Фонтанкою)	14,3	20	11,5	9	0,0170
Тоже	Внѣшнія части города. .	8,6	15	11,5	9	0,0128
Варшава	—	—	17	18,4	8	0,0236
Москва	Центральныя части города (въ чертѣ Садовой ул.).	—	20	7	9	0,0094*)
„	Внѣшнія части города. .	—	10	7	9	0,0047*)
Кіевъ	—	5	10	7	7 1/2	0,0056
Казань (проектъ Н. Ч.)	Центральн. части города .	8	16	6	9	0,0064
Тоже	Внѣшнія части города. .	4	8	6	9	0,0032
Берлинъ	Центральн. части города .	отъ 9 до 23	36	10,4	9	0,0251
„	Участки, занятые особняками, окруженные садами		18	10,4	9	0,0126
Бреславль . . .	—	—	11	10	8	0,0083
Висбаденъ . . .	Густо застроенныя части города.	—	18	8,1	9	0,0098
„ . . .	Рѣдко застроенныя части города.	—	11,4	8,1	9	0,0062
„ . . .	Участки, занятые богатыми виллами	—	3,4	8,1	9	0,0018
Данцигъ	Центральныя, старинныя части города	22	24	7,3	8	0,0132

*) Кромѣ того вся сѣть принимаетъ 6.000.000 ведеръ фабричныхъ водъ, расходуемыхъ равномѣрно въ теченіи сутокъ.

НАЗВАНІЕ ГОРОДА.	Части города.	Число жителей на 100 кв. саж. Среднее существовавшее во время проектированія.	Число жителей на 100 кв. саж. Принятое въ основу проекта.	Число ведеръ домовыхъ водъ на одного жителя въ сутки.	Число часовъ, въ теченіе которыхъ расходуется 1/2 всего количества домовыхъ водъ.	Расходъ домовыхъ водъ въ кубич. фут. съ 1000 кв. саж. площади города.
Данцигъ	Нижнія, болѣе рѣдко заселенныя части города.	8	16	7,3	8	0,0081
Дортмундъ . . .	—	3	4,3	11	8	0,0036
Дюссельдорфъ .	Старинныя густо заселенныя части города . .	27,3	45,5	10,4	9	0,0317
„ .	Внѣшнія части города. .	7 до 11,4	18	10,4	9	0,0126
Кельнъ	Старинныя густо заселенныя части города . .	18	—	11,4	6	—
„	Новыя части города . .	11,4	—	11,4	6	—
Кенигсбергъ .	—	до 22	34,5	12,2	8	0,0318
Лондонъ	Часть канализаціон. сѣти.	4,5 до 19,5	—	11,4	6	—
Мангеймъ . . .	Центральн. части города .	14	18	13	9	0,0157
„ . . .	Пригородъ	—	12	8,1	9	0,0065
Мюльгаузенъ . .	Центральн. части города .	отъ 0,2 до 16,6	23	8,1	9	0,0125
„ . .	Рабочіе кварталы . . .		18	8,1	9	0,0098
„ . .	Пригородъ		4,5 до 14	8,1	9	отъ 0,0024 до 0,0076
Мюнхенъ	—	2,5 до 22	3,6 до 32	12,2	8	отъ 0,0033 до 0,0295
Нюрнбергъ . .	Часть канализац. сѣти .	—	24,6	7,3	8	0,0136
Пештъ	Тоже	—	23	12,8	10	0,0178
Хемницъ	—	11,4 до 23	—	8,1	9	—

которыхъ другихъ фабричныхъ городахъ Германіи и Швейцаріи количество фабричныхъ водъ оказалось отъ 30 до 103 литровъ на голову населенія въ сутки. Въ Бирмингамѣ приходится на одного жителя въ сутки 222 литра фабричныхъ водъ, въ Глэзго 363 литра, а въ Реймсѣ (большія льнопрядильни) даже 406 литровъ.

По Шлессингу и Дюранъ-Клэ, количество грязныхъ водъ, спускаемыхъ изъ фабрикъ въ промышленныхъ городахъ, должно считать въ 200—300 литровъ на человѣка въ сутки, т. е. приблизительно вдвое противъ количества воды. потребляемой для домашнихъ цѣлей въ городахъ не промышленныхъ.

Въ виду этого, количество фабричныхъ водъ можетъ имѣть уже нѣкоторое значеніе при разсчетѣ размѣровъ водосточной сѣти. Такимъ образомъ, замѣчающееся нынѣ въ западной Европѣ стремленіе къ недопущенію этой категоріи водъ въ общую сѣть водостоковъ, со спускомъ ихъ по возможности непосредственно въ рѣку, но съ *предварительной* химической очисткой за счетъ фабрикъ — имѣетъ оправданіе и съ точки зрѣнія экономіи въ *общественныхъ* расходахъ на сооруженіе водостоковъ. Но главная причина, почему стараются исключить фабричныя воды изъ обращенія въ водосточной сѣти, заключается въ ихъ составѣ, который во многихъ отношеніяхъ представляется вреднымъ.

Рядомъ съ различными безвредными примѣсями, въ грязной водѣ, выпускаемой съ фабрикъ, содержатся нѣкоторыя ядовитыя вещества, а также вещества способствующія развитію микроскопическихъ организмовъ и размноженію водорослей въ открытыхъ каналахъ. Менѣе вредною представляется конденсаціонная вода паровыхъ машинъ, если она не загрязнена другими примѣсями, кромѣ жировъ, происходящихъ отъ смазочныхъ матеріаловъ и пр. Но обыкновенно конденсаціонная вода паровыхъ машинъ не допускается въ сѣть водостоковъ, такъ какъ растворенныя въ ней или содержащіяся въ нерастворенномъ видѣ вещества покрываютъ дно и стѣнки каналовъ слоемъ липкой грязи, которую трудно бываетъ удалить, и, кромѣ того, теплая конденсаціонная вода способствуетъ гніенію. Если же вода этого рода допускается въ каналы, то обыкновенно ставится условіемъ, что она предварительно должна быть охлаждаема до 35° Ц. или ниже. При большомъ количествѣ такихъ водъ для нихъ устраиваются особые каналы, по которымъ охлажденная предварительно и, если требуется, очищенная отъ жирныхъ примѣсей вода отводится къ ближайшей рѣкѣ.

Сточныя воды химическихъ фабрикъ и заводовъ (содовыхъ, соле-варенныхъ, красильныхъ и пр.), а также фабрикъ, на которыхъ выдѣлываются шелковые, шерстяные и хлопчатобумажные товары, содержатъ большее или меньшее количество кислотъ и минеральныхъ ядовъ. Изъ красильныхъ, ситценабивныхъ и бѣлильныхъ фабрикъ спускаются воды, содержащія большія количества хлора и сѣрной кислоты. Особенно богаты азотистыми примѣсями сточныя воды кожевенныхъ заводовъ, растительными веществами — воды писчебумажныхъ и хлопчатобумажныхъ фабрикъ. Громадныя количества

органическихъ веществъ, въ особенности растительныхъ, содержатся въ грязныхъ водахъ, спускаемыхъ на сахарныхъ заводахъ, которые, однако, почти всегда расположены внѣ городовъ, а потому не играютъ роли при составленіи проекта водосточной сѣти.

§ 117. Грунтовыя воды.

Одною изъ важныхъ санитарныхъ мѣръ признается сохраненіе постоянства уровня грунтовыхъ водъ, для чего въ городахъ нужно обыкновенно при устройствѣ водостоковъ озаботиться надлежащимъ дренажемъ почвы). Но грунтовыя воды не должны при этомъ имѣть прямое сообщеніе съ водостоками, такъ какъ при допущеніи такого сообщенія и водосточныя воды могли бы при извѣстныхъ обстоятельствахъ вытекать въ грунтъ.

Водосточныя трубы и галлереи должны поэтому имѣть возможно непроницаемыя для воды стѣнки. Тѣмъ не менѣе необходимо предвидѣть въ тѣхъ случаяхъ, когда коллекторы приходится помѣщать ниже уровня грунтовыхъ водъ, возможность прониканія этихъ водъ въ коллекторы чрезъ неплотности въ кладкѣ, швы, щели и пр. Количество водъ, которыя могутъ проникать такимъ образомъ въ коллекторъ, увеличивая расходъ въ немъ и требуя для себя части живаго сѣченія, не можетъ быть опредѣлено a priori. Для С.-Петербурга Линдлей принялъ его въ $^1/_2$ куб. фут. въ минуту съ каждаго милліона кв. футовъ площади города.

Съ теченіемъ времени при плохомъ устройствѣ галлерей въ нихъ могутъ происходить разстройства и притокъ грунтовыхъ водъ можетъ значительно возрасти противъ первоначальныхъ предположеній. Тогда становятся необходимыми работы по сдѣланію болѣе непроницаемыми стѣнокъ коллектора. Здѣсь большую пользу слѣдуетъ ожидать въ соотвѣтственныхъ случаяхъ отъ примѣненія способа Neukirch'a — образованія на мѣстѣ въ мокромъ песчаномъ грунтѣ бетона вдуваніемъ цементнаго порошка (См. Transactions o the Am. Soc. of Civ. Eng., а также An. P. Ch. 1895).

§ 118. Составъ сточныхъ водъ.

а) Содержаніе изверженій и въ частности азотистыхъ веществъ. Согласно наблюденіямъ, для средней полосы Европы,

можно принять, что дождевая вода течетъ по водостокамъ одинъ день изъ шести. Такимъ образомъ въ теченіе $\frac{5}{6}$ всего количества дней въ году въ водостоки попадаютъ лишь домовыя воды и человѣческія извержения, а потому даже и при совмѣстномъ удаленіи дождевыхъ и домовыхъ водъ средній составъ сточныхъ водъ зависитъ преимущественно отъ домовыхъ водъ и извержепій, если не считать фабричныхъ водъ, имѣющихъ значеніе въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ. Но такъ какъ данныя о количествѣ и составѣ домовыхъ водъ весьма неопредѣленны, то путемъ разсчета возможно составить себѣ лишь приблизительное понятіе о количествѣ извержений, содержащихся въ каналахъ водостоковъ. Эти свѣдѣнія имѣютъ между тѣмъ нѣкоторое значеніе при разсмотрѣніи различныхъ системъ канализаціи.

Изъ приведенныхъ выше формулъ, опредѣляющихъ количества домовыхъ водъ и извержений въ каналахъ (§ 115), получаемъ:

При наиболѣе разбавленномъ состояніи сточныхъ водъ:

$$\alpha_1 = \frac{\text{объемъ извержений}}{\text{объемъ домовыхъ водъ}} = \frac{1{,}20\,n}{24 \times 3600} : \frac{n r}{9 \times 3600} = \frac{0{,}45}{r}.$$

При наиболѣе концентрированномъ состояніи:

$$\alpha_2 = \frac{\text{объемъ извержений}}{\text{объемъ домовыхъ водъ}} = \frac{1{,}20\,n}{24 \times 3600} : \frac{n r}{50 \times 3600} = \frac{2{,}52}{r}.$$

Въ среднемъ получается:

$$\alpha_m = \frac{\text{объемъ извержений}}{\text{объемъ домовыхъ водъ}} = \frac{1{,}20\,n}{24 \times 3600} : \frac{n r}{24 \times 3600} = \frac{1{,}20}{r}.$$

Такимъ образомъ въ зависимости отъ средняго количества потребляемой воды въ сутки опредѣляется процентное отношеніе содержащихся въ сточной водѣ извержений. Напримѣръ, при 25 литрахъ воды на человѣка въ сутки содержаніе измѣняется отъ 1,8 до 10,8%, при 150 литрахъ эти величины будутъ 0,3 и 1,8%. Конечно, эти числа могутъ служить лишь для приблизительной характеристики разжиженія извержений. Процентное содержаніе извержений будетъ колебаться около указанныхъ величинъ, такъ какъ между потребленіемъ воды и впускомъ экскрементовъ въ каналы существуетъ извѣстная зависимость. По утрамъ какъ одно, такъ и другое совершается въ возвышенномъ количествѣ; затѣмъ впродол-

женіи дня параллельность потребленія воды и впуска извержепій нарушается, но это неравенство компенсируется тѣмъ, что стокъ воды въ каналахъ нѣсколько замедляется, а потому принимаютъ, что крайніе предѣлы отношеній будутъ существовать лишь по временамъ въ видѣ исключеній, вообще же составъ воды въ каналахъ будетъ немногимъ отличаться отъ опредѣленной выше средней величины.

Въ таблицѣ № 37, сообщенной Баумейстеромъ (Baumeister—

Таблица № 37. — Данныя для сужденія о сравнительномъ составѣ сточныхъ водъ въ разныхъ городахъ.

Названіе городовъ.	Относительное количество извержений.	Количество сточныхъ водъ на 1 человѣка въ сутки въ литрахъ.	Количество примѣсей въ миллигр. въ 1 литрѣ = = грам въ 1 куб. метрѣ.				ВСЕГО.	Азотистыя вещества миллигр. въ 1 литрѣ = = грамм. въ 1 куб. метрѣ.	
			Въ видѣ мути.		Въ растворѣ.				
			Неорганическихъ.	Органическихъ.	Неорганическихъ.	Органическихъ.		Въ 1 куб. метрѣ.	На 1 человѣка въ сутки.
Среднее для 16-ти англійскихъ городовъ, имѣющихъ ватерклозеты (средн. годов.) . .	1	180	242	205	722		1.169	85	15
Лондонъ (средн. годов.). . .	1	200	354	258	645		1.257	80	16
Лондонъ при большихъ ливняхъ	1	—	1.828	514	631		2.973	74	—
Берлинъ (средн. годов.) . . .	1	100	217	453	506	249	1.425	70	7
Данцигъ (средн. годов.). . .	1	180	216	379	499	171	1.265	65	12
Франкфуртъ на Майнѣ въ сухую погоду	0,7	100	76	72	573	285	1.006	47	5
Франкфуртъ на Майнѣ въ оттепель	0,7	320	797	203	238	250	1.488	67	21
Франкфуртъ на Майнѣ у водоочистит. бассейна (ср. год.) .	0,7	180	377	919	364	581	2.241	115	21
Цюрихъ	0,8	400	36	92	298	182	608	114	45
Парижъ (ср. годов.)	0,3	150	1.050	515	572	258	2.395	45	7
Висбаденъ	0,2	345	40	34	1.780	93	1.947	23	8
Мюнхенъ.	0,2	465	40	80	361	190	671	—	—
Бременъ	0	—	571	—	1.109		—	60	—
Эссенъ.	0	190	105	213	613	230	1.161	106	20
Галле	0	90	600	500	1.200	700	3.000	140	13

Staedtisches Strassenwesen und Städtereinigung.—1890), приведены анализы сточныхъ водъ различныхъ иностранныхъ городовъ.

Въ первомъ столбцѣ таблицы числа въ видѣ дроби выражаютъ, какая часть населенія пользуется правомъ спускать изверженія непосредственно въ водостоки; число 1 такимъ образомъ показываетъ, что въ данномъ городѣ всѣ изверженія спускаются въ водостоки. Изъ этой таблицы между прочимъ видно, что количество азота, содержащееся въ одномъ куб. метрѣ сточныхъ водъ, не зависитъ прямо отъ количества сточныхъ водъ, приходящагося на одного человѣка въ день. Затѣмъ количество азота весьма колеблется какъ въ одну, такъ и въ другую сторону отъ средней величины (11—13 гр. на человѣка въ день). Замѣчательно, что въ нѣкоторыхъ городахъ, гдѣ спускъ изверженій въ каналы вовсе воспрещенъ, количество азота превосходитъ среднюю величину, между тѣмъ какъ въ другихъ городахъ, гдѣ спускъ изверженій разрѣшается всѣмъ, количество азота уменьшается почти до половины.

Содержаніе азота въ Лилльскихъ водостокахъ составляетъ 20 милиграммовъ, въ Рубе 71 милигр.; въ обоихъ этихъ городахъ нечистоты собираются въ выгребахъ и слѣдовательно сточныя воды не загрязняются открыто изверженіями.

Кромѣ азота, который заключается въ сточной водѣ всегда въ значительныхъ количествахъ, въ видѣ органическихъ и неорганиче-

Таблица № 38. — Средній составъ сточныхъ водъ въ коллекторахъ Парижа.

Опредѣленія.		Коллекторъ Asnières.	Коллекторъ Nord.
Гидротиметрическій градусъ общій		38°	50°
„ „ постоянный . . .		16°	26°
На литръ воды миллиграмовъ.	извести	178	226
	хлора.	60	91
	сѣрной кислоты.	115	203
	азота органическаго	5,5	7,2
	„ амміачнаго	18,2	25,5
	„ минеральнаго	3,9	3,4

скихъ соединеній (см. таб. № 38), въ составъ примѣсей входятъ:

Фосфорная кислота въ малыхъ дозахъ,
Углекислый калій » » »
Хлоръ—въ видѣ хлористаго натра,
Сѣра,
Известь,
Сѣрная кислота,
Сѣроводородъ,
Углеводороды и пр.

б) Количество микробовъ. Содержимое водостоковъ иногда можетъ быть весьма богато микроорганизмами, но на дѣлѣ это не всегда бываетъ. Въ коллекторѣ парижскихъ водостоковъ, по мнѣнію Микеля, въ среднемъ находится до 18 милліоновъ зародышей въ одномъ куб. сантиметрѣ сточной воды. Въ сточныхъ водахъ Галле найдено было 12, 108 и 257 милліоновъ, въ Потсдамѣ 108—258 милліоновъ въ куб. сантиметрѣ. Но извѣстно, что даже въ рѣкахъ находятъ иногда десятки тысячъ микробовъ на куб. сантиметръ. Необходимо имѣть въ виду, что число микробовъ вообще не имѣетъ большого значенія; важно лишь, чтобы среди ихъ не было болѣзнетворныхъ. При большомъ числѣ микробовъ, принадлежащихъ лишь къ нѣкоторымъ безвреднымъ видамъ, нѣтъ никакой опасности, но если существуетъ множество микробовъ разнообразнаго вида, то можно опасаться, что между ними найдутся и болѣзнетворные. Въ прежнее время полагали, что въ сточной водѣ содержатся непремѣнно вредные микробы, но въ настоящее время выяснено, что случаи нахожденія этихъ микробовъ въ водостокахъ являются исключеніемъ. Точно также распространенное прежде мнѣніе, что микробы могутъ легко переходить изъ воды въ атмосферу, въ послѣднее время повидимому отвергнуто. Не останавливаясь на этомъ предметѣ, приведемъ лишь отзывъ одного изъ новѣйшихъ гигіенистовъ Арну (Arnould, Nouveaux éléments d'hygiène, 2. éd. (1889)):

«Безусловно вѣрно, что въ содержимомъ водостоковъ заключаются милліоны бактерій. Но главный вопросъ состоитъ въ томъ, имѣютъ ли эти бактеріи въ сточной водѣ дѣйствительно благопріятную среду для своего размноженія. Скорѣе можно сказать противное. Къ этому надо добавить, что болѣзнетворныя бактеріи сточныхъ водъ, не отличающихся особою стремительностью теченія, не могутъ оставить эту среду и распространиться въ атмосферу».

в) Муть. Количество мути, которое содержится въ сточныхъ водахъ, измѣняется въ весьма широкихъ предѣлахъ. Если исключить числа крайнія и данныя для водостоковъ, въ каналы которыхъ попадаетъ огромное количество уличной грязи, то для общаго количества органическихъ и неорганическихъ веществъ, содержащихся въ сточной водѣ въ видѣ мути получимъ отъ 200 до 600 миллиграммовъ въ 1 литрѣ или граммовъ въ одномъ куб. метрѣ, а въ среднемъ — 444 грамма. Принимая удѣльный вѣсъ мути въ 1,1, получимъ объемъ ея 400 куб. сантиметровъ, и слѣдовательно отношеніе количества мути къ количеству воды будетъ = отношенію 400 къ 1.00.000 = 1 : 2.500.

Въ Англіи при употребленіи ѣдкой извести для осажденія мути сточныхъ водъ считаютъ за норму отношеніе $\frac{1}{4000}$. Для берлинскихъ водостоковъ получено среднее отношеніе $\frac{1}{1200}$. Вообще же можно считать, что нормальное содержаніе мути въ сточныхъ водахъ городской канализаціонной сѣти колеблется между предѣлами $\frac{1}{1000}$ и $\frac{1}{3500}$, причемъ оно обыкновенно скорѣе приближается къ первому, нежели ко второму предѣлу, составляя $\frac{1}{1000} - \frac{1}{1500}$. Въ составъ этой мути входитъ отчасти песокъ, который треніемъ своимъ механически разрушаетъ стѣнки трубъ. Песокъ, а также прочія болѣе тяжелыя составныя части мути, держатся ближе ко дну трубъ, образуя постепенно накопляющіеся осадки, удаленіе которыхъ должно быть предусмотрѣно соотвѣтственными устройствами при составленіи проекта водосточной сѣти.

г) Газы. Легко понять, что въ столь сложной жидкости, какой являются сточныя воды, должны происходить многочисленныя химическія реакціи, при которыхъ происходитъ перегруппировка составныхъ элементовъ жидкости и могутъ образоваться осадки, а также выдѣляться газы. Изъ всѣхъ такихъ реакцій особенное вниманіе должно быть обращено на тѣ, что могутъ давать газы дурно пахнущіе или опасные для вдыханія, или легковоспламеняющіеся, т. е. амміачные, сѣроводородные и пр. Скопленіе въ водостокахъ въ большихъ количествахъ такихъ газовъ можетъ вызвать заболѣваніе и смерть рабочихъ или взрывъ при случайномъ соприкосновеніи съ огнемъ.

Образованію въ атмосферѣ водостоковъ столь нежелательныхъ

элементовъ много способствуетъ гнилостное броженіе содержимаго сточныхъ водъ. Поэтому нужно стремиться къ быстрому удаленію этихъ водъ изъ предѣловъ жилыхъ помѣщеній, не давая имъ нигдѣ застаиваться и озабочиваясь, чтобы движеніе ихъ совершалось при условіи хорошей вентиляціи стоковъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ необходимо, однако, принимать всѣ мѣры къ тому, чтобы воздухъ изъ водосточной сѣти не попадалъ въ жилыя помѣщенія.

§ 119. Ливнеотводы и разжиженіе домовыхъ водъ уличными.

Если въ предѣлахъ канализованнаго города проходитъ рѣка, каналъ и т. п., то для уменьшенія сѣченій коллекторовъ полезно устроить въ нѣкоторыхъ пунктахъ сѣти выпускъ водъ ливней прямо въ естественные протоки.

Для этой цѣли служатъ предохранительные ливнеотводы. О нихъ уже было упомянуто выше. Не входя въ описаніе ихъ конструкціи, которой будетъ отведено надлежащее мѣсто впослѣдствіи, мы разсмотримъ здѣсь только общій характеръ ихъ дѣйствія и вліяніе ихъ на размѣры водостоковъ.

Разсмотримъ сначала прямоугольный участокъ (черт. 636) шириной b съ коллекторомъ AB по срединѣ. Пусть BN будетъ предохранительный ливнеспускъ, начинающій дѣйствовать, когда расходъ воды въ коллекторѣ въ точкѣ B достигнетъ нѣкоторой опредѣленной величины.

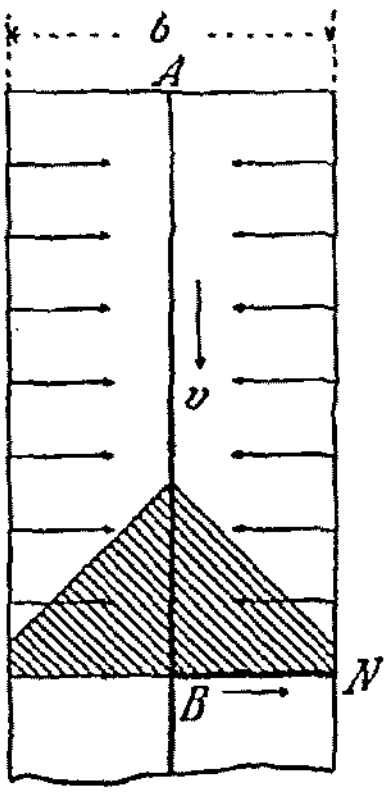
Въ сухую погоду въ B притекаетъ нѣкоторый объемъ домовыхъ водъ равный $AB \times b \times q_h = Fq_h$, гдѣ q_h есть расходъ домовыхъ водъ, выраженныхъ напримѣръ въ литрахъ на гектаръ въ секунду.

Какъ только начипаетъ идти дождь, расходъ въ B возрастаетъ на величину притекающей сюда дождевой воды, количество коей постепенно увеличивается, достигая максимума въ моментъ, когда къ B будетъ доходить одновременно вода съ наибольшей площади, т. е. чрезъ $t_r + \frac{b}{2v}$ секундъ послѣ начала ливня (гдѣ t_r—продолжительность ливня, а v средняя скорость движенія воды въ коллекторахъ—см. § 113).

Если изобразить графически зависимость между расходомъ воды въ B и временемъ, то для однихъ домовыхъ водъ, оставивъ въ сторонѣ колебанія ихъ расхода въ теченіе дня, мы получимъ линію,

Опредѣленіе количества дождевыхъ водъ.

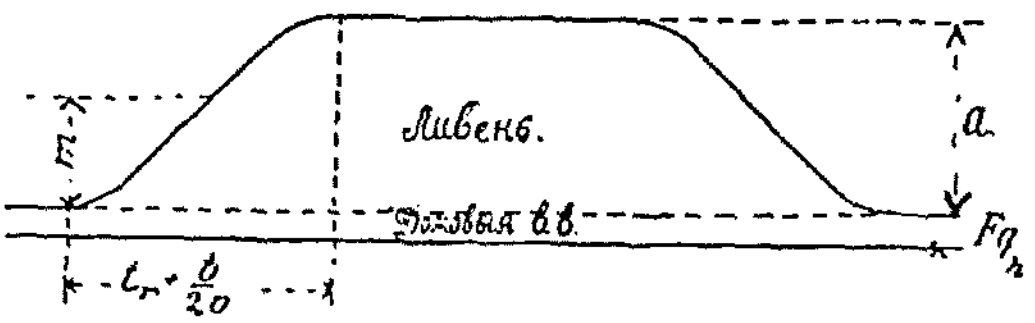
Ливнеотводы.



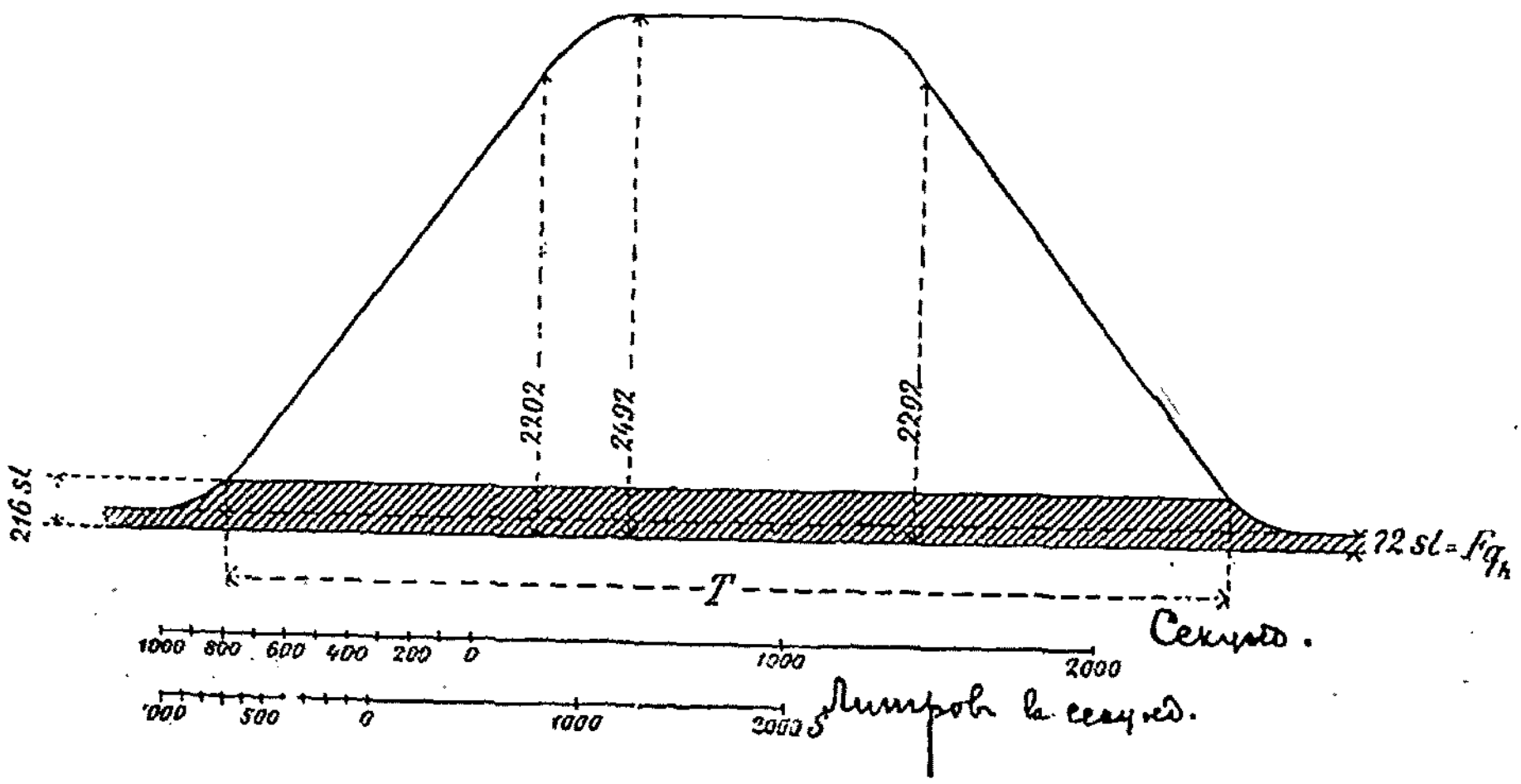
Черт. 636.



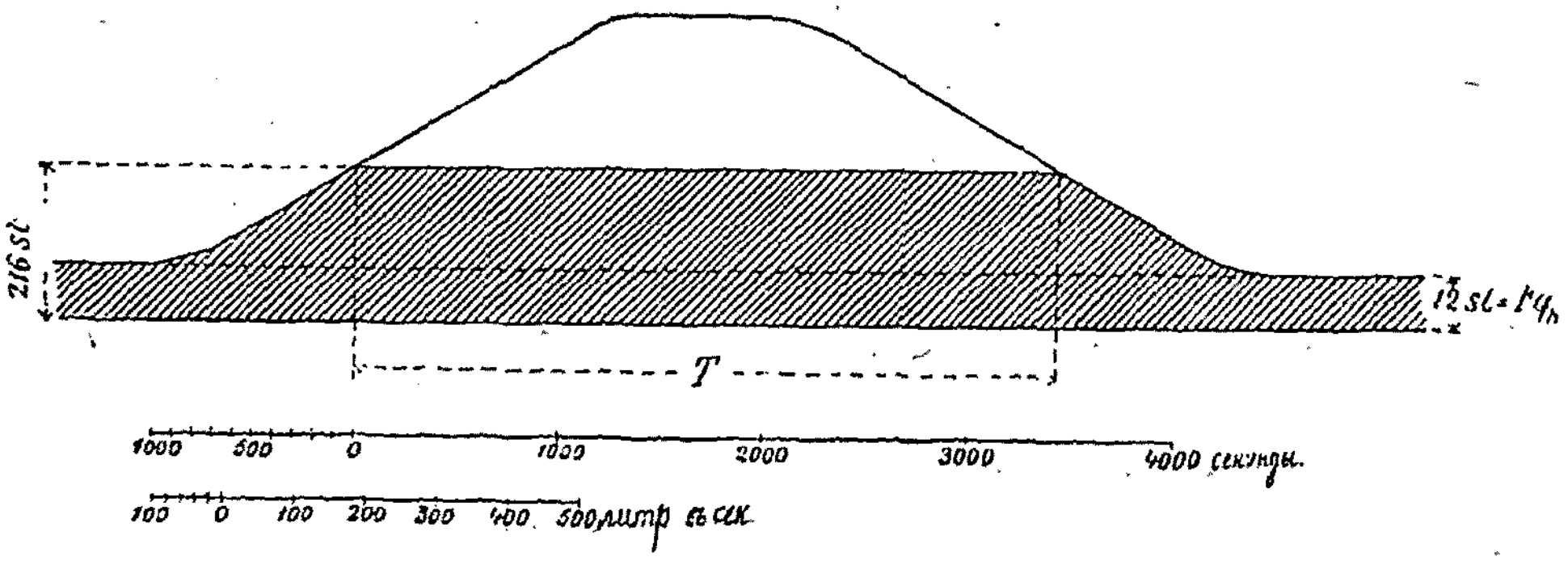
Черт. 637.



Черт. 638.



Черт. 639.



Черт. 640.

параллельную оси временъ (черт. 637), а для домовыхъ съ ливневыми фигуру, представленную на черт. 638, гдѣ въ теченіе времени $t_r + \frac{b}{2v}$ расходъ отъ величины домового достигаетъ до максимума $a + Fq_h$ и затѣмъ, оставшись постояннымъ нѣкоторое время, снова падаетъ до величины домового.

Величина a при достаточныхъ размѣрахъ участка $= \alpha Rbvt_r$, гдѣ $\alpha = k1S$ (см. § 113).

Отношеніе $\frac{Fq_h}{a} = m$ есть степень разжиженія домовыхъ водъ ливневыми у ливнеотвода.

Эта величина не должна быть менѣе извѣстнаго предѣла для того, чтобы выпускъ ливневыхъ водъ въ городскіе рѣки или протоки могъ быть допущенъ.

Размѣръ всей площади, соотвѣтствующей избранному мѣсту для ливнеотвода, имѣетъ непосредственное вліяніе на количество домовыхъ водъ, оставаясь безъ вліянія при томъ же ливнѣ, на притокъ ливневыхъ водъ, откуда значительная разница въ величинѣ коэффиціентовъ разжиженія. Напр. въ разсмотрѣнномъ выше случаѣ прямоугольнаго участка, если $AB = 1500$ метровъ, $b = 400$ метровъ, $q_h = 1{,}2$ литра въ секунду на гектаръ, $R = 120$ литровъ въ секунду на гектаръ, $t_r = 1200$ секундъ, $v = 0{,}7$ метровъ и $\alpha = 0{,}6$, то

$$m = \frac{1500 \times 400 \times 1{,}2}{10000} : \frac{0{,}6 \times 120 \times 400 \times 0{,}7 \times 1200}{10000} =$$

$$= \frac{72}{2420} = \frac{1}{33{,}6}.$$

При всѣхъ тѣхъ же условіяхъ, но при $AB = 2500$ метровъ, $m = \frac{120}{2420} = \frac{1}{20{,}1}$. Въ обоихъ случаяхъ наибольшее разжиженіе наступаетъ чрезъ $1200 + \frac{400}{1{,}4} = 1486$ секундъ послѣ начала ливня.

Гораздо ранѣе этого времени можетъ начаться дѣйствіе ливнеотвода, такъ какъ при m равномъ 5, 4, 3; а иногда и меньшихъ величинахъ признается возможнымъ спускать водосточную воду въ городскіе протоки (см. таблицу № 39).

Если принять въ разсмотрѣнномъ выше примѣрѣ $m = 3$, то очевидно, что коллекторъ въ B передъ ливнеотводомъ долженъ бу-

деть имѣть сѣченіе способное пропустить расходъ $Fq_h + \alpha Rbvt_r =$ $= 72 + 2420 = 2492$ литровъ въ секунду, а за ливнеотводомъ— только $72 \times 3 = 216$ литровъ въ секунду, т. е. площадь живого сѣченія коллектора уменьшится въ 11 съ лишнимъ разъ; это даетъ ясное понятіе о значеніи ливнеотводовъ въ дѣлѣ удешевленія стоимости водосточной сѣти. Самъ ливнеотводъ BN долженъ будетъ отводить въ секунду при данномъ дождѣ — 2492 — 216 = 2276 литровъ, но за то при незначительной длинѣ сооруженія и большихъ уклонахъ противъ уклоновъ коллекторовъ.

Ливнеотводы слѣдуетъ расчитывать съ большимъ запасомъ, чтобы они могли отводить большія противъ принимаемыхъ при расчетѣ коллекторовъ количества дождевыхъ водъ. (См. § 123).

Кривая расходовъ воды для изучаемаго частнаго случая представлена на черт. 639. Заштрихованная часть площади расходовъ представляетъ собой общее количество воды Q_k, которое протечетъ во время ливня по коллектору ниже B, а верхняя бѣлая часть фигуры—общее количество воды Q_n, которое во время дѣйствія ливнеотвода T (см. чертежъ) пройдетъ чрезъ ливнеотводъ. Разсчетъ и чертежъ показываютъ, что для даннаго случая

при $m = 2$ $\dfrac{Q_n}{Q_k + Q_n} = 90^0/_0$; $T = 3340$ сек.

» $m = 3$; $Q_k = 743$ куб. м.; $Q_n = 4702$ куб. м.; » $= 86^0/_0$; $T = 3260$ »

» $m = 4$ » $= 83^0/_0$; $T = 3120$ »

» $m = 5$ » $= 79^0/_0$; $T = 3050$ »

Загрязненіе протока, куда выливаются воды изъ ливнеотвода, зависитъ отъ абсолютнаго количества домовыхъ водъ, которыя попадутъ въ ливнеспускъ вмѣстѣ съ ливневыми, т. е. отъ величины T. Въ данномъ случаѣ, разсмотрѣнномъ выше, т. е. случаѣ весьма сильнаго ливня, видно, что коэффиціентъ разжиженія не имѣетъ особеннаго вліянія на величину T. При измѣненіи m отъ 2 до 5 T колеблется отъ 3050 до 3340 секундъ.

Если же дождь, наоборотъ не сильный, но продолжительный, то вліяніе разжиженія на загрязненіе протоковъ водами ливнеотводовъ значительно возростаетъ, какъ показываетъ примѣръ, разсмотрѣнный на чертежѣ 640 — при $q_r = 10$ литровъ въ секунду вмѣсто 120, $t_r = 3000$ секундамъ, вмѣсто 1200 перваго примѣра.

При этомъ получимъ:

$$m = 2; \quad \frac{Q_n}{Q_h + Q_n} = 30\%; \quad T = 4230 \text{ сек.}$$
$$m = 3; \quad » \qquad\qquad = 3430 \quad »$$
$$m = 4; \quad » \quad = 14{,}7\%; \quad » = 2590 \quad »$$

Какъ слѣдствіе изъ изложеннаго вліянія абсолютной продолжительности дѣйствія ливнеотводовъ (T) на засореніе городскихъ протоковъ вытекаетъ цѣлесообразность уменьшенія района дѣйствія каждаго ливнеотвода и увеличенія ихъ числа.

Таблица № 39. — Величины степени разжиженія домовыхъ водъ уличными въ канализаціяхъ нѣсколькихъ городовъ.

Названіе города.	Коэффиціентъ m	Названіе города.	Коэффиціентъ m
С.-Петербургъ (пр. Лиддля).	1,5—2	Дюссельдорфъ	1—2
Варшава	0,5	Кельнъ (проектъ)	2—3,5
Берлинъ	6,4	Кеннигсбергъ	4,5
Бреславль	3	Мюнхенъ	4—7
Висбаденъ	4—5	Франкфуртъ на М. . . .	4
Гамбургъ	3—4	Фрейбургъ (Баденъ) . . .	3,5
Данцигъ	2 - 3	Штеттинъ	9,5

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ.

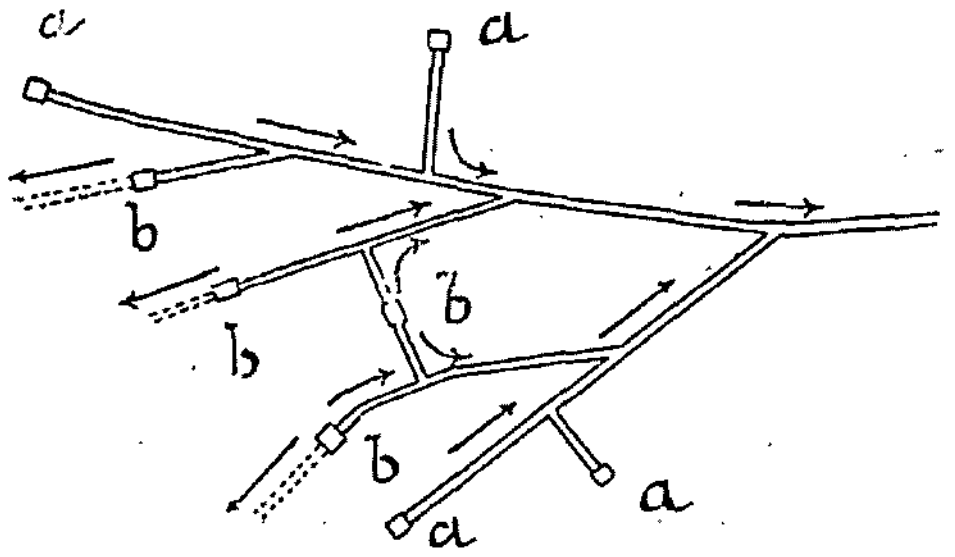
Системы водостоковъ и главнѣйшія основанія для ихъ проектированія.

СОДЕРЖАНІЕ. § 120. Силы, посредствомъ коихъ удаляются нечистоты.— § 121. Классификація системъ удаленія нечистотъ и общій составъ сѣти водостоковъ. — § 122. Руководящія основанія при составленіи проекта водостоковъ. — § 123. Общій порядокъ разсчета сѣти водостоковъ.

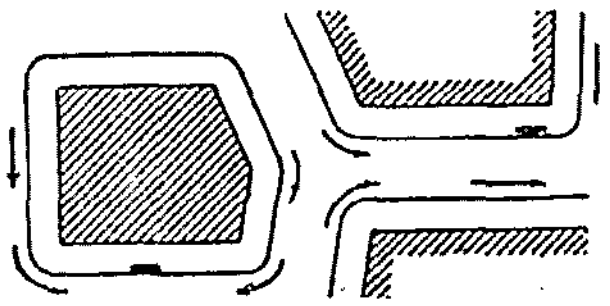
§ 120. Силы, посредствомъ коихъ удаляются нечистоты.

Въ предшествующей главѣ были разсмотрѣны въ качественномъ и количественномъ отношеніи вещества, которыя въ интересахъ общественной гигіены должны быть удаляемы изъ предѣловъ жилыхъ помѣщеній и затѣмъ изъ предѣловъ населенныхъ мѣстъ. Вначалѣ такое удаленіе совершалось каждымъ домохозяиномъ независимо отъ другихъ, т. е. примѣнялись *индивидуальные* способы. По мѣрѣ развитія гражданственности и общественныхъ денежныхъ средствъ индивидуальные способы стали замѣняться *коллективными*, т. е. такими, при коихъ для всѣхъ или многихъ жителей города устраивались общія сооруженія для удаленія грязныхъ водъ. Индивидуальные способы состоятъ для атмосферныхъ водъ въ устройствѣ напр. поглощающихъ колодцевъ, для домовыхъ водъ — въ устройствѣ помойныхъ ямъ, для ватерклозетовъ — въ устройствѣ выгребовъ или переносныхъ баковъ и пр. (см. подробности Bechmann — Salubrité Urb. II и др., напр. по отношенію къ поглощающимъ колодцамъ статью магистра Жолцинскаго—«Вліяніе поглощающихъ колодцевъ на санитарное состояніе почвы и грунтовыя воды» — Журн. Общ. Охр. Нар. Здр. 1900 № 8). Эти способы продолжаютъ существовать и понынѣ. Для отдѣльныхъ небольшихъ поселеній они неиз-

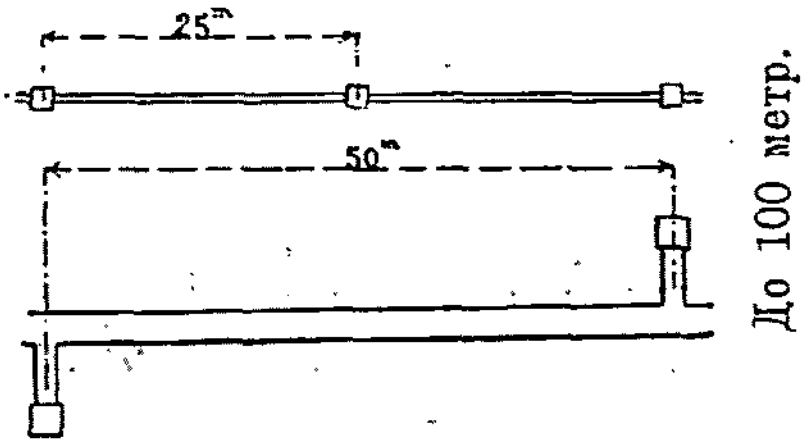
Расположеніе водостоковъ сплавной системы.



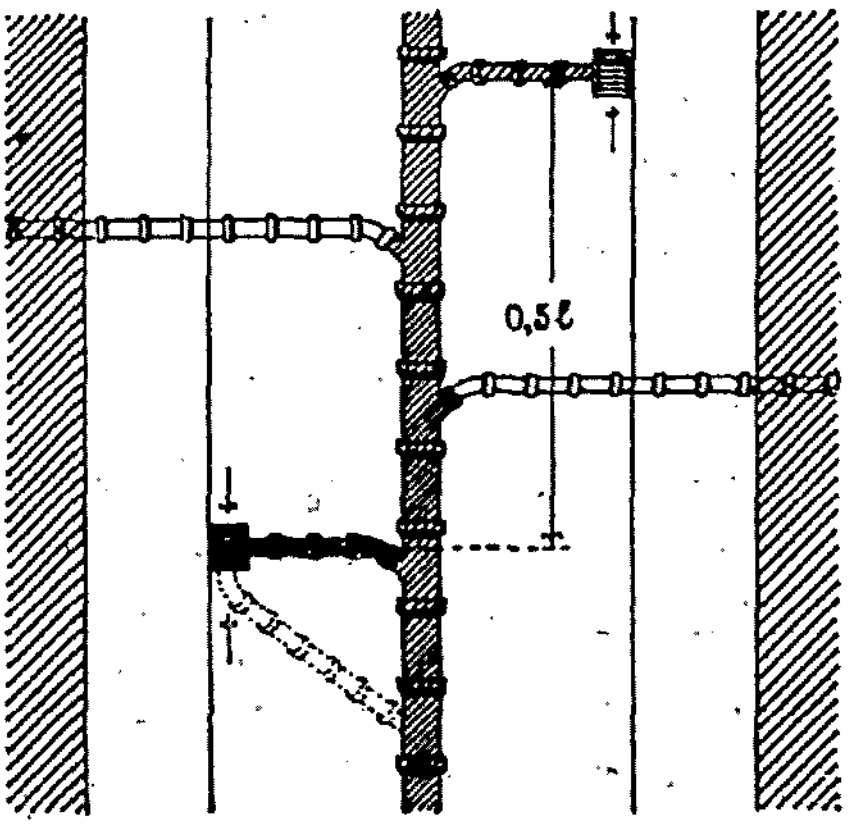
Черт. 641.—Сѣть водостоковъ сплавной системы, гдѣ жидкость перемѣщается дѣйствіемъ тяжести, не должна быть замкнутая. Въ ней есть тупые концы *a*, а въ точкахъ водораздѣла *b* повышенныя мѣста, откуда вода движется въ противуположныя стороны. Въ *a* и *b* помѣщаются промывныя приспособленія.



Черт. 642.—Схема расположенія пріемниковъ уличныхъ водъ, показывающая, что мостовыя должны быть устроены съ такими скатами, чтобы пріемникъ находился въ наиболѣе пониженной точкѣ.



Черт. 643 и 644. — Схемы расположенія смотровыхъ колодцевъ при малыхъ и большихъ водостокахъ.



Черт. 645.— Планъ улицы съ показаніемъ водостока, уличныхъ пріемниковъ съ приводными трубами, и главныхъ домовыхъ водостоковъ.
(Черт. 645—Н. К. Чижовъ. Водостоки).

бѣжны. Для значительныхъ поселеній и городовъ они обязательно должны быть замѣнены болѣе совершенными коллективными, но прогрессъ въ этой области крайне медлененъ, особенно у насъ въ Россіи, гдѣ на первомъ планѣ по санитарному неблагоустройству стоитъ столица—С.-Петербургъ.

Настоящій курсъ имѣетъ цѣлью разсмотрѣніе лишь коллективныхъ способовъ удаленія городскихъ водъ, которые требуютъ устройства системы сооруженій, общей для всего города или значительной его части, причемъ удаленіе это совершается не при помощи силы людей и животныхъ, какъ въ индивидуальныхъ способахъ, а при помощи одной или нѣсколькихъ изъ слѣдующихъ силъ:

1) силы тяжести,
2) силы пара,
3) силы падающей или текущей воды,
4) атмосфернаго давленія,
5) упругости сжатаго воздуха.

§ 121. Классификація системъ удаленія нечистотъ и общій составъ сѣти водостоковъ.

Классификація системъ удаленія нечистотъ можетъ быть сдѣлана по отношенію къ различію въ удаляемыхъ веществахъ или по отношенію къ способамъ ихъ удаленія. Существующія названія системъ далеко не отвѣчаютъ, однако, какой-либо вполнѣ строгой и раціональной классификаціи. Это объясняется различными причинами и, между прочимъ, тѣмъ, что всеобъемлющихъ системъ удаленія нечистотъ пока еще нѣтъ, такъ что при самомъ широкомъ развитіи канализаціи остается, напримѣръ, вывозъ сора лошадьми и т. п. Выдѣляя изъ общей классификаціи вывозъ сора, можно для способовъ удаленія изверженія людей установить слѣдующія подраздѣленія:

Вывозъ или удаленіе сухимъ путемъ. Сюда относятся: сточныя ямы, бочки съ дѣлителями и безъ нихъ, дезодорирующіе и дезинфекцирующіе клозеты съ золой, землей, торфомъ и пр. и пр.

Удаленіе извержені̆ по особымъ трубамъ безъ домашнихъ или иныхъ водъ.

Удаленіе извержені̆ по трубамъ или каналамъ (водостокамъ) въ смѣси съ домашними водами или въ смѣси и съ атмосферными водами.

По отношенію къ *водамъ домашнимъ* основаніями классификаціи можетъ быть принято удаленіе ихъ отдѣльно отъ атмосферныхъ и совмѣстно съ ними.

Такимъ образомъ, если оставить еще разъ въ сторонѣ выходящій за предѣлы настоящаго курса *вывозъ* изверженій людей, то по отношенію собственно къ *водостокамъ* можно допустить двѣ основныя системы:

А. *Общесплавную, сплавную, открытую или англійскую*, при которой всѣ жидкости, подлежащія удаленію изъ предѣловъ города, т. е. атмосферныя, домашнія и др. воды, отводятся вмѣстѣ съ изверженіями людей одной общей сѣтью подземныхъ трубъ или галлерей, и

В. *Раздѣльныя или закрытыя* системы, при которыхъ устраивается не менѣе двухъ сѣтей стоковъ: одна для атмосферныхъ водъ, другая для домовыхъ водъ и изверженій людей, или даже только для изверженій.

Въ системѣ общесплавной перемѣщеніе нечистотъ совершается преимущественно силой тяжести и лишь въ исключительныхъ случаяхъ силой, напримѣръ, пара—насосами.

Въ раздѣльныхъ системахъ тяжесть утилизуется для сѣти каналовъ, отводящихъ атмосферныя воды.

Для собственно же нечистотной сѣти обыкновенно приходится сверхъ дѣйствія силы тяжести прибѣгать къ другимъ силамъ, каковы напр. атмосферное давленіе и упругость сжатаго воздуха.

Въ общесплавной системѣ водосточная сѣть образуется подземными трубами болѣе или менѣе значительныхъ сѣченій. Вода по нимъ течетъ обыкновенно не заполняя всего сѣченія, какъ въ открытыхъ каналахъ. Только въ видѣ исключенія въ тѣхъ частяхъ сѣти, гдѣ нужна сила пара для передвиженія сточныхъ водъ насосами, каналы уступаютъ мѣсто настоящимъ трубамъ, способнымъ выдерживать сильное внутреннее давленіе.

Въ системахъ раздѣльныхъ для нечистотной сѣти, напротивъ, трубы такого рода являются преимущественными элементами (см. главу XXI и XXII).

При очень большомъ различіи въ деталяхъ устройства, способахъ перемѣщенія водъ, санитарномъ значеніи и пр. всѣ системы удаленія нечистотъ при посредствѣ водостоковъ требуютъ устройства слѣдующихъ главнѣйшихъ сооруженій:

1) сѣти уличныхъ водостоковъ, по которой притекающія изъ домовъ грязныя воды вмѣстѣ съ уличными (или отдѣльно) могли бы удаляться за предѣлы города;

2) сѣти домовыхъ водостоковъ, по которой отбросы ежедневной жизни (помои и извержепія людей и животныхъ) могли бы удаляться за предѣлы дома;

3) пріемниковъ домовыхъ, дворовыхъ и уличныхъ, чрезъ которыя нечистотныя воды могли бы попадать въ водосточную сѣть;

4) приспособленій для осмотра сѣти поддержанія ея въ чистотѣ и вентиляціи ея;

5) устройствъ для обезвреживанія вытекающихъ изъ города нечистотныхъ водъ.

Уличные водостоки представляютъ собой открытыя канавы и подземныя трубы или галлереи, проложенныя по направленію улицъ. Устройство открытыхъ канавъ не должно быть, вообще, говоря, допускаемо.

Водостоки укладываются обыкновенно по оси улицъ. Если же улица широка, то иногда дѣлаютъ два водостока (черт. 645, 646 и 649) по сторонамъ. При раздѣльныхъ системахъ, когда атмосферныя воды отводятся отдѣльно отъ домовыхъ, два водостока не избѣжны. Ихъ помѣщаютъ или одинъ надъ другимъ въ одной траншеѣ или отдѣльно. Въ послѣднемъ случаѣ слѣдуетъ по возможности помѣщать по оси улицы водостокъ для домовыхъ водъ, чтобы домовладѣльцы обѣихъ сторонъ были въ одинаковыхъ условіяхъ по отношенію къ проводкѣ ихъ домовыхъ трубъ къ водостоку, что дѣлается обыкновенно за счетъ домовладѣльцевъ. Водостокъ же для атмосферныхъ водъ можетъ проходить и сбоку.

Сѣть уличныхъ водостоковъ располагается такъ, чтобы по возможности отвѣчать естественнымъ бассейнамъ мѣстности. Оно состоитъ изъ главныхъ стволовъ постепенно развѣтвляющихся въ болѣе тонкія вѣтви (черт. 641). Вѣтви эти оканчиваются обыкновенно тупиками у водораздѣльныхъ линій. Если же съ двухъ сторонъ къ такой линіи подходятъ вѣтви въ такихъ условіяхъ, что соединеніе ихъ возможно безъ особенныхъ затратъ, то иногда такое соединеніе дѣлается въ интересахъ болѣе удобнаго осмотра и вентиляціи посредствомъ *сухой* галлереи, т. е. никогда не пропускающей воды. Такія устройства имѣются напр. въ Парижѣ (черт. 647, 648).

§ 122. Руководящія основанія при составленіи проекта водостоковъ.

Для составленія общей схемы водостоковъ, планъ города удобнѣе имѣть въ масштабѣ 50 — 75 саж. въ дюймѣ. На этомъ планѣ должны быть показаны застроенные и не застроенные участки города, улицы, площади, сады, общественные фонтаны, заводы и т. п., рѣки, рѣчки, каналы и пр.

Кромѣ ситуаціи, на планѣ должны быть точно обозначены относительныя высоты поверхности улицъ и вообще конфигурація мѣстности, что удобнѣе всего достигается нанесеніемъ горизонталей.

Наибольшая и наименьшая высоты стоянія воды въ рѣкахъ и каналахъ должны быть также указаны, такъ какъ горизонтомъ высокихъ водъ, въ большинствѣ случаевъ, опредѣляется наибольшая глубина заложенія коллекторовъ вдоль набережныхъ и на мѣстахъ пересѣченія каналовъ водосточными трубами, какъ будетъ объяснено ниже.

Далѣе необходимо имѣть данныя:

о геологическомъ строеніи почвы,

о горизонтѣ и колебаніи грунтовыхъ водъ

и о температурѣ почвы въ зимнее время, такъ какъ водосточныя трубы и галлереи должны непремѣнно находиться ниже глубины промерзанія грунта.

Количество водъ, стекающихъ въ коллекторы изъ жилыхъ домовъ, зависитъ, какъ указано выше, отъ густоты населенія и отъ расхода воды жителями. При составленіи проекта городской водосточной сѣти слѣдуетъ всегда имѣть въ виду, что эта сѣть должна удовлетворять не только всѣмъ потребностямъ удобнаго и быстраго сплава нечистотъ въ данное время, но и въ будущемъ, при болѣе густомъ населеніи. На этомъ основаніи, какъ было упомянуто, въ разсчетъ принимается та цифра плотности населенія, которая, въ данномъ случаѣ, соотвѣтствуетъ крайнему предѣлу населенности. Этотъ предѣлъ зависитъ отъ характера построекъ и въ многолюдныхъ столицахъ, гдѣ цѣнность земли высока и дома строятся въ 5 и болѣе этажей, при наименьшихъ, допускаемыхъ закономъ, размѣрахъ дворовъ, — выражается большою цифрою, нежели въ губернскихъ или уѣздныхъ городахъ, гдѣ имѣется возможность распространить постройки въ ширину, а не въ высоту.

Дѣйствительная густота населенія опредѣляется изъ статистическихъ таблицъ; наиболѣе населенный кварталъ иногда можетъ быть принятъ за норму, превышеніе коей въ будущемъ не предвидится. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ оказывается умѣстнымъ для пригорода, или для тѣхъ кварталовъ, въ которыхъ живутъ преимущественно люди состоятельные въ обширныхъ домахъ съ садами и просторными дворами, вводить въ расчетъ цифру меньше наивысшей нормы, въ виду того, что эта норма, въ зависимости отъ условій жизни, въ такихъ участкахъ города въ дѣйствительности никогда не можетъ быть достигнута.

Для Берлина, Гобрехтомъ принята въ расчетъ населенность въ 7,8332 жителя на аръ (100 кв. метровъ), что соотвѣтствуетъ 36 жителямъ на 100 кв. саженъ, причемъ поверхность улицъ не принята въ расчетъ. Эта цифра соотвѣтствуетъ дѣйствительной наибольшей населенности въ самыхъ многолюдныхъ кварталахъ, и въ общей сложности превышаетъ населенность всей столицы въ $2^1/_2$ раза.

Для Варшавы, Линдлей, на основаніи статистическихъ данныхъ, предположилъ населенность въ 3.500 жителей на 1 милліонъ квадр. футовъ, или 17 жителей на 100 квадр. саженъ.

Для Петербурга, наибольшая часть населенія коего (Казанская часть), по переписи 1869 года, составляла 3.793 человѣка на 1 милл. кв. футовъ, а наименьшая (Александро-Невская) 477 человѣкъ, въ основаніе расчетовъ Линдлей принялъ:

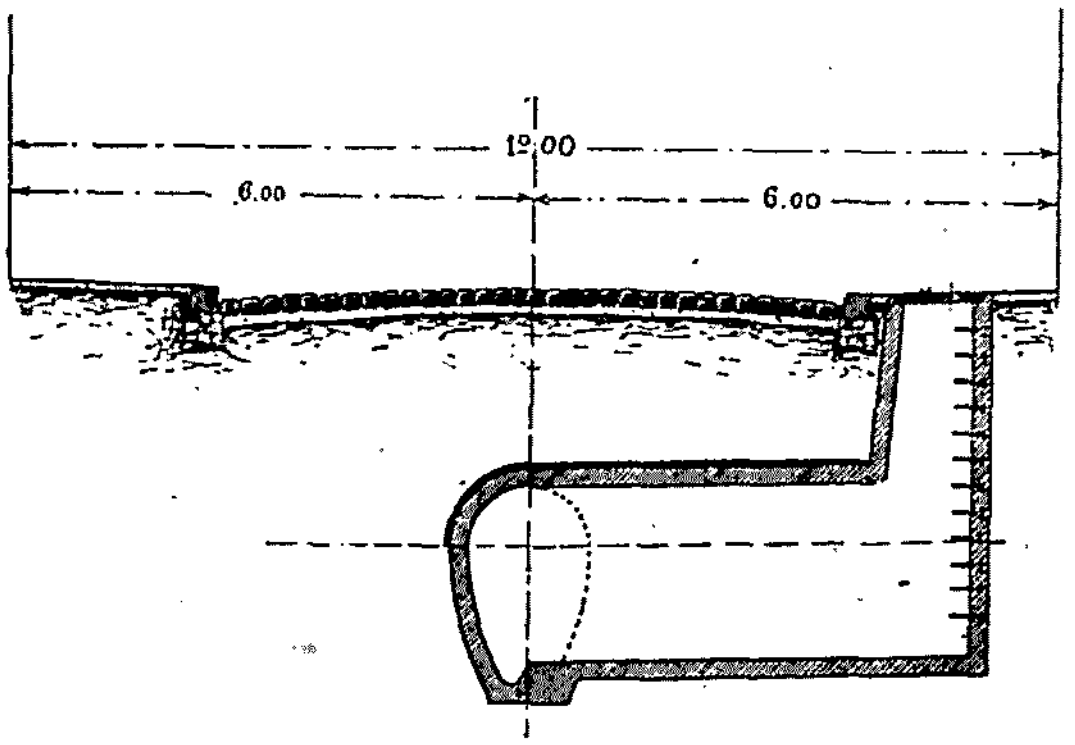
для внутренняго города, между Большою Невою и Фонтанкою: 4.000 жителей на 1 милл. кв. футовъ, или 20 человѣкъ на 100 кв. саженъ, при чемъ получался, въ общей сложности, запасъ $37^0/_0$,

а для внѣшнихъ частей города—3.000 жителей на 1 милл. кв. футовъ, или 15 человѣкъ на 100 кв. саженъ.

Когда собраны всѣ топографическія, статистическія, метеорологическія и др. данныя, необходимыя для составленія проекта водостоковъ опредѣленнаго города, когда избрана по соображенію со средствами города система водостоковъ (общесплавная или раздѣльная), когда, однимъ словомъ, составитель проекта имѣетъ предъ собою всѣ главные элементы для рѣшенія поставленной ему задачи, благополучное рѣшеніе ея еще далеко не близко. Главное затрудненіе заключается здѣсь въ томъ, что нужно найти вполнѣ удовлетворительное расположеніе водостоковъ въ планѣ и профили, правильно опредѣлить ихъ размѣры и пр., такъ какъ исправленіе строительныхъ ошибокъ здѣсь крайне затруднительно. При устройствѣ водопроводовъ,

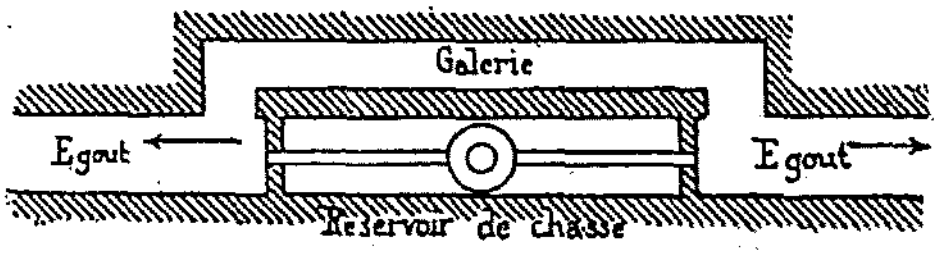
Расположеніе водостоковъ сплавной системы.

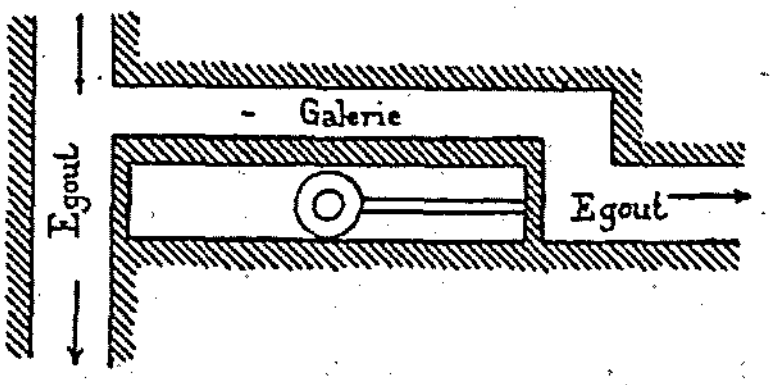
Каналиэація города Парижа.



Черт. 646.

Поперечный разрѣзъ Парижской улицы—шириной не болѣе 20 метровъ. Водостокъ помѣщенъ посрединѣ улицы и смотровые колодцы открываются подъ троттуарами, соединяясь съ водостокомъ боковымъ ходомъ. (J. Hervieu — Construction des égonts).





Черт. 647 и 648.

Для удобства осмотра водостоковъ въ Парижѣ въ водораздѣльныхъ точкахъ соединяютъ водостоки (égout) разныхъ направленій *сухими* галлереями (Galerie) въ обходъ промывныхъ резервуаровъ (réservoir de chasse).

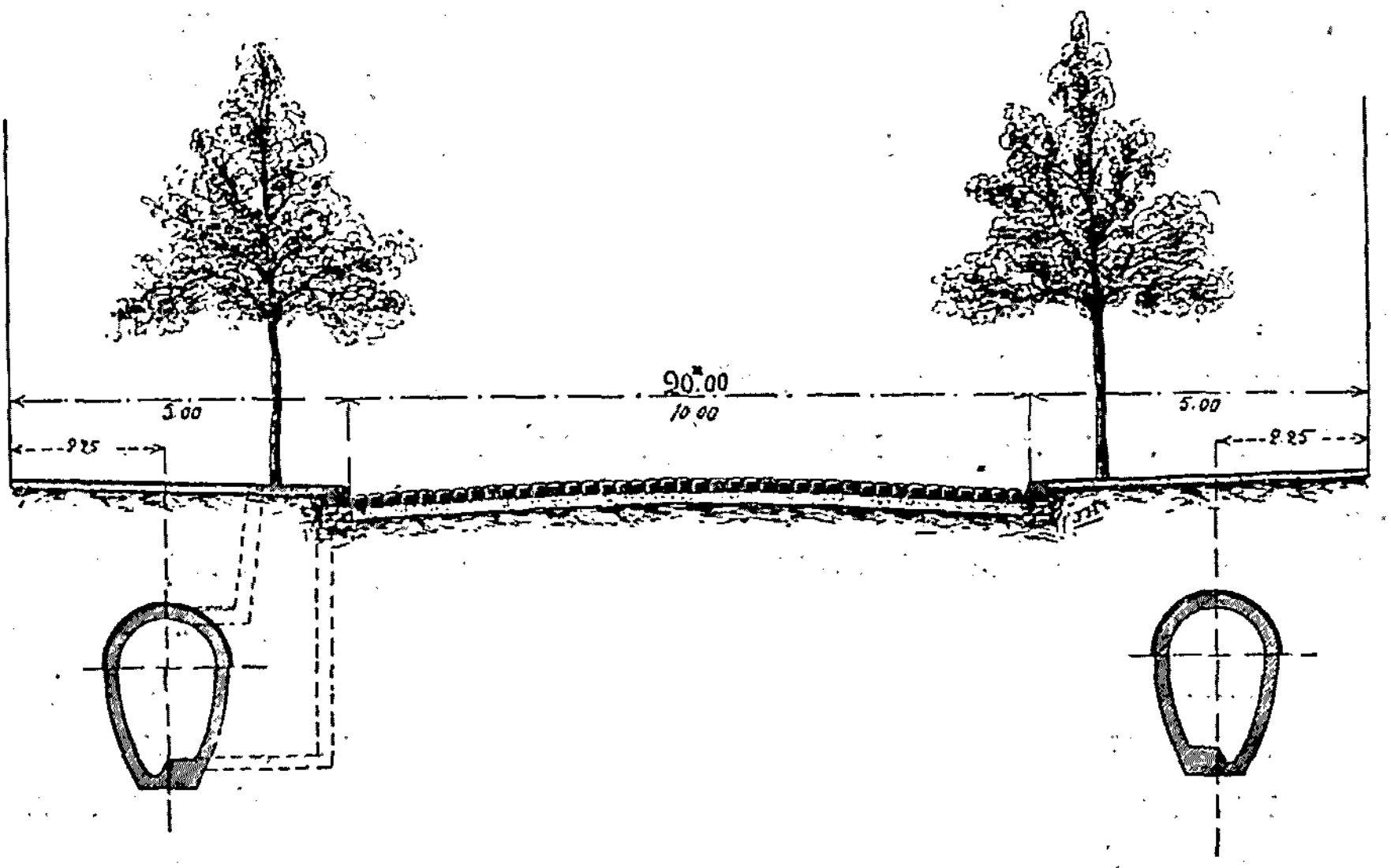
гдѣ вода движется по трубамъ подъ значительнымъ искусственнымъ давленіемъ, поднимаясь вездѣ на высоту, опредѣленную съ большимъ запасомъ, легко и послѣ укладки трубъ измѣнять ихъ положеніе, соединять ихъ между собою, дѣлать отвѣтвленія: вода при наличности значительнаго запаса напора и расхода пройдетъ куда нужно и поднимется на должную высоту въ должномъ количествѣ. Не то въ водостокахъ. Механическая сила примѣняется здѣсь въ видѣ исключенія и въ возможно малой мѣрѣ. Перемѣщеніе водъ совершается по преимуществу силой тяжести по каналамъ съ очень малыми уклонами. И дѣйствительно ничего нѣтъ труднѣе, какъ согласовать впослѣдствіи дѣйствіе стоковъ, построенныхъ безъ точнаго, заранѣе выработаннаго, проекта, какъ перестроить существующія водосточныя сооруженія во время ихъ дѣйствія и т. п.

Необходимость такого проекта настоятельна. Онъ однако не можетъ быть составленъ сразу. Каждый отдѣльный водостокъ долженъ удовлетворять цѣлой массѣ частныхъ условій мѣстности, по которой онъ пролегаетъ и въ то же время быть согласованъ съ общимъ порядкомъ расположенія и дѣйствія сѣти. Достигнуть этого можно только путемъ ряда попытокъ, составляя нѣсколько варіантовъ и сравнивая ихъ между собой. Время, затраченное на такое предварительное изученіе вопроса въ мельчайшихъ деталяхъ, окупается съ избыткомъ быстротою и увѣренностью въ успѣхѣ работъ.

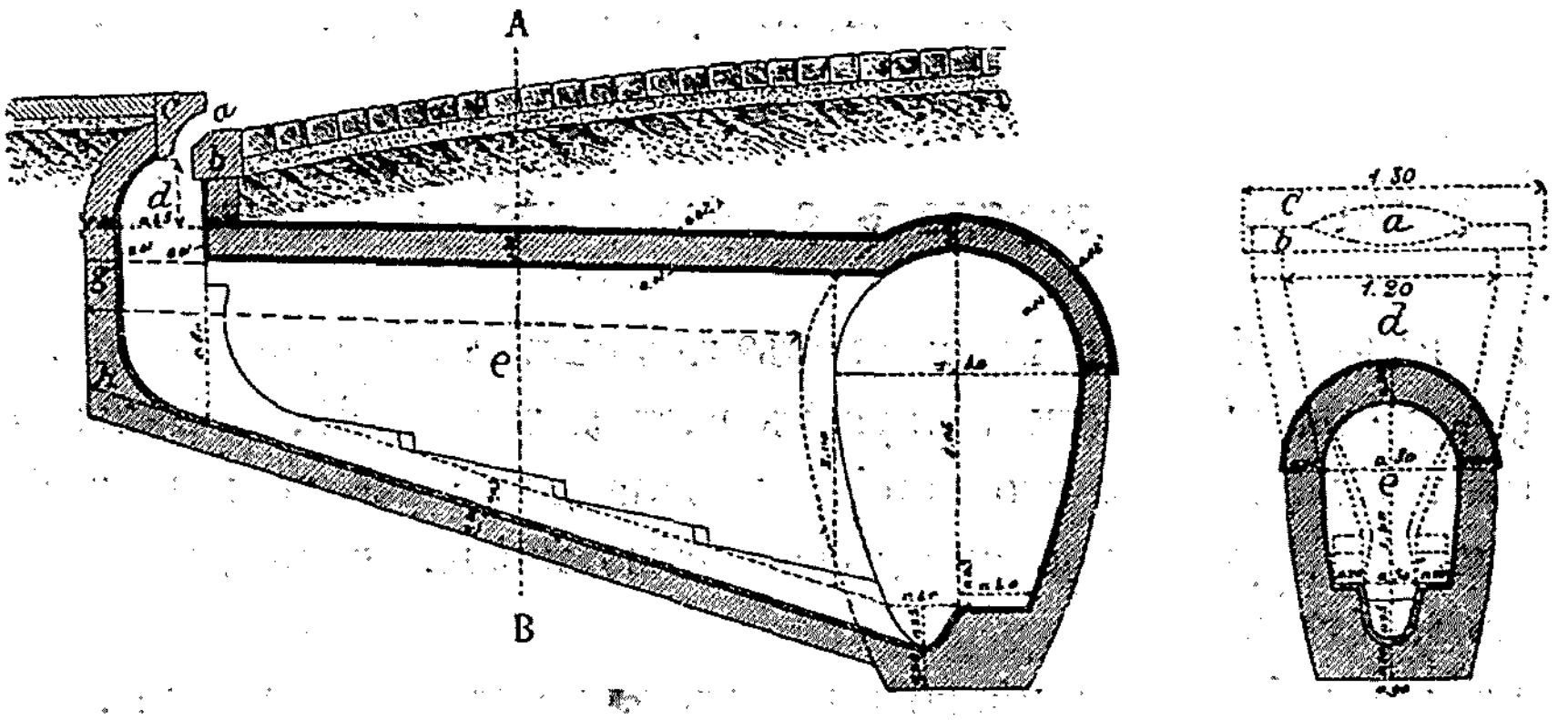
Прежде всего должны быть *точно опредѣлены мѣста отвода* сточныхъ водъ и соотвѣтственно имъ назначены направленія *главныхъ* коллекторовъ. Такими мѣстами въ разныхъ случаяхъ будутъ: рѣка, озеро, море, фильтраціонныя или ирригаціонныя поля, конецъ, станція для предварительной очисти воды. Иногда, при раздѣленіи города на нѣсколько *участковъ*, *зонъ поясовъ*, представляющихъ топографическія или др. особенности, а въ случаѣ устройства раздѣльной системы всегда, сточныя жидкости будутъ направлены въ нѣсколько различныхъ мѣстъ. Но какое бы рѣшеніе ни было принято, *необходимо* ясно впередъ поставить *конечную цѣль*, къ которой должно стремиться при перемѣщеніи городскихъ водъ. Иначе могутъ быть созданы серіозныя затрудненія въ функціонированіи и дальнѣйшемъ развитіи сѣти. Возможность и даже необходимость такого дальнѣйшаго развитія ни въ какомъ случаѣ не должны упускаться изъ вида. Городъ, какъ живой организмъ, никогда не можетъ считаться принявшимъ окончательныя формы и размѣры.

Расположеніе водостоковъ сплавной системы.

Каналиэація города Парижа.



Черт. 649.—Поперечный разрѣзъ Парижской улицы шириной не менѣе 20 метровъ.—Водостоковъ два—по одному съ каждой стороны.



Черт. 650 и 651. — Продольный и поперечный разрѣзъ устья для уличныхъ водъ при расположеніи водостока на серединѣ улицы (J. Hervieu).

Когда окончательныя мѣста стока установлены, главныя дѣленія города на участки сдѣланы, можно приступить къ болѣе точному опредѣленію направленія главныхъ коллекторовъ; при рѣшеніи этой задачи особенно важное значеніе имѣетъ способъ удаленія жидкости. Въ сплавныхъ системахъ это дѣло гораздо сложнѣе, чѣмъ въ раздѣльныхъ, примѣняющихъ механическія силы для подъема воды.

Исполнительный проектъ водосточной сѣти наносится на планѣ въ возможно большомъ масштабѣ. На немъ должны быть обозначены границы владѣній и указаны мѣста, гдѣ находятся ворота, подъ которыми обыкновенно проводится отводящая труба домашнихъ стоковъ, впадающая въ уличный коллекторъ, съ подробнымъ обозначеніемъ №№ домовъ или участковъ владѣній.

На исполнительномъ планѣ направленіе водостоковъ должно быть обозначено окончательно и вполнѣ точно, съ показаніемъ всѣхъ подробностей: размѣровъ коллекторовъ, уклона подошвы, глубины заложенія, радіусовъ закругленія, мѣстъ нахожденія смотровыхъ, вентиляціонныхъ, дождевыхъ и другихъ колодезей, а также тѣхъ мѣстъ, гдѣ въ коллекторы задѣланы впускные боковые патрубки, для примыканія домовыхъ стоковъ, обыкновенно устраиваемыхъ впослѣдствіи, т. е. послѣ окончанія постройки главной сѣти уличныхъ водостоковъ.

Исполнительный проектъ для Берлина составленъ Гобрехтомъ въ масштабѣ 1 : 2000, а для проекта водостоковъ С.-Петербурга Линдлей избралъ масштабъ 50 саж. въ дюймѣ, или 1 : 4200.

Количества водъ, подлежащихъ удаленію, опредѣляются, какъ указано выше.

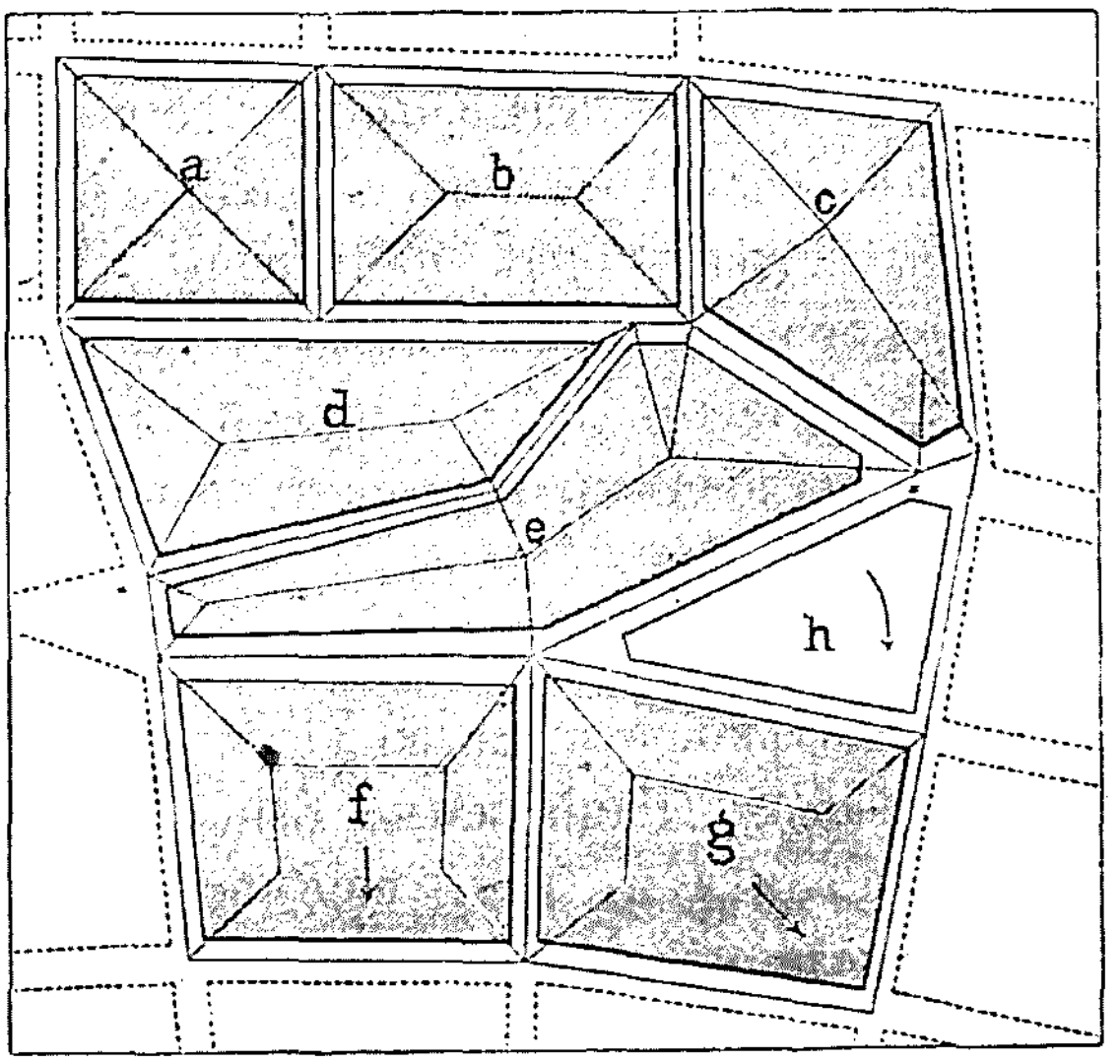
§ 123. Общій порядокъ разсчета сѣти водостоковъ.

Расположеніе сѣти водостоковъ зависитъ такъ существенно отъ конфигураціи мѣстности и другихъ частныхъ условій, а также отъ системы водостоковъ, что общія правила для него не могутъ быть указаны съ достаточной опредѣленностью иначе, какъ для каждой системы отдѣльно.

Въ главѣ XVI мы приводимъ ихъ для сплавной системы.

Когда такъ или иначе сѣть нанесена на планъ и точно выяснено направленіе стока жидкости въ каждой ея точкѣ, расходъ водъ можетъ быть опредѣленъ въ каждой точки сѣти въ зависимости отъ площади, съ которой воды притекаютъ къ этой точкѣ.

Расположеніе сѣти водостоковъ.



Черт. 652.

Способы разлѣленія кварталовъ города на участки, соотвѣтствующіе отдѣльнымъ водостокамъ (Hobrecht, стр. 92).

Примѣчаніе къ черт. 652.

a и b — правильные участки на горизонтальной мѣстности;

c, d и e — участки неправильной формы на горизонтальной мѣстности;

f и g — участки на мѣстности, имѣющіе уклоны въ разныя стороны. (Направленіе стока указано стрѣлками).

Площадь эта исчисляется на основаніи условнаго раздѣленія кварталовъ города на участки, соотвѣтствующіе отдѣльнымъ водостокамъ (см. черт. 652). По площади, соотвѣтствующей каждой точкѣ водостока и плотности населенія, количеству потребляемой воды и высотамъ дождя и ливня, можно найти, согласно изложенному выше:

max. количества домашнихъ водъ въ $1'' — Q_1$
max. » ливневыхъ » » $1'' — Q_2$

подлежащія удаленію каждымъ отдѣльнымъ участкомъ водостока.

Въ общемъ случаѣ, если водостокъ служитъ для отвода всѣхъ водъ, то его размѣры должны быть достаточны для пропуска съ высшей предѣльной допускаемой скоростью V (§ 136) расхода Q_2.

Если сѣть имѣетъ ливнеотводы, что при значительныхъ ливняхъ необходимо, то водостокъ долженъ пропускать непосредственно ниже мѣста отвѣтвленія ливнеотвода

$$Q_1 \times m < Q_2,$$

гдѣ m — принятый коэффиціентъ разжиженія; ливнеотводъ же — по крайней мѣрѣ $Q_2 — mQ_1$. Раціонально, однако, давать ливнеотводамъ бо́льшіе размѣры, имѣя въ виду еще болѣе сильные ливни, чѣмъ тѣ, на которые ведется расчетъ сѣти. (См. § 119).

Когда найдено сѣченіе водостока, отвѣчающее наибольшему расходу и наибольшей скорости, необходимо убѣдиться, что при малыхъ расходахъ, напр. однихъ домашнихъ водъ, вода будетъ двигаться со скоростью v, не меньшей нѣкотораго нисшаго предѣла (§ 136), при которомъ еще возможно передвиженіе грязи и мути.

Разсчетъ размѣровъ водостоковъ производитси по общеизвѣстнымъ формуламъ гидравлики для движенія воды въ каналахъ и трубахъ. Слѣдуетъ замѣтить, однако, что формулы эти, вообще, далеко не вполнѣ отвѣчаютъ дѣйствительнымъ условіямъ движенія жидкости и тѣмъ болѣе отъ нихъ отклоняются, чѣмъ жидкость содержитъ больше наносовъ. Дѣйствительно названныя формулы выведены для наблюденія надъ теченіемъ чистой воды, кореннымъ образомъ отличающагося отъ движенія воды, содержащей наносы.

Уже по этому одному при сооруженіи водостоковъ нельзя упускать изъ вида необходимость мѣръ для промывки и очистки каналовъ и трубъ.

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ.

Поперечныя сѣченія водостоковъ, поверхностныхъ и подземныхъ.

СОДЕРЖАНІЕ: § 124. Общія указанія.—§ 125. Прямоугольное сѣченіе—§ 126. Трапецоидальное сѣченіе. —§ 127. Круглое сѣченіе.—§ 128. Овоидальное сѣченіе.—§ 129. Лотковое сѣченіе. — § 130. Водостоки-туннели съ кюветомъ. — § 131. Сѣченіе водосточныхъ трубъ при наличности значительныхъ напоровъ.— § 132. Водостоки нерацiональныхъ типовъ.

§ 124. Общія указанія.

Отведеніе сточныхъ водъ на поверхности земли открытыми каналами или канавками встрѣчается въ благоустроенныхъ городахъ, вообще, рѣдко и не должно совершено быть допускаемо при общесплавной системѣ. При раздѣльныхъ системахъ такимъ способомъ, въ умѣренномъ климатѣ, отводятся иногда дождевыя воды (канализація города Карлсруэ). Чистая вода, доставляемая какимъ либо источникомъ за городомъ, необходимая для промывки водосточныхъ галлерей, иногда также проводится въ городъ открытымъ, вырытымъ въ землѣ, каналомъ. Въ проектѣ водостоковъ С.-Петербурга, инженеръ Линдлей предполагалъ напр. пользоваться водою б. Лиговскаго канала для промывки верхней сѣти водостоковъ, занимающей часть города къ югу отъ Фонтанки, между Невою и Забалканскимъ проспектомъ. Поэтому, говоря о сѣченіяхъ водостоковъ вообще, приходится упомянуть и о водостокахъ поверхностныхъ.

Имъ придается поперечное сѣченіе формы трапецоидальной, прямоугольной или полукруглой, смотря по тому, будутъ ли стѣнки и дно канала укрѣплены или нѣтъ. Русло трапецоидальныхъ каналовъ оставляется или безъ всякой отдѣлки, или обкладывается дерномъ, или же въ зависимости отъ скорости теченія воды вымашивается кам-

немъ на мхѣ. Каналы прямоугольнаго сѣченія состоятъ обыкновенно изъ врытыхъ въ землю, пластинчатыхъ стѣнокъ и дна, связанныхъ шпонками и распорками, а русла круглаго сѣченія выводятся изъ кирпичной или каменной кладки, или изъ бетона. Въ этихъ указаніяхъ, впрочемъ, нѣтъ ничего абсолютнаго.

Галлереи, зарытыя въ землю, подвергаются сдавливающему усилію грунта снаружи, а потому каменныя или цементныя подземныя галлереи выгодно дѣлать со сводчатыми стѣнками. Но для упрощенія работы, въ тѣхъ мѣстностяхъ гдѣ строительный матеріалъ дешевъ, руслу подземныхъ галлерей даютъ и прямоугольную форму, съ плоскимъ дномъ и съ вертикальными стѣнками, перекрытыми плитою или сводомъ. Очевидно, что такія галлереи требуютъ сравнительно большаго расхода матеріала, нежели, напримѣръ, галлерея круглаго сѣченія, но зато производство кладки можетъ быть поручено простымъ каменщикамъ. Прямоугольное сѣченіе тоже примѣняется къ пластинчатымъ подземнымъ галлереямъ. Большой недостатокъ прямоугольнаго сѣченія—малыя скорости при протеканіи воды тонкимъ слоемъ, и относительно болѣе легкое засореніе и болѣе трудная очистка.

Въ подземныхъ водосточныхъ галлереяхъ вода наполняетъ обыкновенно только часть поперечнаго сѣченія, остальное же, не занятое водою, пространство должно находиться въ свободномъ сообщеніи съ наружнымъ воздухомъ, а потому очевидно, что движеніе воды въ этихъ галлереяхъ опредѣляется тѣми же законами, какъ и для каналовъ на поверхности земли.

Изъ общей формулы:

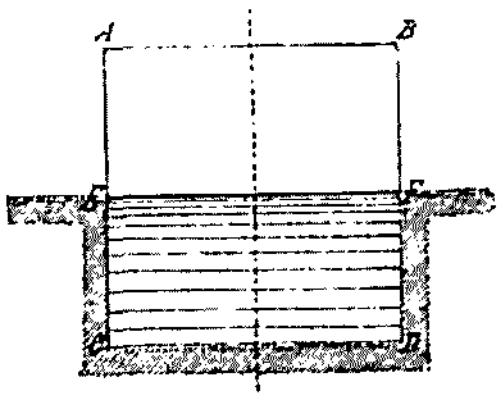
$$Q = cF\sqrt{RI} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

или

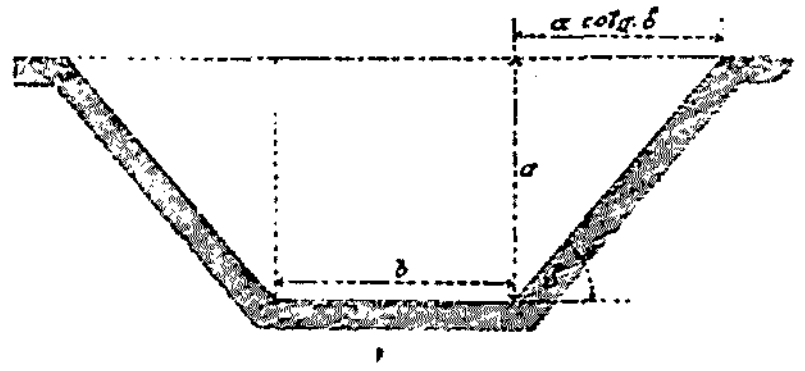
$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = c\sqrt{\frac{F^3}{p}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

очевидно, что при данной площади F живаго сѣченія и опредѣленномъ уклонѣ I, то очертаніе поперечнаго сѣченія будетъ наивыгоднѣйшее, при которомъ получается наибольшій расходъ Q. Но при данныхъ величинахъ c, F и I, расходъ Q будетъ наибольшій при томъ поперечномъ сѣченіи, которому соотвѣтствуетъ наибольшая величина $R = \frac{F}{p}$, средней гидравлической глубины, независимо отъ вида поперечнаго сѣченія.

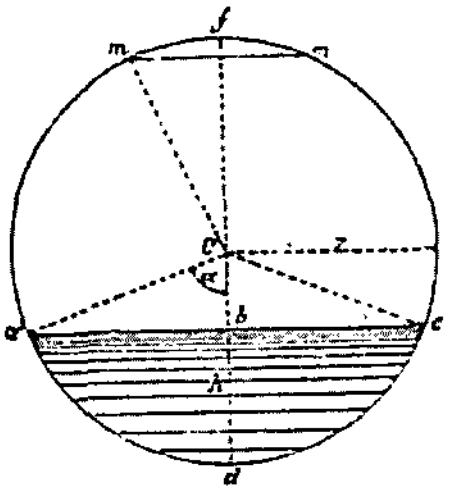
Сѣченія водостоковъ.



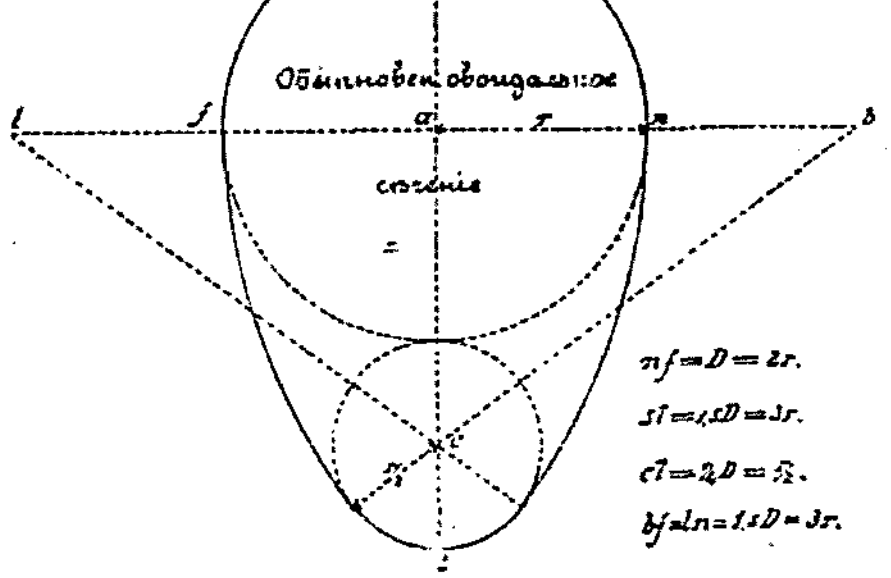
Черт. 653.



Черт. 654.



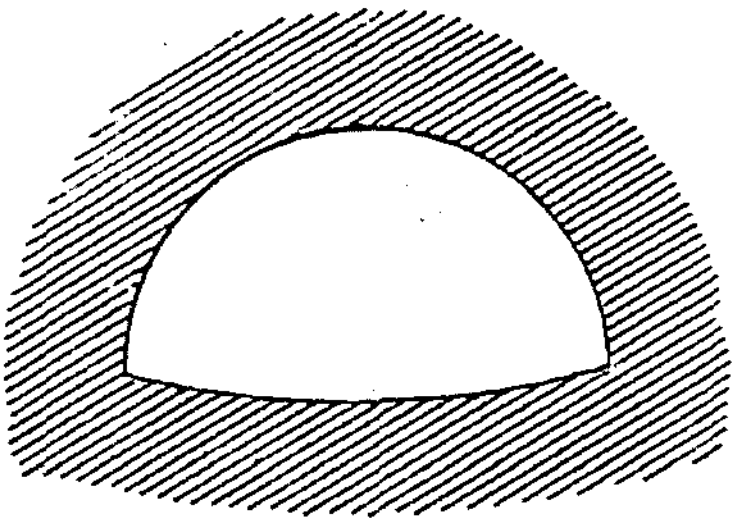
Черт. 655.



Черт. 657.



Черт. 660.—Характеристика желательныхъ наименьшихъ размѣровъ коллекторовъ овоидальнаго типа.



Черт. 656.

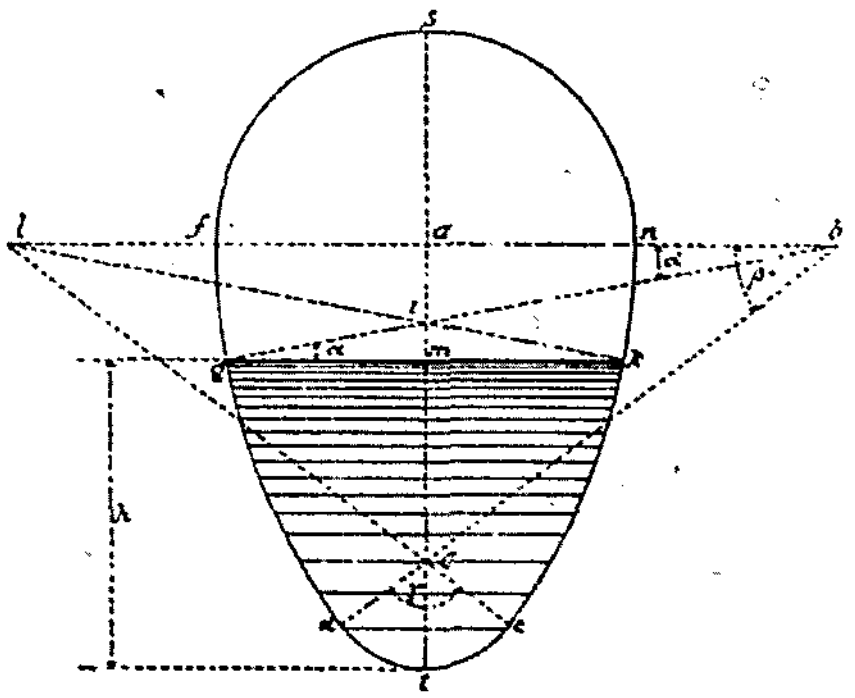
Черт. 653.— Прямоугольное сѣченіе.

„ 654.—Трапецоидальное сѣченіе.

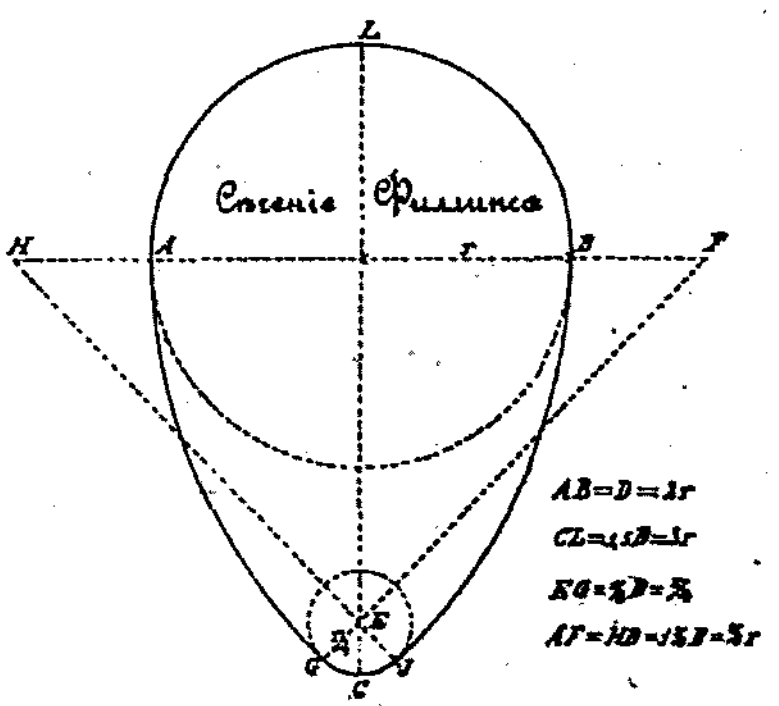
„ 655.—Круглое сѣченіе.

„ 656.—Лотковое сѣченіе.

„ 657—660.—Овоидальное сѣченіе.



Черт. 658.—Овоидальное сѣченіе.



Черт. 659.—Овоидальное сѣченіе Филлипса.

Не слѣдуетъ, однако, думать, что форма и размѣры водостоковъ могутъ быть опредѣлены исключительно на основаніи законовъ гидравлики. Здѣсь необходимо имѣть въ виду и соображенія относительно легкости ихъ осмотра и очистки. Строго говоря, слѣдовало бы дѣлать только двѣ категоріи водостоковъ: недоступные для движенія воды—трубчатые и доступные—овоидальные высотой не менѣе 1,70 метра и шириной не менѣе 0,60 метра (черт. 660). Трубчатые стоки дешевы, прочны, легко промываются, но ихъ примѣненіе ограничено предѣлами фабрикаціи трубъ (см. главу XVIII) и потому они могутъ служить для незначительныхъ расходовъ воды. Галлереи же, допускающія проходъ людей, могутъ пропустить и огромныя количества воды. Между тѣмъ, если признать, что меньшихъ галлерей строить нельзя, то приходится отъ трубы наибольшаго діаметра, напр. въ 36″ переходить сразу къ галлереямъ 1,70 метра, что сопряжено съ крайне значительными расходами и далеко не для всѣхъ городовъ доступно. Поэтому приведенное выше указаніе не слѣдуетъ принимать за абсолютное, а нужно въ каждомъ частномъ случаѣ, въ зависимости отъ средствъ, которыми располагаютъ для канализаціи, искать наилучшее рѣшеніе, помня только, что водостоки должны удовлетворять, кромѣ законовъ гидравлики, еще и другимъ очень важнымъ требованіямъ, указанымъ выше.

Разсмотримъ нѣкоторыя свойства и особенности различныхъ сѣченій водостоковъ, встрѣчающихся въ практикѣ.

§ 125. Прямоугольное сѣченіе.

Изъ всѣхъ прямоугольныхъ данной площади f, квадрату соотвѣтствуетъ наименьшій периметръ. Въ самомъ дѣлѣ, пусть f будетъ площадь, p окружность, a и b стороны прямоугольника, то, положивъ $b = na$, имѣемъ;

$$f = ab = na^2;\ p = 2(a + b) = 2a(1 + n);\ a = \frac{p}{2(1 + n)}$$

или

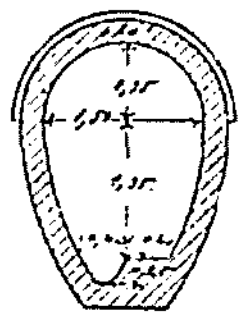
$$f = \frac{np^2}{4(1 + n)^2}.$$

Первая производная будетъ:

$$\frac{df}{dn} = \frac{4(1 + n)^2 p^2 - np^2 8(1 + n)}{16(1 + n)^4} = \frac{p^2}{4}\frac{(1 - n)}{(1 + n)^3}.$$

Сѣченія водостоковъ.

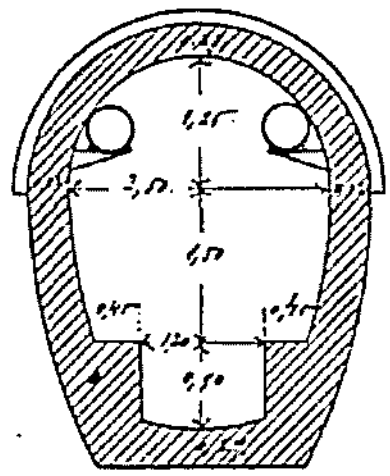
Водостоки Парижа.



Черт. 661.

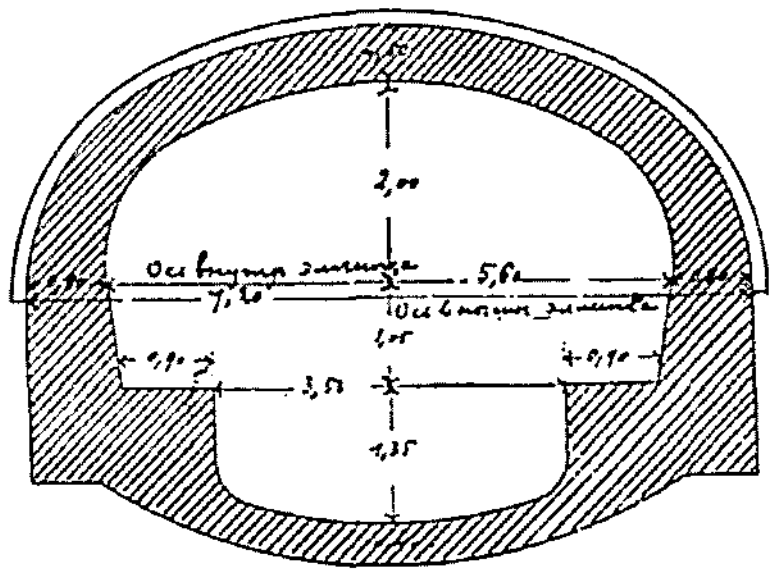
Овоидальный водостокъ съ кюветомъ и тротуаромъ.

Черт. 662.



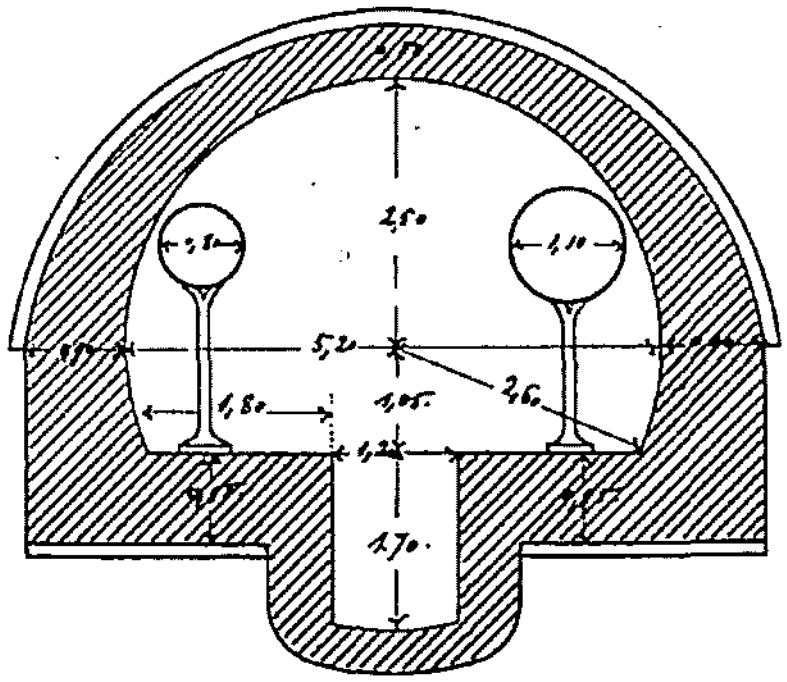
Туннельный коллекторъ (главный водостокъ) съ овоидальнымъ сводомъ, 2 тротуарами, кюветомъ и водопроводными трубами

Черт. 663.



Туннельный коллекторъ найбольшаго сѣченія

Черт. 664.



Туннельный коллекторъ съ почти круговымъ сводомъ, 2 тротуарами, прямоугольнымъ кюветомъ и пр.

Примѣчаніе. Всѣ размѣры въ метрахъ.—Черт. 661—664—изъ соч. Чижова—«Водост. Парижа».

Это выраженіе обращается въ нуль при $n = 1$, т. е.: $a = b$; слѣдовательно, данной величинѣ периметра p соотвѣтствуетъ наибольшая площадь f, если стороны a и b равны между собою, т. е. если прямоугольникъ имѣетъ видъ квадрата, а потому очевидно, что изъ всѣхъ многоугольниковъ площадью f, квадрату соотвѣтствуетъ наименьшій периметръ. Но такъ какъ линія EF (черт. 653) дѣлитъ пополамъ не только площадь, но и периметръ квадрата $ABCD$, то очевидно, что это свойство квадрата остается въ силѣ и для половины его, изъ чего выводимъ заключеніе, что для прямоугольнаго открытаго русла наивыгоднѣйшее живое сѣченіе будетъ и то, въ которомъ ширина русла равняется двойной глубинѣ его (черт. 653).

§ 126. Трапецоидальное сѣченіе.

Уклонъ откоса вырытыхъ въ землѣ каналовъ зависитъ отъ свойства почвы. Пусть a обозначаетъ глубину живаго сѣченія, b ширину русла по низу, δ уголъ наклоненія откосовъ (черт. 654); площадь живаго сѣченія будетъ:

$$f = a\,(b + a\,cotg\,\delta) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3),$$

а смачиваемый периметръ:

$$p = b + \frac{2\,a}{sin\,\delta}.$$

Чтобы найти наивыгоднѣйшее отношеніе a къ b, при опредѣленномъ углѣ наклоненія откоса δ, приравняемъ нулю первую производную величины R, замѣтивъ, что

$$R = \frac{f}{p} = \frac{f\,sin\,\delta}{b\,sin\,\delta + 2\,a}.$$

Подставляя изъ уравненія (3):

$$b = \frac{f}{a} - a\,cotg\,\delta,$$

получимъ:

$$R = \frac{f\,a\,sin\,\delta}{f\,sin\,\delta + a^2\,(1 - cos\,\delta)}$$

$$F'(R) = \frac{\{f\,sin\,\delta + a^2(2 - cos\,\delta)\}\,f\,sin\,\delta - 2a^2\,f\,sin\,\delta\,(2 - cos\,\delta)}{\{f\,sin\,\delta + a^2\,(2 - cos\,\delta)\}^2\,a^2} = 0,$$

откуда

$$a^2\ (2 - cos\ \delta) = f\ sin\ \delta),$$

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

а ширина по дну:

$$b = \frac{f}{a} - a\ cotg\ \delta.$$

Если $\delta = 90°$, то $sin\ \delta = 1$, $cos\ \delta = 0$ и получается найденное выше значеніе для прямоугольнаго русла, при коемъ

$$2\ a^2 = f,\ f = ab$$

или

$$a = \frac{b}{c}.$$

Уклонъ боковыхъ откосовъ принимается:

1.	Для каналовъ въ легкой землѣ, пескѣ и т. п. .	$cotg\ \delta = 2$
2.	» » » твердой почвѣ	$cotg\ \delta - 1{,}5$
3.	» » » » » съ отдѣлкою русла дерномъ или камнемъ	$cotg\ \delta = 1{,}0$
4.	для каналовъ изъ каменной кладки	$cotg\ \delta = 0{,}5$

§ 127. Круглое сѣченіе.

Если въ кругломъ сѣченіи $a\ d\ e\ f$ (черт. 655) протекающая вода занимаетъ часть площади круга $a\ b\ e\ d$, которому соотвѣтствуетъ глубина струи h, то, обозначая чрезъ r радіусъ сѣченія, черезъ $2\ a$ уголь при центрѣ, соотвѣтствующій наполненію h, находимъ:

$$\text{периметръ } p = a\ d\ e = \frac{2\ \pi.\ 2\ \alpha}{360} r = \frac{2\ \pi\alpha}{180} r;$$

далѣе:

$$b\ d = h = r\ (1 - cos\ a);$$

слѣдовательно:

$$cos\ a = \frac{r - h}{r}.$$

Помощью этой формулы не трудно, въ данномъ случаѣ, найти величину угла α или $2\ \alpha$, соотвѣтствующаго высотѣ h наполненія сѣченія.

Далѣе имѣемъ:

$$\text{Площадь } F = \text{Сект. } adec - \triangle\ cae$$

$$\text{Сект. } adec = p\frac{r}{2} = \frac{\pi\, a}{180}\, r^2$$

$$\triangle\ cae = ac\,\frac{bc}{2} = 2\,r\ sin\ a\,\frac{r\ cos\ a}{2} = r^2\ sin\ a\ cos\ a = \frac{r^2}{2}\ sin\ 2\ a;$$

$$F = r^2\left(\frac{\pi\ a}{180} = \frac{1}{2}\ sin\ 2a\right). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Подставляя найденныя выраженія для F и p въ формулу

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

находимъ:

$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = c\sqrt{\frac{\left[\frac{\pi\, a}{180} - \frac{1}{2}\ sin\ 2\ a\right]^3}{\pi\, a}}\ 90\ r^5. \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Это выраженіе принимаетъ наибольшее значеніе для $2\,a = 308°$, т. е. наибольшій расходъ воды при круговомъ сѣченіи получается при наполненіи его до линіи mn, черт. 655.

Помощью вышеприведенныхъ формулъ находимъ:

Для полнаго сѣченія, $\alpha = 360°$.

$$F = \pi r^2;\ p = 2\ \pi r;\ R = \frac{F}{p} = \frac{r}{2};\quad \frac{F^3}{p} = \frac{\pi^2\, r^5}{2}$$

$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = c\,.\,\pi\sqrt{\frac{p^5}{2}} = 2{,}22\ c\ \sqrt{r^5} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Для наивыгоднѣйшаго наполненія h, соотвѣтствующаго угла $2\ \alpha = 308°$

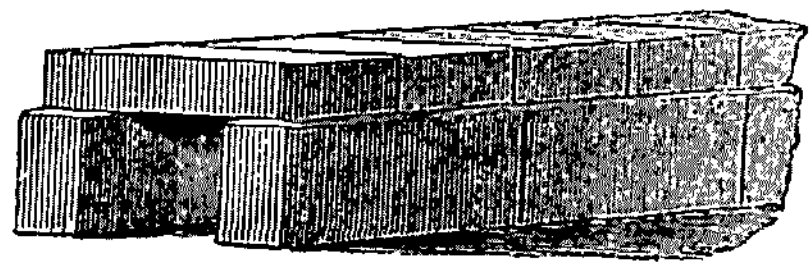
$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = 2{,}2362\ c\ \sqrt{r^5} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Для половиннаго наполненія:

$$F = \frac{\pi r^2}{2};\ p = \pi r;\ R = \frac{F}{p} = \frac{r}{2};\ \frac{F^3}{p} = \frac{\pi^2\, r^5}{8}$$

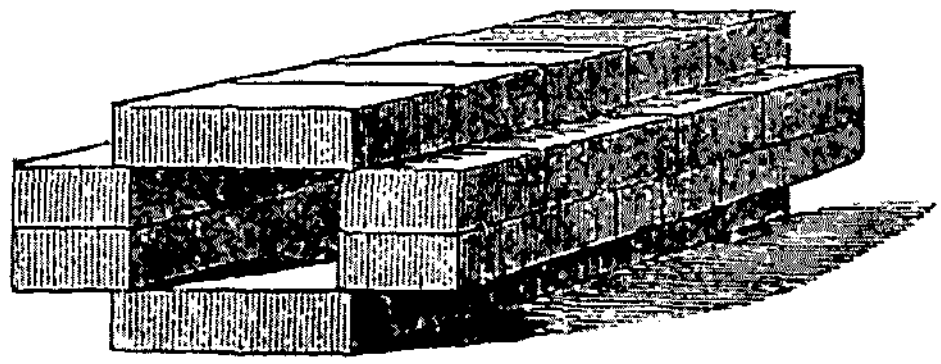
$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = c\pi\sqrt{\frac{r^5}{8}} = 1{,}11\ \sqrt{r^5} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Водостоки нераціональнаго устройства.



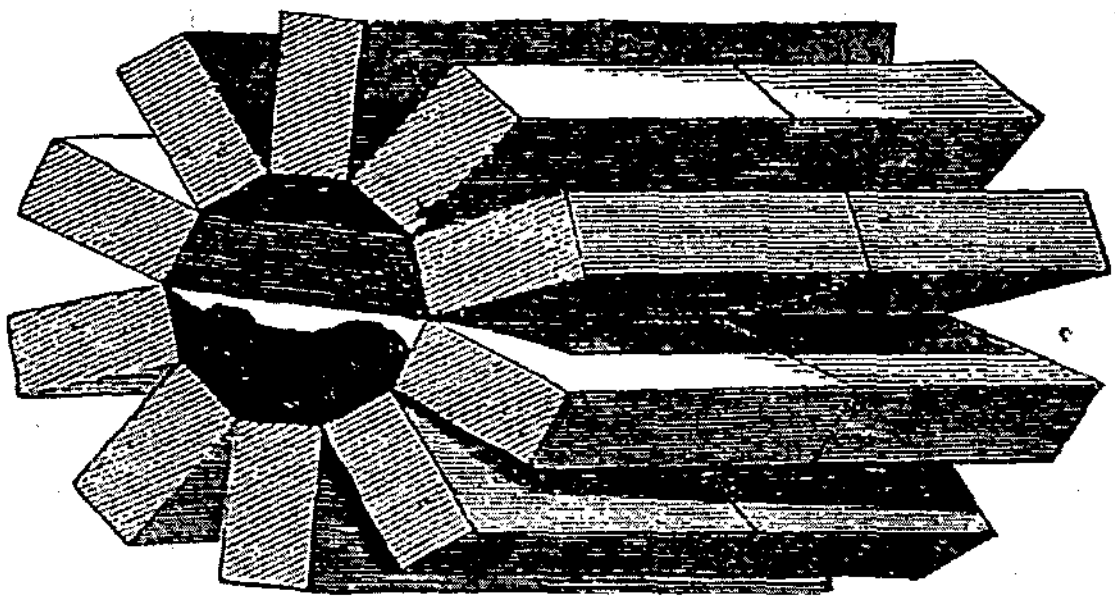
Черт. 665.

Домовой водостокъ прямоугольнаго сѣченія изъ кирпичей — безъ основанія.



Черт. 666.

Домовой водостокъ прямоугольнаго сѣченія изъ кирпичей — съ основаніемъ.



Черт. 667.

Водостокъ малаго діаметра изъ обыкновенныхъ кирпичей. (B. Latham).

Круглое сѣченіе менѣе часто примѣняется къ устройству большихъ водопроводныхъ галлерей. Въ водостокахъ оно встрѣчается въ особенно обширномъ примѣненіи въ домовой канализаціи, водостокахъ верхнихъ частей сѣти и вообще для трубъ, протяженіе коихъ нерѣдко составляетъ до 75% длины всей водосточной сѣти.

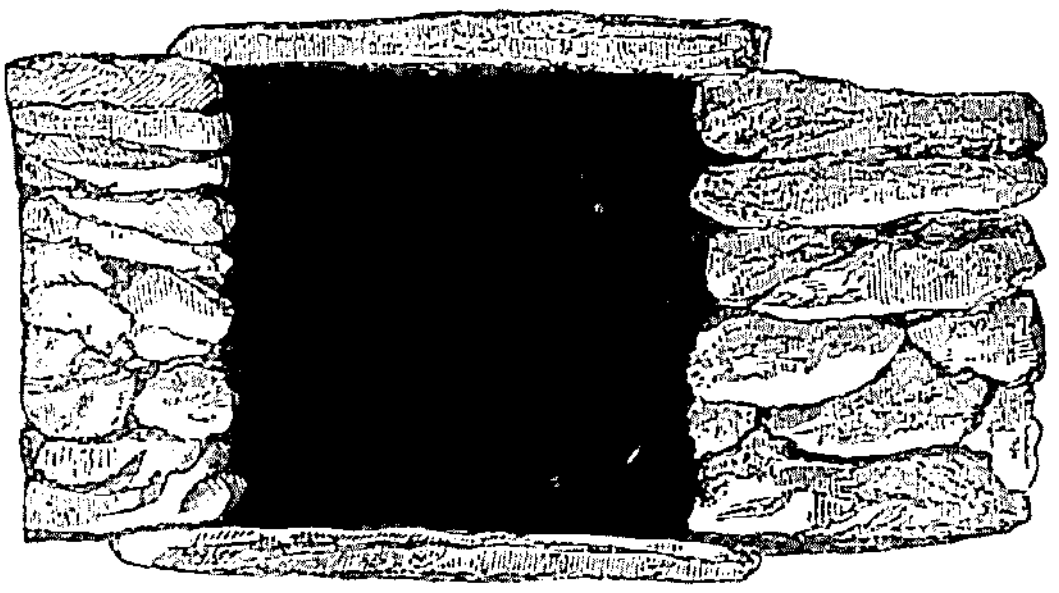
Преимущества круглаго сѣченія передъ другими заключаются въ томъ, что и при полномъ, и при половинномъ наполненіи, ему соотвѣтствуетъ наивыгоднѣйшее отношеніе площади къ оропаемой окружности, т. е. наименьшая затрата матеріала, а равно въ лучшей сопротивляемости давленію окружающаго грунта. Круглое сѣченіе, однако, не вполнѣ умѣстно въ тѣхъ случаяхъ, когда расходъ воды въ стокѣ измѣняется въ большихъ предѣлахъ. Это условіе имѣетъ мѣсто въ водостокахъ сплавной системы. Какъ было показано, количество сточныхъ водъ, поступающихъ въ нихъ, колеблется дѣйствительно между весьма большими предѣлами. Вслѣдствіе этого, водосточныя галлереи большихъ размѣровъ обыкновенно не дѣлаются круглаго сѣченія, которое, зато какъ было упомянуто, примѣняется почти исключительно къ домашнимъ и къ второстепеннымъ уличнымъ стокамъ, состоящимъ изъ чугунныхъ, гончарныхъ, бетонныхъ или асфальтовыхъ трубъ, діаметромъ отъ 8″ до 24″.

§ 128. Овоидальное сѣченіе.

Овоидальное сѣченіе примѣнено впервые англійскимъ инженеромъ Филлипсомъ въ 1846 г. Преимущество его передъ круговымъ сѣченіемъ для водостоковъ заключается въ томъ, что даже при маломъ наполненіи коллектора получается еще сжатый потокъ, между тѣмъ какъ въ круговомъ сѣченіи, при томъ же незначительномъ расходѣ воды, образовался бы плоскій, небольшой глубины потокъ, съ весьма малой величиной R, и незначительной скоростью теченія, при которой на днѣ осаждаются тяжелыя частицы, неизбѣжно попадающія въ водостоки изъ домовъ и съ поверхности улицъ. Поэтому овоидальное сѣченіе, при незначительномъ притокѣ сточныхъ водъ, представляетъ гораздо менѣе опасности засоренія, нежели круглое; сверхъ того оно хорошо сопротивляется сжимающему усилію окружающаго грунта, а постройка овоидальныхъ коллекторовъ легче, нежели по-

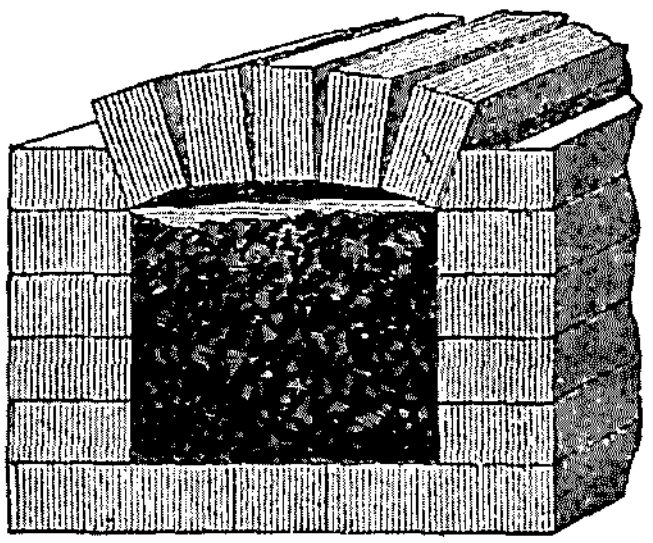
Водостоки нераціональнаго устройства.

Черт. 668.

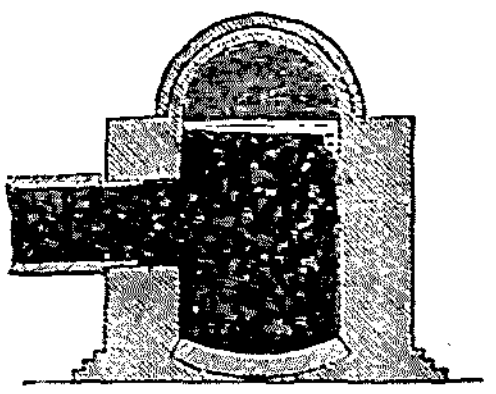


Уличный водостокъ прямоугольнаго сѣченія изъ бутовой кладки.

Черт. 669.

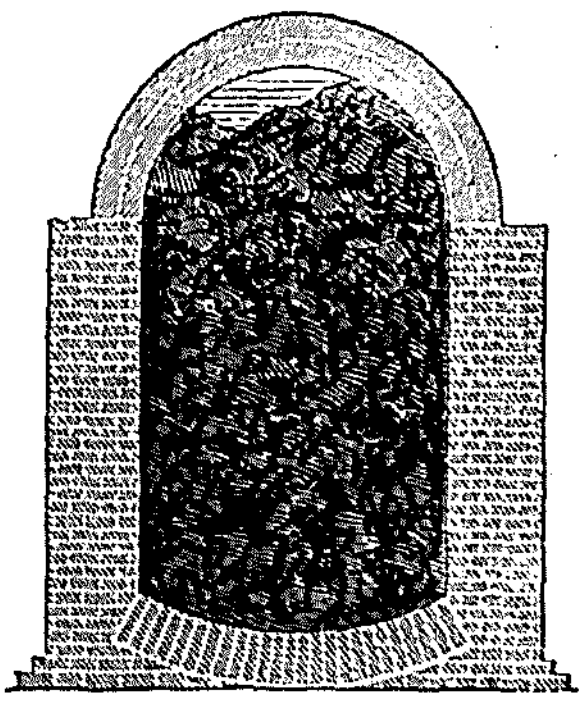


Уличный кирпичный водостокъ съ плоскимъ дномъ.



Черт. 670.

Соединеніе уличнаго водостока съ домовымъ.



Черт. 671.—Уличный кирпичный водостокъ съ сводчатымъ дномъ.

Примѣчаніе.

На черт. 668—671 показаны примѣры засоренія водостоковъ нечистотами, явившагося слѣдствіемъ нераціональнаго ихъ устройства. Примѣры собраны англійскимъ Санитарнымъ Управленіемъ (General Board of Health) и почерпнуты изъ соч. B. Latham.

стройка круглыхъ; при этомъ первые, вслѣдствіе значительной своей высоты, удобнѣе для осмотра людьми, чѣмъ послѣдніе.

Вслѣдствіе этихъ преимуществъ, водосточныя галлереи большихъ размѣровъ въ настоящее время дѣлаются чаще всего овоидальнаго сѣченія.

Овоидальное сѣченіе, первоначально предложенное Филлипсомъ, примѣняемое къ водостокамъ въ большинствѣ случаевъ (обыкновенное овоидальное сѣченіе), изображено (черт. 657 и 658). Діаметръ верхняго свода $fn = 2\,r$, а діаметръ нижняго закругленія = полудіаметру верхняго свода. Центры b и l боковыхъ закругленій отстоятъ отъ центра a на величину діаметра $2\,r$. Высота сѣченія, отъ подошвы до вершины, $= r = 1^1/_2\ D$, ширина $fn = 2\,r = D$. Что линія fd должна быть дуга круга, описаннаго изъ центра b, очевидно изъ геометрическаго построенія, такъ какъ въ прямоугольномъ треугольникѣ $a\ b\ e$, линія $ab = 4\,\frac{r}{2}$, а линія $ac = \frac{r}{3}$, слѣдовательно гипотенуза

$$bc = \sqrt{\overline{a\,b}^2 + \overline{a\,c}^2} = 5\,\frac{r}{2},$$

а потому

$$\text{линія } bd = bc + cd = 6\,\frac{r}{2} = b\,f.$$

Площадь сѣченія фигуры 657 или 658 опредѣляется слѣдующимъ разсчетомъ:

1. До пятъ верхняго свода:

$$F_1 = 2\ (\text{сект. } b\,f\,d - \Delta\,abc) + \text{сек. } dce;$$

$$tg\,\beta = \frac{3}{4};\ \beta = 36^\circ\ 52'\ 11{,}5''$$

$$\gamma = 180^\circ - 2\beta = 106^\circ\ 15'\ 37''$$

$$\text{секторъ } b\,f\,d = \frac{2\pi\beta}{360}\,\frac{9r^2}{2} = 9\,r^2\,\frac{\pi\beta}{360}$$

$$\text{секторъ } dce = \frac{2\pi\gamma}{360}\,\frac{r^2}{8} = \frac{r^2}{4}\,\frac{\pi\gamma}{360}$$

$$\Delta\,abc = r\,\frac{1{,}5\,r}{2} = 1{,}5\,r^2,$$

подставляя получимъ:

$$F_1 = 3{,}02332\, r^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Периметръ

$$p_1 = \frac{2\pi\beta}{260}\, 6\, r + \frac{2\pi\gamma}{360}\, \frac{r}{2} = 4{,}7883\, r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Средняя гидравлическая глубина

$$R_1 = \frac{F_1}{p_1} = \frac{3{,}023}{4{,}788}\, r = 0{,}631\, r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

2, Полное сѣченіе получается прибавленіемъ къ вышенайденному площади полукруга $f\, n\, o$:

$$F_0 = F_1 + \pi\, \frac{r^2}{2} = (3{,}02332 + 1{,}5708)\, r^2 = 4{,}5941\, r^2 \quad (12)$$

$$p_0 = p_1 + \pi r = 7{,}9299\, r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

$$R_0 = \frac{F_0}{p_0} = \frac{4{,}59}{7{,}93}\, r = 0{,}5793\, r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

При рѣшеніи задачъ, относящихся къ водостокамъ, часто встрѣчается необходимость въ опредѣленіи площади сѣченія овоидальной фигуры, отъ подошвы до произвольнаго горизонта gk, черт. 658, отстоящаго отъ подошвы на величину h.

Этотъ разсчетъ ведется удобнѣе всего слѣдующимъ образомъ: изъ площади сѣченія $f\, n\, e\, d$, опредѣляемой формулой (9), вычитается площадь фигуры $f\, n\, k\, g$, и получается искомая площадь $g\, k\, e\, d$, соотвѣтствующая высотѣ наполненія h.

Обозначимъ чрезъ α уголъ $a\, b\, g$; изъ черт. 658, находимъ:

$$h = 2\, r - 3\, r\, sin\, a = r\, (2 - 3\, sin\, a) \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

или

$$sin\, a = \frac{2\, r - h}{3\, r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

Площадь $f\, n\, k\, g = 2$ (сект. $b\, f\, g - \Delta\, a\, b\, i$) $+ \Delta\, g\, i\, k$

$$2.\ \text{Сект. } bfg = 2\, \frac{2\pi\alpha}{360}\, 3\, r^2\, \frac{3}{2} = 9\, r^2\, \frac{2\pi\alpha}{360}$$

$$2\,\Delta\,abi = \Delta\,lbi = 4\,\frac{rai}{2}$$

$$ai = 2\,rtg\,\alpha$$

$$\Delta\,lbi = 4\,r^2\,tg\,\alpha\,.$$

Далѣе имѣемъ:

$$\Delta\,gik = gm\,.\,mi;\ mi = a\ \ m - ai = 3\,r\,sin\,\alpha - 2\,rtg\,\alpha =$$

$$= r\,(3\,sin\,\alpha - 2\,tg\,\alpha);\ gm = \frac{mi}{tg\,\alpha} = r\,\frac{2\,sin\,\alpha - tg\,\alpha}{tg\,\alpha}.$$

Слѣдовательно

$$\Delta\,gik = r^2\,\frac{(3\,sin\,\alpha - 2\,tg\,\alpha)^2}{tg\,\alpha}$$

площ.: $fnkg = 9\,r^2\,\frac{2\,\pi a}{360} - 4\,r^2\,tg\,\alpha + \pi^2\,\frac{(3\,sin\,\alpha - 2\,tg\,\alpha)^2}{tg\,\alpha}$

площ.: $fnkg = r^2\left(\frac{\pi a}{20} + \frac{9}{2}\,sin\,2\alpha - 12\,sin\,\alpha\right),$

а искомая площадь F_1 фигуры $gked$:

$$F_1 = 3{,}02332\,r^2 - \text{площ. } fnkg$$

$$F_1 = r^2\left(3{,}02332 + 12\,sin\,\alpha - 4{,}5\,sin\,2\alpha - \frac{\pi\alpha}{20}\right) \quad . \quad . \quad (17)$$

Периметръ $kedg$ получается вычетомъ изъ опредѣленнаго формулою (10) периметра $nkedgf$, дугъ nk и fg:

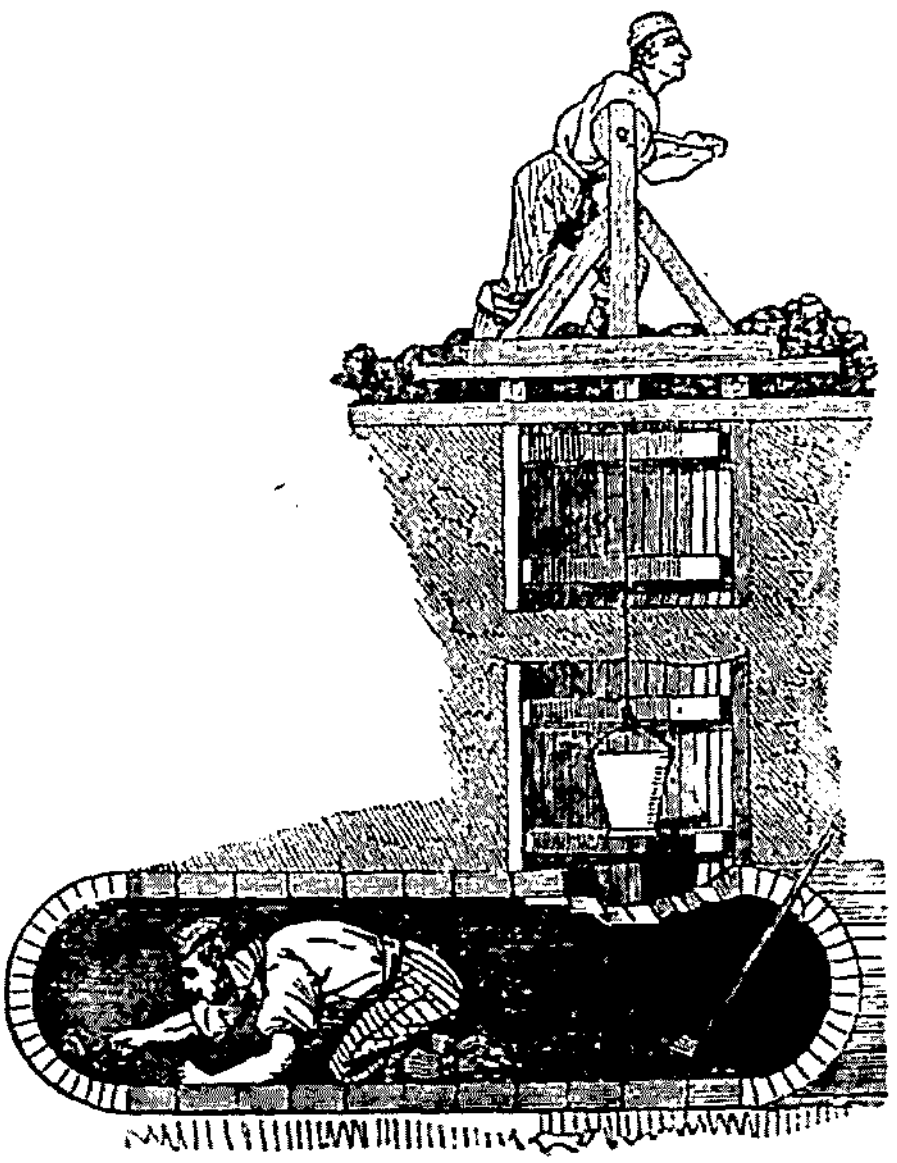
$$p = p_1 - 2\,\frac{2\,\pi\alpha}{360}\,3r$$

или

$$p = r\left(4{,}7883 - \frac{\pi\alpha}{30}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

Овоидальное сѣченіе, изображенное на черт. 659, англійскими инженерами принято обозначать названіемъ сѣченіе Филлипса. Оно примѣнено Филлипсомъ въ 1873 году. Высота CD = полутора діаметрамъ AB; радіусъ закругленія боковыхъ стѣнокъ FG или FA = одному съ третью діаметра AB; радіусъ нижняго закругленія EG одной восьмой части діаметра AB. Это сѣченіе имѣетъ нѣкоторыя

Водостоки нераціональнаго устройства.



Черт. 672.

Водостокъ діаметромъ въ 2 фута.



Черт. 673.

Водостокъ высотой въ 3—3 1/2 футъ.



Черт. 674.

Водостокъ высотою въ 4—6 ф.

Черт. 672 — 674. — **Старые англійскіе водостоки,** носившіе названіе «Sewers of deposit» — стоки съ складываніемъ отбросовъ. Они строились въ предположеніи, что водостокъ долженъ рано или поздно наполняться грязью и ихъ устраивали такъ, чтобы очистка ихъ руками рабочихъ была возможна. На рисункахъ видно какъ легка была работа очистки (изъ соч. B. Latham).

преимущества предъ обыкновеннымъ овоидальнымъ сѣченіемъ въ тѣхъ случаяхъ, когда расходъ воды колеблется между большими предѣлами и можетъ понижаться до незначительной цифры. Филлипсъ нашелъ также, что измѣненное сѣченіе обезпечиваетъ лучше сопротивленіе водостока давленію грунта, нежели старое овоидальное сѣченіе (B. Latham, Sanitary Engineering, p. 180).

Повторяя для сѣченія Филлипса разсчетъ изложенный выше для обыкновеннаго овоидальнаго сѣченія, находимъ:

1) при наполненіи до пять верхняго свода:

$$\left.\begin{aligned} &\text{площадь} \quad F_1 = 2{,}830\, r^2 = 0{,}7075\, d^2 \\ &\text{периметръ} \quad p_1 = 4{,}6994\, r = 2{,}3497\, d \\ &\text{средняя гидравлическая глубина} \\ &R_1 = \frac{F}{p} = 0{,}6148\, r = 0{,}3074\, d \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

2) для полнаго сѣченія:

$$\left.\begin{aligned} F_0 &= 4{,}50 r^2 = 1{,}125 \quad d^2 \\ p_0 &= 7{,}841\, r = 3{,}9205\ d \\ R_0 &= 0{,}5688\, r = 0{,}2844\ d \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

3) для наполненія до произвольной высоты h, ниже линіи AB:

$$\left.\begin{aligned} F &= \frac{r^2}{9}\left[25{,}47 + 80\, sin\, \alpha - 32\, sin\, 2\alpha - \frac{32}{90}\pi\alpha\right] \\ p &= r\left[4{,}6994 - \frac{8\,\pi\alpha}{270}\right] \\ h &= 2r\left[1 - \frac{4}{3}\, sin\ \alpha\right] \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (21)$$

Кромѣ разсмотрѣнныхъ выше двухъ овоидальныхъ сѣченій, въ водостокахъ встрѣчается множество другихъ подобныхъ сѣченій, отличающихся преимущественно тѣмъ, что высота коллекторовъ составляетъ болѣе полутора діаметра, т. е. сѣченія приближаются къ круговому. Эти отступленія вызываются частью необходимостью уменьшенія высоты коллекторовъ при недостаточной глубинѣ зало-

женія подошвы ихъ, частью зависятъ отъ невыясненныхъ вкусовъ составителей проектовъ. (См. примѣры приведенные въ сочиненіи B. Latham, Sanitary Engineering, p. 180 и посл.).

§ 129 Лотковое сѣченіе.

Когда нужно, чтобы при небольшихъ подъемахъ горизонта воды значительно увеличивалась пропускная способность стока, прибѣгаютъ къ сѣченію лотковаго типа. Оно составляется, подобно овоидальному, изъ нѣсколькихъ сопряженныхъ между собой кривыхъ, съ той разницей, что длинная ось сѣченія здѣсь горизонтальна, а не вертикальна, какъ въ овоидальномъ. Иногда даже при очень большомъ сжатіи сѣченія очертанія верхней и нижней части не сопрягаются между собой плавными кривыми, а дѣлаются пересѣкающимися. Примѣръ такого сѣченія показанъ на черт. 656.

Лотковыя сѣченія примѣняются преимущественно для ливнеотводовъ. Разсчетъ ихъ вполнѣ аналогиченъ съ приведеннымъ выше для сѣченій овоидальныхъ.

§ 130. Водостоки—туннели съ кюветомъ.

Верхняя часть водосточныхъ каналовъ значительныхъ размѣровъ, оставаясь постоянно свободной отъ воды, такъ какъ протеканіе ея полнымъ сѣченіемъ не допускается принципіально въ цѣляхъ прочности сооруженія,—являлось очень удобнымъ мѣстомъ для укладки разнаго рода проводовъ. Такъ здѣсь можно было помѣщать водопроводныя трубы, трубы для канализаціи сжатаго воздуха, телефонные, телеграфные, электросвѣтовые и др. проводы. Хорошо укрытые отъ поврежденій всякаго рода, всѣ эти проводы являлись вмѣстѣ съ тѣмъ легко доступными для осмотра и исправленій.

Подъ вліяніемъ преимущественно такого рода цѣлей развились особые типы водостоковъ, имѣющіе видъ туннелей-галлерей очень значительныхъ размѣровъ съ кюветомъ по срединѣ для стока воды и тротуарами. Примѣрами ихъ могутъ служить водостоки Парижа (черт. 661—664). Геометрическія и гидродинамическія свойства кювета зависятъ отъ его очертанія и легко могутъ быть выведены на основаніи примѣровъ, разобранныхъ въ предшествующихъ §§.

§ 131. Сѣченіе водосточныхъ трубъ при наличности значительныхъ напоровъ.

Въ предшествующихъ §§ настоящей главы разсмотрѣны формы сѣченій, канавъ, каналовъ и галлерей, служащихъ для отвода сточныхъ водъ подъ дѣйствіемъ силы тяжести, т. е. сѣченія собственно водостоковъ. Вода здѣсь перемѣщается съ незначительными скоростями подъ малыми напорами и вообще не заполняетъ всего сѣченія стока.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда движущею силой является паръ или сжатый воздухъ, обстоятельства измѣняются и водостоки пріобрѣтаютъ характеръ водопроводовъ. Для нихъ нужны уже сѣченія, преимущественно отвѣчающія внутреннимъ разрывающимъ усиліямъ, часто значительнымъ. Кругъ является здѣсь существенно цѣлесообразной формой (см. главу XVIII).

§ 132. Водостоки нераціональныхъ типовъ.

Въ заключеніе настоящаго обзора наиболѣе употребительныхъ сѣченій водостоковъ полезно остановить вниманіе на примѣрахъ водостоковъ нераціональныхъ типовъ, собранныхъ на черт. 665—674. Чтобы водостоки дѣйствовали правильно, необходимо, чтобы вода двигалась по нимъ со скоростью, не меньшей нѣкоторой указываемой опытомъ величины. А для этого должно быть въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ строгое соотвѣтствіе между факторами, управляющими движеніемъ воды:—уклономъ, площадью сѣченія, смоченнымъ периметромъ. Кромѣ формы сѣченія важно еще и надлежащее исполненіе водостока. По водостоку самой цѣлесообразной формы вода течь не будетъ и въ немъ будутъ накопляться наносы, если стѣнки водостока пропускаютъ воду въ землю. Чертежи 665—674 въ достаточной степени поясняютъ эти соображенія.

ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ.

Общесплавная система водостоковъ. — Расположеніе сѣти водостоковъ.

СОДЕРЖАНІЕ: § 133. Непосредственный спускъ нечистотъ въ рѣки.—§ 134. Пересѣчная схема.—§ 135. Радіальная схема.—§ 136. Скорость теченія.—§ 137. Уклонъ поверхности воды въ водостокахъ и глубина, на которую должна быть опущена эта поверхность.—§ 138. Уклонъ подошвы водостоковъ.

§ 133. Непосредственный спускъ нечистотъ въ рѣки.

Въ первое время, когда еще не сознавались вредныя послѣдствія загрязненія рѣчныхъ водъ сточными водами, водостоки проводились по ближайшему пути къ рѣкѣ. Схематическое расположеніе такихъ водостоковъ показано на черт. 675. При сплавной системѣ этотъ способъ удаленія нечистотъ имѣетъ послѣдствіемъ загрязненіе и зараженіе рѣчныхъ водъ даже въ предѣлахъ самаго города. Схема, изображенная на черт. 675, поэтому, для сплавной системы не должна быть примѣняема; она допускается, однако, при раздѣльныхъ системахъ для тѣхъ водостоковъ, которыми отводятся по кратчайшему пути въ рѣку однѣ дождевыя воды, содержащія лишь органическія вещества, неизбѣжно смываемыя дождемъ съ поверхностей дворовъ и улицъ.

§ 134. Пересѣчная схема.

Впослѣдствіи, когда оказалось необходимымъ удалять сточныя воды за предѣлы города до выпуска въ рѣку, къ существовавшей сѣти водостоковъ присоединили рядъ коллекторовъ, проведенныхъ параллельно рѣкѣ и пересѣкающихъ всѣ стоки, перпендикулярные къ ней. Этими коллекторами сточныя воды отводятся за предѣлы

города въ мѣста рѣки, лежащія ниже по теченію, какъ показано на черт. 676.

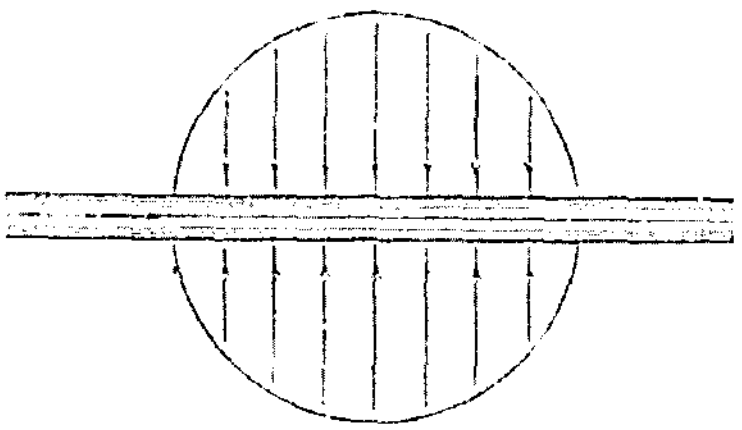
Такой способъ устройства сѣти находитъ въ настоящее время обширное примѣненіе, причемъ сточныя воды, до выпуска ихъ въ рѣку, подвергаются иногда освѣтленію и отчасти обезвреживанію. Устройство водостоковъ, показанное на схемѣ черт. 676, примѣненное между прочимъ въ Лондонѣ, представляетъ то удобство, что первоначальныя выпускныя отверстія, расположенныя въ предѣлахъ города, сохраняются и служатъ для выпуска въ рѣку водъ ливней. Вслѣдствіе этого, пересѣкающіе коллекторы получаютъ сравнительно небольшіе размѣры.

Въ водостокахъ расположенныхъ по схемамъ черт. 675 и 676, галлереи направлены съ окружности города къ центру. Поэтому, при устройствѣ ихъ, должна быть принята въ разсчетъ возможность увеличенія города за предѣлы сооружаемой водосточной сѣти и главнымъ коллекторамъ должны быть даны такіе размѣры, чтобы они были въ состояніи отводить и то добавочное количество сточныхъ водъ, которое предвидится въ будущемъ. Но опредѣленіе этого количества заранѣе является весьма гадательнымъ, такъ что коллекторы получаютъ иногда излишне большіе размѣры, а въ другихъ случаяхъ не удовлетворяютъ своему назначенію, т. е. оказываются построенными слишкомъ малыхъ размѣровъ. Перестройка же существующей сѣти водостоковъ всегда сопряжена съ большими неудобствами и расходами, иногда значительно превышающими первоначальную стоимость постройки.

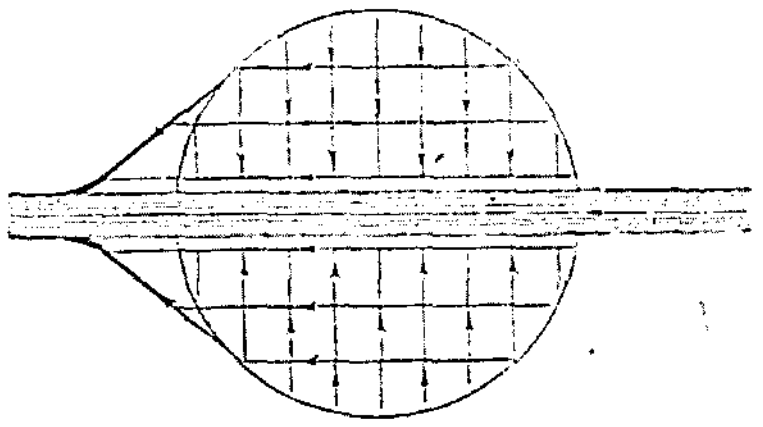
§ 135. Радіальная схема.

Съ примѣненіемъ къ водостокамъ способа удаленія скопленныхъ въ одно мѣсто нечистотъ посредствомъ перекачиванія паровыми или другими движителями, явилась возможность расположенія водостоковъ по радіальной системѣ, изображенной схематически на черт. 677—681. Такое расположеніе очевидно возможно даже и въ тѣхъ случаяхъ, когда городъ находится на ровной мѣстности, не имѣющей естественныхъ скатовъ въ сторону отвода водъ, и имѣетъ важныя преимущества передъ другими способами расположенія сѣти. Въ центрѣ города, въ наиболѣе застроенныхъ участкахъ, гдѣ прира-

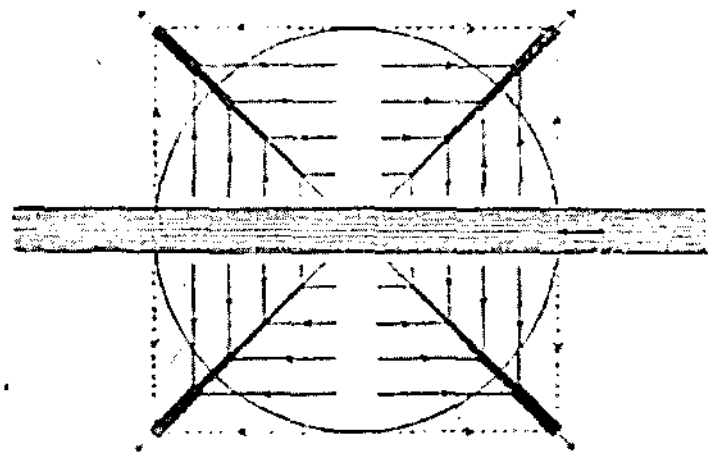
Планъ сѣти водостоковъ.



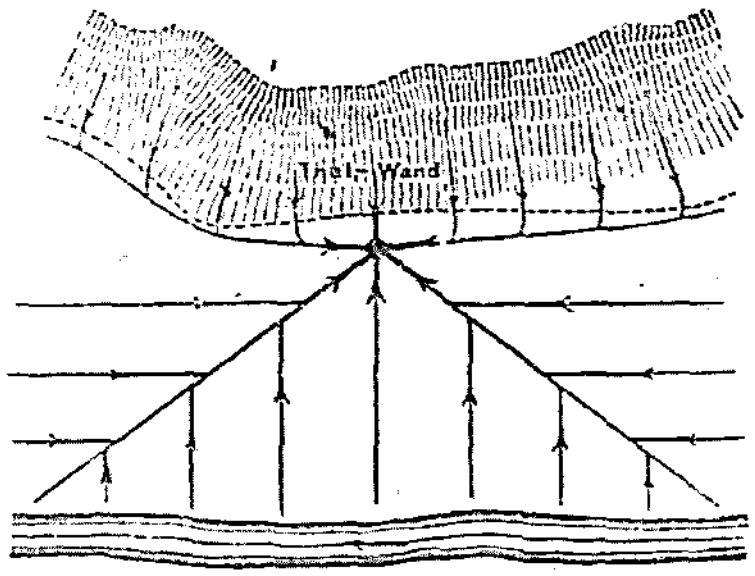
Черт. 675.—Скатная схема съ непосредственнымъ спускомъ нечистотъ въ рѣку.



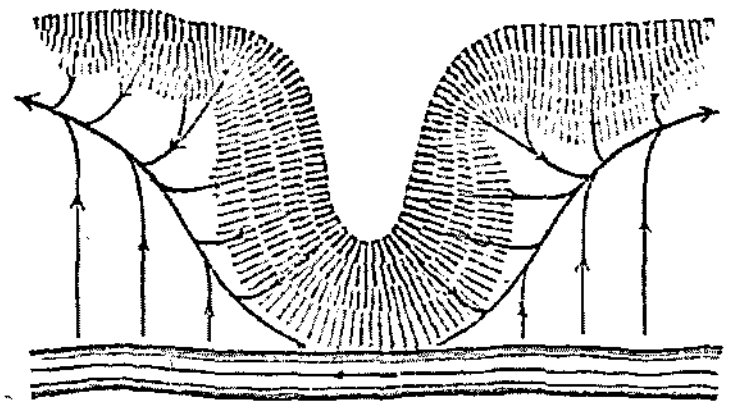
Черт. 676.—Пересѣчная схема съ спускомъ нечистотъ въ рѣку ниже города.



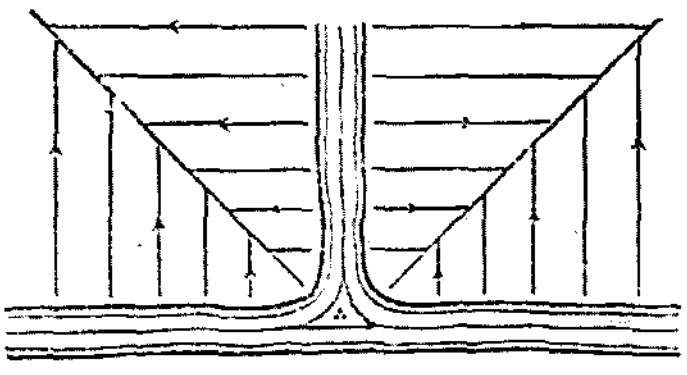
Черт. 677.—Радіальная схема съ отводомъ нечистотъ на поля.



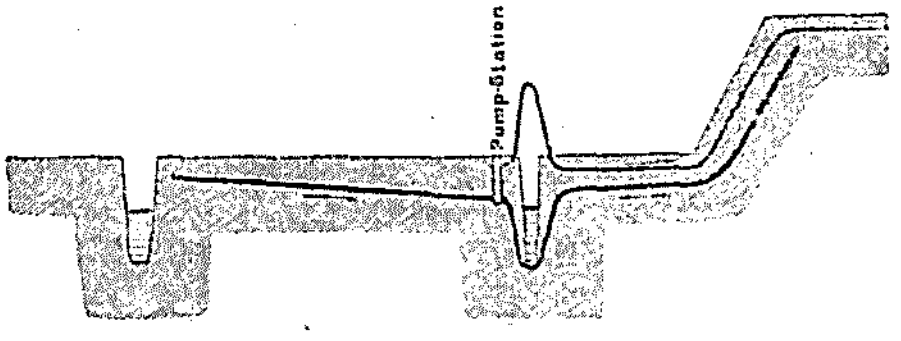
Черт. 678.—Примѣненіе радіальной схемы въ случаѣ крутаго берега долины, параллельнаго рѣкѣ.



Черт. 679.—Примѣненіе радіальной схемы въ случаѣ расположенія города на мысѣ.



Черт. 680.—Примѣненіе радіальной схемы въ случаѣ существованія у рѣки значительныхъ притоковъ.



Черт. 681.—Примѣненіе радіальной схемы въ случаѣ существованія параллельнаго рѣкѣ ручья или канала: два сифона — одинъ приводящій въ насосной станціи воды возвышенной части города, другой отводящій всѣ воды на поля. (Hobrecht).

щеніе населенія возможно лишь въ узкихъ предѣлахъ, расположены начальныя точки сѣти; главные водостоки доводятся до окраинъ города, а въ случаѣ развитія города за эту черту, главные водостоки удлиняются, при чемъ имъ придаютъ размѣры соотвѣтствующіе дѣйствительной потребности. Такъ какъ внутреннія части города вполнѣ застроены, то въ увеличеніи размѣровъ водостоковъ въ этихъ частяхъ не можетъ оказаться серіозной нужды, а увеличеніе коллектора можетъ только явиться необходимымъ въ его концевыхъ частяхъ, что потребуетъ относительно малыхъ затратъ, и легко выполнимо.

Примѣромъ устройства водостоковъ сплавной системы при радіальномъ расположеніи коллекторовъ, могутъ служить Берлинскіе водостоки, построенные Гобрехтомъ, подробное описаніе коихъ находится въ сочиненіи Гобрехта («Die Canalisation von Berlin». Berlin 1884). Городъ раздѣленъ на 12 участковъ, имѣющихъ каждый свою самостоятельную сѣть водостоковъ. Сточныя воды перекачиваются паровыми машинами съ наносныхъ станцій на поля, пріобрѣтенныя городомъ для цѣлей орошенія (черт. 682).

§ 136. Скорость теченія.

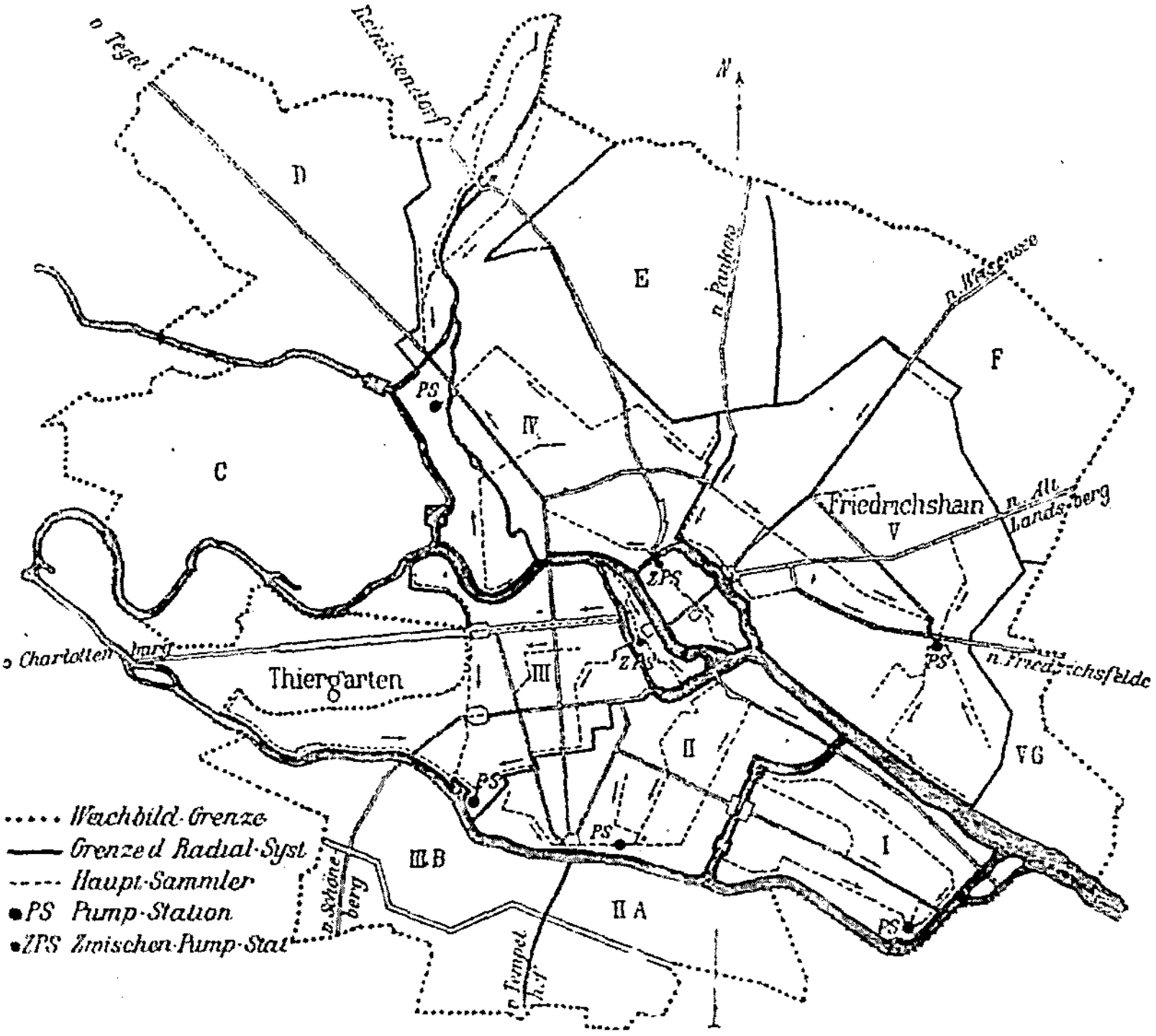
Одно изъ первыхъ условій правильнаго дѣйствія водосточной сѣти сплавной системы заключается въ возможномъ самоочищеніи галлерей. Для этого необходимо, чтобы скорость теченія сточныхъ водъ была на столько значительна, чтобы ими уносились тяжелыя твердыя частицы, неизбѣжно попадающіе въ водостоки и могущія, при меньшей скорости, образовать осадки.

По опытамъ произведеннымъ въ лондонскихъ водостокахъ найдено, что:

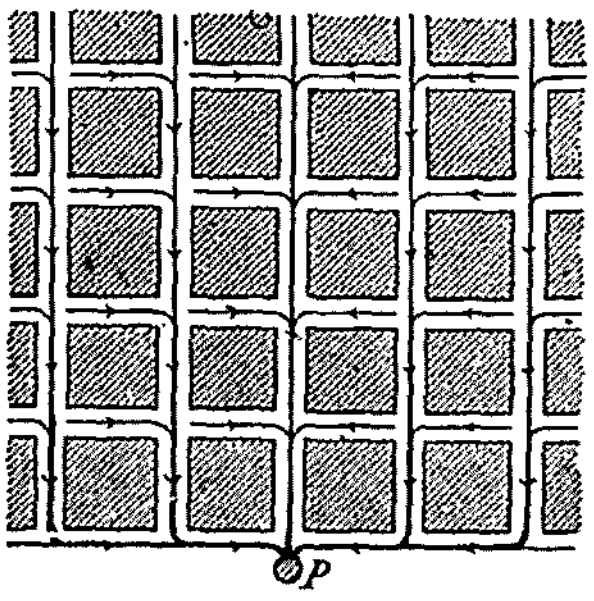
глина сплавляется водою при средн. скорости теченія	=	0,25	ф.	въ	сек.
мелкій песокъ	»	»	»	»	»	= 0,5	»	»	»
крупный песокъ	»	»	»	»	»	= 0,67	»	»	»
хрящъ, мелкій гравій	»	»	»	»	= 1	»	»	»
крупн. гравій, велич. въ 1 дм.	»	»	= 2	»	»	»
щебень, величин. съ яйцо.	»	»	= 3	»	»	»

По англійскимъ же изслѣдованіямъ оказалось, что для сплава твердыхъ веществъ, попадающихъ въ водостоки вообще, достаточна

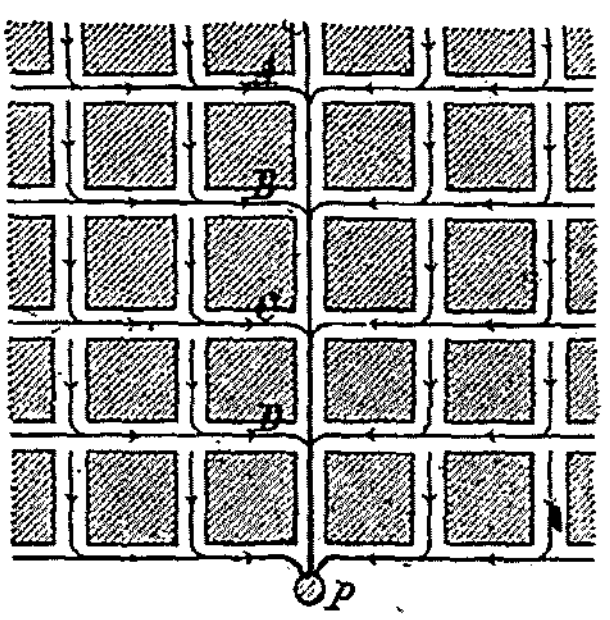
Планъ сѣти водостоковъ.



Черт. 682. — Общій планъ радіальной канализаціонной сѣти Берлина съ отводомъ нечистотъ на поля. (PS—насосная станція ZPS—промежуточная насосная станція).



Чертежи 683 и 684.



Примѣры расположенія сѣти водостоковъ въ предѣлахъ небольшаго участка города. На черт. 683 показанъ случай, когда проектируется рядъ длинныхъ каналовъ одинаковаго сѣченія. На черт. 684 — другой случай, когда одному водостоку (коллектору) придаются значительные размѣры, а другимъ короткимъ много меньшіе. Второй типъ сѣти, обыкновенно, экономичнѣе перваго.

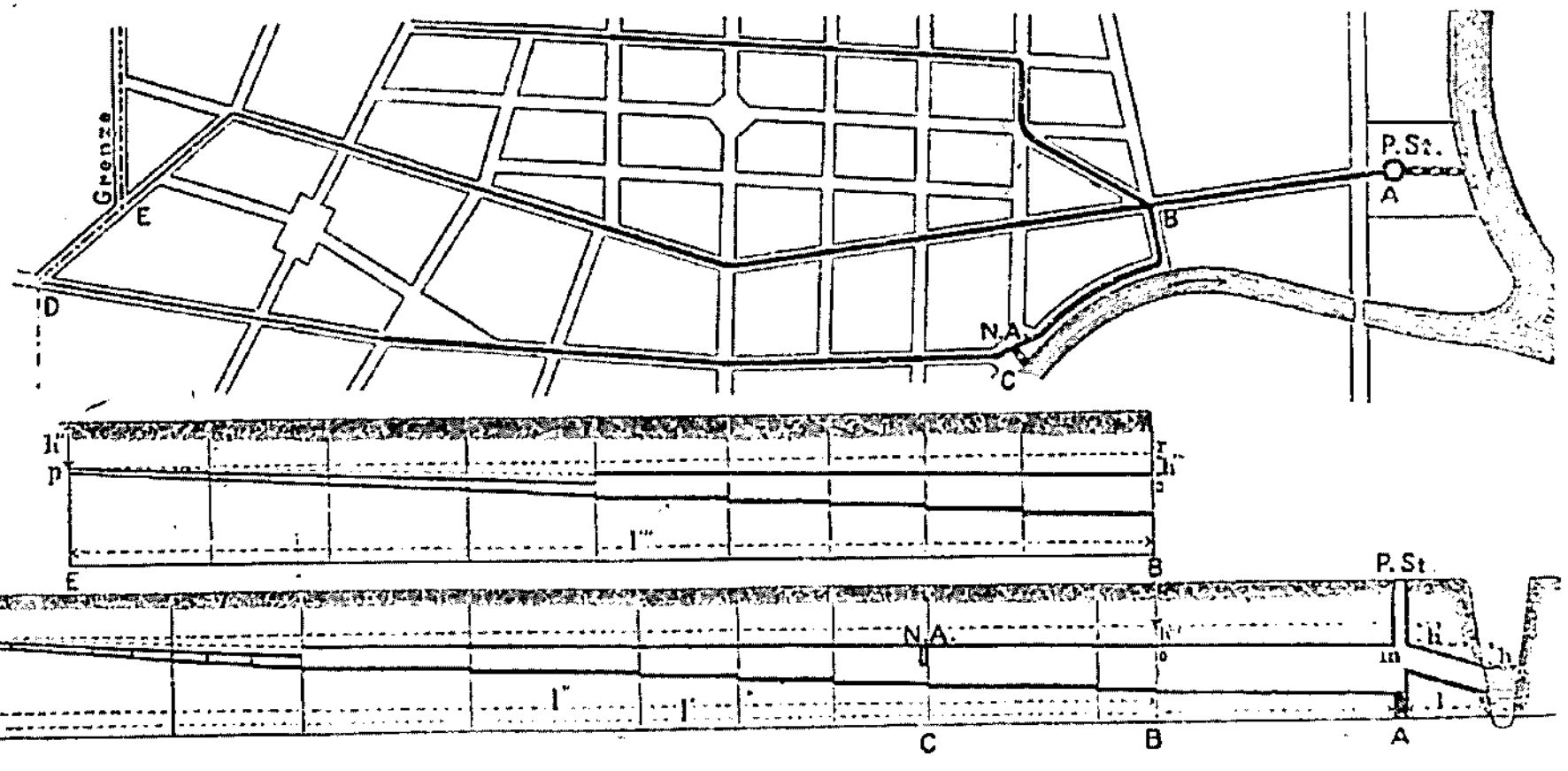
средняя скорость теченія въ 2—2,5 фута въ секунду. Эта цифра обыкновенно и принимается теперь при разсчетѣ сѣти водостоковъ, причемъ стремятся, чтобы скорости теченія во всѣхъ галлереяхъ не сильно отклонялись отъ указанной нормы. Въ небольшихъ коллекторахъ (верховьяхъ сѣти), въ которыхъ теченіе сточной воды можетъ по временамъ, особенно ночью въ сухую погоду, прерываться, средняя скорость протока должна быть однако нѣсколько повышена, и принимается отъ 2,5—3,5 футъ въ секунду. Наконецъ, въ сточныхъ трубахъ, идущихъ со дворовыхъ участковъ (домовые проводы) въ уличную канализацію, гдѣ перерывы стока могутъ случаться еще чаще, средняя скорость теченія принимается отъ 3,5—4,5 футъ въ секунду.

Принимая въ основаніе разсчетовъ указанныя цифры не слѣдуетъ упускать изъ вида, что скорость теченія зависитъ отъ уклона русла, отъ формы поперечнаго сѣченія его и отъ расхода воды, т. е. отъ степени наполненія коллектора. Но такъ какъ количество сточныхъ водъ попадающее въ водостоки весьма различно и мѣняется съ каждымъ часомъ, то очевидно, что и скорость теченія въ нихъ не будетъ однообразна, а будетъ измѣняться въ зависимости отъ степени наполненія коллектора.

Наибольшая опасность засоренія представляется очевидно, при наименьшей скорости, т. е. при наименьшемъ стокѣ домашнихъ водъ въ сухую погоду. *Для расчета, однако, при провѣркѣ скоростей въ сухую погоду, принимаютъ цифры наибольшаго или, въ крайнемъ случаѣ средняго стока домашнихъ водъ, — въ томъ предположеніи, что осадки, могущіе образоваться* на днѣ коллекторовъ въ ночное время, уносятся сточными водами поступающими въ значительно большемъ количествѣ въ обѣденное время. Если же по мѣстнымъ условіямъ не оказывается возможнымъ дать величинѣ *средней скорости домовыхъ водъ* указанныя выше значенія, то для очистки коллекторовъ должны быть припимаемы особыя мѣры, состоящія въ устройствѣ щитовыхъ и другихъ затворовъ или во впускѣ промывныхъ водъ, о чемъ будетъ сказано ниже.

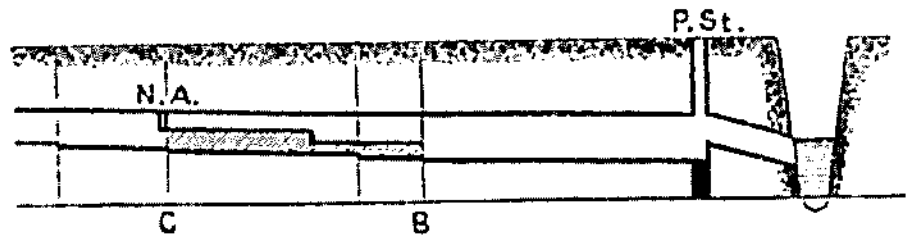
Принимая, что для сплавленія осадковъ средняя скорость теченія домовыхъ водъ должна быть не меньше указанныхъ предѣловъ, необходимо имѣть въ виду, что и наибольшая скорость теченія воды въ водостокѣ при ливняхъ не должна превышать $6^1/_2$ футъ, чтобы не вызывать поврежденій въ кладкѣ коллекторовъ.

Черт. 685.—Планъ плоской части города съ показаніемъ колдекторов (*D C B A*—самый длинный), насосной станціи (*P St*) и ливнеотвода (*NA*=Noth-Auslass).



Черт. 686 и 687.—Продольныя профили коллекторовъ *EB* и *DCBA*.

Черт. 688.



Примѣчаніе къ черт. 685—688. — Для установленія уклоновъ водостоковъ выбирается длиннѣйшая водосточная линія сѣти (*D C B A*). Горизонтъ воды въ *A* (*m*) долженъ позволять выпускать чрезъ линеотводъ насосной станціи (имѣющейся въ данномъ частномъ примѣрѣ) наибольшій расходъ *Q* при самомъ высокомъ горизонтѣ въ рѣкѣ, т. е. *minimum'*ъ *h*. Горизонтъ въ коллекторѣ въ *D* (*n*) опредѣляется необходимой глубиной заложенія для правильнаго дѣйствія домовой канализаціи и глубиной промерзанія. Средній уклонъ воды въ коллекторѣ $D\,C\,B\,A = \frac{h'}{l'}$ — минимальный изъ всѣхъ среднихъ уклоновъ сѣти.

§ 137. Уклонъ поверхности воды въ водостокахъ и глубина на которую должна быть опущена эта поверхность.

Скорость теченія воды въ коллекторахъ опредѣляется главнымъ образомъ уклономъ ея поверхности, а потому правильное дѣйствіе водосточной сѣти зависитъ преимущественно отъ цѣлесообразнаго распредѣленія уклоновъ.

Изъ общей формулы:

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

очевидно, что для достиженія заданной средней скорости теченія v, уклонъ I поверхности воды долженъ быть тѣмъ больше, чѣмъ меньше средній гидравлическій радіусъ R, чѣмъ и объясняется общее правило: главнымъ коллекторамъ давать относительно меньшіе уклоны, а малымъ коллекторамъ,—большіе, стремясь, конечно, въ общемъ къ возможно большимъ абсолютнымъ величинамъ уклоновъ.

Изъ многочисленныхъ примѣровъ существующихъ водостоковъ выведены слѣдующія желательныя среднія цифры уклоновъ:

а) для домовыхъ стоковъ, т. е. для сточныхъ трубъ проводящихъ нечистоты изъ дворовъ въ уличный коллекторъ,
не менѣе . . . . . 1 : 50

б) для круглыхъ коллекторовъ діаметромъ до 12″ — $^1/_{100}$ — $^1/_{200}$
» » » » 12—24″ — $^1/_{200}$ — $^1/_{500}$

в) для овоидальныхъ коллекторовъ не доступныхъ осмотру не менѣе . . . . . 1 : 800

г) для коллекторовъ доступныхъ осмотру и для коренныхъ коллекторовъ, смотря по мѣстнымъ условіямъ, но по возможности не мѣнѣе . . . . . 1 : 3000

Въ каждомъ частномъ случаѣ величину наименьшаго допустимаго уклона нужно вычислить по формуламъ гидравлики при условіи, чтобы при нѣкоторой степени наполненія коллектора, продолжающейся ежедневно въ теченіи нѣсколькихъ часовъ, скорость теченія была въ вышеуказанныхъ предѣлахъ. Такъ напр., при проектированіи водостоковъ въ г. Висбаденѣ инж. Brix положилъ въ основу разсчета, чтобы уклоны проводовъ удовлетворяли условію скорости теченія = 2 футамъ при глубинѣ протока = $^3/_4$ дюйма; инж. Knauff

при разсчетѣ уклона дворовыхъ сточныхъ трубъ предлагаетъ принимать, что при наполненіи трубъ до $\frac{1}{4}$ всей высоты сѣченія скорость теченія должна быть $= 2^1/_3$ фута и т. п.

Распредѣленіе уклоновъ отдѣльныхъ коллекторовъ въ зависимости отъ ихъ длины и имѣющагося въ распоряженіи общаго паденія должно производиться руководствуясь вышеизложенными соображеніями, т. е. такимъ образомъ, чтобы скорость теченія была по возможности не менѣе нѣкоторой предѣльной величины, для чего надо знать, кромѣ количества протекающей воды, еще и размѣры коллекторовъ. Между тѣмъ первоначальное распредѣленіе уклоновъ производится до разсчета размѣровъ коллекторовъ и слѣдовательно первоначальное распредѣленіе уклоновъ можетъ производиться лишь примѣрно. По этимъ первоначально намѣченнымъ уклонамъ и имѣющимся расходамъ воды подсчитываются приблизительные размѣры водостоковъ, послѣ чего можетъ быть произведено вторичное болѣе правильное распредѣленіе уклоновъ и вновь расчитаны размѣры каналовъ.

Наименьшая глубина, на которой долженъ находиться горизонтъ водъ въ уличномъ коллекторѣ въ высшей точкѣ, опредѣляется условіемъ возможности осушенія подваловъ въ дворовыхъ флигеляхъ зданій, при уклонѣ отводящей трубы въ 1 : 50, причемъ, кромѣ того, эта труба должна во всякомъ случаѣ быть уложена ниже горизонта промерзанія почвы, т. е. въ нашемъ климатѣ не менѣе 6 футъ (см. черт. 685—688).

Также должно быть обращено вниманіе на глубину подваловъ построекъ, примыкающихъ къ улицѣ, такъ какъ желательно, чтобы сточныя трубы проходили ниже ихъ пола. Наконецъ желательно имѣть возможность не только отвести домовыя воды изъ подваловъ всѣхъ строеній, но, что крайне важно въ гигіеническомъ отношеніи, избавить ихъ отъ излишней грунтовой влаги. При опредѣленіи глубины заложенія уличнаго коллектора можно, а въ иныхъ случаяхъ и должно, не принимать во вниманіе нѣкоторые исключительно глубокіе подвалы, которые въ такомъ случаѣ должны быть сдѣланы непроницаемыми для грунтовой воды, или имѣть приспособленія для ея откачки, хотя при этомъ не слѣдуетъ упускать изъ виду и того, что весьма часто подвалами тѣмъ болѣе пользуются для домашнихъ и промышленыхъ цѣлей, чѣмъ они глубже.

Обозначая чрезъ h глубину, не меньшую глубины промерзанія грунта (для Петербурга h можетъ быть, какъ было упомянуто, принято = 6 футамъ); принимая для возможности самоочищенія уклонъ дворовой трубы = 1 : 50 и полагая глубину двороваго участка = L и ширину улицъ = l, получимъ для глубины H заложенія коллектора или выражаясь точнѣе для глубины, на которой должна быть поверхность воды въ этомъ коллекторѣ въ данномъ мѣстѣ, если онъ идетъ по срединѣ улицы:

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

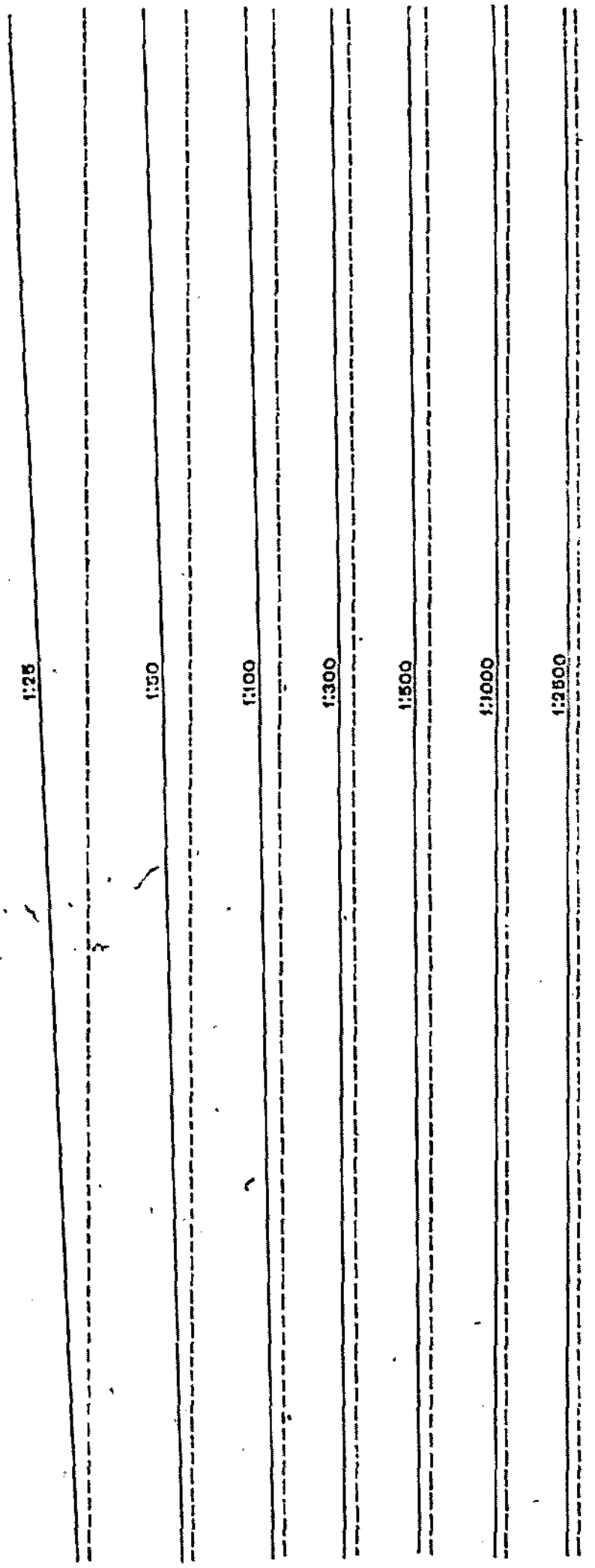
Если надо осушить подвалы, полъ которыхъ лежитъ глубже h, то вмѣсто h въ формулу слѣдуетъ подставить ихъ глубину. Если дворовые участки не горизонтальны, а имѣютъ скатъ къ улицѣ или отъ нея (послѣдній случай самый невыгодный въ смыслѣ большой глубины заложенія уличнаго коллектора), а также при очень значительной ширинѣ улицы, часто оказывается иногда болѣе выгоднымъ вмѣсто одного коллектора, проходящаго по срединѣ ея, укладывать два съ боковъ: этимъ уменьшается глубина заложенія; въ большинствѣ случаевъ одинъ изъ коллекторовъ, расположенный глубже, представляетъ собою основной водостокъ большого сѣченія, а другой — боковой, меньшаго сѣченія, причемъ изъ этого послѣдняго его сточныя воды отводными трубами переводятся, черезъ извѣстныя разстоянія, въ основной каналъ.

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

Въ очень крутыхъ улицахъ, уклонъ которыхъ болѣе самыхъ крутыхъ уклоновъ, возможныхъ для укладки коллекторовъ, послѣдніе располагаютъ ступенчатой линіей и ставятъ въ пунктахъ перепадовъ по колодцу.

Такимъ образомъ изъ вышеизложеннаго видно, что наименьшая глубина заложенія поверхности воды уличныхъ водостоковъ можетъ

Уклоны водостоковъ.



Черт. 689—696.

Графики показывающіе дѣйствительныя величины уклоновъ, придаваемыхъ водостокамъ, въ предѣлахъ $^1/_{25}$ до $^1/_{2500}$.

(G. E. Waring Jr. — Sewerage and Land — Drainage; London. 1896).

быть точно опредѣлена для всѣхъ коллекторовъ сѣти лишь путемъ изученія всѣхъ мѣстныхъ условій, при посредствѣ точнаго плана города въ большомъ масштабѣ съ обозначеніемъ гипсометріи мѣстности помощью горизонталей, съ показаніемъ обычныхъ и наибольшихъ глубинъ существующихъ подваловъ, глубины уровня грунтовыхъ водъ и водъ рѣчныхъ протоковъ, — послѣднее для опредѣленія наибольшей возможной глубины заложенія коллекторовъ, имѣющихъ истоки въ водные протоки и т. д.

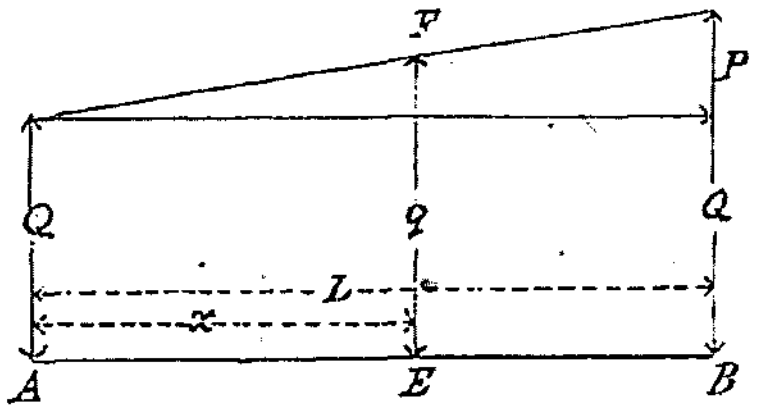
§ 138. Уклонъ подошвы водостоковъ.

Въ предшествующемъ § мы говорили объ уклонѣ поверхности воды въ коллекторѣ.

Если количество воды, протекающее чрезъ коллекторъ, остается постояннымъ на участкѣ длиною L, то поверхность воды будетъ параллельна подошвѣ коллектора на всемъ протяженіи этого участка. Если же сточныя воды поступаютъ въ коллекторъ чрезъ большое число отверстій, расположенныхъ по всей длинѣ L разсматриваемаго участка, что въ дѣйствительности всегда имѣетъ мѣсто, то очевидно, чрезъ начальное поперечное сѣченіе будетъ протекать меньше сточныхъ водъ, нежели чрезъ конечное, а потому при условіи, что сѣченіе колектора не измѣнится, или уклонъ подошвы придется увеличить къ устью, сохраняя на всемъ протяженіи одинаковую степень наполненія, или допустить при постоянномъ уклонѣ подошвы возрастаніе степени наполненія коллектора къ устью. Разсмотримъ, какъ опредѣляется уклонъ подошвы въ этихъ обоихъ случаяхъ.

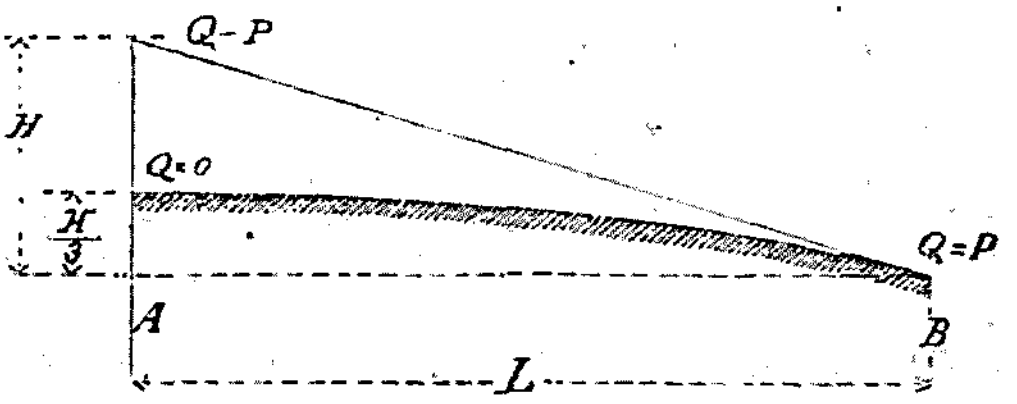
Для случая однообразнаго наполненія коллектора, уклонъ дна можетъ опредѣляться слѣдующими соображеніями.

Положимъ, что въ началѣ A коллектора, черт. 697, въ него поступаетъ Q куб. футъ воды въ секунду, а въ концѣ B выступаетъ $Q + P$ куб. футъ, причемъ количество P воды вводится внутрь коллектора равномѣрно по всей длинѣ L разсматриваемаго участка. Примемъ линію AB за ось абсциссъ и нанесемъ въ A ординату AC, пропорціонально расходу Q, а въ B величину BD, пропорціонально числу $Q + P$, и соединимъ точку C съ D; количество воды q, протекающее чрезъ какое нибудь сѣченіе коллектора на разстояніи x отъ начальной точки A, будетъ пропорціо-



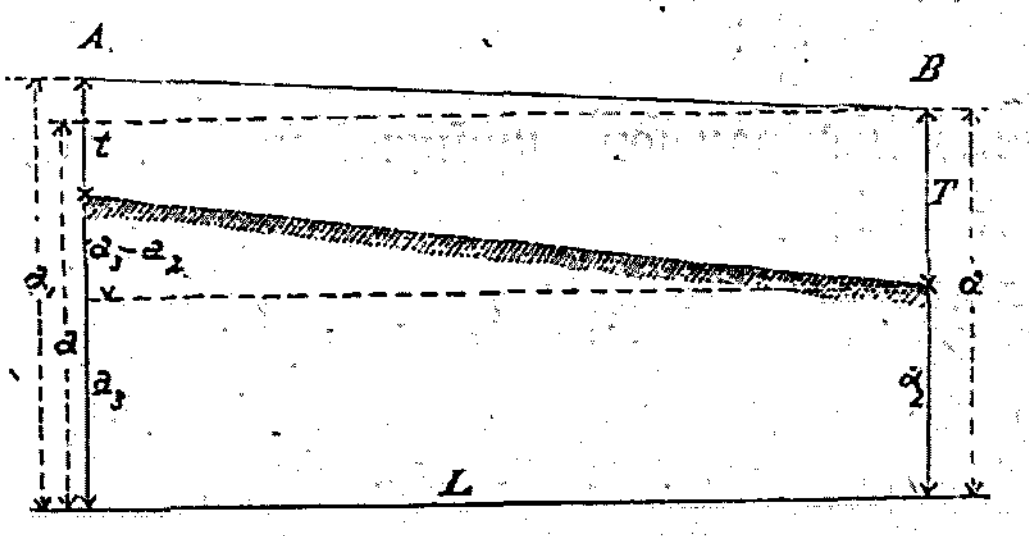
Черт. 697.

Графическое изображеніе закона равномѣрнаго возрастанія расхода воды въ водостокѣ.



Черт. 698.

Схематическое изображеніе профили поверхности воды въ водостокѣ съ постояннымъ наполненіемъ.



Черт. 699.

Схематическое изображеніе профили поверхности воды въ водостокѣ съ возростающимъ къ устью наполненіемъ.

нально соотвѣтствующей ординатѣ EF и опредѣлится уравненіемъ:

$$q = Q + \frac{P}{L} x$$

Для опредѣленія величины уклона I, пользуемся общею формулою

$$R \,.\, I = kv^2 = k \frac{q^2}{\omega^2}$$

гдѣ ω обозначаетъ живое сѣченіе струи. Отсюда находимъ.

$$I = \frac{k}{\omega^2 R} q^2 = \frac{k}{\omega^2 R} \left(Q + \frac{P}{L} X \right)^2 .$$

Если мы обозначимъ черезъ dh величину пониженія русла, соотвѣтствующую длинѣ dx, то уклонъ русла въ точкѣ, соотвѣтствующей абсциссѣ x, выразится чрезъ $\frac{dh}{dx}$, а потому, для разсматриваемаго сѣченія EF, на безконечно малой длинѣ dx коллектора, можетъ имѣть мѣсто уравненіе:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{k}{\omega^2 R} \left(Q + \frac{P}{L} X \right)^2 = \frac{k}{\omega^2 R} \left(Q^2 + \left(\frac{P}{L} \right)^2 x^2 + 2 \frac{PQ}{L} X \right) ;$$

распространяя это уравненіе на всю длину x, получимъ:

$$\int_0^h dh = \frac{k}{\omega^2 R} \int_0^x \left(Q^2 + \left(\frac{P}{L} \right)^2 x^2 + 2 \frac{PQ}{L} x \right) dx$$

или

$$h = \frac{k}{\omega^2 R} \left\{ Q^2 x + \left(\frac{P}{L} \right)^2 \frac{x^3}{3} + \frac{PQ}{L} x^2 \right\} .$$

Это уравненіе изображаетъ кривую, по которой въ данномъ случаѣ должна быть выведена подошва коллектора.

Подставляя въ эту формулу $P = 0$, получимъ:

$$h = \frac{k}{\omega^2 R} Q^2 x,$$

а для $x = L$, полную высоту паденія при постоянномъ расходѣ Q во всѣхъ сѣченіяхъ коллектора:

$$h = \frac{k}{\omega^2 R} Q^2 L. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

Если $Q = 0$, т. е. если въ разсматриваемый коллекторъ въ началѣ A не поступаетъ нечистотъ отъ выше лежащихъ участковъ, а все количество P, протекающее чрезъ конечное сѣченіе B, накопляется равномѣрно на всей длинѣ L, то:

$$h = \frac{k}{\omega\ R}\left(\frac{P}{L}\right)^2 \frac{x^3}{3}.$$

Кривая, изображаемая этимъ уравненіемъ, есть кубическая парабола.

Подставляя въ это уравненіе $x = L$, получимъ всю высоту паденія подошвы коллектора по длинѣ L:

$$h = \frac{k}{\omega^2\ R} P^2 \frac{L}{3}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (б)$$

или

$$RI = \frac{1}{3} k \left(\frac{P}{\omega}\right)^2.$$

Сравнивая формулу ($б$) съ предъидущею ($а$), мы видимъ, что высота h общаго паденія во второмъ случаѣ составляетъ $^1/_3$ высоты паденія при постоянномъ, на всей длинѣ L, расходѣ нечистотъ.

Изъ уравненія дающаго величину $\frac{dh}{dx}$ въ зависимости отъ x получается, подставляя $x = L$ и по очередно $Q = 0$ и $P = 0$:
если $Q = 0$:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{k}{\omega^2\ R} P^2$$

а если $P = 0$:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{k}{\omega^2\ R} Q^2,$$

т. е. одинаковыя значенія уклона въ концѣ A, какъ при постоянномъ расходѣ во всѣхъ сѣченіяхъ отъ A до B, такъ и при равномѣрно возрастающемъ по всей длинѣ L расходѣ нечистотъ. Эти зависимости изображены графически на черт. 698.

Для изслѣдованія второго случая — возрастающаго наполненія коллектора — положимъ, что подошва коллектора на нѣкоторомъ участкѣ длиною L имѣетъ постоянный однообразный уклонъ и что въ началѣ A (черт. 699) въ коллекторъ поступаетъ нѣкоторое ко-

личество Q нечистотъ изъ выше лежащихъ участковъ, а по всей длинѣ L въ него поступаетъ равномѣрно распредѣленное количество P нечистотъ. Предполагая, что коллекторъ имѣетъ однообразное сѣченіе на всемъ участкѣ L, необходимо допустить, что въ сѣченіи B, гдѣ будетъ протекать $P + Q$ единицъ жидкости въ секунду, глубина протекающей струи будетъ большая, нежели въ сѣченіи A, чрезъ которое проходитъ лишь Q единицъ въ секунду; слѣдовательно, уклонъ подошвы долженъ быть больше уклона уровня воды.

Скорость теченія не будетъ одинаковая въ началѣ и въ концѣ участка, такъ какъ большему наполненію коллектора соотвѣтствуетъ большое численное значеніе средней гидравлической глубины R, а слѣдовательно, и большая средняя скорость v.

Въ разсматриваемомъ случаѣ должны быть извѣстны: количества сточныхъ водъ Q и P, уклонъ поверхности воды I и поперечное сѣченіе коллектора. Требуется опредѣлить уклонъ подошвы, для чего достаточно знать величины T и t наполненія въ концѣ и въ началѣ, такъ какъ уклонъ поверхности воды опредѣленъ заданіемъ.

Для опредѣленія глубины наполненія можетъ служить формула 2 (§ 124).

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

въ которой лѣвая сторона извѣстна, а правая сторона содержитъ величину живого сѣченія F, слѣдовательно, и искомую величину глубины протока T.

Непосредственное опредѣленіе неизвѣстной T изъ вышеприведенной формулы, однако, не оказывается возможнымъ, вслѣдствіе сложности аналитическаго выраженія для $\frac{F^3}{p}$ при коллекторахъ съ криволинейными очертаніями сѣченій, въ особенности же овоидальныхъ. Задача рѣшается однако весьма просто и съ достаточною для практики степени приближенія, слѣдующимъ пріемомъ: предполагаютъ для даннаго поперечнаго сѣченія разныя высоты наполненія и расчитываютъ помощью формулъ указанныхъ въ главѣ XV или графическимъ путемъ, соотвѣтствующія величины $c\sqrt{\frac{F^3}{p}}$; изъ полученныхъ численныхъ величинъ выбираютъ два значенія, между которыми заключается число $\frac{Q}{\sqrt{I}}$, и находятъ искомую глубину T, помощью интерполяціи.

Зная величины T и t, не трудно опредѣлить уклонъ подошвы. Пусть a, черт. 699, обозначаетъ отмѣтку горизонта воды въ сѣченіи B; отмѣтка воды въ A будетъ:

$$a_1 = a + LI.$$

Далѣе имѣемъ изъ чертежа:

$$a_2 = a_1 - T$$

$$a_3 = a_1 - t = a + LI - t$$

слѣдовательно, искомый уклонъ подошвы коллектора:

$$I = \frac{a_3 - a_2}{L}.$$

Этотъ способъ разсчета примѣненъ между прочимъ Гобрехтомъ при составленіи имъ проекта Берлинскихъ водостоковъ, причемъ для коэффиціента c принималась постоянная величина (въ метрахъ), $c = 50$. Но примѣненіе выраженія для c, найденнаго Куттеромъ или Базеномъ, въ настоящемъ случаѣ, не усложняя значительно расчетовъ, даетъ, повидимому болѣе вѣрные результаты.

ГЛАВА СЕМНАДЦАТАЯ.

Общесплавная система.—Пріемники сточныхъ водъ.

СОДЕРЖАНІЕ: § 139. Пріемники уличныхъ (поверхностныхъ) водъ.—§ 140. Пріемники дворовыхъ водъ.—§ 141. Пріемники дворовыхъ отбросовъ.—§ 142. Домовая канализація.—§ 143. Гидравлическіе затворы внутри домовъ и приспособленія для осмотра домовой канализаціи.

§ 139. Пріемники уличныхъ (поверхностныхъ) водъ.

Въ прежнее время дождевыя и снѣговыя воды съ поверхности улицъ и площадей отводились въ канализаціонную сѣть посредствомъ простыхъ колодцевъ — шахтъ, которыя упирались въ коллекторы сверху или сбоку, открывая свободное сообщеніе между воздухомъ въ каналахъ и наружнымъ. Увлекаемая вмѣстѣ съ дождевою водою грязь садилась тутъ же на дно каналовъ и, засоряя ихъ, задерживала теченіе сточныхъ водъ. Этому засоренію старались препятствовать, задерживая грязь у самаго входа въ шахты при помощи ящиковъ и ведеръ, снабженныхъ отверстіями. Подобнаго рода пріемники уличныхъ поверхностныхъ водъ существуютъ еще до сихъ поръ въ нѣкоторыхъ городахъ Европы.

Несовершенство такихъ шахтъ вызвало стремленіе къ изобрѣтенію особаго рода уличныхъ пріемниковъ, которые при конструкціи, возможно простой, прочной и не допускающей легкой порчи, удовлетворяли бы слѣдующимъ условіямъ:

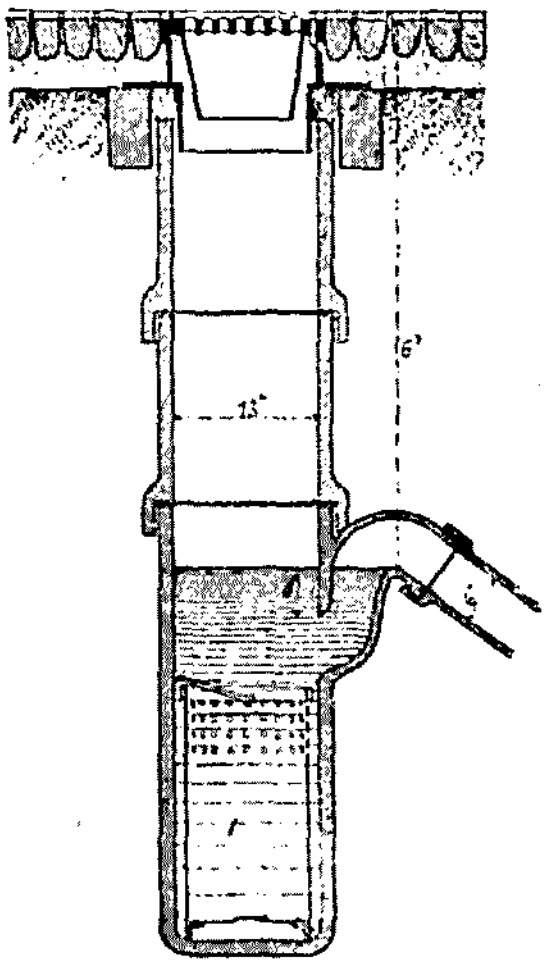
1) давать свободный стокъ дождевыхъ водъ въ коллекторъ,

2) задерживать по возможности всѣ осадки (песокъ, грязь и т. д.),

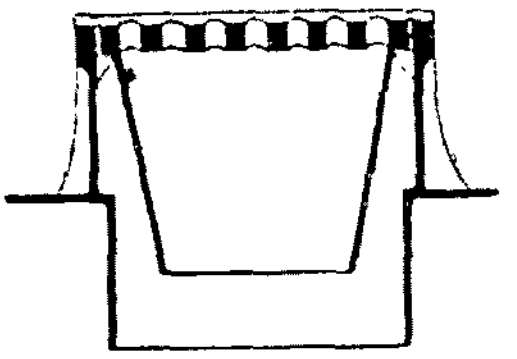
3) задерживать выходъ наружу коллекторныхъ газовъ

и 4) давать возможность быстро и легко, не стѣсняя уличнаго движенія, очищать и удалять всю грязь, осѣвшую на днѣ колодца.

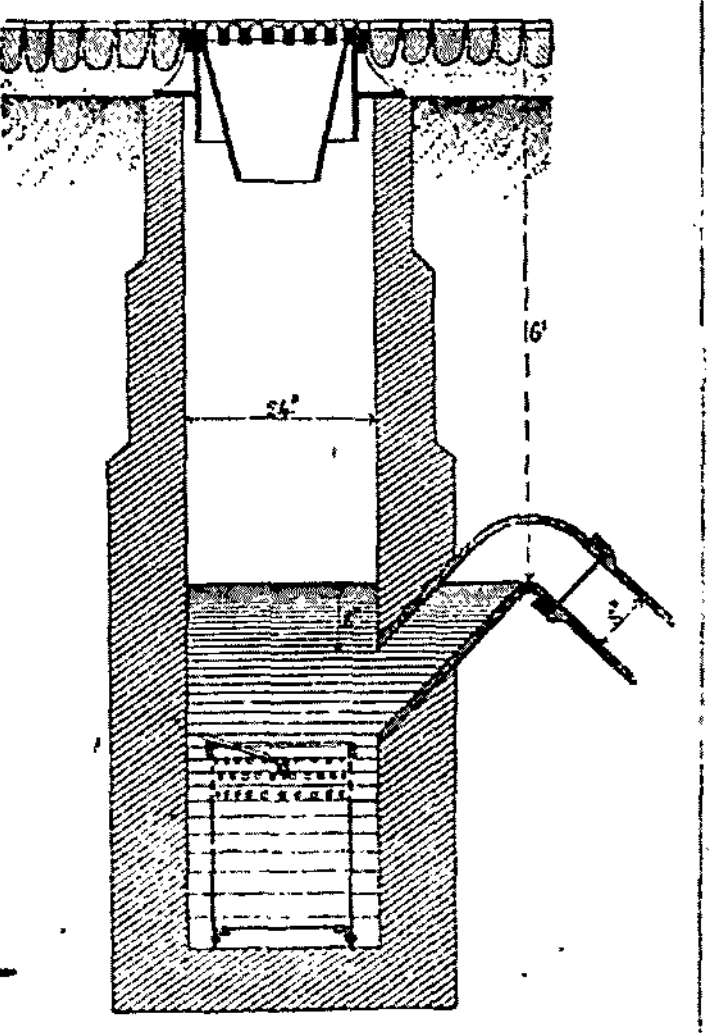
Уличные пріемники и ихъ очистка.



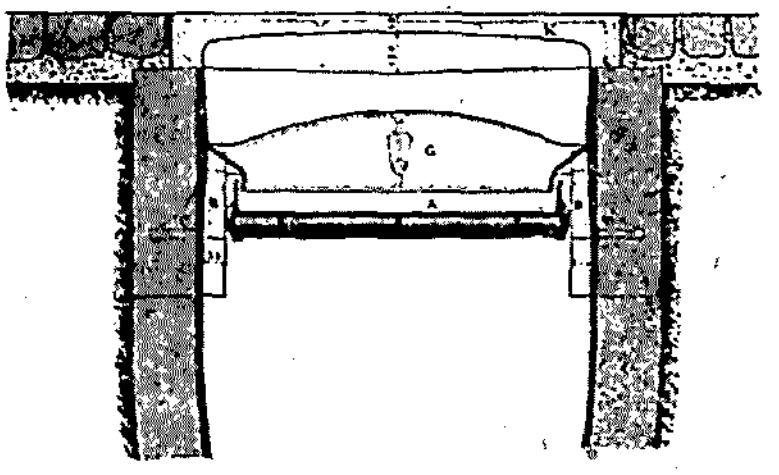
Черт. 700.
Уличный пріемникъ изъ гончарныхъ трубъ.

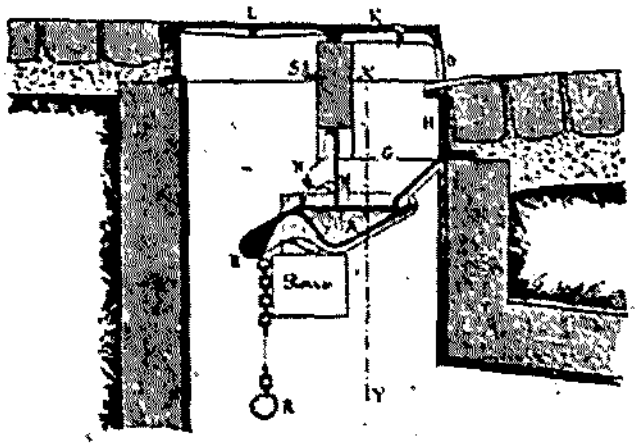


Черт. 702.
Детали рѣшетки уличнаго пріемника поверхности водъ.



Черт. 701.
Уличный пріемникъ изъ кирпичной кладки.





Черт. 703 и 704.

Уличный пріемникъ съ гидравлическимъ затворомъ системы Langlet, безъ собирателя грязи (примѣняется въ числѣ другихъ устройствъ въ Парижѣ). Затворъ на шарнирѣ съ противовѣсомъ и при перегрузкѣ самъ открывается, сбрасывая внизъ накопившуюся грязь, послѣ чего снова автоматически закрываются.

(Не годенъ для нашихъ климатическихъ условій).

При выборѣ системы пріемниковъ уличныхъ водъ, нужно имѣть въ виду, что число ихъ можетъ въ значительныхъ городахъ достигать огромныхъ цыфръ: въ Парижѣ около 10.000, въ Берлинѣ около 8.000, во Франкфуртѣ около 6.000 и т. д. Отсюда большое вліяніе стоимости пріемниковъ на общую стоимость канализаціи и необходимость при выборѣ системы пріемниковъ отдавать предпочтеніе конструкціямъ, которыя, обезпечивая правильное дѣйствіе приборовъ, возможно прочны и дешевы.

Въ настоящее время имѣется большее количество типовъ пріемниковъ уличныхъ водъ. Въ большинствѣ этихъ типовъ изолировка находящагося въ каналахъ воздуха отъ наружнаго достигается помощью водяныхъ затворовъ, которые для предупрежденія замерзанія должны лежать немного ниже глубины промерзанія грунта, т. е. въ нашемъ климатѣ не менѣе 6 футовъ.

Одни изъ наиболѣе удачныхъ современныхъ водяныхъ затворовъ показаны на черт. 700 и 701, изображающихъ хорошіе примѣры уличныхъ водопріемниковъ изъ гончарныхъ трубъ и изъ каменной кладки.

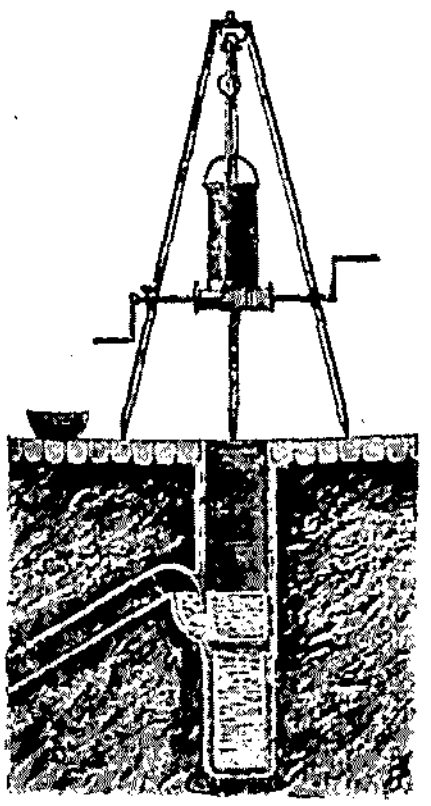
Замѣтимъ, что образовать постоянный гидравлическій затворъ совсѣмъ не такъ легко, какъ можетъ казаться съ перваго взгляда. Во время продолжительныхъ засухъ вода въ колодцѣ сильно испаряется, уровень ея падаетъ и вслѣдствіе этого можетъ явиться прямое сообщеніе коллекторнаго воздуха съ атмосфернымъ. Кромѣ того, при малой глубинѣ затвора во время внезапныхъ сильныхъ ливней воздухъ въ коллекторахъ, сжатый отъ быстраго повышенія уровня сточныхъ водъ, можетъ прорывать водяные затворы, особенно при плохой вентиляціи каналовъ. Вслѣдствіе этого въ настоящее время стали значительно увеличивать глубину водяного затвора, дѣлая его не менѣе $5''$ и даже $6''$, а въ нѣкоторыхъ типахъ доводя до 8—10—12 дюймовъ. Въ случаѣ же сильной засухи колодцы наполняются водою изъ водопроводной сѣти при помощи пожарныхъ рукавовъ, служащихъ для поливки улицъ.

Въ общемъ, хорошій гидравлическій затворъ уличнаго дождевого колодца долженъ:

1) препятствовать выходу газовъ изъ каналовъ на улицу,

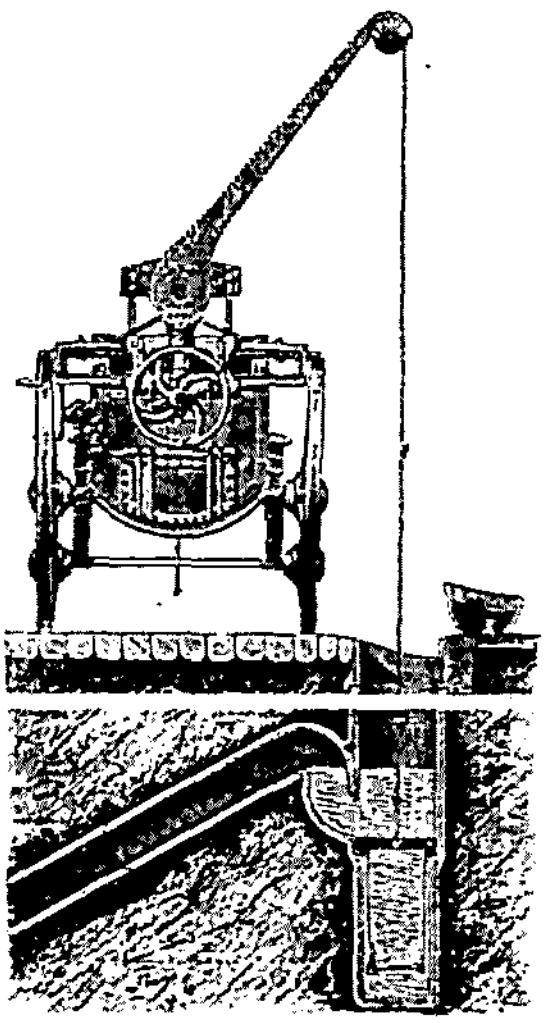
2) задерживать плавающіе предметы, попавшіе сквозь рѣшетку въ колодезь и такимъ образомъ предохранять каналы отъ засоренія

Уличные пріемники; ихъ очистка.

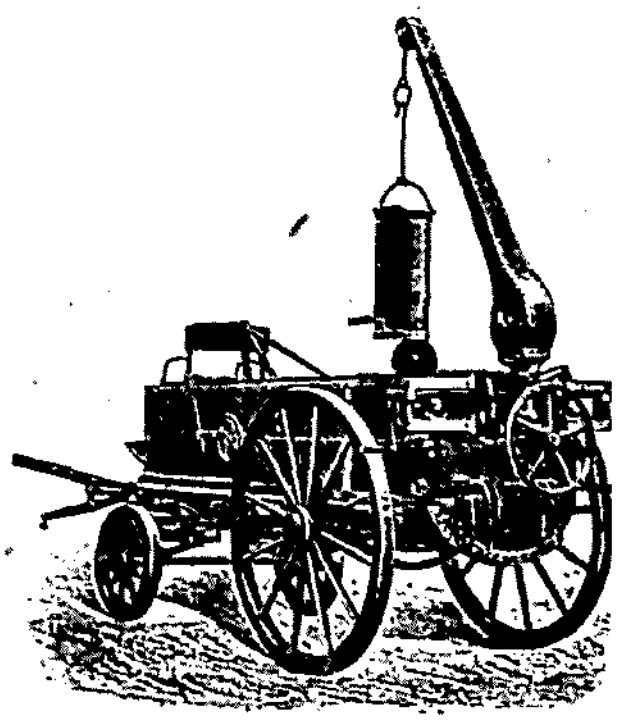


Черт. 705.

Ручной переносный станокъ для извлеченія ведра съ грязью.



Черт. 706. — Катучій резервуаръ съ краномъ для удаленія грязи изъ уличныхъ пріемниковъ (процессъ извлеченія ведра).



Черт. 707.

Катучій резервуаръ съ краномъ для удаленія грязи изъ уличныхъ пріемниковъ (процессъ опораживанія ведра).

(Изъ соч. Н. К. Чижова — Водостоки).

и 3) заставлять вытекающую изъ колодца воду двигаться передъ выходомъ изъ послѣдняго нѣкоторое время вверхъ, чѣмъ значительно ускоряется отложеніе нерастворенныхъ (висящихъ въ водѣ) осадковъ.

Каждый дождевой пріемникъ для удобства быстраго и легкаго удаленія изъ него осѣвшей на дно грязи долженъ быть снабженъ ведромъ, поставленнымъ на его дно, какъ это и показано на черт. 701, 702, 705 и 706. Подвѣска ведеръ подъ воронку, которая служитъ для направленія стекающей воды къ центру колодца, въ нашемъ климатѣ не можетъ быть рекомендована въ виду намерзанія на ведро грязи и даже, какъ это наблюдалось въ Берлинѣ, примерзанія ведра къ стѣнамъ колодца Ведро дѣлаютъ обыкновенно изъ оцинкованнаго желѣза въ 1—2 миллиметра толщиною и снабжаютъ его стѣнкиотверстіями діаметромъ отъ $^3/_{16}''$ до $^3/_8''$ на взаимномъ разстояніи около 2—$2^1/_2$ дюймовъ. Эти отверстія необходимы для удобнаго подъема и опусканія ведра въ колодезь, наполненный водою, но при вынутіи ведра черезъ нихъ и вытекаютъ частицы грязи, пачкая тротуаръ и мостовую. Ширина и форма ведра дѣлается по возможности ближе подходящей къ ширинѣ и формѣ самаго колодца, чтобы уменьшить зазоры между ведромъ и стѣнами колодца, въ которые забивается грязь. Вышина ведра обусловливается тѣмъ, какой рабочей силой располагаютъ для подъема:—двумя, тремя или болѣе людьми, или же краномъ, причемъ принимаютъ, что 1 куб. футъ грязи вѣситъ въ среднемъ 2,5 пуда. (См. черт. 705, 706 и 707).

Стѣнки уличныхъ пріемниковъ должны быть по возможности непроницаемы для воды; въ противномъ случаѣ грязная вода просачиваясь сквозь стѣны колодца заразитъ окружающую почву причемъ можетъ быть даже нарушенъ гидравлическій затворъ, и воздухъ коллектора начнетъ выходить на улицу.

Въ нѣкоторыхъ городахъ (Парижъ), кромѣ дождевыхъ колодцевъ, расположенныхъ по сторонамъ улицы, дѣлаютъ еще по срединѣ надъ самыми коллекторами *снѣговые*, въ которые бросаютъ собираемый съ улицъ снѣгъ. Сточныя воды, имѣющія вообще высокую температуру, растапливаютъ его и уносятъ такимъ образомъ изъ города. Такой пріемъ удаленія снѣга возможенъ лишь при небольшомъ его количествѣ и въ коллекторахъ съ большимъ расходомъ воды.

Толщина стѣнокъ δ въ кирпичныхъ колодцахъ (въ планѣ обыкновенно квадратныхъ или круглыхъ до 1 аршина въ діаметрѣ) дѣлается въ 1 кирпичъ. Въ гончарныхъ или штейнгутовыхъ (круглыхъ до $1^1/_2'$) $\delta =$ отъ $1''$ до $1^1/_2''$. Въ бетонныхъ $\delta =$ отъ $1^1/_2'$ до $2^1/_2''$.

При гончарныхъ дождевыхъ колодцахъ надо наблюдать, чтобы ниже затвора по возможности не было стыковъ, такъ какъ иначе, при появленіи въ нихъ хотя бы малѣйшей скважины, вода въ колодцѣ, уходя черезъ нее, станетъ обнажать затворъ.

Что касается до мѣстъ расположенія уличныхъ пріемниковъ, то при выпуклой профили улицъ ихъ помѣщаютъ въ лоткахъ между тротуаромъ и мостовой другъ противъ друга, или чаще въ шахматномъ порядкѣ, но всегда въ пониженной относительной прилегающихъ частей у́лицы точекъ (см. черт. 642 и 645). При вогнутой профили, которая, однако, не должна допускаться, ихъ приходится помѣщать по срединѣ улицѣ, хотя подобное расположеніе очень неудобно при очисткѣ, такъ какъ стѣсняетъ движеніе экипажей.

Разстояніе между двумя смежными, лежащими по одну сторону улицы, колодцами зависитъ отъ ширины улицы, ея профили размѣровъ уличнаго движенія и матеріала мостовой. Оно измѣняется обыкновенно въ предѣлахъ отъ 15 до 25 и не должно быть болѣе 40 саж. На практикѣ кромѣ этихъ цифръ придерживаются правила, чтобы площадь стока въ каждый колодезь не была меньше 50 и больше 200 кв. саж., причемъ во всякомъ случаѣ діаметръ отводной трубы (изъ колодца) долженъ быть не менѣе 6 дюймовъ. Такимъ образомъ, представляется возможнымъ опредѣлить разстоянія между пріемниками въ каждомъ частномъ случаѣ въ зависимости отъ ширины улицы.

Соединеніе пріемниковъ съ уличнымъ коллекторомъ устраивается большей частью (черт. 645) по нормальному къ послѣднему направленію съ небольшимъ изгибомъ близъ самаго коллектора, имѣющимъ цѣлью плавное сопряже́ніе струй. Иногда встрѣчаются и иныя расположенія, напр. показанное пунктиромъ на черт. 645.

Относительно деталей устройства уличныхъ пріемниковъ можно замѣтить слѣдующее. Всѣ пріемники должны быть снабжены съемными чугунными или желѣзными рѣшетками для задержки крупныхъ частей отбросовъ. Одинъ изъ удачныхъ типовъ такой рѣшетки

системы Линдлея (Франкфуртъ, Петербургъ, Варшава) показанъ на черт. 702. Для того, чтобы вода черезъ рѣшетку могла проходить достаточно быстро, общая площадь прорѣзовъ, число которыхъ обыкновенно дѣлаютъ не менѣе 7—8, должна быть отъ $^3/_4$ до 1 квадр. фута. Чтобы рѣшетка съ одной стороны не мѣшала прониканію въ колодезь мелкихъ частицъ грязи, съ другой же, чтобы она задерживала крупныя частицы, отдѣльные прорѣзы должны быть отъ 1″ до $1^1/_4$″ и не болѣе $1^1/_2$ дюймовъ ширины. Удары экипажей и лошадей о рѣшетку не должны передаваться стѣнками колодца, особенно гончарнаго; въ этихъ видахъ рѣшетку слѣдуетъ помѣщать на особый фундаментъ, какъ показано на черт. 700. Подобное устройство даетъ возможность при осадкѣ мостовой осѣдать рѣшеткѣ независимо отъ колодца.

§ 140. Пріемники дворовыхъ водъ.

Дворовые пріемники атмосферныхъ водъ такъ же, какъ и уличные, должны задерживать отъ попаданія въ водостоки песокъ и грязь, увлекаемые водой съ поверхности дворовыхъ участковъ города; поэтому и устройство дворовыхъ пріемниковъ часто мало разнится отъ устройства уличныхъ: примѣняется тотъ же типъ, лишь съ уменьшенными размѣрами. Если между типами дворовыхъ пріемниковъ, которыхъ также было придумано очень много, и уличныхъ существуетъ иногда серіозная разница, то лишь когда дворовые пріемники служатъ одновременно для принятія и атмосферныхъ, и домашнихъ водъ, что едвали можетъ быть рекомендовано.

Линдлей для Петербурга предложилъ дворовый пріемникъ въ общемъ такой же конструкціи, какой представленъ на черт. 700.

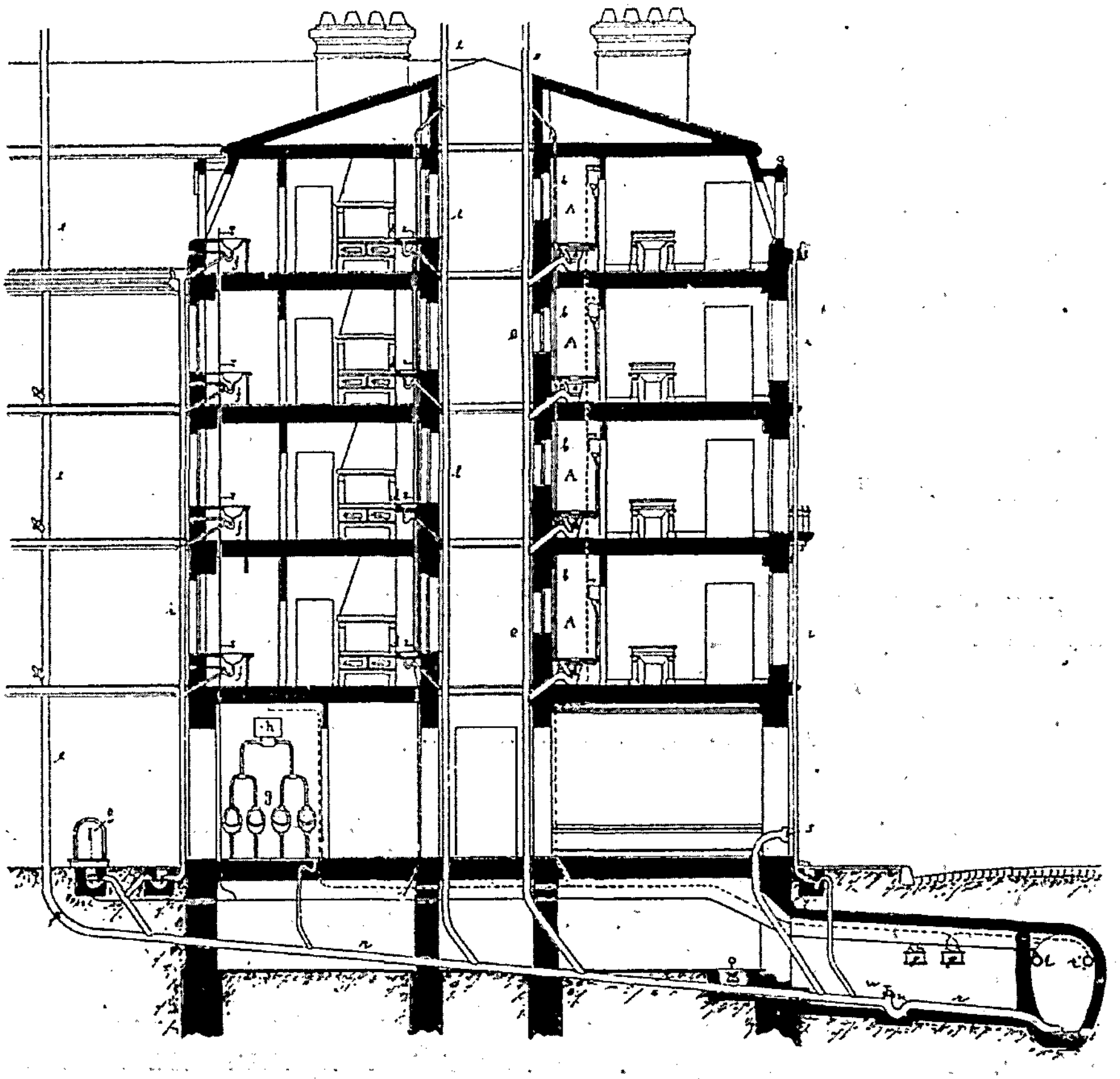
§ 141. Пріемники домовыхъ отбросовъ.

Пріемники домовыхъ отбросовъ ежедневной жизни составляютъ предметъ особаго изученія въ курсѣ гражданской архитектуры и потому мы ограничиваемся разсмотрѣніемъ лишь устройства домовой канализаціи (§ 142) и гидравлическихъ затворовъ внутри домовъ (§ 143).

Здѣсь же замѣтимъ только, что при устройствѣ домовой канализаціи ею никакъ не слѣдуетъ увлекаться слишкомъ сильно и въ

Домовая канализація.

Схема домовой канализаціи въ Парижѣ при общесплавной системѣ съ помѣщенными на наружныхъ стѣнахъ дома фановыми трубами (расположеніе, непримѣнимое въ нашемъ климатѣ).



Черт. 708.

t—водопровод. для питья;
t'—водопровод. для хозяйствен. потребностей;
A—ватерклозеты;
a—пріемники нечистотъ въ ватерклозетахъ;
b—вентиляціонныя трубки ватерклозетовъ;
c, *e*—фанов., откр. сверху, трубы ватеркл. и кухонь;
d—кухонныя раковины;
f—умывальн., спускающіе воду въ дожд. трубу;
g—общіе писсуары;
h—промывной резервуаръ писсуаровъ;
i—дождевыя трубы;
k—гидравлическій затворъ дождевой трубы;
l—дворовый кранъ;
m—дворовый пріемникъ;
n—гидр. затворъ главнаго домового водостока;
o—смотров. отвер. его-же;
p—водомѣръ;
r—главный домовой стокъ;
w—прочистной лазъ гидр. затвора.

(Изъ соч. инж. Чижова—водостоки гор. Парижа).

каждой квартирѣ помѣщать излишнее число связанныхъ съ нею приборовъ, такъ какъ они, будучи почти совсѣмъ безъ употребленія, не только безполезны, но могутъ быть и опасны, открывая сообщеніе съ водосточными трубами. Къ такимъ излишнимъ приборамъ слѣдуетъ отнести связанные съ общей канализаціей: умывальники въ номерахъ отелей, часто стоящіе долгое время безъ употребленія, уборныя и ванныя въ богатыхъ домахъ, устроенныя спеціально для гостей и т. п. устройства, которыя, по свидѣтельству многихъ врачей, могутъ служить причиною появленія различныхъ заболѣваній.

При устройствѣ канализаціи во вновь строющемся домѣ города, снабженнаго водосточною сѣтью, группировка и правильное размѣщеніе всѣхъ ватерклозетовъ, писсуаровъ, ваннъ, раковинъ и проч. по отдѣльнымъ этажамъ зависитъ вполнѣ отъ лица, составляющаго проектъ; поэтому составитель проекта долженъ обратить вниманіе на то, чтобы располагая приборы по возможности другъ надъ другомъ, уменьшить число сточныхъ трубъ и длину развѣтвленій, что, упрощая конструкцію, даетъ еще и денежное сбереженіе.

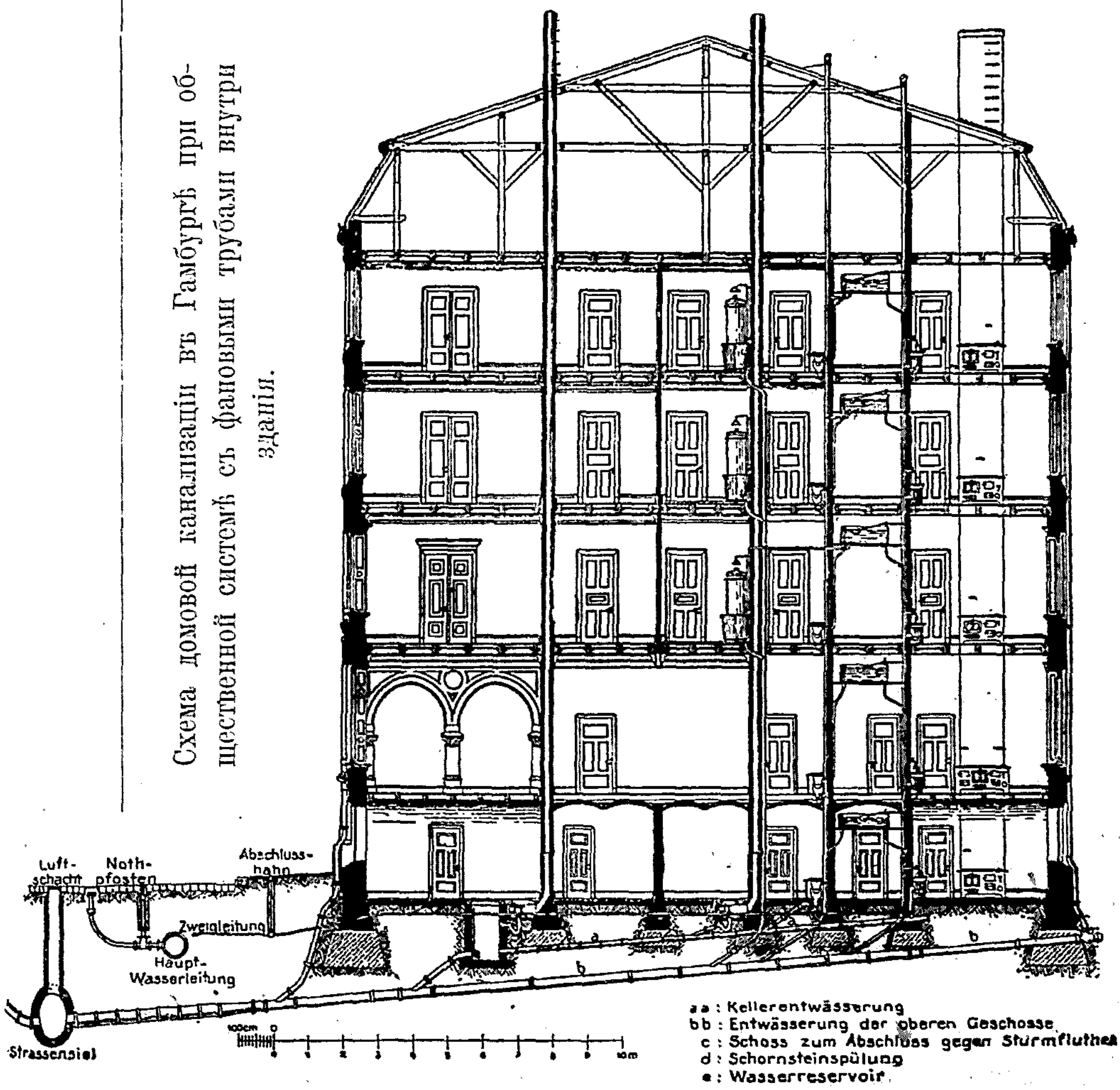
Къ домовой канализаціи должны быть отнесены и общественные писсуары, ватерклозеты, туалеты и пр., устраиваемые на улицахъ въ культурныхъ городахъ. (См. черт. 724—727).

§ 142. Домовая канализація.

Всѣ домовыя сточныя воды отводятся въ уличный коллекторъ при помощи трубъ, идущихъ внутри домовъ отъ ватерклозетовъ, кухонныхъ раковинъ, ваннъ и т. п. Соединяясь между собою посредствомъ двойниковъ и тройниковъ по возможности подъ острыми углами, трубы эти въ предѣлахъ двора впадаютъ обыкновенно въ одну общую отводную трубу. Къ послѣдней примыкаетъ и дворовый дождевой пріемникъ. Главная дворовая труба, проходя подъ воротами дома по кратчайшему (безъ крутыхъ изгибовъ), пути впадаетъ въ свою очередь въ уличный коллекторъ, еще при его постройкѣ снабженный въ соотвѣтственномъ мѣстѣ патрубками того діаметра, который желаютъ дать главной дворовой сточной трубѣ. Для устраненія возможности проникновенія газовъ въ жилыя помѣщенія всѣ домовые приборы снабжаются водяными затворами, о которыхъ будетъ сказано подробнѣе далѣе.

Домовая канализація.

Схема домовой канализаціи въ Гамбургѣ при общественной системѣ съ фановыми трубами внутри зданія.



Черт. 709.

aa — канализація погребовъ:
bb — канализація верхнихъ этажей;
c — затворы отъ высокихъ приливовъ;
d — приспособленія для удаленія сажи изъ дымовыхъ трубъ въ водостоки;
e — водяные резервуары;
Strassensiel — уличный водостокъ;
Luftschacht — воздушный колодезь;
Hauptwasserleitung — главная водопроводная труба;
Zweigleitung — отвѣтвленіе водопроводной трубы;
Nothpfosten — пожарный кранъ;
Abschlusshahn — запорный кранъ.

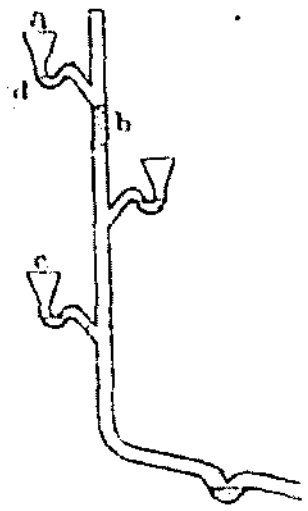
Примѣчаніе. Черт. 709 изъ соч. Blasius'a и Büsing'a.

Главныя дворовыя сточныя трубы дѣлаются діаметромъ отъ 4 до 8 дюймовъ и лишь въ очень большихъ домахъ и фабрикахъ доходятъ до 10—12 дюймовъ. Ихъ уклонъ для предупрежденія образованія осадковъ долженъ быть не менѣе 1 : 50. Въ случаѣ меньшаго уклона (1 : 60—1 : 80) сточныя трубы должны быть снабжены сильными промывными приборами (см. ниже — главу XX). Діаметръ трубъ, идущихъ вертикально отъ кухонныхъ раковинъ, ваннъ и т. п. приборовъ, называемыхъ фановыми дѣлается не уже 3—4 дюймовъ; отъ ватерклозетовъ 5—6 дюймовъ; для горизонтальныхъ же вѣтвей въ первомъ случаѣ не менѣе 4, во второмъ—6 дюймовъ. Отвѣтвленія, идущія къ отдѣльнымъ домовымъ приборамъ, могутъ быть отъ $1^1/_2$ до 3 дюймовъ въ діаметрѣ, смотря по тому, насколько загрязнена вода, каково ея количество и каковъ уклонъ трубы. Относительно уклоновъ всякихъ развѣтвленій слѣдуетъ замѣтить, что они должны быть по возможности близки къ вертикали: пологіе уклоны внутри домовъ не должны допускаться.

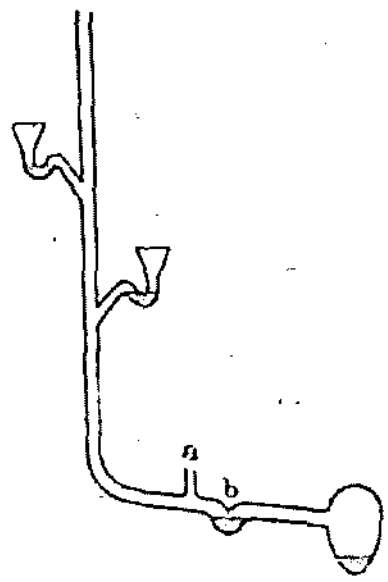
Главная дворовая сточная труба, идущая подъ улицей, и всѣ ея развѣтвленія, идущія по двору не подъ застроенными частями дворовыхъ участковъ, должны быть заложены на глубину не меньшую глубины промерзанія грунта (въ нашемъ климатѣ 6 футъ) и могутъ быть сдѣланы изъ цементныхъ или керамиковыхъ трубъ (см. главу XVIII). Всѣ соединенія вертикально идущихъ трубъ (напр. трубъ отводящихъ дождевую воду съ крышъ домовъ) съ горизонтальными вѣтвями для большей прочности дѣлаются часто посредствомъ чугунныхъ вставокъ.

Всѣ сточныя трубы, идущія въ предѣлахъ домовъ, должны быть чугунныя, асфальтированныя или эмальированныя внутри. Въ мѣстахъ пересѣченія съ фундаментами и стѣнами зданій слѣдуетъ заботиться, чтобы эти послѣднія не давили на проводы. Прямыя и изогнутыя колѣна чугунныхъ трубъ для уменьшенія числа стыковъ должны быть по возможности длиннѣе: прямыя не короче 9 футъ, изогнутыя не менѣе 3 футъ. Соединеніе ихъ между собою производится при помощи муфтъ съ зачеканкою ихъ свинцомъ. Для проводовъ внутри домовъ можно допускать также и свинцовыя цѣлотянутыя трубы (если онѣ не соприкасаются съ свѣжей кирпичной кладкой) тщательно спаянныя и проведенныя въ мѣстахъ доступныхъ осмотру, но защищенныхъ отъ случайной порчи. Подобныя

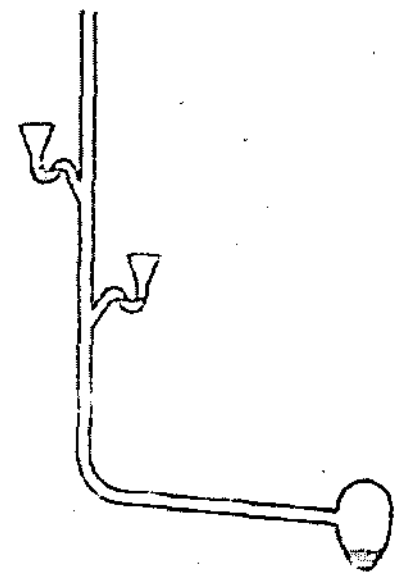
Домовая канализація.



Черт. 710.



Черт. 711.



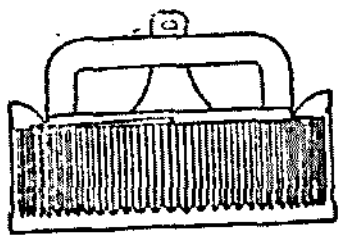
Черт. 712.

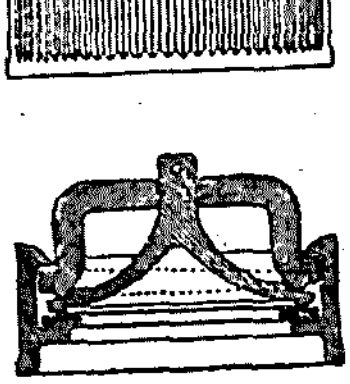
Черт. 710—712.—Типы фановыхъ трубъ:

а) съ гидравлическимъ затворомъ;

б) съ затворомъ и воздушнымъ отросткомъ;

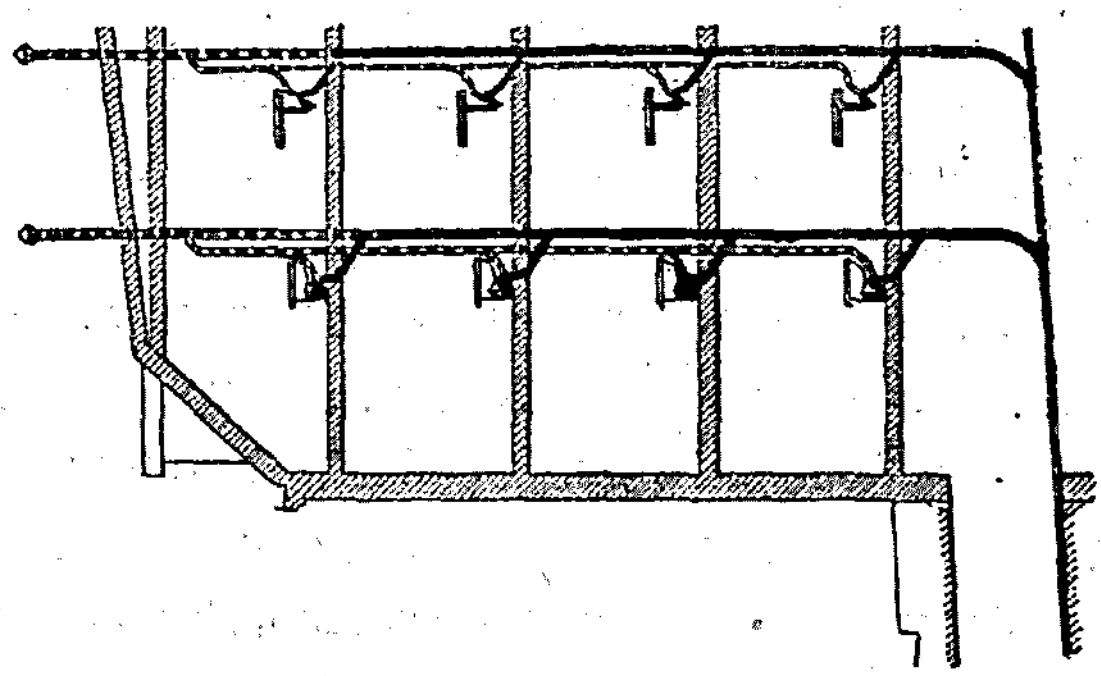
в) непосредственно соединенной съ коллекторомъ.





Черт. 714 и 715.

Герметическіе затворы, которые надлежитъ устраивать въ различныхъ мѣстахъ домовой канализаціонной сѣти трубъ для ихъ осмотра и очистки.



Черт. 713.

Схема устройствъ отдѣльныхъ трубъ для вентиляціи гидравлическихъ затворовъ.

же свинцовыя трубы въ большинствѣ случаевъ примѣняются для устройства отвѣтвленій, идущихъ отъ сточныхъ трубъ къ отдѣльнымъ домовымъ приборамъ. При ихъ употребленіи слѣдуетъ обращать особое вниманіе на мѣста соединеній съ чугунными фановыми трубами. Самое лучшее соединеніе достигается при помощи коротких кусковъ мѣдныхъ трубъ: на одинъ ея конецъ напаивается свинцовая труба, а другой входитъ въ муфту чугунной трубы, заливается свинцомъ и зачеканивается.

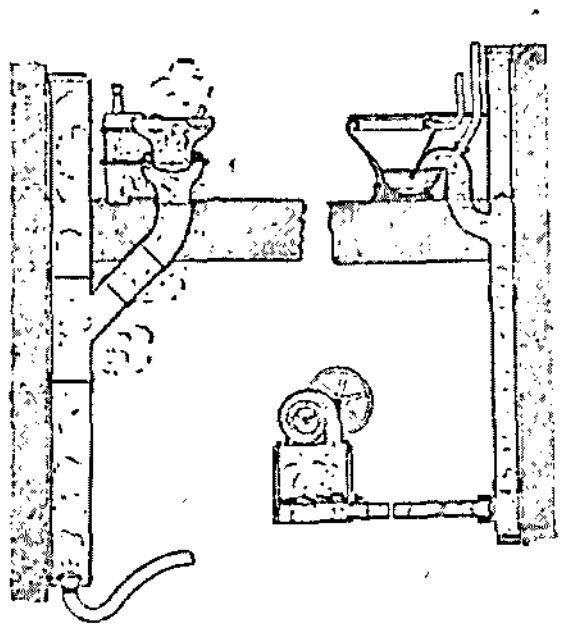
Примѣненіе керамиковыхъ трубъ внутри домовъ не можетъ быть рекомендовано, такъ какъ хотя онѣ и имѣютъ очень гладкую поверхность и дешевы, но отъ случайнаго удара и даже сотрясенія легко могутъ треснуть—на первое время даже незамѣтно для глаза; кромѣ того ихъ стыки не надолго остаются непроницаемыми, особенно для газовъ, которыми легко могутъ отравляться жилыя помѣщенія.

Въ Америкѣ вошли въ употребленіе желѣзныя трубы, асфальтированныя внутри и снаружи, съ винтовыми соединеніями. Трубы эти оказались весьма пригодными для домовой канализаціи. Ихъ стыки совсѣмъ непроницаемы для газовъ. Винтовыя соединенія, значительная длина отдѣльныхъ звеньевъ (до 20—24 футъ) и нѣкоторая упругость этихъ трубъ позволяетъ проводить ихъ такъ, что осадка стѣнъ не вліяетъ на прочность самой трубы и ея стыковъ, чего не всегда можно достигнуть съ чугунными трубами. Винтовыя соединенія, на подобіе соединеній паропроводныхъ трубъ, хороши еще тѣмъ, что ихъ не разстраиваетъ частая перемѣна температуры трубы отъ выливанія въ нее то горячей, то холодной воды.

Если домовая сточная труба проходитъ по жилому подвалу, что чаще всего можетъ встрѣтиться, когда въ нихъ помѣщаются кухни, прачешныя, отхожія мѣста и т. п., то она должна быть уложена подъ поломъ подвала въ особомъ кирпичномъ желобѣ, покрытомъ сверху съемными плитами или досками такъ, чтобы во всякое время можно было осматривать и въ случаѣ надобности исправлять трубу. Если она проходитъ черезъ необитаемые подвалы, то удобнѣе вести сточную трубу сверхъ пола, или непосредственно подъ сводами подвала, чтобы ея осмотръ былъ еще легче.

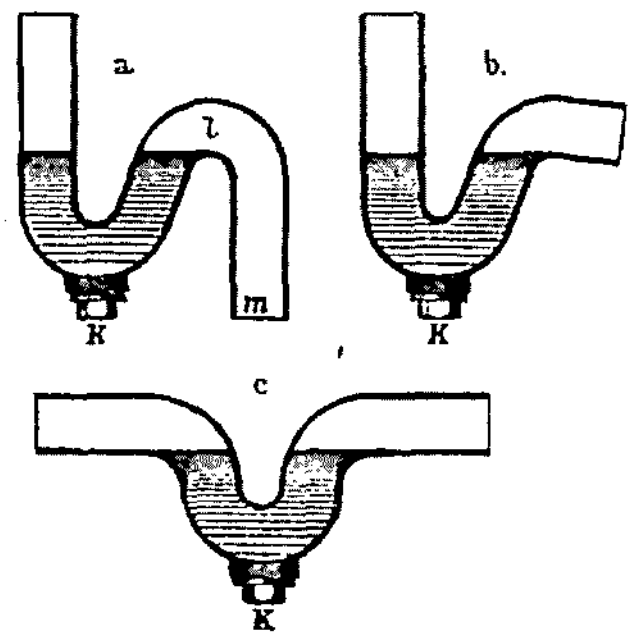
Климатъ Англіи и Франціи позволяетъ ставить сточныя трубы, принимающія воды изъ кухонныхъ раковинъ, ватерклозетовъ и т. п., у наружныхъ стѣнъ домовъ (черт. 708), что очень удобно для ихъ

Домовая канализація.



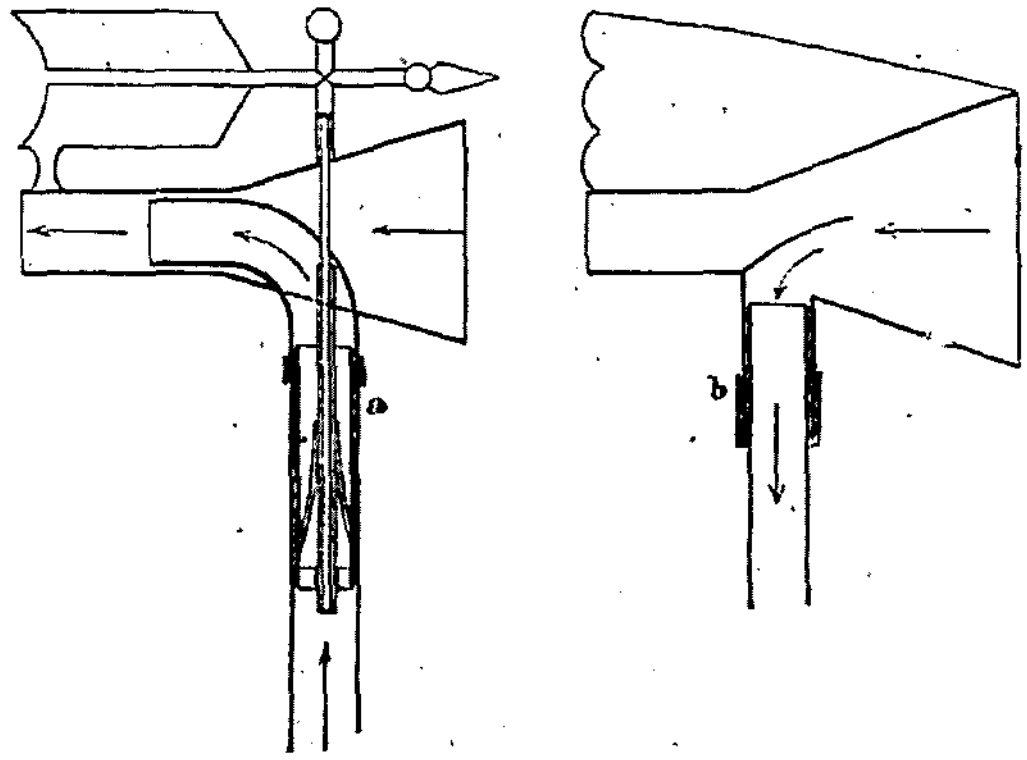
Черт.716, 717 и 718.

Испытаніе непроницаемости домовой канализаціи посредствомъ дыма.



Черт. 719, 720, 721.

Гидравлическіе затворы внутри домовъ.



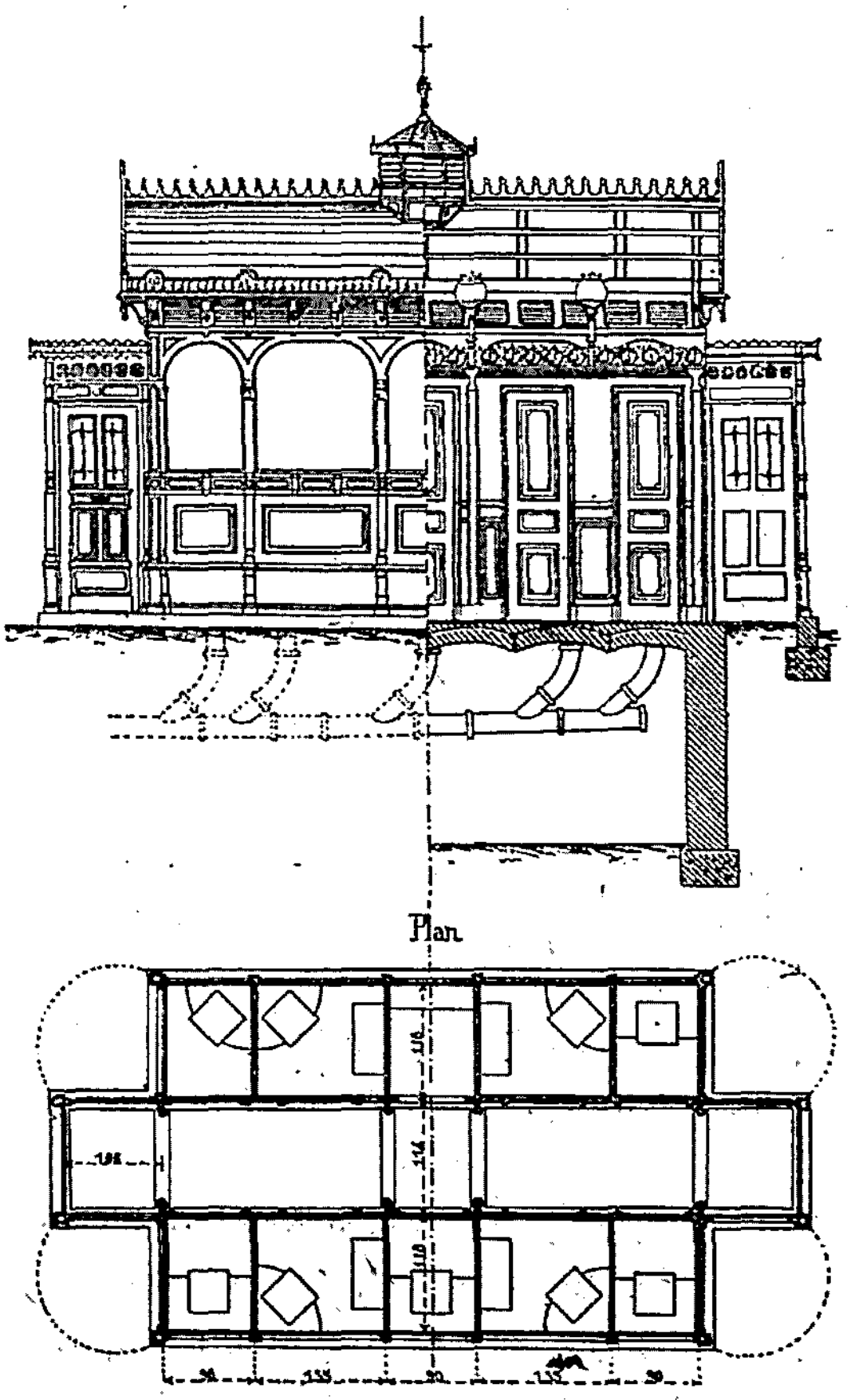
Черт. 722 и 723.

Флюгарки надъ дождевыми трубами.

осмотра и исправленія, хотя и неправильно по отношенію къ цѣлямъ вентиляціи. Въ нашемъ климатѣ это немыслимо. Мы должны помѣщать сточныя трубы внутри домовъ и, для лучшей ихъ вентиляціи, по возможности ближе къ дымовымъ трубамъ кухонныхъ очаговъ, которые, нагрѣвая фановыя трубы, вызываютъ въ нихъ усиленную тягу воздуха. Фановыя трубы прикрѣпляются вдоль стѣнъ или въ соотвѣтственномъ углубленіи ихъ такимъ образомъ, чтобы вѣсъ трубы не дѣйствовалъ сильно на ту горизонтальную трубу, въ которую онѣ впадаютъ, и чтобъ осадка стѣнъ какъ можно меньше вліяла на трубы.

Сверху фановая труба должна быть открыта для свободнаго прохода по ней воздуха и продолжена до высоты конька крыши; если же сосѣдній домъ выше и труба идетъ рядомъ съ нимъ, то выше сосѣдней крыши. Снизу она также должна быть сообщена съ наружнымъ воздухомъ. Если фановую трубу сдѣлать сверху закрытой и снизу отдѣленной отъ наружнаго воздуха (черт. 710); то при вылитіи въ нее сразу большого количества воды, напр. въ *a*, текущая вода *b* сожметъ въ трубѣ нижележащій воздухъ, который вслѣдствіе этого и прорветъ нижніе водяные затворы ватерклозетовъ, кухонныхъ раковинъ и т. д. (напр. въ *c*) и зараженный воздухъ фановой трубы войдетъ въ жилыя помѣщенія. Въ то же время вода *b*, падая внизъ, разрѣдитъ воздухъ въ верхнихъ частяхъ трубы, вслѣдствіе чего верхніе водяные затворы *d* всосутся и также откроется свободное сообщеніе съ комнатнымъ воздухомъ. Для предупрежденія этого, а также и для вентиляціи фановой трубы, ее и слѣдуетъ дѣлать открытой сверху и сообщенной съ наружнымъ воздухомъ снизу. Спертый внутри трубы воздухъ, насыщенный различными вредными для здоровья газами, наравнѣ съ грязною сточною водою, способствуетъ порчѣ самой трубы и въ ней могутъ образовываться скважины, достаточныя, чтобы сильно отравить воздухъ жилыхъ помѣщеній, внутри которыхъ труба проходитъ. Кромѣ того водяные затворы, которыми должны быть снабжены всѣ домовые приборы (ватерклозеты, ванны, кухонныя раковины, прачешныя и т. д.), дѣйствительны лишь до того момента, пока находящаяся въ нихъ вода не пропитается газами, послѣ чего газы начнутъ выдѣляться съ поверхности затвора внутрь домовъ. Это пропитываніе будетъ имѣть мѣсто тѣмъ въ меньшей степени, чѣмъ лучше труба будетъ вентилируема.

Канализація города Парижа.



Черт. 724—725.

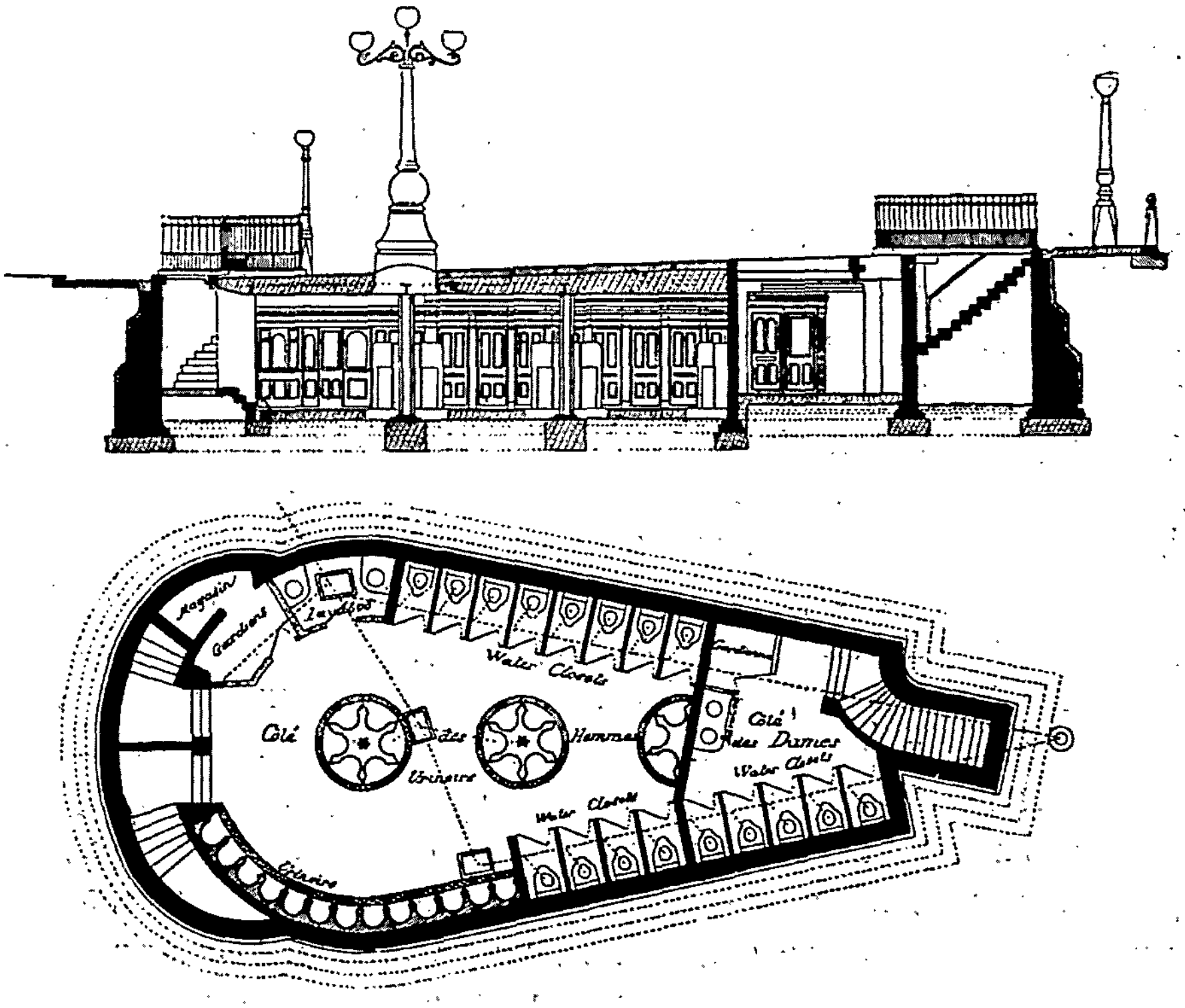
Разрѣзъ, фасадъ и планъ надземнаго туалетнаго кабинета въ Парижѣ.

Во избѣжаніе закупорки верхняго конца трубы зимою отъ намерзанія водяныхъ паровъ, которыми насыщены газы фановой трубы, діаметръ ея и выше крыши слѣдуетъ дѣлать не менѣе 4 дюймовъ. Устройство сверхъ фановой трубы вентиляторовъ мало полезно; гораздо дѣйствительнѣе для тяги помѣщать трубу, какъ было упомянуто выше, близъ дымовыхъ ходовъ въ стѣнѣ, но такъ, чтобы отверстіе фановой и отверстіе дымовой трубы не пришлись поверхъ крыши рядомъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ при появленіи въ дымовой трубѣ обратной тяги, всѣ вредные для здоровья газы легко проникнутъ въ жилыя помѣщенія. Для предупрежденія свиванія гнѣздъ устья трубъ можно закрывать широкой проволочной рѣшеткой, но никакъ не частой сѣткой.

Притокъ свѣжаго воздуха можетъ быть достигнутъ двумя способами: или нижній конецъ трубы снабжается отросткомъ *a* (черт. 711), выходящимъ наружу во дворъ, и тогда дымовая и сточная труба отдѣляется отъ уличнаго коллектора водянымъ затворомъ *b*; или же конецъ фановой трубы безъ всякихъ затворовъ (черт. 712) прямо проходитъ въ уличный колекторъ и тогда домовая сточная труба служитъ и вентиляціонной для самаго уличнаго коллектора.

Какой способъ слѣдуетъ предпочитать — мнѣнія спеціалистовъ сильно расходятся. Домовыя сточныя трубы большинства канализацій германскихъ городовъ (Франкфуртъ на Майнѣ, Берлинъ, Данцигъ, Бреславль, Гамбургъ и др.) прямо идутъ въ коллекторы безъ водяныхъ затворовъ; большинство же инженеровъ Англіи, Франціи и Америки предпочитаетъ отдѣленіе гидравлическими затворами. Вообще же можно сказать, что, если городская канализація устроена хорошо, скорость теченія, промывка и вентиляція достаточны, а домовые проводы устроены по одному образцу подъ тщательнымъ контролемъ спеціалиста, то непосредственное сообщеніе фановыхъ трубъ съ уличными коллекторами можетъ быть допущено, тѣмъ болѣе, что при этомъ усиливается вентиляція уличныхъ каналовъ; да и нѣтъ достаточнаго основанія для раздѣленія, такъ какъ воздухъ хорошо устоенныхъ городскихъ каналовъ можетъ быть лишь чище воздуха домовыхъ сточныхъ трубъ. Но, если всѣхъ вышеприведенныхъ условій не существуетъ и водостоки имѣютъ застойный характеръ, то лучше отдѣлить домовые проводы отъ уличныхъ коллекторовъ водяными затворами съ лазами для возможности очистки случающихся засо-

Канализація города Лондона.



Черт. 726 и 727.

Разрѣзъ и планъ подземнаго туалетнаго кабинета въ Лондонѣ.

репій, но не забыть при этомъ о впускѣ свѣжаго воздуха въ фаповую трубу черезъ особый отростокъ, который на случай обратной тяги можетъ быть сдѣланъ съ угольнымъ фильтромъ (см. главу XIX).

Чтобы сточныя трубы не засорялись соромъ, кухонными твердыми отбросами, остатками кушанья и т. п., кухонныя раковины должны имѣть частую сѣтку, которую прислуга не могла бы вынимать. Но, такъ какъ сѣтка все же не можетъ преградить проникновенія въ сточныя трубы такихъ отбросовъ, какъ напр. кофейная гуща, песокъ отъ чистки мѣдной посуды и т. п., то всѣ водяные затворы должны имѣть лазы, отвинтивъ которые, можно было бы хоть изрѣдка ихъ прочищать.

Если домовыя трубы уложены съ достаточными уклонами, то не требуется особой ихъ промывки; развѣ лишь изрѣдка приходится пускать сразу сильной струей воду изъ нѣсколькихъ водопроводныхъ кранов̀ъ.

Для промывки дворовыхъ трубъ отчасти служатъ дождевыя трубы, если они не оканчиваются у поверхности мостовой, а впадаютъ въ отводную трубу. Въ этомъ случаѣ онѣ могутъ входить прямо въ нее, или же разобщаться отъ уличныхъ каналовъ при помощи водянаго затвора, лежащаго подъ поверхностью земли на глубинѣ промерзанія грунта. Въ городахъ, гдѣ въ крышахъ не дѣлаютъ жилыхъ помѣщеній дождевая труба можетъ быть сообщена съ отводной непосредственно при этомъ дождевая труба будетъ также служить цѣлямъ вентиляціи водостока. Въ городахъ подобныхъ Парижу, гдѣ подъ крышами устраиваются *мансарды*, жильцы послѣднихъ были бы отравлены вредными газами, если дождевыя трубы не были разобщены отъ водостока гидравлическими затворами. Если дождевая труба служитъ для вентиляціи и имѣетъ прямое сообщеніе съ уличнымъ коллекторомъ, то тогда она должна быть сдѣлана такою же непроницаемою для газовъ, какъ и всякая другая отводная домовая труба; во избѣжаніе случайной порчи, особенно въ нижней части близъ поверхности земли, она должна быть сдѣлана изъ прочнаго матеріала (чугуна, желѣза), и ея верхній конецъ удаленъ отъ оконъ жилыхъ помѣщеній. Вентилирующія дождевыя трубы снабжаются иногда особыми флюгарками (черт. 722 и 723), о значеніи коихъ см. въ главѣ XX.

Правильное устройство домовой канализаціи представляется

весьма важнымъ, какъ для каждаго отдѣльнаго дома, такъ и для общихъ цѣлей городской канализаціи. Это устройство дѣлается обыкновенно непосредственнымъ распоряженіемъ частныхъ владѣльцевъ безъ участія инженеровъ, устраивающихъ городскую канализацію или ею завѣдывающихъ. Отсюда крайнее разнообразіе, а иногда и большая нецѣлесообразность домовыхъ устройствъ. Съ цѣлью внесенія въ это дѣло большаго единства и техническаго совершенства, Съѣзды Русскихъ зодчихъ и Водопроводные выработали проектъ «Правилъ устройства домовыхъ канализацій», изъ котораго, хотя онъ еще не получилъ окончательной санкціи, умѣстно привести здѣсь нѣкоторыя существенныя данныя.

«Каждое отдѣльное владѣніе должно имѣть, по возможности, свою собственную, самостоятельную канализацію, совершенно независимую отъ сосѣднихъ.

«Устройство поглощающихъ колодцевъ для домовыхъ сточныхъ водъ, или для экскрементовъ, не допускается.

«Въ уличную сточную сѣть допускается отводить лишь тѣ жидкіе отбросы, для пріема которыхъ она построена, но никакъ не сухой мусоръ, или крупныя твердыя тѣла.

«Не дозволяется непосредственное проведеніе въ домовую или уличную сѣть канализаціи трубъ для мятаго пара, продувныхъ отъ паровыхъ котловъ и т. п.; подобныя трубы слѣдуетъ вводить въ охлаждающій сосудъ или резервуаръ, и лишь водосливъ послѣдняго можетъ быть соединяемъ со сточною сѣтью — при условіи, однако, чтобы температура отводимой воды не превышала извѣстнаго предѣла.

«Сообразно своему положенію или назначенію, сточныя трубы домовой канализаціи получаютъ слѣдующія наименованія:

Стояками называются всѣ вертикальныя сточныя трубы (онѣ могутъ имѣть и небольшія отклоненія отъ вертикали); къ нимъ, помощью отвѣтвленій, примыкаетъ большая часть домовыхъ пріемниковъ сточныхъ водъ

Отводными трубами называются всѣ сточныя трубы, идущія съ нѣкоторымъ уклономъ, т. е. положеніе которыхъ болѣе или менѣе близко подходитъ къ горизонтальному.

Отвѣтвленіями называются всѣ сточныя трубы, идущія непосредственно отъ пріемниковъ сточныхъ водъ къ стоякамъ или отводнымъ трубамъ.

Фановыми трубами называются тѣ изъ сточныхъ трубъ, по которымъ проходятъ экскременты; это названіе сохраняется, если по тѣмъ же трубамъ протекаютъ, кромѣ ватерклозетныхъ, воды и изъ другихъ пріемниковъ.

«*Вытяжными* трубами называются продолженія стояковъ отъ самаго верхняго пріемника сточныхъ водъ до верхняго ихъ открытаго конца.

Воздушными называются всѣ трубы служащія для предупрежденія нарушенія водяныхъ затворовъ домовыхъ пріемниковъ.

«Вытяжныя и воздушныя трубы служатъ не для стока водъ, а исключительно для сообщенія сточныхъ проводовъ съ наружнымъ воздухомъ.

«Число отдѣльныхъ пріемниковъ грязныхъ сточныхъ водъ и экскрементовъ (кухонныхъ раковинъ, умывальниковъ, ваннъ, мочевиковъ. ватерклозетовъ и т. п.) должно быть по возможности ограничено.

«Сточные пріемники слѣдуетъ помѣщать, насколько это возможно, поэтажно—группами, одни надъ другими, для направленія грязныхъ водъ въ меньшее число сточныхъ трубъ, чѣмъ обезпечивается лучшая обмывка послѣднихъ, а также упрощается и удешевляется общее устройство домовой канализаціи.

«Сточные пріемники слѣдуетъ располагать въ помѣщеніяхъ, предохраненныхъ отъ мороза.

«Всѣ вообще сточные пріемники, особенно же находящіеся въ общественномъ пользованіи (напр. клозеты, мочевики) слѣдуетъ располагать въ хорошо освѣщенныхъ и вентилируемыхъ помѣщеніяхъ; полъ подъ пріемниками и около нихъ слѣдуетъ покрывать непроницаемымъ для воды матеріаломъ—для соблюденія надлежащей чистоты.

«Сточные пріемники должны быть сдѣланы изъ возможно болѣе гладкаго, непроницаемаго для воды и не пористаго матеріала; ихъ форма, особенно внутри, должна быть закругленной, безъ выступовъ или острыхъ угловъ; цвѣтъ пріемниковъ всегда желателенъ свѣтлый, для облегченія надзора за ихъ чистотой.

«Обдѣлка пріемниковъ сточныхъ водъ деревомъ (за исключеніемъ устройства верхняго очка клозетныхъ сидѣній) должна быть тщательно избѣгаема.

«Каждый сточный пріемникъ долженъ быть снабженъ надежнымъ водянымъ затворомъ для изоляціи воздуха сточныхъ трубъ отъ воз-

духа жилыхъ помѣщеній; кромѣ того каждый пріемникъ, за исключеніемъ ватерклозетовъ, долженъ имѣть прочно прикрѣпленную рѣшетку—для предохраненія засоренія стоковъ крупными отбросами; площадь всѣхъ отверстій этихъ рѣшетокъ должна составлять не болѣе половины площади сѣченія гидравлическаго затвора, если послѣдній не вентилируется (см. ниже), въ противномъ же случаѣ размѣръ этой площади не ограничивается.

«Ватеклозеты и мочевики должны быть снабжены особыми промывными баками, соединенными въ водопроводомъ; у всѣхъ же остальныхъ пріемниковъ непремѣнно должны находиться водопроводные краны, которыми обезпечивается чистота пріемника и частое пополненіе водяныхъ застоевъ.

«Для промывки ватерклозета надъ нимъ долженъ быть установленъ спеціальный промывной бакъ, питаемый изъ водопровода; этотъ бакъ, расположенный не ниже 6 фут. (1,83 метра) надъ стульчакомъ, соединяется съ клозетомъ возможно прямою смывною трубкою, діаметромъ не менѣе $1^1/_4$ д. (30 мм.). При каждой промывкѣ въ клозетный горшокъ должно вливаться разомъ не менѣе $^2/_3$ ведра воды въ продолженіе 3—5 секундъ. Въ общественныхъ клозетахъ можетъ быть устроенъ одинъ общій бакъ, достаточныхъ размѣровъ, для нѣсколькихъ горшковъ.

«Отнюдь не допускается промывка ватерклозетовъ непосредственно изъ общаго водопровода или изъ баковъ, не назначенныхъ исключительно для этой цѣли.

«Діаметры всѣхъ сточныхъ трубъ должны быть возможно меньшіе для улучшенія ихъ обмыванія, но вмѣстѣ съ тѣмъ и не слишкомъ малы во избѣжаніе засоренія случайно попавшимъ въ нихъ крупнымъ соромъ, и въ предупрежденіе сифонированія водяныхъ затворовъ пріемниковъ.

Для сточныхъ трубъ домовой канализаціи устанавливаются слѣдующіе діаметры:

Для *отвѣтвленій* (внутри зданія).

Если пріемникъ отстоитъ не далѣе $3^1/_2$ футъ (1 метръ) отъ стояка, то діаметръ отвѣтвленія = діаметру водяного затвора пріемника.

Если пріемникъ отстоитъ далѣе $3^1/_2$ футъ (1,07 метра) отъ стояка, то діаметръ отвѣтвленія долженъ быть на $^1/_2$ д. (10 мм.) больше чѣмъ діаметръ наибольшаго затвора примыкающихъ къ отвѣтвленію пріемниковъ.

Для *стояковъ* — по крайней мѣрѣ на $^1/_2$ д. (10 мм.) больше, чѣмъ діаметръ наибольшаго водяного затвора примыкающихъ къ стояку пріемниковъ, а именно:

фановыхъ трубъ, не болѣе чѣмъ отъ 4 клозетовъ.	4″ —	(100 мм.)
фановыхъ трубъ отъ 5 и болѣе клозетовъ	$4^1/_2$″—	(115 мм.)
у пріемниковъ съ застоями діаметромъ въ 3″	$3^1/_2$″—	(90 мм.)
отъ ваннъ (въ зависимости отъ числа ваннъ и діаметра затвора)	$2^1/_2$″—3″	(65—75 мм.)
отъ большихъ кухонныхъ раковинъ, приборовъ для мытья посуды	$2^1/_2$″—	(65 мм.)
отъ остальныхъ пріемниковъ, одиночныхъ кухонныхъ раковинъ, умывальниковъ, мочевиковъ и т. п.	2″ —$2^1/_2$″	(50—65 мм.)
отъ одиночныхъ мочевиковъ. .	$1^1/_2$″—2″	(40—50 мм.)

Для *отводной* трубы, при небольшомъ числѣ пріемниковъ—равенъ, при болѣе значительномъ—на $^1/_2$ д. больше наибольшаго діаметра стояковъ вливающихъ въ нее свои сточныя воды, а именно:

отъ 1 до 4 ватерклозетовъ . .	$4^1/_2$″—	(115 мм.)
» 5 и болѣе ватерклозетовъ.	5″ —	(125 мм.)
» стояковъ, діаметромъ въ $3^1/_2$′, при 1—2 пріемникахъ	$3^1/_2$″—	(90 мм.)
отъ стояковъ діаметромъ въ $3^1/_2$″ при 3 и болѣе пріемникахъ.	4″ —	(100 мм.)
отъ 1—2 обыкновен. пріемниковъ (кромѣ клозетовъ) . .	2″ —$2^1/_2$″	(50—65 мм.)
отъ 3—7 обыкнов. пріемниковъ (кромѣ клозетовъ)	$2^1/_2$″—3″	(65—75 мм.)
отъ 8 и болѣе обыкновен. пріемниковъ (кромѣ клозетовъ).	3″ —$3^1/_2$″	(75—90 мм.)

«Діаметръ дворовыхъ отводныхъ трубъ въ зависимости отъ уклона

(1 : 20, 1 : 50 и 1 : 100) должны быть на $^1/_2$ (10 мм.) до 1 дюйма (25 мм.) больше діаметра соотвѣтствующихъ отводныхъ трубъ въ домахъ.

«Діаметръ дворовыхъ отводныхъ трубъ, несущихъ клозетную воду увеличиваются до 6″ (150 мм.),

«Всѣ сточныя трубы домовой канализаціи должны быть сдѣланы изъ плотнаго, прочнаго матеріала и имѣть возможно болѣе гладкія стѣнки; ихъ соединенія должны быть сдѣланы самымъ тщательнымъ образомъ непроницаемыми для воды и воздуха.

«Отвѣтвленія, идущія отъ застоевъ пріемниковъ къ стоякамъ, должны быть возможно болѣе короткими и соединяться съ послѣдними подъ угломъ не болѣе 60°; въ случаяхъ неизбѣжности устройства отвѣтвленій длиннѣе $3^1/_2$ футъ или уклонъ не допускается положе $^1/_{20}$.

«Стояки необходимо ставить по возможности вертикально, сверху до низу; мѣстные изгибы допускаются лишь при крайней необходимости и при условіи отклоненія отъ вертикали по возможности не болѣе 30°.

«Стояки отъ клозетовъ и мочевиковъ (фановыя трубы), съ одной стороны, и трубы отъ раковинъ, ваннъ, умывальниковъ и другихъ приборовъ съ другой, могутъ спускаться внизъ отдѣльно, или соединяться по нѣскольку въ одинъ общій стоякъ.

«Діаметръ стояка опредѣляется согласно вышеизложенному и дѣлается одинаковымъ сверху до низу.

«Стояки могутъ быть закрываемы футлярами или щитами на винтахъ; глухая же задѣлка отнюдь не допускается.

«Всѣ стояки должны быть выведены, для вентиляціи, выше крыши; эта часть ихъ, исполняющая роль вытяжныхъ трубъ, должна составлять, по возможности, вертикальное продолженіе стояковъ съ наименьшими изгибами.

«Вытяжная труба должна имѣть діаметръ стояка, но никакъ не менѣе 2 д. (50 мм.), даже если діаметръ спускной трубы меньше.

«Діаметръ верхней части вытяжной трубы, начиная со входа въ холодное помѣщеніе чердака, увеличивается на 1 д. (25 мм.), причемъ однако онъ не долженъ быть меньше 4 д., такъ что, напр., 2 д. труба должна быть при входѣ на чердакъ увеличена до 4 д., соединеніе двухъ и болѣе вытяжныхъ трубъ въ одну общую—нежелательно, хотя и можетъ быть допущено при соблюденіи слѣдую-

щихъ условій: 1) чтобы площадь поперечнаго сѣченія вытяжной трубы выше мѣста соединенія была не менѣе площади наибольшей изъ отдѣльныхъ трубъ, увеличенной на $^1/_2$ суммы площадей всѣхъ остальныхъ примыкающихъ трубъ; и 2) чтобы мѣсто соединенія было расположено выше самаго верхняго притока сточной воды.

«Вытяжныя трубы, въ предѣлахъ чердака, полезно обшивать досчатыми футлярами съ заполненіемъ промежутковъ опилками, золою, войлокомъ и т. п. малотеплопроводными матеріалами.

«Устья вытяжныхъ трубъ должны возвышаться не менѣе, чѣмъ на 2 фута (0,61 метра) надъ поверхностью крыши и располагаться никакъ не ближе 2 саж. ($4^1/_4$ метра) отъ окопъ или дверей жилыхъ помѣщеній; вытяжная труба должна быть продолжена выше крыши сосѣдней, болѣе высокой постройки, если при устройствѣ устья на крышѣ низкаго зданія это устье придется ближе 2 саж. отъ оконъ или дверей.

«Устья вытяжныхъ трубъ должны быть снабжены колпаками достаточныхъ размѣровъ для защиты отъ дождя и снѣга; сложные же аспираціонные приборы, а тѣмъ болѣе подвижныя флюгарки не допускаются.

«Не разрѣшается вводить вытяжныя трубы въ дымовыя отъ печей, а также въ вентиляціонныя и иные каналы, проходящіе внутри жилыхъ помѣщеній.

«Стояки нижнимъ своимъ концомъ впадаютъ въ отводныя трубы, причемъ мѣста впаденій должны быть сдѣланы подъ уклономъ не болѣе 60° по направленію теченія; для необходимаго при этомъ изгиба стояковъ не должно употреблять колѣнъ радіусомъ меньше двухъ діаметровъ провода.

«Всѣ линіи отводныхъ трубъ должны быть, по возможности коротки и прямы, имѣть наиболѣе благопріятные уклоны и составлять въ общемъ своемъ расположеніи простѣйшую и цѣлесообразнѣйшую сѣть.

«Боковыя соединенія одной отводной трубы съ другой слѣдуетъ устраивать подъ угломъ не болѣе 60°; при перпендикулярномъ направленіи соединяемыхъ трубъ у мѣста соединенія долженъ быть устроенъ поворотъ, чтобы стокъ былъ во всякомъ случаѣ направленъ подъ угломъ не болѣе 60°.

«Всѣ отводныя трубы должны быть защищены отъ замерзанія.

«Отъ самаго труднаго для канализированія (самаго пониженнаго, отдаленнаго) мѣста участка до мѣста выпуска сточныхъ водъ въ уличную сѣть, въ линіи главной отводной трубы долженъ быть сохраняемъ однообразный и непрерывный уклонъ; то же правило примѣняется и къ другимъ канализируемымъ пунктамъ до соединенія ихъ съ главнымъ отводомъ. Исключеніе можетъ быть допущено лишь для такихъ отводовъ чистой воды у верхового конца канализаціонной сѣти, уменьшеніемъ уклона которыхъ можетъ быть достигнутъ болѣе благопріятный уклонъ для стоковъ грязной воды.

«Уклоны менѣе чѣмъ:

1 : 25—	для отводовъ,	діаметромъ	3 д. (75 мм.)
1 : 30—	»	»	4 д. (100 мм.)
1 : 45—	»	»	5 д. (125 мм.)
1 : 60—	»	»	6 д. (150 мм.)
1 : 80—	»	»	8 д. (200 мм.)

допускаются лишь при неблагопріятныхъ мѣстныхъ условіяхъ — съ тѣмъ, чтобы промывка отводныхъ трубъ была обезпечена устройствомъ промывныхъ приспособленій (колодцевъ, танковъ и пр.).

«Для осмотра и прочистки дворовыхъ отводныхъ трубъ, уложенныхъ въ землѣ, въ наиболѣе важныхъ пунктахъ соединенія отводовъ слѣдуетъ устраивать смотровые колодцы, безъ углубленія для осадковъ, но съ желобчатымъ дномъ, направляющимъ струи протока, и съ глухою крышкою входного лаза.

«Близъ пріемниковъ, служащихъ для стока воды, несущей значительное количество жира, напр., въ кухняхъ большихъ ресторановъ, казармъ, общественныхъ столовыхъ и т. п., необходимо устанавливать такъ называемыя жироловки, которыя, удерживая жировыя части, тѣмъ самымъ предупреждаютъ частую закупорку сточныхъ трубъ остывшимъ жиромъ».

§ 143. Гидравлическіе затворы внутри домовъ и приспособленія для осмотра домовой канализаціи.

Выше было упомянуто о томъ, что всѣ домовые приборы должны быть снабжены водянымъ затворами, предохраняющими жилыя помѣщенія отъ проникновенія въ нихъ коллекторныхъ газовъ. При разсмотрѣніи устройства пріемниковъ уличныхъ водъ были указаны

требованія, которымъ долженъ удовлетворять хорошій гидравлическій затворъ, причемъ одно изъ главныхъ, къ чему слѣдуетъ стремиться— это сдѣлать затворъ постояннымъ, т. е. такимъ, чтобы онъ никогда не нарушался.

Такъ какъ вода подвержена легкому испаренію, то многіе предлагали гидравлическіе затворы дополнять механическими затворами разныхъ конструкцій, преимущественно съ шаровыми клапанами и даже затворами наполненными металлической ртутью (затворъ Никольсона). Но на практикѣ оказалось, что всѣ эти механическія приспособленія (затворы системы Bower, Cudell, Buchan, Garland, Waring, Jennings и др.) нисколько не гарантировали водяному затвору его постоянства. Затворъ со ртутью представлялъ еще вдобавокъ опасность отравленія ртутными парами. Затворы, предложенные д-рами Ренкомъ и Петтенкоферомъ, кромѣ сложности устройства (второй изъ нихъ съ глицериномъ), не позволяющаго ихъ примѣнять всюду, представляютъ еще то громадное неудобство, что чрезъ нихъ возможно прониканіе газовъ и быть можетъ и патогенныхъ бактерій въ жилыя помѣщенія. Поэтому теперь переходятъ снова къ устройству самыхъ простыхъ водяныхъ затворовъ, которые слѣдуетъ считать повидимому наиболѣе цѣлесообразными, если они конструированы правильво и содержатся въ должной чистотѣ и порядкѣ.

Разсмотримъ поэтому нѣсколько ближе устройство простыхъ водяныхъ затворовъ. Матеріалъ, изъ котораго слѣдуетъ дѣлать гидравлическіе затворы внутри домовъ—асфальтированный или эмальированный чугунъ, затѣмъ—тянутый или литой (не паянный) свинецъ; изъ послѣдняго очень легко и удобно можно устраивать затворы, благодаря его мягкости и податливости всевозможнымъ изгибамъ.

По своей формѣ затворъ долженъ быть внутри закругленный, безъ острыхъ угловъ, которые задерживали бы осадки. Самая лучшая и цѣлесообразная форма, это въ видѣ лежачей буквы *S*, или въ видѣ *V* (черт. 719, 720 и 721), при которой представляется наибольшая легкость прочистки. Широкіе затворы лучше всего прочищаются рукой черезъ особые лазы, помѣщаемые сверху, а мелкіе—посредствомъ щетки или проволоки, которая вводится черезъ отверстіе съ гайкой, помѣщенной внизу, подъ водою (*k* на черт. 719—721), чтобы при такомъ расположеніи въ случаѣ неплотности винта, это легко могло обнаружиться появленіемъ около него течи.

Но и эти простые водяные затворы, особенно въ видѣ буквы *S*, страдаютъ тѣмъ недостаткомъ, что иногда опоражниваются (§ 142), вслѣдствіе сжиманія или разрѣженія въ фановой трубѣ воздуха падающей водой; для предупрежденія вершину ихъ снабжаютъ особой воздушной трубкой, которая, давая выхода сжитому воздуху или привода новый воздухъ къ разрѣженному, мѣшаетъ прорыванію или всасыванія гидравлическаго затвора; трубка эта полезна еще тѣмъ, что черезъ нее могутъ свободно уходить различные газы, которые обыковенно скопляются въ верхушкахъ затворовъ и тѣмъ самымъ способствуютъ болѣе быстрому пропитыванію ими воды затворовъ. Черт. 709 и 713 представляетъ подобное расположеніе, впервые примѣненное въ г. Бостонѣ въ 1876 году. Діаметръ воздушныхъ трубокъ зависитъ отъ ихъ длины и отъ діаметра фановой трубы; обыкновенно достаточно бываетъ ее дѣлать на половину уже этой послѣдней. Будучи весьма полезными для правильнаго дѣйствія затворовъ, воздушныя трубки въ то же время, къ сожалѣнію, удорожаютъ и усложняютъ домовую сѣть трубъ и безъ того часто весьма сложную, особенно въ большихъ домахъ.

Вентиляція водныхъ затворовъ признается необходимой въ тѣхъ случаяхъ, когда между затворомъ и фановой трубой (стоякомъ) приходится дѣлать отвѣтвленія, причемъ затворъ оказывается отстоящимъ отъ стояка болѣе, чѣмъ на $3^1/_2$ фута (1 метръ); воздушная трубка выводится выше крыши зданія или въ соотвѣтственный стоякъ выше самаго верхняго спуска въ него сточныхъ водъ.

Такая же вентиляція нужна, когда на одномъ отвѣтвленіи стояка расположено послѣдовательно нѣсколько пріемниковъ; въ этомъ случаѣ обыкновенно необходима вентиляція лишь самаго отдаленнаго отъ стояка затвора или конца отвѣтвленія. Наконецъ, воздушныя трубки нужны, когда діаметръ стояка равенъ діаметру затвора и когда глубина затвора менѣе $2^1/_2$ д. (65 мм.) у ватерклозетовъ, и менѣе 4 д. (100 мм.) у другихъ пріемниковъ.

Діаметръ одиночныхъ воздушныхъ трубъ отъ затворовъ, имѣющихъ діаметръ не болѣе 2 д., долженъ быть въ $1^1/_2$ д.; при діаметрѣ водяныхъ затворовъ, болѣе 2 д.—3 д.; діаметръ вертикальныхъ воздушныхъ трубъ, принимающихъ въ себя устья произвольнаго числа одиночныхъ воздушныхъ трубокъ долженъ быть не менѣе 2 д., если же въ 3—5 этажныхъ домахъ вентилируются клозетные затворы, то діа-

метръ вертикальныхъ воздушныхъ трубокъ долженъ быть=$2^1/_2$ дюйм.

Введеніе воздушныхъ трубокъ въ домовые отъ печей, вентиляціонные или иные каналы, проходящіе внутри зданій, отнюдь не допускается.

Глубина замыкающаго слоя воды въ затворахъ должна составлять по крайней мѣрѣ (по проекту правилъ домовыхъ канализацій, выработанныхъ комиссіей при III Съѣздѣ Русскихъ зодчихъ):

а) при одиночныхъ ватерклозетахъ.	$2^1/_2''$ —	(65 мм.)
б) при остальныхъ пріемникахъ. .	$4''$ —	(100 мм.)

Труба водяного затвора должна имѣть въ діаметрѣ:

а) при обыкновенныхъ кухонныхъ раковинахъ, одиночныхъ мочевикахъ, одиночныхъ умывальникахъ и т. п. небольшихъ пріемникахъ	$1^1/_2''$—	(40 мм.)
б) при большихъ кухонныхъ раковинахъ, приборахъ для мытья кухонной посуды	$2''$ —	(50 мм.)
в) при мочевикахъ общественныхъ.	$2''$ —	(50 мм.)
г) при ваннахъ	$2''$ —	(50 мм.)
д) при пріемникахъ съ большимъ расходомъ воды, у которыхъ діаметръ выпуска = $3''$	$3''$ —	(75 мм.)
е) при одиночныхъ клозетахъ, обыкновенной системы	$3^1/_2''$—$4''$	(60—100 мм.)
ж) при клозетахъ общественныхъ и имѣющихъ одинъ застой на нѣсколько очковъ	$4''$ —$4^1/_2''$	(100—115 мм.)
з) при пріемникахъ въ полу погребовъ, прачешныхъ, конюшень и т. п. .	$4''$ —$4^1/_2''$	(100—115 мм.)

Во всѣхъ гидравлическихъ затворахъ происходитъ испареніе изъ нихъ воды, которое при бездѣйствіи домовыхъ приборовъ, т. е. безъ притока воды, можетъ привести къ нарушенію затворовъ. Это обстоятельство имѣетъ весьма важное значеніе въ помѣщеніяхъ, не всегда занятыхъ, напр. въ гостинницахъ, въ квартирахъ, остающихся лѣтомъ пустыми, гдѣ затворы, наполняемые водою, высыхаютъ и даютъ

свободный проходъ газамъ, а вмѣстѣ съ ними и болѣзнетворнымъ организмамъ, переносящимся на стѣны, мебель, ковры и проч. и служащимъ причиной болѣзней при въѣздѣ жильцовъ снова въ ихъ квартиры.

Въ тѣхъ случаяхъ когда предвидится возможность высыханія воды въ затворахъ, цѣлесообразно—снабжать отверстія всѣхъ домовыхъ приборовъ пришлифованными пробками, винтовыми крышками или кранами, помѣщенными между отверстіемъ прибора и водянымъ затворомъ.

Высказываемое нѣкоторыми лицами мнѣніе, что воздушныя трубки способствуютъ болѣе быстрому испаренію воды въ затворахъ, будучи отчасти справедливымъ, не имѣетъ серьезнаго значенія въ виду того, что въ затворахъ, не снабженныхъ такими трубками, испареніе воды происходитъ почти также быстро.

На протяженіи домовой сѣти въ разныхъ ея мѣстахъ должны быть устроены отверстія, закрытыя непроницаемыми для жидкости и воздуха пробками или крышками,—для осмотра и очистки трубъ въ случаѣ нужды. Число ихъ не слѣдуетъ преувеличивать, чтобы не слишкомъ удорожить устройство, но во всякомъ случаѣ, такія смотровыя отверстія или лазы нужны во всѣхъ мѣстахъ, гдѣ измѣняется уклонъ или направленіе трубъ.

Для трубъ небольшого діаметра пробки могутъ быть винтовыя, для большихъ можно примѣнять крышки прижимаемыя къ отверстію изнутри трубы, подобныя крышкамъ котловыхъ лазовъ (черт. 714—715).

ГЛАВА ВОСЕМНАДЦАТАЯ.

Общесплавная система.—Уличные водостоки.

СОДЕРЖАНІЕ: § 144. Трубопроводы.—§ 145. Керамиковыя трубы.—§ 146. Асфальтовыя и цементныя трубы.—§ 147. Металлическія трубы.—§ 148. Кирпичные и каменные водостоки.—§ 149. Бетонные водостоки.—§ 150. Производство работъ по сооруженію водостоковъ.

§ 144. Трубопроводы.

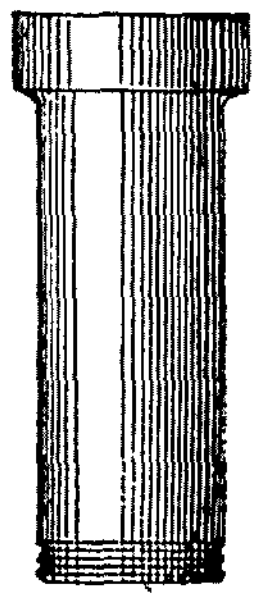
Подземныя водосточныя трубы примѣняются въ обширныхъ размѣрахъ не только для отведенія сточныхъ водъ изъ дворовъ и домовъ (§ 142) въ уличные водостоки, но и эти послѣдніе въ начальныхъ частяхъ сѣти, съ большою выгодою дѣлаются въ видѣ трубопроводовъ. Выгоды, представляемыя ими, заключаются въ сравнительной дешевизнѣ устройства, удобствѣ укладки и прочности матеріала.

Водосточныя трубы бываютъ керамикомыя, асфальтовыя, цементныя, желѣзо-цементныя и металлическія, т. е. такія же, какія употребляются для водоснабженія и описаны въ § 51 настоящаго курса. Не повторяя сказаннаго раньше, здѣсь имѣется въ виду нѣсколько пополнить свѣдѣнія о свойствахъ различныхъ видовъ трубъ въ примѣненіи къ цѣлямъ удаленія грязныхъ водъ,—къ водостокамъ.

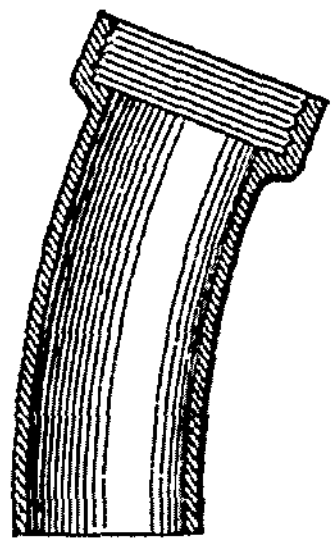
§ 145. Керамиковыя трубы.

Въ номенклатурѣ трубъ, выдѣлываемыхъ изъ глины не установилось еще должнаго единства. До послѣдняго времени различались трубы гончарныя и штейнгутовыя. Формы тѣхъ и другихъ одинаковы.

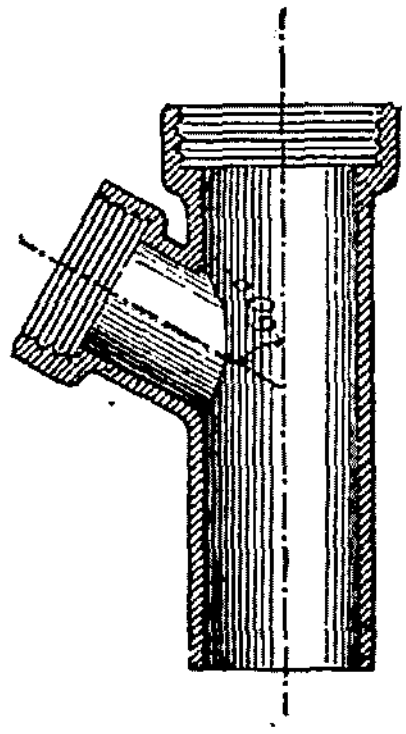
Керамиковыя трубы.



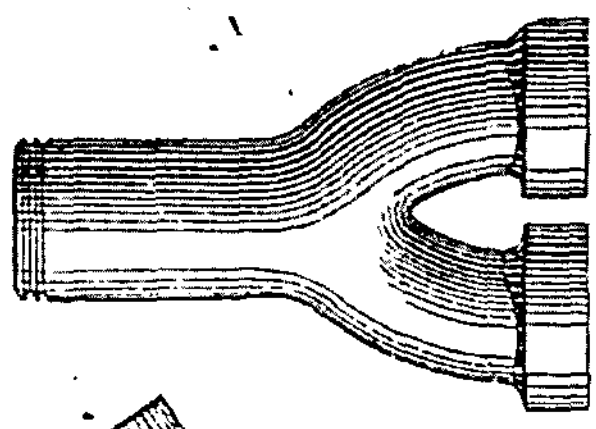
Черт. 728.



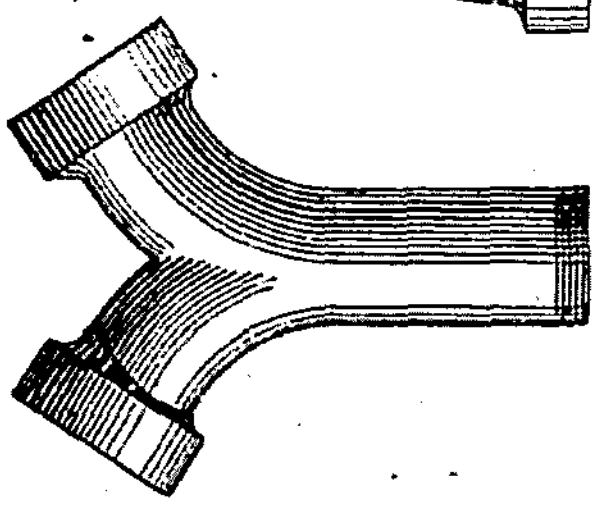
Черт. 729.



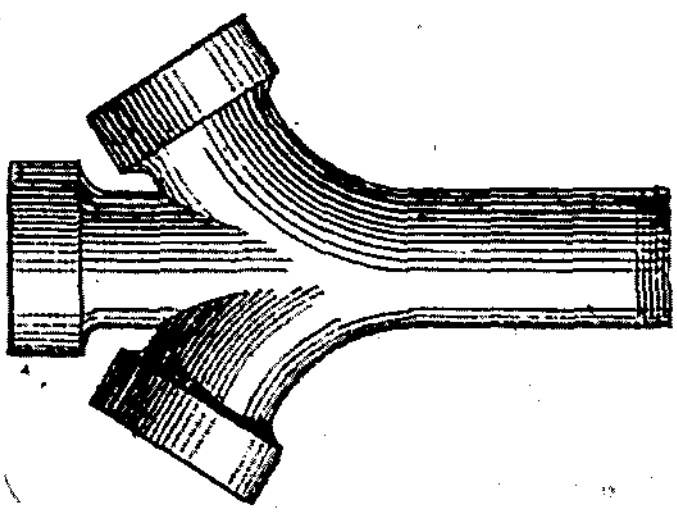
Черт. 730.



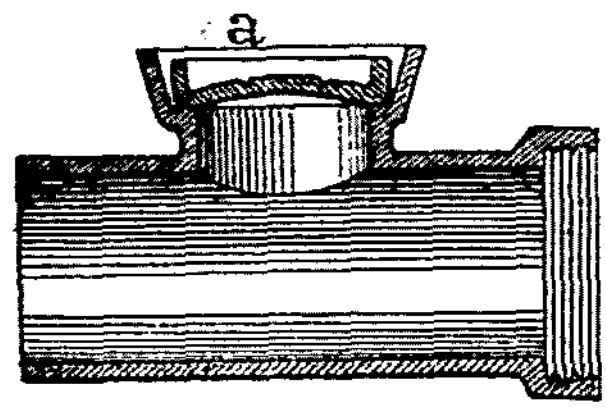
Черт. 732.



Черт. 733.



Черт. 734.



Черт. 731.

Черт. 728 и 729.—Типы трубъ.

Черт. 730.—Типъ развѣтвленія для соединенія уличныхъ трубъ съ домовыми.

Черт. 731.—Типъ отростка, закрываемою крышкою и служащею для осмотра линіи трубъ.

Черт. 732 — 734. — Типы патрубковъ (развѣтвленій) домовой канализаціи.

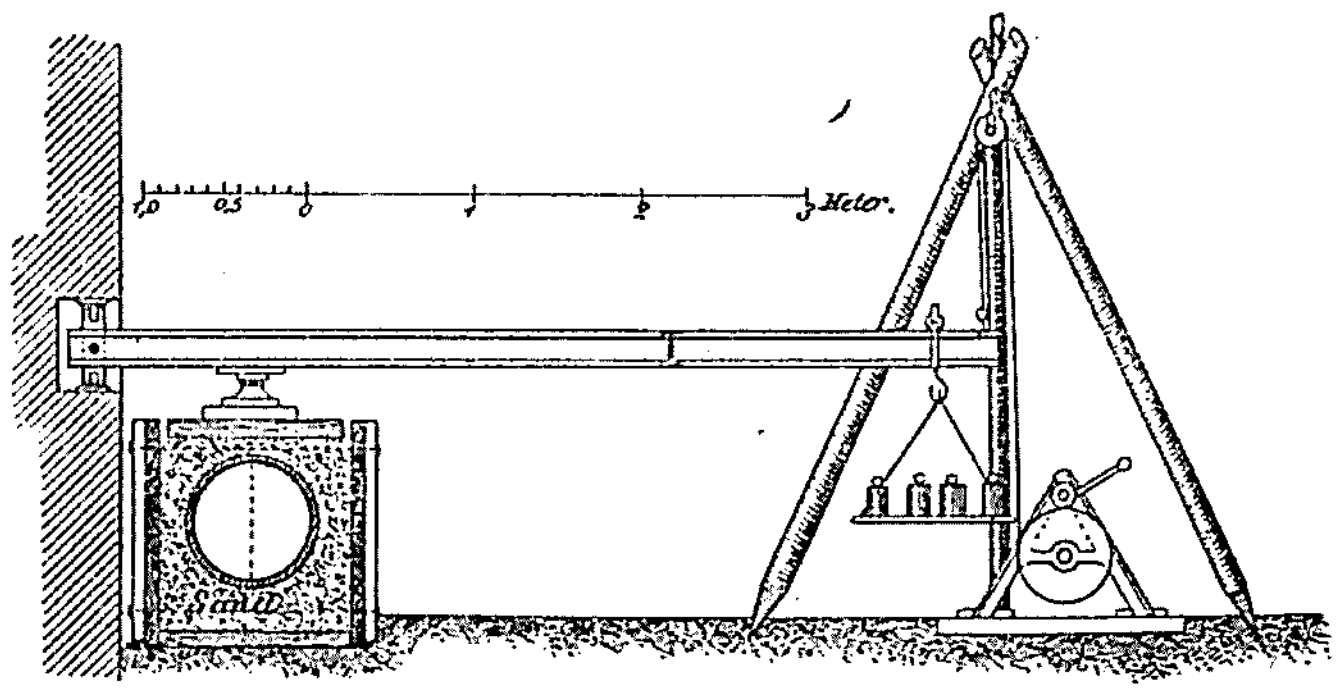
Гончарныя трубы выдѣлываются изъ лучшей пластичной глины, подвергаются сильному обжигу и покрываются глазурью какъ внутри, такъ и снаружи. Глазурь бываетъ различныхъ сортовъ — соляная, свинцовая, стеклянная, базальтовая, шлаковая и др. Лучшей глазурью считается соляная, нѣсколько пропитывающая стѣнки трубъ, между тѣмъ какъ свинцовая, стеклянная и др. глазури образуютъ лишь гладкую блестящую пленку на трубахъ, которая легче подвергается порчѣ, нежели покровъ изъ соляной глазури. Для образованія соляной глазури, подъ конецъ обжига въ печь бросаютъ поваренную соль. Отъ дѣйствія сильнаго жара соль испаряется и приходя въ соприкосновеніе съ кремнеземомъ глиняной трубы и водяными парами, всегда находящимися въ газахъ печи, даетъ на поверхности трубъ налетъ кремненатровой соли, который и есть глазурь. Выдѣляющійся при этомъ хлористый водородъ уходитъ съ продуктами горѣнія. По наружному виду соляная глазурь обыкновенно характеризуется мелкими крапинками (впадинами и выступами), разсѣянными по всей поверхности трубы. Эти крапинки иногда фальсифицируются при иныхъ глазуряхъ.

Глина не должна содержать извести, присутствіе коей дѣлаетъ трубы вполнѣ негодными для проведенія воды. Такія трубы, не смотря даже на превосходный наружный видъ, разрушаются отъ дѣйствія воды въ короткое время, вслѣдствіе происходящаго гашенія извести; ихъ называютъ гнилыми.

Расширенія у трубъ, такъ называемыя *муфты*, или выдавливаются сразу, или примазываются послѣ; первый способъ предпочтительнѣе второго. При выдѣлкѣ трубы съ отросткомъ ее формуютъ или прямо съ отверстіемъ, къ которому прикрѣпляютъ отростокъ и затѣмъ сглаживаютъ внутри соединеніе, или сначала придѣлываютъ отростокъ и затѣмъ вырѣзаютъ отверстіе. Первымъ способомъ достигается болѣе плотное соединеніе внутри.

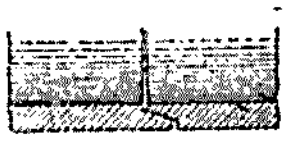
Обыкновенныя гончарныя трубы бываютъ пористы, пропускаютъ влагу и подъ давленіемъ земли легко измѣняютъ свою первоначальную форму. Лэтамъ нашелъ, что 18″ гончарныя трубы, уложенныя на 16′ ниже поверхности земли, черезъ нѣкоторое время, когда ихъ стѣнки пропитались сыростью, настолько сплющились, что ихъ вертикальный діаметръ уменьшился до 15″. По вынутіи изъ

Керамиковыя, асфальтовыя и цементныя трубы.



Черт. 735.

Приспособленіе для испытанія прочности глиняныхъ трубъ.



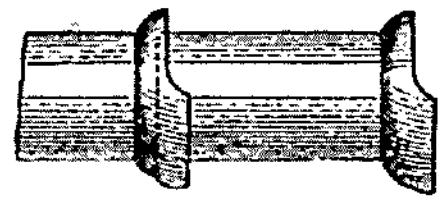
Черт. 736.

Стыкъ безъ раструба, примѣняемый для асфальтовыхъ и цементныхъ трубъ.



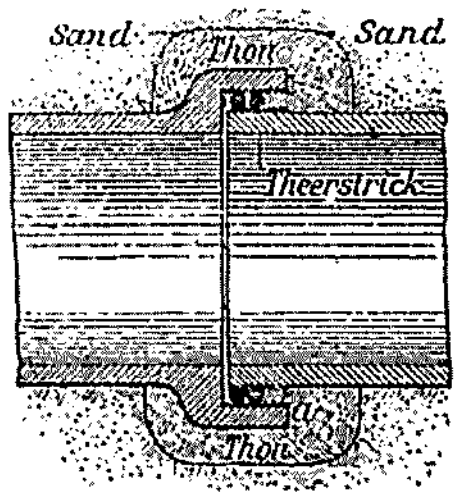
Черт. 737.

Стыкъ съ раструбомъ цементныхъ трубъ.



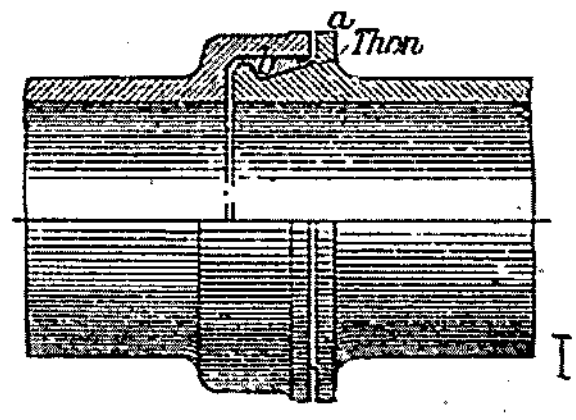
Черт. 738.

Полумуфты, употребляемыя для облегченія выемки звеньевъ.



Черт. 739.

Деталь стыка съ канатной прокладкой.



Черт. 740.

Деталь стыка съ глинянымъ заполненіемъ.

(Sand — песокъ; Thon — глина; Theerstrick — смоленая веревка; см. соч. Frühling'a).

земли онѣ вновь приняли почти первоначальную форму и впослѣдствіи были вновь уложены, но во рвахъ меньшей глубины.

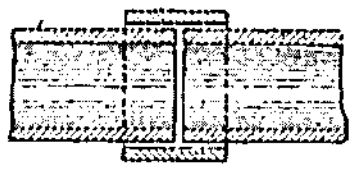
Штейнгутовыя трубы выдѣлываются изъ пластичной *огнеупорной* глины, могущей выносить обжигъ при очень высокой температурѣ. Къ очищенной отъ посторонних примѣсей глинѣ прибавляютъ воды и мелкаго порошка шамота, кварцевыхъ и полевошпатовыхъ породъ и другихъ веществъ въ зависимости отъ состава самой глины тщательно перемѣшиваютъ все мѣшалками до полученіи однородной плотной массы и затѣмъ рѣжутъ на куски, которые и идутъ подъ прессъ, выдавливающій трубы. Послѣ высушки трубы подвергаются сильному и продолжительному обжигу до начала *спеканія глины* (отличительная черта штейнгутовыхъ трубъ) и покрываются внутри и снаружи соляною глазурью.

Штейнгутовыя трубы оказываютъ большее сопротивленіе сплющиванію, чѣмъ гончарныя и менѣе проницаемы для воды, но зато и болѣе хрупки, чѣмъ гончарныя. Какъ тѣ, такъ и другія не разрушаются отъ дѣйствія кислотъ. Чтобы испытать трубу, насколько она растворима въ кислотахъ, кусокъ трубы толкутъ въ мелкій порошокъ, взвѣшиваютъ, затѣмъ прибавляютъ къ нему соляной кислоты и, промывъ и высушивъ, снова взвѣшиваютъ. Трубы, порошокъ которыхъ при этомъ теряетъ въ вѣсѣ, употреблять въ дѣло нѣсколько рисковано. Отличительнымъ признакомъ штейнгутовыхъ трубъ можетъ служить свѣжій изломъ, представляющій видъ сплавленной массы, между тѣмъ какъ гончарныя трубы, выдѣлываемыя изъ обыкновенной, не огнеупорной глины, обнаруживаютъ въ изломѣ мелкопористое сложеніе: къ свѣжему гончарному черепку въ изломѣ прилипаетъ языкъ. Хорошая штейнгутовая труба должна имѣть совсѣмъ круглый поперечный разрѣзъ и стѣнки вездѣ одинаковой толщины.

Толщина стѣнокъ гончарныхъ и штейнгутовыхъ трубъ не опредѣляется расчетомъ, а зависитъ исключительно отъ качества и способовъ обработки матеріала. Въ Англіи (по Лэтаму) трубамъ даютъ размѣры, могущіе характеризоваться примѣрами въ таблицѣ № 40.

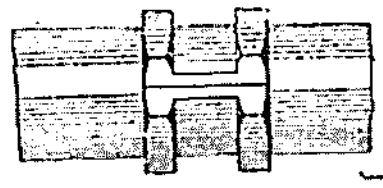
Но Лэтамъ находитъ, что толщина стѣнокъ гончарныхъ трубъ, показанная въ этой таблицѣ, не во всѣхъ случаяхъ оказалась достаточною.

Керамиковыя, асфальтовыя и цементныя трубы.

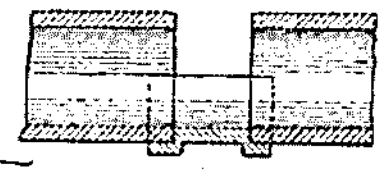


Черт. 741.

Подвижная муфта, употребляемая для облегченія выемки звеньевъ.

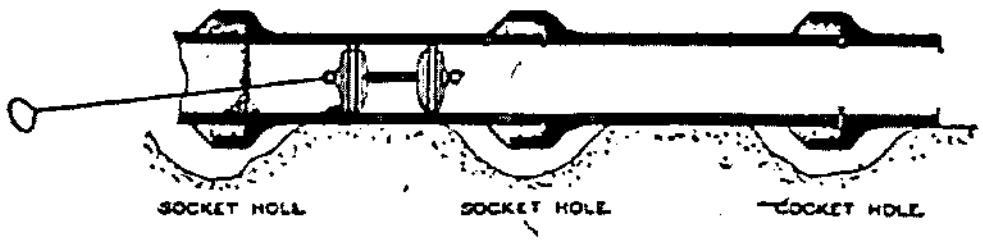


Черт. 742.



Черт. 743.

Полутрубы, употребляемыя для облегченія выемки звеньевъ.



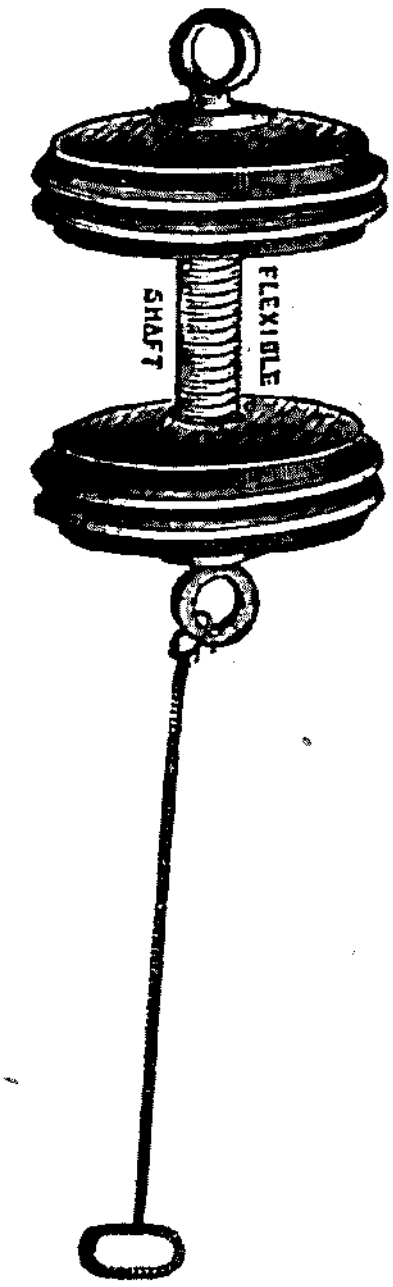
Черт. 745.

Керамиковая труба уложенная съ употребленіемъ скребка.



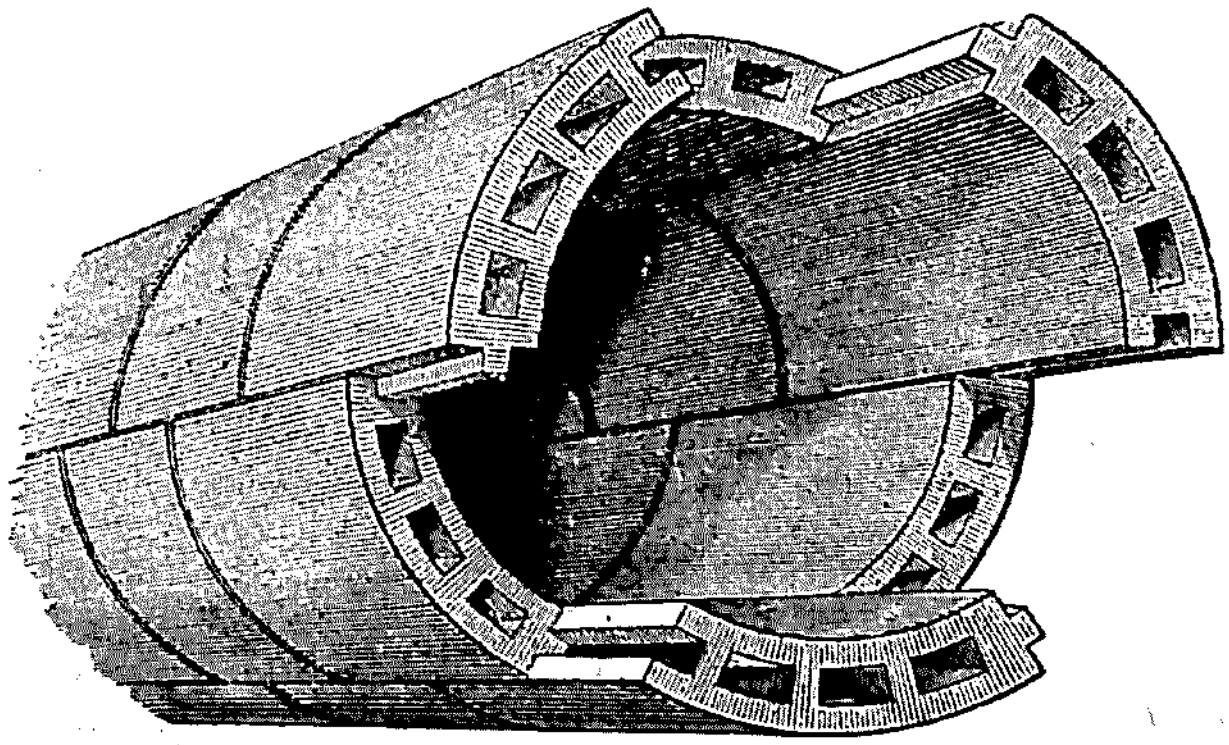
Черт. 746.

Керамиковая труба уложенная безъ употребленія скребка Moore (Sanitary Engineering, London, 1898).



Черт. 744.

Скребокъ для удаленія избытка цементнаго раствора проваливающагося чрезъ стыкъ при укладкѣ керамиковыхъ трубъ; онъ состоитъ изъ двухъ деревянныхъ дисковъ, соединенныхъ гибкой осью (flexi ble shaft) съ каучуковыми ободьями; дѣлается 4—9″.



Черт. 747.

Сегментный керамиковый водостокъ.

Таблица № 40. Примѣры размѣровъ керамиковыхъ трубъ.

Штейнгутовыя трубы. Завода Дультонъ и К°, въ Ламбетѣ.					Гончарныя трубы. Завода Цигамъ и сынъ, въ Вортлеѣ.				
Внутренній діаметръ въ дюймахъ.	Толщина стѣнокъ въ дюймахъ.	Длина въ дѣлѣ въ футахъ.	Длина раструба въ дюймахъ.	Вѣсъ погон. фута въ фунтахъ.	Внутренній діаметръ въ дюймахъ.	Толщина стѣнокъ въ дюймахъ.	Длина въ дѣлѣ въ футахъ.	Длина раструба въ дюймахъ.	Вѣсъ погон. фута въ фунтахъ.
3″	$^1/_2$″	2	$1^1/_2$	6	3″	$^5/_8$	1′0″	$1^1/_2$	6,4
6″	$^{11}/_{15}$″	2	$1^3/_4$	$14^1/_2$	6″	$^3/_4$	2′0″	$1^1/_2$	13,8
12″	1″	2	2	46	12″	$1^1/_8$	2′6″	2	41,10
18″	$1^3/_8$″	2 до 3	$2^1/_2$	91	18″	$1^3/_8$	2′6″	$2^1/_2$	82,2

Германская фабрика Deutsche Thonröhren und Chamotte Fabrik въ Мюнстербергѣ въ Селезіи даетъ своимъ гончарнымъ трубамъ такіе размѣры:

при:

d=50—100—150—200—300—400—500—600—700—800 миллиметровъ,

δ=12— 14— 17— 19— 25— 30— 36— 40— 52— 57 »

соотвѣтствующій вѣсъ трубъ =

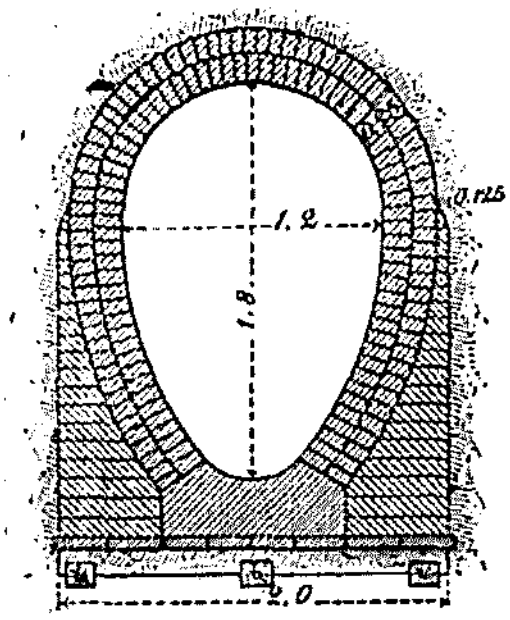
p= 8—14,5— 25— 34— 65— 96—140—230—315—350 кил. въ 1 пог. м.

Въ Берлинѣ, гдѣ водостоки изъ гончарныхъ трубъ составляютъ до 80% всей длины сѣти, толщина ихъ стѣнокъ опредѣлена приблизительно въ $^1/_{12}$ ихъ внутренняго діаметра. Эту величину можно принять для большихъ діаметровъ. Для среднихъ ее надо увеличить до $^1/_{10}$, а для малыхъ до $^1/_8$.

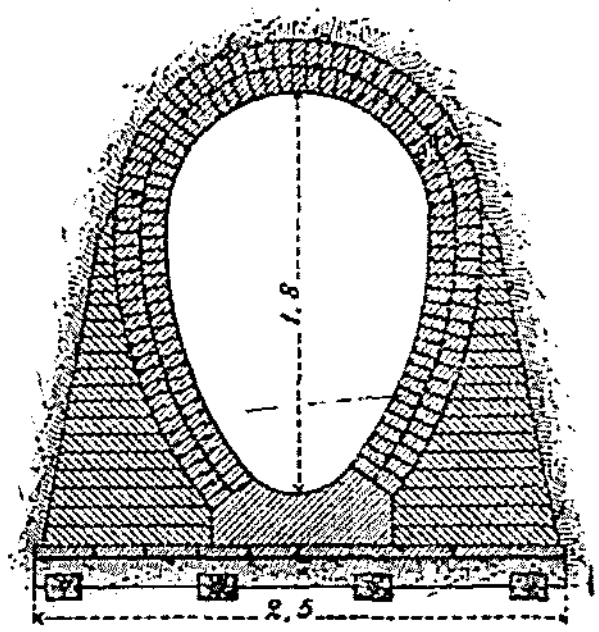
Для испытанія прочности трубъ можетъ служить приспособленіе, представленное на черт. 735.

Гончарныя и штейнгутовыя трубы выдѣлываются отъ 2 до 32 дюймовъ въ діаметрѣ внутри, но *для уличныхъ проводовъ, какъ пока показала практика, не слѣдуетъ употреблять трубъ, діаметромъ болѣе 18—20 дюймовъ*, во избѣжаніе поломокъ отъ давленія грунта. *Наименьшій размѣръ для уличныхъ коллекторовъ 8 — 9 дюймовъ.* Трубы діаметромъ отъ 4 до 8 дюймовъ употребляются для соединенія дождевыхъ колодцевъ съ уличными коллекторами, для отвода сточныхъ водъ въ предѣлахъ дворовъ и для домовыхъ приборовъ,

Кирпичные и бетонные водостоки.

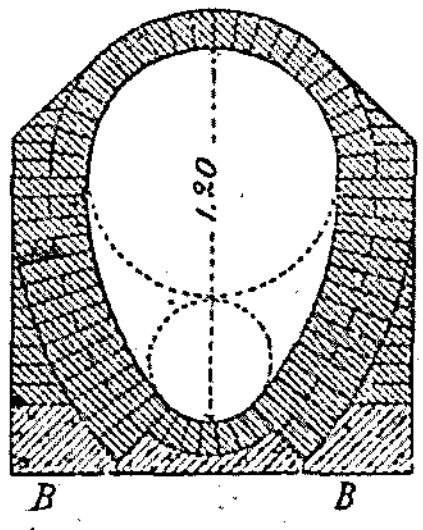


Черт. 748.



Черт. 749.

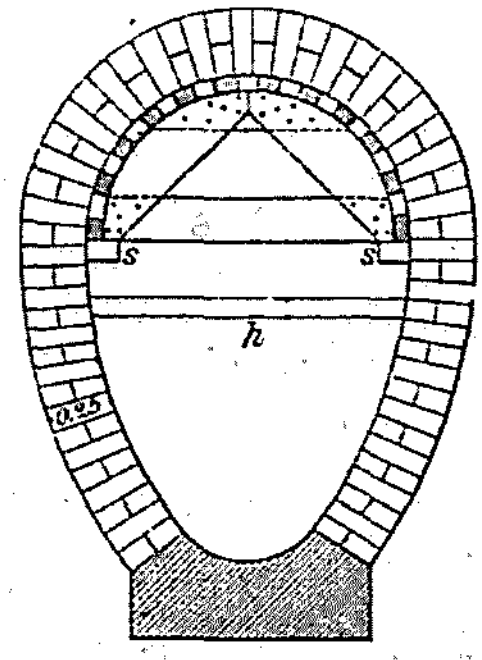
Типы кирпичныхъ водостоковъ, основанныхъ на деревянномъ ростверкѣ.



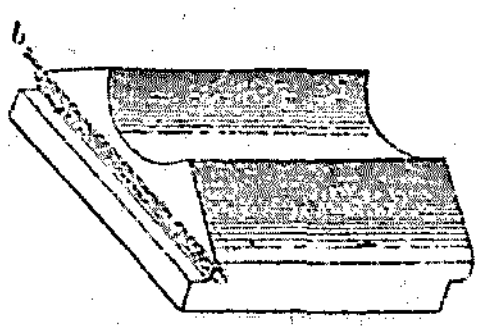
Черт. 750.

Водостокъ изъ кирпичной кладки и бетона съ подошвой изъ т ехъ отдѣльныхъ штукъ: кромѣ средней—еще двѣ боковыхъ *B*.

Черт. 751.



Кружала для устройства верхняго свода овоидальнаго коллектора.



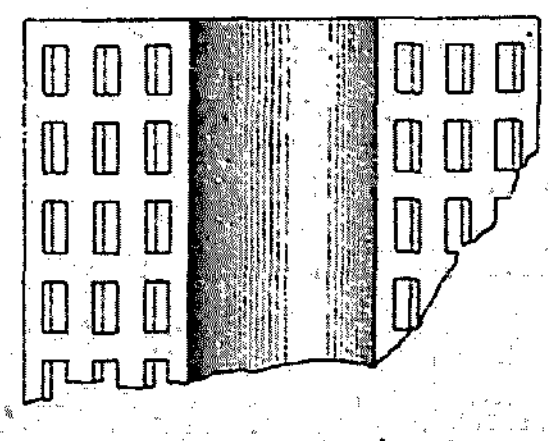
Черт. 752.

Элементъ подошвы водостока, вытесанный изъ штучнаго камня или сдѣланный изъ бетона набивнымъ способомъ.

Черт. 753.



Черт. 754.



Элементъ подошвы водостока, сдѣланный изъ чугуна.

Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

а трубы меньшаго діаметра могутъ быть допущены исключительно для отведенія чистой воды, какъ напр. отъ небольшихъ фонтановъ, цистернъ и т. п., такъ какъ онѣ легко засоряются и очистка ихъ затруднительна.

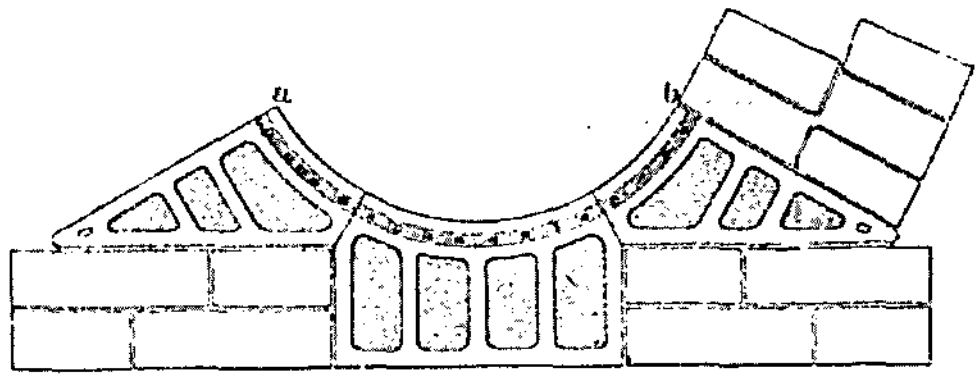
Керамиковыя трубы имѣютъ форму, показанную на черт. 728—734. Длина трубъ въ дѣлѣ, т. е. длина цилиндрической части — безъ муфты—бываютъ отъ $1^1/_2$ до 4′, болѣе же употребительный размѣръ 2 и $2^1/_2$ фут. Заграничные заводы на континентѣ Европы выдѣлываютъ въ настоящее время чаще всего трубы длиной въ 1 метръ (3 ф. $3^1/_8$ дм.). Болѣе короткія трубы (2 ф.) позволяютъ рабочему ощупать рукой ближайшій стыкъ и сгладить при надобности его неровности, но за то при этомъ число стыковъ больше. При увѣренности въ тщательномъ исполненіи стыковой работы, т. е. если рабочіе опытны, — лучше брать трубы подлиннѣе. Идти дальше 4 фута, однако, неудобно, такъ какъ вѣсъ отдѣльныхъ звеньевъ, особенно при большихъ діаметрахъ, становится слишкомъ великъ.

Изогнутыя колѣна годятся только для домовыхъ стоковъ, уличные же проводы должны представлять изъ себя отъ колодца до колодца (§ 152) вполнѣ прямыя линіи съ однообразнымъ уклономъ. Для соединенія уличныхъ коллекторовъ съ домовыми стоками служатъ развѣтвленныя трубки, показанныя на черт. 730, которыя ставятся въ коллекторъ одновременно съ его укладкой; до устройства домовыхъ стоковъ ихъ закрываютъ пробками. Муфты трубъ не должны быть мельче $2^1/_2''$ и при вложеніи конца трубы въ муфту кругомъ долженъ оставаться зазоръ въ $^1/_2''$—$^3/_4''$. У трубъ, снаружи узкаго конца и внутри муфтъ, хорошо дѣлать кольцеобразныя треугольныя углубленія, рифы, чтобы связывающій ихъ матеріалъ лучше держался. При укладкѣ трубъ слѣдуетъ заботиться о томъ, чтобы онѣ лежали концентрично другъ въ другѣ, иначе въ соединеніи можетъ образоваться порогъ, задерживающій теченіе, что послужитъ къ складыванію въ этомъ мѣстѣ осадковъ.

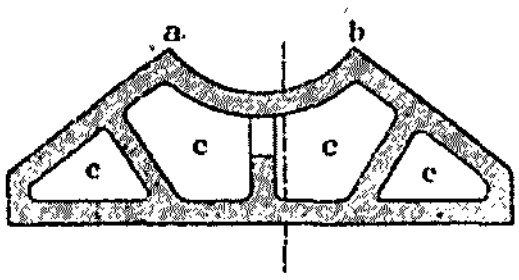
Для соединенія керамиковыхъ трубъ лучше всего употреблять смоленыя пеньковыя веревки, забитыя въ зазоръ между трубой и муфтой (черт. 739) съ обмазкою стыка сверху жирной глиной. Такое соединеніе, будучи достаточно непроницаемымъ, обезпечиваетъ легкое движеніе стыковъ, что очень важно на случай осадки. Подобное соединеніе примѣнено въ Берлинскихъ водостокахъ. Другой типъ

Кирпичные и бетонные водостоки.

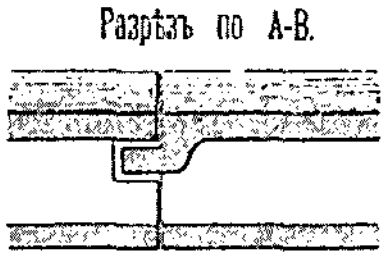
Черт. 755. — Элементъ подошвы водостока сдѣланный изъ керамиковыхъ глазурованныхъ въ часги *ab* штукъ.



Черт. 755.

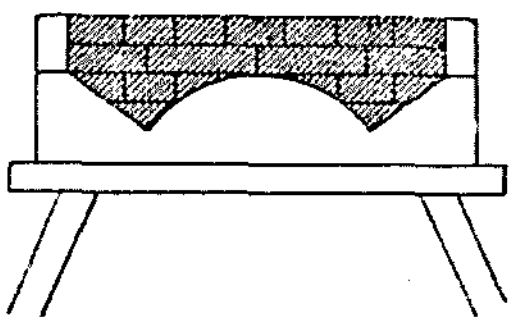


Черт. 756.

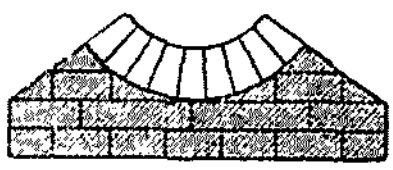


Черт. 757.

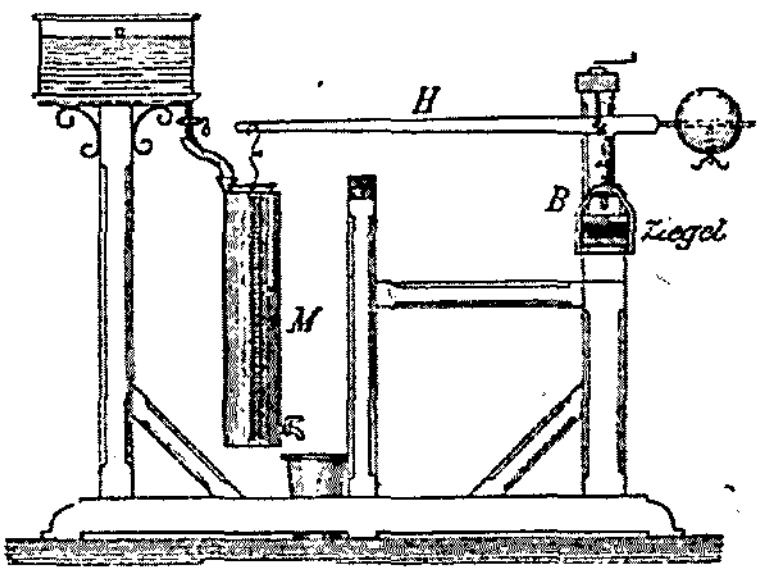
Черт. 756 и 757.—Соединеніе элементовъ керамиковыхъ подошвъ между собой въ продольной профили.



Черт. 758. — Изготовленіе кусковъ подошвы водостока изъ кирпичной кладки — внѣ рва — на особыхъ кружалахъ.

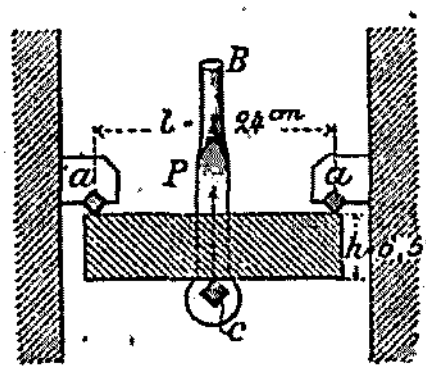


Черт. 759.—Кирпичная подошва водостока (см. черт. 758).



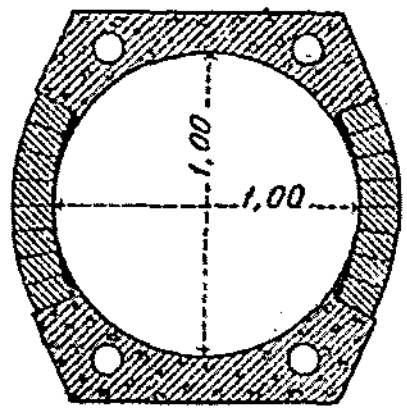
Черт. 760.

Приборъ A. Frühling'a для испытанія прочности кирпича (*M*—цилиндръ, наполняемый водой изъ резервуара. Вѣсъ воды, вызвавшій разрушеніе кирпича, читается по скалѣ).



Черт. 761.

Деталь установки кирпича при испытаніи на приборѣ (черт. 760).



Черт. 762.

Круглый водостокъ изъ бетонныхъ штукъ и кирпича.

Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

соединенія съ глиняной смазкой представленъ на черт. 740. Въ Англіи стыки замазываютъ еще цементомъ, но при такомъ соединеніи при движеніи трубъ муфта легко можетъ дать трещину и отломиться. При цементныхъ стыкахъ нужно принимать мѣры къ тому, чтобы цементный растворъ проникая при работѣ внутрь трубы не остался бы тамъ въ видѣ нароста (черт. 746). Для этого нужно немедленно удалить его—до отвердѣванія. Эта цѣль удобно достигается посредствомъ приспособленія, показаннаго на черт. 744 — 745. Трубы иногда еще соединяютъ асфальтомъ въ смѣси съ гудропомъ, свинцомъ, сѣрой въ смѣси съ толченымъ штейнгутомъ или каменноугольной смолой, чугунной замазкой, т. е. смѣсью изъ чугунныхъ опилокъ, сѣры и нашатыря и пр.

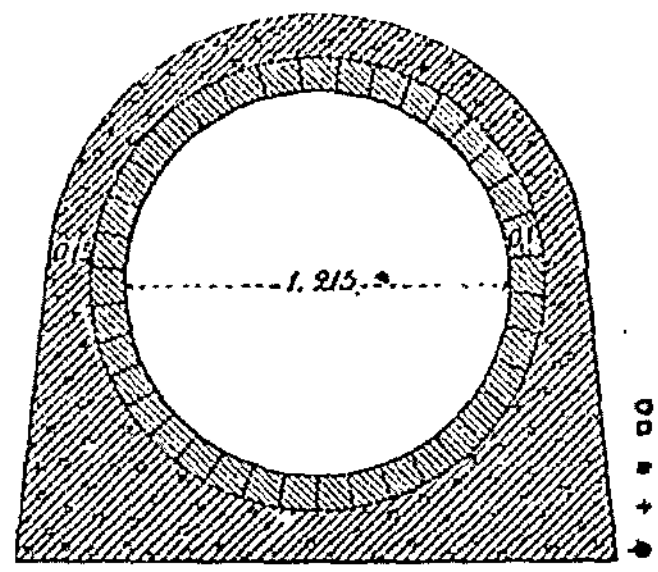
Относительно свойствъ этихъ различныхъ способовъ задѣлки стыка см. стр. 296.

Чтобы была возможность вынуть колѣно трубы, которое засорилось или испортилось, въ рядъ обыкновенныхъ трубъ можно класть трубы съ отдѣльной муфтой (черт. 741), сдвинувъ которую, можно вынуть колѣно, не ломая трубъ. Для той же цѣли дѣлаютъ трубы съ полумуфтами (черт. 738), срѣзанными до $^1/_2$ трубы, и полутрубы (черт. 742 и 743), но ихъ соединеніе довольно трудно сдѣлать непроницаемымъ, если вода течетъ по нимъ болѣе чѣмъ $^1/_2$ сѣченія, а также ихъ нельзя вращать при укладкѣ для нахожденія наилучшаго ихъ положенія въ муфтѣ сосѣднихъ въ случаѣ недостаточной цилиндричности; по этимъ причинамъ и употребленіе ихъ не можетъ быть особенно рекомендовано. Иногда, для осмотра линіи, чтобы точнѣе узнать мѣсто засоренія, въ линію трубъ вставляютъ трубы съ короткими перпендикулярными отростками, закрываемыя пробками *a* (черт. 731). Для соединенія керамиковыхъ трубъ между собою (въ домовой канализаціи) употребляются различнаго рода патрубки, двойники, тройники; нѣкоторые изъ нихъ показаны на черт. 732—734. Для перехода отъ меньшихъ діаметровъ къ большимъ употребляютъ звенья конической формы.

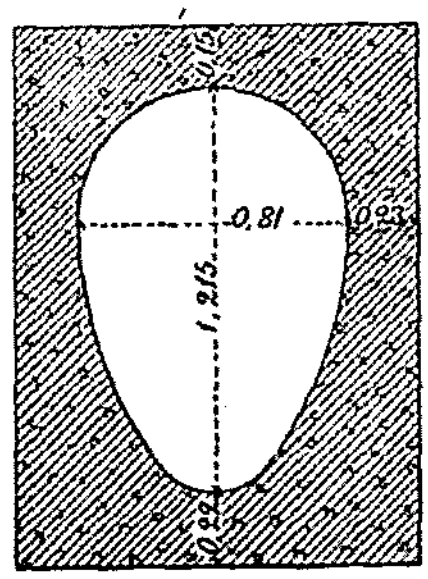
Керамиковыя трубы овоидальнаго сѣченія почти обыкновенно не употребляются, такъ какъ при незначительныхъ размѣрахъ сѣченій придаваемыхъ такимъ трубамъ, замѣна овоидальною — круглой формы, болѣе легко выполнимой, не представляется раціональной.

Попытки къ устройству керамиковыхъ стоковъ большихъ размѣ-

Кирпичные и бетонные водостоки.

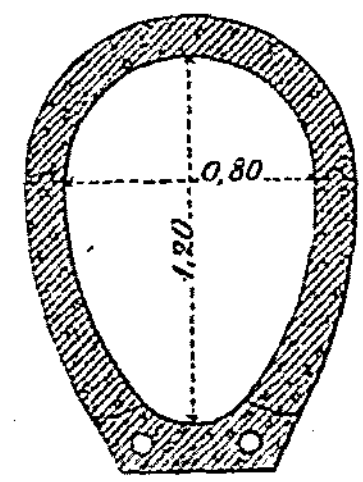


Черт. 763.—Круглый водостокъ изъ бетона съ кирпичной облицовкой.



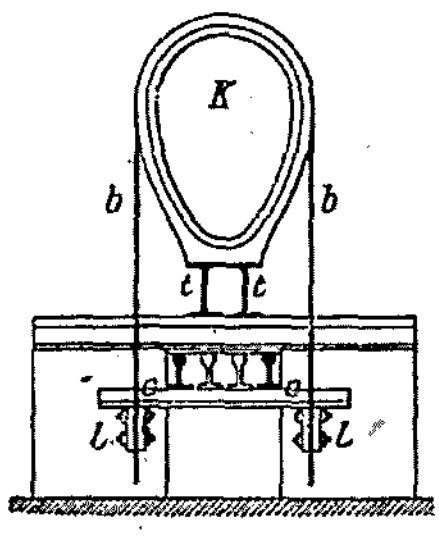
Черт. 764.

Овоидальный монолитный водостокъ изъ бетона.

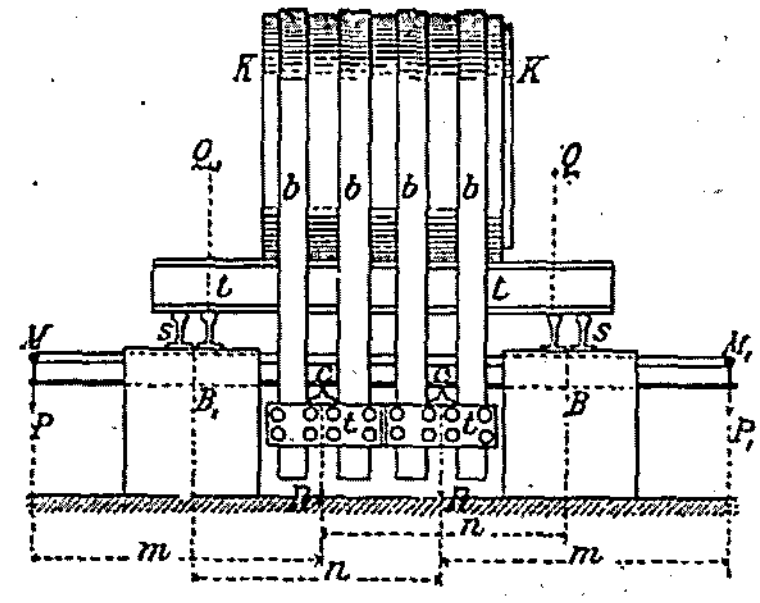


Черт. 765.

Овоидальный водостокъ изъ бетонныхъ штукъ.



Черт. 766.



Черт. 767.

Черт. 766—767. — Приборъ Jantzen'a для испытанія прочности цѣльныхъ бетонныхъ водостоковъ. На четырехъ каменныхъ столбахъ положены рельсы *ss*, на которыхъ посредствомъ балокъ *tt* установленъ кусокъ бетоннаго водостока. Чрезъ него перекинуты ленты полосоваго желѣза *bb*, связанныя внизу схватками *ll* и поперечинами *cc*. На послѣднія накладывается рельсовая нагрузка. (Дальнѣйшія подробности см. соч. Frühling'a —Entwäs. der Städte. Handbuch der Ingenieurwissenschaften).

Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

ровъ были однако дѣлаемы. Одна изъ нихъ представлена на черт. 747. Коллекторъ сдѣланъ изъ отдѣльныхъ кусковъ, соединенныхъ шпунтами. Преимущество такого типа въ томъ, что части водостока очень прочны, легко собираются на мѣстѣ, занимаютъ небольшой объемъ при перевозкѣ и образуютъ долговѣчное сооруженіе. Недостатокъ типа въ невозможности достигнуть полной непроницаемости стѣнокъ водостока. (B. Latham—p. 227).

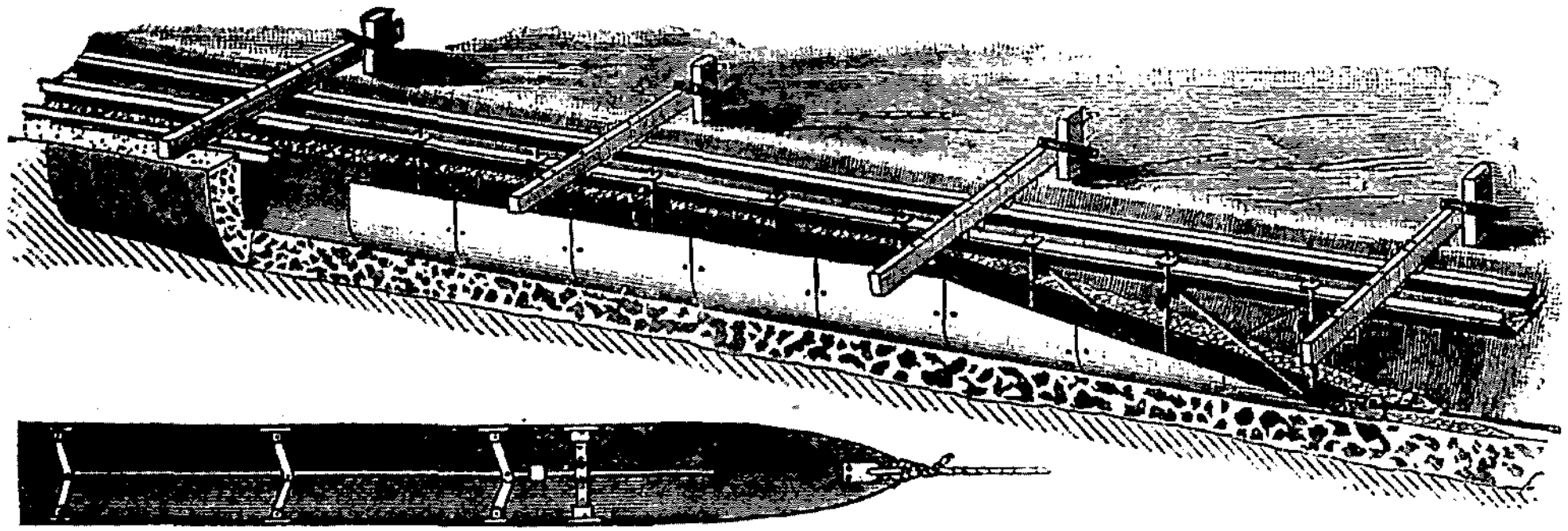
§ 146. Асфальтовыя, бетонныя и желѣзо-бетонныя трубы.

Асфальтовыя трубы, вслѣдствіе ихъ легкости, неизмѣняемости матеріала отъ химическихъ дѣятелей и прочности, очень хороши для водостоковъ, въ особенности когда сточныя воды содержатъ въ себѣ много веществъ, дѣйствующихъ разрушительно на стѣнки каналовъ, сдѣланныхъ изъ другихъ матеріаловъ. Гладкость внутренней поверхности асфальтовыхъ трубъ обезпечиваетъ легкость движенію въ нихъ воды, а ихъ неизмѣняемость отъ дѣйствія кислотъ и щелочей—ихъ прочность. За то онѣ довольно ломки. Въ поперечномъ сѣченіи онѣ бываютъ и круглыя и овоидальныя. Ихъ отливаютъ въ особыхъ формахъ, и на концахъ онѣ обыкновенно не имѣютъ ни закраинъ, ни раструбовъ. Въ послѣднее время асфальтовыя трубы стали дѣлать съ желѣзнымъ проволочнымъ каркасомъ внутри. Подобныя трубы были уложены и въ С.-Петербургѣ при устройствѣ канализаціи въ Экспедиціи Заготовленія Государственныхъ кредитныхъ бумагъ.

Для соединенія концы трубъ погружаютъ въ горячій асфальтъ и прикладываютъ другъ къ другу вплотную; затѣмъ стыкъ обматываютъ въ два ряда лоскуткомъ тряпки, сверху на него надвигаютъ муфту, обмазываютъ концы муфты глиной и заливаютъ зазоръ между муфтой и трубами жидкимъ асфальтомъ. Чтобы этотъ зазоръ былъ вездѣ одинаковъ, передъ заливкой между трубами и муфтой вставляютъ кусочки дерева. Стыкъ другого устройства — безъ муфты— показанъ на черт. 736.

Бетонныя цементныя трубы приготовляются обыкновенно набивнымъ способомъ. На деревянную болванку требуемаго діаметра, обтянутую цинковыми листами, надѣваютъ трубообразную форму, обыкновенно чугунную, въ промежутокъ между ними кладутъ портланд-

Изготовленіе бетоннаго водостока на мѣстѣ при помощи подвижно́й желѣзной формы.



Черт. 768 и 769.

Перспективный видъ водостока и планъ желѣзной формы.

скій цементъ въ смѣси съ пескомъ и водою и затѣмъ тщательно грамбуютъ узкими деревянными или желѣзными трамбовками до тѣхъ поръ, пока на трамбуемой поверхности не выступитъ вода. Когда грубы начнутъ твердѣть, форму снимаютъ и внутреннюю поверхность грубъ сглаживаютъ жидкимъ цементнымъ растворомъ. Всю работу производятъ въ прохладномъ и сыромъ помѣщеніи, чтобы трубы не высыхали очень быстро.

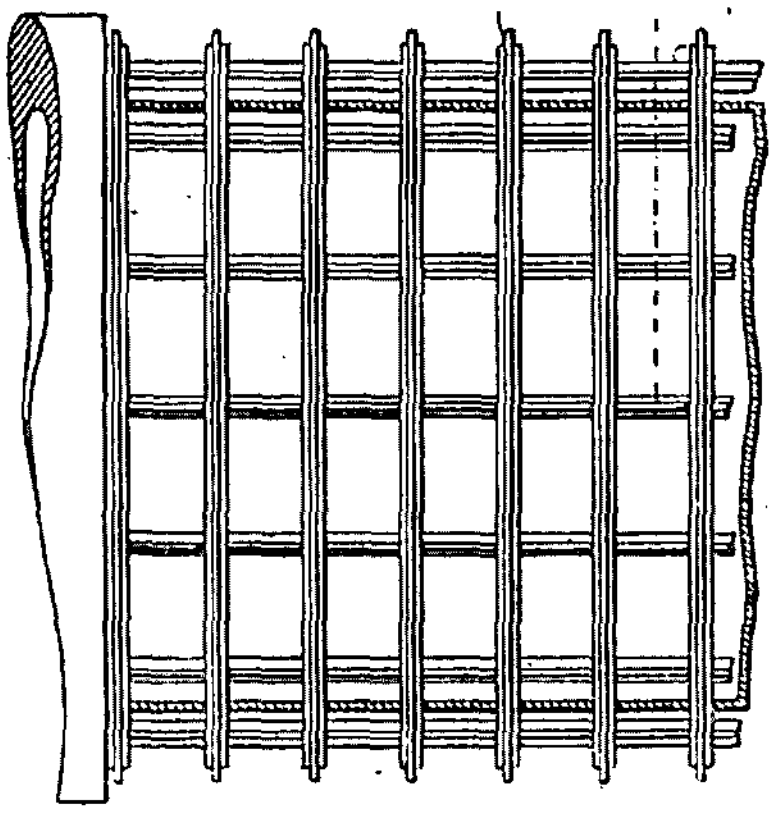
Взаимное отношеніе количествъ составныхъ частей лучше всего узнается по опытамъ. При хорошемъ качествѣ цемента можно брать отъ 2 до 5 частей песка на 1 часть цемента. Діаметръ подобныхъ цементныхъ трубъ дѣлается до 18—20 дюймовъ. Для трубъ большаго діаметра къ раствору прибавляютъ отъ 2 до 5 частей чистаго щебня (бетонныя трубы). Длина отдѣльныхъ набивныхъ цементныхъ и бетонныхъ трубъ доходитъ до $3^1/_2$ футъ (1 метра) безъ раструба. Голщина стѣнокъ зависитъ главнымъ образомъ отъ качества составныхъ частей и отношенія ихъ количествъ въ растворѣ. При хорошемъ матеріалѣ и удачной его пропорціи толщина стѣнокъ измѣняется отъ $^1/_6$ до $^1/_{12}$ внутренняго діаметра трубъ, при чемъ это отношеніе уменьшается съ уменьшеніемъ діаметра.

У насъ въ Россіи цементныя набивныя трубы обходятся часто дешевле всякихъ другихъ, но какъ на недостатокъ ихъ можно указать на то, что весьма часто въ нихъ замѣчается довольно значительная шероховатость стѣнокъ, которая заставляетъ придавать имъ большіе уклоны или сѣченія, сравнительно съ гончарными или штейнгутовыми. Чтобы предупредить это, а также уменьшить пористость стѣнокъ нѣкоторые фабриканты погружаютъ цементныя и бетонныя грубы черезъ 7 дней послѣ ихъ набивки, когда цементъ достаточно окрѣпнетъ (а онъ не долженъ очень быстро твердѣть, такъ какъ иначе произойдетъ неравномѣрное натяженіе стѣнокъ трубъ), въ растворъ кремнекислаго натра, который образуетъ на поверхности трубъ гладкій слой кремнекислаго глинозема и извести, закупоривающій поры трубы (Silicated Stone Works).

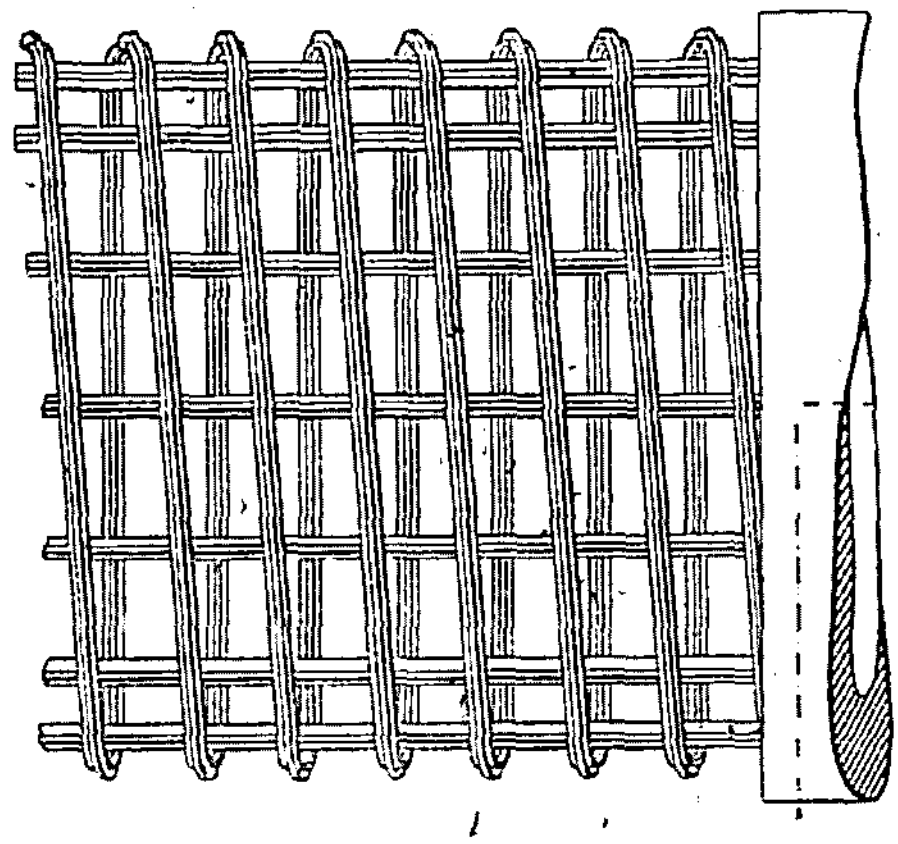
Шероховатость бетонныхъ трубъ значительно уменьшается съ теченіемъ времени безъ всякихъ искусственныхъ мѣръ, вслѣдствіе того, что на внутренней поверхности трубы отлагается слой илистой слизи (Sielhaut), плотно держащейся на стѣнкахъ.

Цементныя и бетонныя трубы соединяются посредствомъ раструб-

Желѣзо-бетонные водостоки.



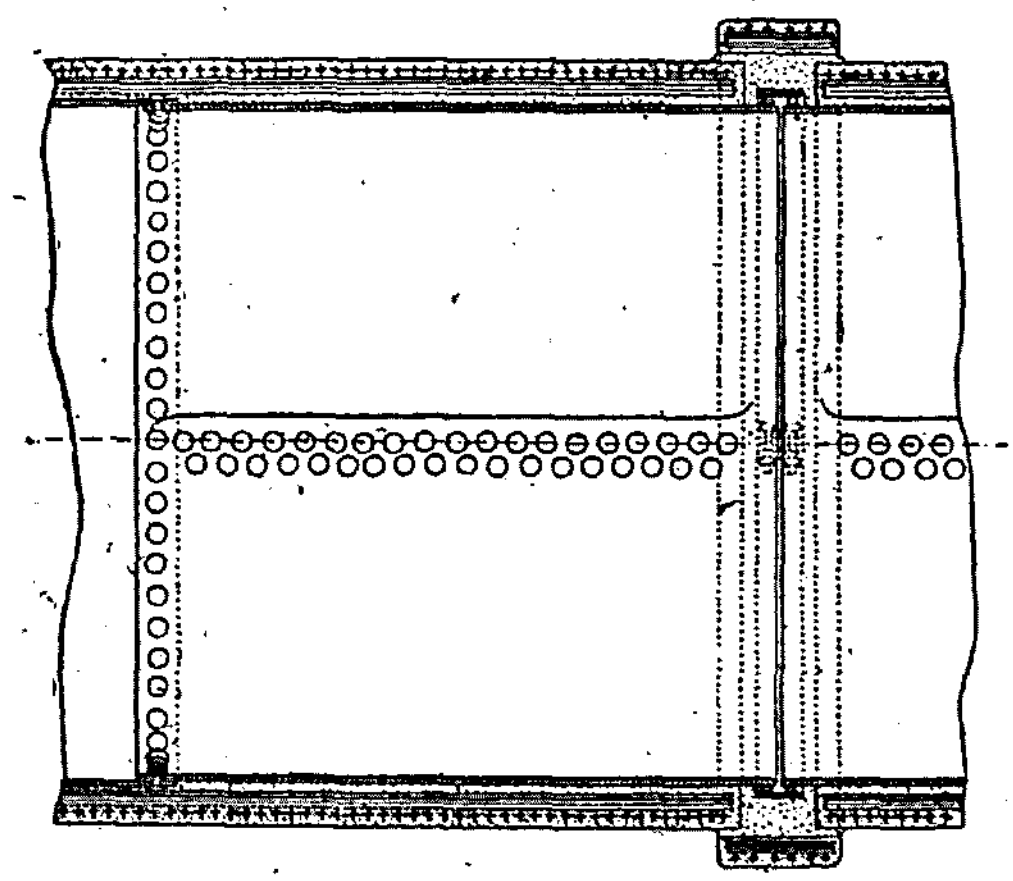
Черт. 770.



Черт. 771.

Трубы изъ крестообразнаго желѣза (стали) и цемента.

(Система принята для г. Парижа въ Ашерскомъ акведукѣ: діаметръ 1,80 метра, давленіе 30 метровъ).



Черт. 772.

Труба для высокихъ давленій изъ стали и цемента съ внутренней оболочкой изъ клепанныхъ стальныхъ листовъ.

(Примѣнена въ г. Нимѣ — давленіе 100 метровъ).

бовъ (черт. 737) и связываются растворомъ цемента (1 часть цемента на 2—3 части песка). Иначе соединенія дѣлаются, какъ показано на черт. 736, причемъ и этого рода стыкъ связывается цементомъ и сглаживается внутри.

Въ хорошемъ грунтѣ иногда дѣлаютъ бетонныя трубы безъ стыковъ, даже очень большихъ размѣровъ, на мѣстѣ ихъ укладки—при помощи деревянныхъ или металлическихъ формъ. Подобнымъ образомъ исполнено довольно много каналовъ за-границей. Введеніе въ тѣло асфальтовыхъ и бетонныхъ трубъ желѣзнаго каркаса значительно увеличиваетъ ихъ прочность; такіе типы трубъ должны получить большое развитіе (см. черт. 357 и 358, стр. 328), а также черт. 768—772.

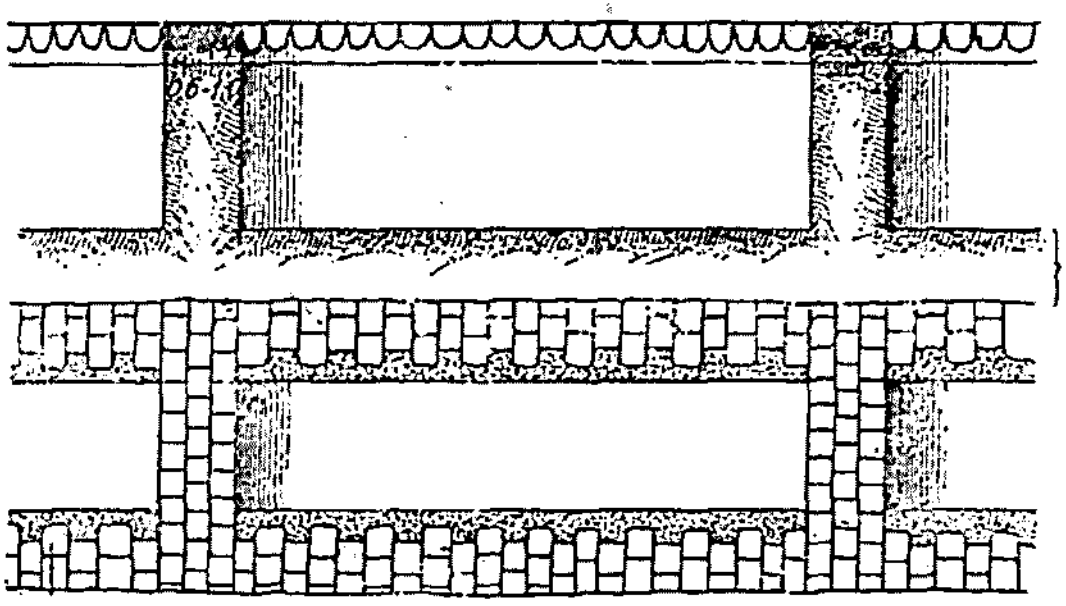
§ 147. Металлическія трубы.

Чугунныя трубы обладаютъ значительно большею прочностью относительно излома при случайныхъ ударахъ, изгибѣ и т. п., чѣмъ гончарныя, штейнгутовыя, цементныя и т. п. трубы. Однако онѣ очень дороги и во многихъ случаяхъ скоро теряютъ свою внутреннюю асфальтировку. Тогда на обнаженный чугунъ начинаютъ дѣйствовать кислоты и щелочи и поверхность становится шероховатой.

Кромѣ того, внутри ихъ скоро начинаютъ образовываться твердые наросты, благодаря образованію гальваническихъ элементовъ въ трубѣ, и труба весьма легко засоряется. Всѣ эти неудобства заставляютъ обыкновенно отказываться отъ примѣненія чугунныхъ трубъ для уличныхъ водостоковъ, но зато чугунъ примѣняется въ домовыхъ стокахъ, особенно для вертикальныхъ трубъ, именно вслѣдствіе его прочности относительно излома и непроницаемости чугунныхъ трубъ и ихъ стыковъ. Въ городской канализаціонной сѣти ихъ употребляютъ по необходимости, если въ проводѣ вода находится подъ давленіемъ, напр. въ частяхъ, проводящихъ сточныя воды подъ рѣками или каналами (*дюкеры*) и въ трубахъ, по которымъ сточныя воды поднимаются при помощи насосовъ для ихъ стока въ извѣстный пунктъ, напр. на орригаціонныя поля и т. д. Соединеніе чугунныхъ трубъ дѣлается или посредствомъ ребордъ, или чаще посредствомъ муфтъ, съ заливкою и зачеканкою ихъ свинцомъ.

Толщина стѣнокъ трубъ опредѣляется по тѣмъ же способамъ какъ и для трубъ водопроводныхъ.

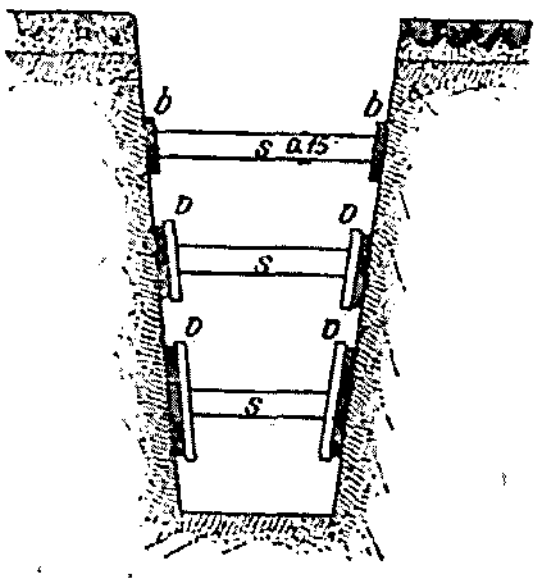
Производство работъ по сооруженію водостоковъ.



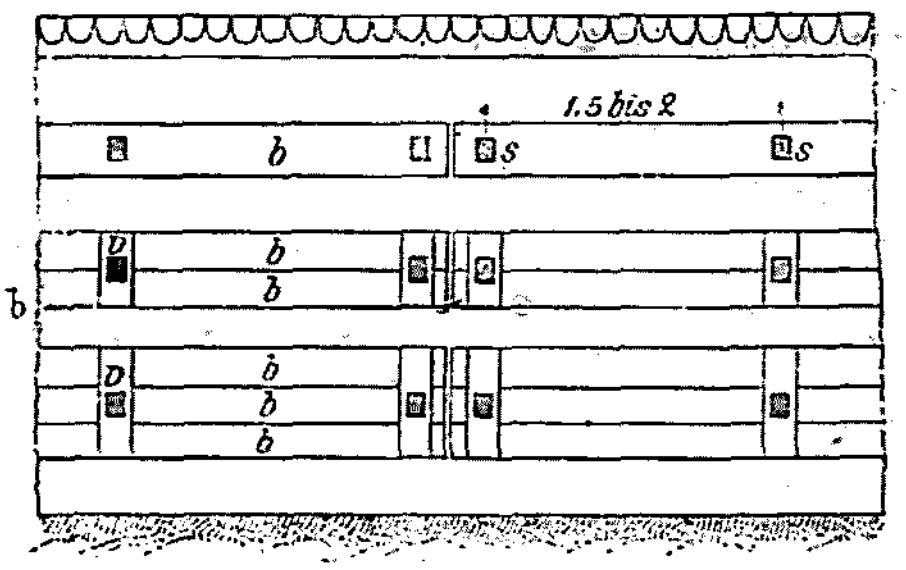
Черт. 773. Вертикальный разрѣзъ.

Черт. 774. Планъ.

Устройство не очень глубокихъ рвовъ на улицахъ съ укрѣпленіемъ столбами не вынутой земли.

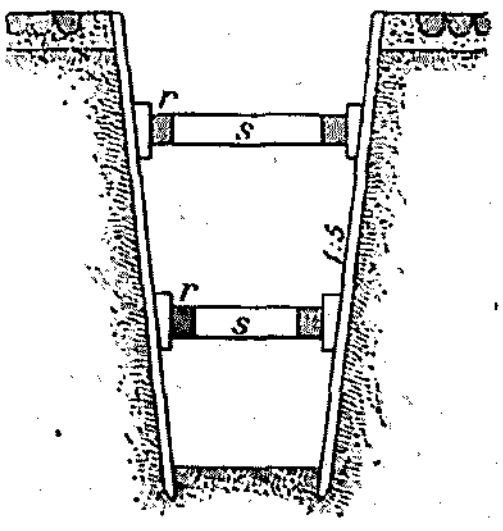


Черт. 775.

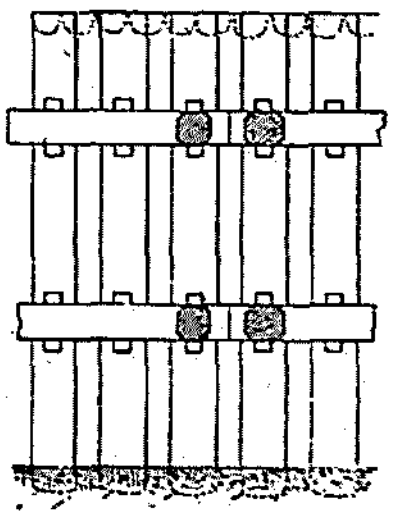


Черт. 776.

Укрѣпленіе рвовъ горизонтальными досками (*b*) и распорками (*s*) примѣняемое при неглубокихъ и сухихъ выемкахъ.



Чарт. 777.



Черт. 778.



Черт. 779.

Подвижная съемная распорка, употреляемая преимущественно какъ временная при производствѣ работъ по устройству и укрѣпленію рва.

Укрѣпленіе рвовъ вертикальными досками и распорками, имѣющее въ виду возможно сократить число послѣднихъ для увеличенія рабочаго пространства.

Примѣчаніе. Размѣры въ метр.

Желѣзныя трубы, обладая почти всѣми недостатками чугунныхъ, обходятся еще дороже этихъ послѣднихъ. Въ канализаціонной сѣти желѣзныя трубы примѣняются при устройствѣ дюкеровъ и въ домахъ.

Свинцовыя цѣлотянутыя трубы употребляются только въ домовыхъ проводахъ, причемъ, какъ было уже сказано (§ 142), слѣдуетъ избѣгать класть ихъ въ непосредственное соприкосновеніе со свѣжей кирпичной кладкой, такъ какъ въ мѣстахъ соприкосновенія съ известковымъ растворомъ легко образуются сквозные свищи.

§ 148. Кирпичные водостоки.

Овоидальные водостоки подобно тому, какъ и трубы должны отличаться хорошимъ состояніемъ своей внутренней поверхности (чѣмъ она глаже, тѣмъ меньше коэффиціентъ трепія и тѣмъ лучше будетъ отводоспособность канала) и не пропускать сквозь свои стѣнки воду. Чтобы удовлетворить этимъ двумъ условіямъ, кирпичъ, изъ котораго дѣлается коллекторъ, долженъ быть сйрессованъ изъ хорошо очищенной глины, сильно обожженъ, имѣть плотное сложеніе, представлять гладкія поверхности съ острыми кромками и имѣть одинаковые размѣры.

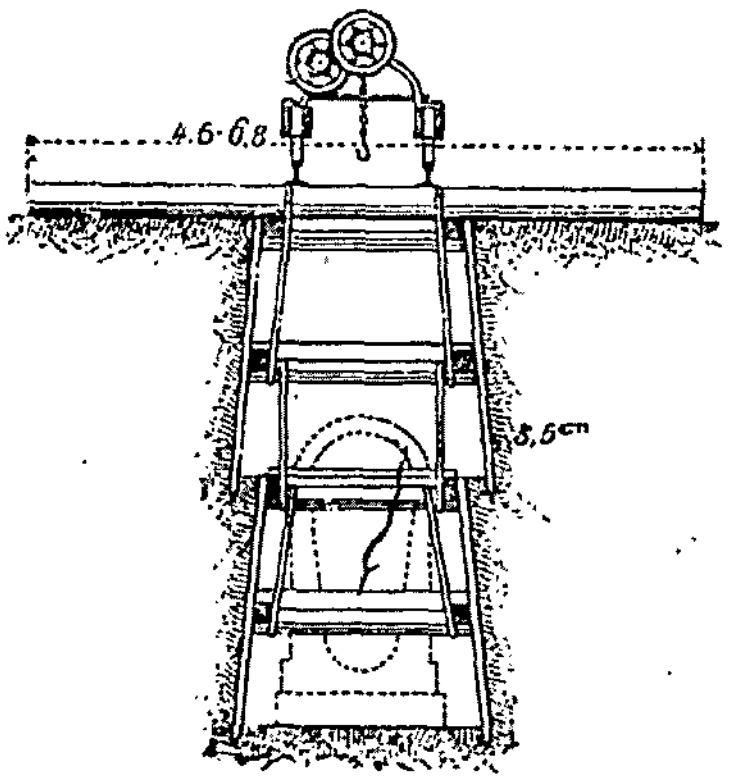
Кладку овоидальныхъ коллекторовъ ведутъ, какъ показано на черт. 748—751, концентрическими рядами, каждый толщиною въ $^1/_2$ кирпича, безъ перевязки швовъ, причемъ даже стараются, чтобы швы одного ряда не приходились противъ швовъ другого ряда. Ряды раздѣляются обыкновенно слоемъ связывающаго вещества, толщиною около $^3/_8'' — ^1/_2''$. Число концентрическихъ колецъ кладки зависитъ отъ давленія земли и измѣняется отъ 2-хъ до 4-хъ. Впрочемъ послѣднюю цифру приходится брать рѣдко, развѣ при очень сильномъ давленіи грунтовой воды на каналъ:—для предупрежденія фильтраціи.

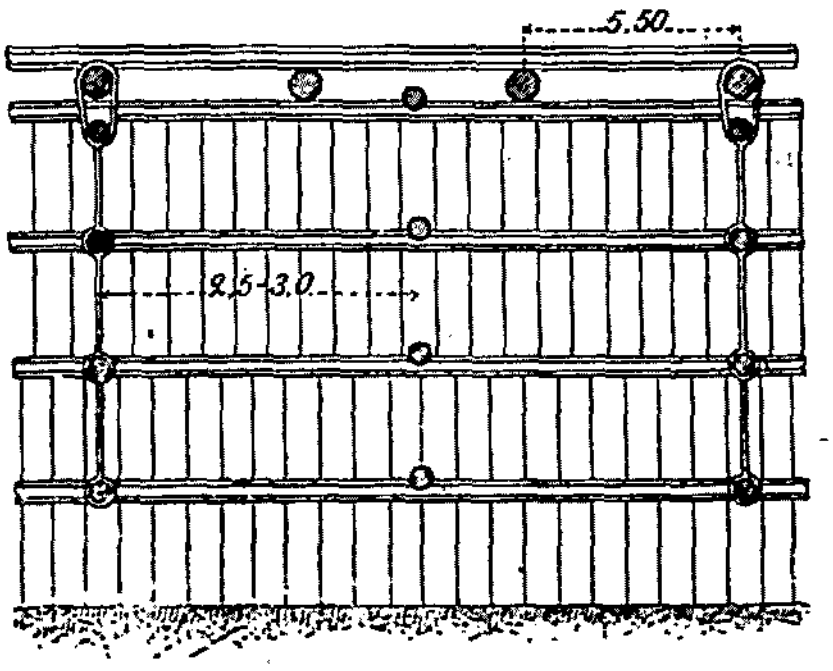
Точные размѣры свода и стока могутъ быть опредѣлены лишь путемъ построенія кривыхъ давленія. Въ практикѣ обыкновенно ограничиваются расчетомъ по эмпирическимъ формуламъ.

Для расчета толщины стѣнокъ овоидальныхъ коллекторовъ (верхняго свода) Лэтамъ (Baldwin Latham) даетъ формулу:

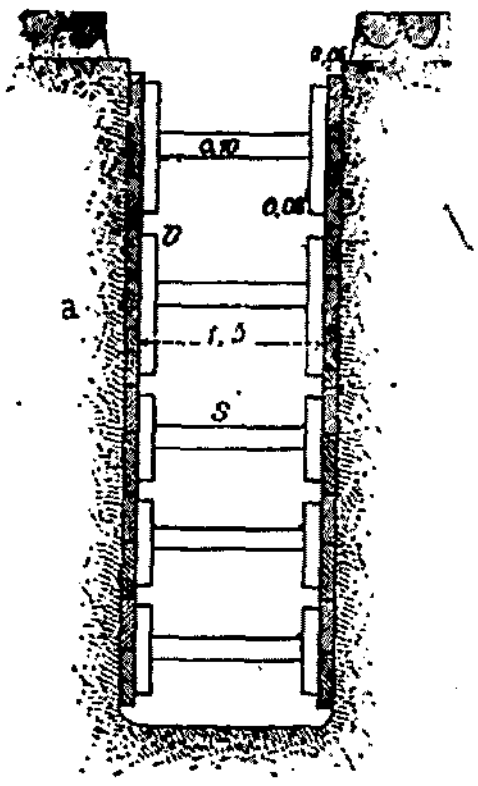
$$\delta = \frac{t \,.\, r}{100} \text{ футъ},$$

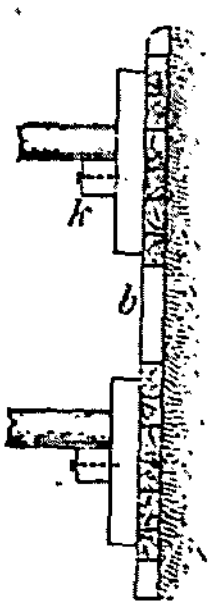
Производство работъ по сооруженію водостоковъ.

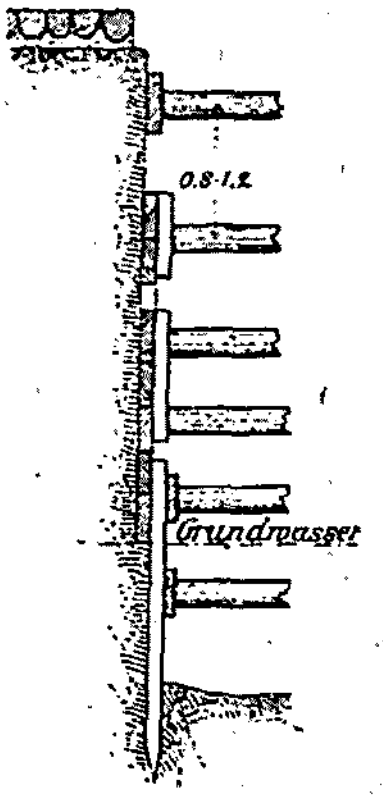


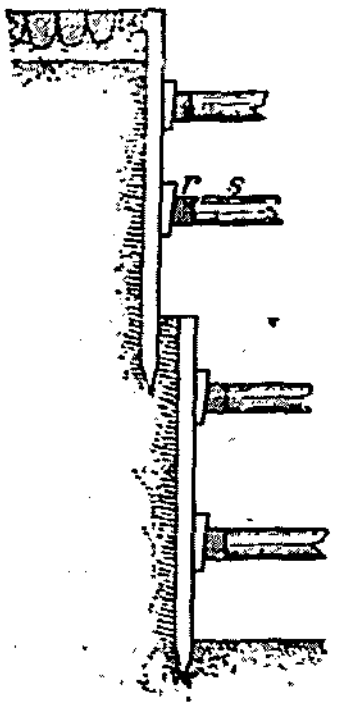


Черт. 780 и 781.— Укрѣпленіе глубокаго рва вертикальными досками, примѣненное въ 1869 году въ Дрезденѣ (Deutsche Bauzeitung—1871, S. 227). Доски поддерживаются полу-схватками, опирающимися на распорки, которыя подвѣшены цѣпями къ положеннымъ черезъ выемку балкамъ.









Черт. 782. Черт. 783. Черт. 784. Черт. 785.

Черт. 782.—Укрѣпленіе глубокаго рва съ вертикальными стѣнками посредствомъ горизонтальныхъ досокъ и распорокъ.

Черт. 783.—Деталь къ черт. 99: *b* — вставки между горизонтальными досками, если доски не покрываютъ стѣнки рва сплошь; *k*—подставка подъ распорку, если послѣдняя не прибита скобой.

Черт. 784.—Смѣшанное укрѣпленіе глубокаго рва горизонтальными и вертикальными досками. Послѣднія забиваются отъ горизонта обильнаго притока грунтовыхъ водъ.

Черт. 785.—Укрѣпленіе глубокаго рва вертикальными досками, примѣняемое при устройствѣ коллекторовъ въ очень плохихъ плывучихъ грунтахъ или при устройствѣ колодцевъ.

Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

гдѣ: δ — толщина свода коллектора (въ футахъ),
t — высота слоя земли до наружной грани замка свода (въ футахъ) и
r — наружный радіусъ верхняго свода (въ футахъ).

Найденную по этой формулѣ толщину δ округляютъ до цѣлаго числа полукирпичей, причемъ minimum толщины свода равняется двумъ полукирпичамъ (въ видахъ предупрежденія фильтраціи), хотя слѣдуетъ замѣтить, что каналы толщиною лишь въ $^1/_2$ кирпича существуютъ въ канализаціонныхъ сѣтяхъ нѣкоторыхъ городовъ.

Австрійскій инженеръ Шальи (Chailly) опредѣляетъ толщину стѣнокъ въ зависимости отъ напряженія, допускаемаго на единицу площади матеріала коллектора. Давленіе въ замкѣ свода Шальи выражаетъ формулой:

$$P = r_1 \left(t \cdot \gamma + \frac{L}{d_1} \right),$$

гдѣ: r_1 — наружный радіусъ верхняго свода,
t — высота слоя земли надъ ключемъ свода (безопаснѣе считать t отъ подошвы основанія коллектора),
γ — вѣсъ кубической единицы грунта,
L — временная нагрузка на погонную единицу длины коллектора,
d_1 — наружная ширина (діаметръ) коллектора.

Толщина стѣнокъ получается дѣленіемъ найденной величины P на допускаемое напряженіе на кв. единицу матеріала коллектора, которое можно принять въ
7,5 килог. на 1 квадр. сантиметръ, или
3 пуда на 1 квадр. дюймъ для кирпичной кладки;
6 килогр. на 1 квадр. сантиметръ, или
2,4 пуда на 1 квадр. дюймъ для бетона (§ 140).

Для кирпичныхъ коллекторовъ полученный размѣръ толщины стѣнокъ округляютъ до ближайшаго большаго числа кирпичей.

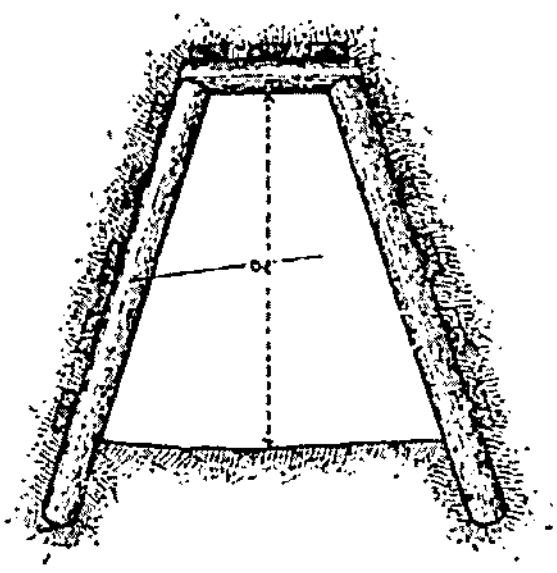
Овоидальные коллекторы изъ кирпича рѣдко дѣлаютъ высотою меньше 2 футовъ (діам. = 1′ 4″); коллекторы же доступные осмотру должны быть высотою не менѣе 4 футъ (діам. = 2′ 8″).

Но очевидно, что и эта высота недостаточна, а нужна такая, при которой рабочій можетъ свободно стоять въ галлереѣ, какъ показано на черт. 660 (стр. 707). Къ сожалѣнію высокая стоимость

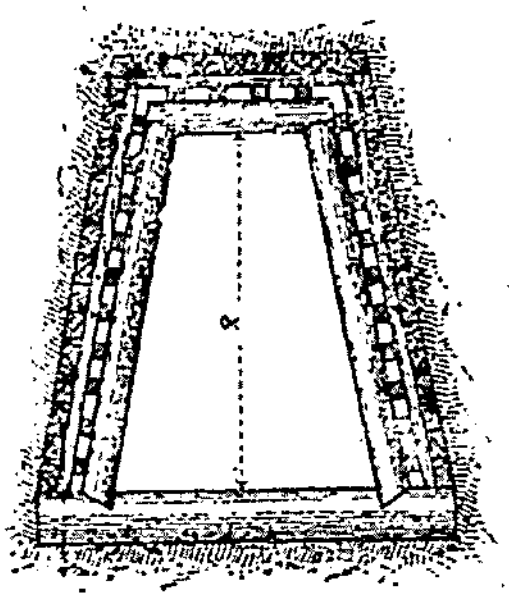
Производство работъ по сооруженію водостоковъ.

Черт. 786.— Укрѣпленіе туннеля при прочномъ грунтѣ.

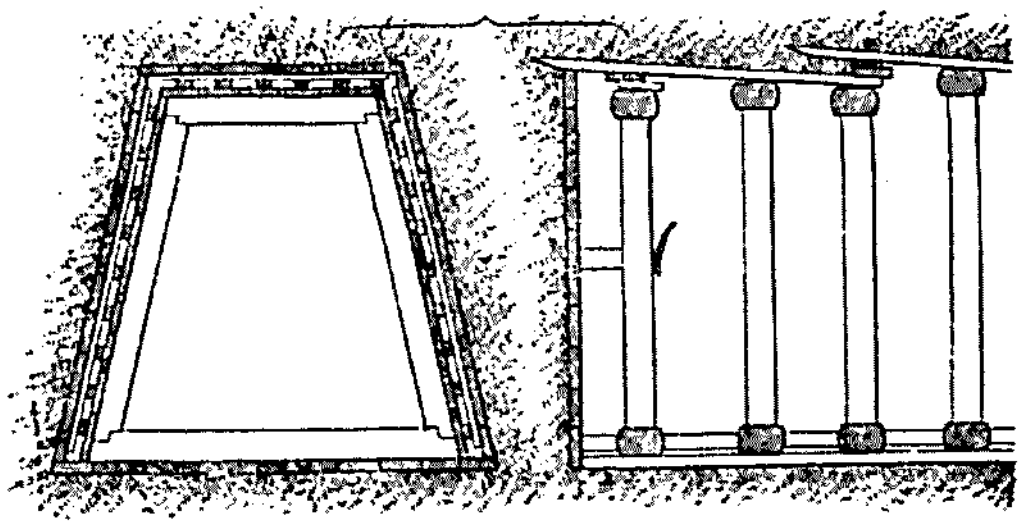
Черт. 787.— Укрѣпленіе туннеля при слабомъ грунтѣ.



Черт. 786.



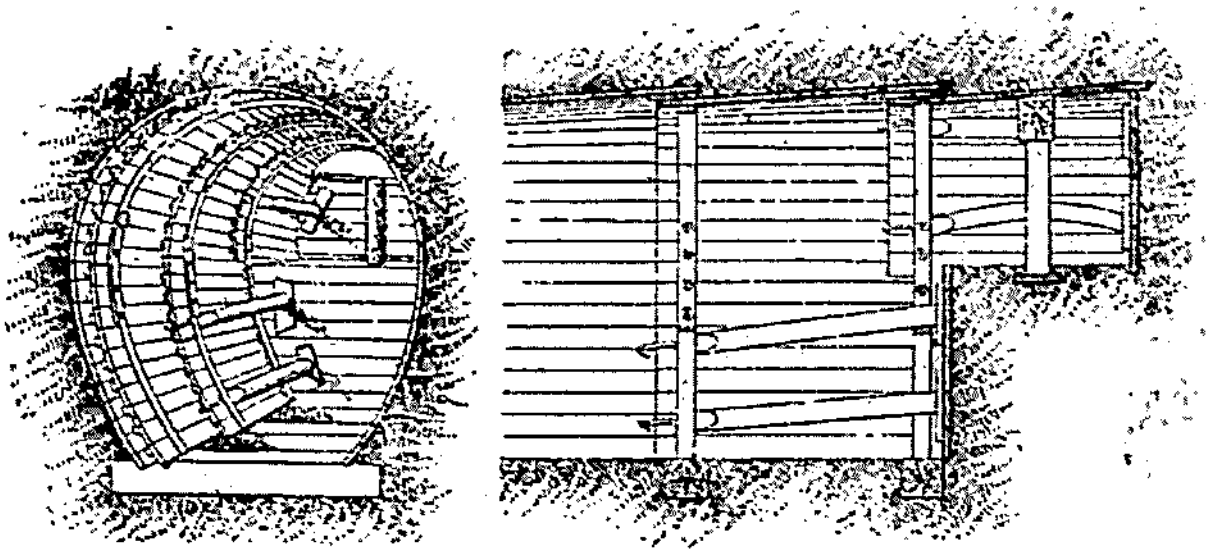
Черт. 787.



Черт. 788 и 789.

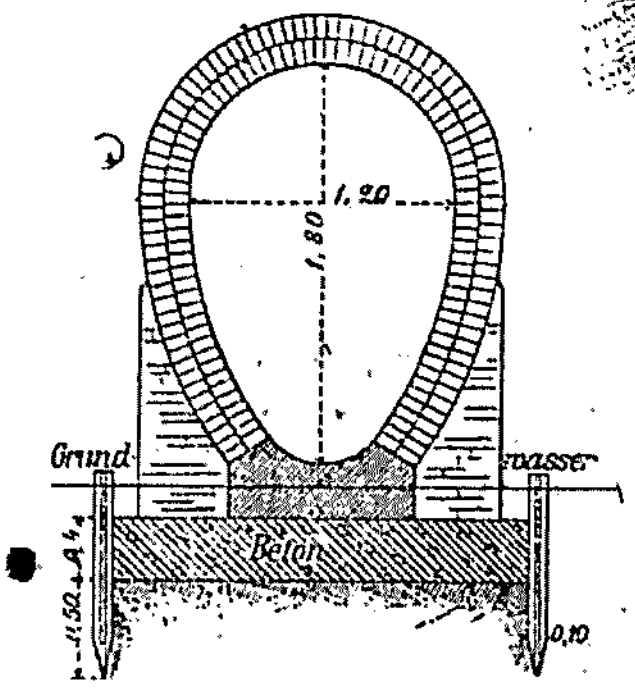
Черт. 788 и 789.— Укрѣпленіе туннеля въ плывучемъ грунтѣ.

Черт. 790 и 791.—Укрѣпленіе туннеля въ плывучемъ грунтѣ, примѣненное въ Франфуртѣ-на-Майнѣ.

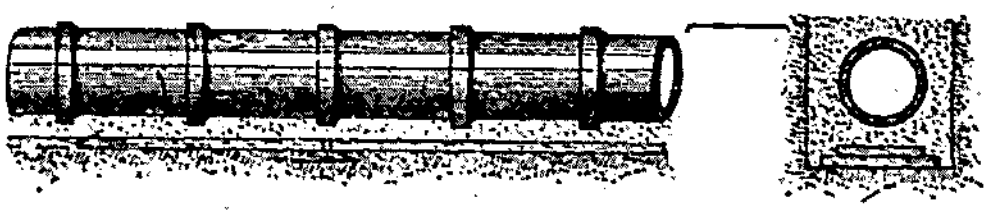


Черт. 790 и 791.

Черт. 792.—Устройство основанія изъ бетона между досчатыми шпунтовыми рядами, примѣняемое при большомъ притокѣ воды.



Черт. 792.



Черт. 793 и 794.

Устройство основанія для трубопровода: продольная доска на поперечныхъ подкладкахъ въ стыкахъ и песчаная засыпка.

Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

такихъ большихъ галлерей дѣлаетъ ихъ мало доступными для многихъ городовъ.

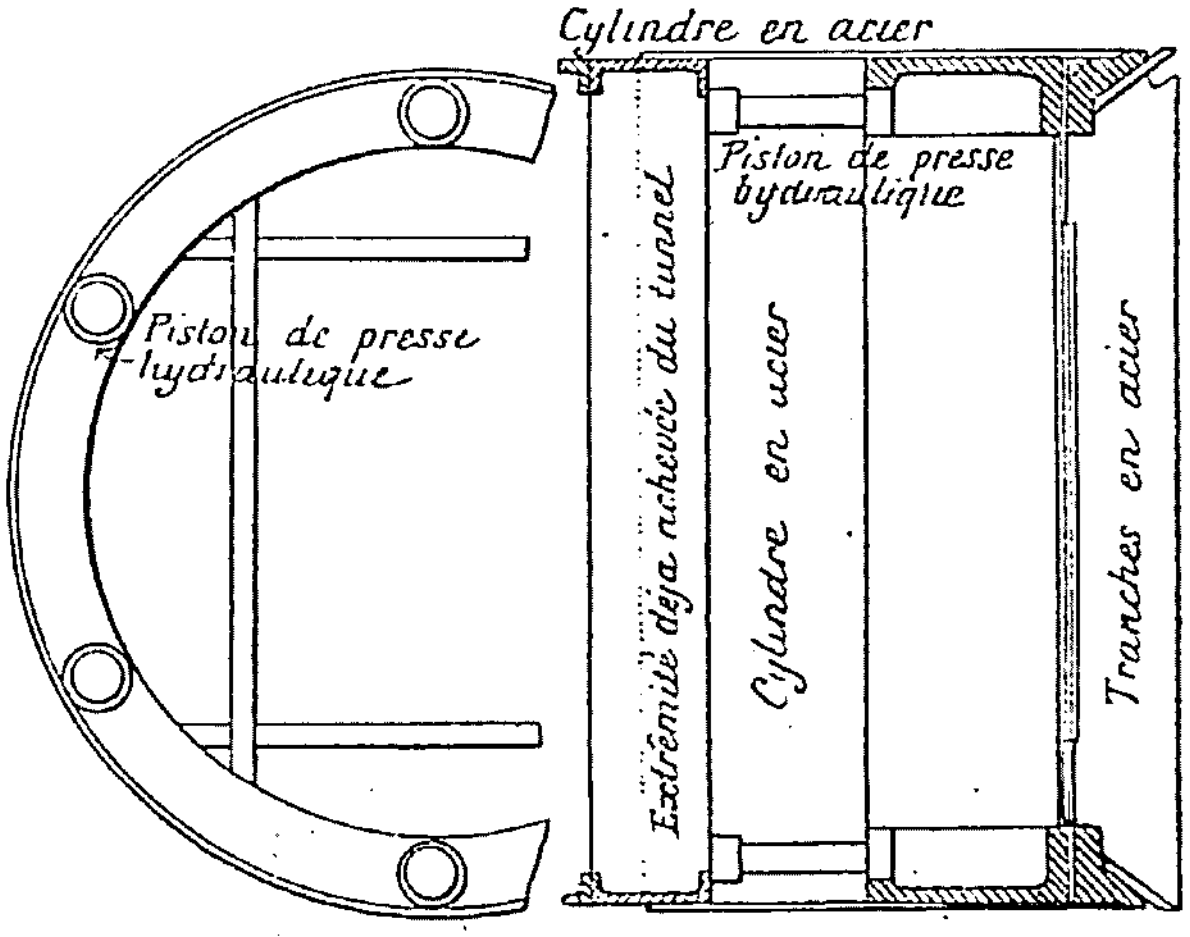
Качество кирпича, какъ показали многочисленные опыты, обыкновенно возрастаетъ вмѣстѣ съ его сопротивленіемъ раздробленію. Чѣмъ кирпичъ прочнѣе относительно раздробленія, тѣмъ онъ плотнѣе, а чѣмъ плотнѣе, тѣмъ онъ менѣе проницаемъ для воды. По Б. Лэтаму, дѣлавшему опыты надъ кирпичемъ, употреблявшимся для устройства коллекторовъ въ нѣкоторыхъ городахъ Англіи, оказывается, что временное сопротивленіе прессованнаго кирпича доходило до 60 пудовъ на 1 кв. дюймъ, въ особыхъ же сортахъ (common blue brick) до 80 пудовъ и даже (pressed blue brick) отъ 140 пудовъ и до 350 пудовъ. Испытанія, произведенныя въ Механическ. Лабор. И. И. П. С., показали, что въ среднемъ выводѣ временное сопротивленіе раздробленію русскаго краснаго, хорошо обожженаго кирпича=68 пуд. на 1 кв. дюймъ и въ исключительныхъ образцахъ доходило до 164 и даже до 180 пудовъ (полужелѣзнякъ).

Для практическихъ испытаній кирпича можетъ служить снарядъ представленный на черт. 760 и 761.

Растворъ для кирпичныхъ коллекторовъ можетъ имѣть различный составъ въ зависимости отъ частей сооруженія. Для кладки подошвы и боковыхъ стѣнокъ слѣдуетъ употреблять растворъ изъ портландскаго-цемента. На 1 часть цемента берутъ обыкновенно 3—4 части песка; для кладки же верхняго свода, котораго сточныя воды касаются лишь въ исключительныхъ случаяхъ, иногда берутъ въ цѣляхъ экономіи гидравлическую или даже обыкновенную известь, что едва ли слѣдуетъ признать цѣлесообразнымъ.

При постройкѣ прочнаго, одинаковаго во всѣхъ сѣченіяхъ, не пропускающаго воды канала весьма важную роль играетъ качество цемента. При современномъ состояніи цементнаго производства цементъ долженъ отвѣчать всѣмъ требованіямъ самой строгой пріемки, съ условіями которой знакомитъ курсъ строительныхъ матеріаловъ. Не вдаваясь въ эти условія, укажемъ лишь на то, что для водосточныхъ галлерей слѣдуетъ предпочитать цементъ медленно схватывающій цементу быстро схватывающемуся и не забывать, что цементъ, увеличивающійся хоть немного въ своемъ объемѣ, особенно непригоденъ въ водосточныхъ галлереяхъ при кладкѣ концентрическими рядами. Не слѣдуетъ упускать изъ виду и экономической стороны

Канализація города Парижа.



Черт. 795 и 796.

Поперечный и продольный схематическіе разрѣзы щита для туннельныхъ работъ.

(Tranches en acier—стальной ножъ. Piston de la presse hydraulique—поршень гидравлическаго пресса. Extrémité déja acheveé du tunnel — уже оконченная часть туннеля).

См. J. Herveu—Construction des égouts. Paris, 1897.

вопроса: изъ испытаній можетъ оказаться, что выгоднѣе брать болѣе дорогой цементъ, который съ большей прибавкой песка подойдетъ по прочности къ прочности кирпича и потому обойдется въ растворѣ дешевле, такъ какъ нѣтъ основанія дѣлать растворъ много прочнѣе кирпича.

Песокъ, прибавляемый къ цементу, долженъ быть чистъ, не очень мелокъ и не слишкомъ крупенъ, и по возможности свободенъ отъ постороннихъ примѣсей; лучшій—кварцевый песокъ. Чистый песокъ можно прибавлять въ большемъ количествѣ къ цементу, чѣмъ не чистый, а особенно глинистый или илистый.

Вода, прибавляемая къ смѣси цемента съ пескомъ, также должна быть по возможности чистая, безъ известковыхъ или глинистыхъ примѣсей. Вообще растворъ долженъ быть приготовленъ съ соблюденіемъ всѣхъ условій, обезпечивающихъ ему возможную прочность и водонепроницаемость.

При производствѣ кладки должно обращать особое вниманіе на то, чтобы кирпичъ былъ вполнѣ напитанъ водою, иначе онъ отниметъ отъ раствора его влагу и слѣдовательно силу сцѣпленія.

Такъ какъ большую часть года по коллекторамъ текутъ одни лишь домашнія сточныя воды, покрывающія дно коллектора, во время же дождей по дну несутся твердыя частицы грязи и песокъ, царапающіе дно, то понятно, что должно быть обращено особое вниманіе на устройство подошвъ коллекторовъ. По словамъ Лэтама многіе изъ лондонскихъ каналовъ пришлось передѣлывать черезъ пять лѣтъ послѣ ихъ устройства, такъ какъ ихъ дно и даже бока были сильно изношены.

Подошву дѣлаютъ изъ штучнаго тесанаго камня, если таковой дешевъ (черт. 748—752), изъ гончарныхъ или штейнгутовыхъ, глазурованныхъ въ части *a b*, штукъ (черт. 755 — 757), очень хорошо сопротивляющихся стиранію, изъ бетона, приготовленнаго набивнымъ способомъ (чертр. 751) и изъ чугуна (черт. 753 и 754); въ послѣднемъ случаѣ съ боковъ дѣлаютъ отверстія для лучшей связи съ кладкой, но должно замѣтить, что при чугунной подошвѣ замѣчается очень сильная фильтрація (Лондонъ). Пустотами *c* (черт. 756), иногда пользуются для отведенія грунтовыхъ водъ. При соединеніи отдѣльныхъ кусковъ тесаныхъ или бетонныхъ подошвъ, между ними кладутъ смоленыя пряди пеньки *b* (черт. 752) для пред-

упрежденія фильтраціи. Подошву галлерей дѣлаютъ также изъ лекальнаго кирпича, связываемаго отдѣльно на особыхъ кружалахъ, прикрѣпленныхъ къ козламъ (черт. 758). По прошествіи извѣстнаго времени, когда цементъ достаточно отвердѣетъ, сложенныя основанія снимаютъ съ кружалъ и опрокинувъ кладутъ на подготовленный фундаментъ въ выкопанномъ рвѣ коллектора. Затѣмъ, какъ показано на черт. 759, укладываютъ обратную арку изъ лекальнаго кирпича (незаштрихованная часть). Длиною эти отдѣльные куски основаній дѣлаютъ въ 3—4 кирпича.

Всѣ эти основанія, дѣлаемыя на поверхности земли, значительно облегчаютъ работу по устройству коллекторовъ, не говоря о томъ, что подошва можетъ быть исполнена гораздо тщательнѣе, чѣмъ на днѣ рва. Когда подошва устроена, ведутъ кладку стѣнокъ. Для связи отдѣльныхъ концентрическихъ рядовъ кладки, иногда ее перекладываютъ кирпичами (Karlsruhe), какъ показано на черт. 751, но этого нельзя рекомендовать, въ виду того, что тогда являются сквозные швы. Для кладки устраиваютъ кружала съ опалубкой для верхняго свода (черт. 751). Ихъ снимаютъ не ранѣе времени хорошаго отвердѣнія цемента. Для избѣжанія быстраго высыханія кладки и смягченія случайныхъ ударовъ, послѣ замыканія свода до окончательной засыпки рва полезно покрывать его сверху на $^1/_2$—1 фута землею.

Внутри коллектора всѣ швы должны быть расшиты чистымъ цементнымъ растворомъ.

Коллекторы изъ камня дѣлаются вообще рѣдко, такъ какъ приданіе твердымъ породамъ тѣхъ формъ, которыя нужны для коллекторовъ кладки, затруднительно и дорого; устройство же сводовъ и стѣнъ изъ мелкихъ камней по системѣ бутовой кладки дастъ поверхности, недостаточно гладкія съ неплотными швами и пр. Коллекторы изъ бутовой кладки требуютъ посему штукатурки, что въ свою очередь является источникомъ труднаго ремонта и т. д.

§ 140. Бетонные и желѣзобетонные водостоки.

Примѣры овоидальныхъ водостоковъ изъ бетона, иногда оштукатуренныхъ внутри цементомъ или облицованныхъ внутри кирпичемъ, показаны (черт. 762—765). Эти каналы въ большинствѣ случаевъ лишь при малыхъ размѣрахъ приготовляютъ цѣльными;

обыкновенно же ихъ дѣлаютъ изъ отдѣльныхъ частей (черт. 765), которыя сопрягаются какъ показано на томъ же чертежѣ и соединяются при укладкѣ во рвахъ цементнымъ растворомъ. Такіе каналы при хорошемъ матеріалѣ и исполненіи могутъ даже превосходить по непроницаемости кирпичные и обходиться вмѣстѣ съ тѣмъ дешевле этихъ послѣднихъ. Ихъ недостатокъ большая шероховатость стѣнъ и меньшая способность ихъ сопротивляться износу.

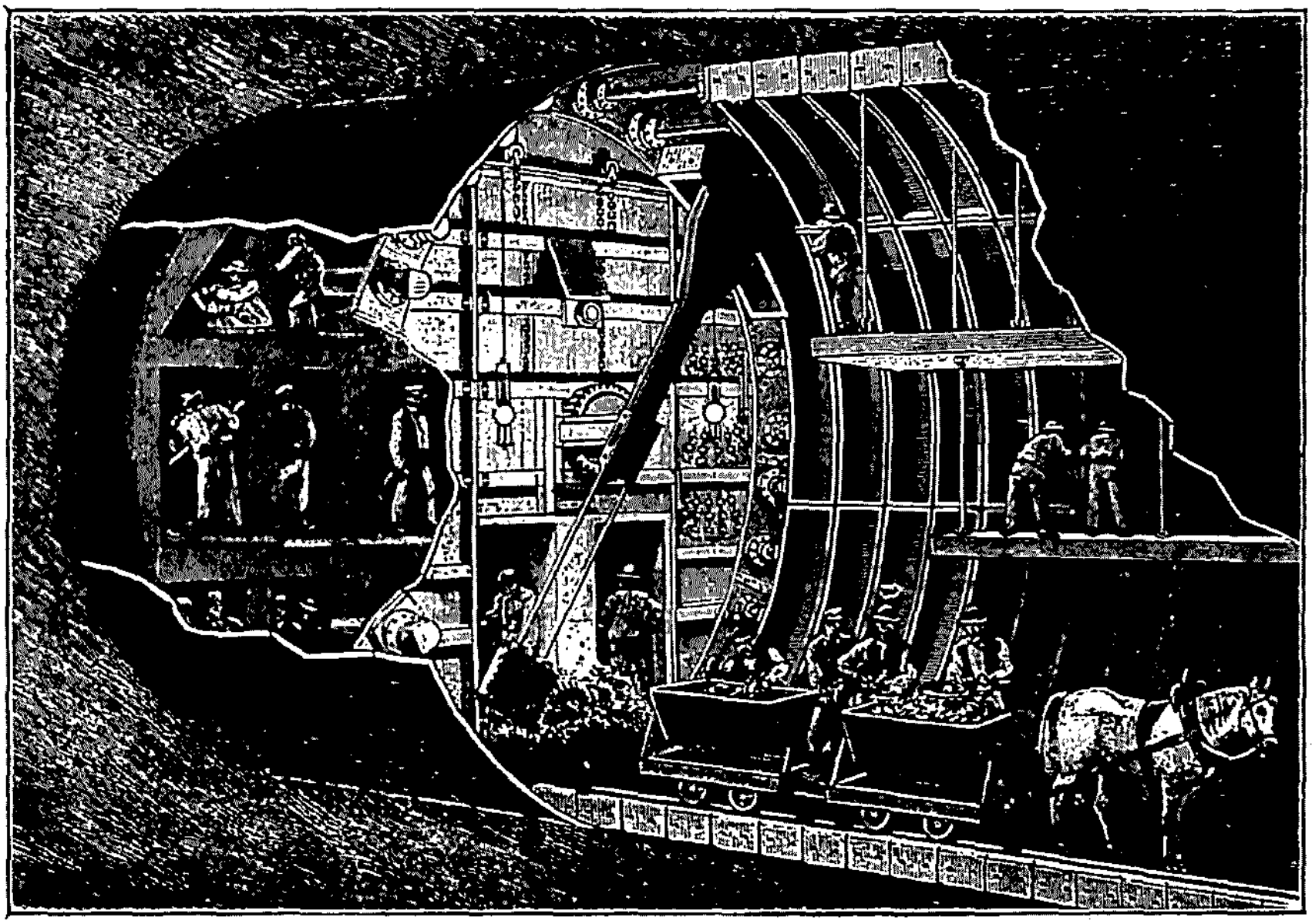
Коллекторы, сдѣланные изъ отдѣльныхъ штукъ, уступаютъ сплошнымъ трубамъ въ устойчивости и водонепроницаемости.

Для приготовленія бетонныхъ штукъ цементъ, сообразно съ его качествомъ смѣшиваютъ съ 2, 3 и болѣе частями песка и прибавляютъ столько воды, чтобы образовать довольно густую кашу, послѣ чего ее смѣшиваютъ съ такимъ количествомъ чистаго щебня, чтобы растворъ заполнилъ всѣ пустоты въ щебеночной массѣ. Затѣмъ бетонъ кладутъ въ соотвѣтственныя формы и уколачиваютъ трамбовками, пока на поверхности не покажется вода, что служитъ доказательствомъ достаточнаго уплотненія бетона. Въ остальномъ производство вполнѣ схоже съ производствомъ трубъ (§ 146). Длина отдѣльныхъ штукъ зависитъ отъ размѣровъ коллектора, или вѣрнѣе отъ вѣса этихъ частей и приспособленій для подъема, перевозки и установки ихъ на мѣстѣ. Для уменьшенія шероховатости стѣнокъ, какъ было упомянуто, ихъ иногда штукатурятъ—растворомъ цемента съ мелкимъ пескомъ, но подобная штукатурка часто отваливается.

Относительно опредѣленія размѣровъ коллекторовъ изъ бетона см. § 148. Для большей увѣренности въ прочности бетонныхъ водостоковъ малыхъ сѣченій, при которыхъ вліяніе неоднородности матеріала на точность разсчета существенно, рекомендуется непосредственное испытаніе прочности. Для этой цѣли можетъ служить приспособленіе, представленное на черт. 766—767.

Въ послѣднее время примѣненіе бетона для устройства водостоковъ получаетъ все большее распространеніе. Изъ бетона дѣлаютъ коллекторы очень значительныхъ сѣченій, изготовляя ихъ въ видѣ монолита прямо на мѣстѣ, подобно тому какъ это представлено для малаго сѣченія на черт. 768—769. Система Монье еще значительно увеличила пригодность бетона для описываемой цѣли. Снабжая бетонный водостокъ металлическимъ скелетомъ, можно очень увеличить прочность стѣнъ, уменьшивъ притомъ толщину ихъ. При этомъ

Устройство туннеля подъ рѣкой Saint-Clair.



Черт. 797.

Общій видъ щита (bouclier) и работъ по извлеченію грунта, отвозкѣ его и постройкѣ металлической одежды туннеля.

(Черт. приводится для иллюстраціи общаго характера такого рода работы).

можно изъ бетона изготовлять трубы (каналы), способныя выдерживать значительное внутреннее давленіе (см. черт. 770—772).

При устройствѣ водостоковъ очень большого сѣченія) такія *желѣзобетонныя* конструкціи охарактеризованныя нами уже выше въ первомъ выпускѣ настоящаго труда (см. § 53) особенно цѣлесообразны. Очень интересны примѣненія этихъ конструкцій, сдѣланныя въ Парижѣ при постройкѣ большого коллектора для отвода водъ на новую группу ирригаціонныхъ полей близъ С. Жерминскаго лѣса, такъ называемаго Aqueduc d'Acheres. Для подробнаго ознакомленія съ ними отсылаемъ читателя къ спеціальному изслѣдованію посвященному этому сооруженію (см. Bechmann et Launay—Notice sur les travaux de l'aqueduc et dupasc agricole d'Achères).

§ 150. Производство работъ по сооруженію водостоковъ.

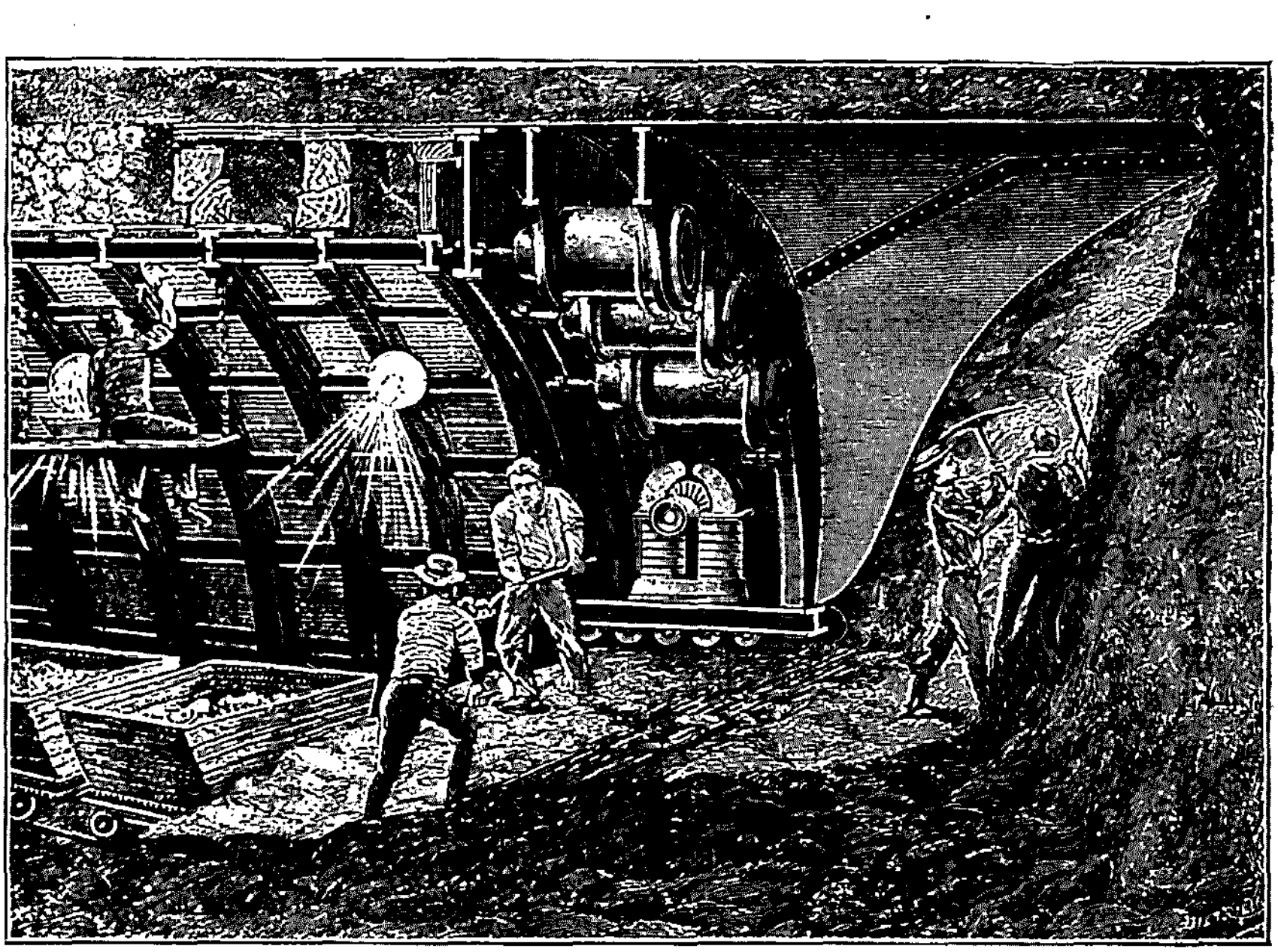
Устройство открытыхъ водостоковъ не представляетъ никакихъ особенностей и не требуетъ дополнительныхъ свѣдѣній къ тѣмъ, которыя даютъ Общія Начала Строительнаго Искусства. Только въ совершенно исключительныхъ случаяхъ (см. черт. 799) такіе водостоки имѣютъ значительные размѣры и требуютъ для своего сооруженія особыхъ пріемовъ и приспособленій, но эти пріемы и приспособленія являются тогда тѣми, которыя примѣняются для постройки судоходныхъ каналовъ.

Иначе обстоитъ дѣло при сооруженій подземныхъ водостоковъ.

Такъ какъ рвы, выкапываемые для укладки коллекторовъ, проходятъ по городскимъ улицамъ и слѣдовательно должны занимать по возможности меньше мѣста, то ихъ дѣлаютъ съ очень крутыми или даже отвѣсными стѣнками. Для безопасности во время работъ, чтобы земля не осыпалась, за исключеніемъ лишь рѣдкихъ случаевъ очень неглубокихъ рвовъ (черт. 773—774)—бока рвовъ укрѣпляютъ досками,—производится такъ называемая штейфовка рвовъ.

Въ хорошемъ сухомъ грунтѣ укрѣпленіе стѣнокъ производится (черт. 775—776) посредствомъ 2-хъ или 3-хъ дюймовыхъ досокъ b, идущихъ вдоль стѣнокъ съ промежутками и распертыхъ брусками s на взаимномъ разстояніи отъ 3 до 7 футъ. Клинья, помѣщаемые иногда между досками и распорками, служатъ для лучшаго распора и для болѣе удобной разборки подпорныхъ досокъ. Чтобы горизон-

Канализація города Парижа.



Черт. 798.

Общій видъ щита, примѣненнаго при постройкѣ коллектора Clichy въ Парижѣ.

тальныя доски не скользили внизъ при отвѣсныхъ стѣнкахъ рва, между двумя послѣдовательными досками вставляютъ куски дерева *b* (черт. 783).

Въ болѣе плохомъ или песчаномъ грунтѣ объ боковыя стѣнки должны быть сплошь обдѣланы досками (черт. 782) и расперты брусками *s*, упирающимися на вертикальные бруки *v*, которые придерживаютъ доски *a*. Для поддержанія распорокъ прибиваютъ брусочки *k* (черт. 783).

При большихъ сооруженіяхъ вмѣсто деревянныхъ, изъ экономическихъ соображеній, распорки дѣлаютъ иногда желѣзными (черт. 779) съ винтомъ. Вставивъ подобную распорку между стѣнками рва и дѣйствуя аншпугомъ, вложеннымъ въ отверстіе *l*, можно распереть доски съ желаемой силой. Такія распорки особенно удобны для временнаго укрѣпленія рва при производствѣ работъ по его устройству, пока еще ходъ работъ не позволяетъ установить постоянныхъ распорокъ.

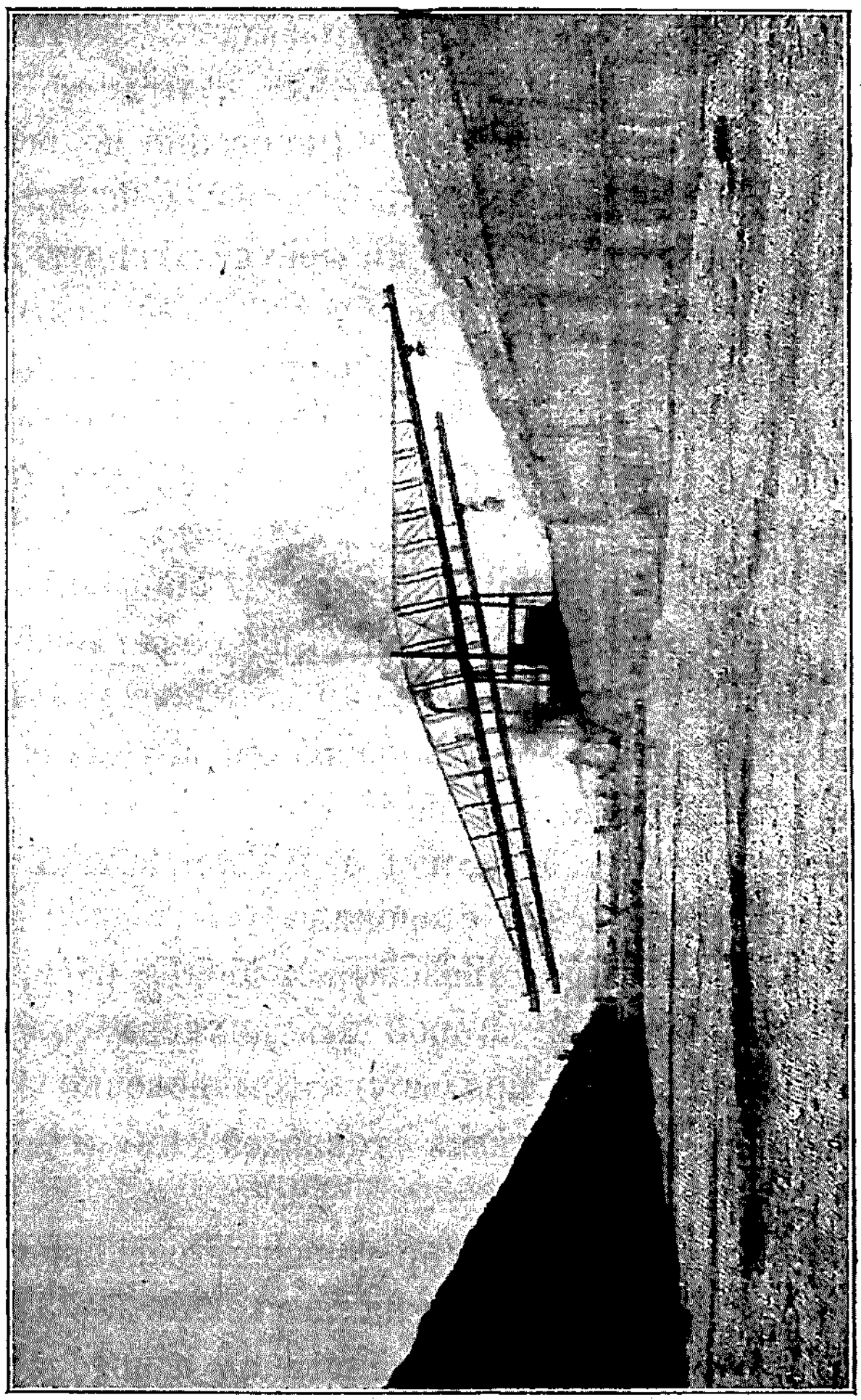
Разстоянія между распорками должны быть таковы, чтобы между ними можно было опустить на дно рва самыя большія части воздвигаемаго коллектора, напр.: при кирпичныхъ—ихъ основанія, при бетонныхъ, состоящихъ изъ трехъ частей,—ихъ сводъ.

Описаннымъ способомъ обдѣлки, при сухомъ грунтѣ можно пользоваться во рвахъ довольно значительной глубины. Такъ, въ Лондонѣ подобный способъ примѣнялся во рвахъ до 34,5 футъ глубиною. Но если ровъ опускается ниже уровня грунтовыхъ водъ, то обыкновенно приходится прибѣгать къ другому способу.

Въ нижней части рва, отъ уровня грунтовыхъ водъ забиваютъ рядъ шпунтовыхъ досокъ (черт. 784), обыкновенно 3″, съ плотной припазовкой во избѣжаніе просачиванія грунта при выкачиваніи воды. Шпунтовый рядъ не слѣдуетъ забивать очень глубоко въ землю, особенно если его затѣмъ надо будетъ удалить: — чтобы не случилась осадка грунта подъ каналомъ. Когда шпунтовый рядъ сдѣланъ, вырываютъ до нужной глубины землю и выкачиваютъ грунтовую воду. Если ея притокъ очень силенъ и выкачать до суха воду нельзя, то на дно между шпунтовыми рядами кладутъ слой бетона отъ $1^1/_2$ до 3 футъ толщиной, послѣ чего обыкновенно бываетъ уже не трудно выкачивать воду (черт. 792).

Обдѣлка рвовъ во всю вышину вертикальными досками (черт.

Производство работъ по сооруженію водостоковъ.



Каналъ прорѣзываетъ водораздѣльный гребень между озеромъ Мичиганъ и рѣкой Иллиноисъ и долженъ пропускать воды озера въ эту рѣку. Длина канала около 38 верстъ. Ширина по днищу — 160 фут. въ скалистомъ и 202 въ земляномъ грунтѣ. Стоимость работъ болѣе 21 милліона долларовъ.

Черт. 799.

Сооруженіе грандіознаго водосточнаго канала для оздоровленія города Чикаго (каналъ будетъ служить и для судоходства).

777, 778, 780, 781 и 785), какъ болѣе неудобная и дорогая, дѣлается лишь по необходимости, обыкновенно, при слабомъ грунтѣ, пропитанномъ водою, или если ровъ имѣетъ небольшія измѣренія въ планѣ, напр. ровъ для кладки въ немъ колодца. Главныя неудобства вертикальной обдѣлки:—необходимость имѣть доски равной длины; необходимость ихъ вколачивать въ грунтъ по мѣрѣ углубленія рва, причемъ доски портятся; необходимость при глубокихъ выемкахъ ставить лишнія доски по всей высотѣ, чтобы внизу препятствовать вываливанію грунта сквозь щели и т. д.

Земля, вынимаемая изо рва, кладется обыкновенно по его краямъ, гдѣ и остается лежать до засыпки рва и отвозки излишка отъ мѣста работъ. Если почему либо нельзя на время стѣснить движеніе экипажей, то вынутая земля (по способу Carson'a) подымается со дна рва въ бадьяхъ, которыя затѣмъ по протянутымъ надо рвомъ канатамъ, отправляются къ верхнему концу рва, гдѣ земля изъ бадей служитъ для засыпки уже выстроеннаго тамъ канала, или же увозится отсюда прочь.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда каналы приходится проводить очень глубоко подъ землею, такъ что ихъ постройка не можетъ быть произведена въ открытыхъ рвахъ или обошлась бы слишкомъ дорого, прибѣгаютъ къ тоннелямъ. Въ твердыхъ породахъ внутренія укрѣпленія при этомъ обыкновенно не бываютъ нужны. Если же грунтъ слабъ, то приходится укрѣплять бока или верхъ тоннеля, а иногда нерѣдко укрѣплять тоннель со всѣхъ сторонъ.

На чертежахъ 786 и 787 представлены наиболѣе распространенные способы обдѣлки тоннелей: второй изъ нихъ въ болѣе слабомъ грунтѣ. Форма тоннелямъ придается обыкновенно трапецоидальная. Особенно трудна обдѣлка тоннелей въ плывучихъ породахъ.

Расположенныя въ формѣ трапеціи бревенчатыя распорки (черт. 786—789) располагаются другъ отъ друга на разстояніи 2—3 футъ и съ помощью клиньевъ поддерживаютъ заостренныя съ одного конца 3′ доски и землю. Эти продольныя доски захватываются по крайней мѣрѣ двумя распорками и вдвигаются наискось, такъ что въ продольномъ разрѣзѣ обдѣлка имѣетъ видъ ряда усѣченныхъ пирамидъ, большое основаніе которыхъ направлено къ концу тоннеля, также непремѣнно обдѣланнаго досками. Продольныя доски причерчиваются

параллельно и лишь угловыя срѣзываются наискось, соотвѣтственно парамидальной формѣ обдѣлки. Чтобы клинья дѣйствовали лучше и чтобы грунтъ не высыпался, сверхъ клиньевъ кладутъ поперечныя доски.

Во Франкфуртѣ на Майнѣ былъ примѣненъ способъ обдѣлки, показанный на черт. 790 и 791.

Въ подобныхъ тоннеляхъ возводятъ каналъ и заполняютъ боковыя пазухи хорошимъ матеріаломъ, напримѣръ кирпичной кладкой и т. п.

По другому способу укладка водосточныхъ коллекторовъ при глубокомъ заложеніи въ плывучихъ породахъ можетъ быть достигнута при помощи замораживанія грунта (Poetch. Das Gefrierverfahren).

Въ послѣднее время получилъ распространеніе особый способъ производства тунельныхъ работъ при посредствѣ подвижныхъ металлическихъ крѣпей, называемыхъ щитомъ (bouclier). Способъ этотъ понятенъ въ своихъ осповныхъ чертахъ изъ чертежей 795—798. Онъ нашелъ себѣ обширныя примѣненія при постройкѣ новѣйшихъ коллекторовъ въ Парижѣ и имѣетъ обширную спеціальную литературу (см. въ числѣ другихъ Legouëz-Emploi du Bouelier).

Когда ровъ или туннель выкопанъ, приступаютъ къ устройству основанія и кладкѣ самаго коллектора. Если его приходится класть на плотномъ, сухомъ грунтѣ, то вполнѣ прочнымъ основаніемъ будутъ 2—3 ряда кирпичей, положенныхъ плашмя въ перевязку на гидравлическомъ растворѣ или цементѣ. Въ умѣренно плохихъ грунтахъ обыкновенно бываетъ достаточно устроить ростверкъ съ опалубкой въ 3″ досокъ (черт. 748 и 749). Если есть опасеніе сильнаго опусканія уровня грунтовыхъ водъ ниже основанія, то коллекторъ лучше построить прямо на слоѣ бетона. Въ сильно болотистыхъ грунтахъ, что можетъ впрочемъ встрѣтиться рѣдко, приходится прибѣгать къ забивкѣ свай, а иногда даже и къ арочнымъ основаніямъ.

Для болѣе легкаго и вѣрнаго выполненія кладки кирпичнаго коллектора, его нижняя часть, какъ было сказано выше, дѣлается въ видѣ отдѣльныхъ кусковъ (внѣ рва) изъ кирпича, бетона, гончаровъ или штейнгута, и затѣмъ кладется на выровненное основаніе, послѣ чего производится кладка съ соблюденіемъ вышеприведенныхъ пра-

вилъ. Здѣсь будетъ не лишнимъ замѣтить, что употребленіе гончарныхъ и штейнгутовыхъ основаній не можетъ быть рекомендовано при песчаномъ грунтѣ такъ же, какъ нельзя рекомендовать при подобномъ грунтѣ укладку дренажныхъ трубъ подъ бетонный слой фундамента, такъ какъ и штейнгутовыя штуки, и дренажныя трубы скоро наполняются пескомъ, вымываемымъ изъ подъ основанія, и тогда легко можетъ произойти осадка самаго канала. При штейнгутовыхъ основаніяхъ (черт. 755 — 757), чрезъ ихъ стыки въ коллекторъ проникаетъ вмѣстѣ съ грунтовой водой также мелкій песокъ, чего отнюдь не должно допускать. Вообще каналы, сдѣланные въ Англіи на подобныхъ штейнгутовыхъ основаніяхъ, не дали особенно хорошихъ результатовъ.

Пустое пространство, остающееся около основанія и боковыхъ стѣнокъ коллектора, большею частью заполняется кирпичной кладкой, идущей до $^1/_2$ или $^3/_4$ его высоты (черт. 748). Этимъ каналъ дѣлается болѣе устойчивымъ, и давленіе на нижележащій слой земли передается болѣе равномѣрно. При болѣе слабыхъ грунтахъ боковую кладку къ низу упиряютъ (черт. 749).

Съ одинаковой заботливостью въ выполненіи слѣдуетъ относиться и къ устройству основаній для небольшихъ трубчатыхъ водосточныхъ проводовъ, такъ какъ они еще менѣе прочны, чѣмъ большіе каналы, слѣдовательно и небольшая осадка отзовется на нихъ серьезно. Въ сухомъ, плотномъ (не наносномъ) грунтѣ трубы вполнѣ безопасно кладутся на слой песка, которымъ выравнивается дно канавъ. На грунтѣ средняго качества для основанія употребляютъ доски, подъ стыки которыхъ кладутъ пластины или поперечные куски досокъ; сверху насыпаютъ слой песка и на него уже укладываютъ трубы (черт. 793—794), или же поперекъ канавы въ ея дно забиваютъ рядъ досокъ съ полукруглыми выемками, соотвѣтствующими наружному діаметру трубы, и на нихъ укладываютъ трубы. На грунтѣ плохого качества трубы укладываютъ на слой бетона, выровненный пескомъ.

Засыпка рвовъ послѣ устройства коллекторовъ должна производиться осторожно, и въ глинистой почвѣ полезно ихъ засыпать предварительно хотя бы на одинъ аршинъ пескомъ.

При устройствѣ коллекторовъ нужно путемъ многократныхъ нивеллировокъ убѣдиться въ томъ, что паденіе стока отвѣчаетъ проект-

ному. Тщательность въ выборѣ матеріаловъ и исполненія работъ по укрѣпленію подошвы и самой кладки здѣсь еще важнѣе, чѣмъ при надземныхъ постройкахъ. Исправленія и передѣлки, причина которыхъ чаще всего кроется въ нарушеніи этой тщательности и которыя приходится производить во время дѣйствія канализаціи, технически очень трудны и сопряжены съ значительными денежными затратами.

ГЛАВА ДЕВЯТНАДЦАТАЯ.

Общеплавная система. Приборы и дополнительныя устройства.

СОДЕРЖАНІЕ: § 151. Патрубки.—§ 152. Соединительные колодцы въ трубопроводахъ.—§ 153. Соединенія овоидальныхъ коллекторовъ.—§ 154. Смотровые колодцы.—§ 155. Ливнеотводы.—§ 156. Пересѣченія съ газо- и водо-отводными трубами.—§ 157. Дюкеры или сифоны. — § 158. Приспособленія для дренажа почвы.

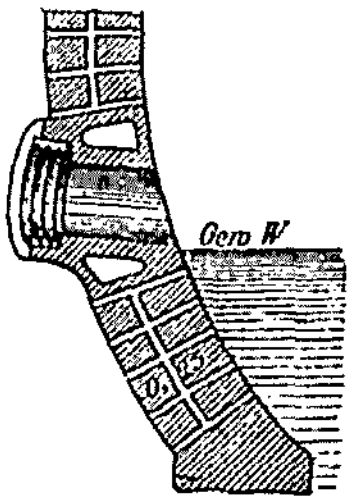
§ 151. Патрубки.

Одновременно съ укладкой уличныхъ водостоковъ круглаго или овоидальнаго сѣченія слѣдуетъ приготовлять мѣста для будущихъ соединеній съ домовыми приборами и уличными дождевыми пріемниками, черезъ посредство которыхъ въ каналы поступаютъ домовыя и дождевыя воды.

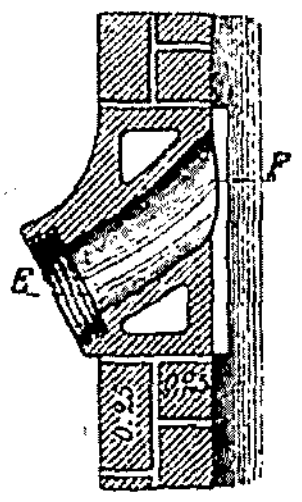
Для соединеній круглыхъ коллекторовъ съ домовыми проводами и дождевыми пріемниками, въ линію круглыхъ трубъ вставляются звенья съ патрубками, составляющими одно цѣлое съ самою трубою (черт. 730).

Для подобныхъ же соединеній овоидальныхъ коллекторовъ, въ ихъ стѣнки закладываются особаго рода гончарные, штейнгутовые (черт. 800 и 801) или цементные патрубки. Если патрубокъ будетъ служить для соединенія съ домовыми проводами, то его закладываютъ немного выше уровня сточныхъ водъ въ сухую погоду, или чаще—на линіи пятъ верхняго свода. Если патрубокъ будетъ служить для принятія трубы отъ дождеваго пріемника, то его всегда слѣдуетъ закладывать на линіи пятъ верхняго свода. Уголъ оси патрубка съ осью коллектора не долженъ быть великъ; самое практичное — уголъ въ 60°; при большемъ углѣ — теченіе въ главномъ

Соединенія водостоковъ.



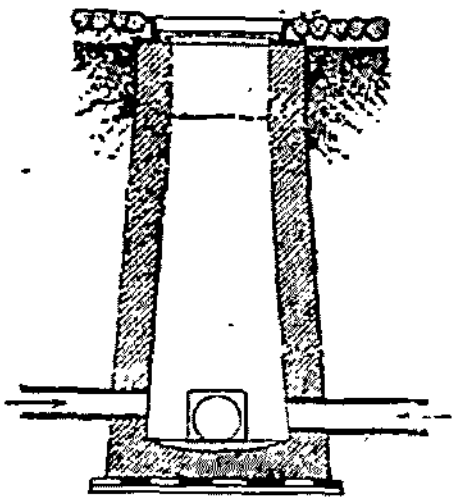
Черт. 800.

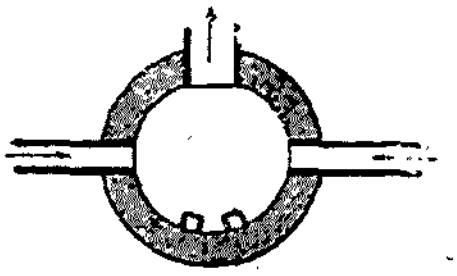


Черт. 801.

Вертикальный и горизонтальный разрѣзъ стѣнки кирпичнаго водостока въ мѣстѣ соединенія его съ круглымъ гончарнымъ или штейнгутовымъ.

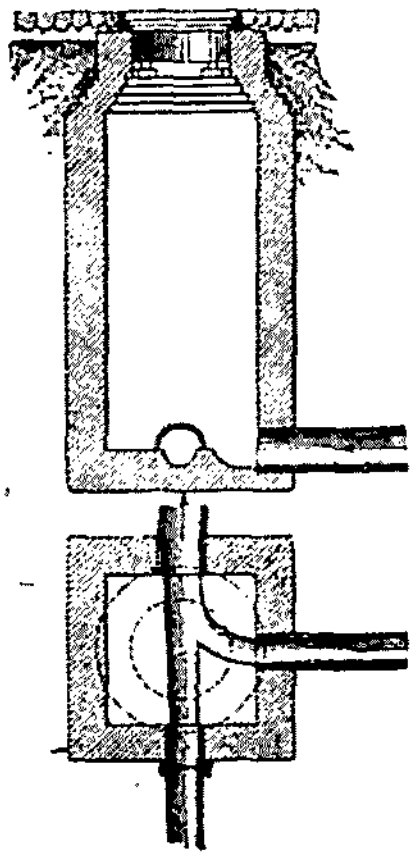
Черт. 802.





Черт. 803.

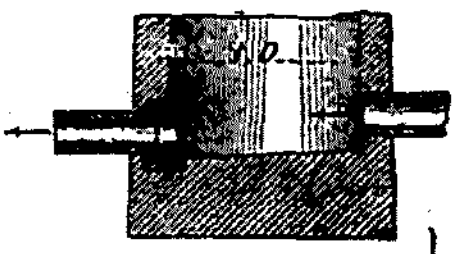
Черт. 800—811.—Различные случаи соединенія трубопроводовъ посредствомъ колодцевъ.



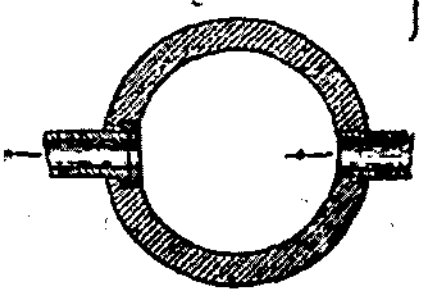
Черт. 804.
Разрѣзъ.

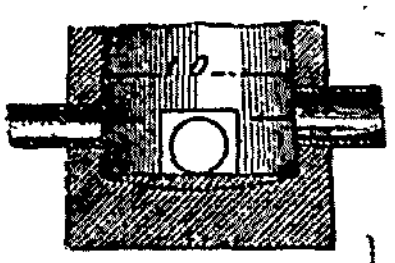
Черт. 805.
Планъ.

Черт. 806.
Разрѣзъ.



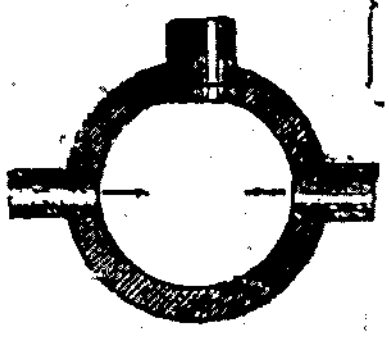
Черт. 807.
Планъ.



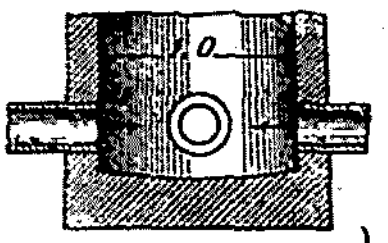


Черт. 806.
Разрѣзъ.

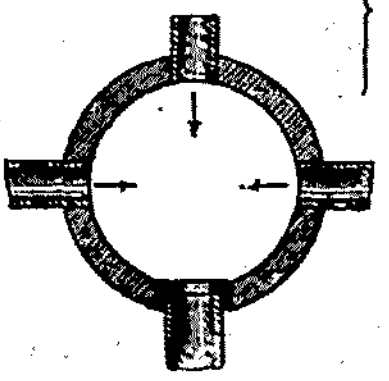
Черт. 809.
Планъ.



Черт. 810.
Разрѣзъ.



Черт. 811.
Планъ.



Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ. Черт. 802—805 изъ соч. Греча и Чижова.

стокъ встрѣчаетъ значительное препятствіе въ притекающей струѣ изъ боковой трубы, при меньшемъ — патрубокъ выходитъ неудобоисполнимой формы.

Такъ какъ при проектированіи канализаціи имѣется въ виду соединить хотя бы современемъ всѣ дома съ уличными водостоками, то при исполненіи проекта патрубки для домовыхъ проводовъ закладываются въ уличные коллекторы противъ воротъ каждаго домоваго участка и до устройства домовыхъ проводовъ закрываются деревянными, или лучше гончарными пробками (подобно тому какъ на черт. 731), и сверху замазываются.

§ 152. Соединительные колодцы въ трубопроводахъ.

Соединенія круглыхъ коллекторовъ между собою въ уличной канализаціи дѣлаются при помощи колодцевъ круглой, прямоугольной или многогранной формы въ планѣ (черт. 802—811). Большихъ перепадовъ въ колодцахъ слѣдуетъ избѣгать, такъ какъ при этомъ изъ сточной воды выдѣляется много газовъ. Если примыкающія къ колодцу трубы лежатъ приблизительно въ одной плоскости, то на днѣ иногда устраиваютъ желобки, направляющіе теченіе въ сухую погоду (черт. 804 и 805). Соединенія овоидальныхъ съ круглыми (уличными) коллекторами дѣлается чаще всего посредствомъ колодцевъ, подобныхъ вышеописаннымъ.

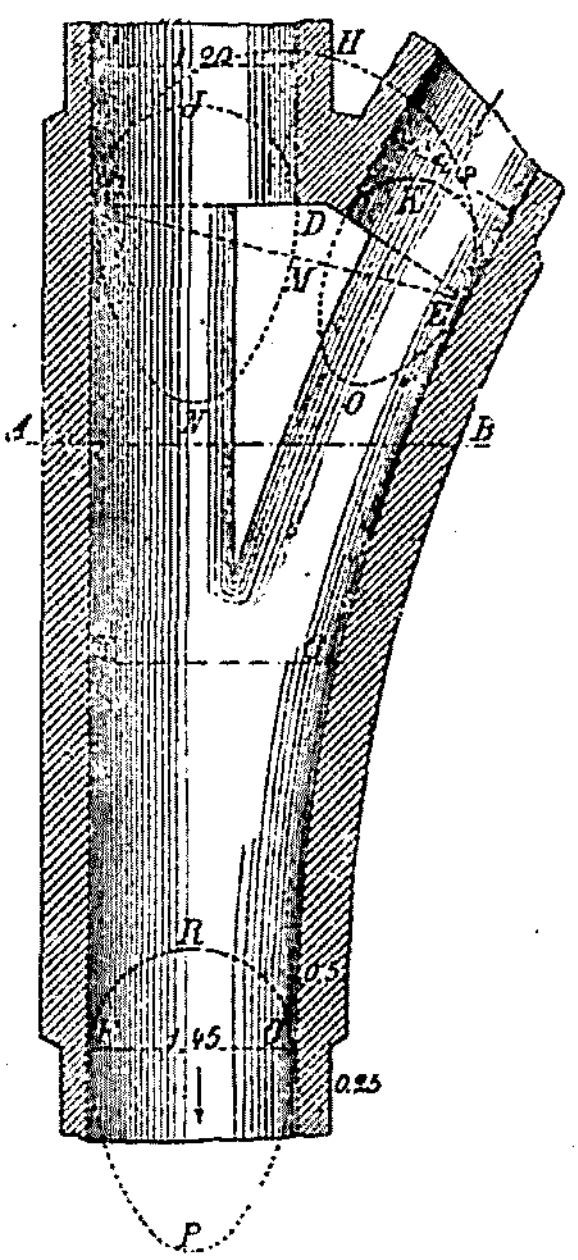
§ 153. Соединеніе овоидальныхъ коллекторовъ.

Соединенія овоидальныхъ коллекторовъ между собою дѣлаются при помощи трубчатыхъ сводовъ или посредствомъ соединительныхъ колодцевъ.

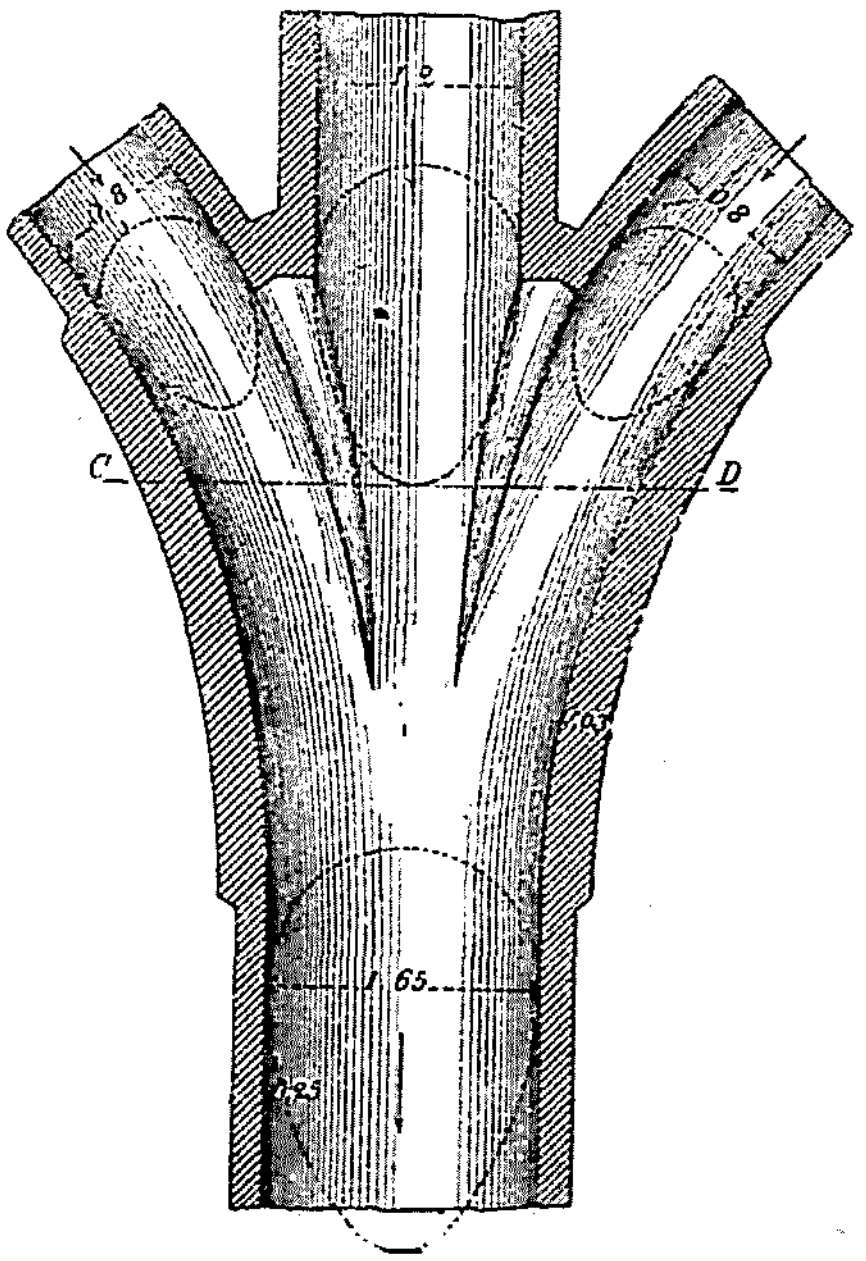
Соединеніе трубчатымъ сводомъ, показанное на черт. 812, 813, 814, 815 и 816, производится по кривымъ, радіусомъ не менѣе 20—30 футъ, причемъ между соединяемыми галлереями дѣлаются небольшіе хребты, которые направляютъ теченіе и занимаютъ какъ разъ тѣ мѣста, гдѣ болѣе всего могли бы начать образовываться осадки.

Подошвы главныхъ коллекторовъ въ мѣстахъ соединенія располагаются такъ, чтобы уровни водъ въ сухую погоду лежали въ одной плоскости. Если къ главному коллектору примыкаетъ второстепенный,

Соединенія водостоковъ.

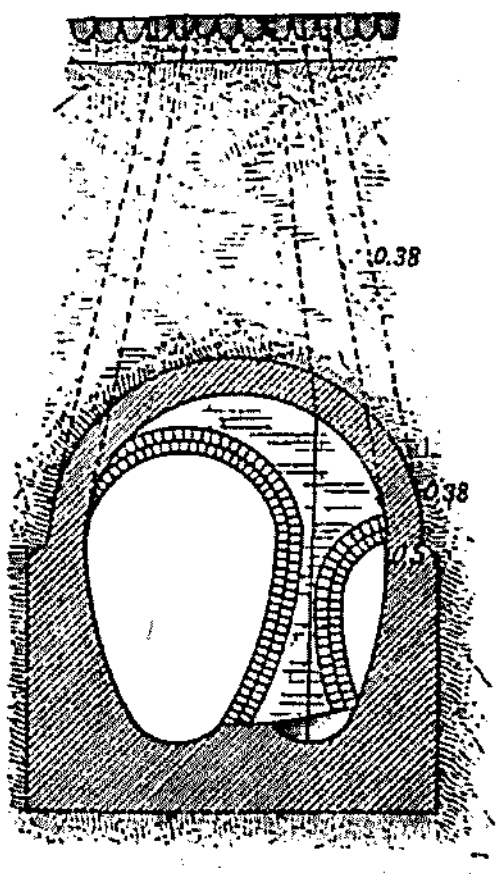


Черт. 812.—Планъ.

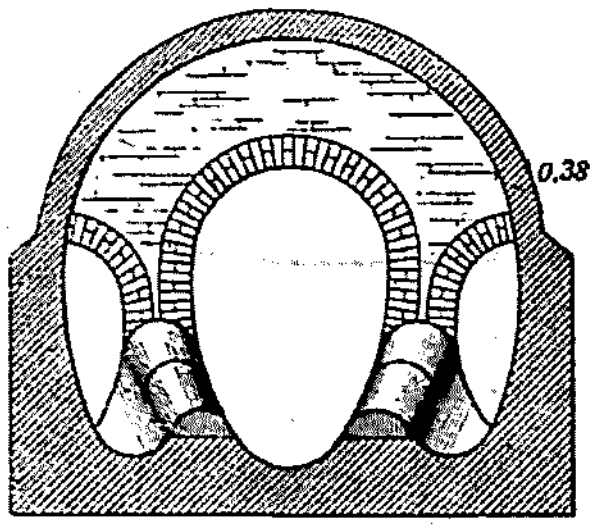


Черт. 814.—Планъ.

Черт. 812 — 815. — Соединеніе 2 и 3 кирпичныхъ коллекторовъ трубчатымъ сводомъ.



Черт. 813. — Разрѣзъ.



Черт. 815. — Разрѣзъ.

Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

то подошва этого послѣдняго подымается нѣсколько выше уровня обыкновенныхъ сточныхъ водъ въ главномъ коллекторѣ, или же подошвы располагаютъ такъ, чтобы линія пять верхнихъ сводовъ обоихъ коллекторовъ лежала на одной прямой. Въ настоящее время соединеній трубчатыми сводами иногда избѣгаютъ вслѣдствіе трудности ихъ исполненія и дороговизны. Во всякомъ случаѣ подобнаго рода соединенія слѣдуетъ устраивать лишь на коллекторахъ доступныхъ осмотру (не ниже 4′).

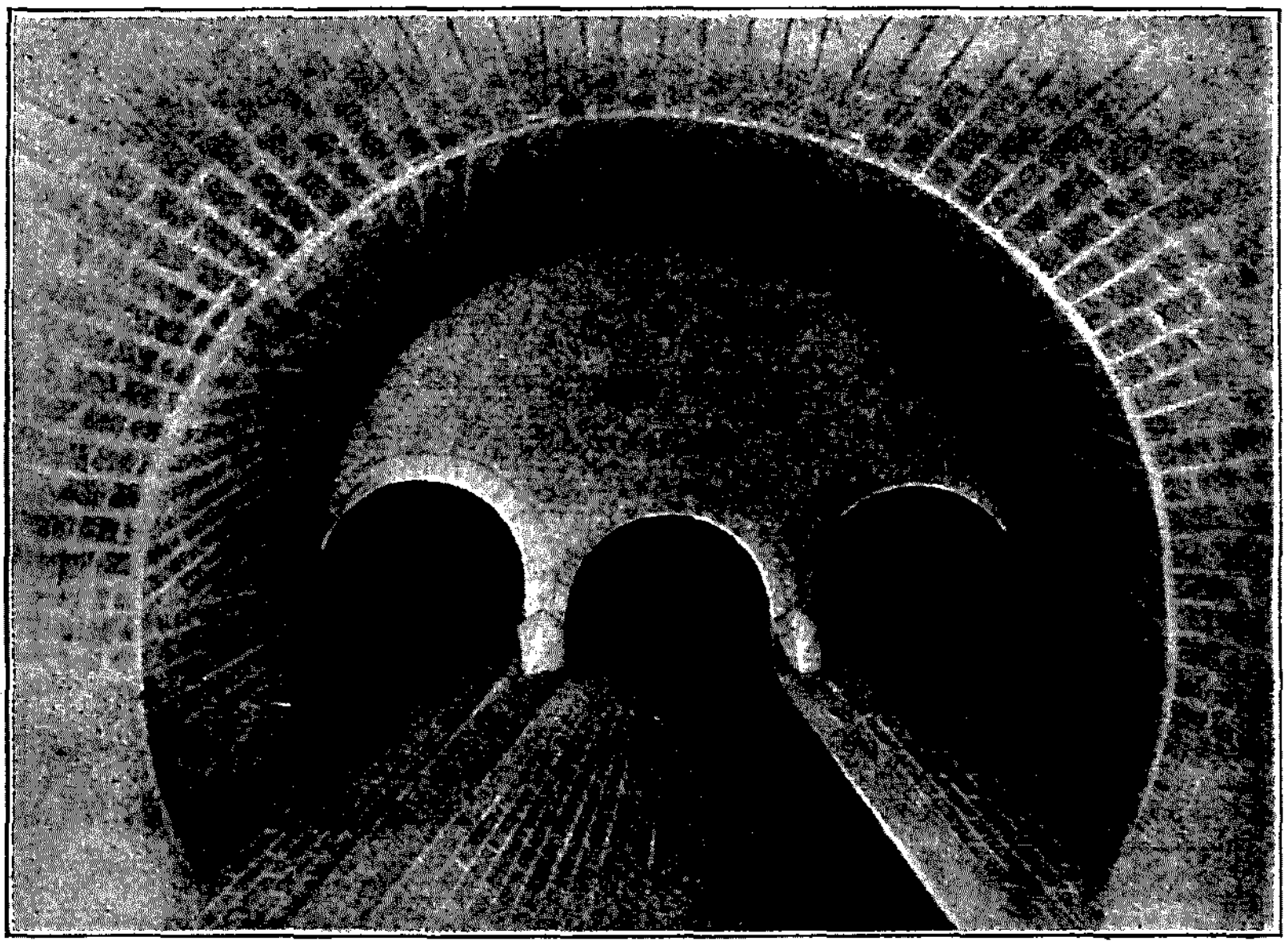
Соединеніе овоидальныхъ коллекторовъ при помощи колодцевъ слѣдуетъ допускать лишь когда концы коллекторовъ сходятся между собою подъ угломъ не болѣе 60°. Колодцы эти представляютъ изъ себя камеру, въ которую входятъ соединяемые каналы; камера перекрыта сводомъ и сверху снабжена лазомъ. Дно камеры дѣлается желобчатымъ для лучшаго направленія теченія. Соединительныя камеры можно разсматривать какъ упрощеніе соединеній трубчатымъ сводомъ, но эти послѣднія несомнѣнно гораздо лучше и дѣйствуютъ болѣе правильно.

Всякое соединеніе уличныхъ коллекторовъ между собою, круглыхъ или овоидальныхъ, должно быть снабжено смотровымъ колодцемъ для возможности наблюденія за правильностью протока воды. Поэтому, если соединеніе устраивается помощью колодца, то этотъ соединительный колодезь служитъ въ то же время и смотровымъ.

Если соединеніе сдѣлано помощью трубчатаго свода, то оно также непремѣнно должно быть снабжено смотровымъ колодцемъ, или этотъ послѣдній долженъ находиться вблизи. Вотъ почему соединительные колодцы даже небольшихъ коллекторовъ, не доступныхъ для ходьбы по нимъ, устраиваются такихъ размѣровъ, чтобы въ нихъ могъ помѣститься рабочій. Какъ размѣры, такъ и нѣкоторые детали устройства соединительныхъ колодцевъ аналогичны съ смотровыми (§ 154).

Цѣлесообразное и правильное соединеніе коллекторовъ въ планѣ и въ профили имѣютъ огромное значеніе. Нужно всячески стремиться къ тому, чтобы движеніе воды въ коллекторахъ было возможно плавно и чтобы она не встрѣчала сопротивленій, которыя могутъ быть устранены. Мѣстныя условія уклона и плана (угловъ между линіями коллекторовъ) и т. д. играютъ здѣсь большую роль. Дать

Канализація города Dêtroit (С. А. С. Шт.).



Черт. 816.

Внутренній видъ сводчатаго соединенія трехъ коллекторовъ въ одинъ.

(Изъ журнала Municipal Engineering, Nov. 1900).

указанія общія, годныя для всякихъ случаевъ нельзя. Нужно, чтобы инженеръ самымъ серьезнымъ образомъ изслѣдовалъ тѣ частные случаи, которые представляются его рѣшенію. Полезными указаніями могутъ быть чертежи исполненныхъ канализацій. Цѣнныя данныя заключаются также въ сочиненіи *Jules Hervieu — Traité pratique de la construction des égouts* (Paris. 1897).

§ 154. Смотровые колодцы.

Смотровые колодцы, устраиваемые на всемъ протяженіи водосточной сѣти, служатъ для наблюденія за исправностью дѣйствія и состоянія уличныхъ коллекторовъ и для ихъ вентиляціи. Послѣднее назначеніе будетъ разсмотрѣно ниже въ главѣ о вентиляціи стоковъ; пока же мы будемъ ихъ разсматривать, какъ шахты, служащія для выхода рабочихъ.

При трубчатыхъ проводахъ смотровые колодцы дѣлаютъ въ планѣ круглой, прямоугольной или многоугольной формы.

Наиболѣе удачная, въ смыслѣ устойчивости, форма — круглая (черт. 802 и др.), и при такой формѣ, если грунтъ не слишкомъ плохъ, толщину стѣнокъ при небольшихъ глубинахъ колодцевъ (до 7 футъ) вполнѣ достаточно дѣлать толщиною въ 1 кирпичъ.

Размѣры внутри, какъ и всякаго смотрового колодца, должны быть таковы, чтобы рабочій, вошедшій въ него для осмотра и прочистки трубъ, могъ тамъ двигаться, для чего нужна ширина по низу въ $3^1/_2$, а по верху $2^1/_2$ фута.

Если количество осадковъ, влекомыхъ по круглымъ коллекторамъ, очень велико, то дно смотровыхъ колодцевъ иногда углубляютъ дюймовъ на 6 ниже подошвы трубъ для того, чтобы тамъ могли отлагаться песокъ и вообще тяжелыя нерастворимыя частицы сточныхъ водъ. Въ овоидальныхъ каналахъ подобное устройство совершенно не нужно.

Въ смотровыхъ колодцахъ овоидальныхъ коллекторовъ различаютъ два главныхъ типа:

1) боковые колодцы, которые примыкаютъ къ каналу сбоку;

2) вертикальные колодцы, располагаемые надъ верхнимъ сводомъ канала.

Первый типъ (черт. 817 и 818) обходится дорого, почему въ

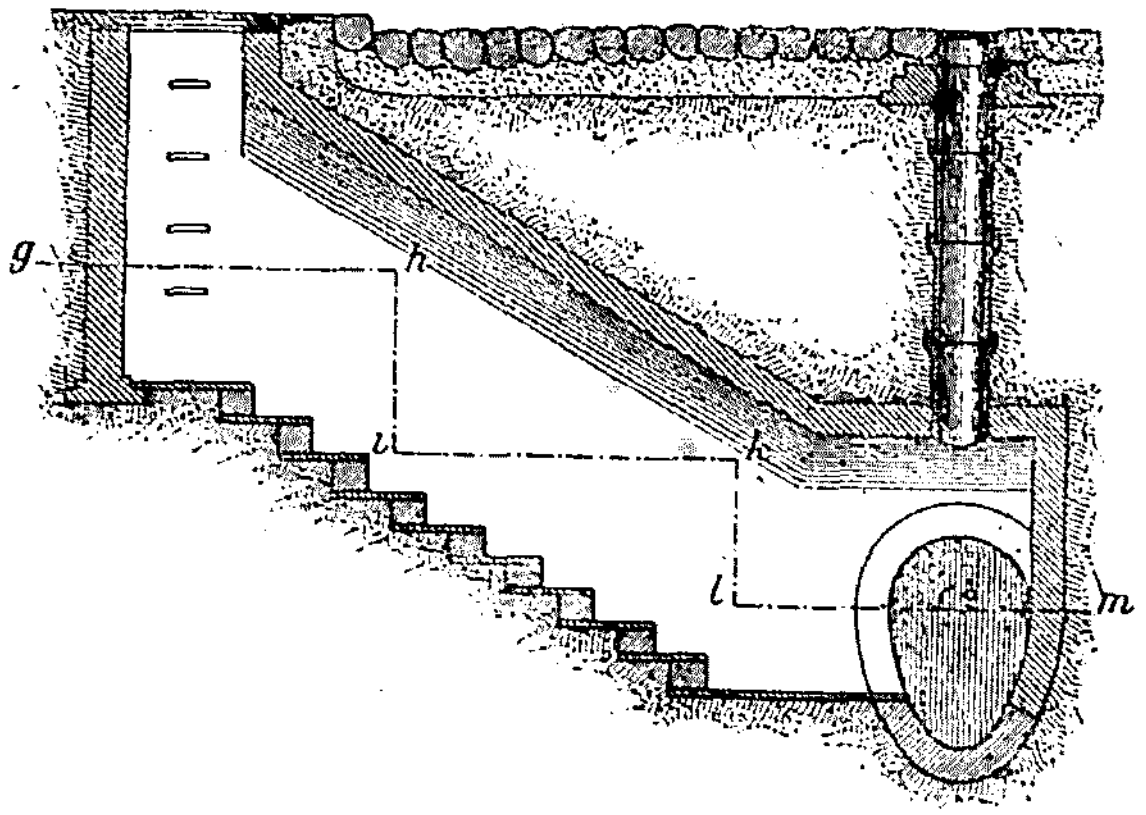
настоящее время его примѣняютъ лишь на улицахъ съ очень сильнымъ движеніемъ, когда входъ въ шахту по срединѣ улицы былъ бы затруднителенъ. Какъ видно изъ чертежа, въ мѣстѣ соединенія бокового хода съ коллекторомъ сѣченіе канала сразу увеличивается, что при дождяхъ, когда уровень высокъ и сточная вода разливается по боковому ходу, способствуетъ образованію водоворотовъ и осажденію грязи, которая послѣ спада воды легко можетъ придти въ броженіе и гніеніе, почему и должна быть тщательно удаляема.

Этого недостатка не имѣютъ вертикальные смотровые колодцы. Въ небольшихъ каналахъ они ставятся прямо на боковыхъ стѣнкахъ (чер. 819 — 821). Въ большихъ каналахъ колодезь ставится на верхній сводъ коллектора (черт. 822 и 823). Въ горизонтальномъ разрѣзѣ эти колодцы представляютъ обыкновенно квадратъ или прямоугольникъ, которые по мѣрѣ приближенія къ верху переходятъ въ кругъ. Въ мѣстахъ соединенія съ колодцами боковыя стѣнки коллекторовъ утолщаютъ, чтобы дать болѣе крѣпости соединенію и самому колодцу, который дѣлаютъ толщиной не менѣе одного кирпича. Внутри съ одной стороны колодца въ его стѣну вдѣлываютъ чугунныя или желѣзныя ступеньки, одинъ изъ типовъ которыхъ представленъ съ его размѣрами на черт. 824 и 825. Эти ступеньки служатъ для входа и выхода рабочихъ изъ колодца.

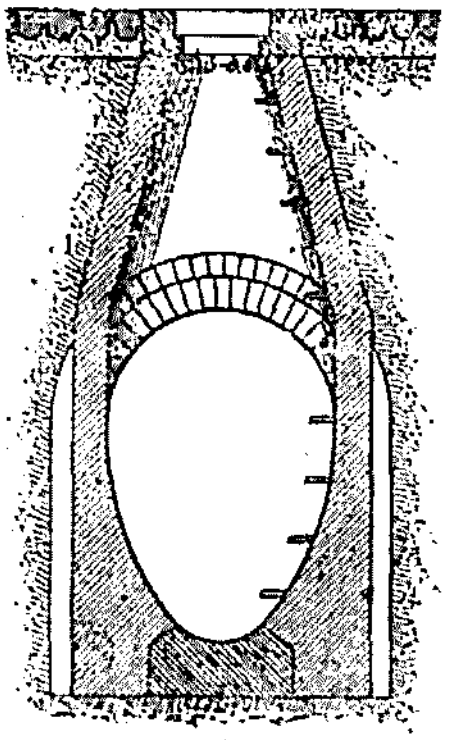
Сверху всѣ смотровые колодцы закрываются чугунными крышками, входящими въ такую же раму (см. черт. 829—836). Діаметръ крышки, если она круглая, для возможности входа долженъ быть не менѣе 20″. Если крышка овальная, то большій діаметръ долженъ быть не меньше 24″, а меньшій—15″. Черт. 835 и 836 показываютъ устройство очень удачнаго типа чугунной крышки англійской системы. По краямъ эта крышка снабжена отверстіями, а въ срединѣ въ нее вставлены деревянныя шапки, выдающіяся на $^3/_4$″ для смягченія ударовъ колесъ экипажей о крышку. Когда крышка снята, для предупрежденія несчастій съ прохожими, необходимо ограждать люкъ колодца. Изъ многочисленныхъ типовъ ограждающихъ рѣшетокъ одинъ показанъ на черт. 828.

Разстоянія отъ одного смотрового колодца до другого дѣлаются: при трубчатыхъ коллекторахъ — отъ 30 до 40 саж., при овоидальныхъ второстепенныхъ — отъ 40 до 70 саж., при главныхъ — отъ 70 до 100 саж. Слѣдуетъ, однако, стремиться къ сокращенію этихъ

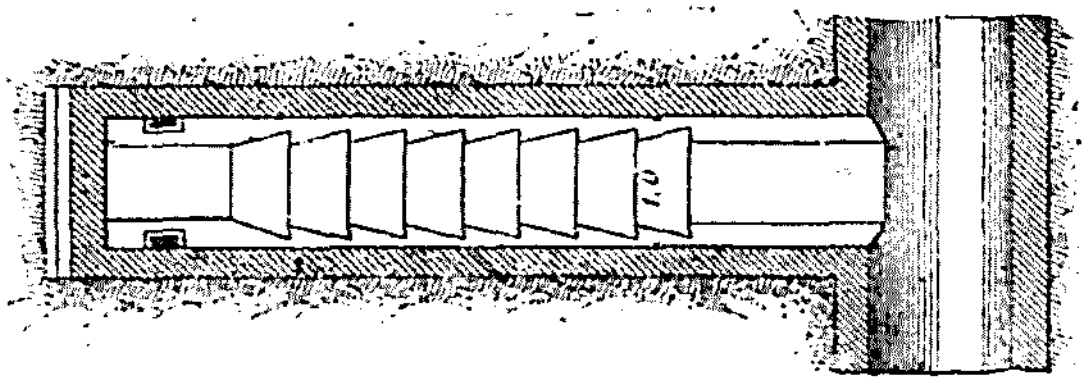
Смотровые колодцы.



Черт. 817.



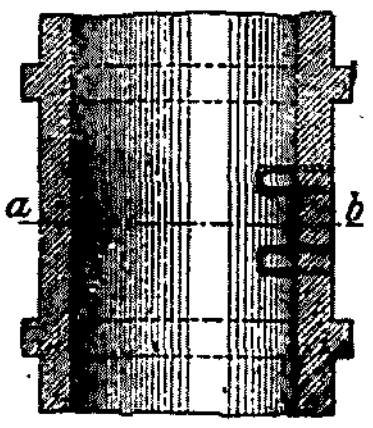
Черт. 819.—Разрѣзъ.
(Къ черт. 821).



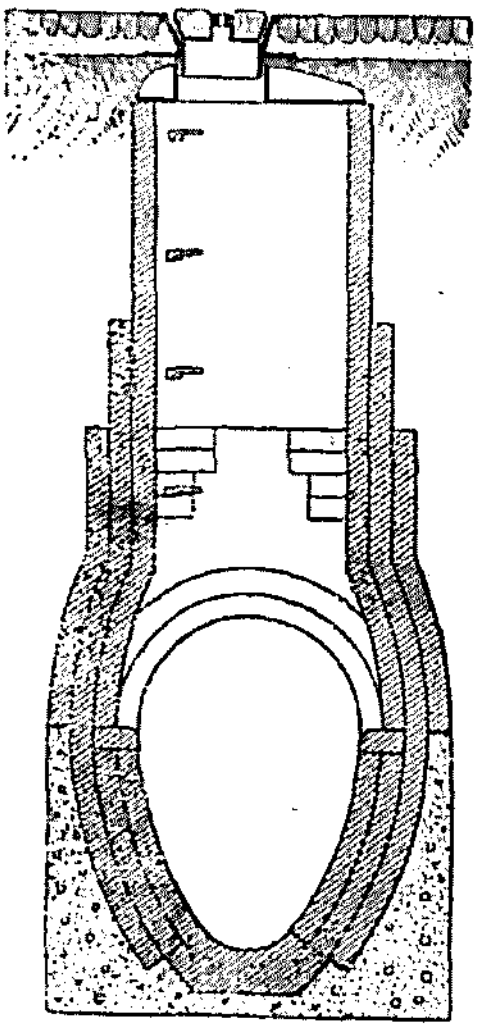
Черт. 818.

Черт. 817 и 818.—Разрѣзъ и планъ бокового смотроваго колодца.

План къ разрѣзу, представленному на черт. 819.



Черт. 820.

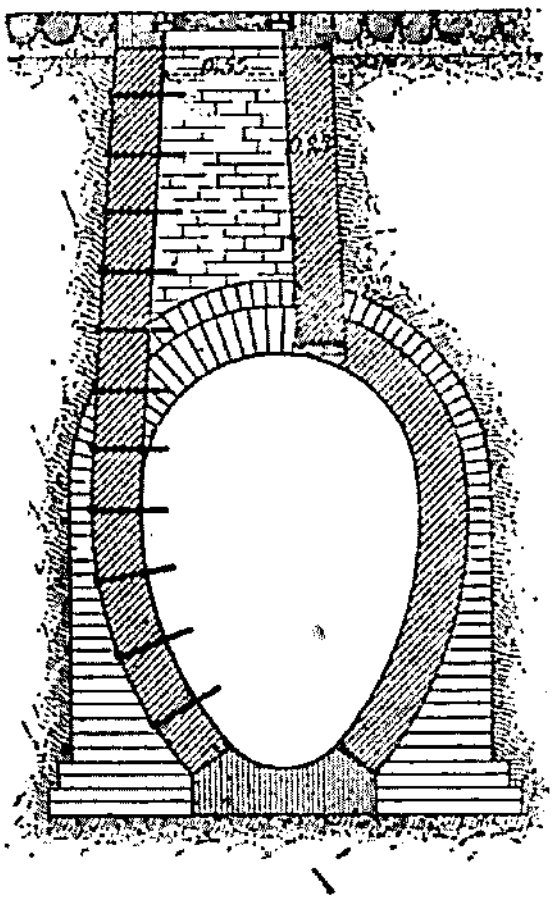


Черт. 821.

Черт. 819—821.—Устройство надсводныхъ смотровыхъ колодцевъ.

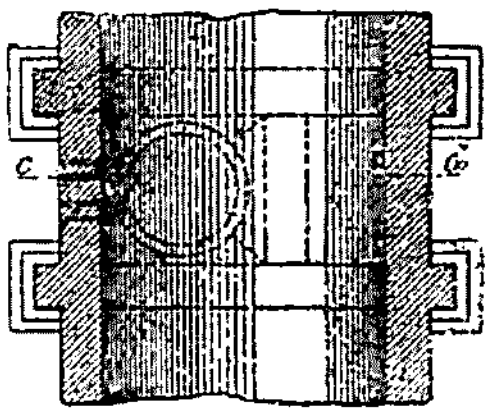
Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ. Черт. за исключеніемъ 809, изъ соч. A. Frühling'a. Черт. 809 изъ соч. Греча и Чижова.

Смотровые колодцы.



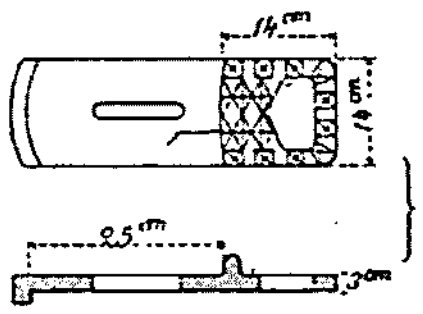
Черт. 822. — Разрѣзъ.

Планъ къ разрѣзу, представленному на черт. 822.



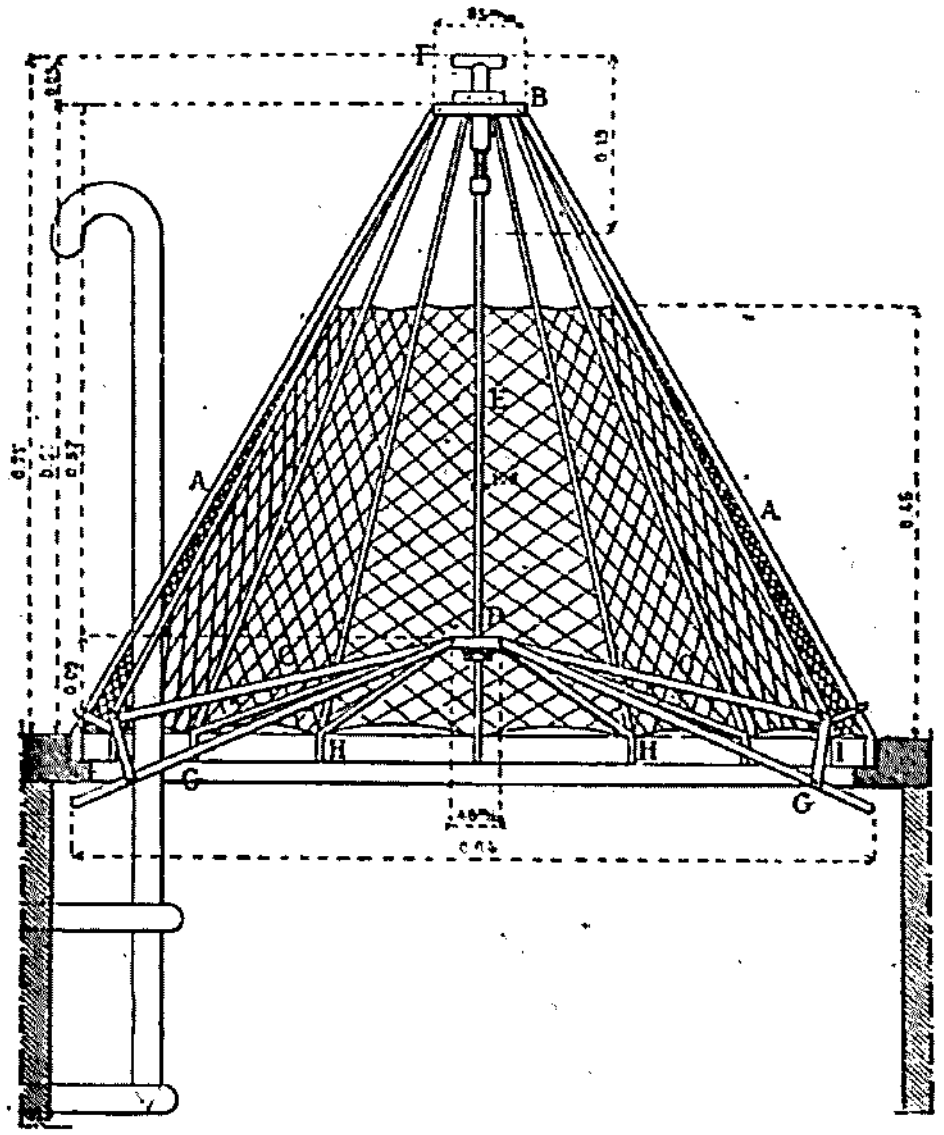
Черт. 823.

Черт. 822 и 823. — Устройство надсводныхъ смотровыхъ колодцевъ.

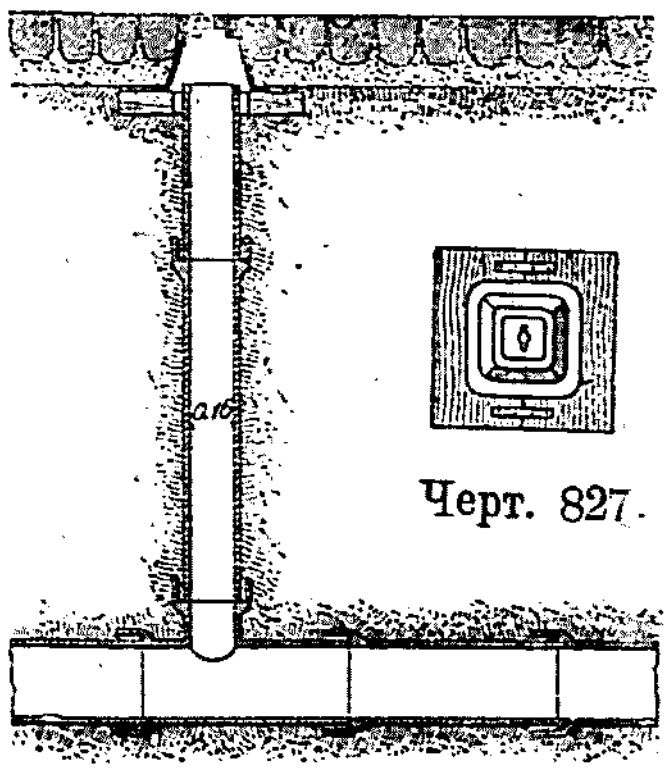


Черт. 824 и 825.

Металлическая ступень, для лѣстницъ смотровыхъ колодцевъ.



Черт. 828. — Предохранительная рѣшетка, примѣняемая въ Парижѣ для прикрытія открытыхъ смотровыхъ колодцевъ (во избѣжаніе несчастныхъ случаевъ).



Черт. 826.

Черт. 826 и 827. — Вертикальный разрѣзъ и планъ освѣтительнаго или ламповаго колодца.

Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

разстояній, чтобы сдѣлать осмотръ сѣти возможно удобнымъ. Bechmann совѣтуетъ для трубчатыхъ водостоковъ ставить смотровые колодцы въ разстояніи 25 метровъ, а для большихъ, по которымъ рабочіе могутъ ходить, — 50—100 метровъ. Расходъ на такіе устройства окупается крупными сбереженіями въ ремонтѣ и перестройкѣ сѣти, которыя часто бываютъ слѣдствіемъ невозможности во время предупредить засореніе и поврежденіе водостока.

Уклонъ дна коллектора между двумя смежными колодцами долженъ быть одинаковый, а коллекторы малаго сѣченія, не позволяющіе движенія по нимъ людей (напр. круглые), должны кромѣ того для возможности осмотра представлять изъ себя въ каждомъ участкѣ вполнѣ прямую линію.

Для уменьшенія числа смотровыхъ колодцевъ иногда устраиваютъ такъ называемые *освѣтительные* или *ламповые* колодцы (черт. 826 и 827), состоящіе обыкновенно изъ ряда 6 дм. трубъ, поставленныхъ вертикально надъ каналомъ какъ разъ по срединѣ между двумя смотровыми колодцами. Черезъ эти колодцы можно спускать въ каналъ или трубу фонарь и, смотря въ него изъ ближайшаго смотрового колодца прямо или съ помощью зеркала, поставленнаго подъ угломъ, судить о степени чистоты, прямизнѣ положенія и вообще о состояніи канала. Но хотя при этомъ и получается экономія въ стоимости первоначальнаго устройства, зато разстояніе между смотровыми колодцами дѣлается настолько большимъ, что прочистка засорившихся стоковъ становится весьма затруднительной. Другое свое назначеніе—способствовать вентиляціи каналовъ—ламповые колодцы исполняютъ неудовлетворительно, благодаря ограниченности своего поперечнаго сѣченія.

§ 155. Ливнеотводы.

Ливневыя отверстія, если положеніе уровня рѣки позволяетъ ихъ дѣлать, устраиваются въ смотровыхъ, или чаще соединительныхъ колодцахъ на той высотѣ, которой достигнутъ въ колодцѣ сточныя воды при нѣкоторомъ нормальномъ (см. § 119) разжиженіи домашнихъ водъ, протекающихъ днемъ въ сухую погоду. Устройство ливневыхъ спусковъ показано на черт. 839—842).

Если есть какое либо опасеніе, что вода въ рѣкѣ можетъ под-

няться выше порога ливневаго спуска, то спусковое отверстіе необходимо снабдить затворомъ.

Затворы ливневыхъ спусковъ бываютъ самодѣйствующіе и закрывающіеся руками рабочихъ. При малыхъ сѣченіяхъ каналовъ, слѣдовательно и при небольшомъ сѣченіи самаго спуска, затворъ можетъ быть устроенъ въ видѣ клапана, обитаго кожей или резиной, свободно висящаго со стороны рѣки на двухъ цѣпяхъ передъ ливнеспускомъ: такой клапанъ не препятствуетъ выходу водъ ливня, а при повышеніи горизонта рѣки прижимается давленіемъ воды къ отверстію и задерживаетъ проникновеніе рѣчной воды въ водостоки.

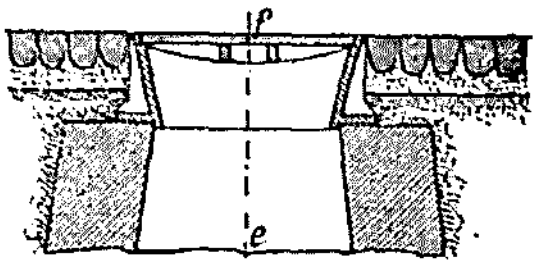
Описанная система затвора имѣетъ тотъ недостатокъ, что до извѣстной степени задерживаетъ свободный выходъ водъ ливня черезъ спуски. Поэтому болѣе цѣлесообразно, если желаютъ предотвратить затопленіе сѣти, въ особенности для большихъ коллекторовъ, устроить въ ливневомъ спускѣ глухой затворъ, закрываемый руками рабочихъ. Послѣдняго рода затворы помѣщаются иногда и въ самой сѣти, если она по своему положенію можетъ быть затопляема (проектъ Линдлея Петербургскихъ водостоковъ).

Затворы эти (черт. 843 и 844) состоятъ изъ щита *a*, имѣющаго форму сѣченія ливнеспуска или коллектора, плотно пристроганнаго къ пазамъ, вдѣланнымъ въ кладку, по которымъ онъ можетъ скользить вверхъ и внизъ. По срединѣ къ щиту наглухо придѣлана зубчатая кремальера *b*, а къ пазамъ и въ кладку колодца вдѣланы 2 перекладины *c*, служащія поддержкой оси, снабженной внизу безконечнымъ винтомъ *p*. Конецъ оси идетъ до поверхности улицы; вращая ось, а слѣдовательно и безконечный винтъ, входящій въ зубцы кремальеры, можно по желанію опускать или подымать щитъ. Для уменьшенія усилія при его подъемѣ, часть вѣса щита нейтрализуется противовѣсомъ *e*, соединеннымъ со щитомъ цѣпями, перекинутыми черезъ блоки.

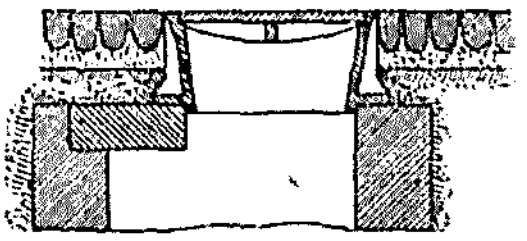
§ 156. Пересѣченія съ газо-и-водопроводными трубами.

При пересѣченіи водосточныхъ каналовъ съ газовыми или водопроводными трубами, которыя идутъ въ землѣ обыкновенно выше водостоковъ, эти трубы или поддерживаютъ особыми стѣнками (черт. 845

Крышки смотровыхъ колодцевъ.

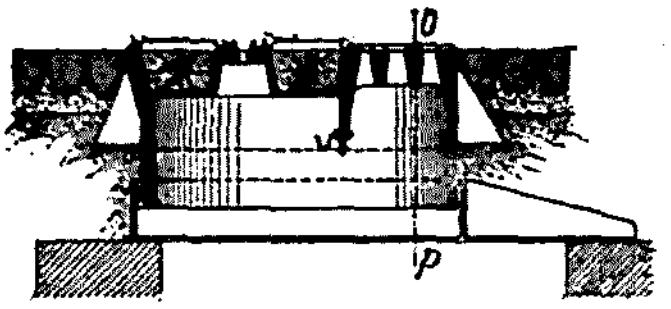


Черт. 829.



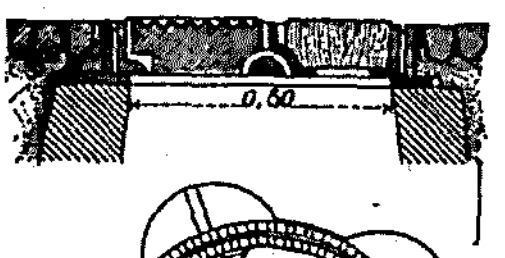
Черт. 830 (разр. по *ef*—черт. 829).

Два разрѣза простой чугунной крышки смотроваго колодца; ея недостатокъ—быстрое истираніе верхней поверхности при большомъ уличномъ движеніи, вслѣдствіе чего лошади скользятъ.

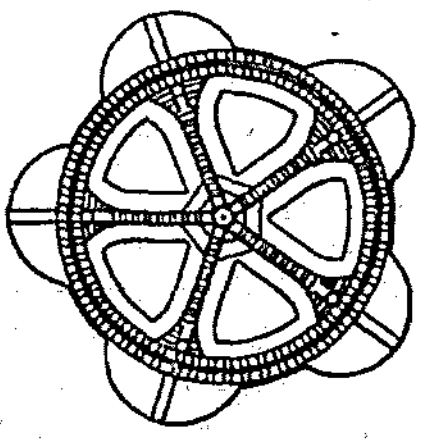


Черт. 834.

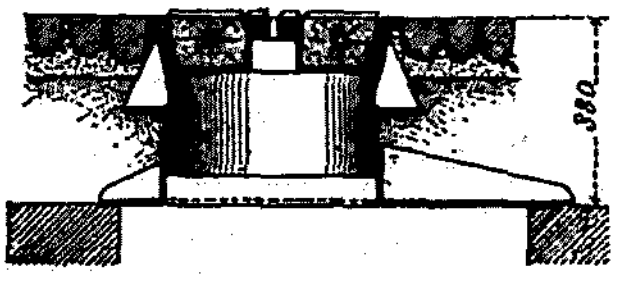
Чугунная крышка съ деревянными шашками и вентиляціонными отверстіями.



Черт. 832.



Черт. 833.

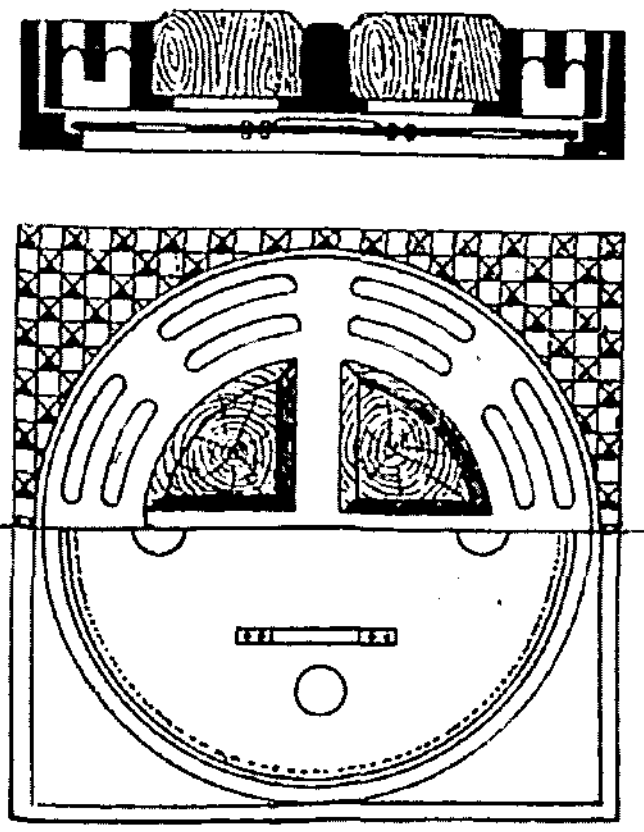


Черт. 831.

Чугунныя крышки съ деревянными шашками.

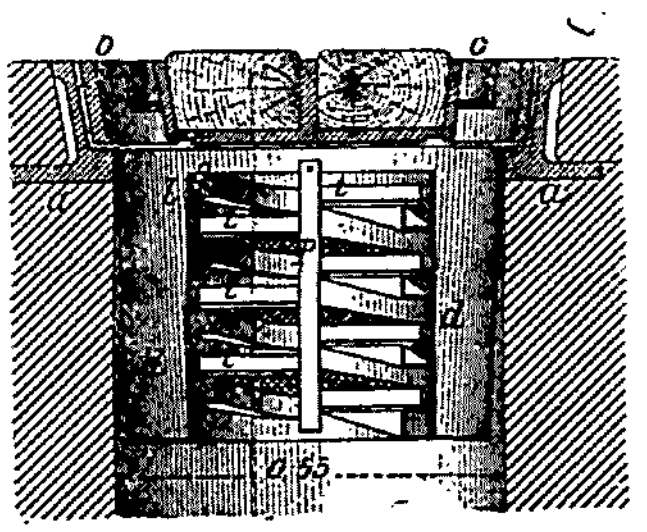
Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

Крышки смотровыхъ колодцевъ.



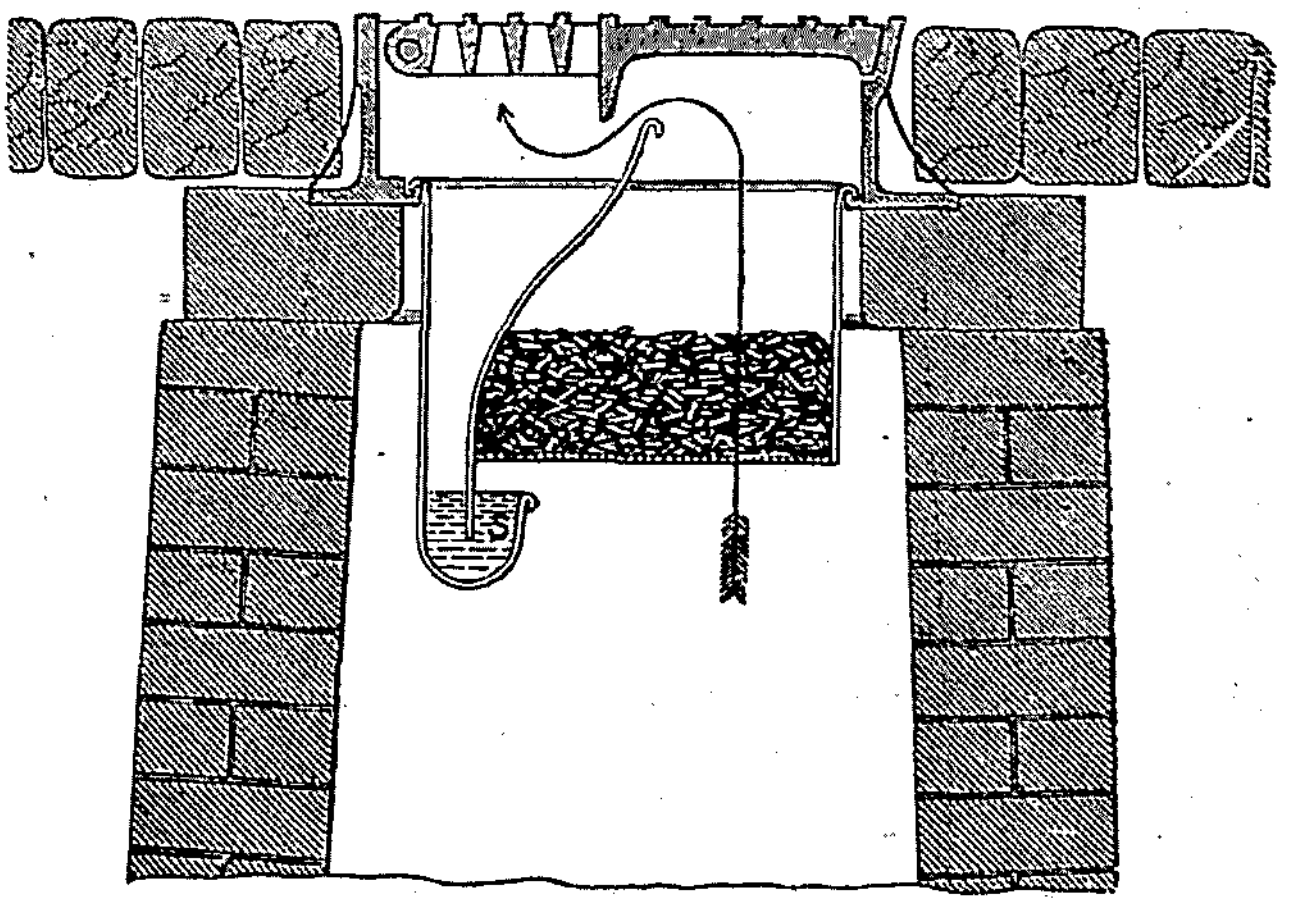
Черт. 835 и 836.

Чугунная крышка съ деревянными шашками и вентиляціонными отверстіями.



Черт. 838.

Крышка съ вентиляціоннымъ фильтромъ системы Latham'a.



Черт. 837.

Крышка съ вентиляціоннымъ фильтромъ сист. Hildred'a.

Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

и 846), или защищаютъ отъ давленія земли (черт. 847),—словомъ поступаютъ такъ, чтобы ихъ вѣсъ не дѣйствовалъ прямо на водосточный каналъ. Сквознаго пересѣченія газо-и водопроводовъ съ коллекторами слѣдуетъ по возможности избѣгать: въ мѣстахъ пересѣченій легко образуются скважины въ стѣнкахъ водостока и кромѣ того этимъ стѣсняется поперечное сѣченіе каналовъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ при широкихъ улицахъ и тротуарахъ, когда газо-и водопроводы идутъ по срединѣ улицъ, можетъ оказаться болѣе цѣлесообразнымъ устроить два ряда коллекторовъ вдоль лотковъ тротуаровъ, что иногда можетъ обойтись даже дешевле одного коллектора по срединѣ.

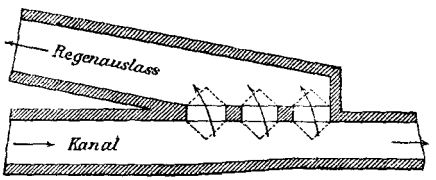
§ 157. Дюкеры или сифоны и водопроводные мосты.

Для перевода сточныхъ водъ изъ коллектора одного берега рѣки или канала въ коллекторъ другого берега, ихъ проводятъ по такъ называемымъ *дюкерамъ или сифонамъ*,—трубамъ, проложеннымъ по дну рѣки или канала (черт. 848—850).

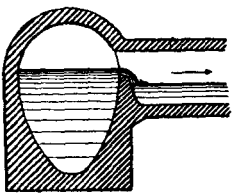
Черт. 848 представляетъ общее устройство дюкера, C—приводной коллекторъ, C_1—отводной; A и B—колодцы для осадки песка и грязи, чтобы дюкеръ D не загрязнялся, такъ какъ его очистка затруднительна; N—ливневой спускъ.

Такъ какъ дюкеръ всегда работаетъ подъ давленіемъ, то онъ долженъ быть сдѣланъ изъ соотвѣтственнаго матеріала, обыкновенно изъ желѣзныхъ трубъ, удобство которыхъ сравнительно съ чугунными заключается въ томъ, что ихъ укладку можно дѣлать и въ зимнее время съ поверхности льда, чего нельзя допустить при употребленіи чугунныхъ трубъ вслѣдствіе ихъ хрупкости. При отсутствіи льда желѣзныя трубы, приготовленныя частями по возможности большей длины, соединяются между собою на подмостяхъ, устроенныхъ надъ поверхностью воды, и затѣмъ опускаются на дно приготовленной выемки между направляющими сваями. Иначе еще трубы могутъ быть опущены плавучими кранами (черт. 850). Послѣ провѣрки ихъ положенія трубы укрѣпляются и засыпаются сверху землею. Глубина заложенія трубъ должна быть такова, чтобы онѣ, будучи защищены отъ случайныхъ поврежденій, не препятствовали судоходству. Возвышенія насыпи надъ трубами не слѣдуетъ допускать вслѣдствіе стѣсненія этимъ поперечнаго сѣченія русла рѣки. Для устройства

Ливнеотводы, пересѣченія съ газо — и водопроводными трубами.

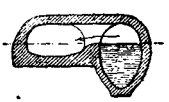


Черт. 839.

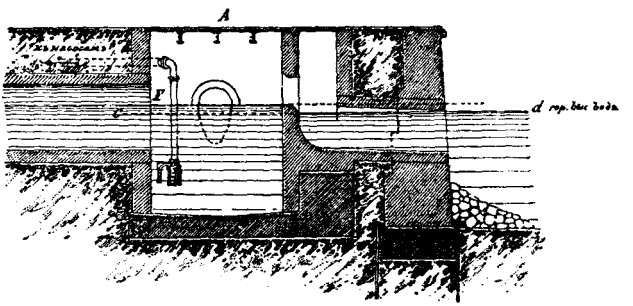


Черт. 841.

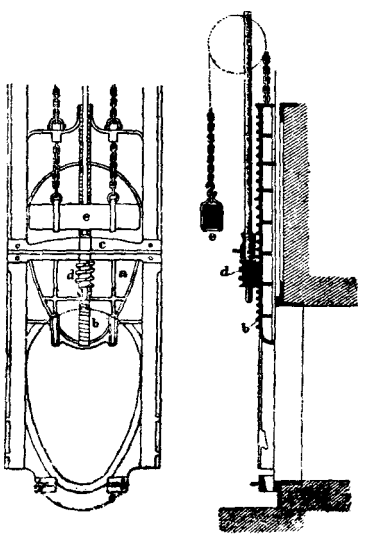
Черт. 839—840.—Планъ и разрѣзы ливнеотводовъ безъ колодца.



Черт. 840.



Черт. 842.



Разрѣзъ ливнеотвода, примыкающаго къ колодцу.

Черт. 843 и 844.—Затворъ ливнеотводнаго отверстія, служащій для предохраненія водостока отъ затопленія внѣшними водами.

Черт. 843 и 844.—Фасадъ и разрѣзъ.

сопряженій трубъ съ водостоками обоихъ береговъ устраиваются перемычки, изъ которыхъ вода откачивается насосами, пока производится кладка и пока она достаточно не окрѣпнетъ.

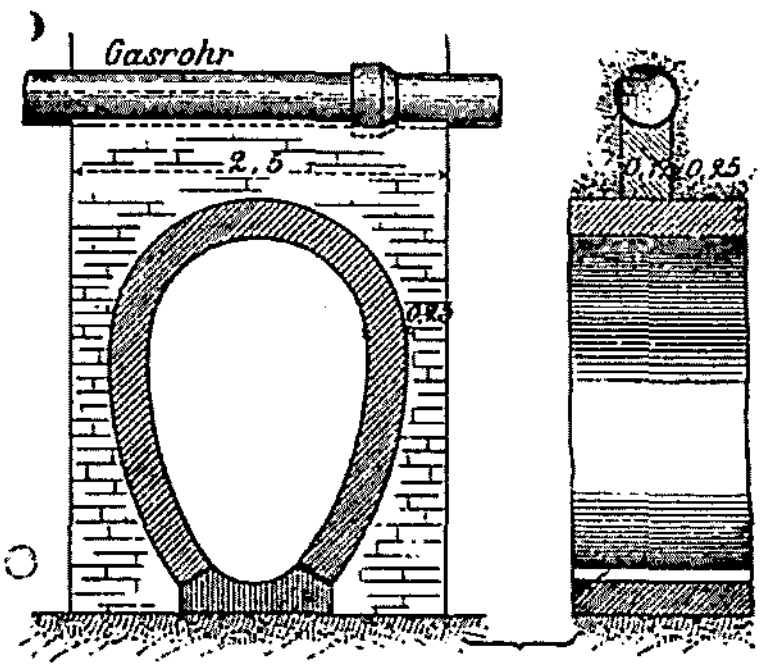
Отводоспособность дюкера должна быть равна отводоспособности коллектора, изливающаго въ него свои сточныя воды. Если же по положенію уровня воды въ рѣкѣ можно устроить ливневой спускъ съ одной стороны дюкера, тогда этотъ послѣдній можно разсчитывать лишь на количество воды, остающееся послѣ выпуска водъ ливня. Скорость теченія въ дюкерѣ должна быть по возможности большей, чтобы въ немъ не задерживались осадки; поэтому полезно укладывать въ дюкерахъ по двѣ или по нѣсколько трубъ рядомъ: въ сухую погоду, когда расходъ не великъ, дѣйствуетъ одна изъ нихъ, и въ ней очевидно скорость будетъ большая, чѣмъ еслибы вмѣсто двухъ трубъ уложить одну большаго діаметра; во время дождей въ дѣйствіе вступаютъ обѣ трубы.

Нѣкоторые инженеры не совѣтуютъ вовсе устраивать при дюкерахъ колодцевъ для осадки песка, такъ какъ при этомъ происходитъ замедленіе теченія, а предпочитаютъ трубы изогнутой формы, какъ это указано на черт. 849 (дюкеръ по проекту Линдлея для С.-Петербурга), причемъ восходящей вѣтви дается возможно пологій уклонъ (въ Гамбургѣ $^1/_7$, въ проектѣ Линдлея Петербургскихъ водостоковъ—$^1/_5$).

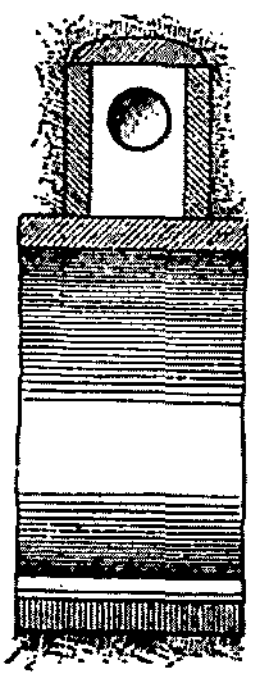
Какъ бы ни былъ устроенъ дюкеръ, при немъ необходимы промывныя приспособленія, состоящія обыкновенно изъ щитовъ, помѣщенныхъ въ коллекторѣ, или дверецъ у устья дюкера (см. главу XX). Закрывая ихъ и, послѣ накопленія за ними воды сразу открывая эти щиты, можно получить достаточно сильную струю воды, которая смоетъ осадки. Въ Парижѣ, въ дюкерѣ около pont de l'Alma, промывка достигается слѣдующимъ образомъ: въ дюкерную трубу діаметромъ въ 1 метръ вводится точеный еловый шаръ діаметромъ въ 0,85 метра. Будучи болѣе легкимъ, чѣмъ вода, этотъ шаръ, увлекаемый теченіемъ по трубѣ дюкера, прижимается къ его верхней части, оставляя внизу и съ боковъ узкія щели для прохода воды, которая, съ силою прорываясь черезъ нихъ, увлекаетъ передъ собою весь песокъ, осѣвшій въ дюкерѣ и выноситъ его на противоположный берегъ (см. § 159).

Весьма интересныя свѣдѣнія объ устройствѣ одного изъ новѣй-

Ливнеотводы, пересѣченія съ газо — и водопроводными трубами, дюкеры или сифоны.



Черт. 845 и 846.



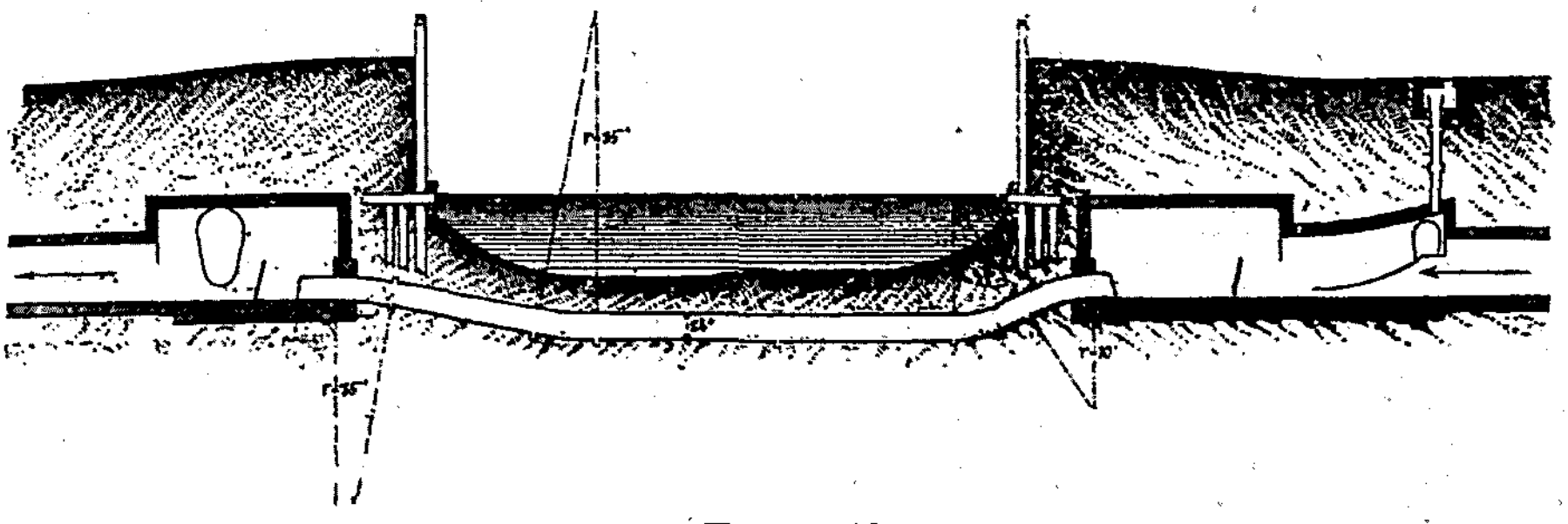
Черт. 847.

Пересѣченіе водостока съ газо — и водопроводными трубами.



Черт. 848.

Общій видъ дюкера или сифона.



Черт. 849.

Сифонъ по проекту инж. Линдлея для С.-Петербурга.

шихъ большихъ сифоновъ въ Парижѣ см. въ сочиненіи *Bechmann Launay.* — Notice sur les travaux de l'aqueduc et du parc agricole d'Acheres. (Paris 1897).

Другимъ способомъ проведенія сточныхъ водъ черезъ рѣки — являются мосты, отличающіеся отъ акведуковъ для чистой воды обыкновенно тѣмъ, что вода въ ней движется подъ давленіемъ въ трубахъ (см. черт. 851—852).

§ 158. Приспособленія для дренажа почвы.

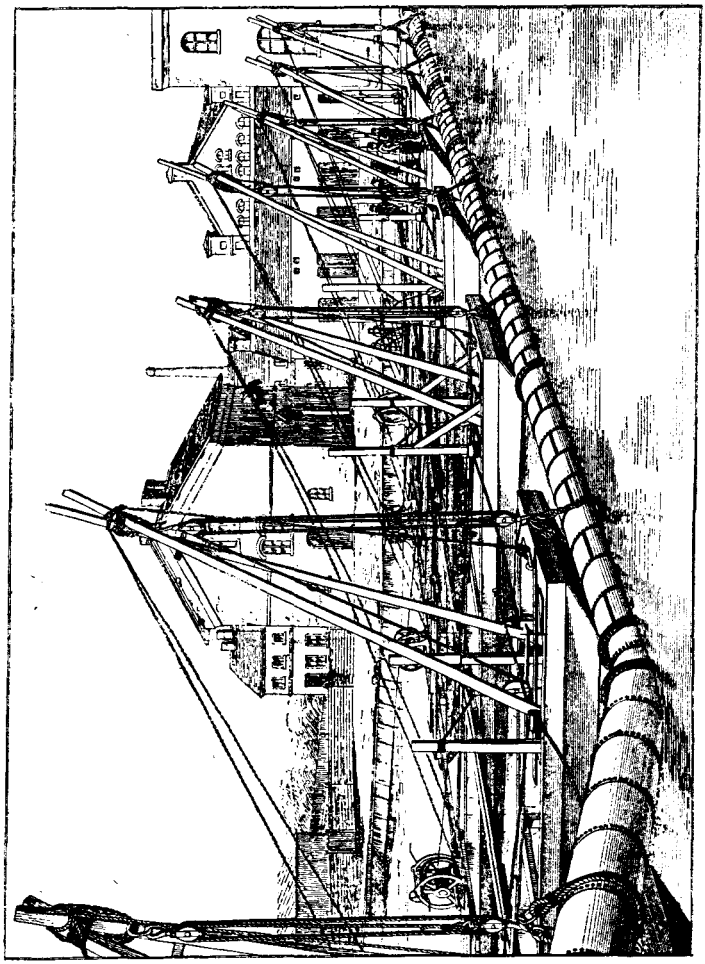
Если водосточные каналы уложены на достаточной глубинѣ и съ достаточнымъ уклономъ и количество грунтовыхъ водъ незначительно, то особыя дренажныя приспособленія могутъ и не быть необходимыми. Грунтовая вода, слѣдуя въ почвѣ вдоль стѣнокъ каналовъ, стекаетъ въ пониженныя точки сѣти.

Этимъ явленіемъ (а не явленіемъ проникновенія грунтовой воды въ самые каналы) и объясняется то, что почти во всѣхъ городахъ, гдѣ была устроена общая канализація, уровень грунтовыхъ водъ понизился до извѣстной, довольно постоянной, высоты,—безъ устройства какихъ бы то ни было особыхъ дренажныхъ сооруженій. Но дѣйствіе подобнаго дренажа, состоящаго изъ водостоковъ, вдоль стѣнокъ которыхъ стекаетъ грунтовая влага, весьма неопредѣленно и не даетъ увѣренности въ его достаточности.

Дѣйствіе такого естественнаго дренажа городской почвы становится гораздо опредѣленнѣе, если водосточные каналы окружить проводниками влаги: слоемъ крупнаго песка или гравія, самое лучшее идущаго до поверхности мостовой. При этомъ слѣдуетъ окружить пескомъ и всѣ колодцы, встрѣчающіеся на пути коллекторовъ.

Въ большинствѣ случаевъ, если притомъ, конечно, слой песка или гравія, окружающаго водосточныя галлереи, имѣетъ свободный выходъ въ пониженныхъ точкахъ сѣти въ овраги или рѣку, этого простого средства бываетъ вполнѣ достаточно, чтобы слой земли выше дна коллекторовъ былъ сухъ и чтобы грунтовыя воды держались на одномъ постоянномъ среднемъ уровнѣ.

Но если количество грунтовыхъ водъ въ городѣ или нѣкоторыхъ его участкахъ очень значительно, то иногда приходится устраивать особыя дренажныя приспособленія. Такими приспособленіями мо-



Черт. 850. — Укладка сифонной клапанной желѣзной трубы въ Данцигѣ.

Примѣчаніе. Чертежъ взятъ изъ соч. B. Latham—Sewerage.—Таб. XX.

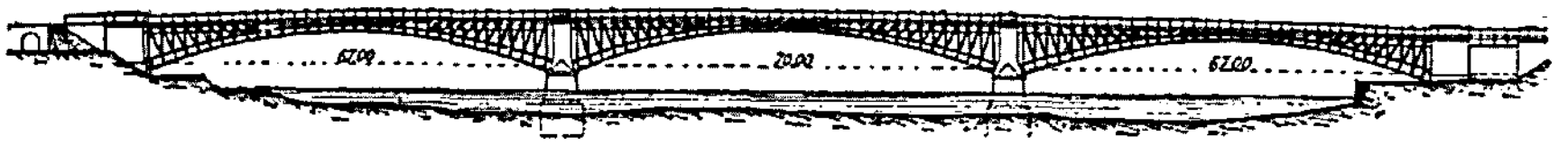
гутъ быть гончарныя и штеїнгутовыя основанія овоидальныхъ коллекторовъ, но, какъ мы видѣли раньше, этого рода подошвы имѣютъ существенные недостатки (§ 150) и должны быть избѣгаемы. Равнымъ образомъ нельзя рекомендовать и вообще укладку дренажныхъ трубъ, хотя и независимыхъ, подъ коллекторами.

Несравненно лучше класть дренажныя трубы рядомъ съ водосточными каналами или даже немного выше коллекторовъ. Такъ въ г. Данцигѣ водосточныя галлереи окружены водонепроницаемымъ слоемъ глины и уже сверхъ него насыпанъ слой крупнаго песка, въ которомъ мѣстами уложены дренажныя трубы въ одинъ или два ряда.

Для дренажа берутъ обыкновенныя гончарныя трубы безъ муфтъ, которыя и укладываютъ въ притыкъ въ слоѣ крупнаго песка или гравія. Діаметръ начальныхъ звеньевъ этихъ трубъ зависитъ отъ количества отводимыхъ водъ и уклона трубъ и обыкновенно дѣлается въ $1^1/_2$ — 2 дюйма. При большомъ притокѣ лучше класть рядомъ двѣ трубы, чѣмъ слишкомъ увеличивать ихъ діаметръ. Соединяясь вмѣстѣ, эти трубопроводы увеличиваются въ размѣрахъ и,—если глубина ихъ заложенія, которая должна быть ниже уровня домовыхъ подваловъ, позволяетъ это сдѣлать,—выходятъ по кратчайшему пути въ водные городскіе протоки или открытыя канавы. Если глубина заложенія или вообще положеніе дренажныхъ трубъ таково, что ихъ нельзя устьями примкнуть къ рѣкамъ или каналамъ, то для отведенія собранной дренажемъ воды укладываютъ рядомъ съ водосточными коллекторами особую отводную трубу (Данцигъ). Но подобное устройство обходится вообще дорого. Поэтому въ подобныхъ случаяхъ устья трубъ закладываютъ въ водосточные колодцы, но при этомъ дренажная труба должна имѣть глубокій гидравлическій затворъ и, чтобы во время лѣтнихъ засухъ отъ испаренія въ немъ воды онъ не сталъ безполезнымъ, должно устраивать его такимъ образомъ, чтобы было возможно пополненіе его водою изъ водопроводной сѣти. Иначе зараженный воздухъ коллекторовъ могъ бы проникать въ почву. Для того чтобы во время заполненія коллекторовъ сточною водою она не залила дренажа, устья дренажныхъ трубъ должны быть снабжены затворомъ въ видѣ небольшого щита или шароваго клапана.

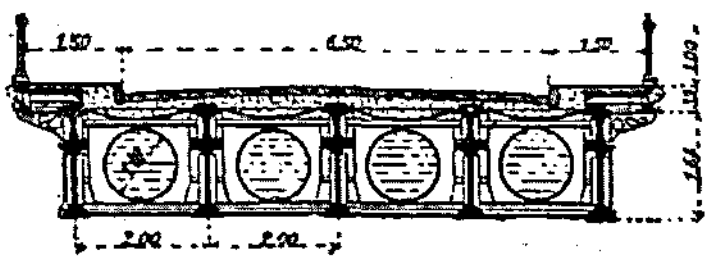
Осушеніе небольшихъ дворовыхъ участковъ легко достигается посредствомъ засыпки сточныхъ трубъ до самой мостовой слоемъ

Канализація города Парижа.



Черт. 851.

Боковой видъ трехъ пролетнаго моста-акведука (размѣры въ метр.), построеннаго въ Argentenil чрезъ рѣку Сену для отвода сточныхъ водъ на новую группу ирригаціонныхъ полей (parc argicole d'Achères).



Черт. 852.

Поперечный разрѣзъ моста-акведука съ показаніемъ четырехъ трубъ изъ стальныхъ склепанныхъ листовъ діаметромъ 1,10 метр.

Примѣчаніе. Подробное описаніе этого моста и всѣхъ сооруженій для отвода сточныхъ водъ на Ашерскія поля въ Парижѣ, а также устройство самихъ полей см. въ соч. „Notice sur les travaux de l'aqueduc et du parc agricole d'Achères par M. M. Bechmann et Launay.—Paris. 1897".

песка, который соединяется съ пескомъ, окружающимъ уличные коллектора. При большихъ дворовыхъ участкахъ осушеніе надежнѣе осуществлять посредствомъ дренажныхъ трубъ, засыпанныхъ пескомъ и примыкающихъ къ уличному дренажу. Для засыпки дренажныхъ трубъ употребляется почти исключительно песокъ, потому что по своей проницаемости онъ оттаиваетъ скорѣе другихъ грунтовъ, что особенно важно въ нашемъ суровомъ климатѣ, такъ какъ, пока не оттаетъ верхній слой земли, дренажъ будетъ дѣйствовать неудовлетворительно.

ГЛАВА ДВАДЦАТАЯ.

Общесплавная система. Промывка, очистка и вентиляція водостоковъ.

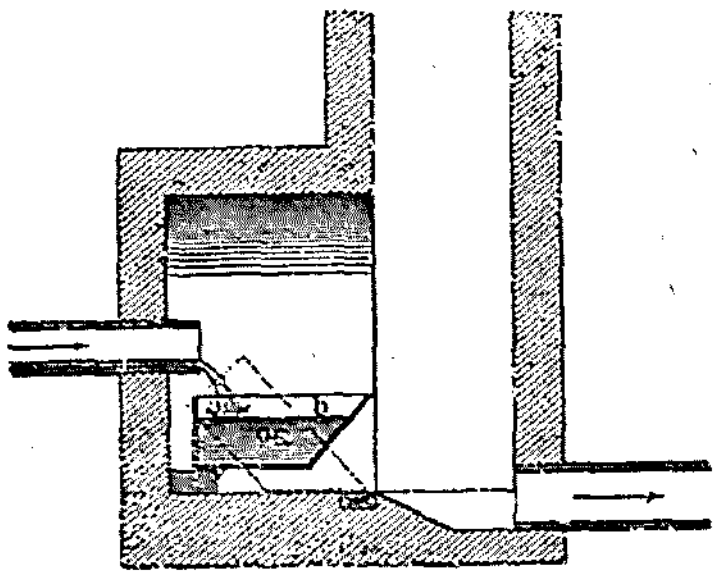
СОДЕРЖАНІЕ: § 159. Необходимость мѣръ по поддержанію чистоты въ водосточной сѣти.—§ 160. Промывка водостоковъ мамыхъ размѣровъ.—§ 161. Промывка водостоковъ большихъ размѣровъ.—§ 162. Промывка водостоковъ водой рѣкъ, каналовъ и т. п.—§ 163. Расположеніе промывныхъ приборовъ.—§ 164. Сохраненіе чистоты воздуха въ предѣлахъ сѣти.—§ 165. Дезинфекція коллекторнаго воздуха въ мѣстахъ сообщенія съ наружнымъ.

§ 159. Необходимость мѣръ по поддержанію чистоты въ водосточной сѣти.

Сточныя воды, какъ мы уже видѣли, несутъ въ себѣ много твердыхъ веществъ. Часть ихъ легче воды и плаваетъ на поверхности; вещества этой категоріи по возможности задерживаютъ *рѣшетками* еще на улицѣ, во дворахъ и пр. въ пріемникахъ нечистотъ, не допуская этихъ веществъ въ каналы. Это необходимо, такъ какъ плавающія тѣла легко останавливаются у всякаго препятствія и очень мѣшаютъ стоку. Для задержанія тѣхъ плавающихъ тѣлъ, которыя чрезъ рѣшетки пріемниковъ все-таки попадутъ въ каналы, устраиваютъ въ разныхъ мѣстахъ сѣти рѣшетки для ихъ задержки съ приспособленіями для извлеченія скопляющихся у рѣшетокъ веществъ—изъ воды и ихъ удаленія. Вторую категорію составляютъ вещества, размягчающіяся въ водѣ въ полужидкую кашицу, образуя илъ или грязь. Третью—тѣла твердыя, болѣе тяжелыя чѣмъ вода и не разжижающіяся, — образующія осадокъ песочнаго характера. Перемѣщеніе въ сточной водѣ грязевидныхъ веществъ менѣе затруднительно, чѣмъ перемѣщеніе песочныхъ, легко образующихъ на днѣ компактные трудно удаляемые наносы.

Такъ какъ количество дождевыхъ водъ весьма часто очень зна-

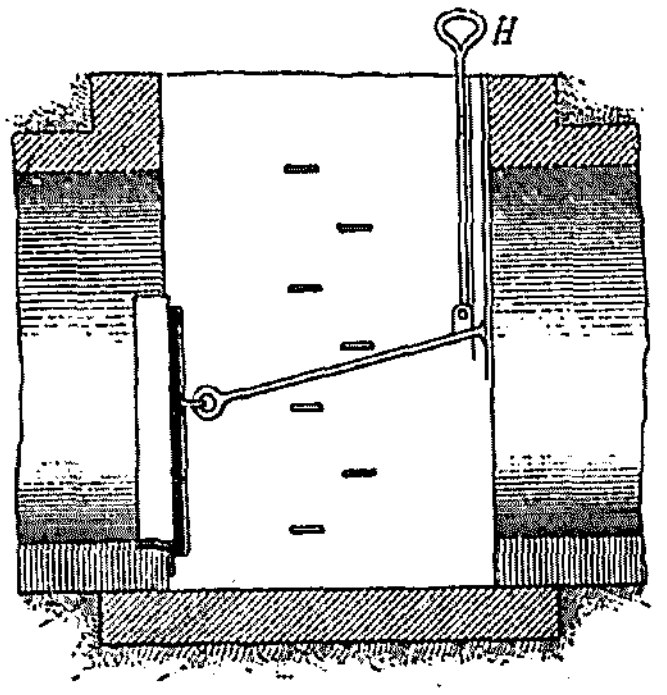
Промывка водостоковъ.



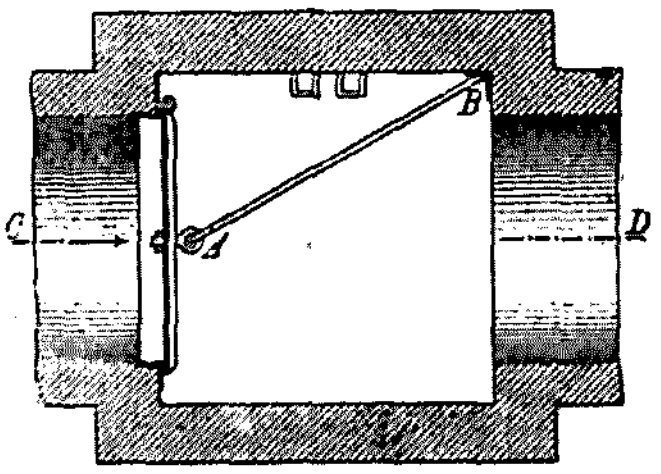
Черт. 853.

Автоматическое промывное приспособленіе для трубопроводовъ.

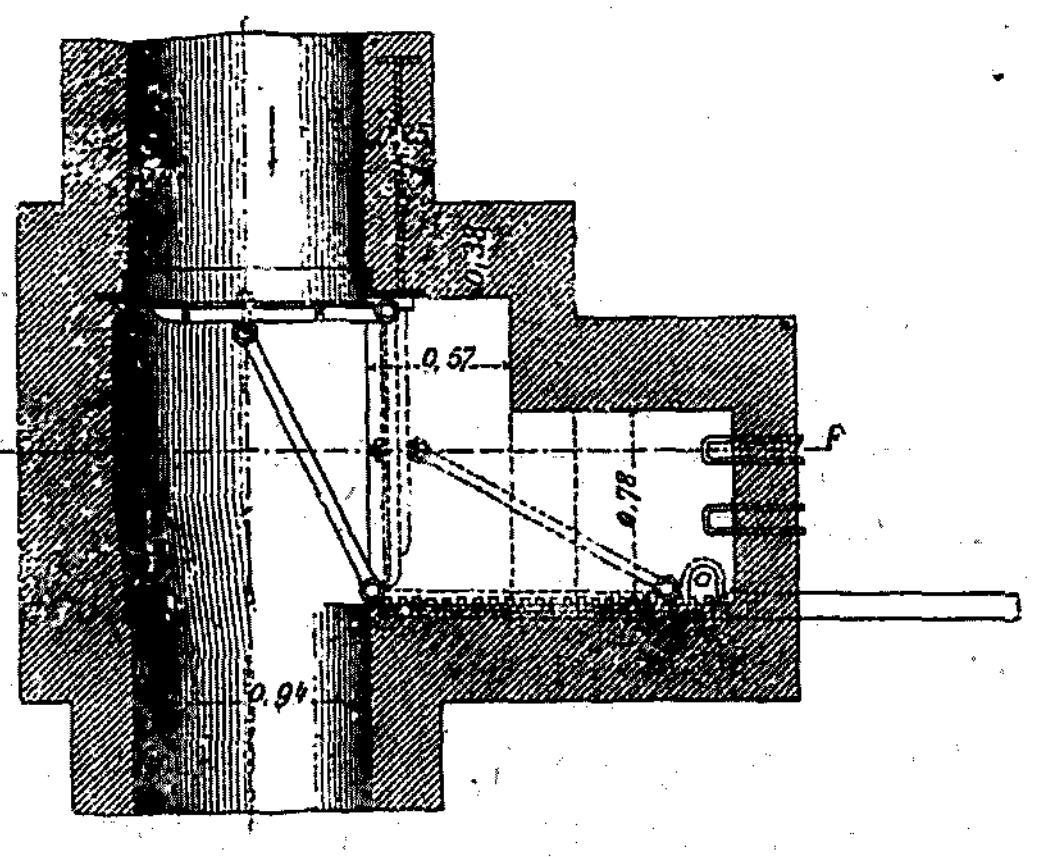
Черт. 854 и 855. — Промывная дверь, закрывающая $^2/_3$ сѣченія овоидальнаго водостока.



Черт. 854.—Прод. разрѣзъ по линіи *CD*—чертежа 161.



Черт. 855.—Планъ.

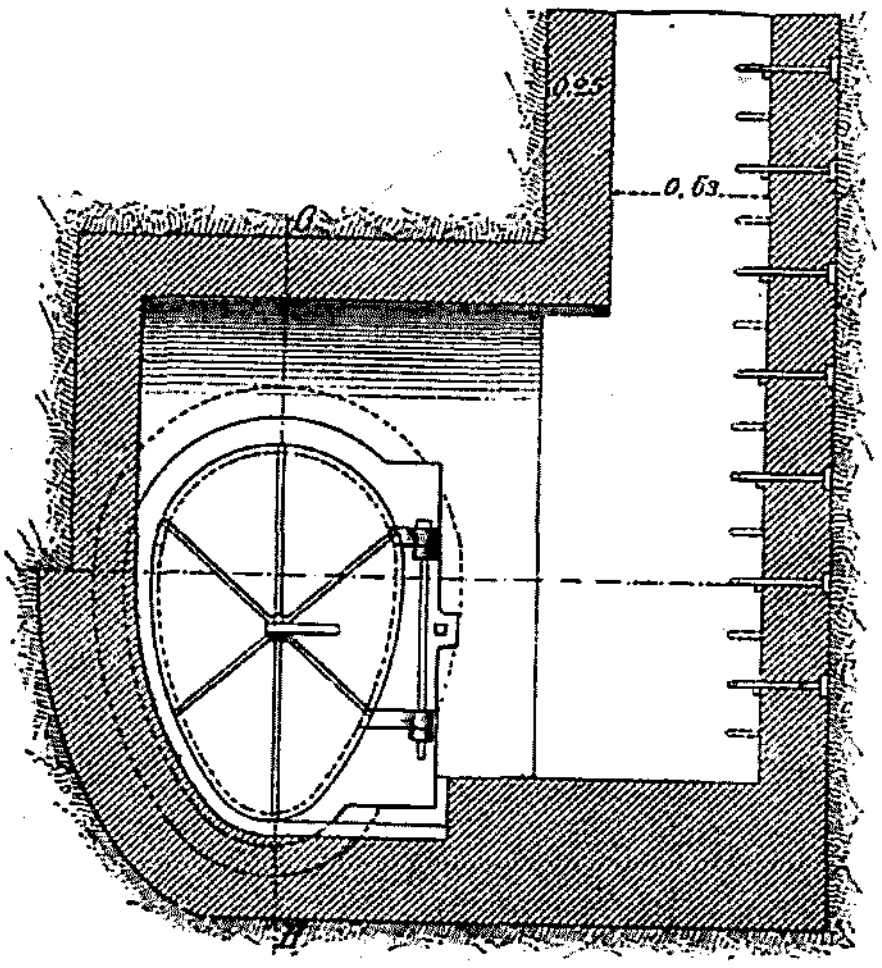


Черт. 856.— Планъ къ черт. 857 и 858.

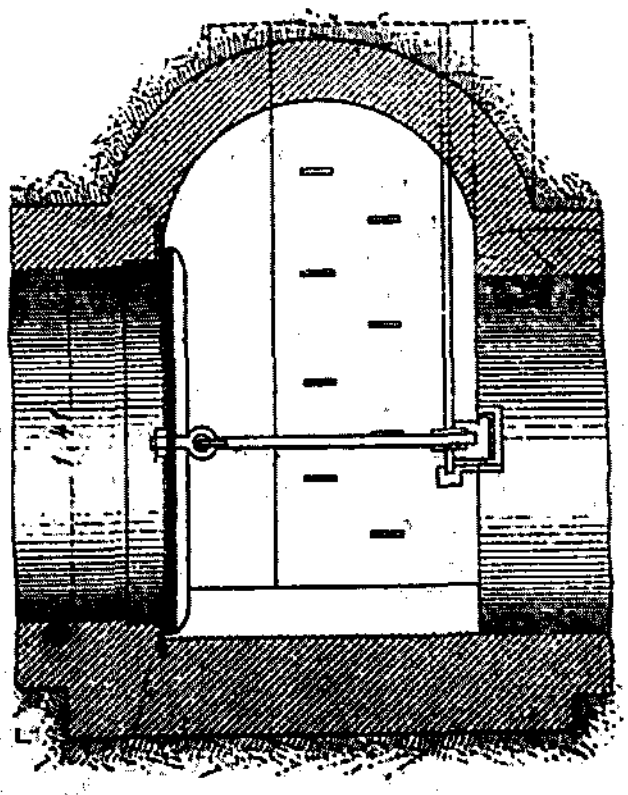
Черт. 856 — 859. — Промывная дверь въ Данцигскихъ водостокахъ, закрывающая все сѣченіе водостока и приводимая въ движеніе съ поверхности улицы.

Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

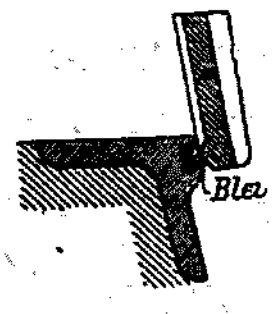
Промывка водостоковъ.



Черт. 857. — Поперечный разрѣзъ по линіи *EF* чертежа 843.



Черт. 858.—Продольный разрѣзъ.



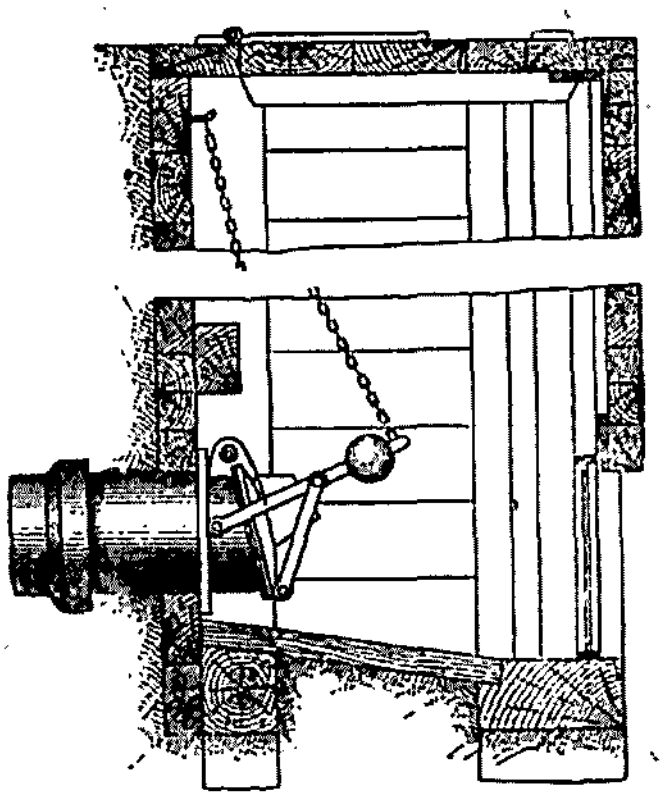
Черт. 859. — Устройство краевъ промывной двери для обезпеченія непроницаемости.

Черт. 856 — 859. — Промывная дверь въ Данцигскихъ водостокахъ, закрывающая все сѣченіе водостока и приводимая въ движеніе съ поверхности улицы.

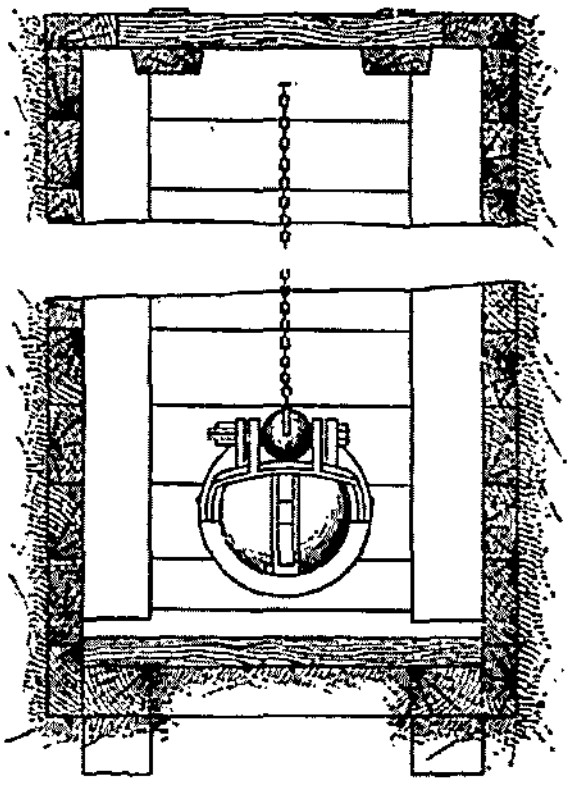
Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

чвтельно превосходитъ количество домовыхъ, то очевидно, что каналы, выстроенные для тѣхъ и другихъ, будутъ во время сухой погоды заняты сравнительно небольшимъ слоемъ протекающихъ по нимъ сточныхъ водъ. Днемъ, въ обѣденное время, толщина этого слоя, въ зависимости отъ расхода воды въ водопроводной сѣти, достигаетъ своей наибольшей величины и падаетъ до minimum'а ночью. При проектированіи канализаціи коллекторамъ желательно придавать такіе уклоны, чтобы днемъ въ сухую погоду скорость протока воды была бы вездѣ достаточною для сплава и всѣхъ тѣхъ осадковъ, которые могутъ накопиться въ каналахъ ночью. Удовлетворить этому требованію на практикѣ далеко не всегда возможно: въ нѣкоторыхъ пунктахъ сѣти, особенно близъ точекъ раздѣла, почти всегда скорость слишкомъ мала для сплава осадковъ. Кромѣ того, частицы грязи, приставшія къ стѣнкамъ каналовъ за день, ночью при спадѣ уровня воды начинаютъ подвергаться гніенію. Поэтому весьма важно какимъ либо способомъ, какъ можно болѣе простымъ и дешевымъ, удалять эти частицы и въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ скорость теченія недостаточна, увеличивать ее для удаленія осѣвшихъ на дно частицъ грязи. Самымъ цѣлесообразнымъ для этого способомъ служитъ промывка каналовъ. Промывку можно дѣлать чистою водою изъ водопроводной сѣти, изъ естественныхъ протоковъ, находящихся въ городѣ и т. п., или самою сточною водой. Приспособленія, служащія для промывки, дѣйствуютъ при помощи рукъ рабочихъ или автоматически. Промывка одна не всегда достигаетъ цѣли. Иногда, не смотря на періодическую промывку каналовъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ сѣти осадки все-таки накопляются. Извлеченіе ихъ должно производиться въ такихъ случаяхъ при помощи особыхъ механическихъ приспособленій. Для трубъ малаго діаметра служатъ: щетки, скребки, буравы и пр. орудія, вводимыя на длинныхъ бамбуковыхъ стержняхъ, (см. черт. 888—897). Для галлерей, въ которыхъ возможно движеніе людей, пользуются также скребками и т. п., что довольно неудобно, такъ какъ разстояніе, на которое надо перемѣщать наносы обыкновенно значительно. Поэтому здѣсь прибѣгаютъ къ устройству подвижныхъ щитовъ, образующихъ подпоръ, который передвигаетъ и щитъ и наносы. Таковы напр. способы очистки каналовъ, примѣненные въ Парижѣ и Брюсселѣ. Тамъ промывной щитъ, закрывающій почти все живое сѣченіе канала, прикрѣпленъ къ лодкѣ, плывущей по каналу, или

Промывка водостоковъ.

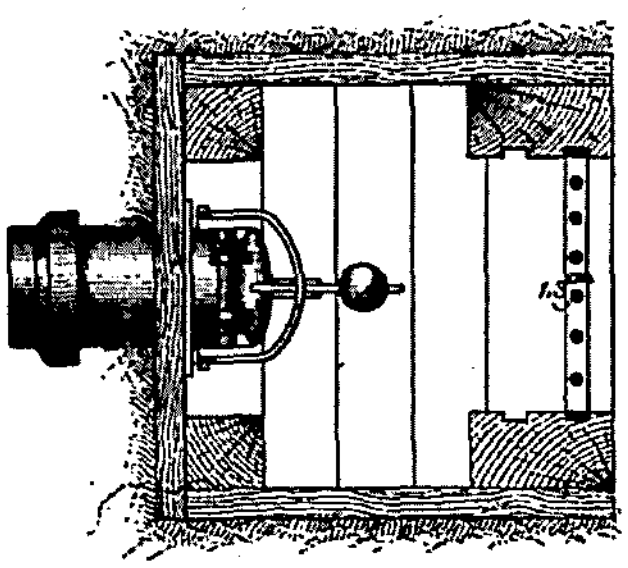


Черт. 860.—Продольный разрѣзъ.

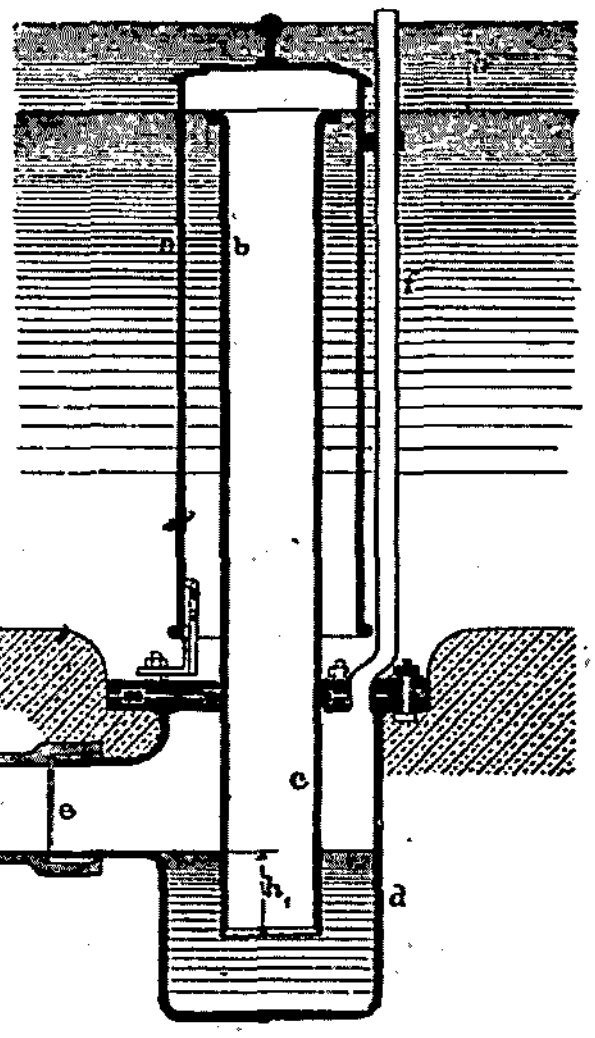


Черт. 861.—Поперечный разрѣзъ.

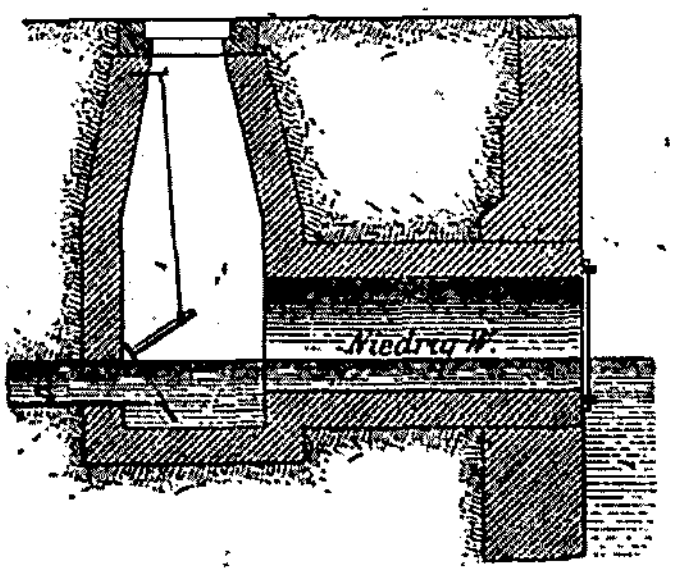
Черт. 860—862.—Колодезь и затворъ для промывки водостоковъ въ Данцигѣ рѣчной водой.



Черт. 862.—Планъ.



Черт. 864. — Сифонъ Дультона для промывки стоковъ малыхъ размѣровъ.



Черт. 863.—Колодезь и затворъ для промывки водостоковъ рѣчной водой въ г. Бреславлѣ.

Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

къ телѣжкѣ (черт. 881—885), которая катится по рельсамъ, проложеннымъ вдоль тротуаровъ коллектора. Вода, подпираясь, нажимаетъ на щитъ, толкаетъ телѣжку или лодку, снабженныя тормазами; въ то же время она съ силою прорывается между щитомъ и стѣнками коллектора и гонитъ весь песокъ и осадки до ближайшаго главнаго коллектора, въ которомъ, слѣдующія по нему другія лодки съ подобными же щитами, прогоняютъ осадки далѣе.

Къ той-же категоріи очистныхъ приспособленій, дѣйствующихъ подпоромъ сточной воды принадлежатъ уже упомянутыя выше (§ 155) шаровыя пробки, служащія для очистки дюкеровъ. Онѣ были изобрѣтены Бельграномъ для большого сифона подъ Сеной. Деревянный шаръ нѣсколько меньшаго діаметра, чѣмъ труба дюкера, вводится въ нее и вызываетъ подпоръ, который двигаетъ шаръ и подмываетъ передъ ними наносъ. Результаты примѣненія этого приспособленія превосходны и оно было воспроизведено въ Парижѣ въ новѣйшихъ устройствахъ Ашерскаго энведука (см. черт. 887). Шары иногда въ случаяхъ, когда боятся, чтобы они какъ нибудь не застряли внутри, дѣлаютъ *ледяные* (Москва).

Передвинутый такъ или иначе къ нѣкоторому мѣсту сѣти песокъ нужно извлечь изъ водостока; для этой цѣли служатъ различные пріемы, болѣе или менѣе сложные пріемы (см. черт. 899—900).

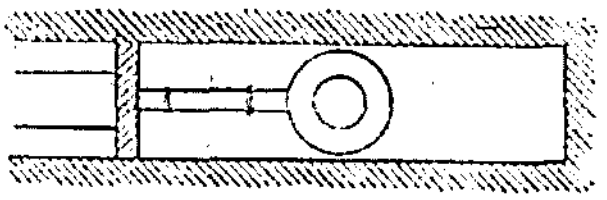
§ 160. Промывка водостоковъ малыхъ размѣровъ.

Промывка трубчатыхъ водостовъ—трубопроводовъ можетъ производиться чистой водой изъ городского водопровода или сточной водой, собираемой самимъ водостокомъ. Послѣдняя возможна очевидно не вездѣ, а лишь тамъ, гдѣ водостокъ несетъ уже достаточно воды, чтобы ее можно было скопить въ теченіе не особенно значительнаго промежутка времени и затѣмъ пустить сразу. Приспособленія для промывки состоятъ, вообще говоря, изъ резервуара, въ которомъ можетъ быть скоплена чистая или сточная вода и затвора, который можетъ выпустить эту воду въ трубу. Въ простѣйшихъ устройствахъ затворы приводятъ въ дѣйствіе руками рабочихъ, въ болѣе совершенныхъ они автоматичны.

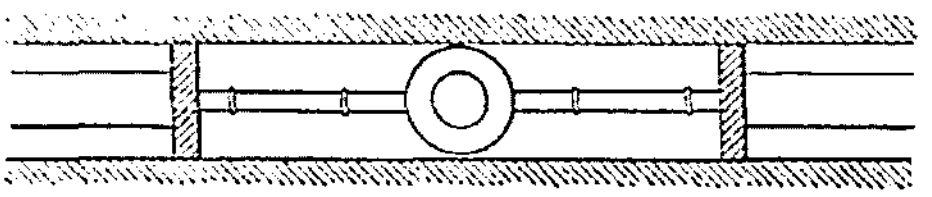
Наиболѣе простые промывные приборы для промывки *чистою водою или сточною*, примѣняемые при круглыхъ коллекторахъ ус-

Промывка водостоковъ.

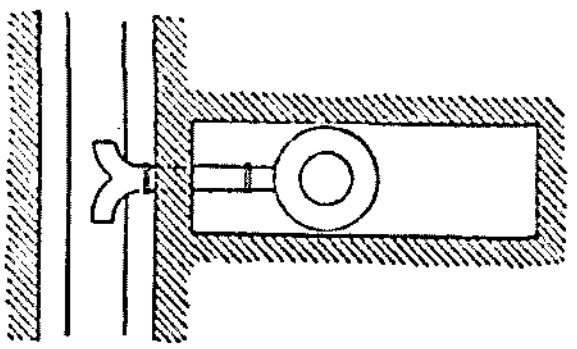
Расположеніе промывныхъ резервуаровъ.



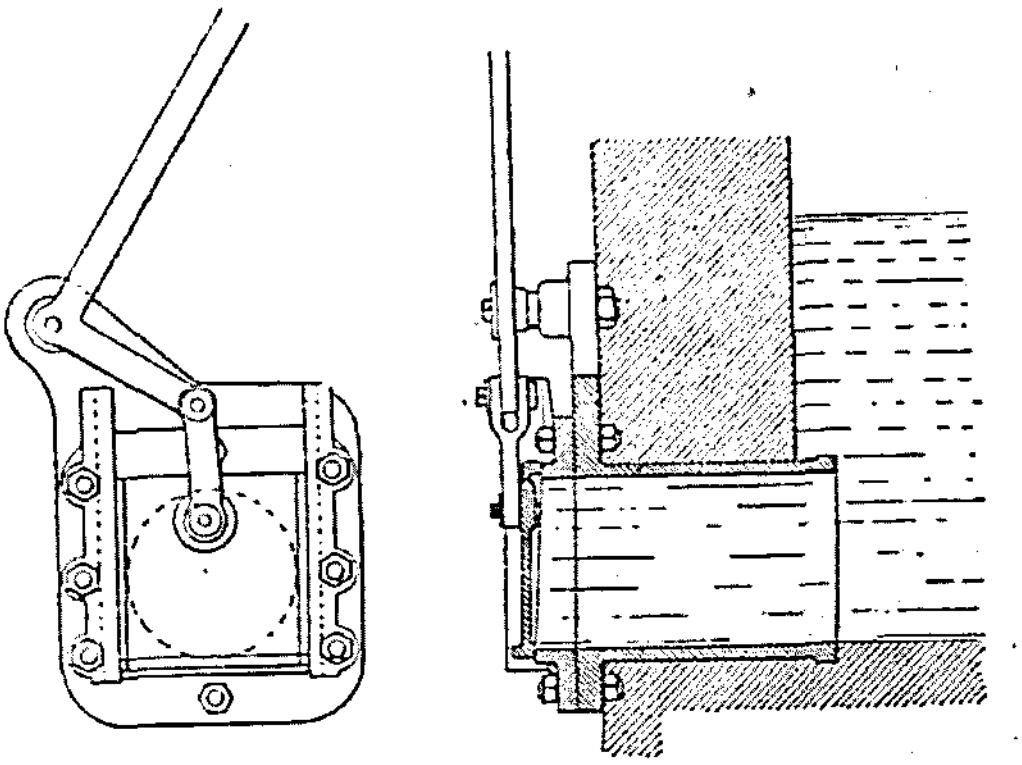
Черт. 865.—Резервуаръ въ глухомъ концѣ водостока.



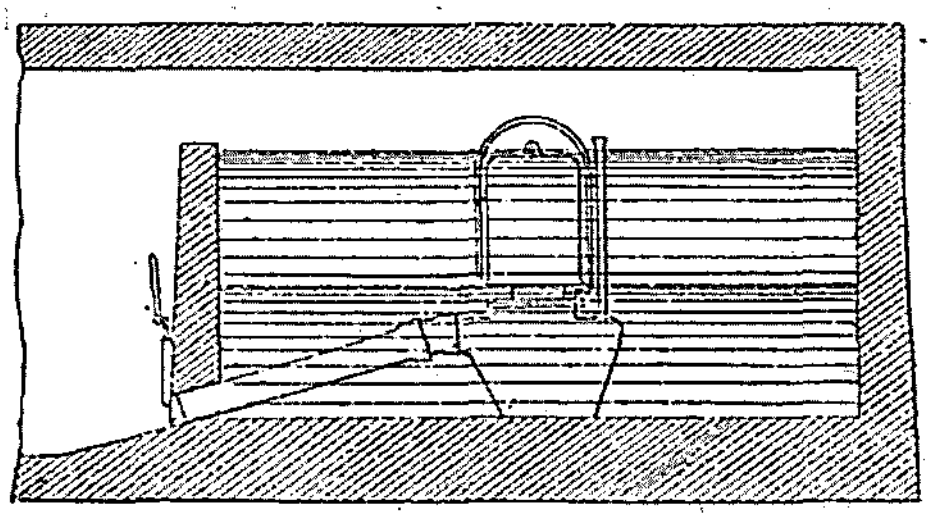
Черт. 867. — Резервуаръ помѣщенный на линіи водостока въ раздѣльной его точкѣ, дѣйствующій въ двухъ направленіяхъ.



Черт. 866. — Резервуаръ сбоку водостока, дѣйствующій въ раздѣльной точкѣ въ двухъ направленіяхъ.



Черт. 869 и 870.—Деталь ручнаго затвора промывныхъ резервуаровъ въ Парижѣ.



Черт. 868. — Продольный разрѣзъ резервуара въ тупомъ концѣ водостока (см. черт. 865). Это расположеніе весьма часто примѣняется въ Парижѣ. Калиброванный кранъ наполняетъ резервуаръ 2 — 3 раза въ день. Вмѣстимость резервуара 6, 8, 10 куб. метровъ. Особый сифонъ сразу опоражниваетъ резервуаръ въ водостокъ. При этомъ нижній слой воды сифономъ не выливается, но можетъ быть выпущенъ ручнымъ затворомъ. (Детали см. черт. 869 и 870).

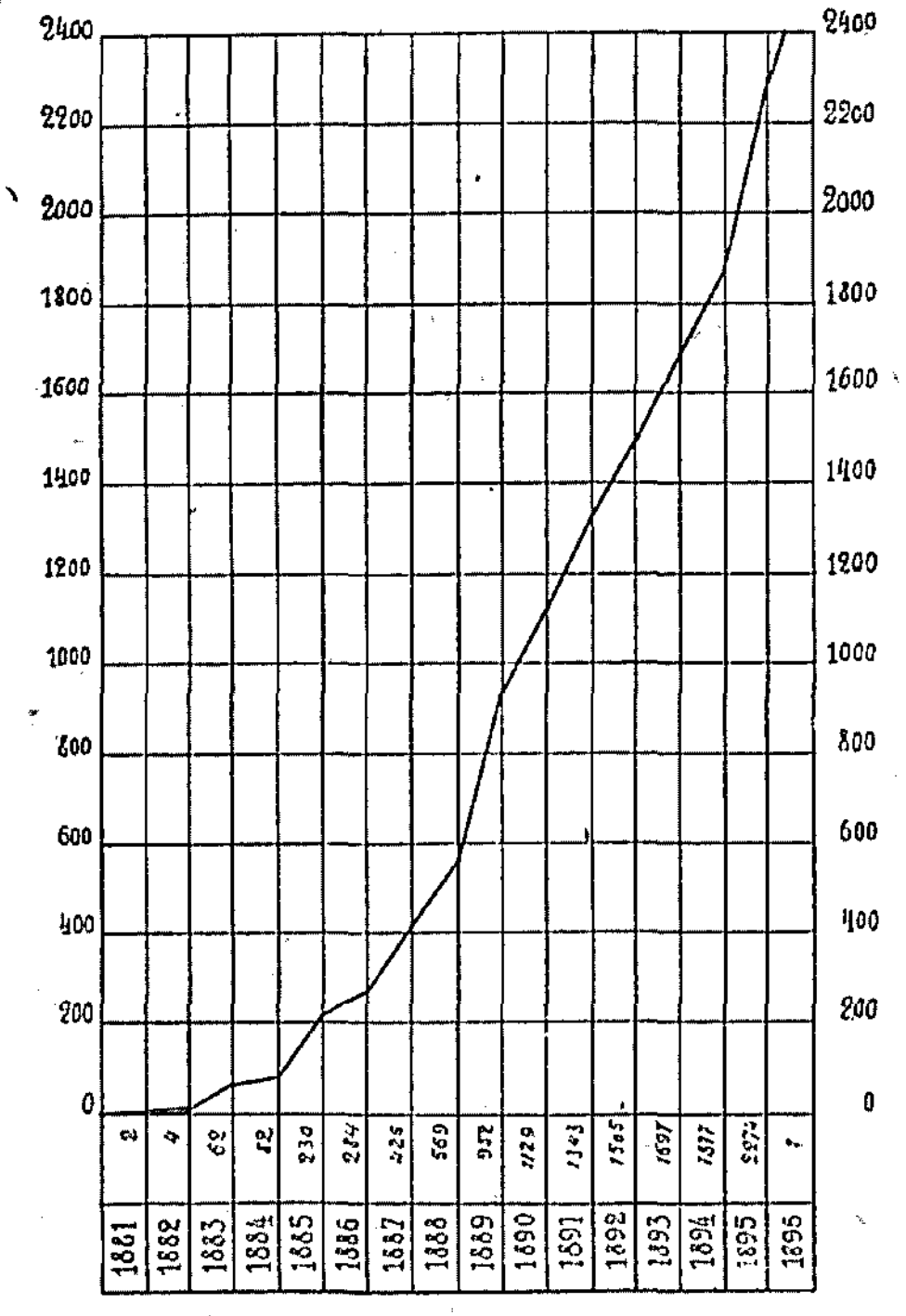
траиваются въ соединительныхъ колодцахъ или особыхъ камерахъ и состоятъ въ слѣдующемъ. Отверстіе выходной трубы въ колодцѣ или камерѣ закрывается тарелкообразнымъ клапаномъ, обитымъ войлокомъ, кожей или резиной и плотно прикрывающимъ все сѣченіе. Послѣ наполненія колодца до извѣстнаго уровня чистой водой посредствомъ крана, въ немъ помѣщеннаго (отъ водопроводной трубы или отъ спускной трубы цистерны, фонтана и т. д.), или сточною водою изъ вышележащей трубы, клапанъ открывается посредствомъ цѣпи, соединенной съ нимъ, и вода, съ силою устремляясь въ трубу, промываетъ ее отъ накопившихся осадковъ.

Изъ автоматическихъ способовъ промывки сточной водой наиболѣе простой указанъ на черт. 853. Проводная труба въ колодцѣ помѣщается надъ металлическимъ ящикомъ *b*, вращающимся на оси *a*; когда онъ пустъ, то его центръ тяжести находится влѣво отъ оси вращенія и слѣдовательно онъ занимаетъ горизонтальное положеніе, когда же наполнится до верха водою, то центръ тяжести перемѣщается вправо, ящикъ опрокидывается, какъ показано пунктиромъ, и вода устремляется въ отводную трубу.

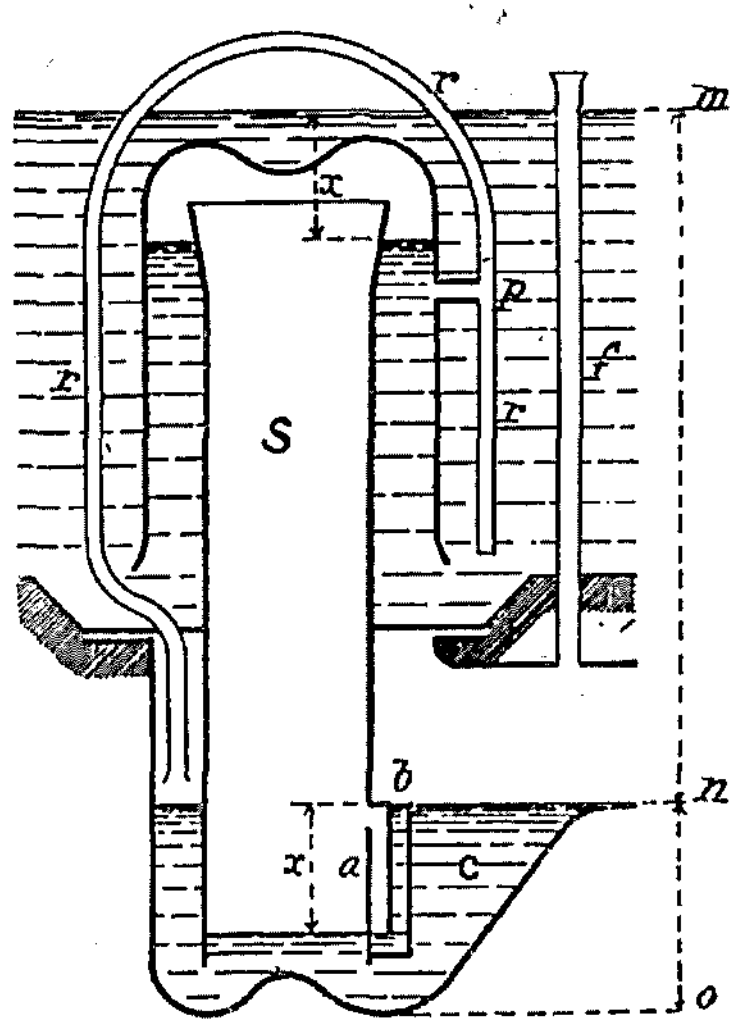
Однимъ изъ наиболѣе распространенныхъ приспособленій для автоматической промывки небольшихъ коллекторовъ, какъ чистой такъ и сточной водой, являются сифоны разныхъ устройствъ, примѣняемые въ немного измѣненномъ видѣ и для домовыхъ приборовъ, общественныхъ отхожихъ мѣстъ, конюшень и т. п. Сифоны для промывки водостоковъ крайне разнообразны по деталямъ своего устройства. Ихъ задача заключается въ томъ, чтобы медленно накопленный запасъ чистой воды быстро опоражнивать въ водостокъ, создавая въ немъ такимъ образомъ большую скорость теченія.

Примѣромъ ихъ можетъ служить сифонъ—Дультона, представленный на черт. 864. Вода черезъ кранъ съ желаемою скоростью наполняетъ промывной колодезь или бассейнъ, въ которомъ помѣщенъ сифонъ, состоящій изъ внѣшняго кожуха *a*, открытаго снизу и внутренней трубки *b*, открытой съ обоихъ концовъ. Нижній ея конецъ *c* опущенъ въ небольшой цилиндрическій сосудъ *d* немного ниже дна отводной трубы *e*, которая соединена съ уличнымъ коллекторомъ. Когда уровень воды въ колодцѣ достигнетъ высоты верхняго отверстія трубы *b*, вода начнетъ переливаться въ нижній цилиндрическій резервуаръ *d* и закроетъ нижній конецъ трубки *b* гидравличе-

Канализація города Парижа.



Черт. 871. — Графикъ увеличенія числа промывныхъ резервуаровъ въ Парижѣ въ періодъ 1881—1895 гг.



Черт. 872. — Схематическій разрѣзъ промывнаго сифона, системы Geneste-Herscher. *S*—центральная труба сифона. *rr*—регуляторная труба, по которой воздухъ изъ подъ колокола сифона выходитъ въ нижнюю камеру, не допуская сжатія и слѣдовательно возможности аморсированія ранѣе, чѣмъ уровень воды въ резервуарѣ достигнетъ назначеннаго предѣла. *p*—отверстіе, соединяющее колоколъ съ трубкой *rr*. *f*—трубка, соединяющая верхъ резервуара съ нижней камерой и устанавливающій въ послѣдней атмосферное давленіе въ случаѣ заполненія спускной трубы. *ab*—малый сифонъ-разрядитель, вызывающій быстрое заполненіе трубы *S*. *C*—нижняя камера сифона.

скимъ затворомъ. Съ этого момента переливаніе воды внутрь сифона станетъ медленнѣе, такъ какъ воздухъ, тамъ заключенный, не будетъ имѣть выхода наружу. При дальнѣйшемъ наполненіи колодца этотъ воздухъ внутри сифона сжимается все болѣе и болѣе, вытѣсняя воду изъ сосуда d до тѣхъ поръ, пока высота h уровня воды надъ сифономъ не превыситъ высоты h_1 уровня воды въ сосудѣ d надъ концомъ сифона. Въ моментъ перевѣса, воздухъ, спертый въ сифонѣ, прорветъ гидравлическій затворъ сосуда d, часть воздуха выйдетъ и отъ этого толчка сифонъ сразу начнетъ дѣйствовать, промывая соединенный съ нимъ водостокъ, пока вся вода не уйдетъ изъ колодца. Затѣмъ снова резервуаръ начнетъ наполняться черезъ кранъ чистою водою.

Чтобы сифонъ дѣйствовалъ правильно, т. е. чтобы вода по соединительной трубкѣ шла полнымъ сѣченіемъ и воздухъ не сжимался въ сосудѣ d, послѣдній снабженъ узенькой воздушной трубкой f, идущей выше сифона.

Другой примѣръ промывного сифона болѣе сложнаго устройства показанъ на черт. 872—877 вполнѣ его уясняющихъ.

§ 161. Промывка водостоковъ большихъ размѣровъ.

Въ овоидальныхъ коллекторахъ, вслѣдствіе значительности ихъ поперечнаго сѣченія, промывка чистою водою можетъ обойтись слишкомъ дорого. Поэтому въ большинствѣ случаевъ промываютъ каналъ самою сточною водою, временно преграждая или задерживая ея теченіе особыми, постоянными или перемѣщающимися щитами.

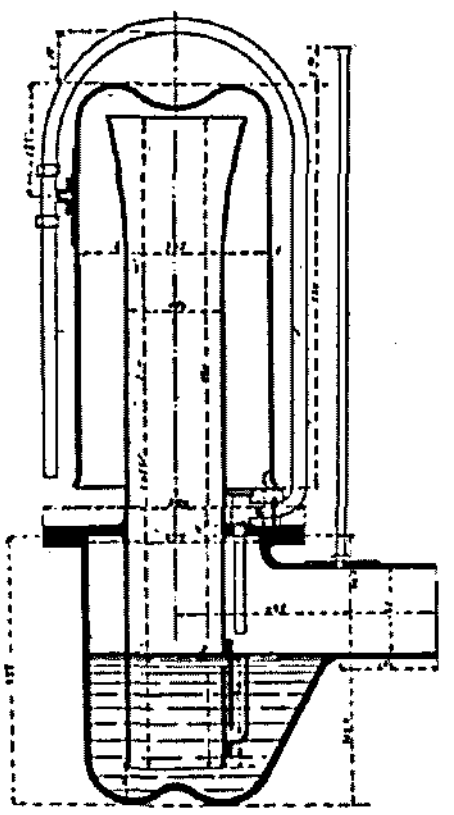
Первый, воспользовавшійся подобнаго рода промывкой, былъ англичанинъ John Roe, примѣнившій ее для Лондонскихъ водостоковъ.

Опыты, произведенные въ Англіи, показали, что при скорости теченія въ 1,3 фута количество нерастворенныхъ осадковъ относилось къ количеству несущей ихъ воды, какъ 1 : 96, 1 : 80 и не менѣе 1 : 66. Дальнѣйшія изслѣдованія показали, что послѣ задерживанія текущей воды щитомъ высотою въ 2 фута и внезапнаго затѣмъ его открытія, количество унесенныхъ на разстояніе до 330 саженъ осадковъ относилось къ количеству унесшей ихъ воды уже какъ 1 : $6^1/_2$. Для перенесенія на такое же разстояніе кирпичнаго щебня и камней, величиною съ орѣхъ, нужно было, чтобы ихъ ко-

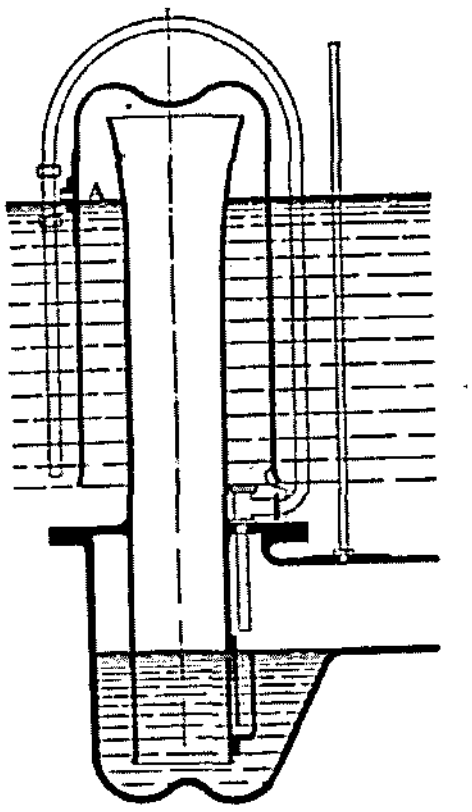
Промывка водостоковъ.

Канализація города Парижа.

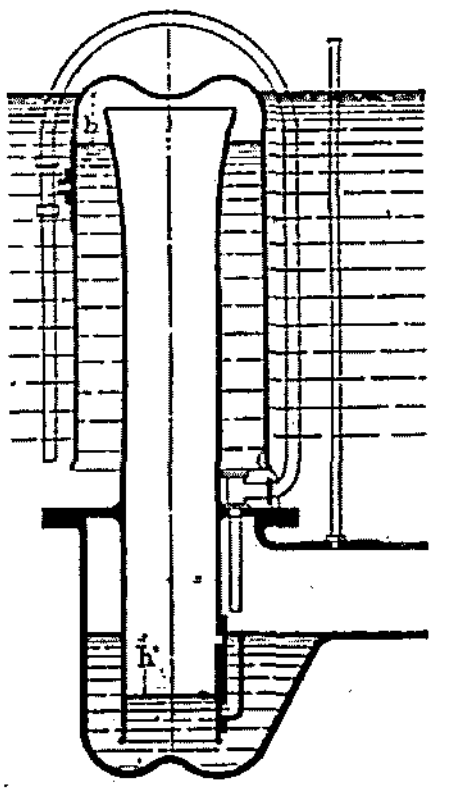
Промывной сифонъ системы Geneste-Herscher въ дѣйствіи.



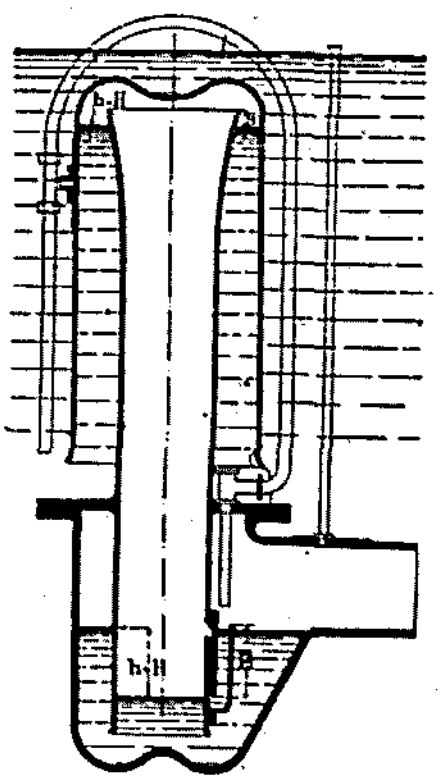
Черт. 873. — *Первая фаза.* Сифонъ установленъ и нижняя камера его наполнена водой.



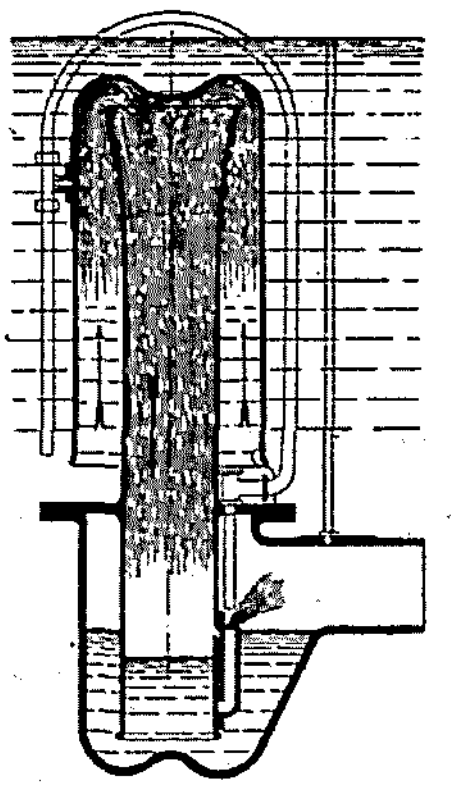
Черт. 874.—*Вторая фаза.* Кранъ резервуара открытъ; горизонтъ воды постепенно въ резервуарѣ и въ верхней камерѣ сифона (колоколъ) поднимается; воздухъ изъ колокола выходитъ чрезъ отверстіе *A* по регуляторной трубкѣ въ нижнюю камеру сифона.



Черт. 875. — *Третья фаза.* Воздушное отверстіе *A* закрыто водой и воздухъ въ колоколѣ постепенно сжимается; воздухъ сжимается одновременно и въ центральной трубѣ, выдавливая изъ ея нижняго конца воду.



Черт. 876.— *Четвертая фаза.* Сжатіе воздуха въ центральной трубѣ продолжается, пока вода внизу трубы не опустится до нижняго края сифона разрядителя, т. е. h не станетъ равна H; при этомъ подъ колоколомъ вода на 5 сантиметровъ не доходитъ до края центральной трубы (B=0,05 м).



Черт. 877. — *Пятая фаза.* При дальнѣйшемъ поднятіи воды въ резервуарѣ воздухъ изъ центральной трубы выходитъ чрезъ сифонъ-разрядитель и въ центральной трубѣ давленіе понижается до атмосфернаго, вода подъ колоколомъ стремится подняться до уровня воды въ резервуарѣ и наполняетъ трубу. Сифонъ аморсируется и резервуаръ сразу опоражнивается.

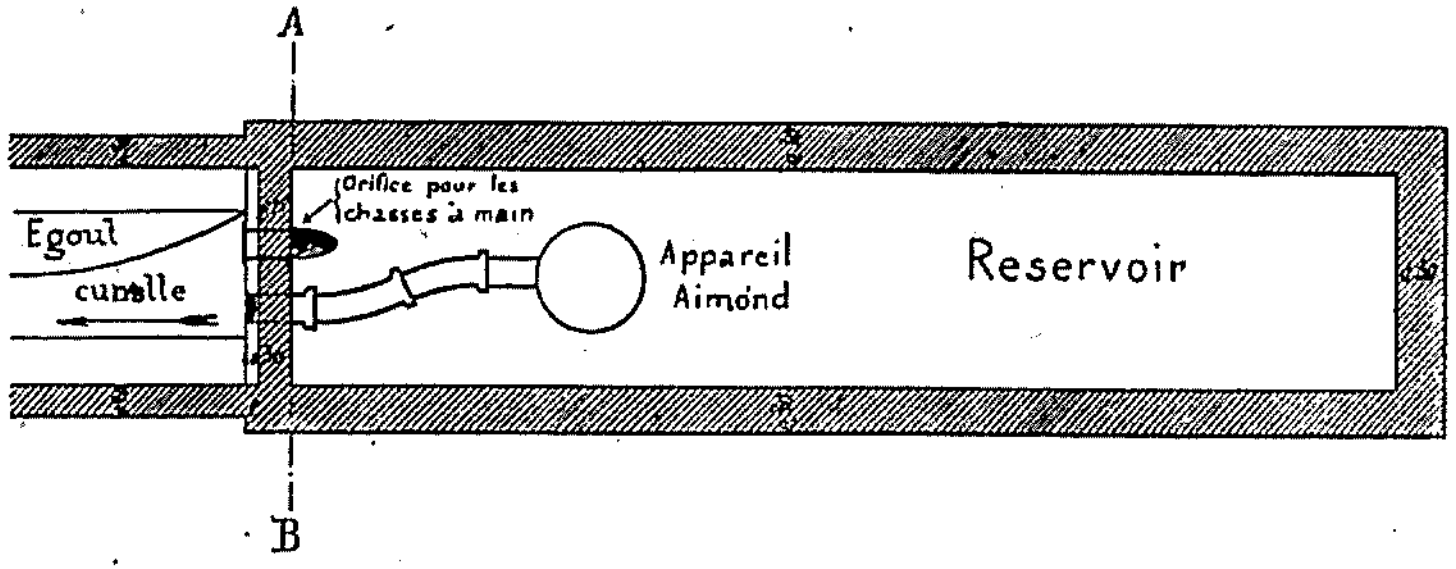
личество относилось къ количеству вынесшей воды, какъ 1 : 16. Вода подпертая на высоту 2 фута, въ состоянiи уносить твердыя тѣла вѣсомъ до 2 фунтовъ, даже при удѣльномъ ихъ вѣсѣ въ 2—$2^1/_2$ раза большемъ воды.

Постоянные промывные щиты дѣлаются закрывающими или все сѣченiе коллектора или только нижнюю его часть (отъ половины до трехъ четвертей). Послѣднее устройство имѣетъ то преимущество, что скопившаяся за щитомъ вода можетъ свободно переливаться черезъ него, такъ что при внезапномъ подъемѣ уровня или порчѣ затвора—вода не скопится за нимъ чрезмѣрно и вышележащая часть канала не подвергнется сильному давленiю изнутри.

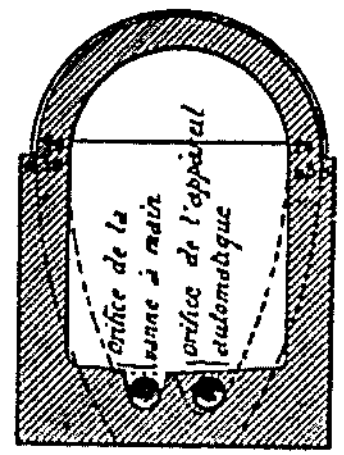
Черт. 854 и 855 показываетъ промывной колодезь овоидальнаго коллектора съ чугунной дверцой, закрывающей $^2/_3$ поперечнаго сѣченiя канала. Дверца придерживается желѣзнымъ стержнемъ соединеннымъ съ нею однимъ концомъ посредствомъ шарнира. На другомъ концѣ стержень имѣетъ костылеобразное уширенiе, которое можетъ скользить въ особомъ рельсѣ, прикрѣпленномъ къ стѣнѣ колодца. При освобожденiи запора давленiе скопившейся воды толкаетъ дверцу и стержень скользитъ въ рельсѣ; вода разомъ наполняетъ нижележащую часть коллектора и промываетъ ее. Для закрытiя щита нажимаютъ на ручку *H*, соединенную со стержнемъ,—щитъ захлопывается и запоръ запираетъ ее плотно. Чтобы вода не просачивалась съ боковъ щита, онъ имѣетъ вокругъ призматическiй выступъ (черт. 859), который выходитъ въ заполненное свинцомъ углубленiе въ чугунной рамѣ, задѣланной въ кладку коллектора.

Черт. 856 — 858 показываетъ еще одно устройство, позволяющее закрывать щитъ съ улицы, не входя въ колодезь. Оно примѣнено въ Данцигѣ для закрытiя щитомъ всего сѣченiя коллектора. Стержень, соединенный однимъ концомъ со щитомъ, другимъ соединенъ шарниромъ съ зубчатой кремальерой, которая можетъ въ особыхъ рельсахъ скользить вдоль стѣнки колодца взадъ и впередъ и, двигая за собою стержень, закрывать или открывать щитъ. При помощи зубчатаго колеса, вертикальная ось коего доходитъ до поверхности мостовой, можно съ помощью ключа, который вращаютъ двое рабочихъ, заставить скользить кремальеру впередъ: дверцы захлопываются, причемъ щеколда плотно ее запираетъ. При поднятiи щеколды щитъ раскрывается давленiемъ воды и отодвигаетъ кремальеру назадъ.

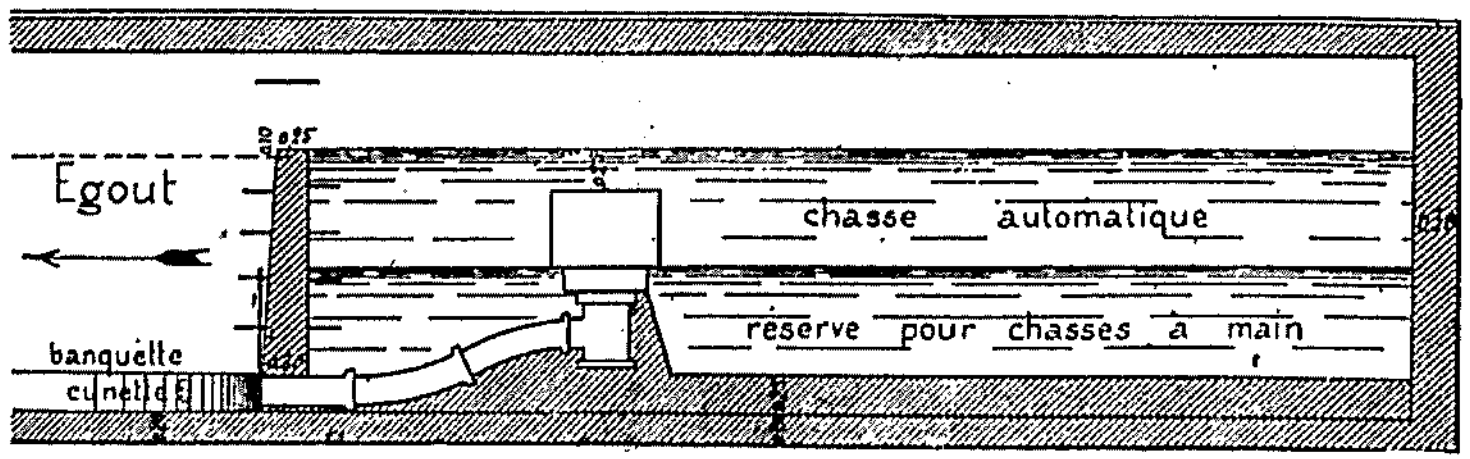
Канализація города Парижа.



Черт. 878.



Черт. 879.



Черт. 880.

Черт. 878, 879 и 880. — Планъ, продольный и поперечный разрѣзы промывнаго резервуара для тупаго конца первичнаго коллектора съ автоматическимъ сифономъ, системы Aimond'a. Верхній слой воды въ резервуарѣ расходуется автоматически чрезъ сифонъ, нижній — по усмотрѣнію рабочаго чрезъ особый ручной затворъ. (Egout—водостокъ; cunette—кюветъ для нижнихъ водъ; orifice de la chasse à main—отверстіе для промывки, открываемое рабочимъ).

Кромѣ описанныхъ и подобныхъ имъ, схожихъ въ общемъ устройствѣ, щитовъ существуетъ много различныхъ самодѣйствующихъ затворовъ, въ которыхъ при наполненіи канала до извѣстной высоты, щитъ открывается самъ собою, скопившаяся вода вытекаетъ и щитъ снова закрывается. Но и по принципу, и по даннымъ, выработаннымъ практикою, повидимому въ этомъ случаѣ большихъ магистралей, гдѣ задержка въ стокѣ такъ опасна, слѣдуетъ предпочитать простыя приспособленія, дѣйствующія руками рабочихъ,—самодѣйствующимъ приборамъ, которые могутъ легко портиться и потому все таки должны имѣть за собою надзоръ.

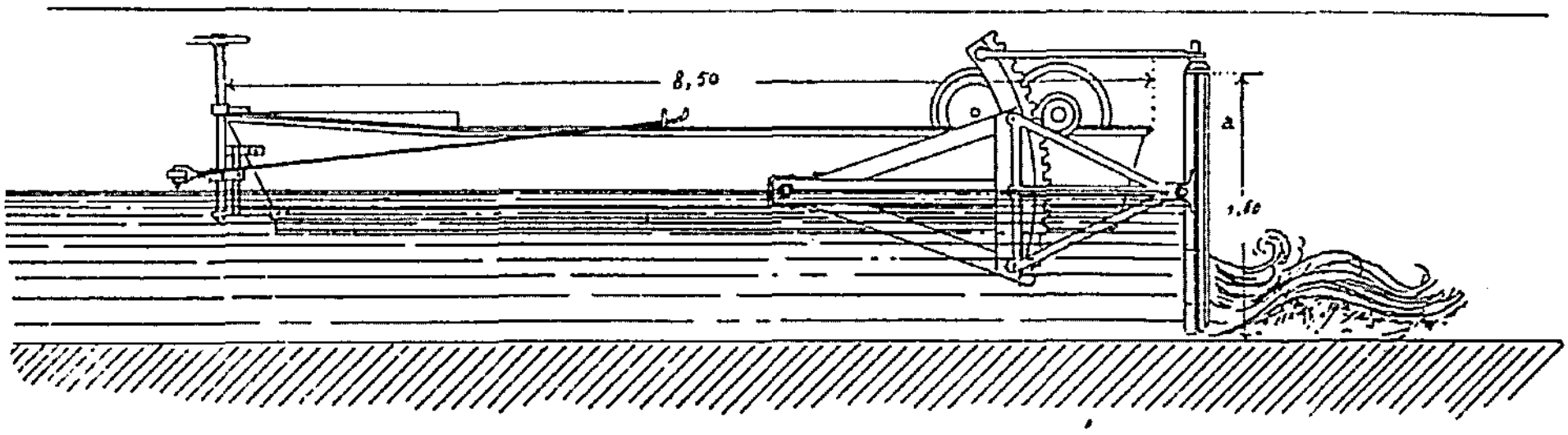
§ 162. Промывка водостоковъ водой рѣкъ и каналовъ и т. п.

Къ промывнымъ приборамъ относятся также приспособленія, служащія для впуска въ водостоки воды изъ находящихся въ городѣ рѣкъ, каналовъ, озеръ, прудовъ и т. п. естественныхъ или искусственныхъ водоемовъ, сооруженныхъ не спеціально для цѣлей промывки. Для этого рядомъ съ воднымъ бассейномъ устраиваютъ соединенный съ нимъ колодезь, изъ котораго ниже уровня низкихъ водъ бассейна выходитъ труба, снабженная клапаномъ и идущая въ промываемую трубу, чаще всего въ точки раздѣла уклоновъ сѣти, если онѣ лежатъ по близости. Колодезь отдѣляется отъ источника промывной воды рѣшеткой для задерживанія плавающихъ крупныхъ тѣлъ. Черт. 860—862 показываетъ подобный колодезь г. Данцига, устроенный изъ дерева. Пазы въ отверстіи колодца служатъ для временнаго (въ случаѣ починки) отдѣленія колодца отъ рѣки глухимъ щитомъ. Черт. 863—устройство, примѣненное въ г. Бреславлѣ: колодезь здѣсь изъ кирпичной кладки.

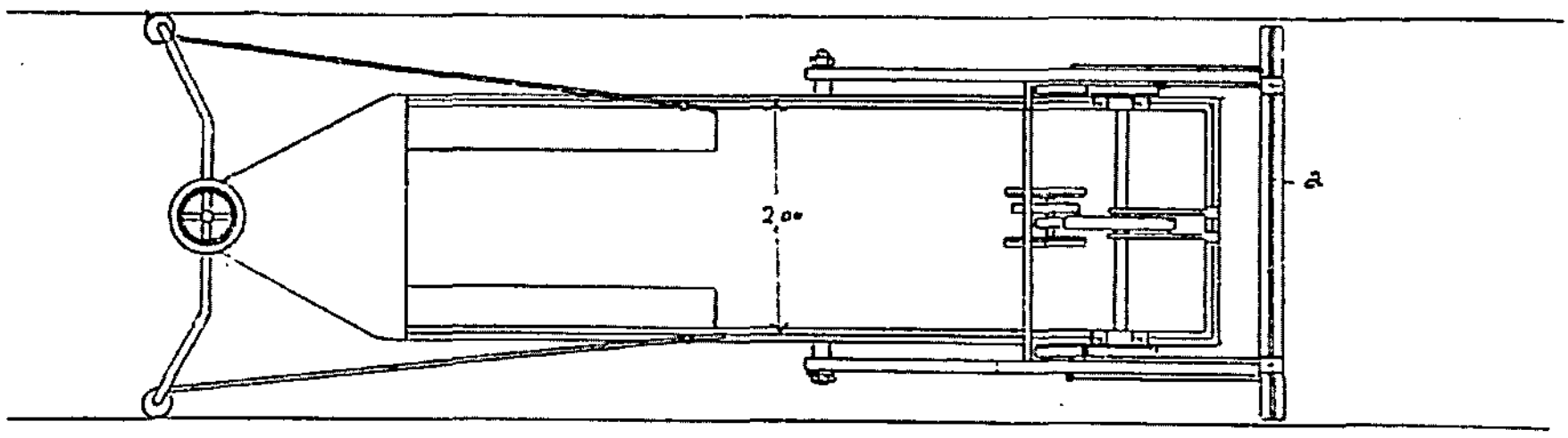
§ 163. Расположеніе промывныхъ приборовъ.

Весьма важно для правильности дѣйствія промывныхъ приборовъ и поддержанія падлежащей чистоты въ канализаціонной сѣти, правильно расположить промывныя приспособленія. Прежде всего въ промывкѣ нуждаются всѣ точки водораздѣла сѣти и, такъ какъ близъ этихъ точекъ всегда протекаетъ слишкомъ мало сточныхъ водъ, то онѣ нуждаются въ промывкѣ водою изъ водопровода, водоема и

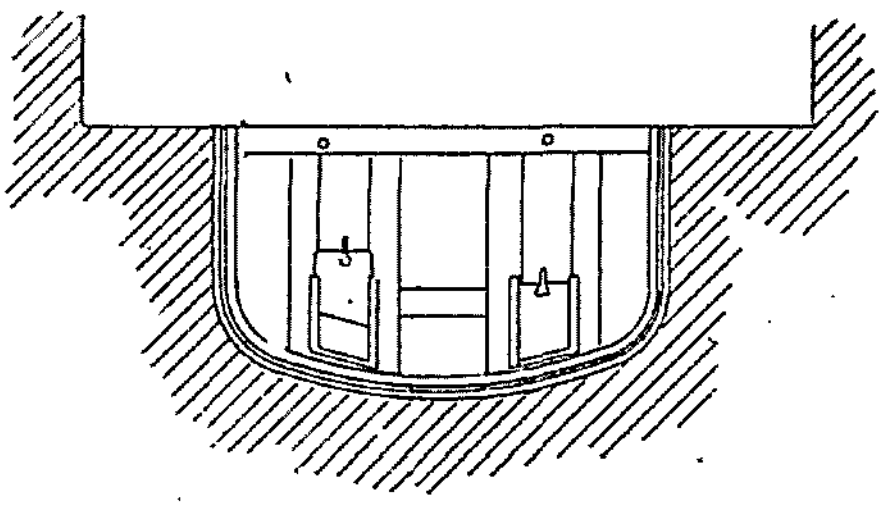
Промывка водостоковъ.



Черт. 881. — Боковой видъ.



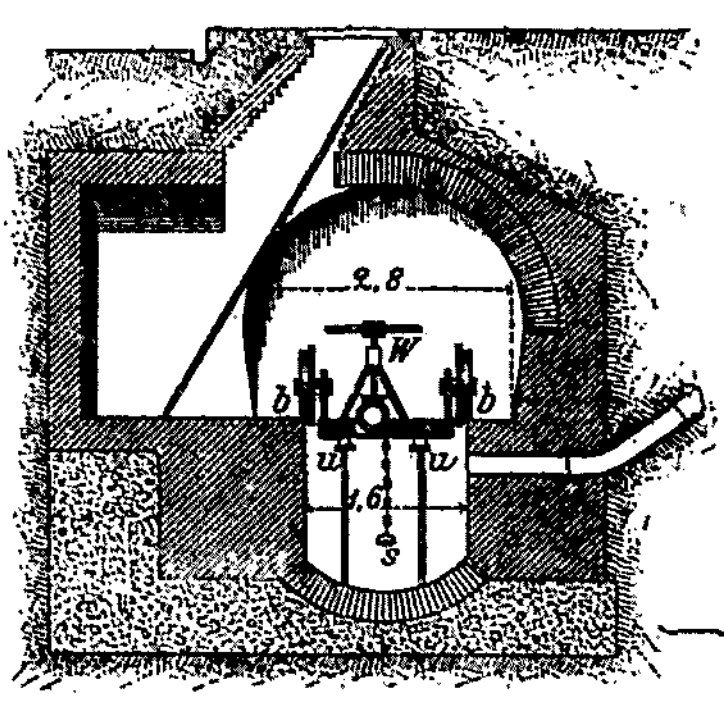
Черт. 882.—Планъ.



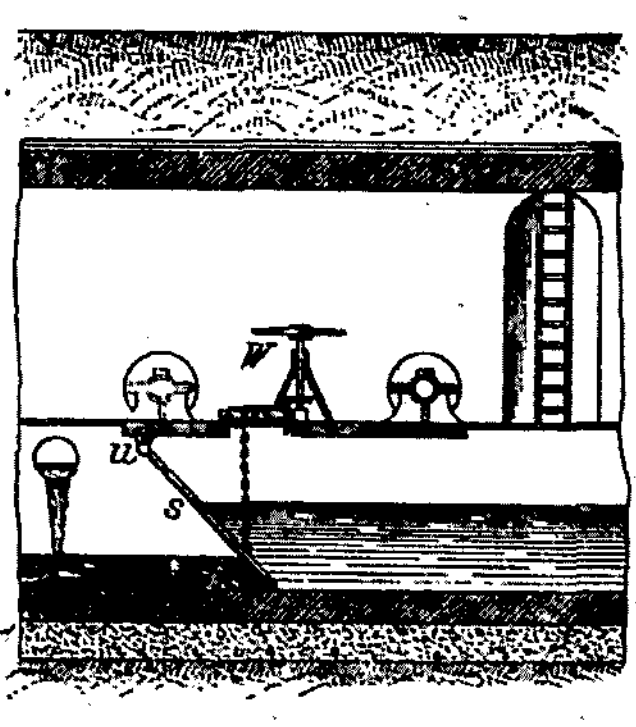
Черт. 883.—Поперечный разрѣзъ.

Черт. 881 — 883. — Приспособленіе для промывки коллекторовъ въ Парижѣ сточной водой, состоящее изъ щита, передвигающагося на суднѣ. (Изъ соч. Чижова—водостоки Парижа).

Черт. 884 и 885. — Приспособленія для промывки коллекторовъ въ Брюселѣ сточной водой, состоящее изъ щита, передвигающагося по рельсамъ на вагонетѣ. (Изъ соч. A. Frühling'a).



Черт. 884.—Поперечный разрѣзъ.



Черт. 885.—Продольный разрѣзъ.

Примѣчаніе. Размѣры въ метрахъ.

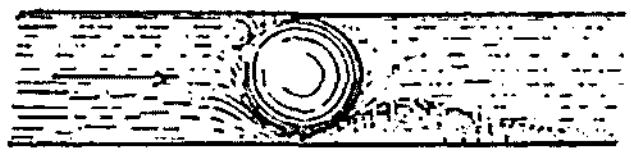
т. п. источниковъ. Здѣсь умѣстны напр. сифоны Дультона и всякіе проводы, впускающіе промывныя воды изъ рѣкъ. Наиболѣе часто примѣненіе въ такихъ мѣстахъ *чистой водопроводной* воды, которая скопляется въ количествѣ 6—10 куб. м. въ особыхъ камерахъ расположенныхъ или по оси водостока или въ сторонѣ отъ него (черт. 865, 866, 867, 878, 879 и 880). Камера имѣетъ калиброванный водопроводный кранъ, который наполняетъ ей водой два-три раза въ день и автоматическій приборъ для быстраго опоражниванія. Приборы эти иногда (примѣръ Парижъ) устроены такъ, что часть водъ остается въ камерѣ, образуя запасъ, которымъ рабочіе могутъ пользоваться для неавтоматической промывки при извлеченіи наносовъ. Этотъ запасъ расходуется чрезъ особое отверстіе, закрываемое заслонкой (черт. 868 — 870). Дальнѣйшее распредѣленіе промывныхъ приборовъ зависитъ отъ уклоновъ каналовъ, формы ихъ поперечнаго сѣченія, количества протекающихъ сточныхъ водъ и главнымъ образомъ — скорости теченія въ сухую погоду. При крутыхъ уклонахъ часто можно обойтись весьма незначительнымъ числомъ промывокъ. За общее правило можно считать, что по мѣрѣ удаленія отъ точекъ раздѣла разстояніе между промывными приборами увеличивается. Вслѣдствіе неопредѣленности задачи расположенія промывныхъ щитовъ полезно устраивать смотровые и соединительные колодцы такимъ образомъ, чтобы впослѣдствіи, въ случаѣ надобности, можно было всегда установить промывной щитъ. Строго же необходимы щиты во всѣхъ пунктахъ, гдѣ скорость протока воды недостаточна.

Дѣлать слишкомъ большія разстоянія между промывными щитами не слѣдуетъ потому, что за щитомъ въ силу временной задержки теченія на дно садятся осадки и при значительномъ разстояніи между щитами хлынувшая вода не будетъ въ состояніи смыть эти осадки съ очень большого протяженія канала. Что касается до количества нужной для промывки сѣти воды и числа промывокъ, то это зависитъ отъ столь значительнаго числа факторовъ, что съ большимъ трудомъ поддается предварительному точному опредѣленію. Дѣлая такой расчетъ необходимо руководствоваться указаніями опыта въ сходныхъ съ изучаемымъ случаяхъ, оставляя притомъ, какъ уже было упомянуто, за собой возможность усилить промывку и сгустить промывныя устройства въ каждой части сѣти, гдѣ это впослѣдствіи представится нужнымъ (см. черт. 871).

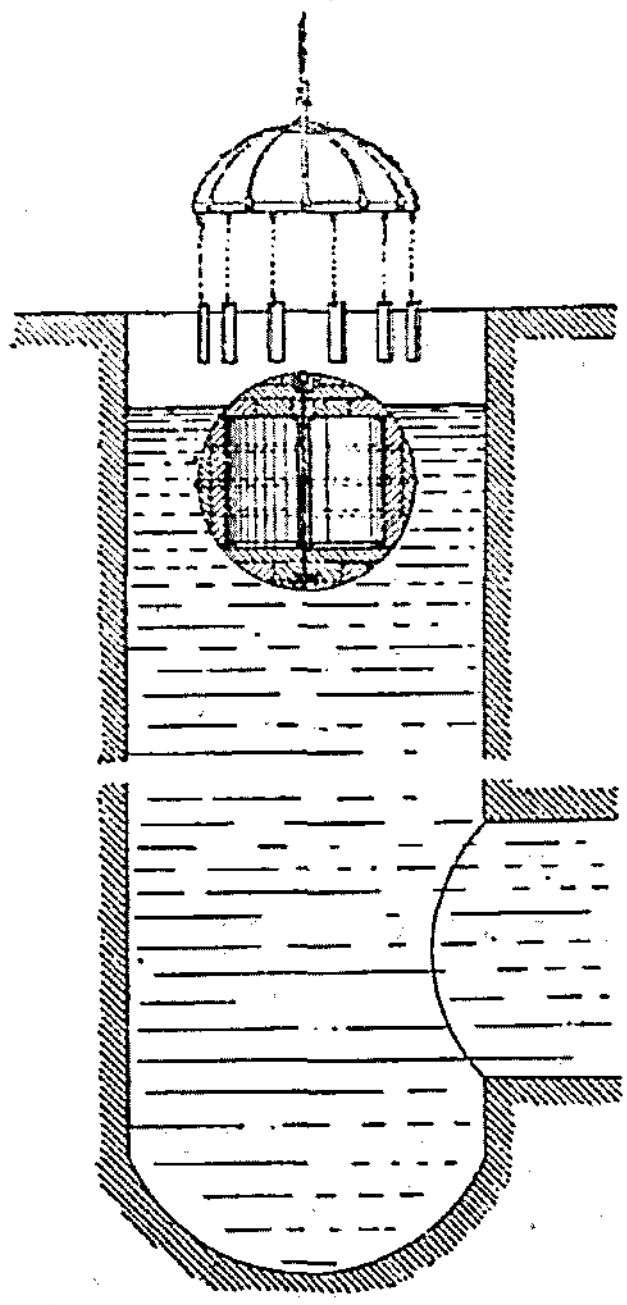
Промывка водостоковъ.

Автоматическая промывка сифоновъ въ Парижѣ

по способу инженера Бельграна (Belgrand).



Черт. 886.—Въ 1868 году для промывки сифона подъ Сеной, устроеннаго у Альмскаго моста и состоящаго изъ двухъ трубъ діаметромъ въ 1 метръ, Бельгранъ предложилъ сдѣлать деревянный шаръ діаметромъ 0,80 м. Шаръ, плавая, катится по верхней сторонѣ трубы и образуетъ подпоръ, которымъ смываются наносы. Чертежъ изображаетъ дѣйствіе такого шара.



Черт. 887.—Съ 1895 года въ Парижѣ та-же система примѣняется для новыхъ сифоновъ Ашерскаго акведука, имѣющихъ трубы въ 2,30 м. и 1,80 м. внутренняго діаметра. Ихъ шары соотвѣтственно 2 м. и 1,60 м. Они составлены изъ отдѣльныхъ разъемныхъ частей и имѣютъ балластъ, коимъ ихъ вѣсъ для удобства управленія дѣлается только немного меньше вѣса воды. Для погруженія ихъ покрываютъ металлическимъ тяжелымъ колпакомъ съ направляющими и охватывающими цѣпями (черт. 887). Когда шаръ доводится въ колодцѣ сифона до уровня трубы сифона, онъ входитъ въ нее, увлекаемый теченіемъ, которое затѣмъ шаръ самъ усиливается и коимъ переносится вмѣстѣ съ наносами на другую сторону рѣки.

§ 164. Сохраненіе чистоты воздуха въ предѣлахъ сѣти.

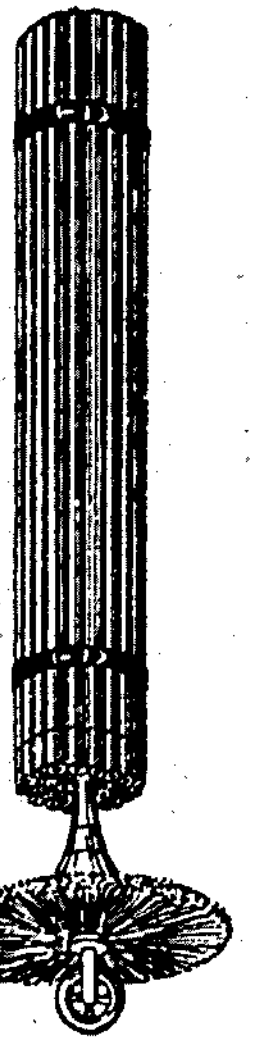
Вентиляцію водостоковъ слѣдуетъ разсматривать какъ дополненіе къ ихъ очисткѣ. Какъ цѣль промывки и механическаго извлеченія осадковъ—поддерживать чистоту каналовъ, такъ цѣль вентиляціи—поддерживать чистоту находящагося въ нихъ воздуха.

Хотя въ водѣ, текущей по водосточнымъ галлереямъ, всегда находятся различнаго рода органическія вещества, способныя разлагаться, все же, если канализація устроена хорошо, т. е. всѣ коллекторы уложены съ достаточнымъ уклономъ и текущія въ нихъ воды обладаютъ достаточной скоростью, разложеніе органическихъ веществъ, повидимому, не можетъ еще начаться въ предѣлахъ канализованнаго города, слѣдовательно и воздухъ въ стокахъ не долженъ бы быть зараженъ различнаго рода газами—продуктами разложенія. Но въ дѣйствительности въ водостоки попадаютъ изъ домовъ и съ поверхности улицъ нѣкоторыя вещества, уже начавшія разлагаться; при недосмотрѣ въ промывкѣ—частицы, прилипшія къ стѣнкамъ, также могутъ гнить; въ ночныхъ осадкахъ до ихъ сплава деннымъ количествомъ текущей воды, можетъ начаться процессъ разложенія и результатомъ всего этого является зараженіе воздуха, находящагося въ водосточныхъ галлереяхъ, хотя и незначительное при хорошемъ устройствѣ канализаціи, но съ которымъ все же приходится считаться.

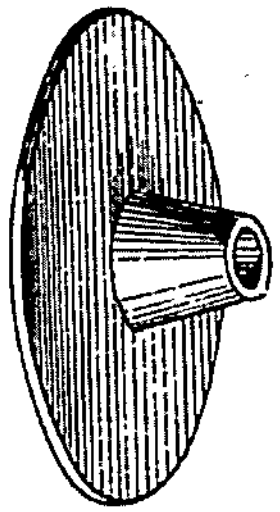
Кромѣ зависимости отъ устройства самихъ водостоковъ составъ и количество газовъ, находящихся въ коллекторахъ, зависитъ еще отъ другихъ обстоятельствъ. (См. по этому вопросу между прочимъ «Докладъ подкоммиссіи для производства опытовъ надъ вентиляціей въ сточныхъ трубахъ въ г. Москвѣ. Москва 1895»).

Сточныя воды поглощаютъ часть газовъ, причемъ коэффиціентъ поглощенія различенъ для различныхъ газовъ. Если извѣстное количество газовъ будетъ поглощено сточными водами при нормальномъ барометрическомъ давленіи, то при его пониженіи часть поглощенныхъ газовъ выдѣлится, слѣдовательно и коллекторный воздухъ ухудшится, что и замѣчается обыкновенно передъ ненастьемъ. Кромѣ того газопоглощательная способность воды уменьшается вмѣстѣ съ увеличеніемъ ея температуры. Съ выдѣленіемъ изъ сточной воды

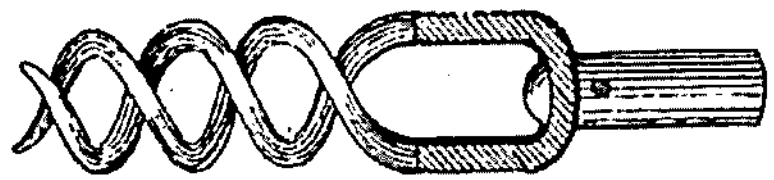
Приспособленія для очистки трубчатыхъ водостоковъ.



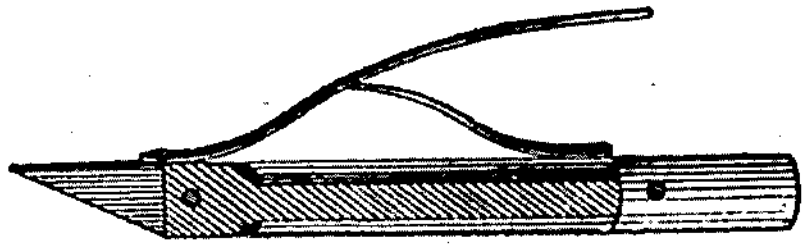
Черт. 888.



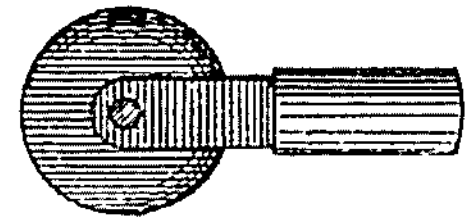
Черт. 890.



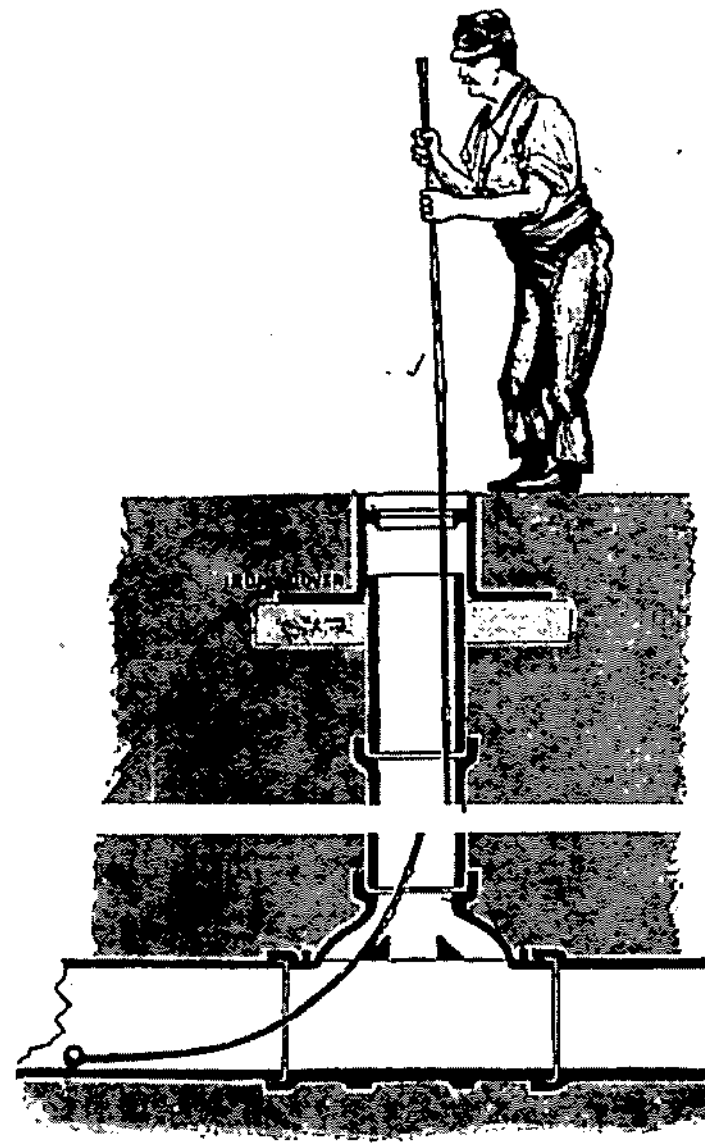
Черт. 893.



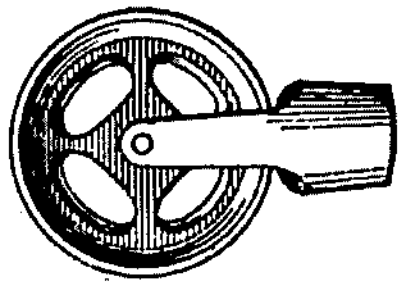
Черт. 894.



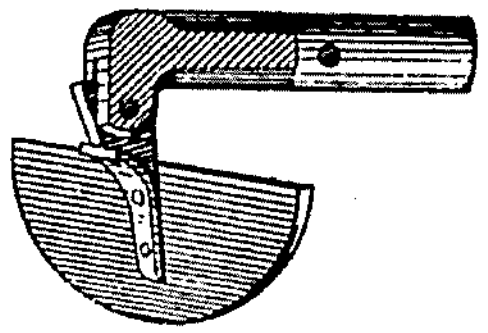
Черт. 897.



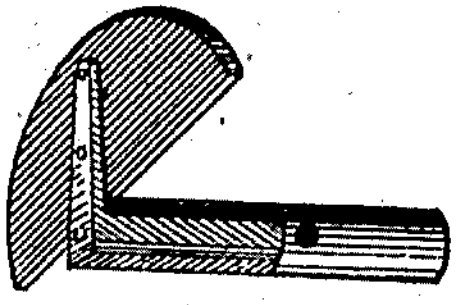
Черт. 898.



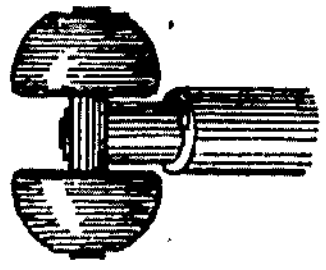
Черт. 891.



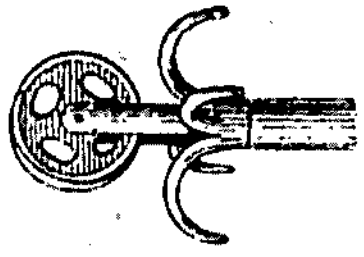
Черт. 895.



Черт. 889.



Черт. 892.



Черт. 896.

Чертежи: 888—Круглая щетка съ запасомъ гибкихъ бамбуковыхъ стержней для наращиванія (см. черт. 898). 889—Полукруглый скребокъ. 890—Круглый скребокъ. 891—Колесо. 892—Двойное колесо. 893—Двухвинтовой штопоръ. 894—Пружинный крюкъ. 895—Шарнирный скребокъ. 896—Кошка. 897—Шаровое колесо. 898—Прочистка трубчатыхъ водостоковъ посредствомъ инструментовъ (черт. 888—897), прикрѣпленныхъ къ сращеннымъ бамбуковымъ стержнямъ.

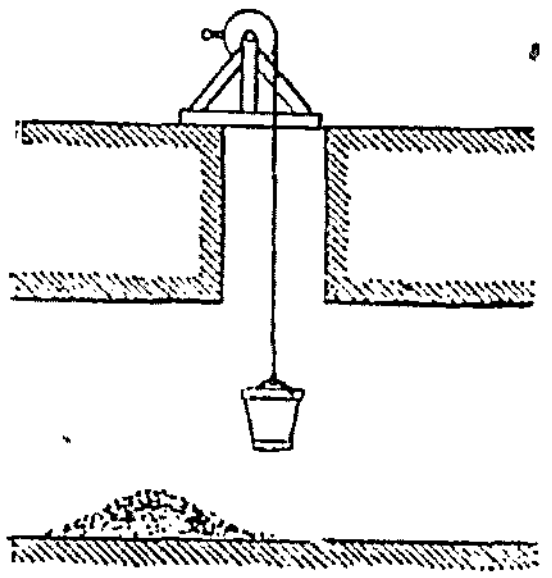
газовъ, при увеличеніи температуры растетъ и ихъ упругость, причемъ особенно сильно растетъ упругость водяныхъ паровъ, которыми коллекторный воздухъ бываетъ насыщенъ почти вполнѣ. Это увеличеніе количества газовъ и ихъ упругости отъ измѣненія атмосфернаго давленія и температуры бываетъ часто настолько значительно, что ни одинъ гидравлическій затворъ не могъ бы его выдержать, если бы каналы не вентилировались.

Помимо этого, возвышеніе упругости коллекторнаго воздуха имѣетъ всегда мѣсто при ливняхъ, когда повысившійся отъ дождя горизонтъ сточныхъ водъ сожметъ воздухъ, находящійся въ коллекторахъ. При спадѣ уровня будетъ замѣтно обратное явленіе—разрѣженіе воздуха въ каналахъ. По всѣмъ этимъ причинамъ важно черезъ посредство вентиляціи дать коллекторамъ возможность свободнаго дыханія. Вентиляція важна также и потому, что водосточныя галлереи требуютъ постояннаго надзора—слѣдовательно и присутствія рабочихъ, на здоровьи которыхъ прежде всего и отразятся ея недостатки.

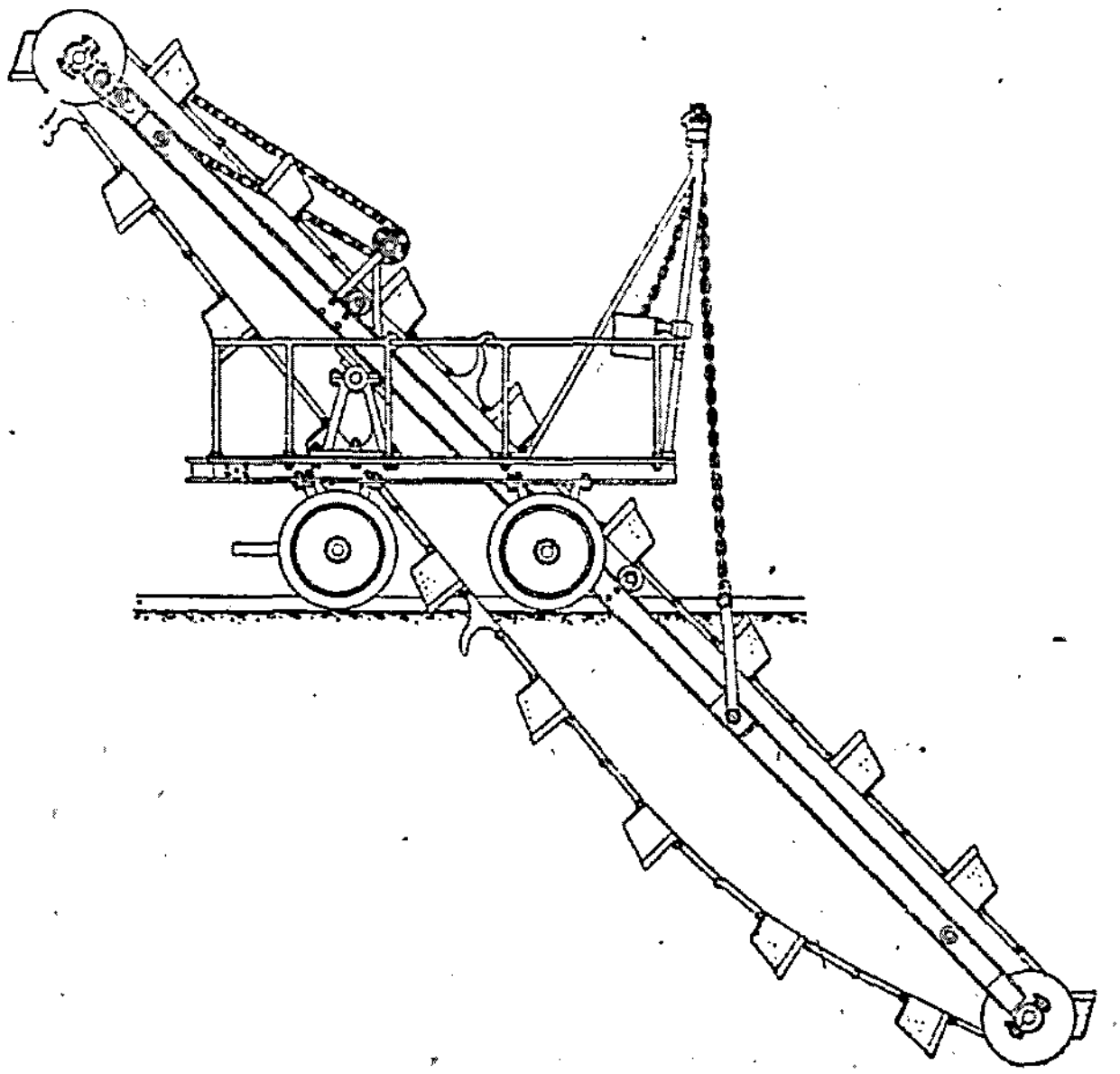
Первыя попытки сохраненія чистоты воздуха въ предѣлахъ водосточной сѣти имѣли цѣлью: черезъ посредство введенія въ сточную воду химическихъ реактивовъ сдѣлать ее настолько безвредною, чтобы выдѣленіе ядовитыхъ газовъ не могло имѣть мѣста. Пробовали вводить хлоръ, сѣрную и сѣрнистую кислоты, но безъ хорошихъ результатовъ. Сюда же можно отнести и патентованное въ 1858 году средство (John Chisholm), заключавшееся въ очищеніи воздуха въ каналахъ посредствомъ электричества: электричество должно было производить аллотропическое измѣненіе кислорода—озонъ, сильно окисляющее дѣйствіе котораго переводило бы ядовитые газы въ менѣе вредныя для здоровья соединенія.

Неудачи, постигшія изобрѣтателей, шедшихъ по пути химическаго обезвреживанія коллекторнаго воздуха, а также и интересъ, съ которымъ относились различныя ученыя общества и правительства (напр. англійскій парламентъ) къ вопросу о канализаціи, дали толчокъ къ вѣрному, простому и дешевому способу обезвреживанія коллекторнаго воздуха,—къ вентиляціи водосточной сѣти. Эта вентиляція должна служить къ тому, чтобы помощью введенія въ сѣть свѣжаго атмосфернаго воздуха и вытягиванія испорченнаго достигнуть возможно большаго разжиженія вредныхъ газовъ,—такого, при

Очистка водостоковъ отъ грязи.



Черт. 899. — Переносный воротъ съ ведромъ, примѣняемый въ мѣстахъ, гдѣ количества подлежащаго извлеченію матеріала невелики.

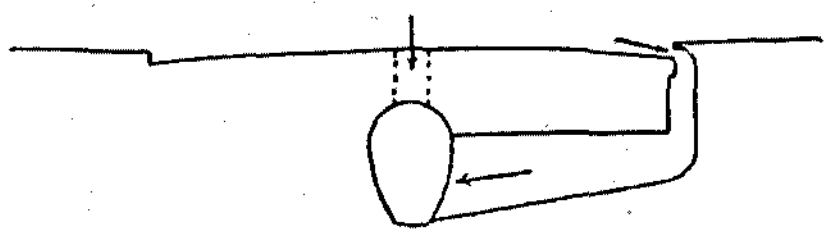


Черт. 900.—Катучій черпачный приборъ, примѣняемый въ Парижѣ въ мѣстахъ, гдѣ скопляется много тяжелой грязи (песка)—Bechmann—p. 216.

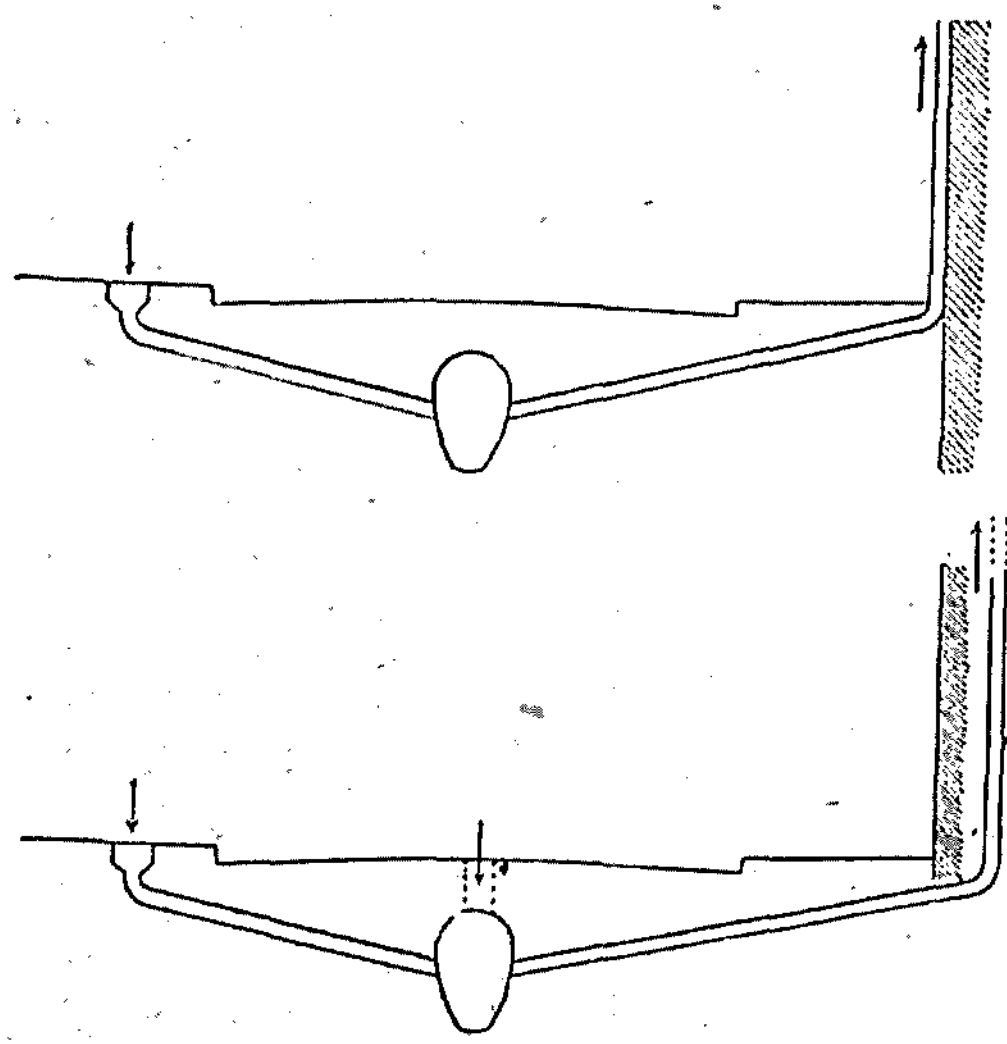
Примѣчаніе. Извлекаемая грязь часто распространяетъ дурной запахъ и кромѣ того опасна въ санитарномъ отношеніи. Ее дезинфенцируютъ въ моментъ извлеченія сѣрнокислымъ желѣзомъ, сѣрнокислымъ цинкомъ, хлористымъ желѣзомъ и т. п., и по возможности немедленно удаляютъ изъ города.

которомъ ихъ процентное содержаніе въ воздухѣ становится достаточно малымъ.

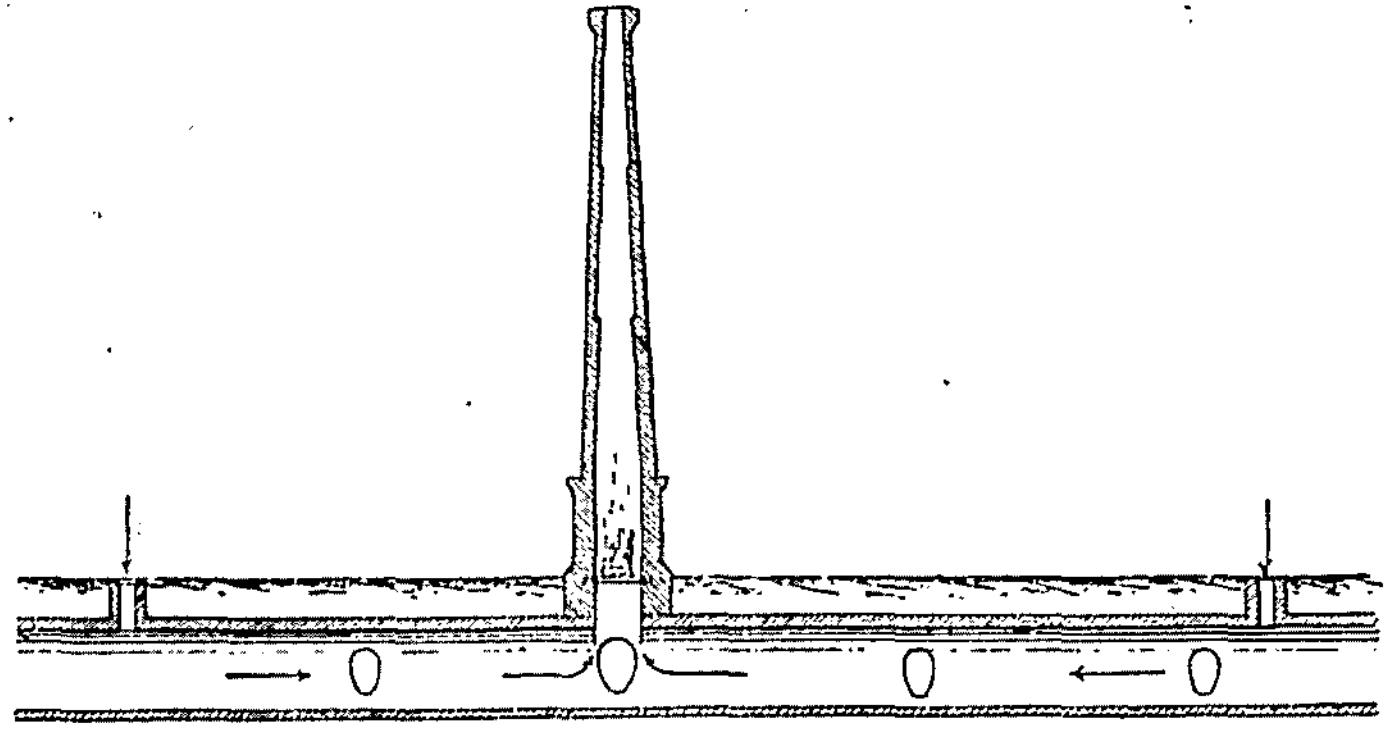
Достигнуть этого пробовали различными способами, между прочимъ и механическими средствами—вентиляторами, часто приводившимися въ дѣйствіе силою сточной воды, но эти устройства не вели къ цѣли, такъ какъ часто портились, и потому ихъ теперь оставили, обратившись къ *естественной* вентиляціи водостоковъ. Она производится впускомъ чистаго воздуха чрезъ уличныя отверстія свѣти съ выпусканіемъ коллекторнаго воздуха или по направленію стока воды (черт. 901), или чрезъ дождевыя трубы (черт. 902), или чрезъ *фановыя* трубы (черт. 903). Первые два способа вентиляціи, основанные исключительно на разницѣ удѣльныхъ вѣсовъ коллекторнаго и атмосфернаго воздуха, впрочемъ, также далеко не всегда могутъ служить исправно. Упругость, слѣдовательно и удѣльный вѣсъ газовъ, находящихся въ каналахъ, зависитъ въ весьма значительной степени отъ температуры и атмосфернаго давленія. Зимою, когда температура въ каналахъ бываетъ выше наружной, коллекторный воздухъ бываетъ легче атмосфернаго, лѣтомъ же онъ бываетъ то одинаковаго съ послѣднимъ вѣса, то тяжелѣе. Поэтому и вентиляція посредствомъ прямаго соединенія коллектора съ улицей и даже съ дождевыми сточными трубами, идущими съ крышъ домовъ, можетъ служить лишь въ качествѣ вспомогательнаго, дополнительнаго средства; одна же она не можетъ быть достаточной, тѣмъ болѣе что для городовъ, имѣющихъ мансарды она и не допустима. При сильномъ дождѣ, когда верхъ трубы почти наполняется текущею съ крышъ водою, дождевая труба уже не служитъ вытягивающей, а напротивъ того она можетъ начать нагнетать воздухъ въ уличные каналы, и при закрытыхъ верхнихъ концахъ фановыхъ домовыхъ трубъ прорывать гидравлическіе затворы ватерклозетовъ, ваннъ и т. п. Чтобы увеличить шансы на постоянство дѣйствія, были предложены различнаго рода флюгарки, которыя, будучи прикрѣплены къ верхушкамъ дождевыхъ трубъ и дѣйствуя подъ вліяніемъ вѣтра, служили бы то нагнетающими, то всасывающими приборами и располагались сообразно ихъ дѣйствію поочередно: одинъ нагнетающій, слѣдующій всасывающій и т. д. Наиболѣе простая форма ихъ указана на черт. 722 и 723. Но ихъ полезное дѣйствіе очень незначительно и вѣтра, нужнаго для приведенія ихъ въ дѣйствіе, можетъ въ данное время и не быть.



Черт. 901. — Вентиляція чрезъ уличные пріемники съ направленіемъ коллекторнаго воздуха вдоль по коллекторамъ къ устьямъ водосточной сѣти (по преимуществу примѣняется во Франціи).

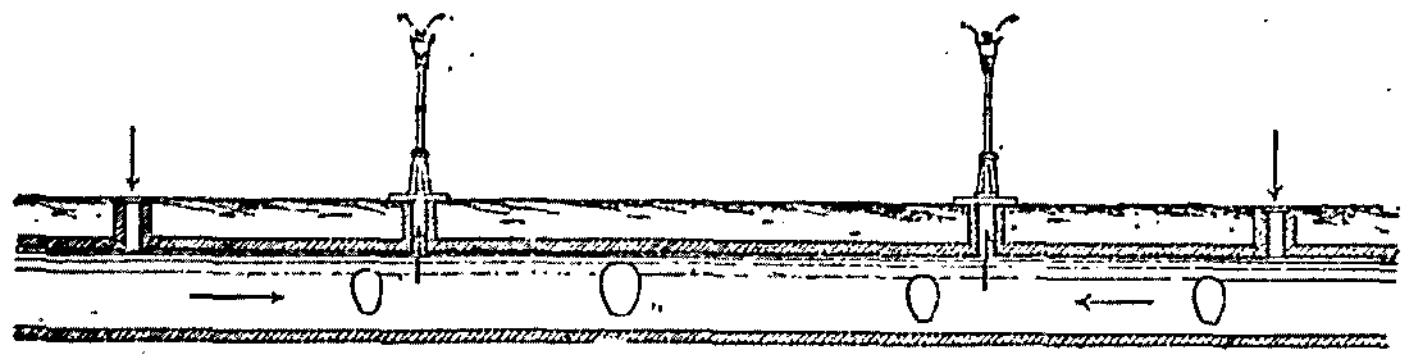


Черт. 902 и 903. — Вентиляція чрезъ особыя отверстія съ направленіемъ коллекторнаго воздуха въ особыя вентиляціонныя трубы у стѣнъ домовъ, или дождевыя трубы или домовыя трубы внутри домовъ (по преимуществу примѣняется въ Англіи и Соединенныхъ Штатахъ).



Черт. 904.

Искусственная вентиляція водостоковъ посредствомъ фабричныхъ трубъ.



Черт. 905.

Искусственная вентиляція водостоковъ посредствомъ уличныхъ фонарей.

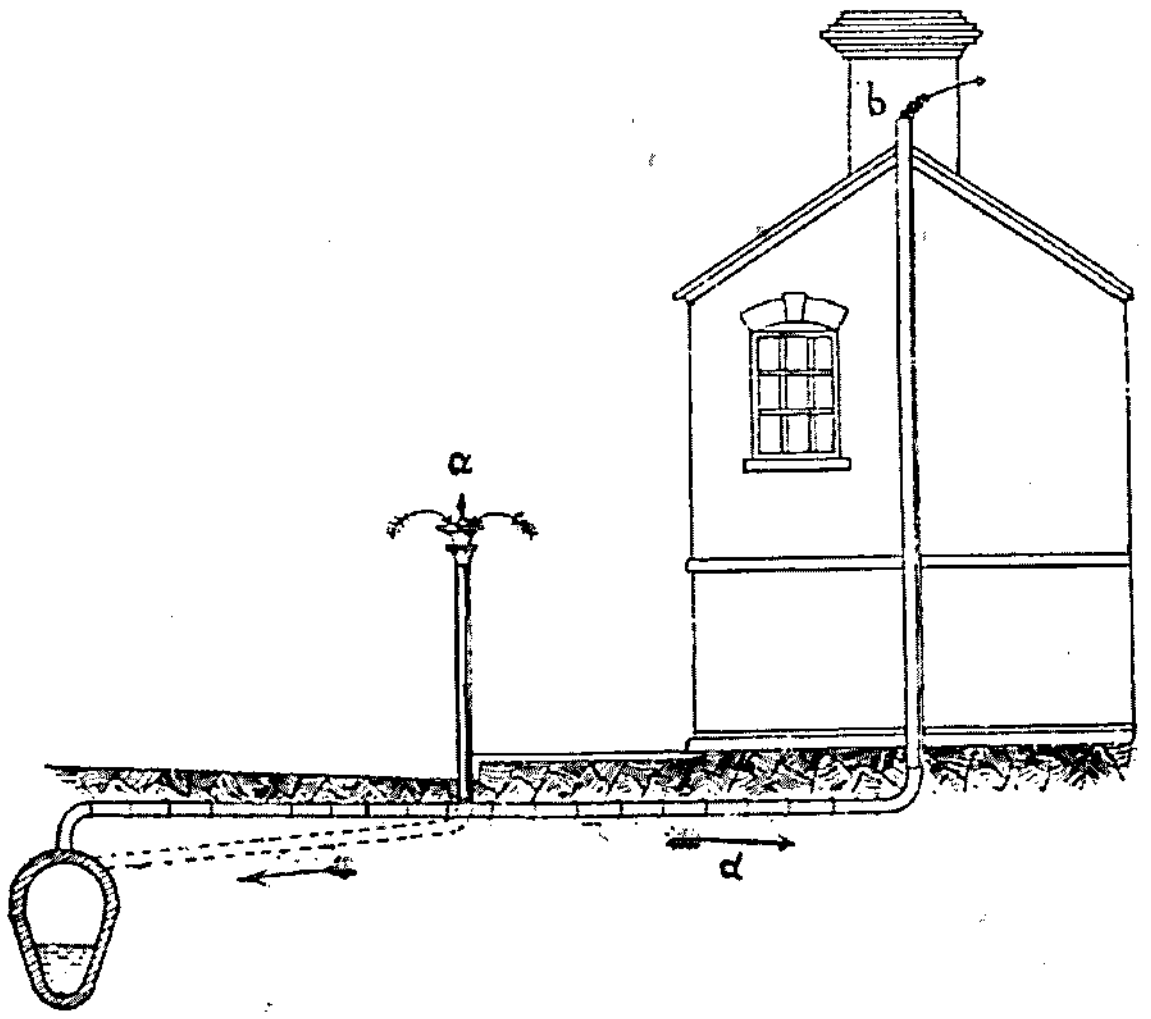
Смотря на дождевыя трубы лишь какъ на дополненіе къ вентиляціи уличной сѣти другими средствами, слѣдуетъ выбирать для этой цѣли трубы преимущественно высокихъ зданій и обращать особое вниманіе на то, чтобы онѣ не пропускали черезъ свои стыки воздуха и чтобы ихъ верхнія воронки были по возможности удалены отъ оконъ жилыхъ помѣщеній.

Наиболѣе дѣйствительная вентиляція достигается черезъ посредство домовыхъ сточныхъ трубъ, открытыхъ сверху и соединенныхъ прямо безъ гидравлическаго затвора, съ уличными каналами.

Если фановая труба служитъ и вентиляціонной, слѣдовательно въ ней нѣтъ гидравлическаго затвора, то для гарантіи почти постоянной тяги ее слѣдуетъ проводить по возможности ближе къ дымовымъ трубамъ кухонныхъ очаговъ, какъ дѣйствующихъ наиболѣе продолжительное время: тяга будетъ поддерживаться *разницей температуръ въ вытяжной (фановой) трубѣ и въ водостокѣ*, къ которому она примыкаетъ. Для впуска въ каналы свѣжаго воздуха служатъ снабженныя отверстіями входныя крышки смотровыхъ и соединительныхъ колодцевъ; если же онѣ расположены довольно далеко другъ отъ друга, то на разстояніи 15—20 саженъ помѣщаются спеціальные вентиляціонные колодцы, служащіе для впуска въ каналы свѣжаго воздуха, которые состоятъ изъ вертикальнаго ряда гончарныхъ трубъ не уже 10″ въ діаметрѣ, вдѣланныхъ въ верхнюю часть свода коллектора. Сверху, для предупрежденія попаданія въ нихъ уличной грязи, они снабжаются крышкой съ глухою частью непосредственно надъ отверстіемъ колодца и съ рѣшеткой сбоку. Эти же вентиляціонные колодцы служатъ и для того, чтобы черезъ нихъ могъ выходить воздухъ при внезапномъ повышеніи уровня текущихъ водъ во время дождя. Чтобы въ этомъ послѣднемъ случаѣ и вообще при обратной тягѣ выходящій на улицу, коллекторный воздухъ не причинялъ неудобствъ своимъ запахомъ онъ дезинфицируется, какъ указано въ § 165, или же впускныя отверстія помѣщаются не на уровнѣ мостовой, а много выше (см. черт. 906); впрочемъ и при такомъ расположеніи дезинфекція воздуха вполнѣ умѣстна. Впускъ свѣжаго воздуха черезъ отверстіе колодцевъ и вытягиваніе его черезъ фановыя трубы обыкновенно достаточно обезпечиваютъ обновленіе въ каналахъ воздуха.

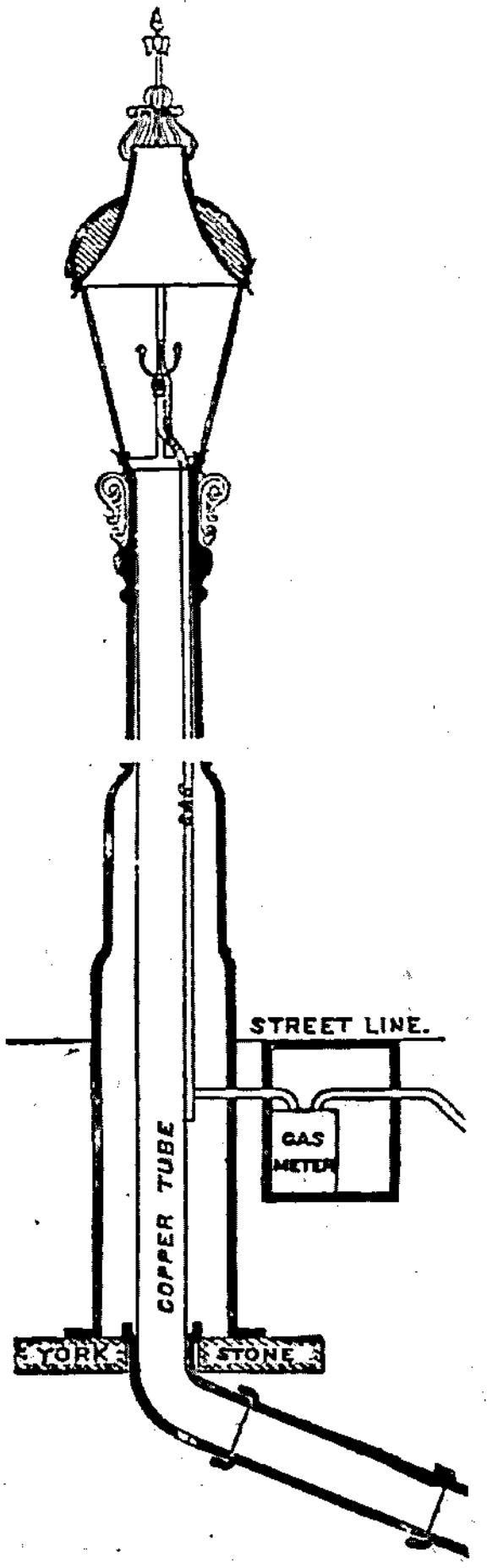
Вышеописанная система вентиляціи, обновляя коллекторный воз-

Вентиляція водостоковъ.



Черт. 906.

Черт. 906. — Вентиляція водостоковъ чрезъ особые впускныя трубы для чистаго воздуха (*a*) и особыя трубы для выхода коллекторнаго (*ab*), поставленныя у домовъ. Трубы *a* подняты на такую высоту, чтобы при всегда возможной обратной тягѣ коллекторный воздухъ выходилъ выше уровня уличнаго движенія.



Черт. 907.

Черт. 907. — Деталь уличнаго газоваго фонаря приспособленнаго къ вентиляціи (см. черт. 905) коллектора и обезвреживанію (?) коллекторныхъ газовъ. (Патентъ Wébb'a) Copper-tube — мѣдная труба для коллекторнаго воздуха; Gas — газовая труба.

духъ въ силу разницы температуръ и удѣльныхъ вѣсовъ, оказывается достаточно постоянною по своему дѣйствію. При ней свѣжій воздухъ входитъ въ вентиляціонныя отверстія, расположенныя на уровнѣ мостовой, испорченный же уносится ближайшими фановыми, дождевыми и фабричными трубами въ верхніе слои атмосферы. Такимъ образомъ устроена вентиляція Берлинской, Франкфуртской, Варшавской и др. канализацій, и она повидимому не оставляетъ желать лучшаго.

Многіе инженеры противятся, однако, вентиляція черезъ посредство домовыхъ сточныхъ трубъ, потому что здѣсь необходимо прямое сообщеніе домовой канализаціи съ уличной. Но и въ фановой трубѣ, и въ каналахъ воздухъ имѣетъ приблизительно одинъ и тотъ же составъ, поэтому нѣтъ разумной причины непремѣнно геометрически отдѣлить одинъ воздухъ отъ другого и освѣжать каждый изъ нихъ самостоятельно. Между тѣмъ отдѣльная вентиляція только уличной канализаціи представляетъ громадныя трудности и едвали можетъ быть хорошо разрѣшена безъ чрезмѣрныхъ затратъ. Неудовлетворительность результатовъ примѣненія для этой цѣли вентиляторовъ заставляетъ искать рѣшеніе вопроса въ соединеніи коллекторовъ съ уличными газовыми фонарями, вблизи фабричныхъ очаговъ съ высокими трубами и т. п. источниками тепла, способными вызывать теченіе воздуха (см. черт. 905 и 907). Эти средства вообще не оказались достаточными, хотя, какъ вспомогательныя, они и весьма дѣйствительны для обновленія воздуха; при этомъ, хотя тяга внутри коллекторовъ замѣчается обыкновенно лишь до ближайшихъ ихъ развѣтвленій, но все же она довольно сильна.

Подобное соединеніе водостоковъ съ топками жилыхъ домовъ очевидно невозможно, такъ какъ въ случаѣ отсутствія въ ихъ дымовыхъ трубахъ тяги, всѣ вредные для здоровья газы могутъ проникать прямо въ жилыя помѣщенія.

Нѣкоторые извѣстные своими канализаціонными работами инженеры совѣтуютъ для усиленія тяги устраивать въ нѣсколькихъ, преимущественно возвышенныхъ, пунктахъ сѣти особые соединенные съ водостоками очаги съ высокими дымовыми трубами (черт. 904). Такъ, въ проектѣ канализаціи для С.-Петербурга Линдлей проектируетъ устройство семи подобныхъ башенъ. Но примѣръ ихъ устройства во Франкфуртѣ на Майнѣ показываетъ, что польза, ими приносимая, едва-ли окупается тѣми затратами, которыя потребны для ихъ сооруженія.

§ 165. Дезинфекція коллекторнаго воздуха въ мѣстахъ сообщенія съ наружнымъ.

При системѣ вентиляціи, описанной въ предыдущемъ §, хотя и рѣдко, но все же возможны случаи опрокидыванія тяги, т. е. случаи, когда явится обратная тяга изъ фановыхъ и дождевыхъ трубъ черезъ вентиляціонныя отверстія водостоковъ наружу. Это возможно, когда температура фановой трубы станетъ ниже температуры уличныхъ коллекторовъ или когда вообще явится разница въ удѣльныхъ вѣсахъ коллекторнаго и атмосфернаго воздуха, способствующая появленію обратной тяги, или когда эти причины совпадутъ.

Имѣя въ виду это обстоятельство, не включаютъ въ число вентиляціонныхъ колодцевъ дождевые пріемники, которые помѣщаются около тротуара, точно такъ же, какъ и смотровые колодцы, со входомъ сбоку; иначе при опрокидываніи тяги возможно появленіе запаха, ощутимое для пѣшеходовъ. Въ вентиляціонные же колодцы какъ уже было упомянуто въ § 164, помѣщаютъ дезинфекцирующія средства, изъ которыхъ самымъ дѣйствительнымъ слѣдуетъ считать древесный уголь.

Угольные фильтры, представляя по возможности менѣе сопротивленія для прохода черезъ нихъ воздуха, по своему устройству должны быть таковы, чтобы газы, выходящіе изъ коллектора, не могли проходить помимо угля и чтобы уголь былъ предохраненъ отъ прямого доступа къ нему влаги и пыли.

Существуетъ нѣсколько системъ угольныхъ фильтровъ: Гарисона, Брука, Хильдрида, Б. Лэтама и др. Въ большинствѣ эти фильтры за исключеніемъ фильтра Лэтама, имѣютъ существенные недостатки. Напр. фильтръ Хильдреда (Hildred), представленный на черт. 837, состоитъ изъ слоя древеснаго угля, помѣщеннаго на рѣшеткѣ подъ крышкой смотроваго колодца. Для уличной воды сдѣлана особая воронка съ сифономъ (s) внизу. Расположеніе всей массы угля въ видѣ одного компактнаго фильтрующаго слоя, откуда неудовлетворительность очистки воздуха, съ другой стороны засореніе сифона грязною землей и высыханіе водянаго затвора лѣтомъ — таковы наиболѣе значительные недостатки описаннаго фильтра. Они въ серьезной степени уменьшены въ фильтрѣ Лэтама (Latham's

patent spiral ventilator). Фильтръ Б. Лэтама показанъ на черт. 838. Онъ состоитъ изъ желѣзнаго цилиндра *a* и другого *d*, меньшаго діаметра, помѣщеннаго внутри перваго и соединеннаго съ нимъ кольцеобразнымъ дномъ. Верхній край наружнаго цилиндра имѣетъ кольцеобразный загибъ наружу: имъ онъ подвѣшивается на чугунную раму, въ которой сдѣлано соотвѣтственное углубленіе, наполненное мелкимъ пескомъ. Дождевая вода съ поверхности улицы черезъ отверстія *o* рѣшетки можетъ попадать лишь въ кольцеобразное пространство между цилиндрами; внутреннее же свободное пространство защищено отъ дождя средней сплошной частью крышки. Внутри средняго цилиндра *d* придѣланъ желобкообразный винтовой ходъ, въ который можно ввинтить винтовую поверхность *l*. Эта винтовая поверхность сдѣлана изъ проволочной сѣтки, которая помощью желѣзнаго сплошнаго борта и тавроваго желѣза прикрѣплена къ среднему стержню *P*. На эту сѣтку насыпаютъ древесный уголь, разбитый на куски величиной съ обыкновенный орѣхъ, и затѣмъ ввинчиваютъ ее въ цилиндръ *d*. Газы, идущіе изъ коллектора, проходятъ черезъ фильтръ, скользя между винтовою сѣтчатою поверхностью, и слѣдовательно между слоями угля, который и задерживаетъ всѣ вредныя ихъ части. Когда промежутокъ между двумя цилиндрами наполнится водой, то ея излишекъ черезъ маленькое отверстіе *s* стекаетъ по винтовому жалобку внизъ, не касаясь угля. Хотя часть газовъ по этому же ходу можетъ выйти наружу, но они должны при этомъ совершить длинный путь въ сосѣдствѣ съ углемъ и потому также обезвреживаются. Подобный фильтръ можетъ дѣйствовать, какъ удостовѣряютъ нѣкоторые инженеры, безъ перемѣны угля отъ 6 до 12 мѣсяцевъ, но Лэтамъ совѣтуетъ каждый мѣсяцъ перемѣнять уголь или вѣрнѣе — его прокаливать.

Изобрѣтатель этого фильтра рекомендуетъ его употребленіе при большихъ перепадахъ воды въ колодцахъ, когда изъ сточной воды выдѣляется много газовъ. Слѣдуетъ замѣтить, что особенно сильнаго распространенія угольные фильтры не имѣютъ, благодаря тому, что при большомъ количествѣ они удорожаютъ общее устройство и все-таки служатъ нѣкоторой задержкой свободному протоку воздуха; въ нѣкоторыхъ же пунктахъ сѣти они могутъ быть весьма полезны.

Вмѣсто этихъ фильтровъ, на случай обратной тяги въ узкихъ

улицахъ, можно также плотно закрыть глухими крышками всѣ входныя отверстія, а для впуска воздуха устроить особыя вентиляціонныя трубы, начинающіяся въ верхней части уличнаго коллектора и проходящія вдоль стѣны ближайшаго дома до его крыши или же примѣнить уже упоминавшееся устройство, представленное на черт. 906.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ.

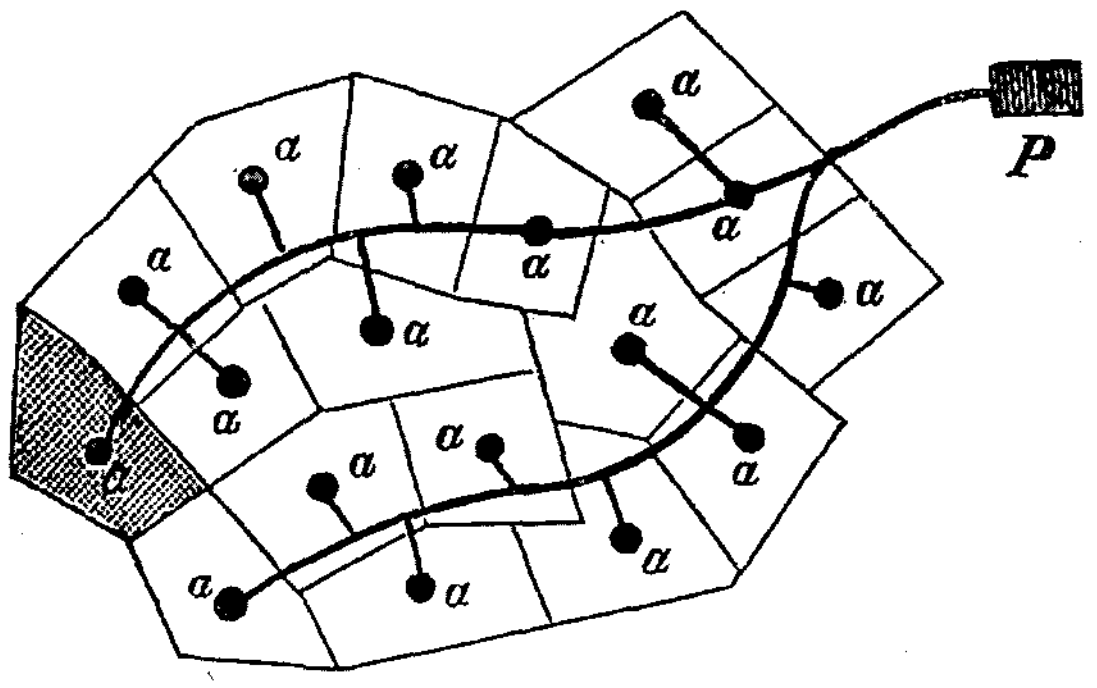
Краткое обозрѣніе раздѣльныхъ системъ Ліернура, Бурова, Берліе и Веринга.

СОДЕРЖАНІЕ: § 166. Общія указанія относительно раздѣльныхъ системъ.— § 167. Система Ліернура.— § 168. Система Бурова.— § 169. Система Берліе.— § 170. Система Веринга.

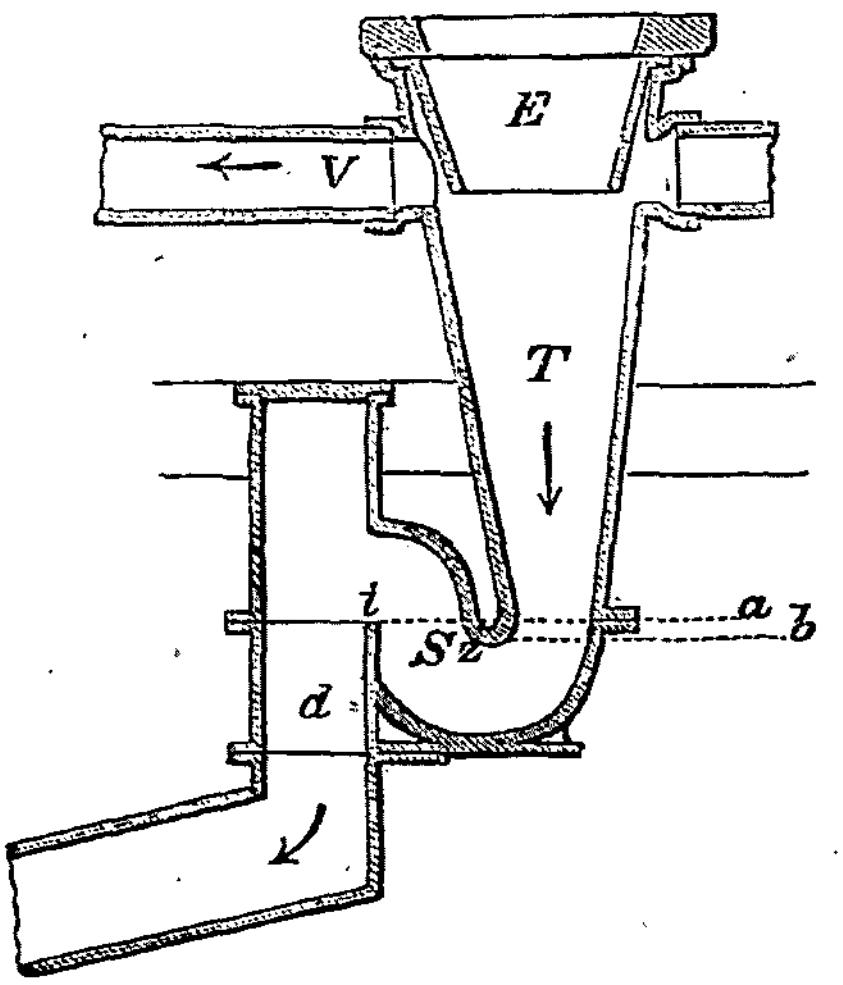
§ 166. Общія указанія относительно раздѣльныхъ системъ.

Принимая въ себя всю массу городскихъ отбросовъ, въ томъ числѣ и человѣческіе экскременты, немедленно съ мѣста ихъ образованія и отводя ихъ возможно быстро изъ предѣловъ города, водостоки общесплавной системы удаляютъ и дождевыя воды. *Это быстрое удаленіе дождевыхъ водъ изъ предѣловъ города составляетъ не малое преимущество общесплавной системы канализаціи передъ другими системами*, такъ какъ первые слои дождевой воды, смывающіе грязь съ поверхности улицъ и особенно воды, происходящія отъ таянія въ высшей степени загрязненнаго снѣга, бываютъ часто гораздо вреднѣе домовыхъ сточныхъ водъ. Не малое преимущество сплавной системы передъ другими составляетъ также и то, что, благодаря своимъ естественнымъ уклонамъ, водосточныя галлереи даютъ полную возможность способствовать осушенію городской почвы и удержанію уровня грунтовыхъ водъ на одной постоянной высотѣ, что имѣетъ громадное значеніе въ дѣлѣ оздоровленія населенныхъ центровъ. Конечно, благіе результаты сплавной системы въ этомъ отношеніи не могутъ обнаружиться немедленно послѣ ея устройства. Примѣры заграничныхъ городовъ показываютъ намъ, что долженъ пройти цѣлый рядъ лѣтъ послѣ устройства канализаціи, прежде чѣмъ достаточно очистятся загрязненныя раньше, въ теченіи иногда цѣлыхъ столѣтій, почва и грунтовыя воды и прежде,

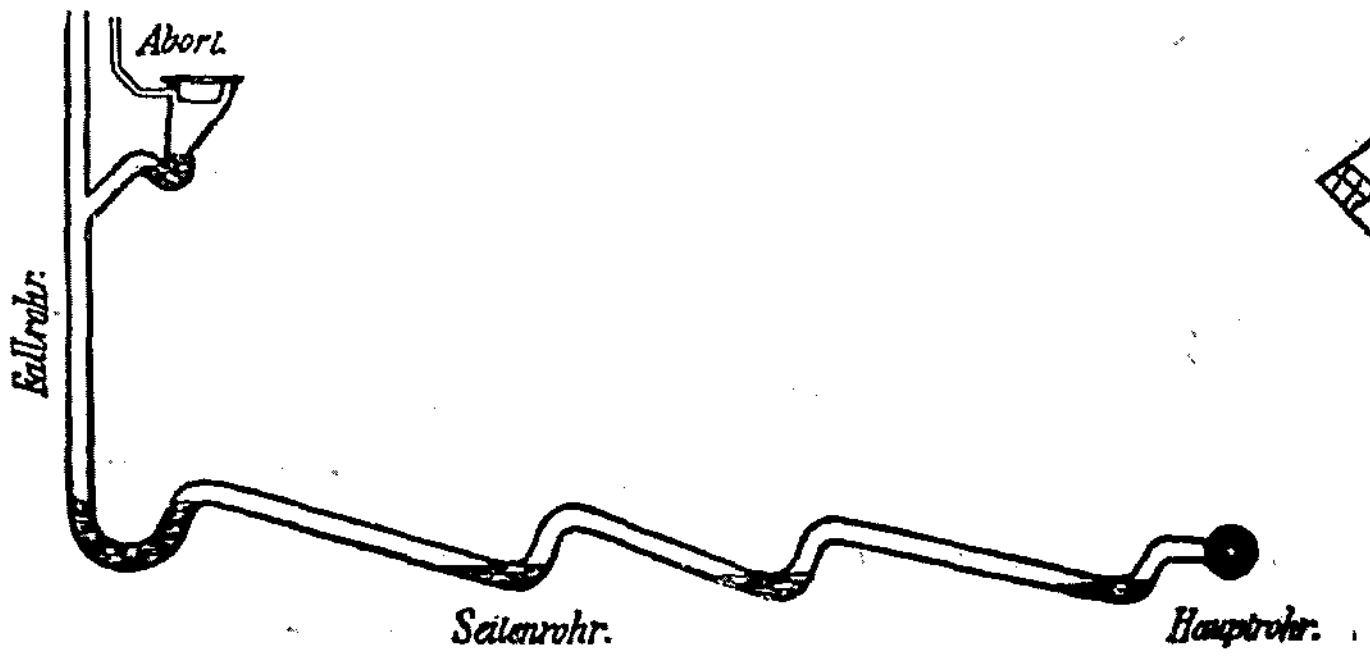
Система Ліернура.



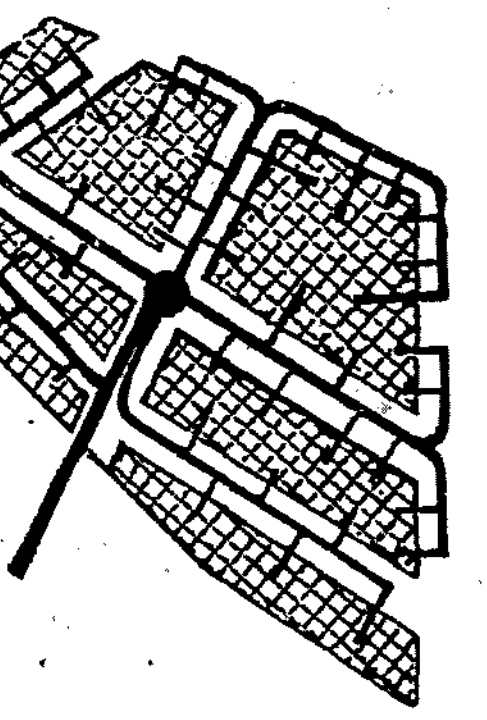
Черт. 908.—Схема канализаціи по системѣ Ліернура. (*a*—уличные резервуары, *P*—центральная станція).



Черт. 911.—Ретирадникъ системы Ліернура.



Черт. 910.



Черт. 909.

Черт. 909.—Детальный планъ канализаціонной сѣти при системѣ Ліернура (тонкія линіи—домовыя и уличныя, приводящія къ уличному резервуару, трубы, толстая—отводящая труба).

Черт. 910.—Соединеніе ретирадника съ трубой по системѣ Ліернура. (Fallrohr—фановая труба, Hauptrohr—главная труба.

чѣмъ появятся осязательные результаты оздоровленія. Это тѣмъ болѣе понятно, что канализація есть одинъ лишь изъ факторовъ оздоровленія. Нѣтъ никакого сомнѣнія въ томъ, что снабженіе жителей чистою водою и притомъ въ достаточномъ количествѣ, слѣдовательно проведеніе хорошаго водопровода, а также мѣстныя и общественныя и финансовыя условія жизни и проч. имѣютъ, конечно, не меньшее вліяніе въ дѣлѣ оздоровленія, чѣмъ канализація. Но, какъ бы то ни было, и дѣлу хорошей системы канализаціи останется всегда весьма серьезная и значительная роль въ оздоровленіи населенныхъ центровъ, помимо непосредственной цѣли канализаціи — удаленія отбросовъ.

Эта роль болѣе всего присуща, какъ мы видѣли, именно общесплавной системѣ канализаціи, и ее никакъ не можетъ замѣнить какая бы то ни было другая, а тѣмъ менѣе система, удаляющая только домовыя воды, или даже одни человѣческіе экскременты.

Поэтому на раздѣльныя системы удаленія нечистотъ слѣдуетъ вообще смотрѣть, какъ на нѣкоторое улучшеніе въ системѣ вывоза нечистотъ, но не какъ на замѣну сплавной канализаціи, тѣмъ болѣе что при нихъ хотя и несомнѣнно получится улучшеніе санитарнаго состоянія города, но въ будущемъ это улучшеніе потребуетъ второй сѣти, каналовъ для отвода домовыхъ или дождевыхъ водъ.

Тѣмъ не менѣе за общесплавной системой всегда останется ея крупный недостатокъ — необходимость въ единовременныхъ значительныхъ затратахъ для ея устройства. Въ особенности въ городахъ расположенныхъ въ мѣстностяхъ плоскихъ, гдѣ каналамъ приходится придавать большіе размѣры и глубоко опускать ихъ въ землю, причемъ все же не всегда можно избѣжать примѣненія для передвиженія сточныхъ водъ механической силы, — общесплавная система дѣлается иногда совершенно недоступной. Въ такихъ случаяхъ раздѣльныя системы отвода нечистотъ съ перемѣщеніемъ домовыхъ отбросовъ механической силой, не требуя чрезмѣрныхъ затратъ, можетъ все-же дать благопріятные результаты.

§ 167. Система Лирнура (Ліернура).

«Систему» Лирнура составляютъ слѣдующія группы сооруженій, изъ которыхъ каждая функціонируетъ самостоятельно и независимо отъ другого.

1) Уличные водостоки — исключительно для домашнихъ водъ и для дождевыхъ водъ, стекающихъ съ дворовъ и улицъ и очищаемыхъ предварительно отъ уличнаго сора, песка и пр. при помощи хорошо устроенныхъ осадочныхъ колодцевъ.

2) Отдѣльная сѣть трубъ для удаленія пневматическимъ путемъ всѣхъ экскрементальныхъ веществъ, какъ изъ частныхъ, такъ и изъ общественныхъ отхожихъ мѣстъ и писсуаровъ, причемъ нечистоты должны получаться въ удобномъ для перевозки и для употребленія ихъ въ сельскомъ хозяйствѣ видѣ, т. е. либо въ неизмѣненномъ, но по возможности концентрированномъ состояніи, либо въ формѣ пудрета (см. стр. 857).

3) Особыя приспособленія для очистки сточныхъ водъ фабрикъ, заводовъ и пр., причемъ спускъ этихъ водъ въ уличные водостоки допускается лишь по предварительномъ обезвреживаніи ихъ.

4) Особая сѣть трубъ для регулированія горизонта почвенной воды, т. е. для дренажа городского грунта.

Выполненіемъ такой грограммы задача ассенизаціонныхъ работъ дѣйствительно моглабы бытьдостигнута, хотя вслѣдствіе сложности предлагаемыхъ Лирнуромъ приспособленій, можно сомнѣваться въ ихъ практической выполнимости въ полномъ объемѣ. И въ самомъ дѣлѣ, до сихъ поръ вездѣ, гдѣ предложеніе Лирнура встрѣтило сочувствіе, *была осуществлена лишь та часть его системы, которая касается пневматическаго удаленія нечистотъ и въ которой заключается единственная характерная сторона его программы.* Поэтому нѣкоторые гигіенисты (Эрисманъ) причисляютъ систему Лирнура къ *вывознымъ* системамъ.

Не получивъ широкаго распространенія, система Лирнура имѣла огромное воспитательное значеніе для цѣлаго поколѣнія санитарныхъ дѣятелей, такъ какъ вызвала необыкновенно сильную полемику между ея партизанами и противниками и критическое изслѣдованіе всѣхъ практиковавшихся и предлагавшихся новыхъ системъ. Литература обогатились цѣлымъ рядомъ замѣчательныхъ трудовъ, способствовавшихъ общему прогрессу санитарной техники. (См. Указатель литературы въ началѣ III выпуска, и между прочимъ—Эрисманъ, Курсъ Гигіены, II, стр. 314. — Blasius u. Büsing, 1894 г. стр. 164.— Liernur, Die pneumatische Canalisation in der Praxis. 1873. pag. 9.— Далѣе его же, Ueber die Kanalisation von Städten auf getrenntem

Wege. 1876. par. 9. — Его же Rationelle Städteentwässerung. 1883 и 1887. — См. также соч. Heiden'a, Müller'a и Langsdorff'a, Die Verwertung der städt. Fäcalien. 1885. стр. 145 и друг.)

Въ основаніи способа Лирнура пневматическаго удаленія экскрементовъ лежитъ принципъ, примѣняемый въ приспособленіяхъ для опоражниванія выгребныхъ ямъ при помощи бочекъ, изъ которыхъ предварительно удаленъ воздухъ. Только въ системѣ Лирнура никакихъ ямъ не допускается, а каждое отхожее мѣсто сообщается посредствомъ вполнѣ герметической желѣзной трубы съ желѣзнымъ же резервуаромъ, общимъ для цѣлаго квартала. Изъ этого резервуара, а равно и изъ открывающихся въ него трубъ, удаляется воздухъ, и тогда давленіе внѣшняго воздуха, напирающаго черезъ стульчаки, перегоняетъ по трубамъ въ резервуаръ всѣ накопившіяся въ нихъ нечистоты, а резервуаръ опаражнивается затѣмъ обычнымъ способомъ въ безвоздушную бочку. Стало быть, для пневматическаго удаленія экскрементовъ необходимы:

а) соотвѣтственное устройство отхожихъ мѣстъ, отводныя трубы и уличные резервуары;

б) подвижной воздушный насосъ, который, впрочемъ, при устройствѣ системы въ большихъ размѣрахъ, замѣняется неподвижнымъ насомъ, установленнымъ на центральной станціи;

в) снаряды для переливанія нечистотъ изъ резервуаровъ въ бочки.

Въ стульчакѣ каждаго отхожаго мѣста находится довольно высокая (70 цтм.) конической формы воронка изъ гончарной глины (*T*), внутри глазурованная (черт. 911). Въ верхнемъ широкомъ устьи ея, непосредственно подъ сидѣньемъ, установлена другая, болѣе короткая воронка (*E*) изъ эмальированнаго чугуна, предохраняющая глиняную воронку отъ загрязненія, по крайней мѣрѣ въ верхнихъ частяхъ. Нижняя часть глиняной воронки переходитъ въ чугунную ретирадную трубу, непосредственно подъ воронкой, изогнутую въ видѣ сифона, представляющаго гидравлическій затворъ, который хотя и состоитъ не изъ чистой воды, а изъ нечистотной массы, тѣмъ не менѣе разобщаетъ ретирадное помѣщеніе отъ главной отводной трубы и резервуара. При соединеніи фановой трубы съ дворовой или домовой устроенъ одинъ или нѣсколько сифоновъ; въ мѣстѣ соединенія домовой съ уличной имѣется также гидравлическій затворъ

(черт. 910). Въ нѣкоторыхъ городахъ (Амстердамъ, Лейденъ) Лирнуръ снабдилъ боковыя трубы еще особыми клапанами, которые. впрочемъ, впослѣдствіи были большей частью оставлены. Діаметръ чугунныхъ уличныхъ трубъ, ведущихъ къ резервуарамъ, считаемый изобрѣтателемъ наиболѣе удобнымъ — 127 миллиметровъ. Чугунные или желѣзные резервуары находятся подъ уличной мостовой, преимущественно на перекресткахъ, такъ что каждый изъ нихъ служитъ для цѣлаго участка (черт. 909).

Пневматическое опорожниваніе отводныхъ трубъ и уличныхъ резервуаровъ совершается слѣдующимъ образомъ. Прежде всего устья главныхъ трубъ въ резервуарѣ закрываются герметически при помощи клапановъ, положеніе которыхъ можетъ быть регулируемо съ улицы. Затѣмъ приведенный къ резервуару подвижной воздушный насосъ соединяется съ резервуаромъ и выкачиваетъ изъ него воздухъ приблизительно до $^3/_4$ вакуума. Послѣ этого клапаны въ главныхъ трубахъ открываются, вслѣдствіе чего содержимое всѣхъ трубъ, подъ напоромъ входящаго черезъ стульчаки воздуха, притекаетъ въ резервуаръ. Если однократное выкачиваніе воздуха изъ резервуара недостаточно для опорожненія всѣхъ трубъ, то операція эта можетъ быть повторяема нѣсколько разъ. Что же касается уровня жидкости въ сифонахъ, то послѣдняя, во время прохожденія воздуха, приходитъ въ колебательное движеніе и отчасти увлекается воздушнымъ токомъ въ трубу, но, по словамъ Ліернура, въ концѣ концовъ въ сифонѣ остается все же достаточное количество жидкости для возстановленія гидравлическаго затвора. По наполненіи уличнаго резервуара, о положеніи жидкости въ которомъ можно судить по стоянію устроеннаго въ немъ поплавка,—изъ *находящагося при воздушномъ насосѣ желѣзнаго пріемника* (ящика или бочки), такъ называемаго «тендера», выкачивается воздухъ, а потомъ тендеръ, при помощи резиноваго рукава, соединается съ резервуаромъ и, подъ напоромъ атмосфернаго воздуха, наполняется содержимымъ резервуара. Вся эта процедура совершается довольно быстро: такъ, напр., въ присутствіи депутатовъ, посланныхъ изъ Мюнхена въ Амстердамъ и Лейденъ для ознакомленія съ этою системой, опорожненіе ретирадовъ цѣлаго квартала, съ 170 домами, было окончено въ теченіе $2^1/_2$ часовъ. (Bericht der Münchener Commission etc. Beiträge VII zum III Bericht. стр. 15). Наполненный нечистотами тендеръ отвозится

на центральную станцію, гдѣ онъ опоражнивается, также пневматическимъ путемъ, въ большой пріемникъ изъ котельнаго желѣза, а изъ послѣдняго нечистоты просто спускаются въ бочки (изъ-подъ керосина), служащія для дальнѣйшей перевозки экскрементовъ. Для упрощенія всей процедуры, *центральная станція можетъ быть непосредственно соединяема, при помощи магистральныхъ трубъ, съ отдѣльными уличными резервуарами черт. 908), причемъ передвижной насосъ и тендеръ становятся лишними.* Опоражниваніе каждаго резервуара производится по мѣрѣ надобности, либо каждый день, либо 2—4 раза въ недѣлю.

Со времени первыхъ опытовъ, произведенныхъ надъ пневматическимъ удаленіемъ нечистотъ, по способу Ліернура, въ Прагѣ (1869 г.) и въ Ганау близъ Франкфурта (1871 г.), по настоящее время, многочисленныя комиссіи, снаряженныя различными городами для изученія этой системы на мѣстахъ, высказывались объ ея достоинствахъ и недостаткахъ весьма различно. Въ общемъ критика, со стороны какъ врачей такъ и техниковъ, не была благопріятна стремленіямъ Ліернура: указывалось на мало привлекательное устройство воронки въ стульчакахъ съ нечистотнымъ затворомъ, на происходящій отсюда дурной запахъ, на возможность недостаточнаго дѣйствія вакуума, на непріятныя послѣдствія неизбѣжнаго отъ времени до времени засоренія трубъ, на затрудненія, которыя непремѣнно должно встрѣчать окончательное помѣщеніе нечистотъ, на большія затраты, связанныя съ устройствомъ всѣхъ тѣхъ сооруженій, которыя, кромѣ пневматическаго удаленія нечистотъ, по собственнымъ словамъ Ліернура, необходимы для ассенизаціи городовъ.

Возраженія, сдѣланныя въ различныя времена врачами и техниками противъ пневматическаго удаленія экскрементовъ по способу Ліернура, не всегда имѣли вполнѣ объективный характеръ и часто недостатки въ исполненіи приписывались несовершенству самой системы. Въ этомъ убѣждаетъ уже то обстоятельство, что Ліернуру удалось совершенно парализовать многія изъ этихъ возраженій простыми видоизмѣненіями техническихъ деталей, такъ что въ настоящее время какъ техническіе, такъ и медицинскіе эксперты отзываются съ гораздо большею похвалой о дѣйствіи этой системы, нежели прежде; это касается въ особенности послѣднихъ сооружѳеій Ліернура въ нѣкоторыхъ голландскихъ городахъ.

Много возраженій было сдѣлано Ліернуру по поводу нерѣдко ощущаемаго въ отхожихъ мѣстахъ дурного запаха, происходящаго отчасти оттого, что къ стѣнкамъ воронки пристаютъ испражненія, отчасти—отъ наполненія сифона подъ воронкой экскрементами. Для устраненія этого запаха Ліернуръ придѣлалъ къ воронкѣ (черт. 911) *вентиляціонную трубу (V)* которая, начинаясь подъ сидѣньемъ, проходитъ затѣмъ вдоль дымовой трубы или другого источника тепла. Впослѣдствіи Ліернуръ, хотя повидимому и весьма неохотно, согласился въ принципѣ и на промывку его клозетовъ водой, причемъ, однако, поставилъ условіемъ, чтобы въ день на человѣка употреблялось не болѣе одного литра воды. Это требованіе совершенно понятно, потому что, при употребленіи большихъ количествъ воды для ополаскиванія воронки и сифоновъ и для промывки трубъ, слишкомъ увеличивалясь бы масса нечистотной жидкости, подлежащая отводу и вывозу, и чрезмѣрно разжижались бы экскременты, что весьма невыгодно отозвалось бы на сбытѣ ихъ сельскимъ хозяевамъ, безъ правильной организаціи котораго система Ліернура потеряла бы половину своего значенія. Все же, по словамъ очевидцевъ, при нѣкоторой заботливости со стороны жильцовъ и при помощи хотя и умѣреннаго употребленія воды, отхожія мѣста и воронки могутъ быть содержимы довольно опрятно и безъ дурного запаха.

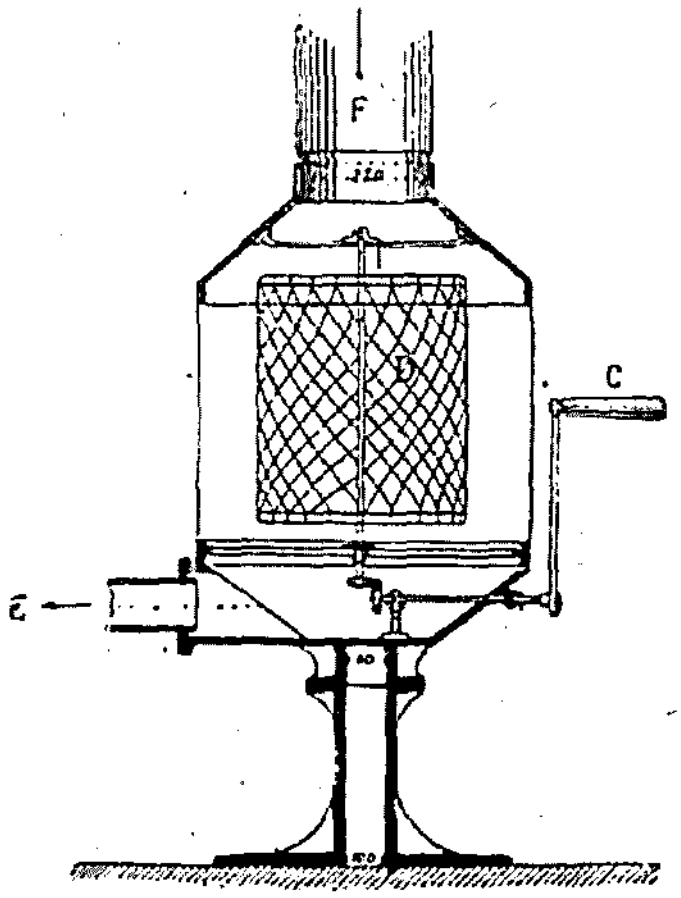
Основанное на теоретическихъ вычисленіяхъ заключеніе нѣкоторыхъ изслѣдователей системы Ліернура, по мнѣнію которыхъ неполный вакуумъ, производимый въ уличныхъ резервуарахъ, не обезпечиваетъ опорожненія длинныхъ трубъ и болѣе отдаленныхъ отхожихъ мѣстъ, фактически опровергнуто существующими и совершенно нормально дѣйствующими сооруженіями въ Амстердамѣ, Лейденѣ и Дортрехтѣ, гдѣ магистральныя трубы, идущія отъ уличныхъ резервуаровъ къ центральной станціи, имѣютъ мѣстами 500—750 метровъ длины, а боковыя (домовыя) вѣтви 150—210 метровъ.

Наиболѣе частою причиной нарушенія правильнаго дѣйствія всей системы является *временное закупориваніе домовыхъ трубъ*, вызываемое, впрочемъ, не экскрементами, а различными посторонними предметами (костями, тряпками, щетками и проч.), бросаемыми жильцами въ отхожія мѣста и застрѣвающими или въ первомъ сифонѣ, или въ домовой трубѣ. Случаи подобнаго закупориванія домовыхъ трубъ непріятны потому, что, не будучи въ скоромъ времени замѣ-

чены, они даютъ поводъ къ наводненію отхожихъ мѣстъ нечистотами. Въ общемъ дѣло можетъ быть скоро и легко поправлено, но все же оно рѣдко обходится безъ распространенія дурного запаха; большею частью удается устранить закупориваніе боковой трубы тѣмъ, что вакуумъ въ уличномъ резервуарѣ заставляютъ всей силой дѣйствовать на данную трубу, закрывая устья всѣхъ остальныхъ, сообщающихся съ резервуаромъ трубъ.

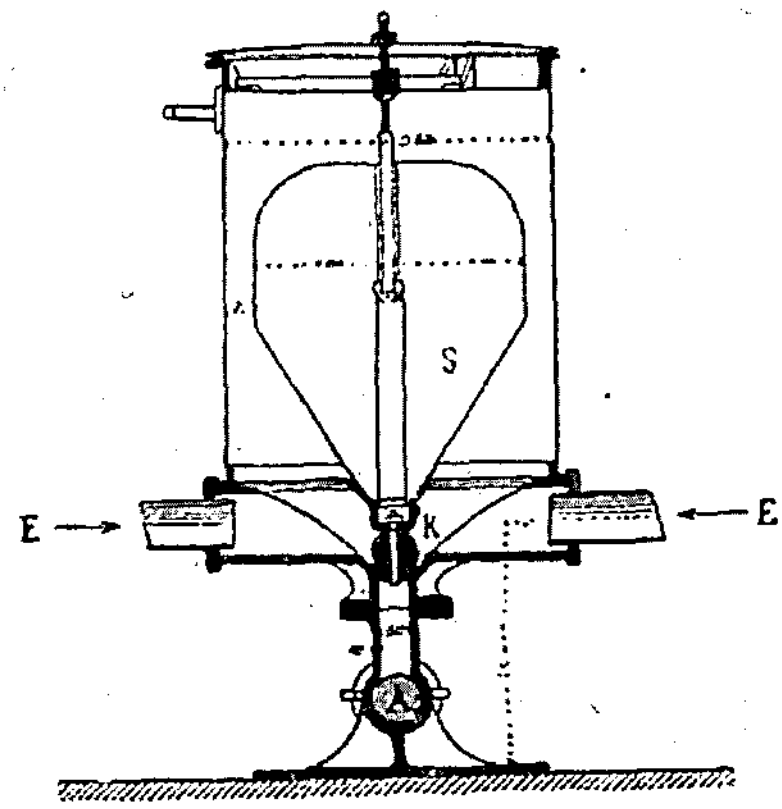
По оффиціальному отчету, въ Амстердамѣ, въ 1877 году когда система Ліернура была введена приблизительно въ 1.000 домахъ, было 198 случаевъ закупориванія боковыхъ трубъ посторонними предметами и одинъ случай закупориванія магистральной трубы. Изъ Дортрехта также сообщаютъ что временное закупориваніе боковыхъ, трубъ случается довольно часто и иногда сопровождается весьма непріятными послѣдствіями, въ особенности тогда, когда съ одною и тою же отводною трубой сообщается нѣсколько домовыхъ трубъ.

Весьма *слабая* сторона Ліернуровой системы, свойственная впрочемъ всѣмъ вывознымъ системамъ вообще, заключается *въ тѣхъ затрудненіяхъ, которыя правильный сбытъ удаляемыхъ изъ городовъ нечистотъ встрѣчаетъ даже въ томъ случаѣ, если обсолютное количество послѣднихъ не велико.* Этотъ фактъ тѣмъ болѣе заслуживаетъ вниманія, что Ліернуръ, дѣятельно пропагандируя свою систему, вездѣ и веегда съ особеннымъ удареніемъ указывалъ на возможность правильной организаціи сбыта свѣжаго, неразложившагося и концентрированнаго удобрительнаго матеріала, причемъ онъ представлялъ городамъ перспективу весьма выгодныхъ для нихъ условій съ окрестными сельскими хозяевами и увѣрялъ, что продажа нечистотъ не только окупить устройство, содержаніе и эксплоатацію всѣхъ сооруженій, но и дастъ, сверхъ того, значительный барышъ городской казнѣ. На дѣлѣ эти ожиданія нигдѣ не оправдались, и въ Амстердамѣ Ліернуровскія нечистоты берутся сельскими хозяевами менѣе охотно, нежели содержимое обыкновенныхъ бочекъ, потому что онѣ, вслѣдствіе частаго употребленія воды въ клозетахъ, болѣе разжижены, чѣмъ бочечные экскременты. На этомъ основаніи, въ настоящее время, всѣ поклонники и поборники Ліернуровской системы считаютъ необходимымъ *соединеніе послѣдней съ пудретною* (пудретомъ называются разные виды удобрительныхъ матеріаловъ получаемыхъ изъ экскрементовъ путемъ приведенія ихъ къ состоянію



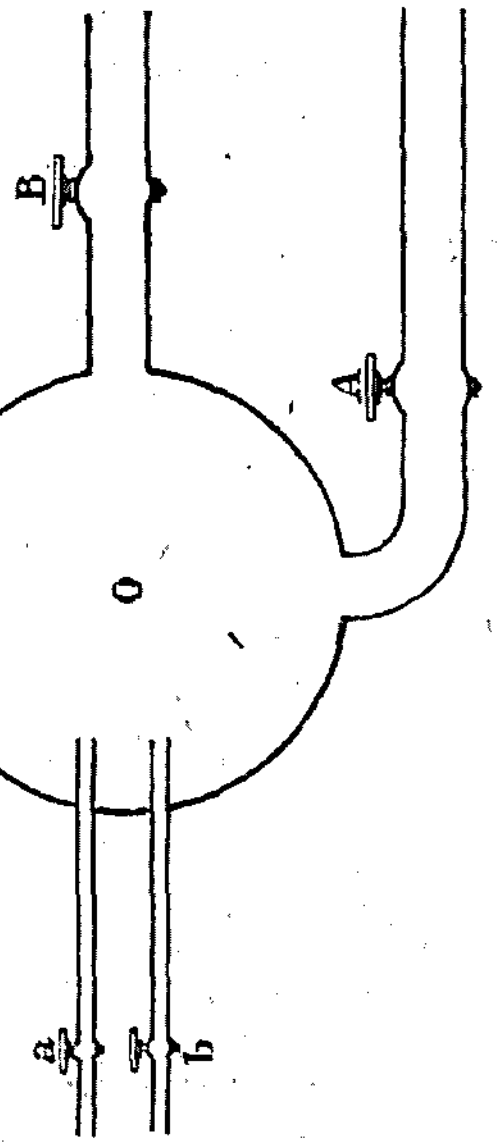
Черт. 912.

Пріемникъ системы Берліе. (*D*—проволочная корзина).



Черт. 913.

Эвакуаторъ системы Берліе. (*S*—поплавокъ, *K*—каучуковый шаръ).



Черт. 914.

Схематическое изображеніе резервуара системы Бурова.

удобному для храненія и перевозки) *фабрикой*, дозволяющей превращеніе экскрементовъ въ удобную для перевозки на болѣе далекія разстоянія и легко хранимую массу. Дѣйствительно, въ Дортрехтѣ была устроена пудретная фабрика, но, повидимому, она не дѣйствовала вполнѣ правильно и фекальныя массы превращаются въ ней просто въ удобрительный тукъ, примѣсью уличнаго сора и золы, что давало поводъ къ многочисленнымъ жалобамъ со стороны окрестныхъ жителей на распространяемый фабрикой дурной запахъ. Въ Амстердамѣ также экскременты, не находящіе себѣ непосредственнаго сбыта, употреблялись частью для приготовленія такъ называемой компостной массы, причемъ онѣ просто смѣшиваются съ уличнымъ соромъ и частью служатъ для удобренія городскихъ луговъ, частью же прямо сваливаются въ какія-нибудь рѣчки или канавы.

Затраты на устройство системы Ліурнура, даже если имѣть въ виду вовсе не всѣ предлагаемыя имъ для городовъ ассенизаціонныя сооруженія, а лишь тѣ приспособленія, которыя необходимы для пневматическаго удаленія нечистотъ,—весьма значительны, чѣмъ, по всей вѣроятности, и объясняется ограниченное распространеніе ея даже въ голландскихъ городахъ, гдѣ, до сихъ поръ, она встрѣтила больше сочувствія, чѣмъ гдѣ либо въ другомъ мѣстѣ. По словамъ Ліернура, расходы на устройство пневматическихъ сооруженій не должны превышать 15 голландскихъ гульденовъ (около 12 руб.) на человѣка; а между тѣмъ въ Амстердамѣ, по разсчету, приходится 20 гульд. (17 руб.) и въ Дортрехтѣ даже 25 руб. на человѣка, безъ всякихъ приспособленій для удаленія помоевъ и дождевыхъ водъ и безъ всякаго дренажа городской почвы.

На основаніи существующаго опыта можно сказать, что пневматическое удаленіе нечистотъ по способу Ліернура въ слѣдующихъ пунктахъ удовлетворяетъ санитарнымъ требованіямъ:

1) оно исключаетъ загрязненіе почвы человѣческими экскрементами,—по крайней мѣрѣ насколько послѣднія попадаютъ въ отхожія мѣста и общественные писсуары;

2) при хорошемъ устройствѣ и нѣкоторомъ вниманіи со стороны обывателей оно даетъ возможность держать отхожія мѣста въ чистотѣ и избавиться отъ порчи воздуха въ домахъ испареніями выгребовъ;

3) оно дозволяетъ быстрое и несопряженное ни съ какимъ зловоніемъ удаленіе нечистотъ изъ домовъ. Поэтому нельзя отрицать суще-

ствованія такихъ условій, при которыхъ этотъ способъ вывоза нечистотъ можетъ быть примѣняемъ не безъ пользы. Это относится главнымъ образомъ до *небольшихъ городовъ* или до *отдѣльныхъ многолюдныхъ учрежденій*, стоящихъ внѣ городовъ, и вообще до всѣхъ населенныхъ мѣстъ, которыя по чему либо находятся вынужденными устроить правильный вывозъ нечистотъ, безъ раздѣленія жидкихъ и плотныхъ экскрементовъ. *Такимъ же городамъ, которые нуждаются въ ассенизаціонныхъ работахъ во всей ихъ совокупности и которыя желаютъ имѣть стройную систему удаленія всѣхъ вредныхъ или подозрительныхъ въ санитарномъ отношеніи отбросовъ, нельзя рекомендовать системы* Ліернура, *деже въ связи съ приспособленіями для удаленія помоевъ, для дренажа городского грунта* и т. д.,—съ одной стороны вслѣдствіе огромныхъ расходовъ, требуемыхъ такою сложною системой, а съ другой—вслѣдствіе тѣхъ затрудненій, съ которыми были сопряжены для большого города сбытъ и вообще примѣненіе всѣхъ вывозимыхъ изъ города нечистотъ.

§ 168. Система Бурова.

Почти одновременно съ системой Лирнура въ концѣ 60-хъ годовъ въ Петербургѣ была предложена инженеръ-хехнологомъ Буровыхъ своя вневматическая система удаленія нечистотъ. Сущность этой системы мало чѣмъ разнится отъ системы Лирнура.

Въ машинномъ зданіи помѣщается паровой котелъ, соединенный трубами съ двумя желѣзными резервуарами. Схематическій разрѣзъ одного подобнаго резервуара показанъ на черт. 914. Открывъ кранъ A, черезъ трубку a, идущую отъ парóваго котла, впускаютъ въ резервуаръ O паръ. Когда онъ, выгнавъ черезъ A воздухъ, займетъ все пространство O, краны a и A запираютъ, а черезъ b въ резервуаръ впускаютъ холодную воду, которая охлаждаетъ находящійся въ немъ паръ и даетъ вслѣдствіе этого разрѣженіе воздуха. Тогда закрываютъ кранъ b и открываютъ B, соединяющій резервуаръ съ выгребными ямами города, и нечистоты всосутся въ O. Послѣ этого закрываютъ B и открываютъ A, соединенный съ отводною трубой. Открывъ снова кранъ a, впускаютъ изъ котла паръ, который и выталкиваетъ нечистоты въ отводную трубу. Такъ какъ съ паровымъ котломъ соединены два подобныхъ резервуара, то, производя въ

нихъ поочередно разрѣженіе воздуха, всасываніе и выталкиваніе нечистотъ, можно достигнуть непрерывнаго дѣйствія канализаціи.

Въ видѣ опыта система эта была примѣнена въ небольшой части г. Петербурга, гдѣ дѣйствовала, сравнительно съ необработаннымъ проектомъ системы, довольно исправно. (См. курсъ Греча и Чижова—стр. 139).

Уже по одному тому, что эта система не исключаетъ устройства выгребовъ, къ совершенному устраненію которыхъ должно стремиться, желая улучшить санитарное состояніе города, система Бурова не можетъ считаться достаточною. Зависимость отъ рукъ рабочихъ, дѣйствующихъ кранами, не даетъ, кромѣ того, гарантіи въ исправности дѣйствія.

Наконецъ, такъ какъ для отвода всѣхъ водъ, кромѣ человѣческихъ отбросовъ, приходится устраивать отдѣльную систему канализаціи, то и въ финансовомъ отношеніи систему Бурова далеко нельзя назвать выгодной.

§ 169. Система Берліе.

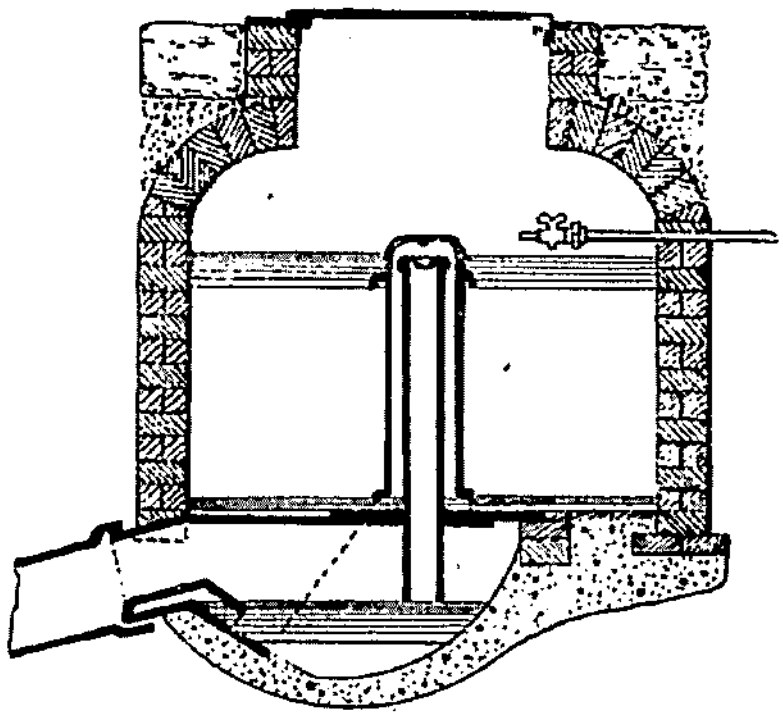
Весьма близко, по замыслу и по исполненію, подходитъ къ системѣ Ліернура пневматическій способъ удаленія нечистотъ, придуманный въ новѣйшее время французомъ Берліе. (Эрисманъ—Курсъ Гигіены II, стр. 319, Blasius u. Büsing—стр. 175. См. также Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege. II. 1883, стр. 1. «Ein neues System zur Beseitigung der menschlichen Abfallstoffe aus den Städten.—Liernur, Rationelle Städteentwässerung. 1883, стр. 182) и основанный также на утилизаціи атмосфернаго давленія для передвиженія фекальныхъ массъ по сѣти герметическихъ чугунныхъ трубъ. Существенная разница между Ліернуромъ и Берліе состоитъ только въ томъ, что Ліернуръ, по крайней мѣрѣ теоретически, въ свою систему включаетъ не только удаленіе человѣческихъ экскрементовъ, но и дренажъ городской почвы, и удаленіе дождевой воды и удаленіе всевозможныхъ помоевъ и сточныхъ водъ промышленныхъ заведеній, причемъ вся совокупность необходимыхъ для этого сооруженій, по мысли ихъ изобрѣтателя, должна замѣнить сплавную канализацію, которой Ліернуръ положительно не сочувствуетъ; Берліе, напротивъ, открыто заявляетъ, что проектъ его ка-

сается *только* способа уборки *человѣческихъ изверженій*, что объ удаленіи помоевъ и грязныхъ водъ вообще, а равно и о дренажѣ почвы онъ не заботится, ибо эти задачи ассенизаціонныхъ работъ вполнѣ достигаются при помощи сплавной канализаціи по англійскому образцу, которую онъ нисколько не порицаетъ.

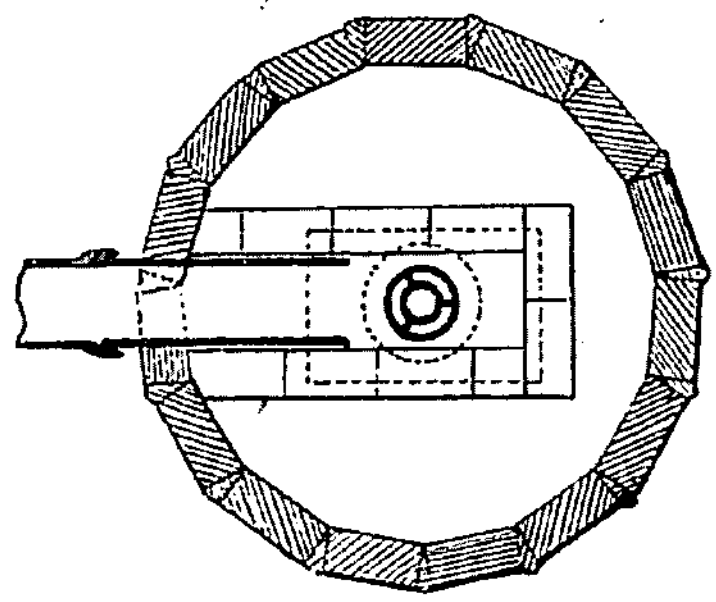
Другими словами, Берліе исключаетъ изъ уличныхъ водостоковъ только человѣческіе экскременты, для удаленія которыхъ онъ, наряду съ канализаціей, предлагаетъ свою пневматическую систему. Кромѣ того Берліе не напираетъ на необходимость непремѣнно утилизировать удаляемыя по его системѣ нечистоты для сельскаго хозяйства. Правда, онъ приводитъ нѣкоторые разсчеты, въ которыхъ выставляются на видъ матеріальныя выгоды, ожидаемыя отъ продажи нечистотъ въ ихъ первоначальномъ состояніи или же въ видѣ пудрета; но вмѣстѣ съ тѣмъ онъ допускаетъ и спускъ всей клоачной жидкости въ общій городской водостокъ и въ ближайшую рѣку. По крайней мѣрѣ въ Парижѣ, гдѣ система Берліе устроена между прочимъ въ казармѣ «de la Pépinière», нечистоты въ концѣ концовъ спускаются въ одну изъ городскихъ магистральныхъ водосточныхъ трубъ. Отсюда и понятно, что для Берліе количество удаляемой на каждаго обывателя жидкости и степень разжиженія нечистотъ не играютъ такой роли какъ для Ліернура, и что Берліе свободно можетъ допускать употребленіе воды для промывки клозетовъ и ретирадныхъ трубъ.

Техническія подробности системы Берліе и ходъ операціи по удаленію экскрементовъ заключаются въ слѣдующемъ. Ближайшіе пріемники нечистотъ устанавливаются не на улицѣ, подъ мостовой, какъ у Ліернура, а въ подвальномъ этажѣ каждаго дома. Они, съ одной стороны, сообщаются съ отхожими мѣстами, ватерклозетами и т. д. посредствомъ обыкновенныхъ ретирадныхъ трубъ, а съ другой—съ центральною станціей,—безъ всякихъ промежуточныхъ сооруженій, при помощи развѣтвляющихся чугунныхъ трубъ, имѣющихъ въ діаметрѣ 10—40 сантиметровъ и образующихъ совершенно замкнутую сѣть. Въ подвалѣ помѣщаются два чугунныхъ сосуда, изъ которыхъ одинъ, такъ называемый «пріемникъ» (récepteur), имѣетъ кубическую форму и соединяется съ ретирадною трубой *F* (черт. 912, а другой, такъ называемый «опорожнитель» (évacuateur), представляетъ цилиндръ съ коническимъ дномъ и сообщается,

съ одной стороны, съ пріемникомъ, а съ другой—съ отводною трубой *A* (черт. 913). Посредствомъ рукоятки *C* корзину можно вращать, чѣмъ обезпечивается большая правильность ея дѣйствія. Значеніе «пріемника» заключается лишь въ задержаніи постороннихъ тѣлъ (костей, тряпокъ и т. п.), попадающихъ иногда въ отхожія мѣста; съ этою цѣлью въ немъ установлена проволочная корзина *D*, принимающая все, что проходитъ черезъ ретирадную трубку, но пропускающая черезъ свои рѣшетчатыя стѣнки лишь жидкости и нѣсколько раздробленныя плотныя извержения, которыя отсюда непосредственно поступаютъ въ опорожнитель, стоящій рядомъ на одной и той же высотѣ съ пріемникомъ. Въ самой низкой части коническаго дна опорожнителя устроено выпускное отверстіе, обыкновенно плотно закрытое каучуковымъ шаромъ, играющимъ роль клапана. Шаръ этотъ, при помощи желѣзнаго штифта, прикрѣпленъ къ большому шарообразному поплавку. Нечистоты, поступая изъ пріемника въ опорожнитель, постепенно поднимаются въ послѣднемъ и поднимаютъ поплавокъ, а вмѣстѣ съ нимъ и шаровидный клапанъ, вслѣдствіе чего открывается отверстіе въ отводную трубку, содержащую разрѣженный воздухъ. Въ этотъ моментъ нечистоты, подъ давленіемъ атмосфернаго воздуха, напирающаго со стороны отхожаго мѣста и пріемника, быстро вступаютъ въ отводную трубку, отверстіе которой за ними запирается шаровиднымъ клапаномъ, опускающимся по мѣрѣ того, какъ уровень жидкости въ сосудѣ понижается. Какъ видно, здѣсь происходитъ автоматическое опорожненіе сосуда, повторяющееся каждый разъ, какъ только уровень жидкости въ опорожнителѣ достигнетъ извѣстной высоты; никакого передвиженія клапановъ руками этотъ самодѣйствующій аппаратъ не требуетъ, и лишь проволочная корзинка въ пріемникѣ должна быть отъ времени до времени вынимаема и очищаема отъ оставшихся въ ней плотныхъ предметовъ. Нечистоты, разъ попавшія въ отводную трубу, подвигаются въ ней впередъ, по направленію къ центральной станціи, безъ всякаго замедленія. По словамъ изобрѣтателя, уменьшенія давленія въ центральномъ резервуарѣ на 150 мм. ртутнаго столба совершенно достаточно для безпрепятственнаго передвиженія фекальныхъ массъ, хотя, на практикѣ, разрѣженіе воздуха всегда бываетъ нѣсколько больше. О примѣненіи ватерклозетовъ при этой системѣ существующіе отчеты умалчиваютъ; техническія

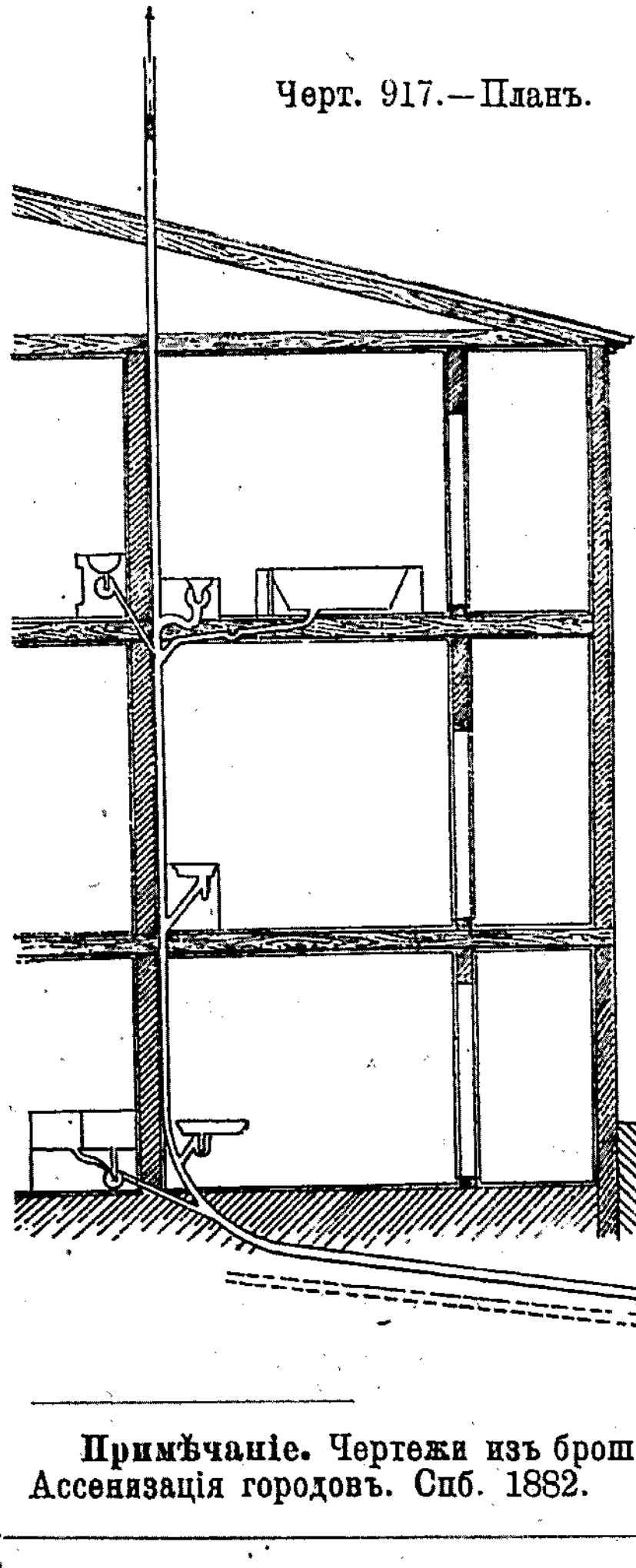


Черт. 918.—Разрѣзъ.

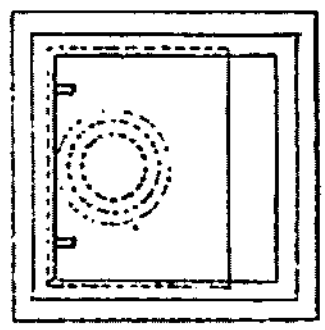


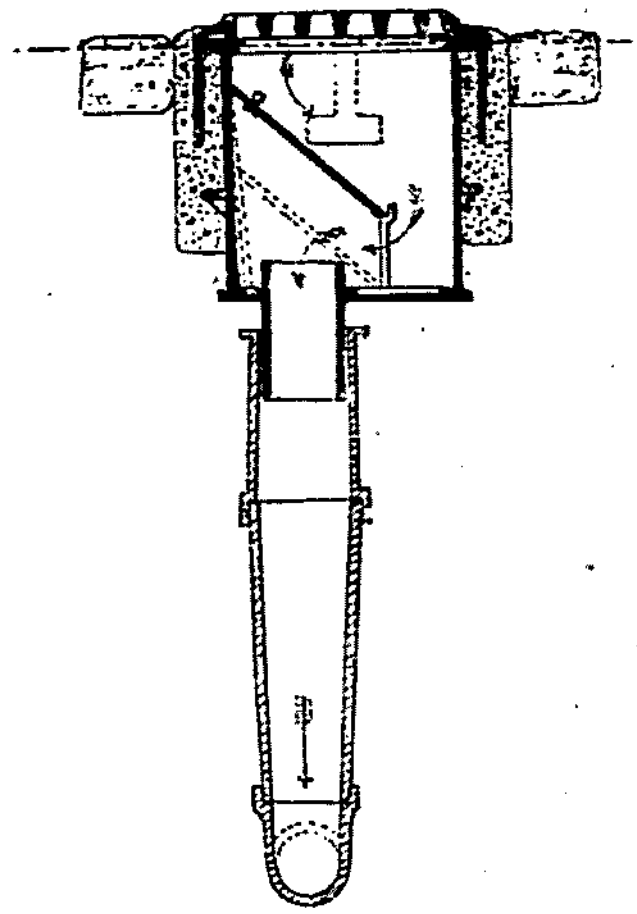
Черт. 919.—Планъ.

Черт. 918 и 919. — Автоматическій промывной бакъ (около 40 ведръ вмѣстимости, дѣйствующій при посредствѣ воды изъ городского водопровода).



Черт. 917.—Планъ.

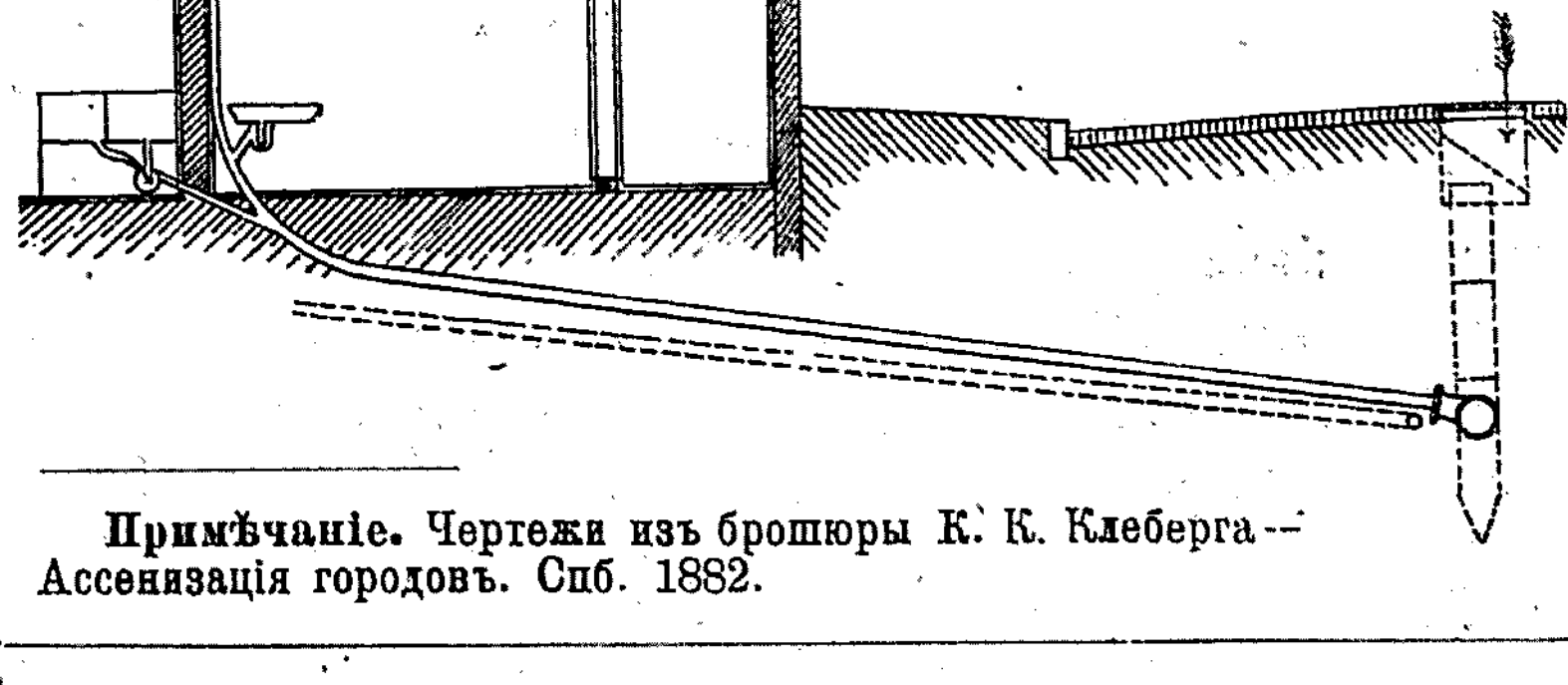




Черт. 916.—Разрѣзъ.

Черт. 916 и 917.—Вентиляціонный колодезь для впуска чистаго воздуха въ сѣть трубъ.

Черт. 915. — Схема домовой канализаціи (поперечный разрѣзъ дома и улицы).



Черт. 915.

Примѣчаніе. Чертежи изъ брошюры К. К. Клеберга — Ассенизація городовъ. Спб. 1882.

условія ея, повидимому, таковы, что она допускаетъ простые ватерклозеты съ обыкновенными гидравлическими затворами. Для вентиляціи клозетовъ предлагается вытяжная трубка весьма небольшого діаметра, соединяющая воронку въ клозетѣ съ пневматическою отводною трубой.

Расходы на устройство пневматической системы Берліе въ Парижѣ опредѣляются приблизительно въ 12 милліоновъ рублей,— сумма сравнительно весьма небольшая; на расходы же по эксплоатаціи потребовалось бы около 1,7 милл. руб. ежегодно. Зато Берліе вычисляетъ валовой доходъ отъ продажи нечистотъ въ 24 руб. на каждую ретирадную трубу, что составляетъ для г. Парижа не менѣе $5^1/_2$ милл. руб. ежегодно или чистый барышъ въ 4 милл. руб. Имѣя въ виду, что подобная утилизація нечистотъ въ обширныхъ размѣрахъ находится всецѣло въ области фантазіи изобрѣтателя, нельзя, по мнѣнію проф. Эрисмана (Курсъ Гигіены—II. 1887 г. стр. 319), при оцѣнкѣ системы Берліе, придавать ей особеннаго значенія, а слѣдуетъ думать, что въ этомъ отношеніи Берліе находится приблизительно въ такомъ же положеніи, какъ и Ліернуръ, и что если спускъ удаляемыхъ нечистотъ въ городскіе водостоки или въ рѣку будетъ запрещенъ, то не только не получится никакой выгоды отъ продажи удобрительнаго матеріала, но расходы на эксплоатацію сразу возрастутъ значительно.

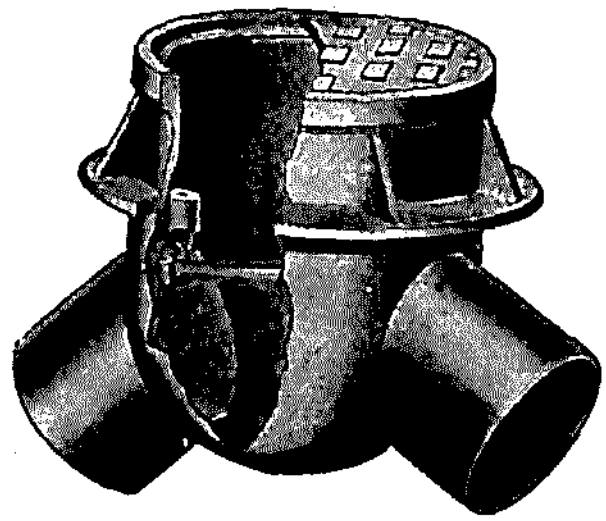
Поэтому, даже въ томъ случаѣ, если бы была увѣренность въ техническихъ достоинствахъ системы Берліе, нельзя не отнестись скептически къ возможности ея примѣненія въ широкихъ размѣрахъ, тѣмъ болѣе, что, какъ уже сказано:

1) *система Берліе ограничивается удаленіемъ человѣческихъ экскрементовъ*; стало быть, замѣнить канализацію, замѣнить водостоки, которые служили бы не только для отвода всевозможныхъ помоевъ, дождевой воды, но и для дренажа почвы, она не можетъ;

2) *рядомъ съ пневматическими трубами Берліе должна быть устроена канализація.*

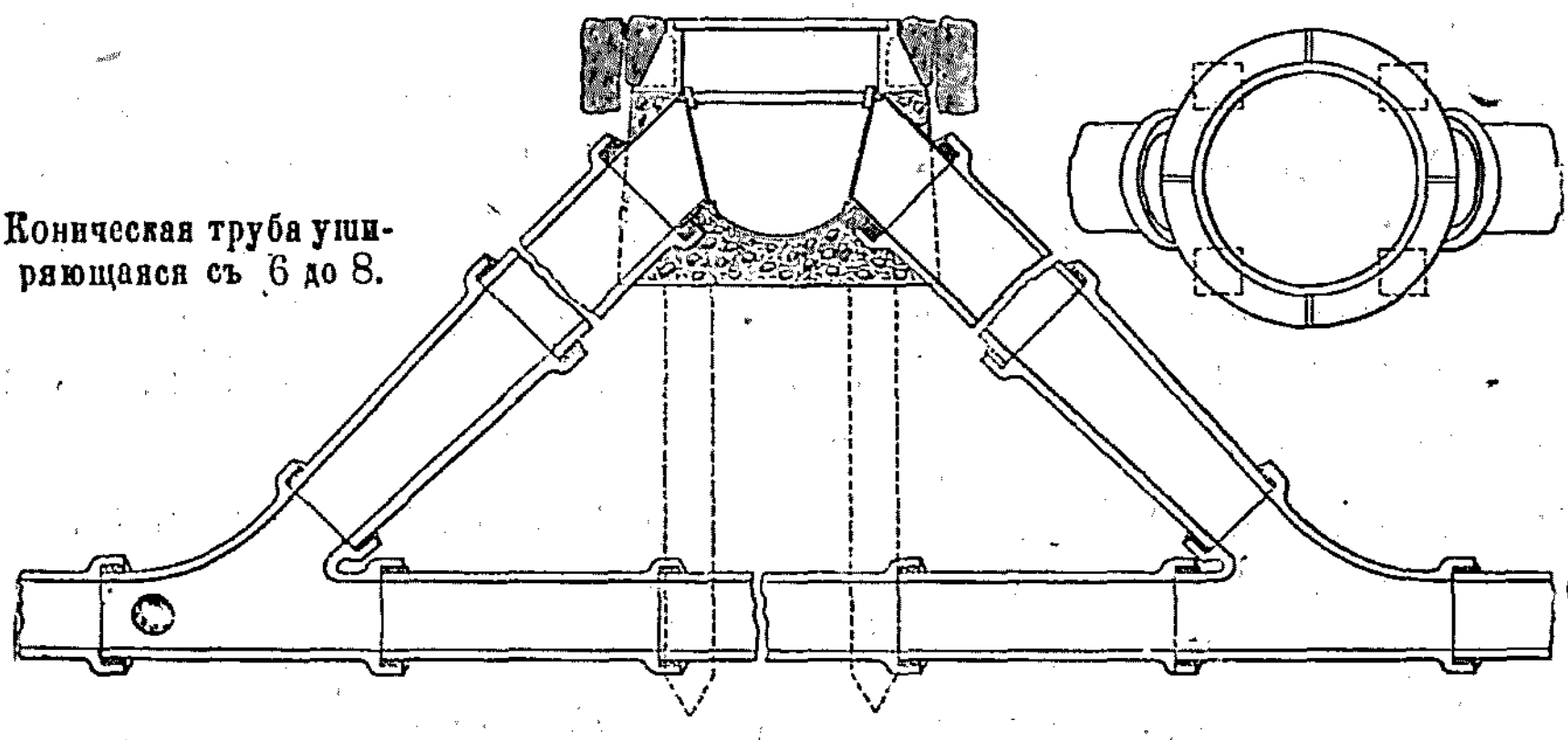
Теперь спрашивается, оправдывается ли *санитарными* соображеніями и требованіями расходъ на устройство и на эксплоатацію сооруженія, дѣйствующаго одновременно съ канализаціей и вся задача котораго будетъ состоять въ томъ, чтобы человѣческіе экскременты, которые непосредственно изъ ватерклозетовъ могли бы пере-

Система Веринга.



Черт. 920.

Общій видъ верхней части смотроваго колодца (черт. 921).



Черт. 921 и 922.

Колодезь (разрѣзъ и планъ) для осмотра и очистки 6″ трубъ. Верхняя часть—чугунная, ставится на бетонномъ основаніи и поддерживается, если надо, свайками. Отверстіе каждой смотровой трубы закрывается крышкой. Крышки расперты особымъ стержнемъ, замкнутымъ висячимъ замкомъ (см. черт. 920).

(См. Sewerage and Land-Drainage. By G. E. Waring Ir. New-York. 1896).

ходить въ уличные водостоки, сначала удерживать отъ спуска въ послѣдніе, а затѣмъ, въ концѣ концовъ, все же спускать ихъ въ собирательные каналы городской водосточной сѣти. Очевидно, что для этого не существуетъ никакой основательной причины, если только водостоки устроены по образцу англійскихъ сплавныхъ трубъ и каналовъ.

Система Берліе страдаетъ, однако, еще гигіеническими и техническими недостатками, какъ это видно изъ слѣдующаго объясненія, заключающагося въ отчетѣ Санитарной комиссіи г. Утрехта (F. W. Büsing. 1894 г. — стр. 175). «Металлическая проволочная корзина въ пріемникѣ нечистотъ можетъ стать очагомъ заразы и опасности. Жидкія извержения проходятъ сквозь проволочную сѣтку, твердыя — остаются. Отсюда разложеніе, гніеніе и подъемъ газовъ къ клозетамъ. Въ концѣ концовъ корзины нужно очищать, потому что иначе приборы не могутъ продолжать дѣйствовать. Эта отвратительная очистка исполняется рабочими, которые подвергаютъ себя и другихъ большой опасности.

Далѣе система требуетъ большаго количества воды, а разрѣженіе воздуха, за отсутствіемъ уличныхъ резервуаровъ, должно простираться на всю сѣть трубъ и побѣждать сопротивленія движущихся по нимъ жидкостей. Скорость теченія ихъ уменьшается поэтому по мѣрѣ удаленія отъ воздушнаго насоса. Ночью, когда клозетами пользуются мало, нечистоты осаждаются въ пріемникѣ и могутъ причинить серьезныя засоренія.

Быстрое разрушеніе каучуковыхъ клапановъ дѣлаетъ эксплоатацію системы затруднительной и дорогой».

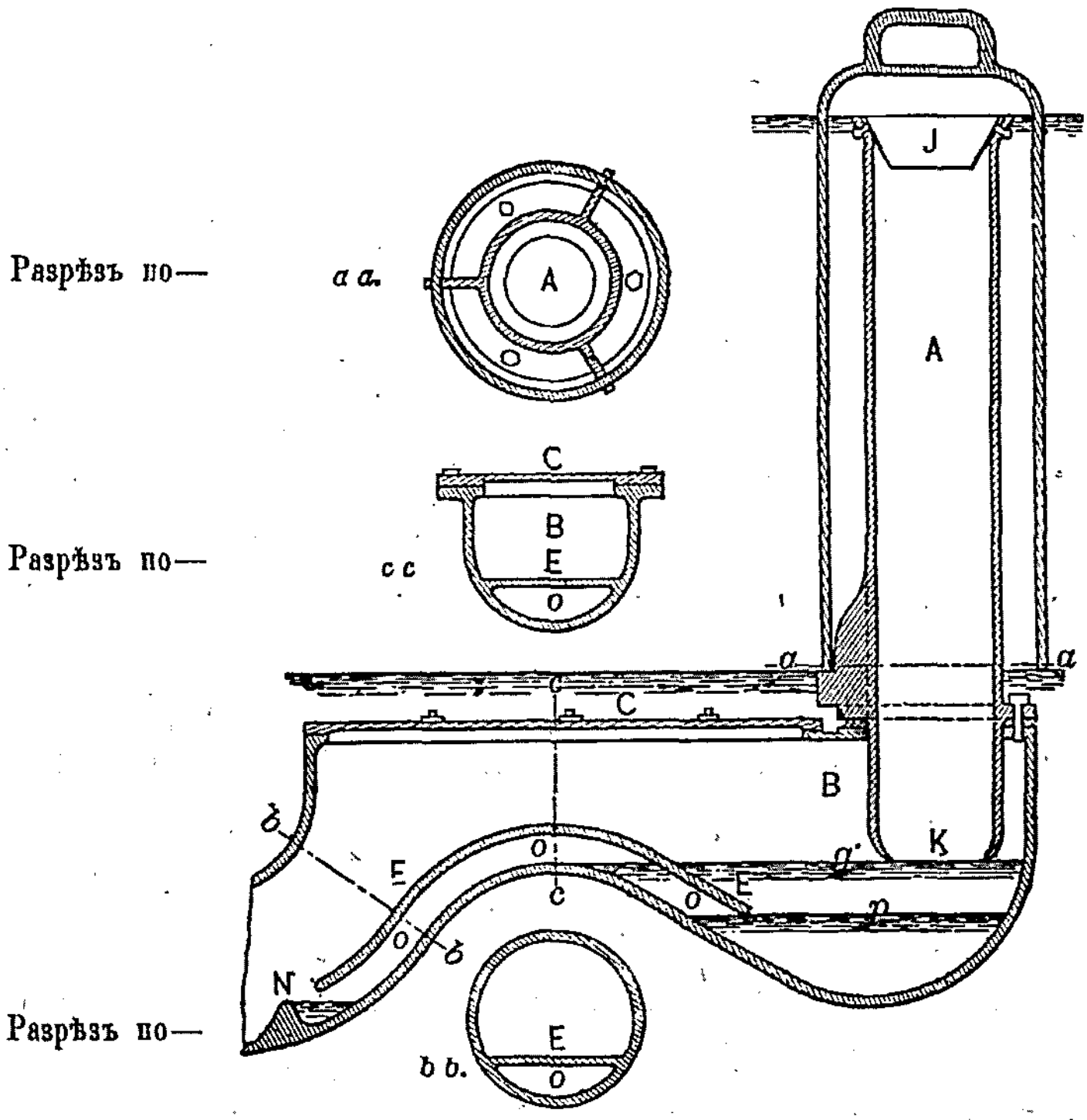
§ 170. Система Веринга (Waring).

Способъ или система Веринга занимаетъ среди разсмотрѣнныхъ выше раздѣльныхъ системъ исключительное мѣсто по своей простотѣ и практической осуществимости.

Веингъ выдѣляетъ въ особую канализацію *домовыя воды и человѣческія извержения*, но не прибѣгаетъ для передвиженія ихъ къ какимъ либо спеціальнымъ механическимъ устройствамъ. Трубамъ придаются обыкновенные уклоны, а недостатокъ скорости теченія восполняется періодической сильной промывкой. Относительно укло-

Система Веринга.

Промывныя устройства.



Черт. 923—926.

Детали устройства сифона системы Фильда-Веринъ (см. черт. 929).

Особенность этого сифона составляетъ дополнительный малый сифонъ *oo*, коимъ понижается горизонтъ воды въ камерѣ *B* и отверстіе *K* спускной трубы дѣлается совершенно свободнымъ, вслѣдствіе чего воздухъ входитъ въ *A* и сифонажъ вполнѣ прекращается и не можетъ возобновиться ранѣе, чѣмъ горизонтъ воды въ резервуарѣ достигнетъ *J*. Плотинка *N*—чтобы помѣшать воздуху проникать въ сифонъ *oo*, гдѣ теченіе слабо, и прерывать его дѣйствіе. *C*—съемная крышка для осмотра камеры *B*. Когда вода достигнетъ въ резервуарѣ до горизонта *J*, она начинаетъ переливаться, поднимаетъ горизонтъ въ *B* до *K* (*q*). При дальнѣйшемъ переливаніи дѣйствіе то-же, что и въ сифонѣ Дультона (см. черт. 864).

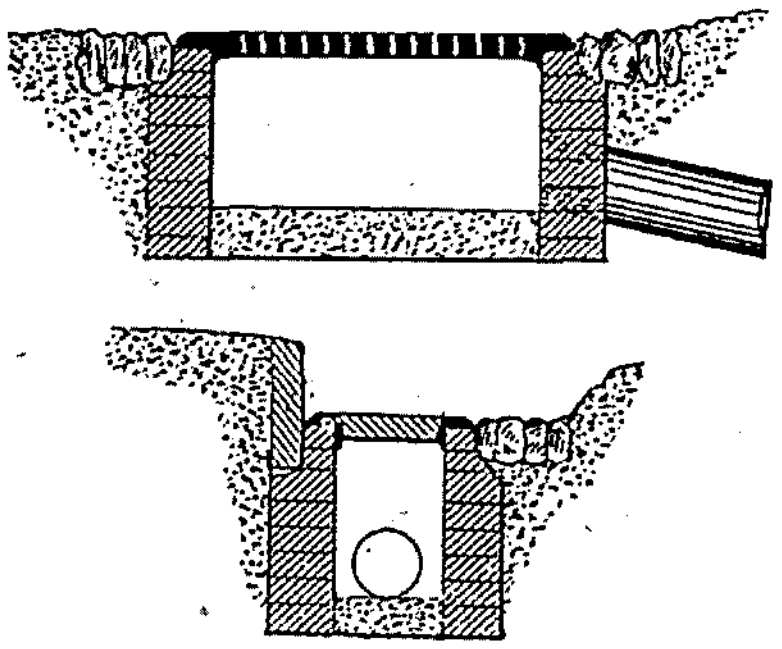
новъ Веринг̈ъ идетъ гораздо далѣе, чѣмъ большая часть европейскихъ инженеровъ, указанія коихъ приведены въ § 143. Принимая за достаточную скорость теченія 2 фута въ секунду, Веринг̈ъ находитъ, что это условіе осуществляется:

для	трубъ	съ	діаметромъ	въ	6″	при	уклонѣ	1 : 300
»	»	»	»	»	8	»	»	1 : 400
»	»	»	»	»	10	»	»	1 : 500
»	»	»	»	»	12	»	»	1 : 600
»	»	»	»	»	15	»	»	1 : 750
»	»	»	»	»	18	»	»	1 : 900
»	»	»	»	»	20	»	»	1 : 1200

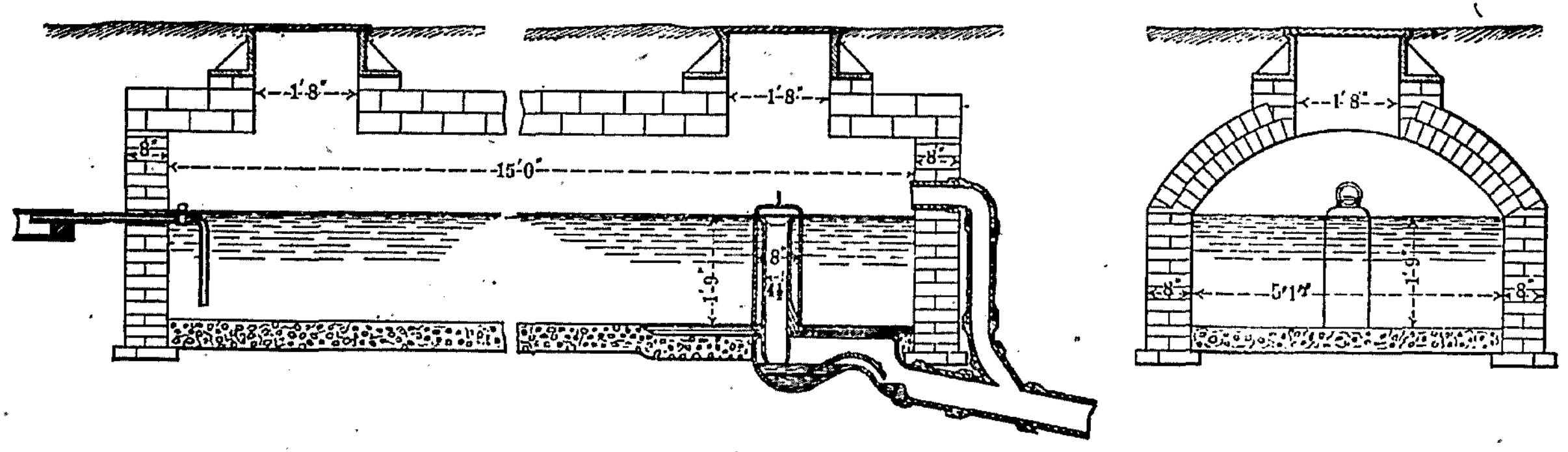
Веринг̈ъ рекомендуетъ, однако, держаться по возможности выше этихъ предѣловъ уклоновъ. Трубы гончарныя глазурованныя. Діаметръ главной домовой 4, уличныхъ 6, 8, 10, 12, 15 и 18 дюйм. Стыки на цементѣ. Если нуженъ діаметръ болѣе 18″, то трубы дѣлаются изъ бетона или кирпича. Нормальное наполненіе — на $^1/_2$ трубы.

Въ верхнемъ слѣпомъ концѣ каждаго водостока устраивается промывной резервуаръ (черт. 918—919 и 923—926). Если водостокъ длиненъ, то при немъ устраиваются еще промежуточные промывные резервуары болѣе значительныхъ, чѣмъ верхніе размѣровъ (черт. 929 — 930). Размѣры промывныхъ резервуаровъ разсчитываются такъ, чтобы на 260 жителей, посылающихъ свои домовыя воды въ водостоки, приходилось не менѣе 0,5 куб. метра вмѣстимости промывного резервуара. Наименьшая допускаемая вмѣстимость резервуара при этомъ равна 1 куб. метру (*F. W. Büsing.* — Die Kanalisation—p. 167). Разстояніе между верхнимъ и послѣдующимн резервуарами въ среднемъ 300—400 метровъ. Во всѣхъ этихъ указаніяхъ нѣтъ ничего абсолютнаго и многія изъ сооруженій устроенныхъ самимъ Веринг̈омъ они не соблюдены. Въ городѣ Stamford'ѣ промывные резервуары въ слѣпыхъ концахъ сѣти вмѣщаютъ по 145 галлоновъ только ($0{,}03785 \times 145 = 5{,}5$ куб. м.), а дополнительныхъ во всемъ городѣ имѣется только три по 1000 галлоновъ каждый (37,85 куб. м.; послѣдніе представлены на черт. 929—930).

Промывка дѣлается разъ—два въ день, требуя по словамъ Büsing'a около 1 куб. метра воды на жителя въ годъ, что слѣдуетъ считать едвали достаточнымъ.



Черт. 927 и 928. — Уличный пріемникъ для дождевыхъ водъ (продольный и поперечный разрѣзы) примѣненный въ Stamford'ѣ (С.-А. Соед. Шт.).



Черт. 929 и 930. — Продольный и поперечный разрѣзы промывнаго резервуара въ Stamford'ѣ (С.-А. Соед. Шт.), вмѣщающій 1000 галлоновъ (3785 литровъ) воды.

Домовые проводы соединяются съ уличными безъ водяныхъ затворовъ. Для вентиляціи сѣти уличные водостоки соединяются съ дымовыми трубами домовъ и съ особыми вентиляціонными трубами, поднимающимися выше крышъ зданій.

Для впуска свѣжаго воздуха въ сѣть устроены особые вентиляціонные колодцы (черт. 915—917).

Смотровыхъ колодцевъ при первоначальномъ устройствѣ сѣти по системѣ Веринга не предполагалось, но впослѣдствіи они оказались необходимыми для удаленія случайныхъ засореній и т. п. (черт. 920—921).

Канализаціонная сѣть для атмосферныхъ водъ устраивается обыкновенно болѣе или менѣе примитивно, такъ какъ при этомъ уже не заботятся о вентиляціи, дезинфекціи и пр. (см. устройство уличнаго пріемника на черт. 927—928).

Описанная система, повидимому, изобрѣтена въ Англіи *Chadwick*'омъ еще въ 1843 г. (Wazon — Principes techniques d'assainissement, Paris. 1884. p. 182) и въ Англіи же получила примѣненіе въ Оксфордѣ, но только въ 1876 году по проекту инженера *White*'а.

Своимъ названіемъ она обязана американскому полковнику Рингу, который примѣнилъ ее въ 1878—1880 гг. въ городѣ Мемфисѣ (С. Ш. С. А.), послѣ чего она получила въ Америкѣ быстрое распространеніе.

Вслѣдъ затѣмъ она была примѣнена еще въ нѣкоторыхъ городахъ Европы, а также въ видѣ весьма удавшагося опыта и въ Парижѣ для одного участка города (см. E. Pontzen.-Première application à Paris en 1883 de l'assaininement suivant le système Waring).

Въ Европѣ въ настоящее время канализація Веринга встрѣчается и въ нѣсколько измѣненномъ противъ первоначальнаго типа видѣ. Такъ въ Геттингенѣ дождевыя воды, падающія на поверхность дворовъ, вводятся въ трубы Веринговской канализаціи. Этимъ облегчается осушка дворовъ, часто лежащихъ ниже улицъ, и во всякомъ случаѣ уменьшается опасность чрезмѣрнаго загрязненія уличныхъ водъ дворовыми отбросами и, слѣдовательно, непосредственный спускъ уличныхъ водъ въ рѣку становится менѣе неудобнымъ.

Но, очевидно, въ такомъ видѣ раздѣльная система Веринга является уже переходомъ къ общесплавной системѣ водостоковъ.

Система Веринга представляетъ весьма серьезное средство улучшить санитарное состояніе городовъ, не имѣющихъ средствъ для устройства общесплавной канализаціи. Выключеніемъ дворовыхъ и уличныхъ водъ Веринг достигаетъ того, что расходъ въ трубахъ, отводящихъ домовыя и клозетныя воды, становится болѣе или менѣе постояннымъ, измѣняясь въ незначительныхъ предѣлахъ. Это даетъ возможность дать трубамъ размѣры и уклоны, отвѣчающіе ихъ упрощенному назначенію и получить въ нихъ необходимую для самоочищенія скорость теченія. Если же по условіямъ мѣстности такое самоочищеніе не можетъ быть достигнуто, то при системѣ Веринга легко устраивается промывка водостоковъ. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ діаметры трубъ малы, то введеніе въ нихъ и не очень значительныхъ добавочныхъ количествъ воды уже можетъ много увеличить скорость теченія; въ общесплавныхъ коллекторахъ промывка требуетъ огромныхъ количествъ воды. Удаленіе уличныхъ и дворовыхъ водъ по системѣ Веринга особой сѣтью водостоковъ позволяетъ придать имъ болѣе короткое протяженіе, направляя ихъ въ такія мѣста (напр. городскіе каналы и рѣки), куда нельзя было бы пустить клозетныя воды. Уличная водоотводная сѣть также обходится при этомъ дешевле. Очевидно, однако, что система Веринга не универсальна. Успѣшно примѣняться она можетъ только при извѣстныхъ условіяхъ. Такъ какъ сила, перемѣщающая нечистоты, есть здѣсь сила тяжести, то необходимо, чтобы мѣстность имѣла приличные уклоны въ направленіи куда слѣдуетъ отвести нечистоты. Необходимо также, чтобы для пріема доставки уличныхъ водъ имѣлись не особенно удаленные каналы, рѣки и т. п. съ достаточнымъ расходомъ воды, чтобы можно было впускать туда грязныя городскія воды безъ особеннаго вреда. Если же уклоны мѣстности слабы и обширныхъ обильныхъ текучихъ водъ нѣтъ, то можетъ потребоваться искусственный подъемъ водъ насосами и двѣ сѣти Веринга могутъ оказаться болѣе дорогими, чѣмъ одна общесплавная.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ.

Гидропневматическая система Шона.

СОДЕРЖАНІЕ: § 171. Общее описаніе системы Шона. — § 172. Эжекторъ и его дѣйствіе. — § 173. Эжекторныя станціи. — § 174. Канализація сжатаго воздуха.—§ 175. Промываніе водосточной сѣти.—§ 176. Примѣненія системы Шона.

§ 171. Общее описаніе системы Шона.

Главные принципы системы Шона состоятъ:

1) въ отводѣ сточныхъ жидкостей отдѣльно отъ дождевыхъ и снѣговыхъ водъ;

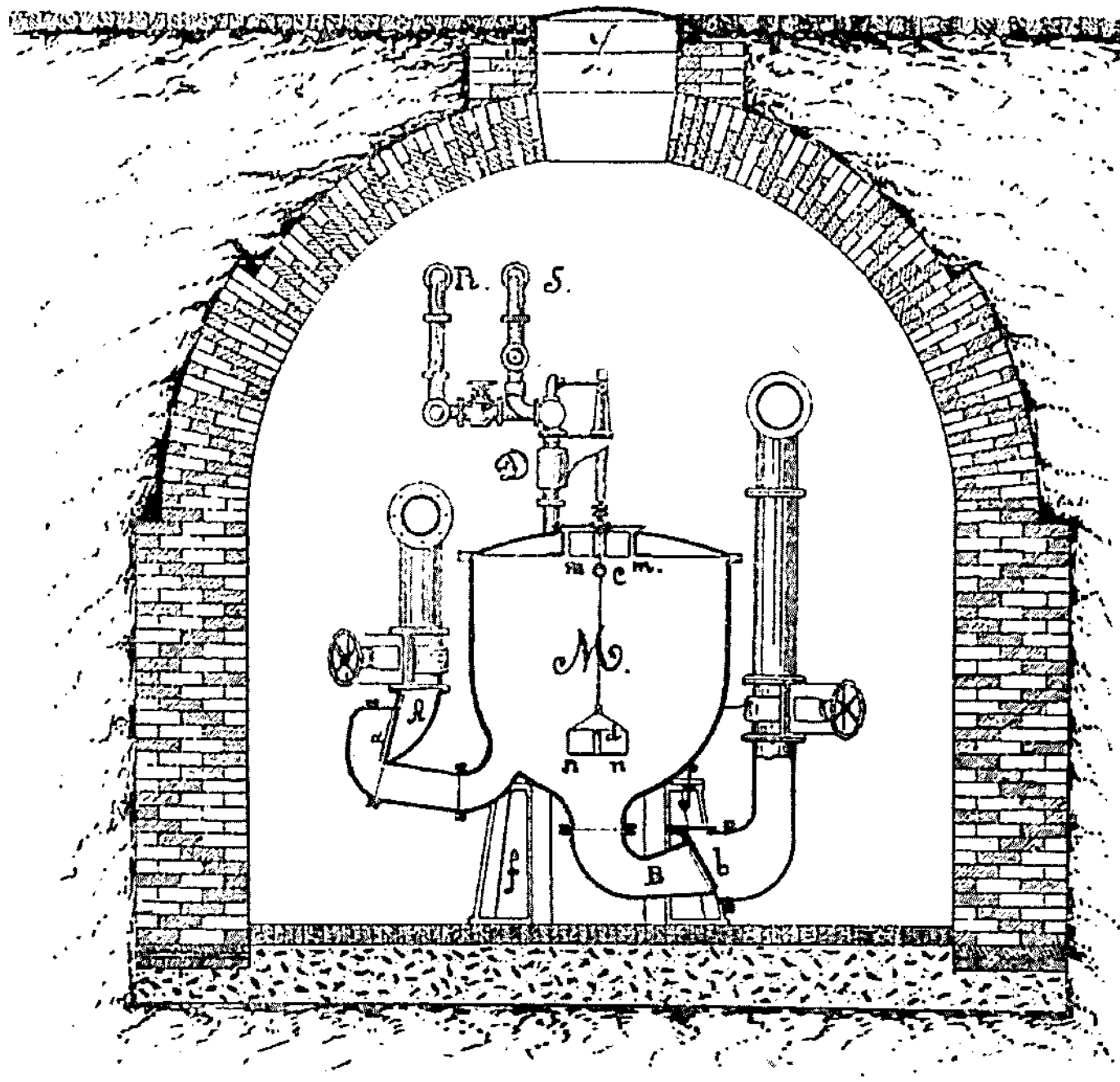
2) въ отводѣ нечистотъ, по мѣрѣ ихъ образованія, такими трубами, которыя были бы самоочищающимися и размѣры и углоны которыхъ допускали бы скорость движенія жидкости приблизительно отъ $1^1/_2$ до $2^1/_2$ футъ въ секунду при большихъ діаметрахъ трубъ, и отъ 2-хъ до 3 футъ при малыхъ;

3) въ устройствѣ правильнаго промыванія трубъ;

4) въ возможно полной автоматичности всей системы.

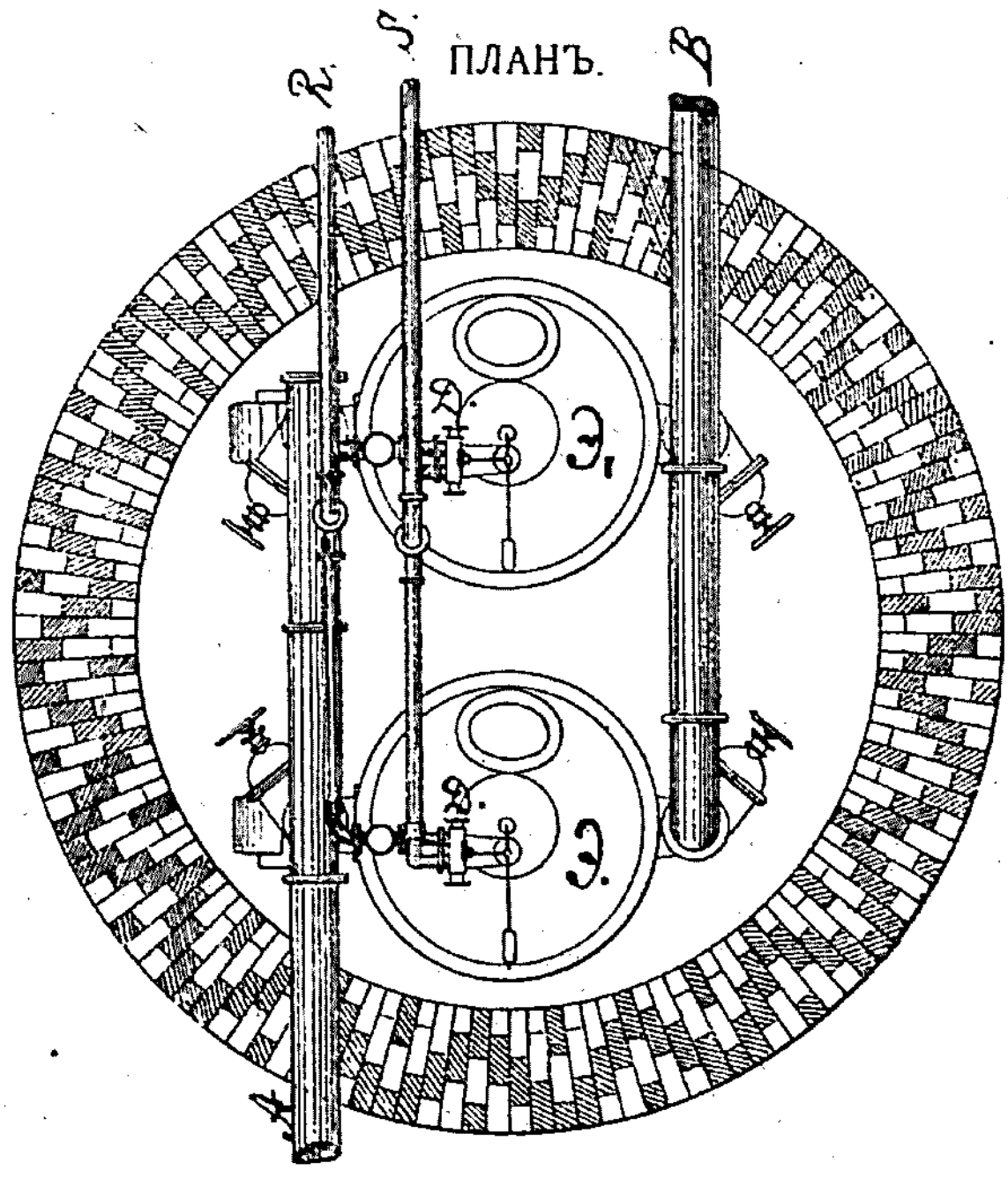
Городъ, канализируемый по системѣ Шона, разбивается на участки и въ каждомъ изъ нихъ устраивается вполнѣ самостоятельная система трубъ, стокъ жидкости по которымъ обусловливается ихъ естественнымъ уклономъ. Чтобы увеличить скорость протока по этимъ трубамъ, на дворѣ каждаго или нѣсколькихъ домовъ устраиваются соединенные непосредственно съ домовыми приборами металлическіе резервуары, наполняющіеся домовыми водами въ теченіе 9—10 часовъ. Эти резервуары снабжены сифонами и соединены съ водопроводомъ такимъ образомъ, что къ концу наполненія резервуаръ сразу опорожняется черезъ сифонъ въ отводную сточную трубу и тѣмъ обезпечиваетъ быстрый протокъ жидкости по канализаціоннымъ трубамъ.

ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



Черт. 931.

ПЛАНЪ.



Черт. 932.

Эжекторная станція съ двумя пневматич. жекторами емкостью каждый въ 147 ведеръ.

Въ центральномъ пунктѣ каждаго отдѣльнаго сточнаго участка подъ землею располагается большой чугунный или желѣзный бакъ, въ который и стекаютъ домовыя воды. Въ резервуаръ этого бака, названнаго Шономъ эжекторомъ, входятъ 4 трубы: одна, по которой въ него стекаютъ нечистоты, другая отводная, третья, проводящая въ резервуаръ сжатый и четвертая отводящая отработавшій сжатый воздухъ.

Когда резервуаръ наполнится нечистотами до верха, посредствомъ особаго золотника автоматически открывается отверстіе въ трубѣ, приводящей сжатый воздухъ, и послѣдній входитъ въ верхнюю часть резервуара. Подъ его давленіемъ на жидкость клапанъ закрываетъ отверстіе сточной трубы, открываетъ подобный же клапанъ въ отводной трубѣ и нечистоты вгоняются по ней вверхъ до главнаго коллектора, по которому и стекаютъ самотекомъ за предѣлы города. Когда уровень сточныхъ водъ въ эжекторѣ понизится въ резервуарѣ до извѣстнаго предѣла, золотникъ воздушной трубы автоматически закрывается и нечистоты вновь наполняютъ бакъ до слѣдующаго опорожненія.

Такимъ образомъ дѣйствуютъ всѣ эжекторы отдѣльныхъ участковъ.

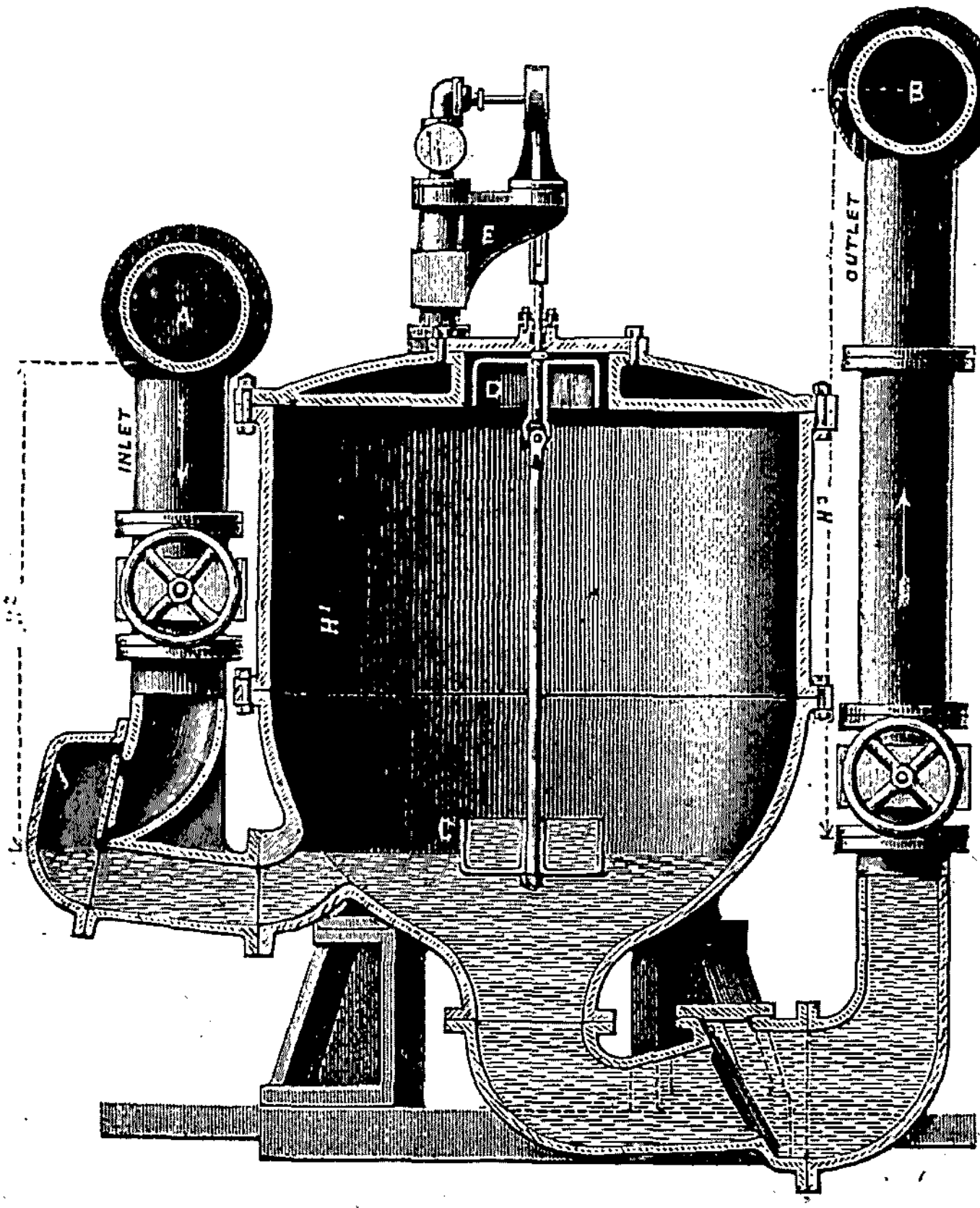
Для доставленія къ эжекторамъ сжатаго воздуха въ городѣ устраивается центральная пневматическая станція и сѣть отдѣльныхъ воздуходувныхъ трубъ.

§ 172. Эжекторъ и его дѣйствіе.

Эжекторъ Шона есть чугунный сосудъ *M* (черт. 931 и 932) отъ 25 до 200 ведеръ вмѣстимости, съ цилиндрическими толстыми стѣнками и полусферическимъ дномъ, плавно переходящимъ въ воронку и затѣмъ въ отводную трубу *B*. Устанавливается эжекторъ на дно опускнаго колодца или шахты на трехъ прочныхъ чугунныхъ подставкахъ *fff*. Сверу цилиндрическая часть герметически закрывается крышкою, соединенною съ флянцами цилиндрической части прочными болтами. Съ эжекторомъ соединяется конецъ приводной трубы *A*, черезъ которую въ эжекторъ поступаютъ нечистотныя жидкости.

На обѣихъ трубахъ *A* и *B* устанавливаются задвижки (системы

Система Шона.



Черт. 933.

Вертикальный разрѣзъ эжектора.

A — труба, приводящая нечистоты.
B — труба, отводящая нечистоты.
C — нижняя чашка управляющаго впускомъ сжатаго воздуха механизма; при поднятіи горизонта жидкости въ эжекторѣ она погружается въ жидкость и горизонтъ послѣдней продолжаетъ подниматься пока не дойдетъ до верхней чашки *D* и не сожметъ воздухъ внутри ея.
D — верхняя чашка управляющаго механизма; когда воздухъ внутри ея сжатъ поднимающейся жидкостью до должнаго предѣла, открывается —
E — затворъ сжатаго воздуха изъ приводящій сжатый воздухъ трубы и воздухъ наполняетъ эжекторъ, вытѣсняя жидкость; горизонтъ ея понижается до тѣхъ поръ, пока чаша *C* на столько выйдетъ изъ воды, что ея вѣсъ съ вѣсомъ заключенной въ ней жидкости будетъ достаточенъ, чтобы закрыть затворъ *E*.

Пита), для полнаго, на случай необходимости, выдѣленія каждаго эжектора изъ общей сѣти трубъ. Точно также на обѣихъ трубахъ между задвижками и самимъ эжекторомъ размѣщены клапаны *a* и *b*, дѣйствіе которыхъ автоматично. Каждый клапанъ состоитъ изъ толстой резины и точно пригнаннаго къ сѣдлу чугуннаго диска. На верхней крышкѣ эжектора помѣщается воздушный распредѣлитель *D*, къ которому приводится сжатый воздухъ трубою *R* и отъ котораго отводится отработанный воздухъ трубою *S*.

Распредѣлительный аппаратъ имѣетъ соединеніе съ внутреннею частью эжектора черезъ особую легкую вертикальную штангу *cd*, къ которой внутри эжектора подвѣшены двѣ металлическія чаши *mm* и *m*, расположенныя одна надъ другой.

Эжекторы помѣщены въ шахтахъ попарно на случай поврежденій. Сточная жидкость черезъ открытую задвижку поступаетъ по проводной трубѣ *A* въ одинъ изъ эжекторовъ *Э* или *Э'*, черезъ впускной клапанъ *a* (черт. 931), пройдя который она входитъ и заполняетъ эжекторъ, причемъ выводной клапанъ во все время наполненія непремѣнно закрытъ, т. е. прижатъ къ своему сѣдлу столбомъ жидкости въ выводной трубѣ *B*.

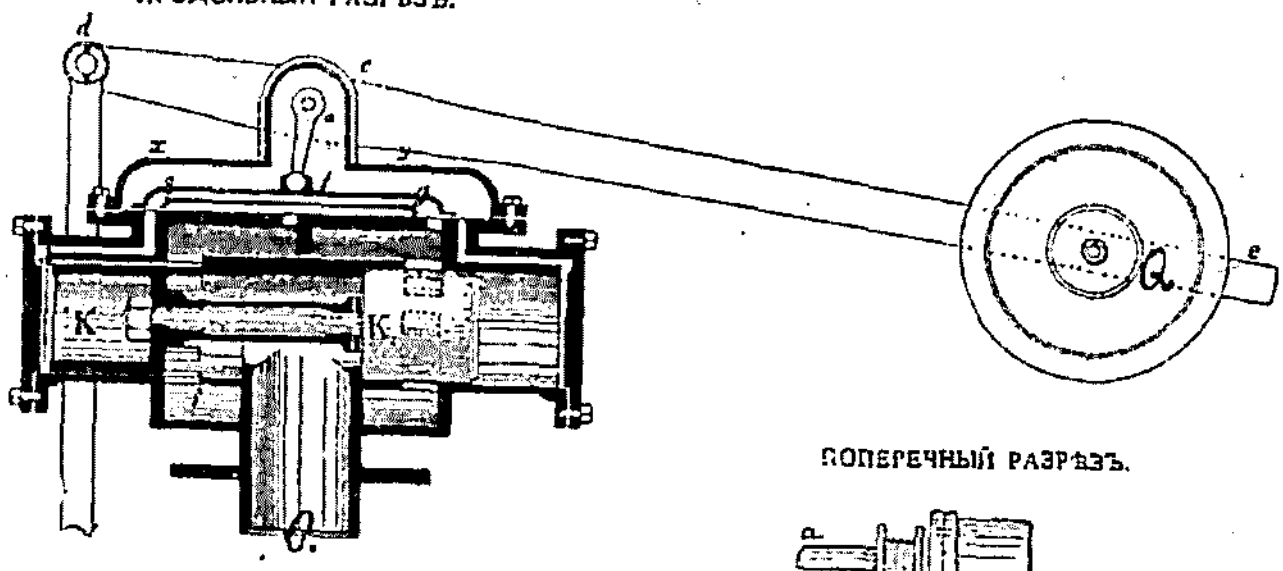
По мѣрѣ притеканія нечистотъ въ эжекторъ (обыкновенно въ промежутокъ полу или одной минуты), горизонтъ ихъ повышается и, наконецъ, въ моментъ совершеннаго наполненія эжектора, начинается автоматическая работа распредѣлительнаго воздушнаго аппарата. Происходитъ это такъ. Когда горизонтъ нечистотъ достигнетъ верха эжектора и начнетъ подниматься и въ верхней, опрокинутой чашѣ (*mm*—черт. 931 и *D*—черт. 933), то воздухъ въ этой чашѣ станетъ сжиматься. Сжатіе увеличивается по мѣрѣ поднятія жидкости и наступаетъ моментъ, когда давленіе сжатаго въ чашѣ воздуха становится достаточнымъ, чтобы поднять обѣ чаши съ соединяющимъ ихъ стержнемъ и повернуть связанный съ ними кранъ, чрезъ который въ аппаратѣ открывается впускъ сжатаго воздуха въ эжекторъ, послѣ чего сжатый воздухъ изъ станціи въ теченіе 20—30 сек. выдавливаетъ всю жидкость изъ эжектора чрезъ клапанъ *b* въ выводную трубу *B*. Клапанъ *a* въ приводной трубѣ *A* находится при этомъ въ закрытомъ положеніи, вслѣдствіе внутренняго давленія въ эжекторѣ (черт. 931).

Какъ только изъ эжектора сжатый воздухъ выгонитъ всю жид-

Система Шона.

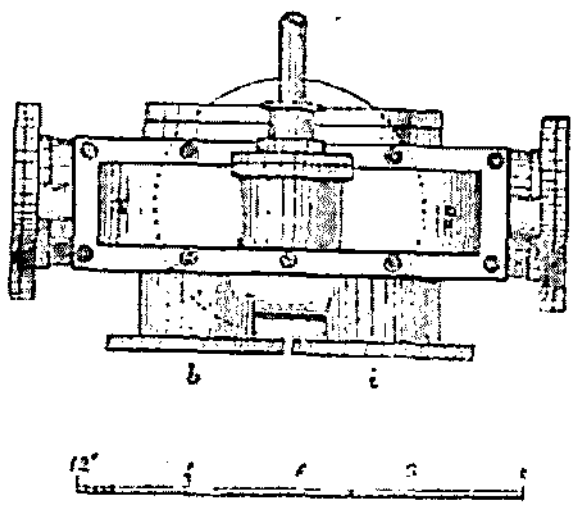
Черт. 934.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



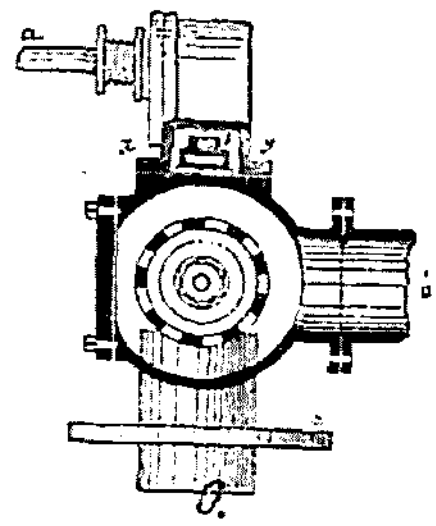
Черт. 935.

ПЛАНЪ.



Черт. 936.

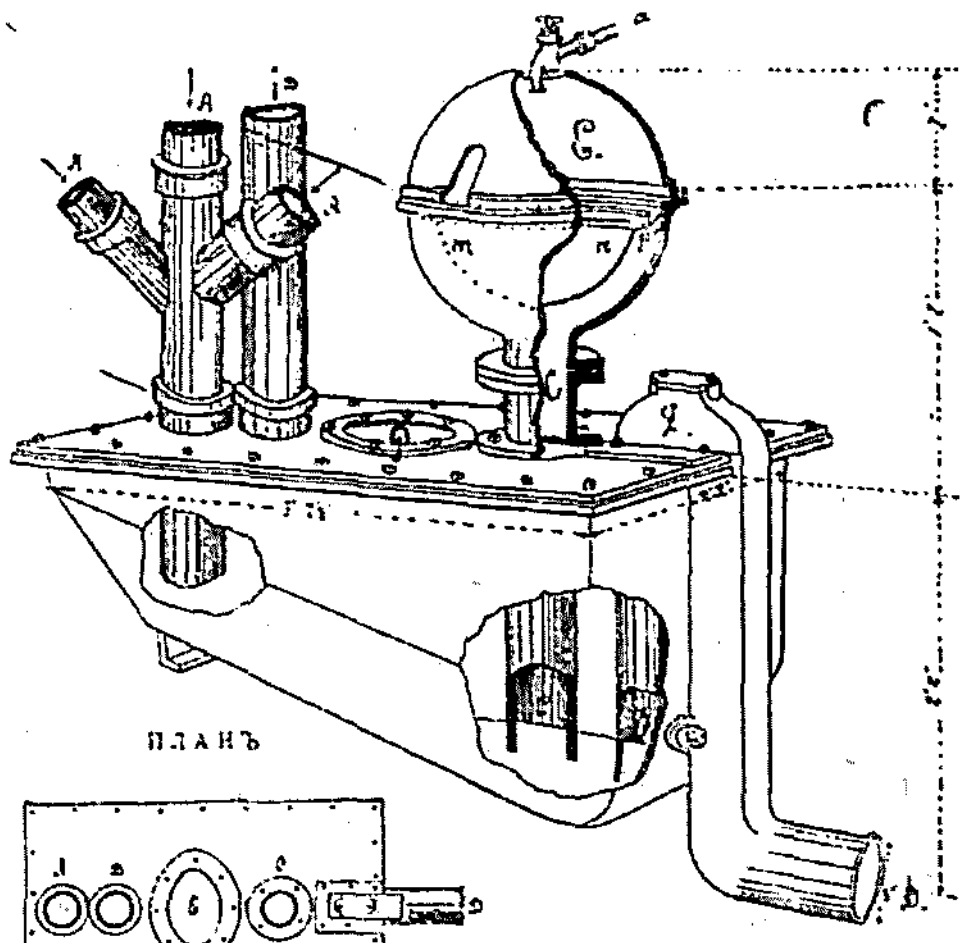
ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРѢЗЪ.



Черт. 934—936.—Воздушный распорядитель пневматическаго эжектора.

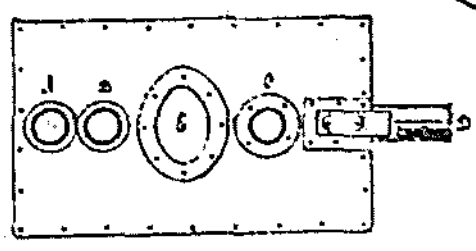
Черт. 937.

ОБЩІЙ ВИДЪ.



Черт. 938.

ПЛАНЪ



Черт. 937 и 938. — Гидравлическій домашній эжекторъ емкостью въ 25 ведеръ (flushtank).

кость ниже горизонта нижней чаши *mm* (черт. 931), или *C* (черт. 933), обѣ чаши падаютъ обратно, такъ какъ жидкость ихъ уже болѣе не поддерживаетъ, тянутъ за собою штангу *cd* и этимъ передвигаютъ золотникъ въ распредѣлительномъ воздушномъ аппаратѣ, при чемъ входъ сжатаго воздуха прекращается, а отработанный сжатый воздухъ получаетъ безпрепятственный выходъ изъ эжектора въ холостую трубу *S* (черт. 931), послѣ чего вновь настаетъ періодъ наполненія эжектора. Положеніе обѣихъ чашъ должно быть такъ урегулировано, чтобы сжатый воздухъ не входилъ въ эжекторъ, пока онъ не наполнится жидкостью и чтобы доступъ этого воздуха не закрывался ранѣе, чѣмъ эжекторъ не опорожится вполнѣ.

Такимъ образомъ наполненіе эжектора нечистотами, и выталкиваніе ихъ изъ него дѣлается автоматически: первое силою тяжести, вслѣдствіе того, что эжекторъ помѣщенъ въ наиболѣе пониженной точкѣ канализируемаго участка и всѣ нечистоты стекаютъ къ нему самосплавомъ, а второе—силою сжатаго воздуха.

Всѣ нечистоты, выдавленныя изъ эжекторовъ по выводнымъ металлическимъ трубамъ (*B*) направляются къ общимъ уличнымъ магистралямъ, впадающимъ въ главную выводную трубу или выводной коллекторъ, по которому они уже отводятся за предѣлы города, напримѣръ на поля.

Распредѣлительный приборъ (черт. 934—936), установленный на верхней крышкѣ эжектора, состоитъ изъ горизонтальнаго бронзоваго цилиндра, въ которомъ ходитъ поршень *kk*, закрывающій или открывающій, смотря по своему положенію, впускное и выпускное отверстія сжатаго воздуха. Сверху цилиндра прикрѣплена распредѣлительная золотниковая коробка, въ которой золотникъ *gg* приводится въ движеніе вправо и влѣво перемѣщеніемъ эжекторной штанги *cd* вверхъ и внизъ. Весь приборъ помѣщается на вертикальной трубѣ *O*, проводящей попеременно сжатый воздухъ и отводящій изъ него отработанный.

Аппаратъ требуетъ смазки.

Для правильнаго дѣйствія аппарата и для облегченія передвиженія штанги *cd* на рычагѣ *de* (черт. 934) установлена гиря *Q*.

Замѣтимъ, что эжекторъ Шона можетъ примѣняться не только къ перемѣщенію нечистотъ. Онъ можетъ служить съ успѣхомъ для всякихъ жидкостей, въ томъ числѣ и для жидкостей имѣющихъ высокую температуру.

§ 173. Эжекторныя станціи.

Эжекторы размѣщаются, какъ было упомянуто, попарно въ колодцахъ или шахтахъ. Шахты дѣлаются изъ кирпича на цементномъ растворѣ или металлическія изъ чугуна или желѣза. Постройку ихъ обыкновенно ведутъ способомъ опускныхъ колодцевъ.

Шахта покрывается сводомъ (черт. 931), въ замкѣ котораго оставляется спускной люкъ съ обыкновенною уличною чугунною крышкою.

Размѣры наибольшихъ эжекторовъ достигаютъ въ ширину до 5 футъ и въ высоту до 7 футъ, а потому для размѣщенія 2-хъ эжекторовъ внутренній діаметръ шахтъ долженъ быть равенъ отъ 12 до 15 футъ, при полной высотѣ шахты въ 15 футъ.

Для возможности удобнаго осмотра клапановъ *a* и *b* требуется лишь, прикрывъ задвижки, вынуть нѣсколько болтовъ, отнять клапанныя коробки и доступъ къ клапанамъ становится свободнымъ.

§ 174. Канализація сжатаго воздуха.

Сжатый воздухъ, необходимый для выталкиванія нечистотъ изъ эжекторовъ, добывается въ одной или нѣсколькихъ центральныхъ станціяхъ (смотря по величинѣ канализируемаго района) особыми паровыми машинами-компрессорами и собирается въ металлическіе воздушные резервуары, откуда и разводится ко всѣмъ эжекторнымъ станціямъ системою подземныхъ металлическихъ трубъ.

Машинное зданіе должно быть по возможности въ центрѣ канализируемаго района для того, чтобы трубы со сжатымъ воздухомъ шли, по возможности, равными радіусами.

Воздушныя трубы укладываются на ту же глубину, какъ и трубы съ нечистотами, во избѣжаніе чрезмѣрнаго охлажденія воздуха. Соединенія этихъ трубъ въ стыкахъ должно быть сдѣлано возможно тщательнѣе и послѣ укладки какъ воздушныя, такъ и напорныя чугунныя трубы—должны быть опробованы на двойное давленіе противъ расчетнаго.

Воздушные резервуары, представляя изъ себя металлическіе котлы для храненія сжатаго воздуха, дѣлаются изъ котельнаго же-

лѣза самой совершенной сборки и опробываются точно также на двойное давленіе. Они снабжаются манометрами, предохранительными клапанами и кранами для выпуска воды, выдѣляющейся изъ сжатаго воздуха.

Машины-компрессоры разсчитываются на приготовленіе сжатаго воздуха тої упругости, которая требуется для преодолѣнія всего тренія въ отводящихъ трубахъ и противодѣйствія силѣ тяжести при подъемѣ вытѣсняемыхъ нечистотъ на требуемую высоту.

При разсчетѣ наибольшаго количества необходимаго сжатаго воздуха принимается, что половина всего суточнаго притока нечистотъ должна быть удалена не въ 720 минутъ (12 часовъ), а въ 450 минутъ, въ виду того, что притокъ нечистокъ не постояненъ, а значительно больше съ 6 ч. утра до 12 часовъ дня, чѣмъ въ теченіе ночныхъ часовъ.

Самыя компрессорныя машины для добыванія сжатаго воздуха, при обиліи воды для конденсаціи, обыкновенно устраиваются системы Компаундъ, при чемъ какъ компрессорные цилиндры, такъ и паровые располагаются на общихъ основныхъ рамахъ и съ поршнями насаженными на общіе штоки. Регуляторъ машины полезно дѣлать зависящимъ отъ давленія сжатаго воздуха въ воздушныхъ резервуарахъ, съ такимъ разсчетомъ, чтобы при увеличеніи расхода сжатаго воздуха и, слѣдовательно, при паденіи давленія въ резерруарахъ, машина начинала работать скорѣе и, обратно, при уменьшеніи потребленія сжатаго воздуха и увеличеніи давленія машина начинала бы работать медленнѣе и добывала бы меньшее количество сжатаго воздуха. Расходъ сжатаго воздуха производится лишь въ то время, когда происходитъ выталкиваніе жидкости изъ эжектора; разъ оно окончено, прекращается и трата сжатаго воздуха. Слѣдовательно, сжатый воздухъ расходуется для эжекторовъ въ строго опредѣленные промежутки времени, въ прямой зависимости или пропорціональности съ поступленіемъ нечистотъ, т. е. въ зависимости отъ ихъ накопленія изъ городскихъ домовъ, фабрикъ и заводовъ.

§ 175. Промываніе водосточной сѣти.

При примѣненіи системы Шона достигается значительное обезпеченіе трубъ отъ засоренія, какъ приводящихъ нечистоты къ эжек-

торамъ, такъ и напорныхъ, потому что первыя уложены съ относительно большими уклонами, а во вторыхъ дѣйствуетъ сила сжатаго воздуха при развитіи надлежащей скорости (до 3 футъ въ 1 секунду) движенія въ трубахъ.

Но тѣмъ не менѣе однако, съ какими бы уклонами ни были уложены собирательныя трубы, въ истокахъ ихъ скорость всегда будетъ мала; поэтому, во избѣжаніе засореній, Шонъ предлагаетъ ставить особые промывные танки, чтобы обезпечить чистоту трубъ во всякое время, во всѣхъ мѣстахъ и при всякомъ расходѣ.

Промывной танкъ или флештанкъ состоитъ изъ чугуннаго ящика, при минимальныхъ размѣрахъ, въ $2^1/_2$ фут. ширины, въ 4 фута длины и въ $2^1/_4$ фута высоты, съ наклоннымъ дномъ (черт. 937—938). Емкость его около 20 ведеръ.

Танкъ этотъ помѣщается или въ началѣ уличныхъ магистралей для промывки ихъ, или же подъ каждымъ домомъ для сбора всѣхъ домовыхъ нечистотъ по мѣрѣ ихъ поступленія, откуда онѣ и выбрасываются періодически въ уличныя магистрали, послѣ наполненія танка.

Домовыя нечистоты стекаютъ въ танкъ по трубамъ *A*, а по трубѣ *DDD*, начинающейся почти со дна танка и изогнутой въ видѣ сифона, онѣ вытекаютъ изъ него въ уличныя магистрали. Между этими двумя трубами помѣщена третья вертикальная труба *CC*, которая возвышается надъ крышкою танка и образуетъ шарообразное расширеніе *E*, къ которому подведена труба *a*, съ водопроводной или кухонной и ванной водою.

Внутри шарообразнаго расширенія *E* помѣщена особая металлическая чашка *mm*, вращающаяся на эксцентрической оси. Центръ тяжести этой чаши, когда она пуста, проходитъ черезъ ось вращенія и она не опрокидывается, но лишь только чаша наполнится водою до верху, то, вслѣдствіе того, что вода заполнитъ выступъ чаши *p*, центръ тяжести ея переходитъ на право и она опрокидывается и, опоражниваясь такимъ образомъ, снова принимаетъ свое прежнее положеніе. Наконецъ, четвертая труба *B* служитъ для вентиляціи, а люкъ *P*—для осмотра танка.

Дѣйствіе прибора заключается въ слѣдующемъ: клозетныя, кухонныя или ванныя воды, протекающія по трубамъ *A*, наполняютъ собою резервуаръ. Одновременно съ этимъ по трубкѣ *a* течетъ не-

большою струею вода изъ водопровода или изъ кухонь и ваннъ, наполняющая вращающуюся чашку, при опораживаніи которой вводится въ танкъ сразу около одного ведра воды. Такое внезапное опрокидываніе чашки, когда резервуаръ танка уже совершенно наполненъ, производитъ быстрое заполненіе верхняго колѣна сифона *D* водою и, такимъ образомъ, его заряжаетъ и приводитъ въ дѣйствіе.

Благодаря этому приспособленію, сифонъ сразу опораживаетъ весь резервуаръ и въ трубахъ идущихъ отъ танка къ уличнымъ магистралямъ получается періодическая и энергичная промывка. Для того жс, чтобы всасываніе въ сифонъ было по возможности совершенно, дну резервуара придань значительный уклонъ (черт. 937) къ всасывающей трубѣ.

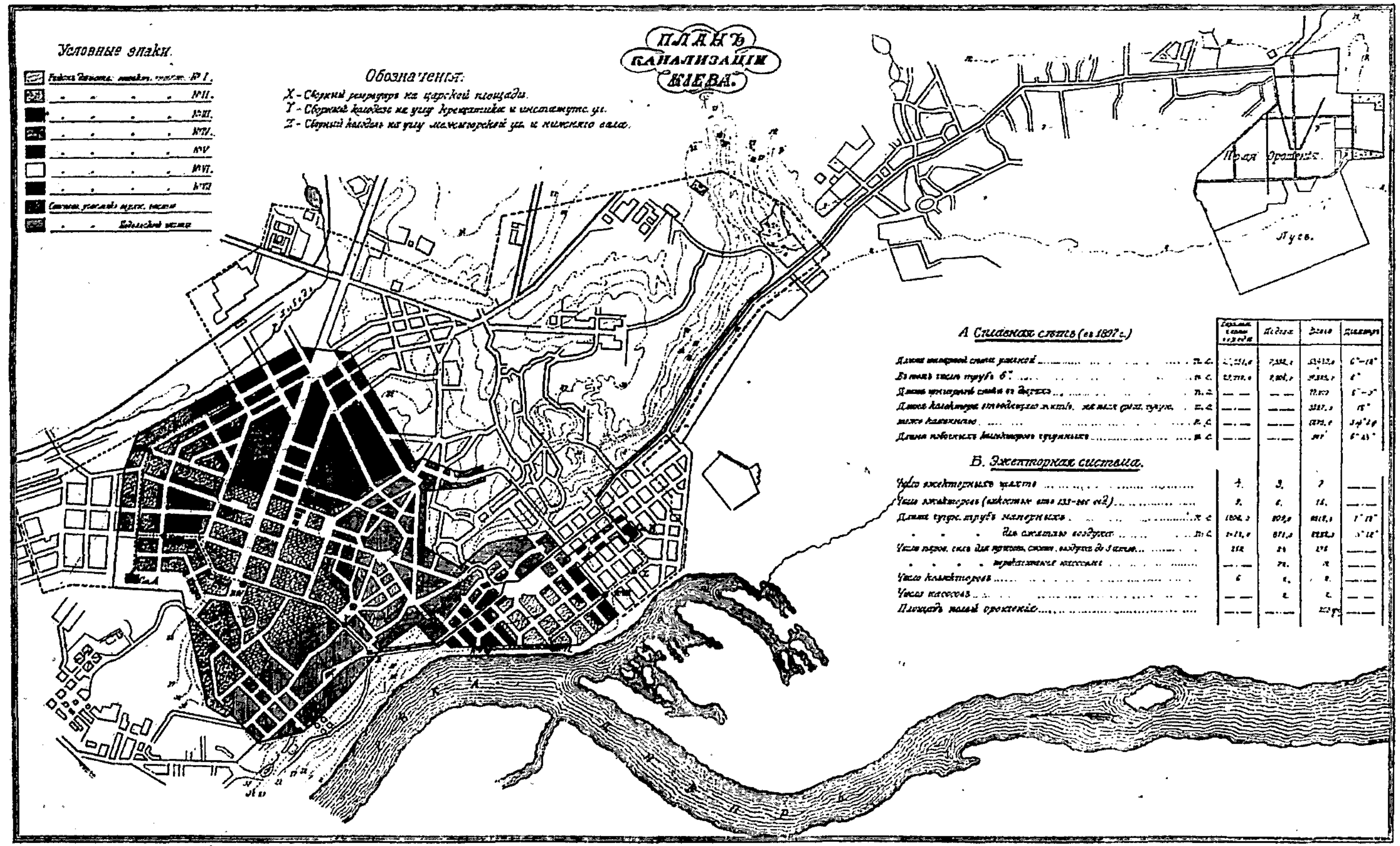
Время наполненія такого танка зависитъ отъ колпчества нечистотъ, въ него поступающихъ. Если принять расходъ воды на человѣка въ 5 ведеръ въ сутки и число жителей на 1 танкъ въ 60 человѣкъ, мы получимъ, что въ сутки танкъ долженъ очиститься и вновь наполниться около 15 разъ, т. е. нечистоты въ немъ могутъ находиться около полутора часа.

Дѣйствіе этого прибора, какъ очистителя трубъ, согласно показаніямъ практики (Саблинъ), распространяется при 6 дюймовыхъ трубахъ (обыкновенный размѣръ уличныхъ трубъ) на разстояніе около 100 п. саж.

Такимъ образомъ по системѣ Шона возможно повидимому канализировать съ успѣхомъ даже такіе города, которые расположены почти на совершенно горизонтальной плоскости, какъ напр., Петербургъ. Въ послѣднемъ случаѣ требуется устроить отъ 60 до 75 эжекторныхъ станцій, районъ дѣйствія которыхъ распространялся бы приблизительно отъ эжекторовъ въ каждую сторону отъ 120 до 150 саженъ.

Придавая уклоны сборнымъ (гравитаціоннымъ) трубамъ отъ $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{100}$, смотря по ихъ діаметрамъ и дѣлая заложеніе ихъ верховьевъ на 5 футовъ, мы получимъ заложеніе дна эжекторовъ до 2 саж. отъ поверхности улицъ. Устроивъ затѣмъ два центра, съ машинными зданіями для добыванія сжатаго воздуха, возможно отъ каждаго изъ нихъ развести сжатый воздухъ трубами къ отдѣльнымъ эжекторнымъ станціямъ съ наибольшею длиною воздухопроводныхъ трубъ до двухъ верстъ (Саблинъ).

Каналиэація города Кіева.


ПЛАНЪ
КАНАЛИЗАЦІИ
КІЕВА.
Условные знаки.
Обозначенія:
X - Сборный резервуаръ на царской площади.
Y - Сборный колодезь на улиц крещатицкой и институтск. ул.
Z - Сборный колодезь на улиц мельничорской ул. и нижняго вала.
Трои Ороатрыя.
Лусв.
Выдубицкій мон.
Выдубицкій м.
Выдубицкій
Выдубицкій
Выдубицкій

§ 176. Примѣненія системы Шона.

Способъ Шона для канализація городовъ и различныхъ учрежденій впервые былъ примѣненъ въ 1880 году и съ тѣхъ поръ по способу Шона канализировано нѣсколько десятковъ городовъ въ Англіи (Истборнъ, Уорингтонъ, Саугамптонъ, Генлей на Темзѣ, часть Лондона и пр.), въ Америкѣ и Индіи, причемъ населеніе нѣкоторыхъ канализированныхъ городовъ достигаетъ до ста тысячъ жителей.

У насъ въ Россіи примѣненіе способа Шона, для удаленія нечистотъ, впервые было сдѣлано при постройкѣ Московскихъ центральныхъ боень (1886 — 1888 гг.). По заданію, съ центральныхъ Московскихъ боень и всѣхъ устройствъ при нихъ требовалось отвести 1,25 куб. фут. въ одну секунду или въ 1 часъ до 10.000 ведеръ нечистотныхъ водъ. Всѣ дождевыя воды отведены особою подземною сѣтью трубъ въ ближайшія пониженныя мѣста.

Для сбора всѣхъ нечистотныхъ водъ и удаленія ихъ на поля орошенія, расположенныя въ одноверстномъ разстояніи, устроено четыре эжекторныя станціи съ двумя эжекторами, по 150 галлоновъ въ каждомъ.

Въ первую и четвертую станцію собраны всѣ нечистоты отъ всѣхъ мелкихъ боень, заводовъ и жилыхъ домовъ и отведены на поля орошенія по 9-дюймовому чугунному водоводу, а въ другія двѣ станціи попадаютъ всѣ грязныя воды съ большихъ боень, вмѣстѣ со всѣмъ содержимымъ желудковъ большихъ животныхъ (конюгою); онѣ отведены на поля орошенія по отдѣльному 6-дюймовому чугунному водоводу.

Абсолютная высота подъема съ потерею на треніе въ трубахъ = = 84 футамъ. Скорость движенія нечистотныхъ водъ въ напорныхъ трубахъ = 3 футамъ въ одну секунду. Для нормальной работы требуется въ каждую минуту добыть 75 куб. фут. воздуха, сжатаго до 45 фунтовъ.

Для добыванія сжатаго воздуха установлена въ особомъ машинномъ зданіи компрессорная спаренная машина, безъ охлажденія, въ 52 индикаторныхъ силы, съ автоматическимъ дѣйствіемъ регулятора на отсѣчку пара. Каждая часть спаренной машины имѣетъ по од-

ному паровому и компрессіонному цилиндру, которые установлены на одной общей рамѣ. Валъ и маховикъ общіе. Паровые и компрессорные цилиндры снабжены рубашками, первые для погрѣванія пара, а вторые для охлажденія сжатаго воздуха.

Добытый сжатый воздухъ собирается въ два резервуара, причемъ емкость каждаго 210 куб. фут.

Изъ резервуаровъ сжатый воздухъ разводится на длину до 450 пог. саж. по подземнымъ галлереямъ (въ которыхъ уложены, кромѣ воздухопроводныхъ трубъ, всѣ водопроводныя, канализаціонныя, паровыя и съ конденсаціонною водою трубы, ко всѣмъ эжекторнымъ станціямъ въ установленные въ нихъ эжекторы.

Для добыванія пара для отопленія всѣхъ зданій боень и для работы одиннадцати паровыхъ машинъ установлены въ трехъ котельныхъ отдѣленіяхъ пять паровыхъ комбинированныхъ котловъ системы Тимбейнъ и два батарейныхъ котла въ новомъ котельномъ зданіи.

Въ восьми большихъ жилыхъ зданіяхъ и въ четырехъ зданіяхъ большихъ боень установлены 12 флештанковъ, системы Шона, для сбора всѣхъ нечистотныхъ водъ въ жилыхъ зданіяхъ и отвода этихъ водъ въ сточныя трубы, а въ большихъ бойняхъ — для дѣятельной промывки пріемныхъ трубъ во время убоя.

Всѣхъ канализаціонныхъ глиняныхъ и бетонныхъ трубъ уложено нѣсколько больше 2000 пог. саж. Напорныхъ чугунныхъ отъ эжекторныхъ станцій до полей орошенія 1150 пог. саж. Водопроводныхъ трубъ отъ водоподъемнаго зданія, установленнаго у источника городскаго Артезіанскаго источника (въ Серебреническомъ переулкѣ) до водонапорной башни на бойняхъ 2050 пог. саж. и наконецъ, вся разводная водопроводная сѣть на бойняхъ имѣетъ длину до 1940 пог. саж. Пожарныхъ кранов установлено по всему водопроводу 65 штукъ и ревизіонныхъ колодцевъ по водопроводу и канализаціоннымъ трубамъ во дворѣ боень и по зданіямъ 184 штуки.

Работы по устройству канализаціи въ Московскихъ скотобойняхъ исполнены инженеромъ Саблинымъ. Имъ же составленъ проектъ канализаціи Кіева, уже приведенный въ исполненіе. Въ этомъ обширномъ предпріятіи система Шона играетъ также большую роль. (См. М. Моргулевъ—Канализація города Кіева. Кіевъ 1899 и А. Абрагамсонъ — Докладъ о Кіевской канализаціи IV-му водопроводному Съѣзду, откуда почерпнуты приводимыя дальше свѣдѣнія).

Канализація города Кіева построена по сплавной раздѣльной системы для удаленія несчистотныхъ жидкостей, а равно хозяйственныхъ и фабричныхъ водъ; атмосферные осадки и твердые отброски не должны подадать въ канализаціонную сѣть.

Въ Кіевѣ въ канализованный раіонъ включена самая населенная часть города, пространствомъ въ 600 десятинъ съ населеніемъ въ 80.000 жителей и всѣ канализаціонныя сооруженія разсчитаны для удаленія нечистотъ на поля орошенія на двойное число населенія, т. е. на 160.000 жителей, считая 7 ведеръ въ сутки на человѣка.

Эта цифра (7 ведеръ) оправдалась на практикѣ. Въ настоящее время (1899 г. 1 Іюля) при 140.000 жителей, пользующихся канализаціей за поля орошенія въ сутки поступаетъ около 930.000 ведеръ.

По рельефу мѣстности канализированный раіонъ распадается на двѣ самостоятельныя части.

Верхняя часть города, въ составъ которой входитъ вся территорія, лежащая между высокимъ берегомъ Днѣпра и р. Лыбедью. Вся эта часть лежитъ между 17 и 42 саж. горизонталями, надъ уровнемъ Днѣпра.

Подольская часть расположенная между 1 и 6 саж. горизонталями.

Верхняя часть города только незначительною частью имѣетъ склонъ къ Днѣпру, между тѣмъ какъ большая часть ея территоріи образуетъ покатость къ р. Лыбеди, впадающей въ Днѣпръ на значительномъ разстояніи (около 6 верстъ) ниже города.

Задача удаленія нечистотъ, которая легла въ основаніе проекта Кіевской канализаціи, состояла: во 1-хъ въ сборѣ всѣхъ сточныхъ водъ со всей верхней части города въ одномъ пунктѣ—на Царской площади, лежащемъ на 15 саж. выше полей орошенія, на которыя сточныя воды стекаютъ далѣе самотокомъ по особому отводному коллектору и во 2-хъ въ сборъ нечистотъ со всего Подольскаго участка въ сборномъ резервуарѣ, устроенномъ на Введенской канализаціонной усадьбѣ (ст. Б) и въ перекачкѣ означенныхъ нечистотъ въ упомянутый выше отводной коллекторъ для дальнѣйшаго отвода на тѣже ирригаціонныя поля. (См. черт. 939).

Для выполненія этой задачи оба канализируемые раіона въ зависимости отъ рельефа мѣстности раздѣлены на соотвѣтствующее

число участковъ, съ которыхъ сточныя воды направляются къ намѣченнымъ двумъ пунктамъ, частью *самосплавомъ*, частью же помощью *эжекторовъ Шона.*

Верхній районъ. По топографіи мѣстности раіонъ этотъ распадается на *самосплавную* и *эжекторную* части. Первая занимаетъ ту часть территоріи, которая прилегаетъ къ Днѣпру. Вся сточная жидкость со всего этого самосплавнаго участка стекаетъ въ общій колодезь (устроенный на углу Институтской улицы и Крещатика), откуда уже самотекомъ по особому чугунному 24″ коллектору поступаетъ въ сборный резервуаръ на Царской площади. Самосплавный участокъ этотъ занимаетъ территорію съ населеніемъ въ 15.419 жителей. Что же касается эжекторныхъ частей, то въ верхнемъ раіонѣ города имѣются такихъ 4 съ такимъ же числомъ эжекторныхъ станцій, устроенныхъ въ наинижайшихъ точкахъ соотвѣтствующихъ участковъ, куда жидкости стекаютъ самосплавомъ.

Въ виду значительной разности въ отмѣткахъ эжекторныхъ станцій, расположенныхъ на различныхъ горизонталяхъ, работа каждой изъ 4-хъ станцій ограничивается исключительно подъемомъ жидкости изъ одной станціи въ слѣдующую, непосредственно выше ея лежащую. Такъ напримѣръ, первый эжекторный участокъ съ эжекторною станціею № 1 занимаетъ обширную площадь (черт. 939) съ населеніемъ въ 16.184 жителя и сточная жидкость со всей этой площади течетъ къ своей шахтѣ № 1 (при нормальномъ числѣ жителей) въ количествѣ $56,_{64}$ куб. футъ въ минуту. Для удаленія этой массы жидкости въ слѣдующій эжекторный участокъ въ означенной шахтѣ установлены два эжектора емкостью въ 315 галлоновъ (54 кб. футъ) каждый.

Второй эжекторный участокъ съ эжекторною станціею № II занимаетъ территорію съ населеніемъ въ 8496 жителей и количество нечистотъ, которое стекаетъ съ этого участка къ шахтѣ № II, (при нормальномъ населеніи) составляетъ $86,_{38}$ кб. фут. въ минуту, въ томъ числѣ $56,_{64}$ кб. футъ жидкости, поступающей изъ эжекторнаго участка № I, а $30,_{26}$ кб. фут. составляетъ минутный притокъ собственно второго эжекторнаго участка при нормальномъ числѣ населенія.

Для удаленія нечистотныхъ водъ изъ шахты № II въ слѣдующій эжекторный участокъ въ ней установлены два эжектора емкостью каждый въ 415 галлоновъ ($66,_{5}$ кб. футъ).

Третій эжекторный участокъ съ эжекторною станціею № III за-

нимаетъ территорію съ населеніемъ въ 3231 жителей и количество нечистотъ, которое притекаетъ въ 1 минуту къ шахтѣ № III (при нормальномъ населеніи) составляетъ $97_{,69}$ кб. футъ, въ томъ числѣ $86_{,38}$ кб. фут. поступаетъ съ первыхъ 2-хъ эжекторныхъ участковъ, а $11_{,31}$ кб. футъ составляетъ минутный притокъ собственно 3-го эжекторнаго участка къ шахтѣ № III. Для удаленія всей массы жидкости изъ шахты № III въ слѣдующій эжекторный участокъ въ ней установлены два эжектора емкостью въ 415 галлоновъ (138 кб. фут.) въ каждомъ.

Четвертый эжекторный участокъ съ эжекторною станціею № 4 занимаетъ площадь съ населеніемъ въ 18.276 жителей и количество нечистотъ, притекающее къ шахтѣ № IV (при нормальномъ числѣ жителей), составляетъ въ 1 минуту $166_{,66}$ кб. фут., въ томъ числѣ $97_{,69}$ кб. фут. поступаетъ сюда съ первыхъ трехъ эжекторныхъ участковъ, а $63_{,97}$ кб. футъ составляетъ минутный притокъ собственно 4-го эжекторнаго участка. Такимъ образомъ всѣ сточныя воды со всѣхъ четырехъ эжекторныхъ участковъ верхняго раіона скопляются въ пріемномъ колодцѣ эжекторой станціи № 4 и для дальнѣйшей перекачки отсюда всей массы поступающихъ сюда нечистотъ, эта шахта оборудована тремя эжекторами общею емкостью въ 1660 галлоновъ (553 кб. фут.). Дѣйствіемъ этихъ эжекторовъ вся жидкость перекачивается въ общій колодезь (устроенный на углу Институтской и Крещатика), куда также поступаютъ нечистоты со всего самосплавнаго участка, а отсюда уже общею массою направляется по 24″ чугунному коллектору въ сборный резервуаръ на Царской площади.

Подольскій районъ. Какъ выше было замѣчено, всѣ сточныя воды этого района необходимо было собрать въ общемъ резервуарѣ, устроенномъ на Введенской канализаціонной усадьбѣ *Б* (черт. 939), а потому районъ этотъ разбитъ на самосплавный и эжекторный участки. Первый занимаетъ территорію съ населеніемъ въ 6428 жителей и нечистотныя жидкости текутъ прямо въ сборный резервуаръ, устроенный на канализаціонной усадьбѣ *Б*. Эжекторныхъ участковъ въ этомъ районѣ три съ эжекторною станціею въ низшихъ точкахъ каждаго. Эти три эжекторныя станціи отличаются отъ таковыхъ верхняго раіона тѣмъ, что въ послѣднемъ каждая шахта одной эжекторной станціи всю жидкость передаетъ въ слѣдующую непосредственно выше ея лежащую эжекторную станцію и т. д., между тѣмъ какъ По-

дольскія эжекторныя станціи вслѣдствіе незначительной разности въ отмѣткахъ между ними перекачиваютъ жидкость своего участка прямо въ общій коледезь (на углу Межигорской улицы и Нижняго вала), откуда она самотекомъ направляется въ сборный резервуаръ на Введенской усадьбѣ *Б*. Такъ напр. эжекторный участокъ № 5, занимая площадь съ населеніемъ въ 4801 жителей, при содѣйствіи своей эжекторной станціи долженъ удалять свой минутный притокъ въ $16,_8$ кб. фут., а эжекторный участокъ № 6, занимая территорію съ населеніемъ въ 46.415 жителей, долженъ удалять съ помощью эжекторовъ шахты № 6 въ общій колодезь (на углу Межигорской улицы и Нижняго Вала) свой минутный притокъ въ $16,_5$ кб. фут.; что же касается эжекторнаго участка № 7, то онъ, занимая площадь съ населеніемъ въ 2550 жителей, можетъ перекачать при помощи эжекторовъ своей эжекторной станціи № 7 ежеминутно при нормальномъ населеніи $8,_{92}$ кб. фут. сточныхъ водъ въ упомянутый общій колодезь на Межигорской улицѣ. Для удаленія изъ эжекторныхъ станцій собранной съ соотвѣтствующихъ эжекторныхъ участковъ жидкости всѣ три Подольскія эжекторныя станціи (№№ 5, 6 и 7) оборудованы каждая 2-мя эжекторами общею емкостью въ 310 галлоновъ (103 кб. фут.). Изъ общаго колодца (на углу Межигорской и Верхняго Вала) всѣ нечистоты со всѣхъ 3-хъ эжекторныхъ участковъ, направляются по 12″ гончарной магистрали въ общій резервуаръ на Введенской канализаціонной усадьбѣ *Б*, откуда уже насосами перекачиваются въ главный чугунный 18″ отводной коллекторъ, проложенный на разстояніи 190 пог. саж. отъ названной усадьбы.

Какъ въ самосплавномъ, такъ и въ эжекторномъ участкахъ сточныя воды текутъ по гончарнымъ глазурованнымъ внутри трубамъ. Общее протяженіе всей уличной сѣти составляло по окончаніи сооруженія канализаціи около 60 верстъ, изъ коихъ $^9/_{10}$ всего протяженія—6-ти дюймоваго діаметра, а остальное количество составляетъ 7-ми, 8-ми, 9-ти, 12-ти и 14-ти дюймовыя гончарныя трубы.

Начало каждой магистрали заложено на глубину не меньше $1,_{15}$ с., дальнѣйшее же ея заложеніе зависѣло отъ рельефа мѣстности, отъ глубины залеганія впадающихъ въ нее боковыхъ вѣтвей, домовыхъ отводовъ и наконецъ отъ уклона, при чемъ наименьшій принятый уклонъ для 6″ трубъ въ $0,_{005}$, обезпечиваетъ скорость въ 2 фута въ секунду, признававшуюся достаточной для самоочищенія трубной сѣти.

Наименьшій діаметръ гончарныхъ трубъ на уличной сѣти принятъ въ 6″, хотя пропускная способность этихъ трубъ въ большинствѣ случаевъ гораздо больше требуемой; тѣмъ не менѣе діаметры уличной сѣти менѣе 6″ не допущены. Разсчетъ діаметровъ трубъ сводился къ опредѣленію (на основаніи формулы Гангилье и Кутера) пропускной способности 6-ти дюймовой гончарной трубы, уложенной по заранѣе опредѣленнымъ изъ условій мѣстности уклонамъ, и если этотъ объемъ оказывался болѣе требуемаго, то принимались трубы 6-ти дюймовыя; въ противномъ случаѣ дѣлались пробные разсчеты съ постепеннымъ увеличеніемъ діаметра на 1 дюймъ.

Это увеличеніе преимущественно вызвано было не величиною суточнаго притока, а необходимостью получить не меньше 2-хъ футовой скорости при малыхъ уклонахъ данной мѣстности.

Для ухода за уличной сѣтью на всѣхъ пересѣченіяхъ магистралей и въ предѣлахъ послѣднихъ, черезъ каждыя 50 саж., построены каменные смотровые колодцы. Число всѣхъ колодцевъ, считая въ томъ числѣ и такіе, въ которыхъ устроены приборы для промывки, составляетъ 623.

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ по недостаточности притока скорость теченія получается меньше 2-хъ футовъ въ секунду, а именно въ начальныхъ колодцахъ каждой магистрали и въ мѣстахъ съ небольшими уклонами, установлены приспособленія для промывки—флеш-танки, *имѣющіе своимъ назначеніемъ періодически дополнять тотъ объемъ воды, который необходимъ для полученія скорости въ 2 фута.*

Каждый изъ такихъ колодцевъ, который предполагалось приспособить къ установкѣ промывателя, дѣлался прямоугольнаго сѣченія съ пристройкой каменнаго резервуара емкостью около 28 ведеръ.

Вода для промывки проведена изъ городского водопровода, а тамъ, гдѣ его нѣтъ, доставляется бочками. Для учета расхода чистой воды въ каждомъ изъ такихъ колодцевъ поставленъ счетчикъ.

Промывка производится съ помощью автоматическихъ приборовъ. Сверхъ сего поставлены въ нѣкоторыхъ большихъ усадьбахъ при устройствѣ домовой канализаціи промыватель Шона, въ которомъ промывка производится нечистотными жидкостями. Приборъ этотъ описанъ въ § 175.

При необходимости промывки уличной сѣти въ такихъ мѣстахъ, гдѣ нѣтъ промывателя, ее всегда дѣлаютъ, производя искусственный

подпоръ воды въ трубахъ закрытіемъ входнаго отверстія въ смотровомъ колодцѣ деревянной пробкой, причемъ какъ только замѣчается, что въ верхнемъ смотровомъ колодцѣ накопилось достаточное количество жидкости, выбивается пробка, жидкость вслѣдствіе произведеннаго искусственнаго подпора вытекаетъ съ усиленной скоростью, достаточною для смыванія осѣвшихъ на стѣнкахъ трубъ твердыхъ частицъ.

Въ Кіевѣ принята закрытая система вентилированія сѣти (съ водяными затворами на домовыхъ магистраляхъ). Проектомъ предписывалось: 1) чтобы участокъ вентилируемой магистрали былъ по возможности малъ; 2) чтобы выходящая въ воздухъ труба была бы по возможности высокою и во всякое время года настолько теплою, чтобы воздухъ тянулся по ней въ верхніе слои атмосферы и 3) чтобы размѣры отверстій приводящихъ свѣжій воздухъ и отводящихъ испорченный были бы строго сообразованы съ размѣрами канализаціонныхъ трубъ. По проекту предполагалось поставить 319 вентиляціонныхъ пунктовъ, но домовладѣльцы въ большинствѣ случаевъ не давали разрѣшенія на постановку вентиляціонныхъ трубъ у фасадовъ своихъ домовъ, и съ трудомъ удалось поставить во всемъ канализируемомъ районѣ около 150 вентиляціонныхъ пунктовъ. Такое сравнительно малое число вентиляціонныхъ мѣстъ по мнѣнію самихъ администраторовъ канализаціи, совершенно недостаточно; для болѣе правильной и раціональной вентиляціи сѣти необходимо, чтобы на каждый участокъ уличной магистрали въ 30 пог. саж. площадь сѣченія вентиляціонныхъ трубъ была бы по крайней мѣрѣ вдвое болѣе площади сѣченія уличной магистрали. Слѣдовательно для кіевской канализаціи общая площадь сѣченія всѣхъ вентиляціонныхъ трубъ должна быть 400 кв. фут., а въ дѣйствительности она составляетъ только 22 кв. фута.

Кромѣ гончарной сѣти со всѣми ея принадлежностями въ составъ канализаціонныхъ сооруженій входитъ еще цѣлая напорная линія трубъ, составляющая проводъ отъ эжекторныхъ шахтъ до соотвѣтствующихъ пунктовъ подъема нечистотъ. Такъ напр. отъ эжекторовъ шахты № 4 идетъ чугунный 18-ти дюймовый проводъ въ 400 саж. длины, по которому сточныя воды поднимаются эжекторами до сборнаго колодца и т. д.

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ.

Послѣдствія спуска нечистотъ въ рѣки.

СОДЕРЖАНІЕ: § 177. Общее положеніе вопроса о судьбахъ нечистотъ и сточныхъ водъ.— § 178. Загрязненіе рѣкъ, озеръ, прибрежныхъ морскихъ водъ.— § 179. Мнѣніе объ уменьшеніи опасности загрязненія рѣкъ исключеніемъ изъ сточныхъ водъ изверженій. — § 180. Самоочищеніе рѣчной воды. — § 181. Неопредѣленность современной постановки вопроса о пользованіи рѣками для спуска нечистотъ.

§ 177. Общее положеніе вопроса о судьбахъ нечистотъ и сточныхъ водъ.

Вопросъ о томъ, куда въ концѣ концовъ дѣвать отводимыя изъ городовъ нечистоты, что съ ними дѣлать, какъ ихъ обезвреживать и, такъ сказать, уничтожать, — вопросъ, съ которымъ встрѣчаются при всякихъ вывозныхъ системахъ, пріобрѣтаетъ особое значеніе, когда рѣчь идетъ о сплавной канализаціи. И если уже при вывозѣ, гдѣ города имѣютъ дѣло съ весьма небольшимъ, сравнительно, количествомъ нечистотъ, т. е. съ извѣстною только долею человѣческихъ изверженій, окончательное и безвредное въ санитарномъ отношеніи помѣщеніе ихъ встрѣчаетъ почти непреодолимыя затрудненія, то при удаляющей всѣ вообще грязныя воды и всѣ человѣческія и животныя извержения сплавной канализаціи, когда приходится заботиться объ обезвреживаніи огромныхъ массъ далеко не безразличной, съ санитарной точки зрѣнія, жидкости,—эти затрудненія, по крайней мѣрѣ на первый взглядъ должны казаться почти непреодолимыми. Дѣйствительно, большею частью не легко найти такой выходъ изъ этого положенія, который удовлетворялъ бы всѣхъ и который не оставлялъ бы желать лучшаго. Вполнѣ удовлетворительное рѣшеніе вопроса затрудняется еще и тѣмъ, что здѣсь большую роль играютъ экономическія соображенія, вслѣдствіе которыхъ нерѣдко то, что

теоретически признано наилучшимъ, не можетъ быть исполнено на дѣлѣ за отсутствіемъ матеріальныхъ средствъ. Наконецъ, надо имѣть еще въ виду, что при теперешнемъ, далеко не совершенномъ состояніи свѣдѣній о природѣ и способахъ происхожденія болѣзней, *не всегда возможно провести рѣзкую грань между вреднымъ и безвреднымъ, между тѣмъ, что можетъ быть допускаемо съ точки зрѣнія общественной гигіены, и тѣмъ, что въ интересахъ общественнаго здоровья не можетъ быть дозволено.* При этомъ положеніи дѣла, при всѣхъ этихъ затрудненіяхъ какъ научнаго, теоретическаго, такъ и чисто практическаго характера всякое рѣшеніе занимающаго насъ здѣсь вопроса можетъ быть только условнымъ и частнымъ: нѣтъ такого рецепта, который годился бы во всѣхъ случаяхъ, а нужно въ каждомъ данномъ случаѣ соображаться съ мѣстными условіями, необходимо взвѣшивать всѣ обстоятельства, всѣ шансы за и противъ, и рѣшаться на то, что представляется наиболѣе цѣлесообразнымъ какъ въ санитарномъ отношеніи, такъ и съ точки зрѣнія городскаго хозяйства.

Оговорившись такимъ образомъ, можно теперь перейти къ разсмотрѣнію способовъ обращенія съ отводимою изъ городовъ клоачною жидкостью, которые выработала долголѣтняя практика и которые состоятъ въ томъ, что содержимое городскихъ водостоковъ или спускается въ рѣки—либо непосредственно, либо по предварительномъ очищеніи при помощи химическихъ средствъ, фильтраціи, бактеріолиза и т. д.—или же употребляется на орошеніе полей.

§ 178. Загрязненіе рѣкъ, озеръ, прибрежныхъ морскихъ водъ.

При первомъ появленіи сплавной канализаціи въ англійскихъ городахъ, главное вниманіе было обращено на возможно полное и, въ то же время, возможно дешевое и простое удаленіе всѣхъ нечистотъ; и потому понятно, что повсюду на ряду съ устройствомъ водостоковъ, практиковался непосредственный спускъ ихъ содержимаго въ ближайшія рѣки. Но при густотѣ населенія въ Англіи и при сравнительной маловодности англійскихъ рѣкъ, такой примитивный пріемъ не могъ примѣняться безнаказанно долгое время, и вскорѣ отовсюду раздались жалобы на чрезмѣрное загрязненіе рѣчной воды. Тамъ, гдѣ водостоки впадали въ рѣку въ предѣлахъ города, самому

городскому населенію приходилось переносить всѣ непріятности, связанныя съ засореніемъ рѣки нечистотами. Тамъ же, гдѣ устья водостоковъ находились ниже города по теченію рѣки, жаловались обиженные сосѣди. Вслѣдствіе этого, неоднократно назначались комиссіи изъ извѣстныхъ ученыхъ, которымъ давалось порученіе изслѣдовать причины загрязненія англійскихъ рѣкъ и указать на лучшіе способы устраненія этого зла. Не останавливаясь здѣсь на результатахъ этихъ изслѣдованій, можно сказать, что дѣйствительно загрязненіе англійскихъ рѣкъ достигло невѣроятной степени, но что въ этомъ участвовали далеко не одни городскіе водостоки, а въ не меньшей мѣрѣ и огромная масса фабрикъ и заводовъ, безцеремонно спускавшихъ въ тѣ же рѣки всѣ свои сточныя воды.

Такіе же печальные факты волновали—и до сихъ поръ волнуютъ—населеніе многихъ французскихъ городовъ и между ними преимущественно населеніе Парижа, гдѣ, несмотря на огромные расходы по вывозу изъ города человѣческихъ изверженій, не смотря на усиленныя стремленія эксплоатировать нечистоты для приготовленія удобрительнаго матеріала, рѣка Сена получаетъ такое количество грязныхъ водъ, что на протяженіи 20 верстъ ниже Парижа она почти превратилась въ клоаку, съ водой, покрытою грязной пѣной, причемъ со дна рѣки постоянно поднимаются пузыри газа, происхожденіе котораго ясно видно изъ слѣдующаго состава его:

легкихъ углеводородовъ	72,88%
углекислоты	13,30%
окиси углерода	2,54%
сѣроводорода	6,70%
азота и другихъ газовъ	4,58%
кислорода	0 %

И здѣсь было произведено много изслѣдованій и со стороны правительственныхъ комиссій, и по почину городскаго общественнаго управленія. Общее заключеніе, къ которому пришли всѣ эти изслѣдователи, было, что Сену слѣдуетъ избавить отъ спуска въ нее содержимаго городскихъ водостоковъ.

Въ Германіи особенныхъ жалобъ на загрязненіе рѣкъ городскими нечистотами нѣтъ, — по всей вѣроятности потому, что германскія рѣки, по отношенію къ величинѣ расположенныхъ по ихъ берегамъ городовъ, довольно многоводны. Исключеніе, впрочемъ, изъ этого

правила составляла, до устройства въ Берлинѣ сплавной канализаціи, рѣка Шпре, которая была крайне загрязнена вслѣдствіе сильнаго несоотвѣтствія между ея расходомъ и огромною численностью городскаго населенія. Нѣкоторыя неудобства обнаружились также во Франкфуртѣ на Майнѣ, вслѣдствіе спуска клоачной жидкости со всего города въ р. Майнъ, который этимъ настолько загрязнялся, что еще на три версты ниже города ни купаться въ рѣкѣ, ни поить скотъ, ни стирать бѣлье его водой было невозможно. Эти обстоятельства, какъ мы увидимъ ниже, побудили прусское правительство обязать г. Франкфуртъ принять мѣры къ очищенію клоачной жидкости раньше спуска ея въ рѣку.

Точно также новѣйшія изслѣдованія состава воды рѣки Одеръ въ Бреславлѣ, ниже тѣхъ мѣстъ, гдѣ въ рѣку еще недавно спускалось содержимое городскихъ водостоковъ, показали, что и здѣсь происходило сильное загрязненіе рѣчной воды, что послѣдняя на большомъ протяженіи содержала значительныя количества легко-разлагающихся органическихъ веществъ, огромныя массы амміака, много гнилостныхъ бактерій и проч., и что лишь около 25 верстъ ниже города составъ рѣчной воды снова являлся нормальнымъ. Менѣе сильное вліяніе клоачной жидкости на порчу рѣчной воды сказывается въ другихъ мѣстахъ, гдѣ сравнительно небольшія количества грязныхъ водъ спускаются въ многоводныя, быстротекущія рѣки; такъ, напр., въ Мюнхенѣ, еще лѣтъ 10 тому назадъ, загрязненіе рѣки Изаръ городскими стоками было весьма незначительно, не смотря на то, что въ рѣку попадала клоачная жидкость изъ канализированныхъ частей города, содержимое многочисленныхъ домовыхъ стоковъ и человѣческія изверженія изъ многихъ отхожихъ мѣстъ.

Далѣе, при изслѣдованіяхъ, произведенныхъ въ Саксоніи, оказалось, что въ огромномъ большинствѣ случаевъ жалобы на порчу рѣчной воды возникаютъ не вслѣдствіе спуска въ рѣки человѣческихъ изверженій, а благодаря фабричнымъ помоямъ, стекающимъ въ рѣки въ огромномъ количествѣ: въ 50% всѣхъ случаевъ порча воды производилась фабриками, обрабатывающими волокнистыя вещества (сукноотдѣлочныя, красильныя и отбѣльныя и т. д.), въ 9%—писчебумажнымн фабриками, въ 8%—кожевенными заводами и проч., и лишь въ 7% всѣхъ случаевъ обвинялись между прочимъ и городскіе водостоки, какъ источники загрязненія рѣчной воды.

Что дѣйствительно сточныя воды съ фабрикъ и заводовъ гораздо болѣе способны сообщать рѣчной водѣ большія массы гніющихъ органическихъ веществъ, нежели водостоки при сплавной канализаціи, видно изъ слѣдующаго (таб. 41) сопоставленія цифровыхъ данныхъ о химическомъ составѣ тѣхъ и другихъ жидкостей, подтверждающаго сказанное по сему вопросу въ § 116.

ТАБЛИЦА № 41.—**Сравнительныя данныя о составѣ сточныхъ водъ—городскихъ и фабричныхъ.**

Происхожденіе сточныхъ водъ.	Примѣси на 100.000 частей воды.								
	Въ растворѣ:					Въ взвѣшенномъ видѣ:			
	Общее количество растворенныхъ веществъ.	Органическаго азота	Амміака.	Азота въ видѣ нитритовъ и нитритовъ.	Общее количество азота.	Хлора.	Неорганическихъ веществъ.	Органическихъ веществъ.	Общее количество взвѣшенныхъ веществъ.
Содержимое сплавныхъ водостоковъ въ Англіи.	72,2	2,21	6,70	0,003	7,73	10,66	24,2	20,5	44,7
Содержимое сплавныхъ водостоковъ въ Данцигѣ	68,3	1,16	6,46	0,00	6,48	6,97	22,6	35,6	58,2
Сточныя воды съ 15 суконныхъ фабрикъ . .	337,0	10,38	11,65	0,041	20,01	21,94	102,4	372,4	474,8

Разница въ пользу содержимаго городскихъ водостоковъ, какъ видно, весьма ощутительна.

Города, расположенные на берегахъ озеръ и морей, также сначала, подобно прирѣчнымъ городамъ, спускали свои нечистотныя воды по естественнымъ линіямъ ската въ прилежащія водныя — озерныя или морскія пространства. И здѣсь послѣдствій такого спуска въ большинствѣ случаевъ не замедлили сказаться.

Въ озерахъ вода загрязнялась, становилась малогодной для питья и сверхъ сего нечистоты образовывали у береговъ осадки, обнажающіеся при колебаніяхъ горизонта и въ выбрасываемые волненіемъ на край и такимъ путемъ заражающіе своимъ гніеніемъ воздухъ. Какъ выдающійся примѣръ такого рода послѣдствій можетъ служить городъ Чикаго, который вынужденъ былъ въ недавнее время

предпринять для своего оздоровленія капитальныя работы по постройкѣ дренажнаго канала. (Chicago Drainage Canal); этотъ каналъ создалъ искусственный потокъ воды изъ озера Мичиганъ, куда раньше выпускались городскія сточныя воды въ рѣку Иллиноисъ и оттуда въ Миссиссипи (см. черт. 799).

При спускѣ нечистотныхъ жидкостей въ моря, если нѣтъ благопріятнаго и сильнаго берегового теченія, нечистоты не разносятся на большія пространства и не уничтожаются, а скопляются у устья водостока, образуя зловонные осадки, обнажающіеся при колебаніяхъ горизонта воды, выбрасываемые на берегъ и проч. Примѣровъ такихъ неблагопріятныхъ условій много. У насъ въ Россіи, напр. въ Одессѣ пришлось совсѣмъ отказаться отъ спуска нечистотъ въ море и отвести сточныя воды на поля орошенія, въ Ялтѣ уложить отводную трубу на дну моря до большой глубины и т. д.

Вообще можно сказать, что выпускъ нечистотъ въ озера едва ли можетъ быть допускаемъ, выпускъ же въ моря можетъ быть осуществленъ съ успѣхомъ лишь въ исключительныхъ условіяхъ, напр когда устье водостока можетъ быть помѣщено въ такомъ пунктѣ побережья, гдѣ есть сильное береговое теченіе постояннаго направленія.

Оставляя въ сторонѣ такіе исключительные случаи, въ дальнѣйшемъ мы займемся детально вопросомъ о наиболѣе распространенномъ случаѣ спуска нечистотныхъ водъ въ рѣки.

§ 179. Мнѣніе объ уменьшеніи опасности загрязненія рѣкъ исключеніемъ изъ сточныхъ водъ изверженій.

Многіе до сихъ поръ думаютъ, что опасность загрязненія рѣкъ городскими водостоками уменьшится значительно, если изъ послѣднихъ будутъ исключены человѣческіе экскременты, такъ что въ рѣки будутъ попадать только домовые и другіе помои и атмосферныя воды. Этимъ и объясняется, почему до настоящаго времени въ нѣкоторыхъ городахъ, имѣющихъ болѣе или менѣе правильную канализацію, спускъ человѣческихъ экскрементовъ въ уличные стоки отчасти, или даже совершенно запрещенъ (Мюнхенъ, Парижъ, Цюрихъ и др.). Однако, предположеніе, что этимъ способомъ въ значительно большей степени будетъ обезпечена чистота рѣчной воды,

оправдалось не вполнѣ, и мнѣніе, будто все зло происходитъ отъ человѣческихъ экскрементовъ, тогда какъ помои представляютъ вполнѣ безобидную жидкость, оказалось при ближайшемъ разсмотрѣніи дѣла вовсе несостоятельнымъ. Правда, количество взвѣшенныхъ частицъ въ содержимомъ водостоковъ, принимающихъ и человѣческія извержения, бываетъ всегда больше, нежели въ клоачной жидкости, состоящей только изъ помоевъ и атмосферныхъ водъ; но зато количество растворенныхъ веществъ оказывается въ первомъ случаѣ не только не меньше, но даже больше, чѣмъ во второмъ. Въ этомъ не оставляютъ никакого сомнѣнія приведенныя въ таблицѣ № 42 данныя, взятыя изъ перваго отчета англійской комиссіи.

ТАБЛИЦА № 42. **Сравнительныя данныя о составѣ сточныхъ водъ въ городахъ съ вывозомъ экскрементовъ и съ общесплавной системой.**

Характеристика водъ.	Примѣси на 100.000 частей воды.								
	Въ растворѣ:					Въ взвѣшенномъ видѣ:			
	Общее количество растворенныхъ веществъ.	Органическаго азота.	Аммiака.	Азотъ въ видѣ нитритовъ и нитратовъ.	Общее количество азота.	Хлора.	Неорганическихъ веществъ.	Органическихъ веществъ.	Общее количество взвѣшенныхъ веществъ.
Клоачная жидкость изъ 15 городовъ съ вывозомъ человѣческихъ экскрементовъ . . .	82,4	1,97	5,44	0,00	6,45	11,54	17,81	21,30	39,11
Клоачная жидкость изъ 16 городовъ съ ватерклозетами и спускомъ экскрементовъ въ уличные стоки	72,2	2,20	6,70	0,003	7,73	10,66	24,18	20,51	44,69

Такое большое содержаніе растворенныхъ органическихъ веществъ въ клоачной жидкости городовъ, не спускающихъ человѣческіе экскременты въ уличные водостоки и удаляющихъ все, за исключеніемъ помоевъ и поверхностныхъ водъ, посредствомъ вывоза, объясняется, по всей вѣроятности, тѣмъ, что не смотря на существующее запрещеніе, все же значительное количество мочи, а можетъ быть и плотныхъ изверженій, попадаетъ въ стоки. Въ самомъ дѣлѣ оказалось,

что тамъ, гдѣ имѣются уличные водостоки, правило, исключающее изъ нихъ экскременты, нигдѣ не соблюдается въ полной строгости,— обстоятельство, котораго не слѣдуетъ упускать изъ вида. *Запрещеніе*, какъ видно, приноситъ только ту выгоду, что въ клоачной жидкости плаваетъ меньше плотныхъ веществъ, но оно *не уменьшаетъ существенно порчу рѣчной воды растворенными органическими и, стало быть, способными къ гніенію веществами*; разница состоитъ лишь въ томъ, что, при дозволенномъ спускѣ экскрементовъ въ уличные стоки, послѣдніе получаютъ органическое вещество въ свѣжемъ видѣ и удаляютъ его за городъ раньше, чѣмъ оно успѣетъ перейти въ разложеніе, тогда какъ въ такихъ городахъ, гдѣ человѣческія извержения, по существующимъ правиламъ, не должны поступать въ водостоки, послѣдніе, а вмѣстѣ съ ними и рѣки, получаютъ эти нечистоты обыкновенно уже въ состояніи болѣе или менѣе значительнаго разложенія. Въ общемъ итогѣ, при такомъ порядкѣ получаются, по мнѣнію многихъ спеціалистовъ (Arnould, Эрмсманъ и др.) мало утѣшительные результаты: городъ вынужденъ имѣть, на ряду со сплавной канализаціей, еще правильно организованный вывозъ и, не избавляя отъ загрязненія ту рѣку, въ которую онъ спускаетъ свою клоачную жидкость, береть на себя еще тягостную заботу о помѣщеніи вывозимыхъ изъ него экскрементовъ.

§ 180. Самоочищеніе рѣчной воды.

Изслѣдованія рѣчной воды показываютъ, что, какъ бы ни была загрязнена рѣка, вслѣдствіе спуска въ нее городскихъ нечистотъ, все-таки на извѣстномъ разстояніи отъ города, зависящемъ отъ цѣлаго ряда условій, она снова пріобрѣтаетъ свою первоначальную чистоту. По мѣрѣ того какъ вода удаляется отъ источника загрязненія, она освобождается отъ легко разлагающихся органическихъ веществъ, избавляется отъ механически примѣшанныхъ къ ней плотныхъ частицъ, обнаруживаетъ все большее и большее содержаніе кислорода, пріобрѣтаетъ прозрачность и хорошій вкусъ и, въ концѣ концовъ, является настолько чистою, что отъ прежняго загрязненія не остается слѣдовъ. Конечно, чѣмъ больше рѣка и чѣмъ меньше городъ, т. е. чѣмъ сильнѣе разбавляются сточныя воды при спускѣ ихъ въ рѣку, тѣмъ скорѣе совершается процессъ самоочищенія по-

слѣдней, а потому и нѣтъ ничего удивительнаго въ томъ, что для очищенія Сены въ Парижѣ требуется не менѣе 70 верстъ, тогда какъ р. Одеръ въ Бреславлѣ избавляет сяотъ всякой примѣси клоачной жидкости уже на разстояніи 25 верстъ, а р. Майнъ въ Франкфуртѣ очищается еще значительно скорѣе. Было время, когда сильно увлекались аолько что описаннымъ явленіемъ, которое, по мнѣнію многихъ, совершенно устраняло всякія сомнѣнія въ возможности передавать рѣкамъ безбоязненно содержимое городскихъ водостоковъ. Но вскорѣ изученіе того способа, которымъ совершаетя самоочищеніе рѣчной воды, показало, что оптимисты подвергаются нѣкоторому самообману. Правда, подъ вліяніемъ химическихъ и біологическихъ процессовъ (окисленіе, испареніе, взаимное разложеніе и возстановленіе, жизнедѣятельность микроорганизмовъ и пр.), многія вредныя или непріятныя примѣси исчезаютъ изъ воды совершенно или принимаютъ безвредный характеръ. При значительномъ размноженіи нисшихъ организмовъ и поглощеніи кислорода, органическія вещества превращаются въ неорганическія соединенія; сѣрная кислота и окись желѣза возстановляются въ сѣрнистое желѣзо; углекислота, амміакъ и сѣроводородъ испаряются, и въ концѣ концовъ на дно осѣдаетъ темный осадокъ, состоящій изъ сѣрнистаго желѣза, извести, магнезіи и фосфорной кислоты и увлекающій собой органическія вещества, отчасти даже неизмѣнившіяся. Но, съ другой стороны, многія примѣси исчезаютъ только изъ вида, на самомъ же дѣлѣ осѣдаютъ на дно рѣки, образуя тамъ толстый слой грязнаго ила, который при случайномъ мелководіи, въ сухое и жаркое время года, можетъ дать поводъ къ вреднымъ испареніямъ.

Огромныхъ размѣровъ достигаетъ этотъ слой грязнаго ила, образующагося изъ содержимаго городскихъ водостоковъ, въ руслѣ рѣки Сены ниже Парижа, гдѣ онъ доходитъ до толщины 2—3 метровъ; и, хотя его ежегодно удаляютъ въ количествѣ 6000—9000 куб. саж., но очищеніе рѣчнаго ложа удается все же въ весьма недостаточной степени. Даже большія и быстротекущія рѣки подвергаются той же участи; русло р. Дуная, во время мелководья, покрывается значительнымъ слоемъ чернаго ила, происходящаго изъ вѣнскихъ водостоковъ и остающагося до слѣдующаго половодья. Составъ этого ила такой. Въ 1000 граммахъ было найдено по даннымъ профессора Эрисмана:

Веществъ, растворимыхъ въ холодной водѣ:

Плотнаго остатка	13,11—	62,3	грм.
Потери при прокаливаніи	4,54—	24,4	»
Органическихъ веществъ	9,81—	37,8	»
Хлора.	0,90—	7,18	»
Азотной кислоты	0,81—	3,69	»

Веществъ, нерастворимыхъ въ холодной водѣ:

Потери при прокаливаніи	77,4 —	139,7	грм.
Азота	1,33—	2,75	»

Какъ, видно, въ данномъ случаѣ этотъ илъ состоялъ на 10—15% изъ органическихъ веществъ и содержалъ довольно значительныя количества азота.

Говоря о самоочищеніи рѣкъ и о происходящемъ при этомъ обезвреживаніи попавшей въ рѣчную воду клоачной жидкости, должно упомянуть еще о нѣкоторыхъ наблюденіяхъ, заставляющихъ предполагать, что при извѣстныхъ условіяхъ проточная вода, въ силу своего быстраго движенія, имѣетъ дизенфецирующее вліяніе, т. е. уничтожаетъ патогенныхъ микроорганизмовъ: по нѣкоторымъ опытамъ кровь животныхъ, умершихъ отъ сибирской язвы, смѣшанная съ 200-кратнымъ количествомъ рѣчной воды, теряла свою ядовитость и не вызывала у привитыхъ ею животныхъ сибирской язвы послѣ того, какъ смѣсь ея съ водой была энергично взболтана въ теченіе двухъ часовъ, хотя она и послѣ этого еще содержала огромныя количества специфическихъ бактерій. То же самое удалось доказать и по отношенію къ бактеріямъ, свойственнымъ септицэміи. На этомъ основаніи нѣкоторые ученые считаютъ движеніе воздуха и воды наиболѣе важными естественными способами дезинфекціи и видятъ *въ движеніи воды огромное санитарное значеніе рѣкъ.*

§ 181. Неопредѣленность современной постановки вопроса о пользованіи рѣками для спуска нечистотъ.

Спрашивается теперь, какимъ образомъ, въ виду только-что приведенныхъ данныхъ, общественная гигіена должна рѣшить вопросъ

о спускѣ воды изъ городскихъ стоковъ при сплавной системѣ, въ рѣки? Должна ли она слѣдовать совѣтамъ тѣхъ, которые безусловно порицаютъ спускъ въ проточныя воды человѣческихъ экскрементовъ, а спускъ помоевъ допускаютъ лишь съ ограниченіями, или должна уступить требованіямъ тѣхъ, которые признаютъ за населеніемъ «естественное право» пользоваться проточными водами для удаленія нечистотъ, или которые разсматриваютъ рѣки какъ естественные и вполнѣ цѣлесообразные дути для отвода не только помоевъ, но и человѣческихъ извержений, или, наконецъ, должна ли она примкнуть къ тѣмъ, которые высказываются условно, занимаютъ какъ бы середину между только-что упомянутыми крайностями и мнѣніе которыхъ лучше всего передается положеніемъ, высказаннымъ Вирховымъ: «Введеніе человѣческихъ экскрементовъ въ общественные водоемы (рѣки, озера и пр.) во всякомъ случаѣ — вещь не безразличная. Оно не можетъ быть допущено въ городахъ, населеніе которыхъ превышаетъ 100.000 чел., а въ городахъ съ меньшимъ населеніемъ дозволяется только при особенно благопріятныхъ условіяхъ со стороны рѣки, и то послѣ предварительнаго осажденія и дезинфекціи. Точно также и спускъ помоевъ большихъ городовъ въ рѣки и проч. дозволяется только при особенно благопріятныхъ условіяхъ со стороны рѣки, и то только послѣ предварительнаго осажденія и дезинфекціи. Точно также и спускъ помоевъ большихъ городовъ въ рѣки и проч. дозволяется лишь по предварительномъ осажденіи, которое, въ случаѣ надобности, должно быть поддерживаемо химическими средствами».

Такая неопредѣленность постановки столь важнаго вопроса объясняется еще недостаточной его разработанностью. Роль воды, какъ посредника при распространеніи заразныхъ болѣзней—для многихъ ученыхъ сомнительна, и новѣйшія изслѣдованія объ этіологіи холеры, которыя, по мнѣнію многихъ, доказываютъ распространеніе этой болѣзни черезъ воду, употребляемую въ питье, по крайнему убѣжденію другихъ (Эрисманъ), не оправдываютъ подобныхъ выводовъ. Статистическаго же матеріала, который доказалъ бы, что въ мѣстахъ, черезъ которыя пролегаютъ загрязненныя рѣки, заболѣваемость и смертность бываетъ больше, чѣмъ въ мѣстахъ съ сравнительно чистыми рѣками, не существуетъ; предпринятыя спеціальныя изслѣдованія не дали въ этомъ отношеніи никакихъ положительныхъ

результатовъ — нигдѣ не удалось найти параллели между степенью загрязненія рѣкъ и смертностью населенія.

Поэтому представляется для многихъ нераціональнымъ отказываться отъ спуска нечистотъ въ рѣки тамъ, гдѣ только этимъ путемъ можетъ быть достигнута чистота воздуха и почвы. Для этого приводится одно вѣское основаніе: почву замѣнить другой почвой нельзя, и не пользоваться ею, т. е. не дышать тѣмъ воздухомъ, которымъ она насъ снабжаетъ невозможно; отъ пользованія же рѣчной водой, какъ въ питье, такъ и для другихъ домашнихъ и общественныхъ надобностей, можно въ большинствѣ случаевъ отказаться, изыскивая другіе источники водоснабженія. Съ этой точки зрѣнія представляется совершенно справедливымъ, еслибы напр., большой городъ, вынужденный, въ интересахъ чистоты своей почвы, спускать свои клоачныя жидкости въ ближайшую рѣку, вмѣстѣ съ тѣмъ позаботился о доставленіи чистой воды селеніямъ, находящимся ниже по теченію рѣки и расположеннымъ въ районѣ ея загрязненія.

Ввиду этого можно согласиться съ проф. Эрисманомъ, что *сохраненіе чистоты рѣчной воды — вещь условная, и общаго, приложимаго ко всѣмъ случаямъ рѣшенія вопроса о спускѣ клоачныхъ жидкостей въ рѣки не существуетъ.*

При рѣшеніи его, въ каждомъ данномъ случаѣ, руководясь общими принципами, необходимо соображаться съ мѣстными условіями. И здѣсь прежде всего слѣдуетъ имѣть въ виду:

1) отношеніе между количествомъ отводимой изъ города клоачной жидкости и количествомъ протекающей въ ту же единицу времени черезъ рѣчное русло воды, и

2) скорость теченія воды въ рѣкѣ.

Немноголюдный городъ, расположенный на берегу большой рѣки, находится въ совершенно иныхъ условіяхъ, по отношенію къ спуску своихъ грязныхъ водъ, нежели огромный городъ, лежащій на маловодной и медленно-текущей рѣкѣ. Чѣмъ больше количество воды въ рѣкѣ, сравнительно съ количествомъ клоачной жидкости, тѣмъ значительнѣе будетъ разбавленіе послѣдней послѣ спуска ея въ рѣку,— и чѣмъ быстрѣе течетъ рѣка, тѣмъ меньше опасность, что на днѣ или по берегамъ ея образуются отложенія грязныхъ и гніющихъ массъ. Большая разница—попадетъ ли содержимое лондонскихъ водостоковъ въ Темзу, дающую менѣе 2-хъ милл. куб. метр. воды въ сутки, или

въ Рейнъ, дающій напр., у Кельна, даже при самомъ низкомъ стояніи, 82 милл. куб. метровъ воды въ сутки; загрязненіе Сены, а главнымъ образомъ отложеніе грязи на днѣ рѣки, были бы менѣе значительны, еслибы скорость теченія Сены была не 0,15 метр. въ секунду, а 1 метръ, каковую скорость имѣетъ напр. рѣка Изаръ въ Мюнхенѣ. По приблизительному разсчету на 1 литръ рѣчной воды приходится сухого остатка въ клоачной жидкости:

во Франкфуртѣ при низкомъ стояніи рѣки .	0,0028 грм.
» среднемъ » » .	0,0013 »
въ Мюнхенѣ при низкомъ стояніи рѣки . .	0,014 »
» среднемъ » » . .	0,0083 »
въ Парижѣ	0,216 »

Такія цифры, конечно, имѣютъ лишь относительное значеніе, потому что и при благопріятномъ количественномъ отношеніи между клоачной жидкостью и рѣчной водой могутъ обнаруживаться нѣкоторыя неудобства, напр., отложенія плотныхъ нечистотъ по берегамъ рѣки, такъ какъ содержимое водостоковъ, выходя изъ отверстія коллектора, не сразу смѣшивается съ рѣчной водой, а нѣкоторое время остается обособленнымъ и какъ бы образуетъ особый ручей въ общемъ теченіи рѣчной воды. При спускѣ нечистотъ въ рѣку во всякомъ случаѣ должно быть обращено вниманіе на то, чтобы устье коллектора находилось постоянно подъ водой, даже при наиболѣе низкомъ стояніи послѣдней, и чтобы оно было расположено не у самаго берега, а ближе къ серединѣ рѣки.

Вопросъ о спускѣ нечистотъ въ рѣки пріобрѣтаетъ все большее значеніе съ увеличеніемъ густоты населенія въ рѣчныхъ долинахъ и потому русскіе инженеры и санитарные дѣятели должны будутъ вскорѣ удѣлять ему все болѣе и болѣе вниманія по примѣру ихъ западно-европейскихъ и американскихъ коллегъ. (См. между прочимъ Stream Contamination and Sewage purification. Proc. Am. Soc. Civ.-Eng. August, 1899).

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТАЯ.

Очистка сточныхъ водъ искусственнымъ, химическимъ и механическимъ путемъ.

СОДЕРЖАНІЕ: § 182. Общія основанія и главные методы искусственной очистки сточныхъ водъ. — § 183. Очистительные бассейны во Франкфуртѣ-на-Майнѣ. — § 184. Способъ Рекнеръ-Роте и его примѣненіе въ Эссенѣ. — § 185. Торфяной фильтръ Петри и способъ Дегенера.—§ 186. Условія необходимости очистки сточныхъ (городскихъ и фабричныхъ) водъ предъ спускомъ ихъ въ рѣки.

§ 182. Общія основанія и главные методы искусственной очистки сточныхъ водъ.

Очищеніе клоачной жидкости химическимъ и механическимъ путемъ предпринимается для того, чтобы обработанную такимъ образомъ жидкость можно было спускать въ рѣки, не вызывая чрезмѣрнаго загрязненія послѣднихъ. Много было предложено съ этою цѣлью химическихъ составовъ и многіе изъ нихъ примѣнялись на практикѣ, хотя бы въ видѣ опыта. Но здѣсь нѣтъ надобности перечислять ихъ всѣ, такъ какъ принципъ, на которомъ основано ихъ дѣйствіе — вездѣ одинъ и тотъ же, и такъ какъ, по многимъ причинамъ, этотъ способъ очищенія сточной воды на практикѣ не пріобрѣлъ до сихъ поръ большого значенія.

По существу, химическое очищеніе клоачной жидкости идетъ обыкновенно рука объ руку съ механическимъ очищеніемъ ихъ путемъ осажденія (седиментаціи): сточныя воды собираются въ резервуары того или другого устройства, гдѣ къ нимъ примѣшиваются вещества, производящія въ нихъ осадокъ, который затѣмъ механически увлекаетъ большую часть плавающихъ въ жидкости веществъ; кромѣ того, здѣсь разсчитываютъ, отчасти, и на химическое извлеченіе растворенныхъ въ сточной водѣ удобрительныхъ веществъ

азота, калія и фосфорной кислоты, причемъ жидкость надъ осадкомъ должна сдѣлаться на столько чистою, чтобы ее безбоязненно можно было спускать въ проточную воду. Однако, въ этомъ отношеніи химическое очищеніе сточныхъ водъ оставляетъ желать многаго и дѣйствіе его ограничивается большею частью выдѣленіемъ взвѣшенныхъ частицъ.

Чаше всего для химическаго очищенія клоачныхъ жидкостей употребляется известь въ видѣ простого известковаго молока или въ видѣ фосфорнокислой извести. Обыкновенно употребляется простая известь, какъ вещество наиболѣе дешевое. Ея дѣйствіе основано на томъ, что она обращаетъ находящуюся въ растворѣ въ сточной водѣ двууглекислую известь въ одноуглекислую известь нерастворимую, а также образуетъ нерастворимыя соединенія съ жировыми кислотами и съ свободной углекислотой; всѣ эти осадки образуясь и падая на дно, увлекаютъ за собой взвѣшенныя частицы. Органическій азотъ выдѣляется однако лишь на половину, а содержаніе амміака даже увеличивается вслѣдствіе разложенія органическихъ веществъ. Удобрительное достоинство осадка весьма незначительно. Фосфорнокислая известь дѣйствуетъ лучше простой извести, но примѣненіе ея въ широкихъ размѣрахъ обходится слишкомъ дорого.

Квасцы — сѣрнокислый глиноземъ — употреблялись въ Парижѣ, по свидѣтельству Дюранъ-Клэ *), въ большихъ размѣрахъ для очищенія сточной воды раньше спуска ея въ Сену. Очищающее дѣйствіе ихъ основывается на слѣдующемъ: если квасцы приходятъ въ соприкосновеніе съ щелочными веществами въ клоачной жидкости, то они разлагаются: сѣрная кислота соединяется съ щелочью, напр. съ амміакомъ, а глиноземъ осаждается въ видѣ рыхлыхъ, желатинообразныхъ хлопьевъ, увлекающихъ съ собою плавающія въ водѣ плотныя частицы. Растворенныя органическія вещества остаются большею частью въ жидкости. Удобрительное достоинство осадка незначительно. Весь способъ называется Парижскою коммиссіею дорогимъ палліативомъ.

Цѣна квасцовъ въ 3—4 раза больше цѣны извести, по количе-

---

*) Durand Claye, — извѣстный французскій инж. и проф. землед. гидравл. въ Ecole des Ponts et Chausées, скончался нѣсколько лѣтъ тому назадъ. Онъ былъ въ Россіи въ качествѣ эксперта по вопросу о канализаціи гор. Одессы и далъ очень цѣнныя указанія.

ство нужное для полученія той же степени освѣтленія меньше. Дѣйствіе различныхъ солей на разныя составныя части сточной жидкости (напр. извести на кислоты, а квасцовъ на щелочи) заставляетъ въ практикѣ примѣнять одновременно оба вещества для достиженія болѣе полной очистки.

Количество прибавляемыхъ солей зависитъ, конечно, отъ состава сточныхъ водъ и степени требуемой очистки. Обыкновенно извести прибавляютъ 0,25 килограмма на 1 куб. м. сточной жидкости, а для фабричныхъ водъ до 0,5 килограмма. При употребленіи квасцовъ количество потребной соли, какъ было сказано, въ 3—4 раза меньше. При смѣшанномъ способѣ относительныя и абсолютныя количества солей очень колеблются; въ Ковентри напр. прибавляется на куб. метръ воды — 0,17 килогр. квасцовъ и 0,04 обожженной извести, во Франкфуртѣ въ среднемъ 0,17 килогр. квасцовъ и 0,8 килогр. извести. Известь даетъ больше осадочнаго ила, чѣмъ квасцы, причемъ илъ полученный только при посредствѣ одной извести, не эластиченъ и не прессуется. И то, и другое говоритъ не въ пользу извести, какъ единственнаго осаждающаго вещества. Важно также возможно тщательное и равномѣрное примѣшиваніе къ водѣ этихъ веществъ, а также удобное и спокойное послѣдующее осажденіе ила. Для достиженія этихъ цѣлей придуманы многочисленныя устройства, изъ коихъ мы опишемъ далѣе лишь нѣкоторыя. Вслѣдствіе частыхъ измѣненій состава сточныхъ водъ необходимо непрерывно производить ихъ изслѣдованіе (напр. чрезъ каждые $^1/_2$ часа), чтобы соотвѣтственно регулировать составъ примѣси добавляемыхъ солей.

Всѣ охарактеризованные пріемы имѣютъ тотъ общій недостатокъ, что, отнюдь не достигая полнаго обезвреживанія воды и будучи дорогими, они даютъ огромное количество ила или грязи, которую нужно удалять изъ очистительныхъ приспособленій и отъ которой нужно затѣмъ такъ или иначе отдѣлываться. Разсчеты на удобрительныя свойства этого отброса не оправдались и лишь въ видѣ исключенія онъ утилизируется какъ удобреніе, такъ какъ перевозка его стоитъ слишкомъ дорого по сравненію съ количествомъ полезныхъ веществъ въ немъ заключающихся. Еще рѣже за этотъ отбросъ платятъ деньги, тѣ, кто беретъ его на свои поля. Обыкновенно приходится складывать его въ кучи у очистительныхъ сооруженій, что съ теченіемъ

времени становится болѣе и болѣе затруднительнымъ. Болѣе совершенный и пригодный для земледѣльческихъ цѣлей осадокъ получается при примѣненіи такихъ пріемовъ воздѣйствія на сточную жидкость, гдѣ примѣсь постороннихъ веществъ не имѣетъ мѣста.

Такова обработка сточной воды простымъ отстаиваніемъ, обработка ея воздухомъ, бактеріологическимъ процессомъ и, наконецъ, электризація.

Простое отстаиваніе должно быть очень продолжительно, чтобы привести къ должному освѣтленію и при этомъ влечетъ за собой загниваніе воды и обильное развитіе бактерій; вслѣдствіе послѣдняго обстоятельства отъ такого способа отказывались. Но именно развитіе микроорганизмовъ въ сточной жидкости оказалось въ послѣднее время могучимъ средствомъ для ея оздоровленія и способъ бактеріальной очистки находитъ себѣ теперь уже примѣненіе (см. § 195). Опасность, которую онъ однако представляетъ для общественнаго здравія, не даетъ ему пока возможности и по мнѣнію нѣкоторыхъ ученыхъ едвали дастъ и впослѣдствіи получить значительное распространеніе. (См. Samuel Rideal-Sewage and the Bacterial purification of Sewage. New-Iork. 1900).

Окисленіе посредствомъ кислорода воздуха вдуваемаго въ сточную воду или дѣйствующаго на нее при пробѣганіи ея по особымъ градирнямъ,—примѣнялось пока въ видѣ опытовъ и иногда съ успѣхомъ, но идетъ медленно и требуетъ сложныхъ устройствъ.

Способъ обезвреживанія сточныхъ водъ непосредственнымъ дѣйствіемъ электрическаго тока имѣетъ повидимому болѣе блестящее будущее. Онъ былъ широко примѣненъ въ *Crossness*'ѣ ниже Лондона. Электрическій токъ разлагаетъ воду и даетъ кислородъ, который въ моментъ образованія дѣйствуетъ какъ очень энергичный окислитель; тотъ же токъ разлагаетъ хлорныя соединенія, оставшіяся въ растворѣ при описанныхъ выше процессахъ.

Въ Вортингѣ въ Англіи былъ испытанъ *) способъ *Hermite'a* очистки грязныхъ водъ, состоящій въ электролизѣ морской воды съ образованіемъ хлорноватистомагніевой бѣлильной соли и приливаніи такой измѣненной морской воды къ нечистотамъ. Агентъ Комитета общественной гигіены, производившій опыты, говоритъ въ

*) См. „Инженеръ“—1896 г. № 1.

своемъ донесеніи, что способъ не даетъ полнаго разложенія нечистотъ и стерилизаціи воды, почему и предлагаетъ замѣнить его пропусканіемъ тока въ 2,5 — 3 *V* напряженіемъ непосредственно чрезъ сточныя воды, причемъ всѣ обыкновенные микроорганизмы будутъ убиты.

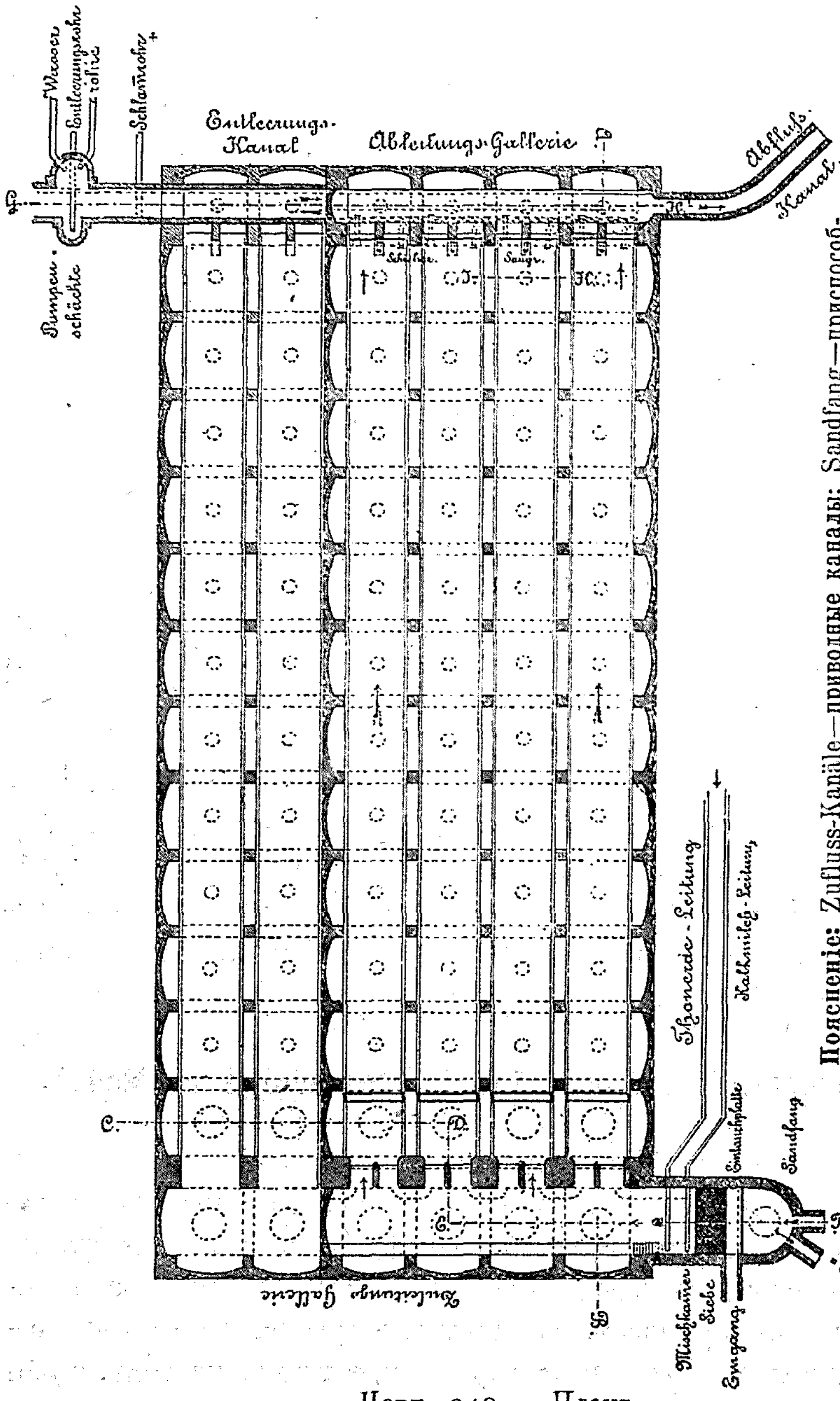
Однако въ Брюстернѣ (Нью-Іоркъ) способъ *Hermite*'а далъ вполнѣ благопріятные результаты и былъ безусловно одобренъ. Процессъ ведется слѣдующимъ образомъ. Токъ въ 700 *A* и 5 *V* проходитъ черезъ морскую воду, медленно текущую между 4-хъ угольными катодами съ поверхностью въ 929 стм.^{2} каждый и 3 анодами платинизированной мѣди. Скорость теченія воды регулируется для полученія желаемой степени разложенія раствора. Затѣмъ вода спускается прямо въ нечистоты и производитъ дальнѣйшую дезинфекцію ихъ. Изъ сравнительныхъ опытовъ выяснилось, что дезинфекцирующая способность воды, приготовленной по указанному способу, равна дѣйствію 1% раствора хлорной извести съ той только разницей, что послѣдній обходится въ 0,019 фр. за литръ, тогда какъ первая въ 0,013 фр. Электролизированной водой можно обезвреживать разжиженныя твердыя нечистоты, но сгущенныя нечистоты дезинфецируются не вполнѣ хорошо.

Не входя въ болѣе подробную классификацію способовъ искусственной очистки сточныхъ водъ (см. A. Frühling — Entwässerung der Städle, p. 489), замѣтимъ, что способы эти непрерывно разрабатываются теперь въ Европѣ и Америкѣ, причемъ далеко не сказано послѣднее слово, и перейдемъ къ разсмотрѣнію нѣкоторыхъ частныхъ случаевъ.

§ 183. Очистительные бассейны въ Франкфуртѣ на Майнѣ.

Во Франкфуртѣ на Майнѣ производится очищеніе клоачной жидкости смѣсью изъ квасцовъ и извести, въ связи съ простымъ механическимъ отстаиваніемъ. Раньше Франкфуртъ спускалъ содержимое своихъ водостоковъ непосредственно въ Майнъ, но прусское правительство, вслѣдствіе жалобъ, поданныхъ жителями нѣкоторыхъ селеній, лежащихъ на рѣкѣ ниже города, настаивало на томъ, чтобы послѣдній очищалъ сточныя воды раньше спуска ихъ въ рѣку. Долго длился споръ между городомъ и правительствомъ, но въ концѣ кон-

Очистительные бассейны въ г. Франкфуртѣ-на-Майнѣ.

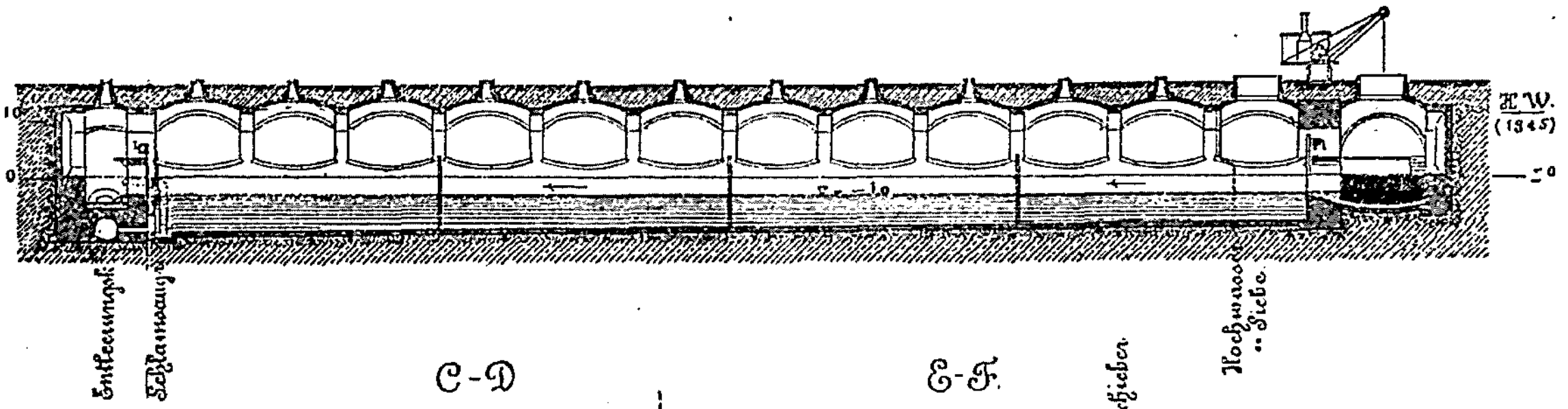


Поясненіе: Zufluss-Kanäle—приводные каналы; Sandfang—приспособленія для задержки песка; Eingang — входъ; Kalkmilch-Leitung — проводъ для известковаго молока; Thonerde-Leitung—проводъ для глины; Mischkammer—камера для смѣшиванія; Zuleitungsgallerie—приводная галлерея сточныхъ водъ, смѣшанныхъ съ осадителями; Ableitungsgallerie—отводная галлерея.

Черт. 940. — Планъ.

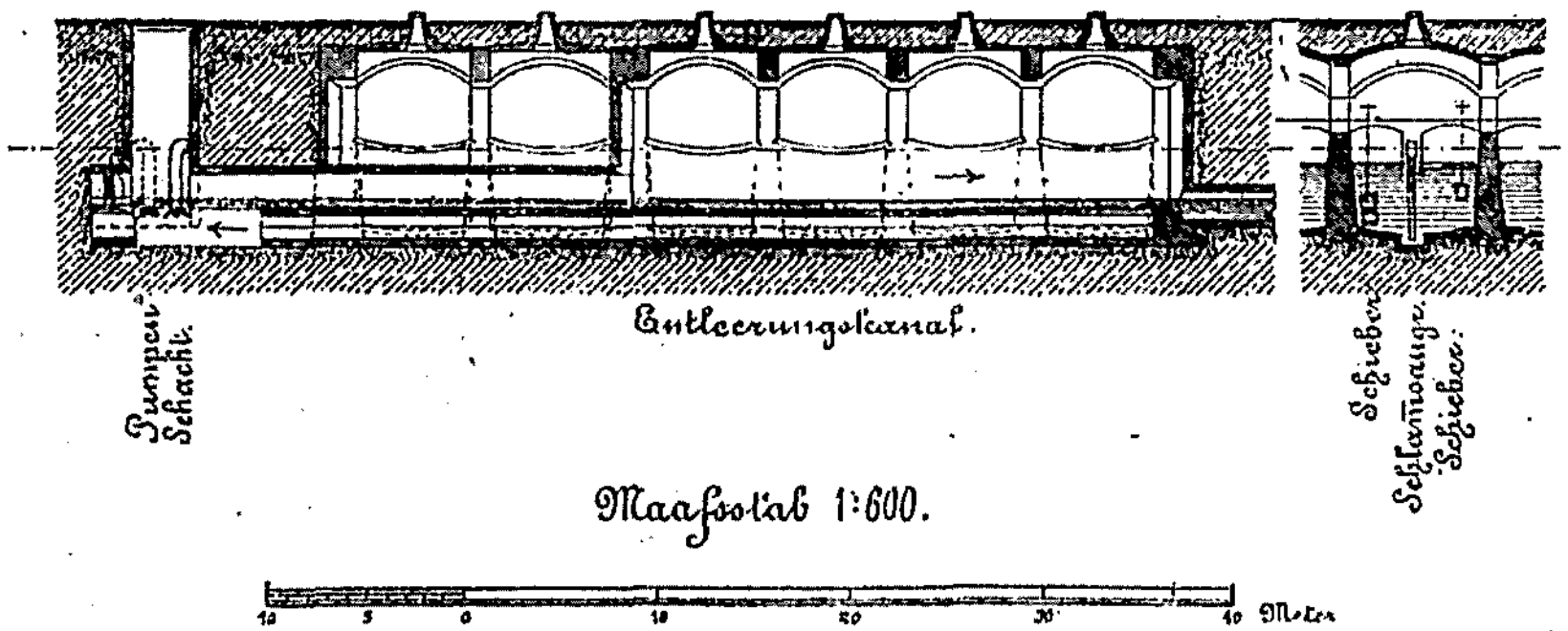
Примѣчаніе. Черт. 940—944 изъ Vierteljahrschrift für öff. Gesundheitspflege, XIX.

Черт. 941.—Продольный разрѣзъ по *A B*.



Черт. 942.—Поперечный разрѣзъ по *C D* и *E F*.

Черт. 943 и 944.—Поперечные разрѣзы по *G H* и *I K*.



Масштабъ 1 : 600.

Поясненіе: *H W* (1895)—высокія воды 1895 г.; Entleerungskanal—каналъ для полнаго опораживанія бассейновъ; Schlamsaugr. — труба для высасыванія ила; Hochwassersiebe — рѣшетки для задерживанія плавающихъ тѣлъ при высокой водѣ; Siebe—рѣшетка для задерживанія плавающихъ тѣлъ; Eintauchplatte—погружающаяся въ воду плоская преграда; Pumpenschacht — колодезь насосовъ; Schieber — заслонка.

цовъ первый долженъ былъ уступить и рѣшиться на устройство бассейновъ и другихъ необходимыхъ приспособленій для очистки своихъ сточныхъ водъ, раньше спуска ихъ въ рѣку. Схематическій ходъ этой очистки слѣдующій:

Вода изъ главнаго коллектора поступаетъ въ пріемную галлерею бассейновъ (черт. 940—944).

Въ самомъ началѣ галлереи она подвергается механическому очищенію: замедленіе скорости теченія, вслѣдствіе значительной ширины галлереи сравнительно съ размѣрами коллектора, свѣшивающіеся и погруженные нижнимъ краемъ въ воду щиты, наконецъ, сита, дѣлаютъ свое дѣло и вода, освобожденная отъ всѣхъ крупныхъ частицъ проходитъ далѣе. Непосредственно за ситами сточная вода встрѣчаетъ струю раствора изъ квасцовъ и известковаго молока, смѣшивается съ этими веществами и распространяется по пріемной галлереѣ. Отсюда она поступаетъ въ отстойные бассейны проходя длинными и узкими горизонтальными отверстіями между гребнемъ порога галлереи и затворами бассейновъ. Положеніе затворовъ регулируется такъ, чтобы эти отверстія лежали ниже горизонта воды, чѣмъ достигается возможно малое возмущеніе всей массы жидкости и образованіе осадковъ можетъ идти спокойнымъ и равномѣрнымъ путемъ.

Это осажденіе или отстаиваніе обусловливается главнымъ образомъ весьма значительнымъ уменьшеніемъ скорости движенія жидкости, которая, разливаясь на обширное пространство, приходитъ постепенно въ состояніе все большаго и большаго покоя.

Такая система отстаиванія съ непрерывнымъ протеканіемъ легко можетъ быть измѣнена въ перемѣнную систему абсолютнаго покоя, если обстоятельства этого потребуютъ (чрезвычайно большое количество осадковъ и т. д.): для этого стоитъ только надлежащимъ образомъ воспользоваться щитами, регулирующими впускъ воды въ бассейны.

Выпускъ очищенной воды въ рѣку совершается чрезъ особую галлерею, сообщающуюся съ отстойными бассейнами при помощи спеціальныхъ водосливовъ, выпускныя отверстія которыхъ регулируются особыми щитами и лежатъ нѣсколько ниже горизонта воды.

Чрезъ каждыя 7—8 дней дѣйствія каждый бассейнъ долженъ очищаться. Очистка эта производится такъ. Прекращаютъ дальнѣйшій впускъ воды въ назначенный въ очистку бассейнъ, затѣмъ осу-

шаютъ его при помощи насосовъ. Для этого служитъ спеціальная галлерея, проходящая подъ бассейнами и сообщающая ихъ съ насосными колодцами.

Выкачанная вода чрезъ смотровый колодезь и трубы, по которымъ посылаютъ глиноземъ и известь, снова поступаетъ въ пріемную галлерею.

Когда бассейнъ осушенъ, изъ него извлекаютъ осадки. Болѣе твердыя части выносятъ при помощи пароваго храпа, помѣщеннаго у верхняго конца бассейна, жидкія же стекаютъ къ нижнему концу, откуда ихъ вычерпываютъ особой помпой.

Отстойными бассейнами пользуются при низкихъ и среднихъ горизонтахъ рѣки, при высокихъ нечистоты прямо направляются въ нее.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда рѣка не поднялась еще достаточно высоко, чтобы получать непосредственно воду каналовъ, но тѣмъ не менѣе горизонтъ ея выше предѣльнаго, при которомъ возможенъ еще естественный спускъ очищенной воды изъ бассейновъ, пользуются напорными помпами, которыя, выкачивая воду изъ бассейновъ, направляютъ ее въ выпускной каналъ.

Осадокъ, извлекаемый изъ бассейновъ и содержащій 90% воды, перекачивается также помощью машинъ, въ особые резервуары, представляющіе простыя углубленія въ землѣ, обведенныя валомъ и снабженныя подпочвеннымъ дренажемъ. Здѣсь осадокъ теряетъ свою воду и затѣмъ, въ сухомъ видѣ, можетъ быть удаляемъ и сбываемъ въ видѣ удобрительнаго матеріала. Резервуары, въ которыхъ накопляется и сушится этотъ осадокъ, не распространяютъ замѣтнаго дурнаго запаха.

§ 184. Способъ Рекнеръ-Роте и его примѣненіе въ Эссенѣ.

Удачную комбинацію химическаго осажденія сточныхъ водъ съ механическимъ очищеніемъ ихъ представляетъ система Рёкнеръ-Роте. Сточныя воды, по прибавленіи къ нимъ осаждающихъ химическихъ веществъ, собираются въ большомъ колодцѣ, въ которомъ находится желѣзный, почти такихъ же размѣровъ какъ и колодезь, цилиндръ, внизу открытый, а на верху снабженный сравнительно узкою отводною трубой. Посредствомъ воздушнаго насоса, въ цилиндрѣ образовывается пространство съ разрѣженнымъ воздухомъ, которое затѣмъ

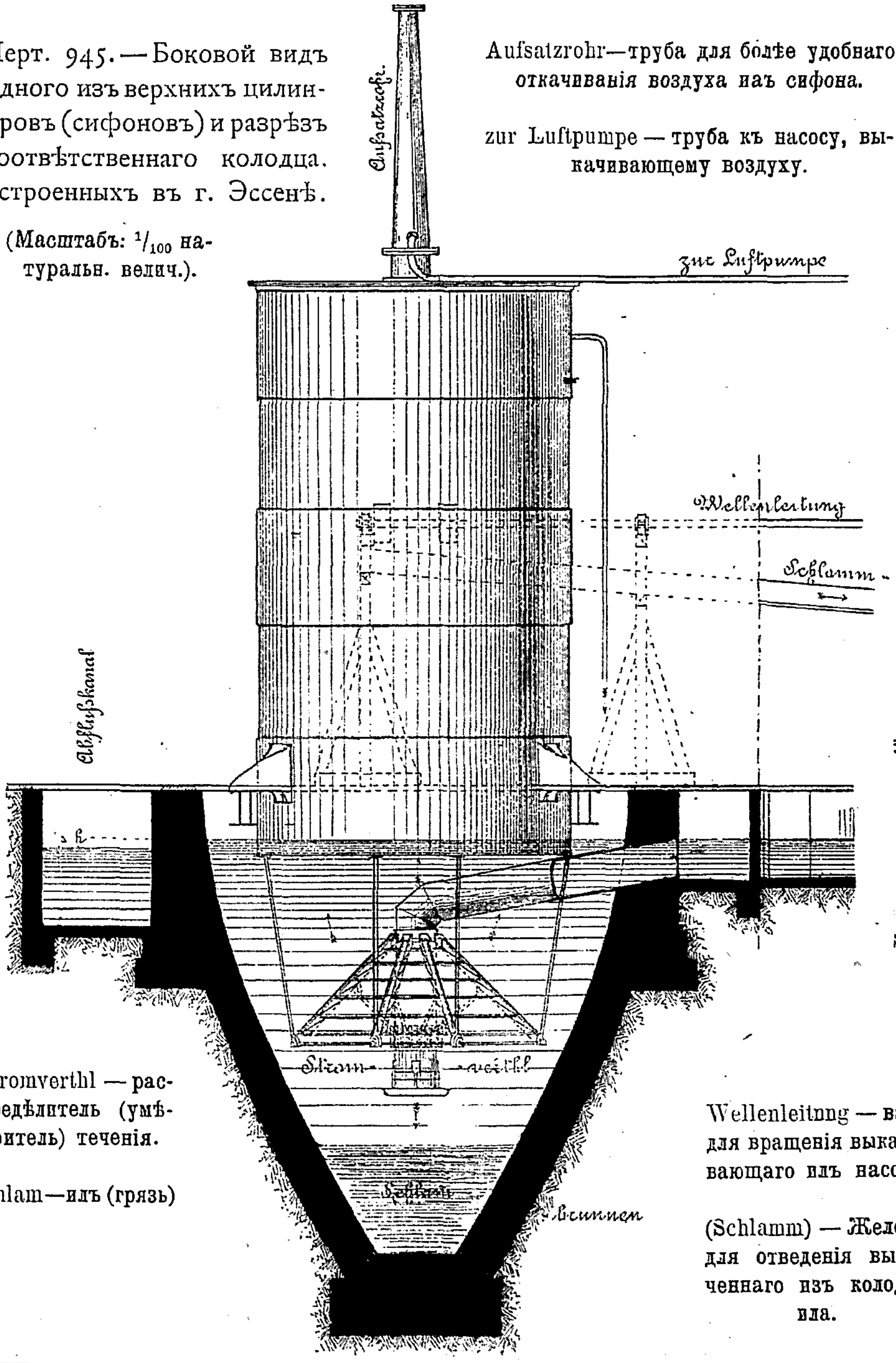
наполняется сточною жидкостью, весьма медленно поднимающеюся въ цилиндрѣ подъ вліяніемъ атмосферняго давленія и стекающею далѣе черезъ отводную трубу. Первопачально эта система употреблялась только для очищенія фабричныхъ водъ, но получаемые при этомъ результаты оказались настолько хорошими, что въ настоящее время способъ Рёкнеръ-Роте неоднократно примѣненъ и къ городскимъ водостокамъ. По имѣющимся анализамъ, количество взвѣшенныхъ примѣсей уменьшается въ аппаратѣ Рёкнеръ-Роте на 94%, а содержаніе азота на 96,6%. Вытекающая изъ аппарата жидкость прозрачна, почти безцвѣтна и не содержитъ ни сѣроводорода, ни фосфорной кислоты; бактеріоскопическія изслѣдованія ея обнаружили почти полное отсутствіе микроорганизмовъ — въ среднемъ 112 на 1 куб. сантм., въ то время когда неочищенная жидкость содержитъ приблизительно 2.640.000 жизнеспособныхъ микробовъ на 1 куб. сантм. По своей простотѣ и дешевизнѣ, эта система, повидимому, заслуживаетъ предпочтенія передъ сложною системой осадочныхъ бассейновъ, устроенныхъ напр. въ Франкфуртѣ на Майнѣ. Примѣръ примѣненія системы Röckner-Rothe въ большихъ размѣрахъ можетъ дать городъ Эссенъ на р. Рурѣ, въ Германіи Особенность системы Röckner-Rothe состоитъ, какъ мы видѣли, въ примѣненіи для освѣтленія всасывающаго сифона, который поднимаетъ изъ глубокаго колодца грязную воду. Колодезь имѣетъ въ Эссенѣ глубину около 5 метровъ. Вѣтвь сифона, по которой вода поднимается, конструирована, какъ большой цилиндръ высотою 7—8 метровъ, погруженный своимъ открытымъ концомъ въ грязную воду. Другая вѣтвь устроена въ видѣ спусковой трубы, идущей отъ верха цилиндра и оканчивающейся подъ уровнемъ отводнаго бассейна. Вверху къ цилиндру сифона придѣлана трубка, соединенная съ проводомъ отъ разрѣжающаго воздушнаго насоса на высотѣ 11 метр. надъ уровнемъ воды (чтобы вода не могла попадать въ воздушную трубку и портить воздушный насосъ). При разрѣженіи воздуха въ сифонѣ грязная вода вслѣдствіе давленія атмосферы, изъ колодца постепенно поднимается по восходящей вѣтви сифона, пока не достигнетъ спусковой трубы; затѣмъ сифонъ уже работаетъ самъ собою (черт. 945—946).

Скорость поднятія воды въ цилиндрѣ, сообразно съ коей долженъ быть регулированъ притокъ воды, опредѣляется разницею по-

Очистка сточныхъ водъ по способу Röckner-Rothe.

Черт. 945.—Боковой видъ одного изъ верхнихъ цилиндровъ (сифоновъ) и разрѣзъ соотвѣтственнаго колодца, устроенныхъ въ г. Эссенѣ.

(Масштабъ: $^1/_{100}$ натуральн. велич.).



Aufsatzrohr—труба для болѣе удобнаго откачиванія воздуха изъ сифона.

zur Luftpumpe — труба къ насосу, выкачивающему воздуху.

Каналъ, отводящій освѣтленныя сточныя воды.

Каналъ, приводящій грязн. сточн. воды.

Stromverthl — распредѣлитель (умѣритель) теченія.

Schlam—илъ (грязь)

Wellenleitung — валъ для вращенія выкачивающаго илъ насоса.

(Schlamm) — Желобъ для отведенія выкаченнаго изъ колодца ила.

Примѣчаніе. Черт. изъ Vierteljahrschrift für öff. Gesundheitsbflege, XIX.

перечныхъ сѣченій цилиндра и спусковой трубы и регулируется помощью особой задвижки въ спусковой трубѣ. По опытамъ эта скорость при условіи достиженія полнаго освѣтленія воды составляетъ отъ 2 до 9 мм.

Какъ ни простъ принципъ описываемаго способа, но въ примѣненіи его къ практикѣ пришлось преодолѣть трудности, заключавшіяся въ достиженіи спокойнаго и равномѣрнаго движенія воды во всемъ цилиндрѣ сифона.

Для этой цѣли грязная вода вступаетъ черезъ трубу близъ дна колодца въ особую воронку, которая имѣетъ стѣны изъ наклонно положенныхъ пластинокъ съ обшивкою въ видѣ жалюзи. Чтобы подняться вверхъ вода должна проходить сквозь узкія щели воронки, что вызываетъ замедленіе скорости движенія и осажденія взвѣшенныхъ частицъ. Кромѣ того въ верхней части цилиндра устроена особой конструкціи крыша, заставляющая воду сливаться тонкимъ слоемъ для попаданія въ отводное отверстіе спускной трубы и не допускающая вихреобразныхъ движеній и сильныхъ теченій воды при прибыли и убыли ея.

Процессъ очистки слѣдующій:

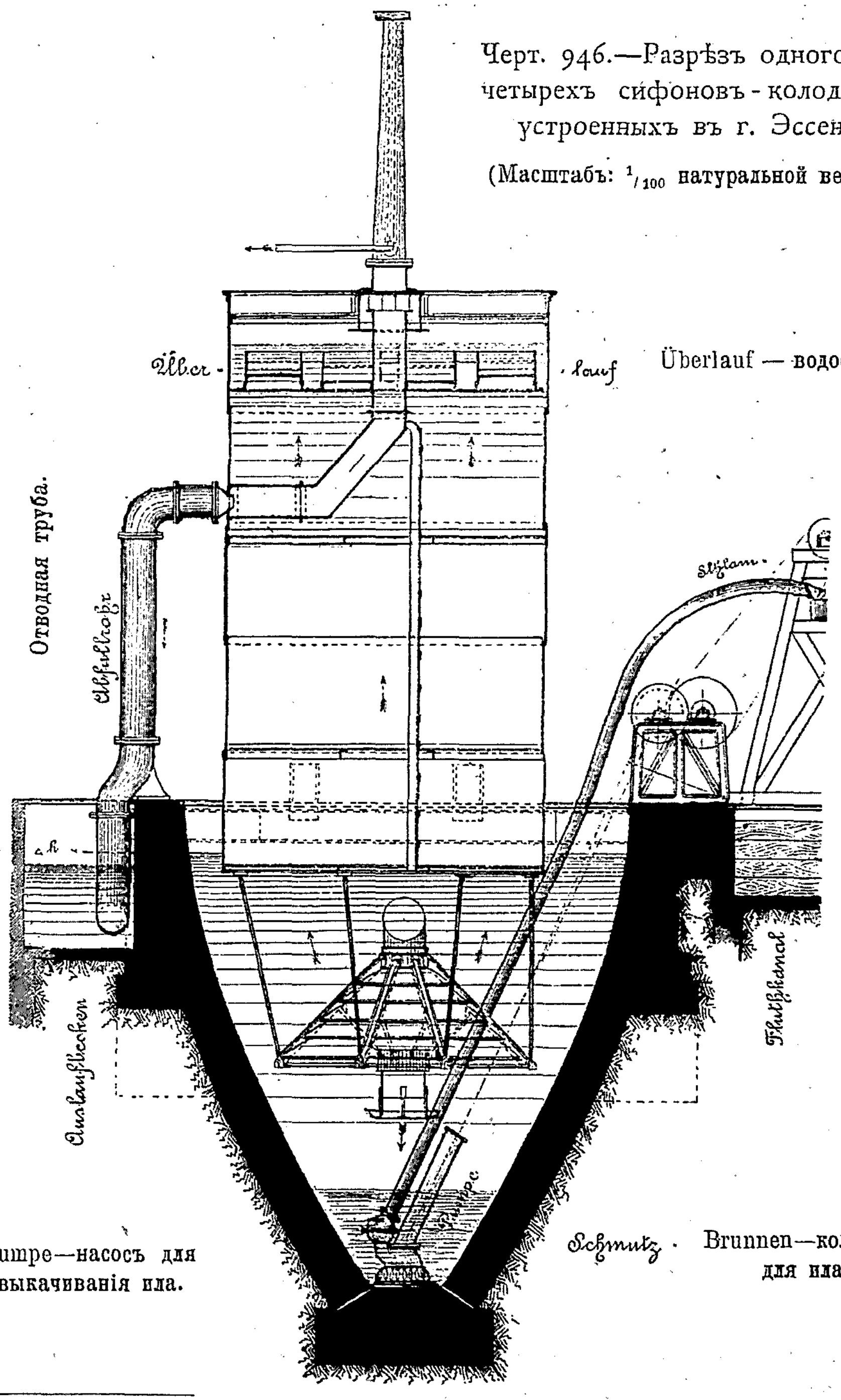
Притекающая изъ городской сѣти вода сначала пропускается черезъ сита, которыя заполняютъ поперечное сѣченіе въ концѣ отводнаго коллектора: такъ задерживаются всѣ значительныя плавающія тѣла. Затѣмъ вода поступаетъ въ особый осадочный бассейнъ, который раздѣленъ пополамъ стѣною; вода съ замедленною скоростью опускается въ одной половинѣ и по осажденіи болѣе твердыхъ частей поднимается во второй. Песокъ и болѣе грубый илъ вынимается черпачнымъ приспособленіемъ, не опоражнивая бассейна и не нарушая хода очистки.

Вода, поднявшаяся вверхъ во второй половинѣ осадочнаго бассейна, переходитъ въ каналъ, куда также притекаютъ сначала известковое молоко, а потомъ и другіе химическіе препараты; притокъ ихъ регулируется автоматически. Въ этомъ каналѣ устроены препятствія теченію воды, расположенныя зигзагообразно; смѣсь должна принять потому змѣеобразное движеніе, а черезъ это происходитъ тѣснѣйшее смѣшеніе грязной воды съ химическими реактивами и обусловливается вполнѣ достаточный доступъ атмосфернаго воздуха.

Переработанная такимъ образомъ смѣсь попадаетъ въ колодцы подъ сифонами.

Черт. 946.—Разрѣзъ одного изъ четырехъ сифоновъ-колодцевъ, устроенныхъ въ г. Эссенѣ.

(Масштабъ: $^1/_{100}$ натуральной велич.).



Pumpe—насосъ для выкачиванія ила.

Примѣчаніе. Черт. изъ Viertejahrschrift für öff. Gesundheitspflege, XIX.

При каждомъ водоспускѣ въ колодцы устроены затворы, чтобы можно было, когда нужно, изолировать каждый сифонъ. Со вступленіемъ воды въ колодезь болѣе тяжелыя части тотчасъ опускаются на дно. Во время продолжительнаго спокойнаго поднятія въ цилиндрѣ сифона происходитъ мало-по-малу осажденіе болѣе тяжелыхъ частицъ, бывшихъ въ сточной водѣ и новыхъ соединеній, образующихся вслѣдствіе химическихъ реакцій; такимъ образомъ мало-по-малу въ колодцѣ и въ нижней части цилиндра образуются слои ила, которые представляютъ для слѣдующей притекающей воды родъ фильтра. Въ этой постоянной борьбѣ поднимающейся грязной воды и опускающихся слоевъ ила, насыщенныхъ накопившимися въ нихъ реактивами, заключается залогъ наиболѣе полнаго дѣйствія химическихъ препаратовъ.

Илъ осѣдаетъ сперва на воронкѣ. По мѣрѣ накопленія слои ила сваливаются съ воронки на дно бассейна, откуда *безъ нарушенія процесса освѣтленія* удаляются насосами въ особые бассейны, гдѣ илъ высыхаетъ.

Для регулированія количества притока химическихъ продуктовъ устроено особое автоматическое приспособленіе: движеніе поплавка помощью цѣпей передается клапану, открывающему большій или меньшій притокъ химическимъ реактивамъ. Такъ какъ притекающая грязная вода измѣняется въ теченіи дня и качественно (отъ 12 ч. ночи до 4 ч. утра она чище, чѣмъ въ теченіе дня), то приходится и въ этомъ отношеніи регулировать химическіе препараты, что дѣлается уже ручными приспособленіями.

Гигіеническія преимущества описанныхъ устройствъ гор. Эссена состоятъ въ томъ, что:

1) осажденіе и освѣтленіе происходитъ въ замкнутомъ пространствѣ съ малою площадью;

2) при фильтраціи въ вакуумѣ происходитъ отдѣленіе газовъ изъ грязной воды и эти газы, поступая въ воздушную трубку, отводятся въ пламя паровыхъ машинъ и такимъ образомъ дѣлаются безвредными, вслѣдствіе чего зловонія никакого не бываетъ;

3) очищеніе сточныхъ водъ достигается относительно очень совершенное (см. выше).

4) илъ осаждающійся въ колодцѣ можетъ быть удаляемъ постоянно — безъ перерыва дѣйствія всего устройства, тогда какъ въ

осадочныхъ бассейнахъ Франкфуртскаго типа необходимо предварительно осушить бассейнъ.

Что же казается расходовъ, то по исчисленію проф. Arnold'a стоимость эксплоатаціи описанныхъ снарядовъ составляетъ 1 пфенигъ на 1 куб. метръ очищенной воды.

Общая стоимость очистительныхъ сооруженій Эссена, представленныхъ на чертежахъ 945 и 946 и состоящихъ изъ 4 аппаратовъ подобныхъ описанному, каждый съ очистительной способностью въ 4500 куб. метровъ воды въ сутки равна 240.000 герм. марокъ.

§ 185. Торфяной фильтръ Петри и способъ Дегенера.

Комбинацію химическаго и механическаго способа очищенія сточныхъ водъ представляетъ и предложенная докторомъ Петри фильтрація ихъ черезъ торфъ, съ послѣдующей обработкой сѣрнокислымъ глиноземомъ, мѣднымъ купоросомъ и гашеною известью.

Примѣромъ примѣненія системы Петри можетъ служить приспособленіе, представленное на черт. 947 и 948 и устроенное изобрѣтателемъ въ одной изъ германскихъ тюремъ для очистки грязныхъ водъ отъ населенія въ 2.000 человѣкъ. (См. стр. 36 и 37 — «Системы канализаціи городовъ и способы очистки грязной канализаціонной воды». Технолога А. Х. Мейра. Кіевъ. 1887. 62 стр. 15 таблицъ чертежей). Грязная вода поступаетъ въ бассейнъ *a*, въ которомъ насыпанъ слой торфа въ крупныхъ кускахъ съ откосомъ 1:2. Просачиваясь сквозь торфъ въ горизонтальномъ направленіи, вода стекаетъ (черт. 947) черезъ дырчатыя стѣны бассейна въ верхній каналъ *b*, по которому направляется въ нижній каналъ *c* (черт. 948), раздѣленный вертикальными стѣнами на четыре части.

Стѣны эти поставлены такъ, что двѣ не доходятъ до пола, а двѣ сплошныя—имѣютъ пониженный верхній край. Вслѣдствіе этого вода движется по извилистому пути, показанному стрѣлками.

Въ грязную воду, освобожденную фильтромъ отъ крупныхъ плавающихъ примѣсей, вступающую въ каналъ *c*, впускаютъ струю известковаго молока; смѣшеніе происходитъ при движеніи по вышеуказанному извилистому пути. Изъ канала *c* смѣсь переходитъ въ резервуаръ *d*, служащій отстойнымъ бассейномъ, откуда она, переливаясь черезъ новый сливъ, поступаетъ въ фильтръ *f*, наполненный

торфомъ. Переливаніе изъ *d* въ *f* совершается тонкимъ слоемъ, при чемъ вода находится въ соприкосновеніи съ воздухомъ. Изъ фильтра *f* очищенная вода вытекаетъ по трубѣ *g*. Первый фильтръ *a* покрытъ деревянными рейками, на которыхъ для уменьшенія запаха разложены куски торфа, пропитанные карболовой кислотой. Опыты показали, что торфъ въ первомъ фильтрѣ послѣ 7 мѣсяцевъ нужно было перемѣнить.

По вычисленію изобрѣтателя на каждаго жителя необходимо 0,043 кв. метровъ площади всѣхъ бассейновъ.

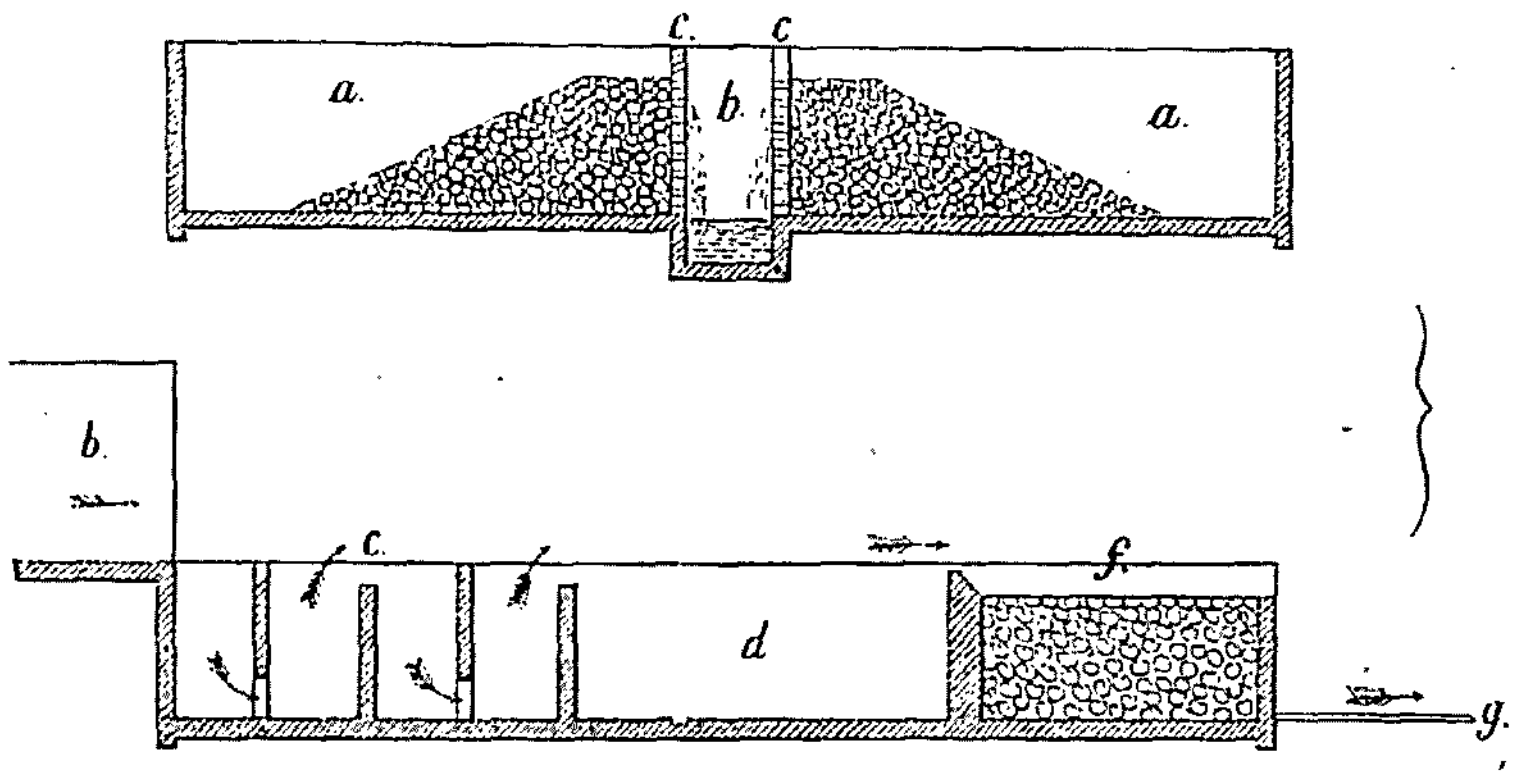
Торфъ, бывшій въ фильтрахъ, выпущенный на воздухѣ, можетъ употребляться для топки печей.

Торфяной фильтръ Петри имѣетъ, какъ мы видѣли, ту особенность, что подлежащія очисткѣ воды проникаютъ въ него съ боку; этимъ, по мнѣнію Петри, избѣгается быстрая закупорка поръ фильтра, неизбѣжная при восходящей или нисходящей фильтраціи. По собственымъ словамъ Петри, однако, сточная вода, прошедшая черезъ этотъ фильтръ, получается мутною и дѣлается прозрачною только послѣ химической обработки въ осадочномъ бассейнѣ, которой Петри придаетъ весьма важное значеніе.

Критическій разборъ, которому система Петри подвергалась со стороны инженера Peschke, принимавшаго дѣятельное участіе въ постройкѣ фильтровъ и въ наблюденіяхъ за ихъ дѣйствіемъ, показываетъ, что эта система не оправдываетъ надеждъ, возлагаемыхъ на нее изобрѣтателемъ: по словамъ Пешке, фильтратъ изъ-подъ торфянаго фильтра бываетъ всегда мутенъ, крайне вонючъ, темно-желтаго или коричневаго цвѣта, содержитъ массу амміака, сѣроводорода и органическихъ веществъ въ стадіи разложенія; точно также отрицательно выражается Пешке и относительно пользы послѣдующей химической обработки этого фильтрата и относительно землеудобрительнаго достоинства какъ торфа, такъ и получаемаго въ осадочномъ бассейнѣ отстоя.

Ярымъ защитникомъ системы Петри выступилъ Кнауфъ, по мнѣнію котораго достоинство этой системы заключается именно въ раздѣленіи процесса очистки сточныхъ водъ на 2 пріема—на удаленіе взвѣшенныхъ примѣсей торфянымъ фильтромъ и на послѣдующее просвѣтленіе воды химическими средствами; при исключительно-химической обработкѣ,—говоритъ онъ,—получается всегда масса плот-

Торфяной фильтръ Петри.



Черт. 947. — Пеперечный разрѣзъ верхняго фильтра.

Черт. 948. — Продольный разрѣзъ нижняго канала и фильтра.

a—верхній торфяной фильтръ;

b—верхній отводной каналъ;

c—дырчатыя стѣны, отдѣляющія верхній фильтръ отъ верхняго канала;

C—нижній отводной каналъ съ извилистымъ движеніемъ сточной воды и смѣшиваніемъ послѣдней съ известковымъ молокомъ;

d—отстойный бассейнъ;

f—нижній торфяной фильтръ;

g—отводная труба.

Примѣчаніе. Черт. изъ соч. Мейера—„Системы канализаціи городовъ“. 1887.

наго осадка, удаленіе и утилизація котораго представляютъ большія затрудненія; такъ что желательно получать его по возможности меньше, и эта именно цѣль достигается предварительнымъ прохожденіемъ грязныхъ водъ черезъ торфяной фильтръ; послѣдній, по мнѣнію Кнауфа, долженъ быть сдѣланъ изъ смолистаго торфа, такъ какъ торфяной войлокъ постоянно всплываетъ на поверхность и представляетъ большое препятствіе для фильтраціи. Однако, какъ слова самаго Кнауфа, такъ и приводимые имъ анализы Бишофа, убѣждаютъ въ томъ, что торфяной фильтръ дѣйствительно обнаруживаетъ слабое поглощающее дѣйствіе на растворенныя составныя части клоачной жидкости, а задерживаетъ только механическія примѣси. А если это такъ, то, по мнѣнію проф. Эрисмана, и землеудобрительное достоинство бывшаго въ употребленіи торфа едвали можетъ быть на столько велико, чтобы этимъ оправдывалось примѣненіе на практикѣ торфяныхъ фильтровъ, когда та же цѣль, которая здѣсь преслѣдуется, можетъ быть достигнута болѣе простыми способами, напр. вышеописанною системою Рокнеръ-Роте или новѣйшимъ способомъ примѣненія торфа предложеннымъ привать-доцентомъ Дегенеромъ изъ Брауншвейга и названнымъ имъ «гумусовымъ способомъ». Онъ состоитъ въ томъ, что къ сточнымъ водамъ прибавляется кашица изъ растертаго съ водою торфа или бураго угля и для усиленія осаждающаго дѣйствія желѣзная соль.

Торфъ, поглощаетъ органическія вещества, хотя способность эта съ теченіемъ времени по насыщеніи торфа прекращается, почему торфяные фильтры, напримѣръ, въ скоромъ времени перестаютъ очищать воду. Здѣсь же работаетъ всегда свѣжій торфъ или бурый уголь, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, попадая въ осадокъ, онъ способствуетъ консервированію органическихъ веществъ и, съ другой стороны, придаетъ осадкамъ извѣстную горючесть.

Желѣзныя соединенія вводятся для того, чтобы усилить освѣтленіе и освободить жидкость при содѣйствіи небольшого фильтра отъ плавающихъ торфяныхъ частицъ. На 1 куб. метр. сточныхъ водъ берется 1 килогр. бураго угля и 0,17 килогр. желѣзнаго купороса. Освѣтленіе происходитъ совершенное, и, кромѣ того, по опытамъ Проскауера, содержаніе органическихъ веществъ уменьшается отъ 80 до 90%. Главное достоинство этого способа то, что осадки отъ очищенія, освобожденные отъ избытка воды посредствомъ

фильтръ-прессовъ, не только болѣе пригодны для удобренія, чѣмъ при осажденіи известью, но могутъ употребляться, какъ топливо въ паровыхъ котлахъ при чемъ тепловой эффектъ ихъ равенъ $^1/_3$ каменнаго угля. Точно также оказалось возможнымъ сухой перегонкой или въ ретортахъ получать изъ него свѣтильный газъ такого же качества, какъ изъ каменнаго угля.

Бактеріи при способѣ Дегенера не уничтожаются совершенно, поэтому для дезинфекціи въ случаѣ надобности, напр., при эпидеміяхъ, освѣтленная жидкость обрабатывается еще разъ ѣдкой известью (0,05%) или еще лучше хлорной известью (0,0015%). Стоимость очищенія составляетъ по имѣющимся свѣдѣніямъ въ Потсдамѣ 1,40 марки на человѣка въ годъ, но изобрѣтатель надѣется въ дальнѣйшемъ усовершенствованіи понизить стоимость еще отъ 25 до 40%, такъ что онъ обойдется не дороже другихъ химическихъ способовъ.

Способъ этотъ въ настоящее время нельзя считать окончательно разработаннымъ, но изъ результатовъ дѣятельности тѣхъ станцій, гдѣ онъ примѣненъ, выяснено, что жидкость вытекаетъ вполнѣ прозрачная и по малому содержанію органическихъ веществъ не уступающая дренажной водѣ съ полей орошенія, и, кромѣ того, что прессованный илъ возможно употреблять, какъ топливо. Какое значеніе придается этому способу въ Германіи, можно видѣть изъ того, что считавшаяся до сего времени лучшая очистительная система «Рекнеръ-Роте», замѣняется теперь въ Потсдамѣ и Эссенѣ обработкой, по Дегенеру, бурымъ углемъ и желѣзной солью въ аппаратахъ Роте, почему вся система носитъ названіе «Дегенеръ-Роте». (См. докладъ Горбачева, IV Водопр. Съѣздъ, 1899 г.).

§ 186. Условія необходимости очистки сточныхъ (городскихъ и фабричныхъ) водъ передъ спускомъ ихъ въ рѣки.

Въ виду того, что очистка сточныхъ водъ требуетъ сложныхъ и дорогостоющихъ сооруженій, невольно является вопросъ какіе результаты ими достигаются,—дѣйствительно ли дезинфецируется этимъ сточная вода, дѣйствительно ли уничтожаются случайно находящіяся въ ней специфическія болѣзнетворныя начала, или же происходитъ только дезодоризація ея, т. е. лишеніе ея дурнаго за-

паха и т. д. Собственно о дезинфекціи въ смыслѣ уничтоженія патогенныхъ микроорганизмовъ, здѣсь, по мнѣнію спеціалистовъ Эрисманъ едвали можетъ быть рѣчь? Вообще дизинфекція клоачной жидкости представляется едвали практически исполнимою: вѣдь для этого нужно было бы по выраженію проф. Эрисмана «превратить все содержимое городскихъ водостоковъ въ 5 $^0/_0$-ный растворъ карболовой кислоты или въ 1 $^0/_0$-ный растворъ сулемы» и т. д., для чего потребовались бы такія количества дезинфекціонныхъ средствъ и такіе огромные расходы. Для дезинфекціи экскрементовъ 100-тысячнаго населенія потребовалось бы карболовой кислоты на 3.000 руб., а сулемы на 3.500 р. въ день, что не подъ силу ни одному городскому обществу на свѣтѣ. Стало быть приходится удовольствоваться болѣе скромнымъ результатомъ, состоящимъ въ удаленіи плотныхъ примѣсей, въ освѣтленіи жидкости и нѣкоторой задержкѣ процесса разложенія, причемъ даже этотъ результатъ достигается весьма дорогою цѣной, ибо приспособленія для такой очистки клоачной жидкости требуютъ не только единовременной большой затраты, но и ежегоднаго весьма значительнаго расхода.

При подобномъ очищеніи спускаемой въ рѣки клоачной жидкости видимое загрязненіе рѣчной воды уменьшится и произойдетъ меньше неудобствъ, нежели отъ непосредственнаго спуска содержимаго водостоковъ; но, съ другой стороны, нельзя не подумать и о томъ, окупается ли финансовое бремя, налагаемое этимъ на городское населеніе,—санитарною выгодой, представляемою далеко не полной очисткой клоачной воды? Этотъ вопросъ, конечно, не можетъ быть рѣшаемъ in abtsracto; онъ долженъ быть обсуждаемъ въ каждомъ данномъ случаѣ, въ общей связи со всѣми тѣми условіями, которыя представляетъ данная мѣстность, причемъ главнымъ образомъ должно быть принимаемо во вниманіе отношеніе, существующее между величиной города (т. е. между количествомъ удаляемыхъ изъ него грязныхъ водъ) съ одной стороны и степенью многоводности и быстротой теченія рѣки—съ другой. Въ этомъ направленіи особый интересъ представляетъ резолюція, принятая обществомъ нѣмецкихъ гигіенистовъ, по данному вопросу, на съѣздѣ въ Бреславлѣ въ 1886 г.: «Въ общемъ слѣдуетъ стремиться къ очищенію содержимаго городскихъ водостоковъ раньше спуска его въ рѣки, но, принимая во вниманіе современное положеніе техники и значительную стои-

мость очищенія сточныхъ водъ, слѣдуетъ требовать его только тамъ, гдѣ въ противномъ случаѣ можетъ произойти санитарный вредъ, и лишь въ такихъ размѣрахъ, которые необходимы для устраненія этого вреда»

Но если можно еще колебаться въ присутствіи большихъ иногда непосильныхъ затратъ, при рѣшеніи вопроса объ очисткѣ ватерклозетныхъ, домовыхъ и уличныхъ водъ, то едвали можетъ быть допустимо сомнѣніе въ безусловной необходимости предварительной очистки водъ фабричныхъ. Мы видѣли, что воды эти въ большинствѣ случаевъ крайне вредны для здоровья и кромѣ того содержащіяся въ нихъ ядовитыя вещества представляютъ собой стойкія соединенія, не легко разрушающіяся и не быстро теряющія свои токсическія свойства. Требованіе объ очисткѣ фабричныхъ водъ предъ спускомъ ихъ въ рѣки должно быть ставимо категорически, подобно тому какъ это дѣлается все съ большей и большей настойчивостью въ Германіи и Англіи. Осуществленіе этого требованія не представляетъ къ тому же особыхъ затрудненій для фабрикъ и въ настоящее время имѣется уже цѣлый рядъ научно выработанныхъ методовъ обезвреживанія фабричныхъ водъ разныхъ происхожденій. (См. между прочимъ въ числѣ новѣйшихъ работъ по этому вопросу—R. A. Tatton—The Purification of Water after its Use in Manufactories»—Min. of Proc. C. S. Vol. CXL—1900).

ГЛАВА ДВАДЦАТЬ ПЯТАЯ.

Очистка сточныхъ водъ посредствомъ почвы, растительности и бактерій.

СОДЕРЖАНІЕ: § 187. Очистительныя свойства почвы какъ фильтра.—§ 188. Практическія затрудненія въ примѣненіи очистки сточныхъ водъ фильтраціей и соединеніе фильтраціи съ орошеніемъ.—§ 189. Основныя черты очистительнаго процесса при орошеніи.—§ 190. Значеніе состава почвы и отношеніе между количествомъ сточныхъ водъ и орошаемой поверхностью.—§ 191. Сооруженія для отвода сточныхъ водъ на поля.—§ 192. Поля для орошенія и ихъ устройство.—§ 193. Зимнее орошеніе и зимніе бассейны.—§ 194. Значеніе орошаемыхъ сточными водами полей въ санитарномъ отношеніи и стоимость ирригаціоннаго способа очистки.—§ 195. Бактеріолизъ.

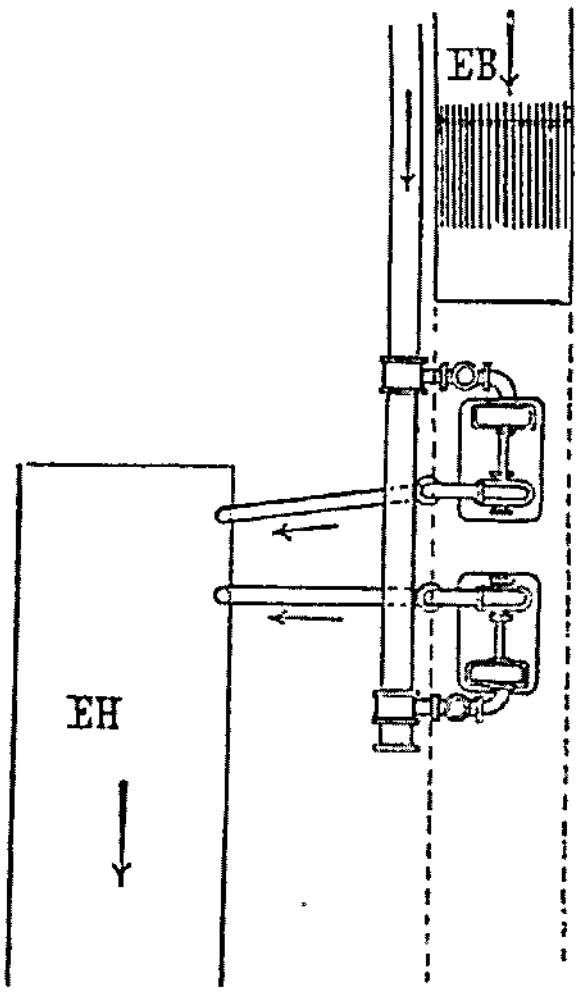
§ 187. Очистительныя свойства почвы, какъ фильтра.

Очищеніе клоачной жидкости *посредствомъ фильтраціи черезъ почву* основано на слѣдующемъ явленіи: если на достаточно толстый слой пористой лишенной растительности почвы налить жидкость, содержащую постороннія вещества какъ въ растворѣ, такъ и въ взвѣшенномъ видѣ, то почва поглощаетъ и задерживаетъ эти вещества, причемъ степень поглощенія отчасти зависитъ отъ особенностей почвы и наливаемой на нее жидкости, отчасти же обусловливается количествомъ и концентраціей послѣдней, а также и продолжительностью ея соприкосновенія съ почвой.

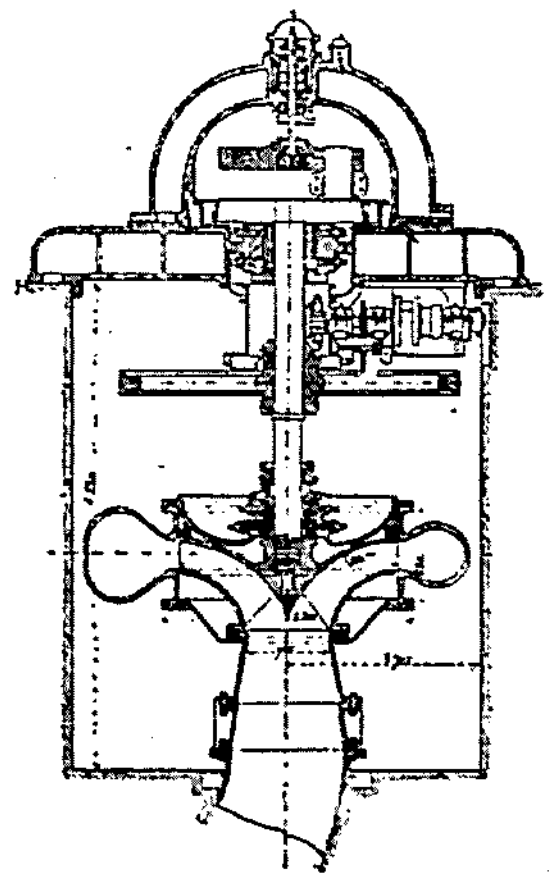
Легче всего задерживаются почвой вещества, механически примѣшанныя къ наливаемой на нее жидкости. Но поглощающее дѣйствіе почвы распространяется и на растворенныя составныя части воды органическаго происхожденія, и это дѣйствіе почвы объясняется отчасти химическимъ сродствомъ извѣстныхъ составныхъ элементомъ

Насосныя станціи.

Канализація города Парижа.



Черт. 949.



Черт. 950.

Черт. 935. — Планъ расположенія небольшихъ насосныхъ станцій г. Парижа (Mazas, Cité). *EB* — коллекторъ низкаго уровня, изъ коего сточныя воды перекачиваются въ *EH* — коллекторъ высокаго уровня. Перекачиваніе совершается посредствомъ центробѣжныхъ помпъ съ горизонтальной осью, поставленныхъ подъ *EB*. Помпы приводятся въ движеніе сидящими на одной съ ними оси турбинами, работающими водой городского водоснабженія (труба параллельна коллектору *EB*). Рѣшетка въ *EB* задерживаетъ болѣе значительныя плавающія тѣла.

Черт. 936. — Большія центробѣжныя помпы большой насосной станціи въ Клиши съ вертикальной осью, приводимыя въ дѣйствіе горизонтальными паровыми машинами. Каждая помпа подаетъ 1500 литровъ воды въ секунду. Діаметръ турбины помпы 1,920 метровъ.

ея съ нѣкоторыми органическими веществами, отчасти же физическимъ притяженіемъ, которое обнаруживаютъ частицы почвы и которое сказывается тѣмъ сильнѣе и энергичнѣе, чѣмъ меньше діаметръ отдѣльныхъ почвенныхъ частицъ и чѣмъ больше, слѣдовательно, становится притягивающая поверхность.

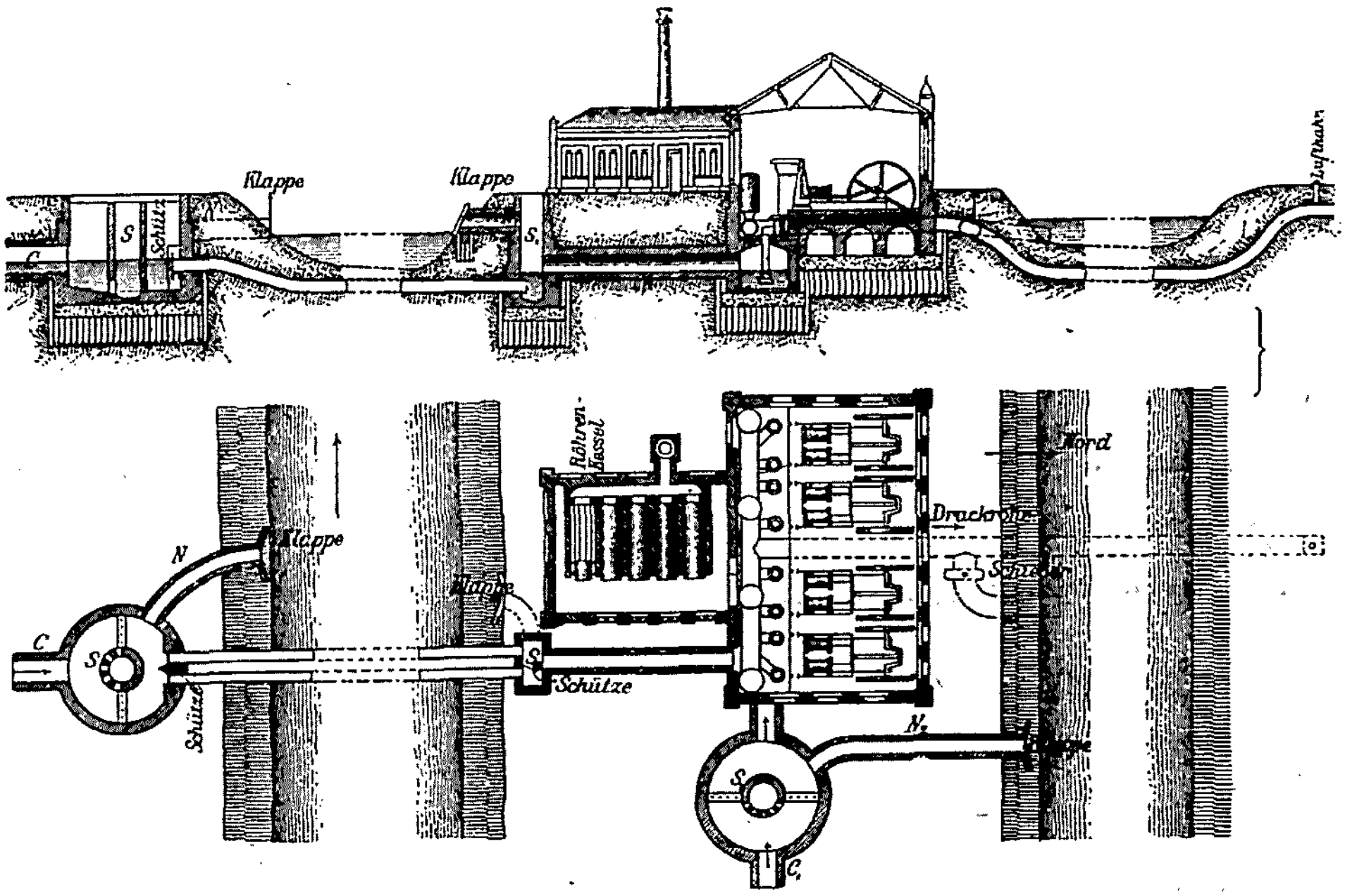
Почва, однако, не только задерживаетъ взвѣшенныя и растворенныя вещества, но она еще перерабатываетъ ихъ, причемъ происходятъ процессы расщепленія и окисленія, которые совершаются частью при помощи кислорода почвеннаго воздуха (нитрификація), частью же при содѣйствіи низшихъ организмовъ аэробныхъ и анаэробныхъ бактерій (бактеріолизъ) и которые, въ концѣ концовъ, ведутъ къ полной минерализаціи органическаго вещества. На этомъ и основывается столь важное для обезвреживанія клоачной жидкости черезъ фильтрацію «дезинфекцирующее» свойство почвы.

Наилучшее условіе для фильтраціи представляетъ почва рыхлая, состоящая изъ мелкаго песка, съ примѣсью глины, и имѣющая хорошій естественный дренажъ. Сама фильтрація должна производиться не безпрерывно, а съ опредѣленными интервалами (перемежающаяся фильтрація), чтобы дать воздуху возможность проникнуть въ поры почвы и ускорить разложеніе накопившихся тамъ органическихъ веществъ. Но такъ какъ, даже при соблюденіи этого условія, почвенныя поры мало-по-малу засоряются, то, чтобы возвратить почвѣ прежнюю проходимость, необходимо отъ времени до времени совершенно прерывать фильтрацію и дать почвѣ возможность хорошо просохнуть; вмѣсто просушиванія можно глубоко перепахать землю. Перепахиваніе, вообще, очень полезно, для разлыхленія верхней болѣе плотной пленки, которая образуется на фильтрѣ послѣ нѣкотораго періода его дѣйствія.

Въ химическомъ отношеніи дѣйствіе почвы весьма различно: однѣ почвы нитрифицируютъ лучше, нежели другія; не всѣ одинаково хорошо задерживаютъ амміакъ, органическій азотъ и проч., обстоятельство весьма важное для очищенія клоачной жидкости, такъ и для эксплоатаціи ея въ интересахъ сельскаго хозяйства.

Пробовали также очищать фильтраціей черезъ землю (или же черезъ смѣсь золы съ шлакомъ) сточныя воды фабрикъ и заводовъ. Результаты получались удовлетворительные, какъ показываютъ слѣдующія цифры, приводимыя профессоромъ Эрисманомъ и относя-

Канализація города Берлина.



Черт. 951 и 952. — Разрѣзъ и планъ одного изъ типовъ насосной станціи. C и C_1—главные городскіе водостоки; S и S_1—отстойные бассейны для задерживанія песка и плавающихъ тѣлъ: грязь извлекается по мѣрѣ накопленія посредствомъ вычерпыванія чрезъ центральный колодезь, находящійся у наиболѣе пониженной точки дна; N, N_1 и N_2—ливнеотводы; Klappe — затворъ для предохраненія бассейна отъ высокихъ водъ рѣки; Druckrohr—отводная труба насосовъ, по коей грязныя воды направляются на поле; Schieber—кранъ, запирающій отростокъ отводной трубы, чрезъ который грязныя воды могутъ направляться въ рѣку; Lutfhahn — воздушный кранъ.

щіяся до грязныхъ водъ одного красильнаго заведенія, пропущенныхъ черезъ остатки каменнаго угля и золу:

	До фильтраціи.	Послѣ фильтраціи.
Общее количество взвѣш. и раствор. веществъ.	114,7	40,0
Органическій углеродъ.	11,32	1,76
» азотъ.	0,51	0,16
Амміакъ.	1,68	0,004
Азотъ въ видѣ нитритовъ и нитратовъ . . .	0	0,41
Общее количество химич. связаннаго азота. .	1,89	0,57
Хлоръ	7,45	2,75

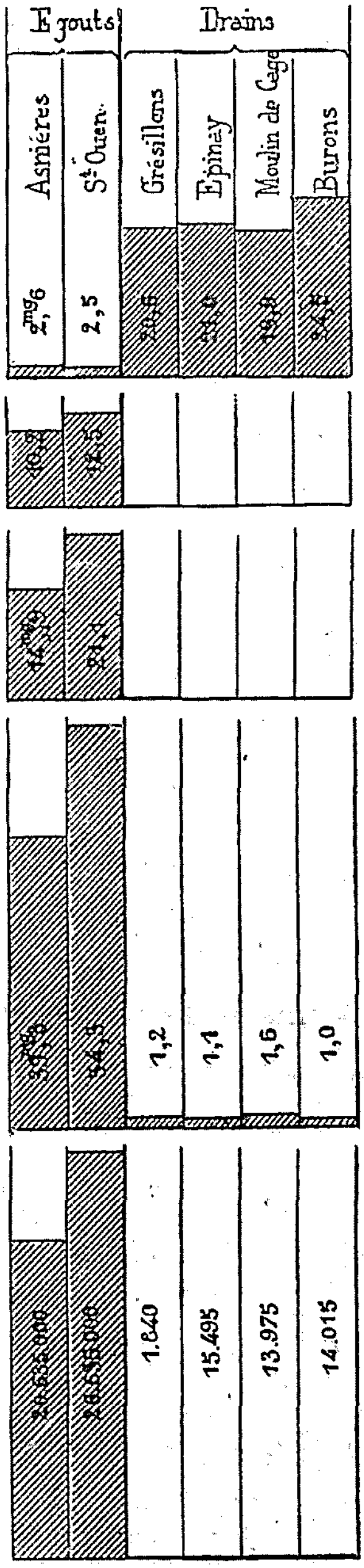
Количество клоачной жидкости, которое можетъ быть очищаемо при помощи фильтраціи черезъ почву въ единицу времени, зависитъ въ значительной мѣрѣ отъ качества самой почвы. По опытамъ Фрэнклэнда, фильтрація сточной воды черезъ почву, состоящую изъ песка и мѣла, при толщинѣ слоя почвы въ 4,57 метр., даетъ хорошіе результаты, если на 1 куб. метръ почвы приходится, въ 24 часа, не болѣе 32 литровъ фильтруемой жидкости.

По другимъ англійскимъ даннымъ удовлетворительная очистка воды достигается, если:

на 1 куб. м. легкаго песчанаго грунта приходится не болѣе 25 л. въ 24 ч.
» 1 » » *гравелистаго грунта* » » 45 » » 24 »
» 1 » » легкаго глинистаго грунта » » 58 » » 24 »

Вообще, судя по опытамъ, произведеннымъ въ Англіи, можно принять, что въ среднемъ 1 куб. метръ почвы въ 24 часа достаточно очищаетъ 40 литровъ клоачной жидкости. Стало быть, если мы имѣемъ въ нашемъ распоряженіи сважистый слой почвы въ 2 метра глубиной, и если предположить, что на каждаго жителя приходится въ день 120 литровъ сточной воды, то, по вышеприведенному разсчету, для фильтраціи клоачной жидкости, доставляемой въ день населеніемъ въ 100.000 чел., необходимо располагать площадью земли въ 19 гектаровъ, причемъ на каждый гектаръ приходится 800 куб. метр. жидкости ежедневно; на дѣлѣ, однако, оказалось, что лучше брать меньшее количество сточной воды на единицу фультрующей поверхности и Бэйлей-Дентонъ (Bailey Dunton-Sewage purification), одинъ изъ наиболѣе опытныхъ практиковъ въ этой области въ Англіи, предлагаетъ считать не болѣе 1.000 чел.

Очистка сточныхъ водъ посредствомъ орошенія полей.



Каналізація города Парижа.

Черт. 953 — 957. — Графическія изображенія результатовъ прохожденія сточныхъ водъ чрезъ почвенные слои ирригаціонныхъ полей. На чертежѣ представлены въ первыхъ двухъ графахъ составъ сточныхъ водъ, а въ четырехъ слѣдующихъ составъ водъ, собираемыхъ на различныхъ ирригаціонныхъ поляхъ дренажными трубами.

на 1 акръ (0,4 дес.) или 2.200 на гектаръ, причемъ ежедневно на гектаръ приходится лишь 280 куб. метр. клоачной жидкости. Въ Англіи имѣются однако примѣры городовъ, гдѣ фильтраціонныя поля очищаютъ домовыя воды по расчету до 7.000 человѣкъ на гектаръ (Abingdon).

Сточныя воды фабрикъ очищаются труднѣе, чѣмъ жидкость изъ городскихъ водостоковъ, такъ что для фабрикъ на извѣстную объемную единицу фильтрующаго матеріала приходится брать меньше воды, чѣмъ для городовъ, примѣрно въ 2—3 раза.

Изъ изложеннаго понятно, что для успѣшной очистки городскихъ сточныхъ водъ посредствомъ фильтраціи чрезъ почву, необходимо имѣть въ своемъ распоряженіи не въ далекомъ разстояніи отъ города и на надлежащей высотѣ, земли пригодныя для этой цѣли. Земли эти должны по возможности быть ниже города, чтобы сточныя воды могли доставляться на нихъ силой тяжести безъ особыхъ водоподъемныхъ устройствъ, и чтобы отфильтрованныя воды стекали въ рѣку ниже города. Грунтъ избранныхъ полей долженъ быть достаточно плотенъ, хотя и водопроницаемъ, чтобы вода оставалась въ соприкосновеніи съ почвой достаточно долгое время, безъ чего нитрификація органическаго азота можетъ не происходить въ должной мѣрѣ.

По той же причинѣ и толщина фильтрующаго слоя (*считая отъ поверхности земли до горизонта грунтовыхъ водъ*) должна быть довольно значительна.

Считаютъ, что эта толщина не должна быть менѣе одного метра. Лучше, если она больше.

Поверхность фильтраціоннаго поля должна быть тщательно выровнена, чтобы вода распредѣлялась по ней вполнѣ равномѣрно, не скопляясь мѣстами въ значительныхъ массахъ.

Предъ разливаніемъ по фильтру сточныя воды пропускаются сквозь сита, которыя задерживаютъ болѣе значительныя плавающія тѣла и иногда чрезъ водосливы, чтобы остановить наиболѣе тяжелыя взвѣшенныя.

Разливаніе воды по фильтраціонному полю должно дѣлать періодически чрезъ ровныя промежутки времени и въ одинаковыхъ каждый разъ количествахъ, причемъ толщина налитаго заразъ слоя воды не должна превосходить нѣкотораго предѣла, устанавливаемаго опытомъ (по Bailey Dunton—0,025 метра или 250 куб. м. на гектаръ).

Очистка сточныхъ водъ посредствомъ орошенія полей.



Канализація города Одессы.

Черт. 958. — Насосная станція и начало главнаго оросительнаго канала, проведеннаго въ насыпи (оросительнаго вала). (Зуевъ и Діатропоп.—Одесскія поля орошенія).

Промежутокъ времени между двумя послѣдовательными разлитіями долженъ быть такъ урегулированъ, чтобы прошедшая чрезъ фильтръ вода имѣла желаемую степень чистоты.

Постоянное обводненіе фильтраціоннаго поля имѣетъ обыкновенно послѣдствіемъ поднятіе уровня грунтовыхъ водъ, что уменьшаетъ толщину фильтрующаго слоя и очистительную способность поля. Для борьбы съ этимъ неудобствомъ подъ фильтраціоннымъ полемъ дѣлается дренажная сѣть (см. курсъ Орошенія и Осушенія) болѣе или менѣе густая; такая сѣть, заложенная достаточно низко, можетъ даже увеличить фильтраціонную способность поля противъ естественнаго предѣла послѣдней.

Для поддержанія фильтраціонныхъ свойствъ поля необходимо также отъ времени до времени его перепахивать.

§ 188. Практическія затрудненія въ примѣненіи очистки сточныхъ водъ фильтраціей и соединеніе фильтраціи съ орошеніемъ.

Не смотря, однако, на хорошіе результаты, которые всегда достигаюгся въ лабораторіяхъ,—при фильтраціи грязной воды черезъ голую, лишенную растительности почву и на неоднократныя удачныя примѣненія этого способа на практикѣ,—широкое примѣненіе его для очищенія клоачной жидкости встрѣчаетъ немаловажныя затрудненія. Во-первыхъ, большія, голыя поверхности земли, пропитанной гніющими отбросами, возбуждаютъ нѣкоторыя опасенія съ санитарной точки зрѣнія, а во-вторыхъ, при этомъ способѣ очистки клоачной воды теряются всѣ удобрительныя составныя части ея. На этомъ основаніи города, примѣнявшіе этотъ способъ на практикѣ, обыкновенно не останавливались на чистой фильтраціи клоачной воды, а отъ времени до времени утилизировали фильтрующую поверхность для насажденія огородныхъ растеній и такимъ образомъ создали нѣчто среднее между фильтраціей и орошеніемъ, которое постепенно выработалось въ самостоятельный и крайне удобный методъ очистки сточныхъ водъ.

Вообще понятно, что теперь, когда въ употребленіи клоачной жидкости для орошенія полей (см. § 189) мы имѣемъ гораздо болѣе совершенный способъ очищенія сточныхъ водъ, чистая фильтрація послѣднихъ, какъ самостоятельный методъ, уже не практи-

Очистка сточныхъ водъ посредствомъ орошенія полей.

Каналъ для канализація города Одессы.



Черт. 959.—Ирригаціонныя поля. Оросительный каналъ, проведенный въ насыпи (оросительный валъ). Дренажныя канавы. (Зуевъ и Діатроповъ.—Одесскія поля орошенія).

куется или практикуется крайне рѣдко. Но какъ вспомогательное средство, на ряду съ орошеніемъ, она можетъ оказать хорошія услуги, въ особенности на сѣверѣ, гдѣ орошеніе не можетъ дѣйствовать въ теченіе всего года. Практикуемое въ Берлинѣ, въ зимнее время, накопленіе клоачной жидкости въ плоскихъ бассейнахъ носитъ на себѣ, хотя отчасти, характеръ фильтраціи, такъ какъ при этомъ расчитывается на то, что жидкія составныя части клоачной воды будутъ уходить въ землю.

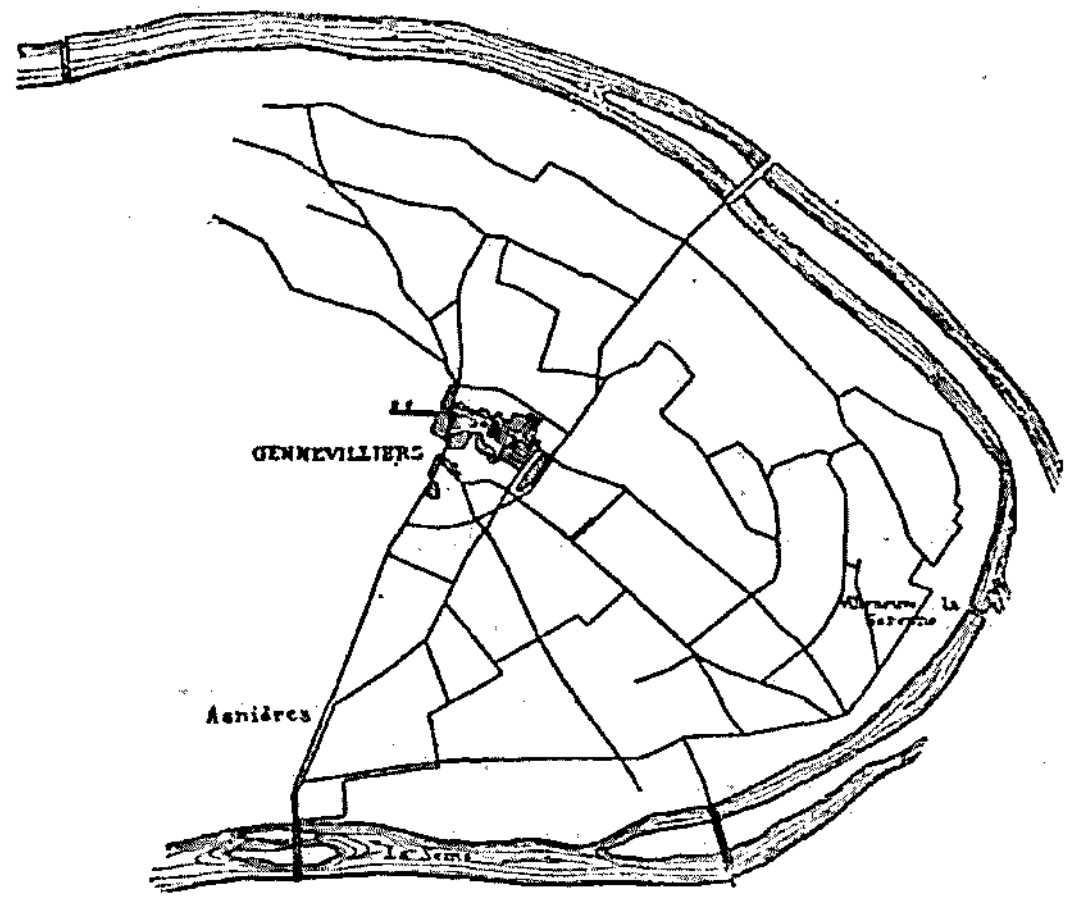
Стоимость устройства фильтраціонныхъ полей, конечно, крайне различна въ зависимости отъ мѣстныхъ условій. Baily Dunton считаетъ её для Англіи въ 3.000—5.000 франковъ минимумъ (покупка земли, выравниваніе поверхности, дренажъ).

Расходы на гектаръ меньше для полей ирригаціонно-фильтраціонныхъ, но при этомъ площадь поля больше и общій расходъ выше.

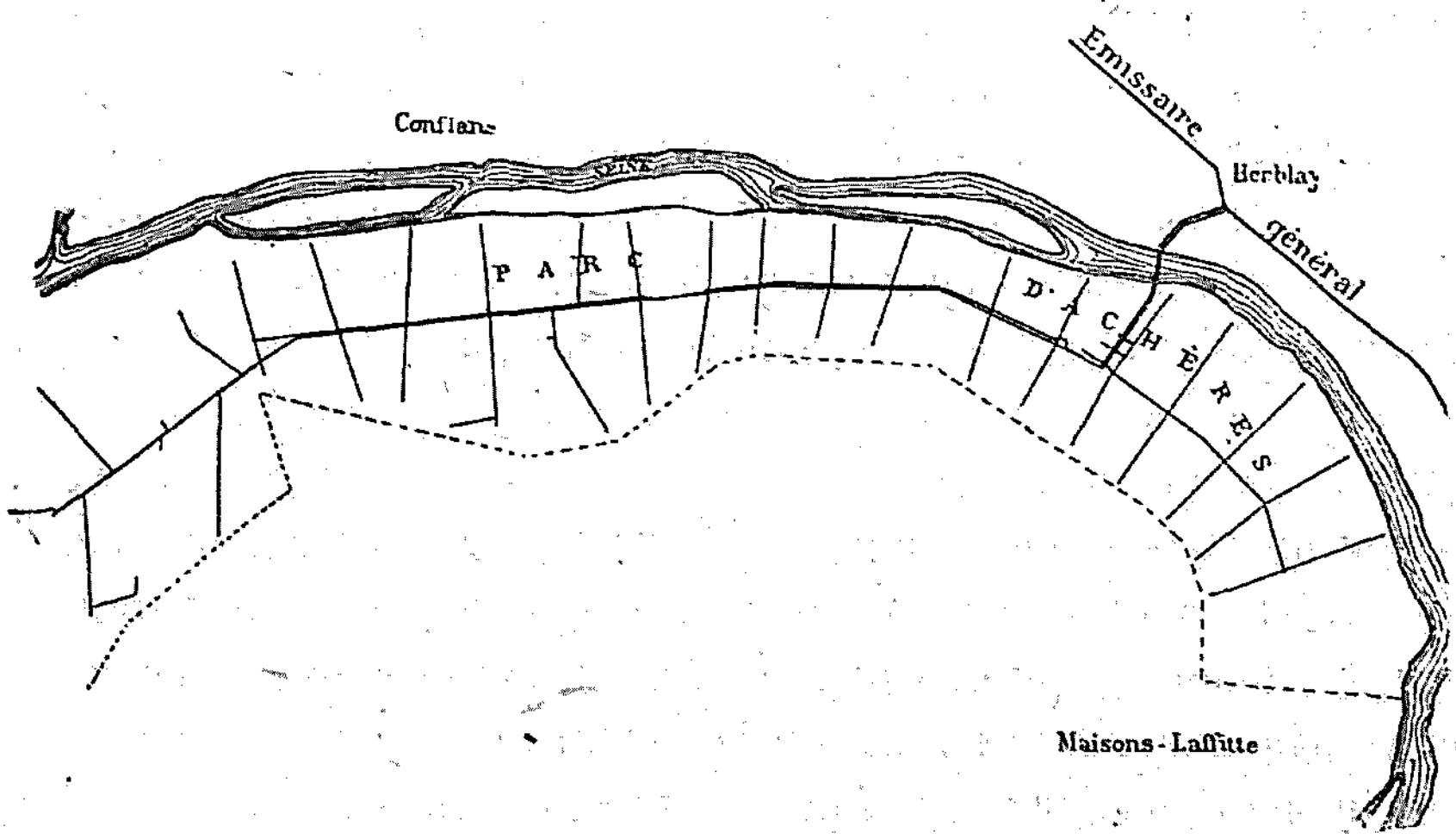
§ 189. Основныя черты очистительнаго процесса при орошеніи.

Мысль—лишить сточныя воды ихъ вредныхъ примѣсей орошеніемъ земли, утилизируя такимъ образомъ удобрительныя составныя части ихъ, была осуществлена въ Англіи уже болѣе 100 лѣтъ тому назадъ, хотя и въ довольно примитивномъ видѣ. Именно въ Эдинбургѣ, съ 1760 г., содержимое городскихъ водостоковъ отводится на песчаную мѣстность близъ моря, которая, благодаря этому орошенію, обратилась въ прекрасный лугъ. Но лишь во второй половинѣ нашего столѣтія употребленіе городскихъ сточныхъ водъ на орошеніе культурной земли получило болѣе широкое примѣненіе, при обстоятельствахъ указанныхъ въ § 188 и—главнымъ образомъ вслѣдствіе частыхъ жалобъ на загрязненіе нечистотами проточныхъ водъ. Многіе англійскіе города были вынуждены судебными приговорами подвергать свои клоачныя жидкости, раньше спуска ихъ въ рѣки, основательному очищенію и, такъ какъ химическіе и фильтраціонный способы очищенія, къ которымъ преимущественно прибѣгали въ началѣ, обходились очень дорого, не всегда достигая при этомъ цѣли, то снабженные ватерклозетами города постепенно перешли къ орошенію. Въ 60-хъ годахъ изъ 583 канализированныхъ англійскихъ городовъ121 городъ подвергалъ свои сточныя воды предварительному

Канализація города Парижа.



Черт. 960. — Планъ первой группы ирригаціонныхъ полей, устроенныхъ въ Парижѣ въ Женвилье. Ирригаціонная сѣть трубъ должна была доставлять воду многимъ участкамъ съ разной культурой, причемъ потребность каждаго не могла быть точно исчислена заранѣе; сѣть сдѣлана поэтому съ круговымъ движеніемъ воды.



Черт. 961. — Планъ второй группы ирригаціонныхъ полей, устроенныхъ въ Парижѣ въ Ашеръ. Весь участокъ эксплуатируется, какъ одно цѣлое имѣніе; потребность въ водѣ отдѣльныхъ полей заранѣе точно была извѣстна и сѣть сдѣлана по некруговой, болѣе дешевой системѣ.

очищенію, раньше спуска ихъ въ рѣки, и между ними было тогда уже 64 города, въ которыхъ примѣнялось орошеніе земли,—а въ 1872 году число этихъ городовъ возросло уже до 98. Съ тѣхъ поръ ирригаціонная очистка сточныхъ водъ сдѣлала дальнѣйшіе значительные успѣхи и на континентѣ.

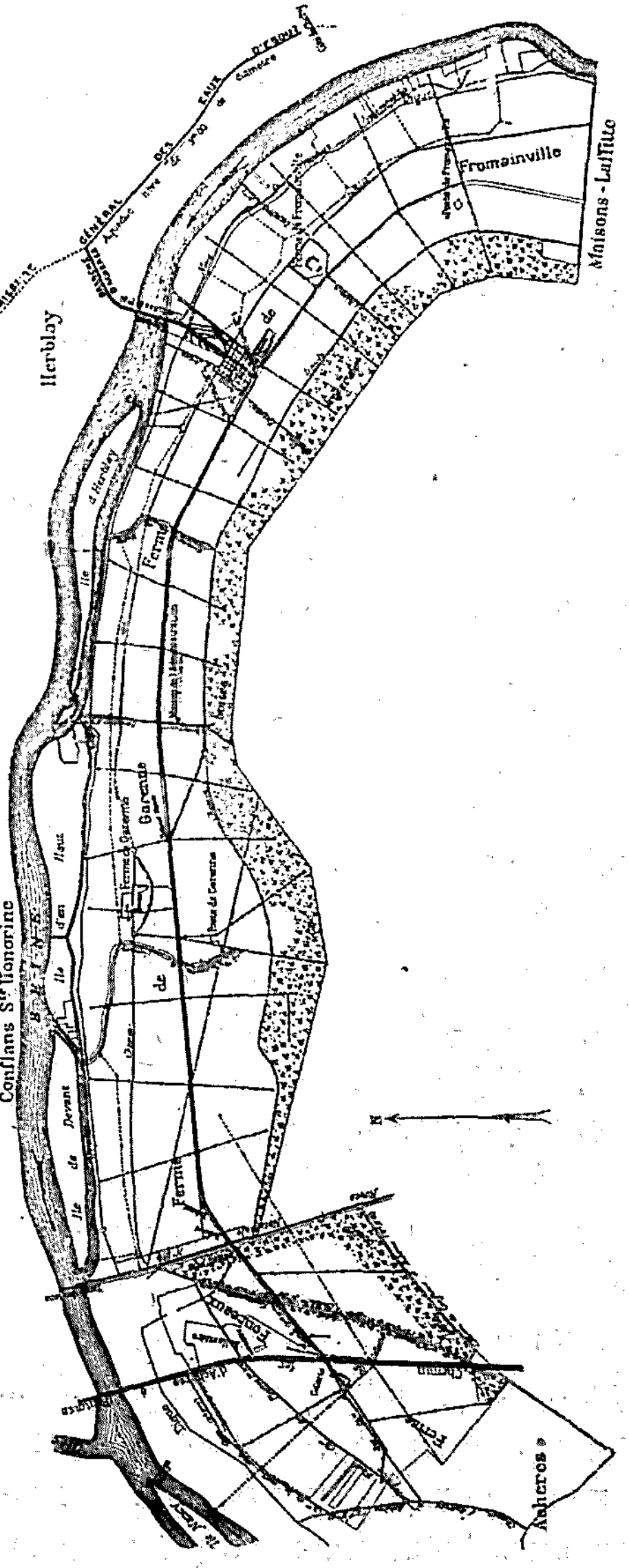
Нынѣ на европейскомъ материкѣ правильное орошеніе культурныхъ земель содержимымъ городскихъ водостоковъ производится въ Берлинѣ, Бреславлѣ, Данцигѣ, Парижѣ, Одессѣ, Кіевѣ, Москвѣ и др.

Орошеніе должно быть разсматриваемо какъ усовершенствованная перемежающаяся фильтрація. Оно отличается отъ послѣдней тѣмъ, что здѣсь къ фильтраціи присоединяется жизнедѣятельность растеній, благодаря чему химическое превращеніе органическихъ, способныхъ къ гніенію, веществъ, и окончательное извлеченіе ихъ изъ почвы совершается скорѣе и лучше, нежели въ почвѣ, лишенной растительности. При простой фильтраціи окончательные продукты разложенія—нитраты, углекислота и проч.—постепенно вымываются изъ почвы дождями или же переходятъ въ атмосферный воздухъ, тогда какъ при орошеніи культурной земли они всасываются большею частью растеніями и употребляются ими для питанія ихъ организма.

Трудно сказать, на сколько сами корни растеній содѣйствуютъ очищенію клоачной жидкости. Въ общемъ думаютъ, что растенія принимаютъ лишь минерализованные продукты происходящихъ въ почвѣ процессовъ разложенія органическихъ веществъ, хотя, по нѣкоторымъ наблюденіямъ, тончайшіе отростки корней и обладаютъ до извѣстной степени способностью всасывать растворенныя органическія вещества и безъ предварительнаго разложенія ихъ въ почвѣ. Но что роль корней въ этомъ отношеніи не можетъ быть значительна, доказывается уже тѣмъ, что очищеніе клоачной жидкости почвой продолжается и зимой, при чемъ питательный матеріалъ, накопившись такимъ образомъ въ почвѣ, утилизуется растеніями лишь весной. Вообще, при благопріятныхъ климатическихъ условіяхъ, времена года оказываютъ лишь незначительное вліяніе на очищающую силу почвы, но уже въ Англіи эта способность въ зимнее время нѣсколько уменьшается.

Для достиженія надлежащей очистки сточныхъ водъ посредствомъ орошенія необходимы, однако, слѣдующія условія:

Очистка сточныхъ водъ посредствомъ орошенія полей.



Черт. 962. — Планъ ирригаціонныхъ полей въ Ашерѣ. Масштабъ $\frac{1}{60.000}$ нат. в.

Объясненіе. Сплошной чертой показаны трубы, по коимъ протекаютъ сточныя воды.
Точки на сплошныхъ линіяхъ—оросительные краны.
Пунктирной чертой показаны дренажныя трубы, по коимъ прошедшія сквозь почву воды удаляются съ участка.
Точка на пунктирныхъ линіяхъ—колодцы для осмотра и очистки дренажной сѣти.
(см. Bechmann et Launay—Notice sur les travaux d'Achères).

a) Надлежащая скважистость почвы, дабы вода въ ней не застанвалась и дабы воздухъ могъ проникать въ ея поры въ достаточномъ для окисленія количествѣ.

b) Извѣстный порядокъ въ поступленіи грязныхъ водъ на орошаемые участки и въ правильномъ распредѣленіи водъ, причемъ должно заботиться о томъ, чтобы вода имѣла возможность оставаться должное время въ соприкосновеніи съ почвой.

c) Дренажъ почвы, достаточный для удаленія всего количества стекающихъ съ полей очищенныхъ водъ.

§ 190. Значеніе состава почвы и отношеніе между количествомъ сточныхъ водъ и орошаемой поверхностью.

По существующимъ изслѣдованіямъ и наблюденіямъ, очищеніе клоачной жидкости происходитъ лучше въ почвѣ, содержащей глину и черноземъ, нежели въ чисто-песчаной почвѣ.

Правда песокъ можетъ временно поглотить огромныя количества сточной воды, но онъ очищаетъ ее неудовлетворительно, и если такую почву въ теченіе нѣкотораго времени орошать большими массами клоачной жидкости, то послѣдняя, быстро протекая черезъ песокъ, не имѣетъ времени отдавать ему значительныя количества растворенныхъ и взвѣшанныхъ въ ней веществъ и стекаетъ плохо очищенною, загрязняя собою почвенную воду. Подобное явленіе наблюдалось въ сильной степени въ наносной песчаной почвѣ, которая орошалась въ Берлинѣ, въ видѣ опыта, во время производства подготовительныхъ работъ въ канализаціи.

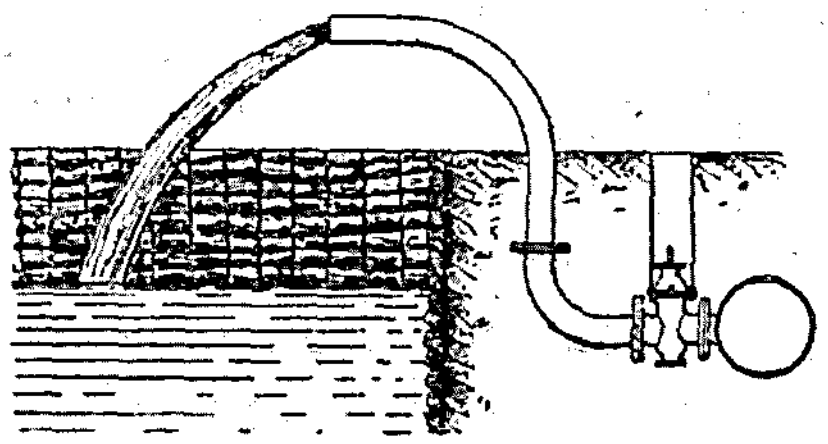
Впрочемъ для нѣкоторыхъ песковъ (Данцигъ) коэффиціентъ поглощенія, т. е. разница въ удѣльномъ вѣсѣ жидкости до и послѣ прохожденія ея черезъ почву можетъ возрастать съ теченіемъ времени.

Поглощенію подвергаются главнымъ образомъ азотъ—содержащія соединенія и фосфорная кислота; хлоръ же задерживается въ незначительной степени, такъ что по количеству хлора, находящагося въ стекающей съ орошаемаго поля водѣ, нельзя судить объ очистительной способности данной почвы. Примѣромъ, подтверждающимъ сказанное, могутъ служить графики, предоставленные на черт. 953—957 (Парижъ) и данныя, приводимыя ниже—относительно химическаго состава содержимаго сплавныхъ каналовъ въ Бреславлѣ съ од-

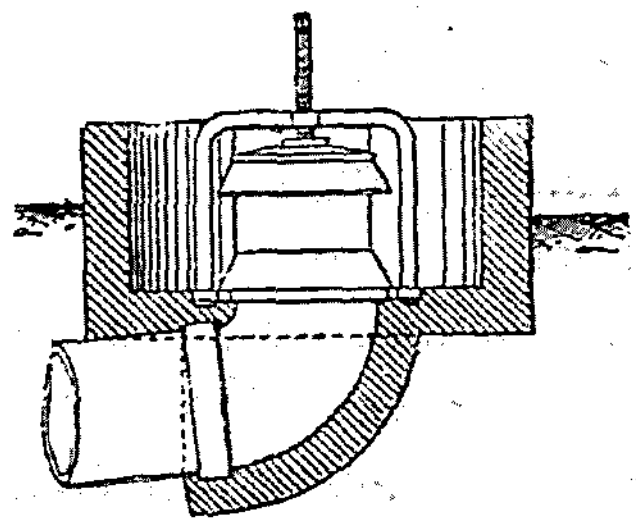
Очистка сточныхъ водъ посредствомъ орошенія полей.



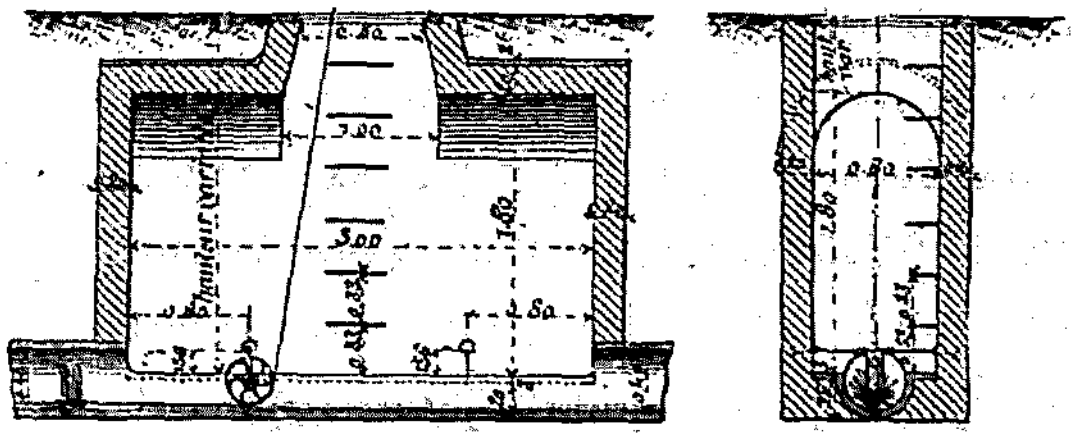
Черт. 963. — Наиболѣе цѣлесообразный видъ раздѣлки ирригаціоннаго поля, орошаемаго сточными водами. Орошеніе происходитъ исключительно просачиваніемъ изъ канавокъ воды въ стороны, причемъ ни поверхность земли, ни растенія не приходятъ въ соприкосновеніе съ сточной водой.



Черт. 964.—Оросительный кранъ, примѣненный на ирригаціонныхъ поляхъ Берлина.



Черт. 965. — Оросительный кранъ, примѣненный на Парижскихъ ирригаціонныхъ поляхъ (см. еще черт. 968—971).



Черт. 966 и 967. — Разрѣзы продольный и поперечный колодца для осмотра и очистки дренажной сѣти, примѣненнаго въ Парижѣ на Ашерскихъ поляхъ (размѣры въ метрахъ). Разстояніе между колодцами 200 метровъ. Очистка трубъ производится круглыми щетками, которыя двигаютъ между двумя колодцами посредствомъ проволокъ, перекинутыхъ черезъ блокъ.

Примѣчаніе. Разстояніе между оросительными кранами 50—100 метровъ, причемъ на каждый кранъ должно приходиться не болѣе 3—4 гектаровъ орошаемой поверхности.

ной стороны, и дренажной воды орошаемыхъ полей—съ другой (цифры обозначаютъ граммы въ 1 литрѣ воды):

	Клоачная жидкость:	Дренажная вода съ орошаемыхъ полей:
Сухого остатка	0,981—1,505	0,561
Минеральныхъ веществъ .	0,577—0,769	0,461
Органическихъ » .	0,404—0,736	0,100
Азота	0,065—0,127	0,030
Сѣрной кислоты	0,042—0,118	0,081
Хлора	0,107—0,152	0,097
Фосфорной кислоты. . .	0,017—0,029	слѣды
Кали.	0,047—0,858	0,016
Натра	0,090—0,124	0,096
Извести.	0,044—0,099	0,103

Степень очищенія клоачной жидкости при орошеніи культурной земли въ значительной мѣрѣ зависитъ отъ отношенія между количествомъ сточныхъ водъ и орошаемою ими поверхностью земли. Если количество земли, отведенное для орошенія, мало, если, вслѣдствіе этого, земля получаетъ больше грязной воды, чѣмъ она въ состояніи перерабатывать, если данная мѣстность не обладаетъ выгодными условіями для естественнаго дренажа, *а искусственный дренажъ не устроенъ*, то въ такомъ случаѣ, кромѣ загрязненія почвенной воды неудовлетворительно очищаемою клоачною жидкостью, легко можетъ произойти подпочвенное наводненіе, уровень почвенной воды можетъ подняться и орошаемое поле можетъ мѣстами превратиться въ болото.

Отсюда необходимость располагать для успѣшной очистки сточныхъ водъ путемъ орошенія — обширными территоріями. Экономическіе интересы городскаго общества составляютъ, однако, вѣское препятствіе для чрезмѣрнаго расширенія орошаемыхъ поверхностей, ибо земля въ окрестностяхъ большихъ городовъ обыкновенно стоитъ весьма высоко въ цѣнѣ.

Въ Англіи, среднимъ числомъ, на 1 гектаръ орошаемаго поля приходится около 250 чел. (почти 300 чел. на 1 десятину) городскаго населенія или отъ 12500 до 25000 куб. метр. клоачной жидкости въ годъ.

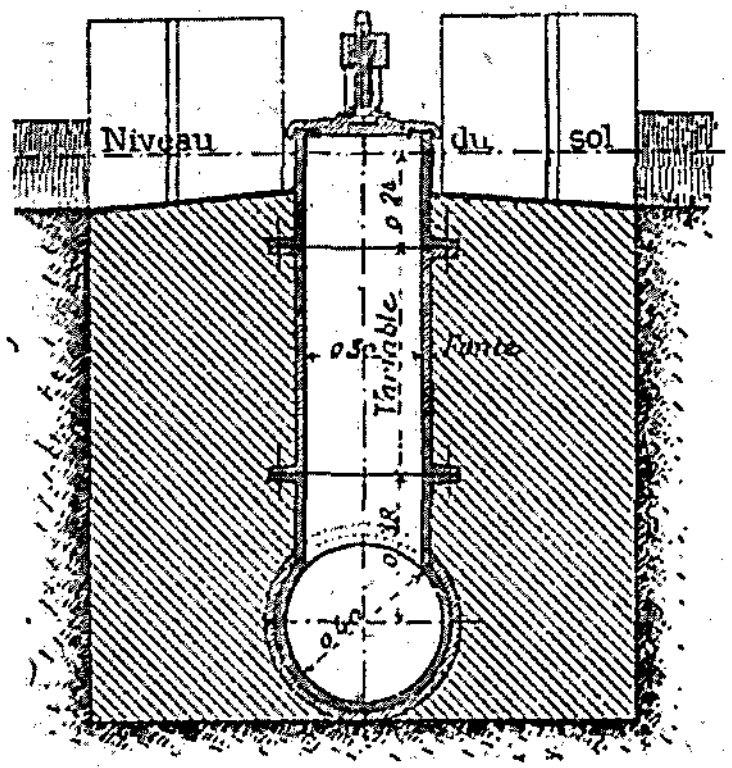
Въ Берлинѣ на 1 гектаръ орошаемой земли по даннымъ проф. Эрисмана приходилось приблизительно 460 чел. городского насе-

Канализація города Парижа.

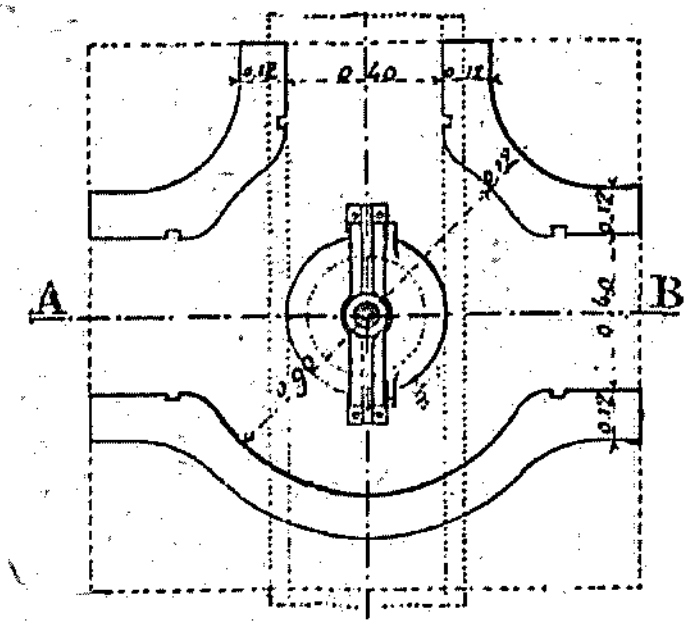
Устройство оросительнаго крана на Ашерскихъ поляхъ, отпираемаго особымъ ключемъ.

Оросительная канавка.

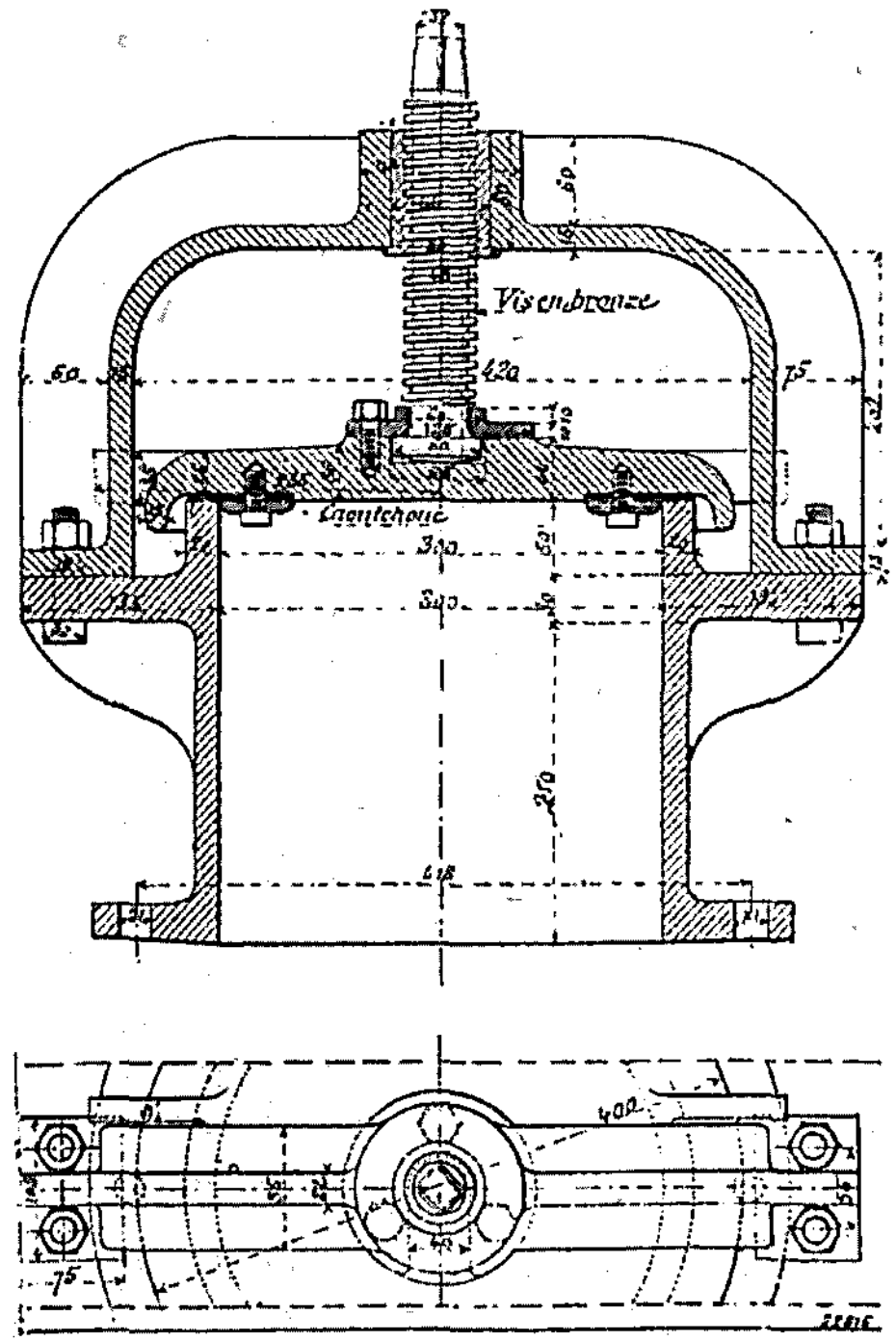
Каменная кладка.



Оросительная канавка.



Черт 968 и 969. — Разрѣзъ по *AB* и планъ оросительнаго устья. Пазы въ верхней части каменнаго массива, въ коемъ заложена чугунная труба, служатъ для вдвиганія щитковъ и направленія воды въ ту или другую изъ сходящихся у крана оросительныхъ канавокъ.



Черт. 970 и 971.— Разрѣзъ и планъ затвора.

ленія или около 25000 куб. метр. клоачной жидкости, а по повѣйшимъ свѣдѣніямъ Bechmann'a—14000 куб. метр.

Въ Данцигѣ число людей на 1 гектаръ равняется 470 чел., а количество клоачной жидкости 34000 куб. метр. въ годъ.

Въ Парижѣ установлена закономъ норма въ 40000 куб. метр. на гектаръ въ годъ, отвѣчающая населенію въ 600 человѣкъ. (Bechmann, p. 247).

Для Москвы, въ случаѣ устройства сплавной канализаціи, Гобрехтъ, въ своемъ проектѣ канализаціи г. Москвы, предлагаетъ отвести подъ орошаемыя земли 1725 гектаровъ или 1578 десятинъ.

Слѣдуетъ, впрочемъ, сказать, что такія данныя по одной какой-нибудь мѣстности не могутъ быть непосредственно переносимы на другую, и лишь подробное изученіе мѣстныхъ условій, въ томъ числѣ количества выпадающихъ осадковъ, направленія и силы господствующихъ вѣтровъ, колебанія подпочвенныхъ водъ и т. д., а съ другой стороны свойствъ растительнаго покрова, его потребность въ удобрительныхъ веществахъ и пр., въ каждомъ данномъ случаѣ даетъ возможность, хотя бы приблизительно, опредѣлить впередъ, сколько земли потребуется для удовлетворительнаго очищенія всѣхъ сточныхъ водъ города.

Необходимо при этомъ замѣтить, что опредѣленныя такимъ образомъ количества воды, которыя могутъ быть очищены посредствомъ орошенія, обыкновенно гораздо болѣе значительны, чѣмъ нужно для культуры посаженныхъ на ирригаціонныхъ поляхъ растеній. Для послѣднихъ количество удобрительныхъ продуктовъ, заключающееся въ изверженіяхъ 50 человѣкъ на одинъ гектаръ ирригаціоннаго поля, есть должный предѣлъ, который можетъ быть доведенъ въ крайнемъ случаѣ до 100 человѣкъ на гектаръ. Бо́льшаго количества растенія переработать не могутъ. Слѣдовательно въ почвѣ долженъ постепенно увеличиваться запасъ неизрасходованнаго органическаго матеріала и ея первоначальныя очистительныя свойства измѣняться—разъ количество приводимой воды заходитъ за указанную пропорцію 100 человѣкъ на гектаръ. Въ этомъ затрудненіи совмѣстить интересы ассенизаціи города и земледѣльческой культуры при дороговизнѣ земли близъ городовъ и необходимости имѣть земли съ незаурядно встрѣчающимися свойствами—и лежитъ одно изъ главнѣйшихъ затрудненій къ успѣшному распространенію ирри-

гаціоннаго способа очистки сточныхъ водъ. Для правильной постановки дѣла очистки сточныхъ водъ посредствомъ ирригаціи необходимо поэтому самое тщательное предварительное изученіе мѣстныхъ условій, въ томъ числѣ и потребностей земледѣльческихъ культуръ, возможныхъ въ данной мѣстности.

Вопросъ о количествѣ сточной воды нужномъ для разныхъ культуръ, выходитъ за предѣлъ настоящаго курса. Земледѣльческая гидравлика, читаемая въ Институтѣ, въ видѣ курса Орошенія и Осушенія, должна разсматривать этотъ вопросъ съ должной подробностью.

Нѣкоторыя свѣдѣнія о немъ спеціально по отношенію къ ирригаціоннымъ городскимъ полямъ, см. въ указанныхъ въ началѣ настоящаго выпуска источникахъ, въ томъ числѣ у *Pigmant*—Principes d'assainissement, p. 302. (Paris, 1890).

§ 191. Сооруженія для отвода сточныхъ водъ на поля.

Немногіе большіе города занимаютъ такое мѣстоположеніе, которое имъ позволяетъ пользоваться, для отвода клоачной жидкости на орошаемыя земли, естественными условіями уклона. Почти всегда вся масса сточной воды должна быть искусственно поднимаема до извѣстной высоты, что въ техническомъ отношеніи не встрѣчаетъ, разумѣется, никакихъ затрудненій. Для этого устраиваются такъ называемыя насосныя станціи, которыя, смотря по мѣстнымъ условіямъ, помѣщаются въ чертѣ города или за городомъ и занимаютъ самое низменное мѣсто того участка, который посылаетъ сюда свои грязныя воды, такъ какъ къ нимъ должны сходиться наиболѣе глубоко заложенныя устья главныхъ коллекторовъ. На насосной станціи (черт. 948—952 и 958) находятся большіе пріемные резервуары, разгороженные желѣзною рѣшеткою такъ, что грязныя воды, до вступленія во всасывающія трубы подъемныхъ машинъ, должны пройти сквозь эту рѣшетку; она задерживаетъ предметы, могущіе повредить клапаны насосовъ (щепки, тряпки и т. д.). Изъ пріемныхъ резервуаровъ грязныя воды поднимаются насосами до требуемой высоты и затѣмъ, если позволяютъ мѣстныя условія, стекаютъ по естественному уклону на орошаемыя земли или же прогоняются паровыми машинами прямо на самое возвышенное мѣсто поля орошенія.

Высота, на которую при этомъ поднимаются сточныя воды, бываетъ иногда весьма значительна:

въ Данцигѣ она равняется 9,5 метр. (4,5 саж.);

въ Берлинѣ орошаемыя земли для южныхъ частей города находятся на 22 метра (10,3 саж.) выше пріемныхъ резервуаровъ въ насосной станціи;

въ Москвѣ, по проекту Гобрехта, часть сточныхъ водъ приходилось бы поднимать на высоту 12,1 метр. (5,76 саж.), а другую часть на высоту 34,1 метр. (16 саж.) и т. д.

Въ санитарномъ отношеніи насосныя станціи, даже если онѣ расположены среди населенныхъ частей города, не внушаютъ опасеній и не распространяютъ никакого дурного запаха.

На случай сильныхъ ливней, когда подъемныя машины не могутъ справиться со всей притекающею къ нимъ жидкостью, насосныя станціи должны быть снабжены запасными выпусками.

Отъ насосной станціи сточныя воды ведутся на ирригаціонныя поля посредствомъ трубопровода, который обыкновенно имѣетъ большія сѣченія, и дѣлаются изъ чугуна, а въ нѣкоторыхъ сооруженіяхъ новѣйшаго времени изъ бетона (Gennevilliers—Парижъ) или желѣзобетона (Acherès и Mery—Парижъ).

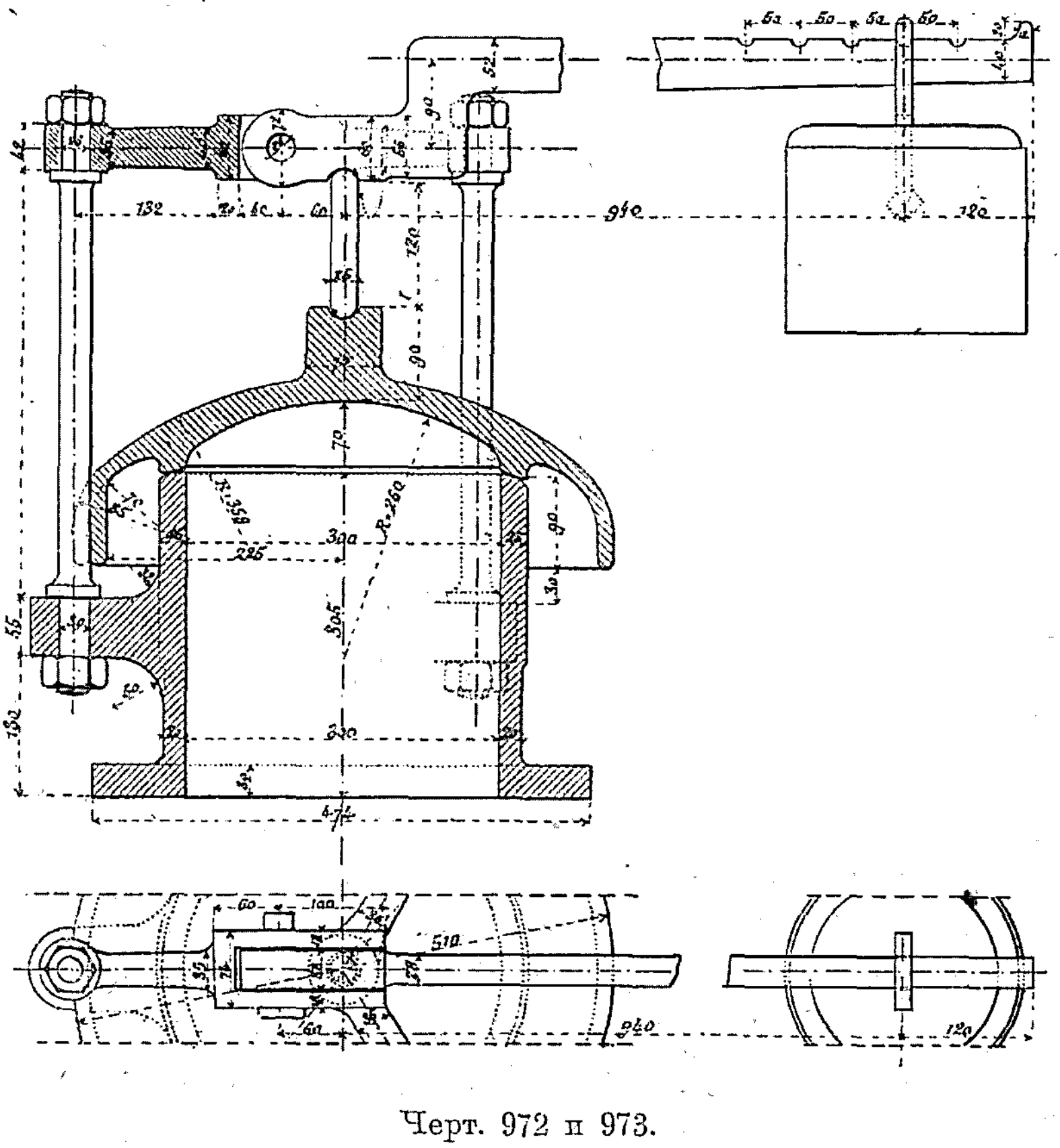
Насосы для перекачиванія нечистотныхъ водъ должны быть по возможности простого устройства. Они должны легко пропускать всякого рода взвѣшенныя части и песокъ, которыми такъ обильны эти воды, не засоряясь и не замедляя своей работы. Въ Англіи часто пользовались для этой цѣли насосами поршневыми съ вертикальными клапанами. Въ Парижѣ весьма удовлетворительные результаты получаются отъ примѣненія центробѣжныхъ насосовъ большого діаметра (до 2 метровъ).

Вслѣдствіе непостоянства расхода сточныхъ водъ къ насосной станціи притекаетъ весьма перемѣнное количество воды; нужно, чтобы водоподъемныя машины имѣли достаточную силу для исполненія наибольшей работы и были элластичны, т. е. способны работать выгодно при значительныхъ калебаніяхъ въ количествѣ поднимаемой воды. При такой элластичности подъемныхъ машинъ можно избѣжать устройства у насосныхъ станцій запасныхъ рузервуаровъ, сооруженій дорогихъ и опасныхъ для общественнаго здравія.

Разсчетъ силы наносовъ, а также трубопроводовъ для перемѣ-

Очистка сточныхъ водъ посредствомъ орошенія полей.

Канализація города Парижа.



Черт. 972 и 973.

Разрѣзъ и планъ предохранительнаго автоматическаго оросительнаго крана, примѣненнаго на Ашерскихъ поляхъ въ Парижѣ. Такіе краны поставлены въ наиболѣе высокихъ точкахъ каждой вѣтви, отходящей отъ главной приводной трубы. Краны открываются при давленіи въ 35 метровъ.

Примѣчаніе. При болѣе низкихъ предѣльныхъ давленіяхъ (Берлинъ и Женвилье) для предохраненія напорной оросительной сѣти служатъ открытыя вертикальныя чугунныя трубы (водонапорныя колонны), верхній уровень коихъ соотвѣтствуетъ предѣльному давленію.

щенія сточныхъ водъ на поля совершенно одинаковы съ подобными же разсчетами водопроводовъ.

Какъ бы ни были доставлены сточныя воды, къ орошаемому полю, силою ли тяжести или пара, въ открытыхъ въ каналахъ или въ трубопроводахъ, онѣ должны быть вслѣдъ засимъ распредѣлены по полю при помощи сѣти каналовъ или трубъ, чтобы исполнить оросительное и удобрительное назначеніе (черт. 959—962). Сѣть эта можетъ быть или круговая, замкнутая, или съ тупыми вѣтвями, какъ и въ обыкновенныхъ водоснабженіяхъ. Круговая система предпочитается, когда поле раздѣлено между большимъ числомъ хозяевъ, занимающихся разными культурами, и потребность каждаго не можетъ быть заранѣе исчислена. Если же все поле эксплоатируется, какъ одно цѣлое, по опредѣленному земледѣльческому плану, то можно пользоваться болѣе дешевой некруговой системой. Водопроводная сѣть должна быть раздѣлена на самостоятельные уединяемые другъ отъ друга участки, чтобы было возможно соблюдать въ поливкѣ періодичность, безъ которой не возможны ни должная очистка водъ, ни благопріятное произрастаніе растеній (см. § 192). Затѣмъ сѣть, если она состоитъ изъ открытыхъ канавъ, должна имѣть заслонки, а трубчатая сѣть—краны для выпуска воды въ оросительныя канавки. Эти устья сѣти располагаются обыкновенно въ 30—100 метрахъ другъ отъ друга и обслуживаютъ 3—4 гектара максимумъ. Типы такихъ устьевъ показаны на черт. 964, 965, 968—971. Когда вода доставляется на ирригаціонныя поля по трубопроводамъ механической силой, — можетъ случиться, что разборка воды не будетъ происходить въ должномъ соотвѣтствіи съ ея притокомъ и давленіе въ трубахъ можетъ возрасти до предѣла ихъ прочности. Чтобы предупредить разрывы трубъ устраиваютъ автоматическіе предохранительные клапаны, подобные паровымъ (черт. 972—973), открывающіеся когда давленіе достигнетъ заданнаго предѣла и выпускающіе часть воды. Въ Берлинѣ съ тою же цѣлью на ирригаціонныхъ поляхъ поставлены открытыя сверху *пьезометрическія* колонны, изъ которыхъ вода выливается, если давленіе больше ихъ высоты. Эти колонны служатъ также и вентиляціонными трубами для распредѣлительной сѣти. Ихъ примѣненіе удобно лишь при небольшихъ предѣлахъ давленія. Въ Парижѣ напр. ихъ пришлось бы дѣлать въ 35 метровъ вышины.

§ 192. Поля для орошенія и ихъ устройство.

Мѣстность, предназначенныя подъ поля для орошенія должна быть надлежащимъ образомъ приспособлена. Здѣсь, прежде всего, необходимо устранить всѣ тѣ условія, которыя могли бы дать поводъ къ застаиванію грязныхъ водъ на поверхности или подъ почвой и которыя, такимъ образомъ, могли бы благопріятствовать образованію поверхностныхъ или подпочвенныхъ болотъ. Вообще слѣдуетъ избѣгать неравномѣрнаго распредѣленія жидкости по площади орошаемыхъ полей и нужно заботиться о томъ, чтобы не оставалось недоступныхъ для воды бугровъ, сухихъ мѣстъ и т. п. Пробныя орошенія служатъ для контроля этихъ подготовительныхъ работъ. Затѣмъ, *въ большинствѣ случаевъ нельзя обойтись безъ искусственнаго дренажа орошаемыхъ участковъ*, обезпечивающаго надлежащій стокъ прошедшимъ черезъ поверхностные слои почвы водамъ.

Примѣръ Парижа показываетъ, къ какимъ непріятнымъ послѣдствіямъ можетъ вести несоблюденіе этого правила, игнорированіе котораго, въ прежнее время, не рѣдко навлекало справедливыя нареканія на систему орошенія вообще. Въ Парижѣ, съ конца 60-хъ годовъ, часть клоачной жидкости, доставляемой коллекторами, употребляется на орошеніе земли на образуемомъ извилинами р. Сены полуостровѣ Gennevilliers, имѣющемъ скважистую, хрящево-песчаную, наносную почву, каждый гектаръ который получаетъ около 40,000—50,000 куб. метр. сточной воды въ годъ. Въ 1869 году, когда началось орошеніе, почвенная вода на полуостровѣ стояла на 4—4,5 метр. подъ поверхностью; но уже въ 1876 г. было оффиціально констатировано, что уровень грунтовой воды, въ общемъ, поднялся на 2 метра и что мѣстами вода находится лишь на 1,5 метра подъ поверхностью. Правда, повышеніе грунтовой воды, отчасти, могло быть приписываемо устройству въ р. Сенѣ новыхъ плотинъ, затруднявшихъ стокъ грунтовой воды съ полуострова въ рѣку; но нельзя было отрицать существеннаго участія въ этомъ дѣлѣ и орошенія; и такъ какъ, вслѣдствіе подъема подпочвенныхъ водъ, затоплялись нѣкоторые подвалы и загрязнялись нѣкоторые колодцы въ сосѣдней деревнѣ, то появились громкіе протесты со стороны пострадавшихъ, было предъявлено много исковъ къ общественному

управленію г. Парижа, было вообще подпято много шума и городъ оказался вынужденнымъ снабдить орошаемую мѣстность искусственнымъ дренажемъ.

Точно также въ Берлинѣ на орошаемомъ полѣ близъ Осдорфа, съ котораго вначалѣ вода стекала исключительно естественными путями, наблюдалось повышеніе грунтовой воды $1^1/_2$—2 метр. и нѣкоторыя низменности превратились въ болотца, вслѣдствіе чего пришлось провести тамъ мѣстами искусственный дренажъ. Въ настоящее время $71^0/_0$ всей площади Берлинскихъ полей для орошенія снабжены правильнымъ дренажамъ.

Наконецъ, и на орошаемыхъ поляхъ въ Данцигѣ грунтовая вода поднялась на 1,3 метра, но тамъ, благодаря особенно благопріятнымъ условіямъ, искусственный дренажъ оказался пока излишнимъ.

Вообще повышеніе почвенной воды на орошаемыхъ поляхъ кажется явленіемъ общимъ, постояннымъ и во всякомъ случаѣ заслуживающимъ вниманія. Поверхность орошаемыхъ полей должна быть раздѣлана соотвѣтственно роду культивируемыхъ растеній и общему характеру мѣстности и климата (черт. 963). Подробности относительно этихъ работъ, а равно и дренажа почвы составляютъ принадлежность курса «Орошенія и Осушенія». Здѣсь слѣдуетъ, однако, замѣтить, что *для орошенія сточными водами нельзя примѣнять* всѣ способы раздѣлки поверхности поля и напусканія воды, употребляемые при пользованіи *чистою* водой. Нужно всемѣрно заботиться, чтобы растенія не приходили въ непосредственное соприкосновеніе со сточной водой, особенно растенія, листья и стебли коихъ употребляются въ пищу людьми или животными съ сыромъ видѣ. Причина ясна—возможность зараженія. Поэтому орошеніе *не должно* производиться здѣсь по откосной системѣ, когда вода льется по длинному скату или по нагрядной, когда она сливается по короткимъ скатамъ, но все же движется по поверхности земли. Единственный способъ, который можно примѣнять,—это бороздчатый или фильтраціонный, при которомъ вода наполняетъ канавки или борозды между грядами и всасывается въ почву сбоку, достигая корней растеній въ профильтрованномъ видѣ. Такія канавки должно отъ времени до времени прочищать, чтобы ихъ фильтрующая способность не уменьшилась очень значительно. Орошеніе должно быть перемежающимся чтобы въ промежутокъ между двумя поливками

могла произойти нитрификація органическихъ веществъ, заключенныхъ въ сточной водѣ. Въ этихъ видахъ орошенное поле должно раздѣлить на участки и устроить правильный оборотъ поливки.

Дренажъ долженъ быть возможно совершенный и снабженный средствами для прочистки трубъ (см. черт. 966—967).

§ 193. Зимнее орошеніе и зимніе бассейны.

Весьма важенъ, и притомъ не только въ техническомъ, но и въ санитарномъ отношеніи, вопросъ: можетъ ли орошеніе продолжаться и зимой, и что въ противномъ случаѣ слѣдуетъ дѣлать въ зимнее время съ содержимымъ водостоковъ? Отвѣтъ на эти вопросы долженъ быть различенъ, смотря по климатическимъ условіямъ данной мѣстности. Въ Англіи, напр., гдѣ морозы бываютъ весьма незначительны, орошеніе можетъ идти безпрепятственно круглый годъ; на сѣверѣ же, какъ напр. въ Берлинѣ или у насъ, зимнее орошеніе крайне затруднительно, если не невозможно. Правда, опыты, произведенные въ Берлинѣ, доказали, что сточныя воды даже во время сильныхъ морозовъ, поглощаются песчаною почвой, и къ тому же результату пришелъ и проф. Фадѣевъ, производившій опыты съ зимнимъ и лѣтнимъ орошеніемъ въ Петровской земледѣльческой академіи въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ; но тѣмъ не менѣе, зимнее орошеніе едва ли возможно, какъ общая мѣра, во-первыхъ, потому что оно требуетъ особенныхъ условій и приспособленій и, во-вторыхъ, потому что на орошаемой зимой землѣ растительность погибаетъ даже въ томъ случаѣ, если земля покрывается предохраняющимъ ее отъ вліянія мороза слоемъ льда и снѣга. Поэтому въ Берлинѣ орошеніе производится теперь лишь съ Мая по Октябрь, а въ остальное время года сточныя воды направляются въ такъ называемые накопные или зимніе бассейны, занимающіе огромную площадь и устроенные такъ, что отведенный для нихъ участокъ сплошь разбитъ промежуточными дамбами на отдѣльные бассейны. При устройствѣ ихъ по возможности избѣгаются излишнія земляныя работы. Матеріалъ, доставляемый необходимыми земляными выемками, употребляется для насыпи дамбъ. Дно бассейновъ закладывается на столько глубоко, чтобы можно было наполнить каждый бассейнъ водой на 1 метръ (0,47 саж.). Подъ дномъ бассейновъ въ случаѣ надобности прокла-

дываются дренажныя трубы. По наполненіи бассейновъ сточными водами жидкость просачивается въ почву и стекаетъ либо по дренажнымъ трубамъ, либо по естественному уклону непроницаемаго для воды слоя, а плотныя части образуютъ иловатый осадокъ на днѣ бассейновъ. Въ лѣтнее время накопные бассейны занимаются подъ культуру, чѣмъ и уничтожается грязный осадокъ.

Устройство накопныхъ бассейновъ даетъ возможность избѣгать и въ зимнее время непосредственнаго спуска грязныхъ водъ въ рѣки. Необходимо только соразмѣрить количество направляемой въ эти бассейны сточной воды съ качествомъ почвы и съ ея способностью переработывать поглощаемый ею матеріалъ,—другими словами необходимо и здѣсь избѣгать всякаго пресыщенія почвы нечистотами. Наконецъ слѣдуетъ обратить вниманіе и на то обстоятельство, что временами накопные бассейны могутъ распространять не совсѣмъ пріятный запахъ; такъ что они должны быть расположены по возможности дальше отъ человѣческаго жилья.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ когда имѣются обширныя пространства земли мало пригодной въ естественномъ состояніи для цѣлей культуры растеній, можно разливать зимой нечистотныя воды на такихъ участкахъ съ цѣлью накопленія въ ихъ почвѣ удобрительныхъ веществъ и постепеннаго улучшенія ихъ культурныхъ качествъ. Такой пріемъ, будучи очень выгоднымъ самъ по себѣ, позволяетъ избѣжать устройства накопныхъ бассейновъ, но возможенъ, конечно, далеко не вездѣ.

§ 194. Значеніе орошаемыхъ сточными водами полей въ санитарномъ отношеніи и стоимость ирригаціоннаго способа очистки.

Въ санитарномъ отношеніи орошаемыя сточными водами поля вызываютъ, съ одной стороны, опасеніе порчи воздуха въ окрестностяхъ этихъ полей, а съ другой—возможность распространенія заразныхъ болѣзней.

Нѣтъ сомнѣнія, что, при неряшливомъ веденіи дѣла, съ орошаемыхъ земель могутъ подниматься зловонныя испаренія въ болѣе или менѣе значительномъ количествѣ. Но при заботливомъ отношеніи къ орошенію, при правильномъ веденіи его, орошаемыя земли обыкновенно не издаютъ дурного запаха. Такъ рѣдко бываетъ зловоніе на

подобныхъ земляхъ, что въ г. Норвудѣ, въ Англіи, по оффиціальнымъ источникамъ, на разстояніи 200—250 метр. отъ поля орошенія дома имѣютъ такую же цѣнность, какъ и на разстояніи 700 метровъ. Всѣ посѣтители поражаются отсутствіемъ зловонія на полуостровѣ Женевилье въ Парижѣ. По словамъ сосѣдей Берлинскихъ полей орошенія, слабый запахъ замѣчается лишь иногда съ подвѣтренной стороны; то же самое слѣдуетъ сказать и объ орошаемыхъ земляхъ въ Данцигѣ. Воздухъ на такихъ же поляхъ въ Кройдонѣ до такой степени чистъ, что тамъ эти поля и огороды служатъ мѣстомъ гулянья для городскихъ жителей и въ непосредственной окрестности ихъ находится много дачъ.

Вліяніе полей орошенія на распространеніе брюшного тифа, холеры или другихъ инфекціонныхъ болѣзней фактически до сихъ поръ нигдѣ не наблюдалось, и даже съ тѣхъ немногихъ случаяхъ, гдѣ оно подозрѣвалось, тщательное изученіе дѣла всегда давало отрицательные результаты. Теоретически можно себѣ представить, что при извѣстныхъ условіяхъ орошаемая земля могла бы сдѣлаться воспріимчивою для холернаго яда и что, если бы на нее, вмѣстѣ со сточною водой, попалъ холерный или тифозный зародышъ, между занятыми на полѣ рабочими могла бы развиться холерная или тифозная эпидемія; но на самомъ дѣлѣ подобныя опасенія по словамъ такого спеціалиста въ вопросахъ гигіены, какъ профессоръ Эрисманъ, пока нигдѣ не оправдались, хотя, какъ было сказано, орошеніе полей практикуется напр. въ Англіи, въ широкихъ размѣрахъ, уже нѣсколько десятковъ лѣтъ.

Но, какъ бы то ни было, очистка нечисточныхъ водъ посредствомъ ирригаціонныхъ полей должна быть признана способомъ далеко не совершеннымъ и во всякомъ случаѣ не универсальнымъ. Его не всегда можно примѣнить съ успѣхомъ, а нерѣдко нельзя примѣнить и совсѣмъ. Неуспѣху много способствуетъ затрудненіе въ распоряженіи массами притекающихъ сточныхъ водъ. Они прибываютъ непрерывно въ болѣе или менѣе постоянномъ количествѣ. Потребность же въ нихъ для нуждъ орошенія крайне перемѣнна. Иногда воды требуется для растеній много, иногда мало, иногда ея не нужно вовсе. Такимъ образомъ приходится поливать растенія, которымъ поливка не нужна и даже вредна, такъ какъ нужно отдѣлываться отъ притекающихъ сточныхъ водъ. Если же земля насыщена дождями, а

тѣмъ болѣе, когда она замерзнетъ, выливаемыя сточныя воды не впитываются ею, а текутъ по поверхности, не очищаясь болѣе. Если же съ цѣлью предупрежденія заболачиванія почвы во время дождей она хорошо дренируется, то въ сухую погоду она оказывается слишкомъ проницаема и сточныя воды опять очищаются неудовлетворительно. Наконецъ количество земли нужное для большихъ городовъ, какъ мы видѣли, колоссально. Если принять за норму 100 человѣкъ на гектаръ (§ 190), то для очистки сточныхъ водъ Лондона потребовалось бы при 5 милліонахъ жителей 50.000 гектаровъ земли! Понятно, что при такихъ условіяхъ, когда ни ирригаціонные, ни химическіе способы очистки, не даютъ желаемыхъ результатовъ, многіе спеціалисты продолжаютъ трудиться надъ отысканіемъ способа, который рѣшилъ бы просто и дешево поставленную задачу—обезвредить большія массы городскихъ сточныхъ водъ и извлечь возможную пользу изъ удобрительныхъ веществъ, въ нихъ содержащихся.

Но въ тѣхъ случаяхъ, когда мѣстныя почвенныя и климатическія условія благопріятствуютъ примѣненію ирригаціоннаго процесса и въ устройство полей со всѣми ихъ сооруженіями внесена безусловно необходимая въ этомъ дѣлѣ точность и тщательность, достигаются замѣчательные результаты не только по отношенію къ очисткѣ водъ, но и къ культурѣ растеній. Въ Парижѣ напр. бываетъ по два урожая овощей, по пяти сборовъ сѣна въ годъ и т. п. Одинъ гектаръ даетъ въ годъ 25.000—40.000 головъ капусты, 500 гектолитровъ картофеля и пр. и при томъ отличнаго качества.

Цѣнность земли возрастаетъ въ огромной пропорціи. Въ Парижѣ за земли, которыя до орошенія стоили не дороже 90—150 франковъ, платятъ теперь наемной платы въ годъ до 600 франковъ при цѣнѣ земли 10—15.000 франковъ за гектаръ.

Доходъ земледѣльца съ гектара составляетъ въ Парижѣ въ среднемъ 3.000 франковъ, достигая 10.000 франковъ.

Такіе результаты получаются, однако, цѣной очень крупныхъ затратъ по первоначальному устройству полей, по ихъ ирригаціи и по работамъ земледѣльческаго характера.

Отчужденіе земель, хотя бы и малоцѣнныхъ по существу, обходится дорого, вслѣдствіе близости ихъ къ городу. Обращеніе же земель въ пригодные для ирригаціи участки съ проводомъ сточныхъ водъ, устройствомъ сѣти и пр. обходится до 1—3 тысячъ франковъ

на гектаръ. Ежегодные расходы по содержанію, ремонту и эксплоатаціи водосточныхъ сооруженій также велики.

Наконецъ, при интенсивной культурѣ ирригаціонныхъ полей нужно много работы, чтобы поддерживать канавки, очищать ихъ, открывать краны и пр. и пр.

Если принять во вниманіе всѣ эти статьи расхода, то оказывается, что, за весьма немногими исключеніями случайнаго характера, доходъ отъ ирригаціонныхъ полей *не можетъ покрыть расходовъ.* Операція въ ея совокупности является дефицитной и можетъ быть осуществлена лишь во имя общественной пользы, съ тѣмъ чтобы часть расходовъ производилась изъ другихъ источниковъ городскихъ доходовъ, покрываясь косвенными выгодами отъ улучшенія общественнаго здравія. Въ Берлинѣ, напримѣръ, гдѣ счетоводство водосточнаго хозяйства ведется очень обстоятельно, погашеніе только на пріобрѣтеніе земли для орошенія и устройство полей имѣетъ отдѣльный счетъ; расходы по приводу сточныхъ водъ и ихъ распредѣленію также выдѣлены; въ счетѣ ирригаціонныхъ полей фигурируютъ лишь расходы по орошенію и земледѣльческой культурѣ—и даже этотъ счетъ почти ежегодно солодируется съ легкимъ дефицитомъ.

§ 195. Бактеріолизъ.

Заканчивая обозрѣніе способовъ очистки сточныхъ водъ посредствомъ естественныхъ агентовъ, каковы почва, растительность и бактеріи, слѣдуетъ указать на новый пріемъ очистки, пока еще находящійся въ періодѣ изученія, но имѣющій предъ собой повидимому серьезное будущее, вслѣдствіе относительной простоты и дешевизны требующихся для него сооруженій.

Это такъ называемый *бактеріолизъ* или *біологическая фильтрація.* Сущность процесса заключается въ томъ, что нечистоты подвергаются усиленному дѣйствію бактерій, которыя производятъ въ органическихъ веществахъ процессы разщепленія, способствуя окисленію и сгоранію однихъ частей и нитрификаціи другихъ. Для достиженія этихъ цѣлей идутъ двумя путями: или помѣщаютъ нечистотныя жидкости въ закрытые танки, гдѣ развиваются гнилостные процессы при посредствѣ анаэробныхъ бактерій или же помѣщаютъ нечистотныя жидкости въ открытые резервуары — фильтры, гдѣ первенствующая роль выпадаетъ на долю аэробныхъ бактерій.

Въ деталяхъ предлагаемыя устройства крайне различны въ различныхъ случаяхъ.

Одно изъ такихъ устройствъ, существующее въ Англіи въ гор. Sutton'ѣ представлено на черт. 974—976.

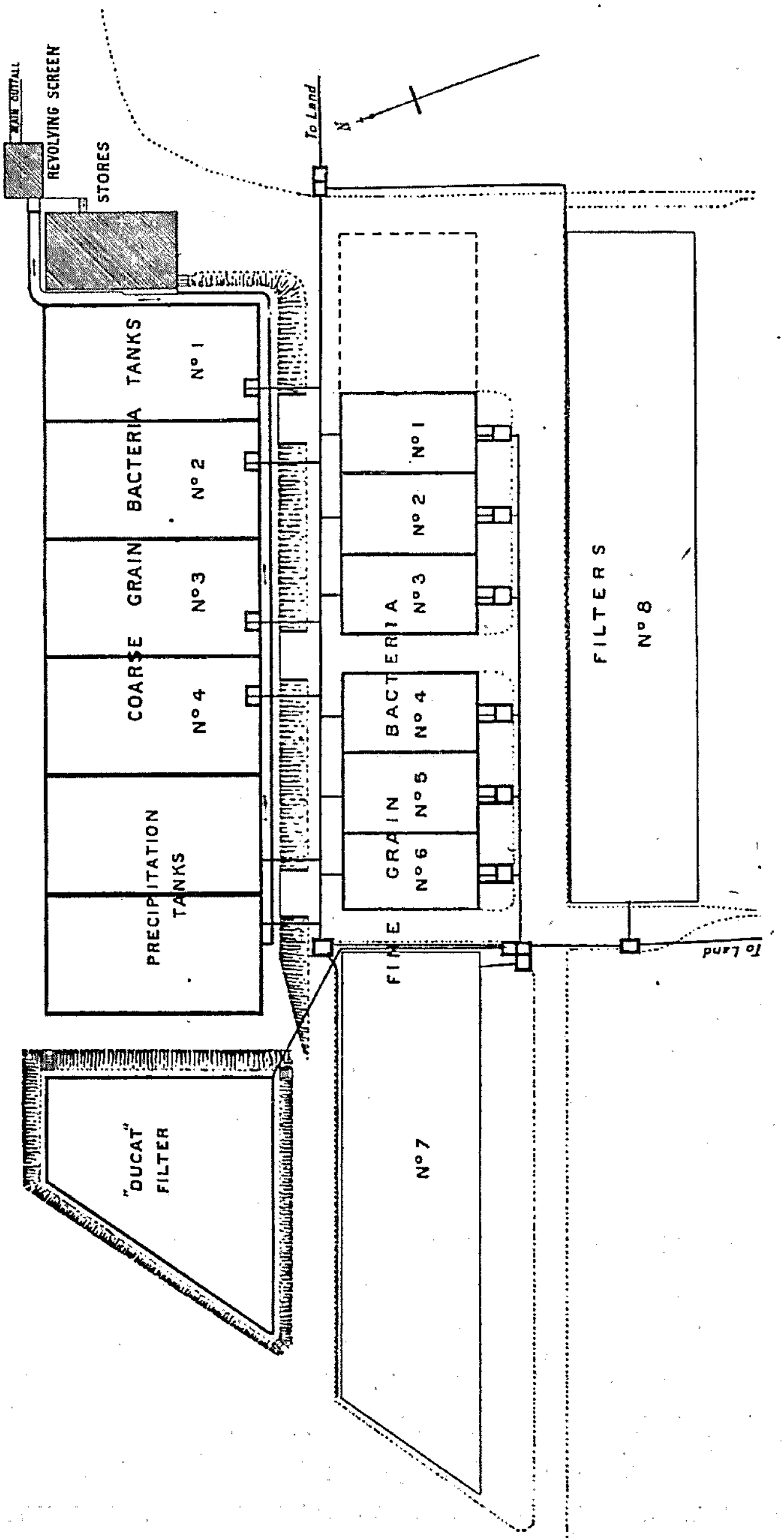
Въ г. Sutton'ѣ была устроена въ 1893 г. система сооруженій для химической очистки сточныхъ водъ и ирригаціонныхъ полей для окончательной утилизаціи отбросовъ, а также нѣкоторыхъ другихъ приспособленій, не давшая хорошихъ результатовъ. Въ 1896 году часть осадочныхъ бассейновъ для химической очистки была передѣлана въ бактеріальные фильтры по указаніямъ Диббина. Успѣхъ первыхъ опытовъ повлекъ за собою дальнѣйшую постройку новыхъ фильтровъ и полный переходъ къ бактеріолизу для очистки сточныхъ водъ г. Sutton'а, примѣру коего послѣдовали многіе англійскіе города. Общій видъ фильтраціонныхъ сооруженій Sutton'а представленъ на черт. 974, гдѣ видны еще 2 резервуара для химической очистки, 8 фильтровъ для бактеріолиза простого устройства и одинъ самовентилирующійся системы Дуката. Детали обыкновенныхъ фильтровъ представлены на черт. 975 и 976. Это простые открытые резервуары съ непроницаемыми дномъ и стѣнками, дренажною сѣтью гончарныхъ трубъ на днѣ и распредѣлительнымъ желобомъ сверху, наполненные коксомъ. Коксъ въ однихъ крупный однородный, въ другихъ болѣе мелкій. Для полной очистки воды фильтруются два раза: чрезъ крупный и затѣмъ чрезъ мелкій фильтръ. Толщина слоя кокса $3^1/_2$ и $5^1/_2$ фут.

Фильтръ наполняется сточной жидкостью равномѣрно до краевъ (на это нужно около $^3/_4$ часа) и засимъ доступъ ея автоматически прекращается, а жидкость оставляется въ фильтрѣ 2 часа. Послѣ этого фильтръ опоражнивается въ нижній мелкій или на поле орошенія (это требуетъ $1^1/_4$ часа) и затѣмъ *отдыхаетъ* 2 часа. Оборотъ операцій требуетъ 6 часовъ и фильтръ можетъ наливаться до 3 разъ въ день.

Фильтратъ вышедшій изъ вторыхъ фильтровъ имѣетъ видъ совершенно чистой воды и спускается въ ручей. (См. подробности въ Moore-Sanitary Engineering).

Не задаваясь цѣлью дать описаніе всѣхъ предложенныхъ, испытанныхъ и испытываемыхъ способовъ біологической очистки сточныхъ водъ, нельзя не сообщить хотя нѣкоторыхъ свѣдѣній о современной

Каналисація города Sutton'a (Англія).



Черт. 974.—Планъ сооруженій для бактеріальной очистки сточныхъ водъ.

Coarse grain bacteria tanks (№№ 1—4)—фильтры крупнозернистые.

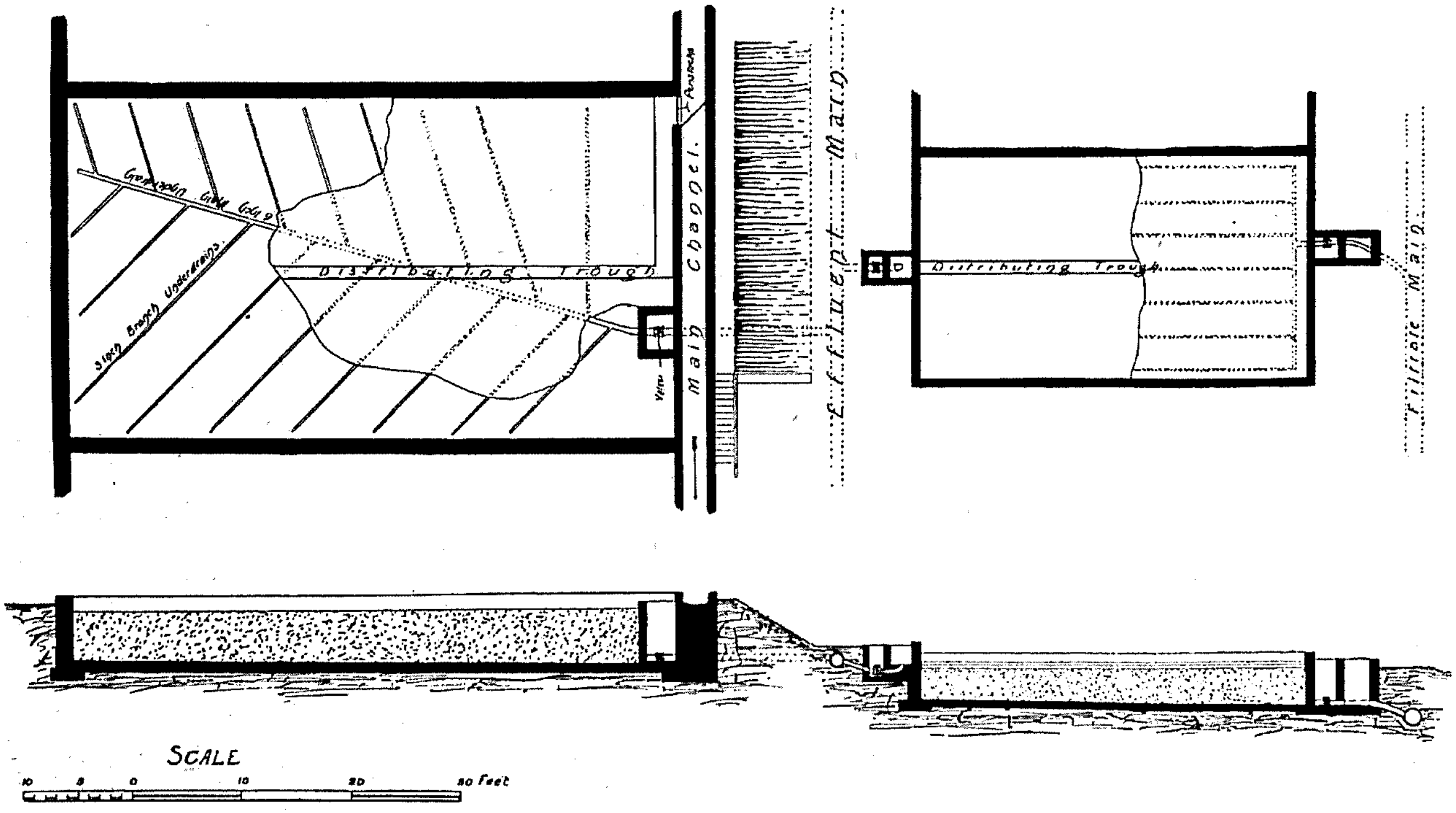
Fine " " (№№ 1—8)—фильтры мелкозернистые.

разработкѣ даннаго вопроса заграницей, такъ какъ этотъ вопросъ, несомнѣнно, является весьма важнымъ и для русскихъ городовъ.

Одними изъ первыхъ попытокъ очищать сточныя воды при помощи бактеріолиза путемъ фильтраціи были сдѣланныя въ Америкѣ, въ Массачусеттѣ (1889—1890 гг.). Затѣмъ въ Англіи Scott-Moncrieff предложилъ свой способъ восходящей фильтраціи. Послѣ этого, Cameron въ 1895 г. и Dibdin въ 1892—1896 гг. въ Лондонѣ предложили выработанные ими способы біологической очистки. Полковникъ Ducat предложилъ приспособленіе могущее отчасти быть уподобленнымъ градирнѣ и представляющее собою надземный коксовый фильтръ заключенный въ оболочку изъ дренажныхъ трубъ; проходя чрезъ этотъ фильтръ, сточныя воды подвергаются усиленному воздѣйствію кислорода воздуха. Помимо этого, предлагали также вдувать кислородъ въ сточныя жидкости искусственно или прибавлять къ нимъ нитраты натрія и другія подобныя вещества, богатыя кислородомъ. Вообще, сверхъ упомянутыхъ выше, разновидностей біологическихъ способовъ очистки сточныхъ водъ существуетъ въ настоящее время значительное количество, хотя, въ сущности, всѣ онѣ могутъ быть подведены подъ два основныхъ типа: одинъ, — въ которомъ преобладаютъ анаэробные процессы, другой — въ которомъ преобладаютъ процессы, аэробные. Подробныя свѣдѣнія объ упомянутыхъ опытахъ, а равно и о многихъ другихъ, сдѣланныхъ въ иныхъ мѣстахъ, можно найти въ сочиненіи Moore'a (Sanitary Engineering — стр. 474—528 изд. 1898 г. и 573—677 изд. 1901 г.).

Въ послѣднее время изысканіе наиболѣе совершеннаго способа очистки сточныхъ водъ особенно озабочивало городъ Манчестеръ. До сихъ поръ сточныя воды Манчестера удаляются за 10—12 верстъ отъ города въ особые отстойные бассейны, а затѣмъ непосредственно спускаются въ открытый каналъ, отводящій ихъ въ море. Вода канала, благодаря значительной примѣси сточныхъ водъ, сильно загрязняется и жители поселеній, расположенныхъ вблизи канала, потребовали отъ Манчестера, чтобы онъ такъ или иначе очищалъ предварительно свои сточныя воды. Для всесторонняго обсужденія и практическаго разрѣшенія даннаго вопроса была избрана особая комиссія экспертовъ. Эта комиссія, на основаніи собраннаго ею фактическаго и опытнаго матеріала, пришла къ заключенію, что пока орошеніе является для Манчестера непримѣнимымъ, вслѣдствіе очень высокой стоимости земли и кромѣ того по-

Канализація города Sutton'a (Англія).



Черт. 975 и 976.—Детальный планъ и разрѣзъ фильтровъ.

Main Channel—каналъ, приводящій нечистотныя воды.
Distributing trough—распредѣлительный каналъ въ каждомъ отдѣленіи фильтровъ.
Underdrains—дренажныя трубы фильтровъ.
Efluent main—сборная труба фильтрата верхнихъ фильтровъ.
Filtrate main—сборная труба фильтрата нижнихъ фильтровъ.

тому, что тяжелая почва окрестности Манчестера, какъ выяснилось изъ спеціальныхъ опытовъ мало пригодна для очистки сточныхъ водъ. Устройство особаго водовода до устья рѣки Мёрсей тоже было признано мало практичнымъ въ виду того, что отводъ всего количества дождевыхъ водъ по подобному водоводу представлялъ бы извѣстныя затрудненія, и что трудно было бы обойтись безъ предварительной очистки сточныхъ водъ у конца водовода. По мнѣнію комиссіи, наиболѣе пригоднымъ способомъ очистки сточныхъ водъ г. Манчестера слѣдовало признать способъ біологической фильтраціи, почему комиссія занялась имъ съ особой тщательностью. Послѣ $1^1/_2$ лѣтъ посвященныхъ комиссіей изученію и всесторонней опытной разработкѣ этого вопроса, примѣнительно къ мѣстнымъ условіямъ, ей удалось, наконецъ, выработать приспособленія для біологической очистки, наиболѣе практически примѣнимыя для г. Манчестера, равно какъ и установить тѣ требованія, которымъ должна удовлетворять вода, очищенная даннымъ способомъ. Эти приспособленія состоятъ изъ открытыхъ коксовыхъ фильтровъ, періодически наполняемыхъ предварительно отстоявшейся нечистотной жидкостью. Отстаиваніе производится въ особомъ резервуарѣ. Для періодическаго наполненія имѣются особые автоматическіе механизмы и пр. Толщина фильтровъ 4 фута. Наполняются они по два раза въ сутки, причемъ остаются наполненными по нѣсколько часовъ и въ промежуткѣ отдыхаютъ. Подробное описаніе устройства біологическихъ фильтровъ, испытанныхъ Манчестерской комиссіей, и выясненіе тѣхъ измѣненій, которыя претерпѣваетъ сточная вода подъ вліяніемъ біологической фильтраціи (см. въ докладѣ. Е. Б. Контковскаго, въ «Журналѣ Русскаго Общ. Нар. Здр.» за 1901 годъ.

При примѣненіи біологическихъ способовъ, приходится вывозить едва лишь $^1/_3$ того, что необходимо удалять при химической очисткѣ. Въ отстойныхъ бассейнахъ и въ septic-tanc'ахъ остаются только такія вещества, которыя или вовсе не подвергаются или только съ трудомъ подвергаются разложенію, какъ, напримѣръ, песокъ, клѣтчатка и т. п.; всѣ остальныя органическія вещества сгораютъ. Рыба живетъ въ очищенной подобнымъ способомъ водѣ прекрасно. Эта вода содержитъ огромное количество питательныхъ веществъ для растеній и очень пригодна для орошенія полей. Въ Англіи спускаютъ подобную воду на поля орошенія въ 6 — 7 разъ большемъ количествѣ на единицу поверхности, нежели воду неочищенную. Что

касается зловонія и другихъ неудобствъ, то въ этомъ отношеніи дѣло представляется на практикѣ далеко не въ такомъ дурномъ видѣ, какъ можно было бы думать; даже при анаэробныхъ процессахъ зловонныхъ газовъ развивается, сравнительно, мало, а получается преимущественно болотный газъ, который пытались даже утилизировать для цѣлей освѣщенія.

Отстойные бассейны во всякомъ случаѣ необходимы и при данномъ способѣ.

Прежде въ отстойныхъ бассейнахъ жидкость оставалась до 24 часовъ, а теперь этотъ срокъ сведенъ уже до 6 часовъ и даже до $1—1^1/_2$ часовъ, т. е. требуется только, чтобы былъ удаленъ песокъ и крупныя плавающія частицы. Въ виду множества возможныхъ комбинацій различныхъ существующихъ уже разновидностей біологической очистки сточныхъ водъ, выборъ наиболѣе цѣлесообразной системы въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ требуетъ особаго вниманія.

Слѣдуетъ отмѣтить важность не только хорошаго устройства отстойныхъ бассейновъ, въ смыслѣ ихъ непроницаемости, напримѣръ, но и тщательнаго ухода за ними. Накопившіеся въ бассейнахъ осадки далеко не могутъ считаться совершенно безвредными.

Соли тяжелыхъ металловъ, примѣшанныя въ извѣстныхъ количествахъ къ сточнымъ водамъ, могутъ задерживать біологическіе процессы и потому фабричныя воды, содержащія соли тяжелыхъ металловъ, во всякомъ случаѣ должны быть подвергнуты предварительно, до спуска ихъ въ общую канализаціонную сѣть, особой химической очисткѣ.

Вообще для успѣха біологической очистки имѣетъ огромное значеніе однородность состава сточныхъ жидкостей, безъ чего нельзя обезпечить правильности дѣйствія біологическихъ фильтровъ. Что касается количества осадковъ, то при дальнѣйшемъ усовершенствованіи разбираемыхъ способовъ количество этихъ осадковъ должно будетъ повидимому болѣе и болѣе уменьшаться. Органическія вещества, взвѣшенныя и растворенныя въ сточныхъ водахъ, могутъ совершенно сгорать на фильтрахъ и въ результатѣ получаются растворы солей, безвредные для человѣка.

Успѣшность дѣйствія біологическихъ фильтровъ зависитъ, вообще говоря, отъ слѣдующихъ трехъ основныхъ моментовъ: 1) отъ качества сточныхъ водъ, т. е., отъ ихъ состава и концентраціи; 2) отъ качества и количества микробовъ, развивающихся въ этихъ водахъ

и 3) отъ тѣхъ внѣшнихъ условій, которыя содѣйствуютъ ихъ жизнедѣятельности. Въ настоящее время въ области біологической очистки сточныхъ водъ существуетъ однако еще много темныхъ сторонъ и сущность многихъ, происходящихъ здѣсь процессовъ остается далеко еще не вполнѣ выясненною; тѣмъ не менѣе, уже въ настоящее время не подлежитъ никакому сомнѣнію, что разбираемые способы имѣютъ хорошую будущность, такъ какъ въ данномъ случаѣ человѣкъ идетъ правильнымъ природнымъ путемъ, примѣняя къ уничтоженію вредныхъ органическихъ отбросовъ тотъ же пріемъ, какимъ пользуется природа, т. е. жизнедѣятельность низшихъ организмовъ. Качественные результаты такой очистки сточныхъ водъ весьма удовлетворительны. Напримѣръ въ Sutton'ѣ при посредствѣ устройствъ, представленныхъ на черт. 974—976 удалялось 98, 79% взвѣшенныхъ частей; уменьшалась поглощаемость кислорода на 85, 83% (въ четыре часа); уменьшалась на 78, 54% содержаніе азотистыхъ веществъ. При посредствѣ приспособленій Ducat'a въ 1897 году въ Sutton'ѣ были достигнуты напр. такіе результаты: уменьшалась поглощаемость кислорода (изъ перманганата K 23° C) въ 1 часъ съ 29% до 0,58%, т. е. на 98%, органическихъ въ 5 часовъ—съ 59% до 0,64%, т. е. на 98,9%, уменьшалось содержаніе аммоніакальныхъ веществъ съ 19,6 до 1,03, т. е. на 94,7%. Не останавливаясь на имѣющихся въ заграничной практикѣ цифровыхъ данныхъ, замѣтимъ, что для насъ является дѣломъ крайне необходимымъ правильно поставленная научная опытная разработка біологическихъ способовъ очистки сточныхъ водъ при нашихъ русскихъ условіяхъ. Не имѣя въ рукахъ достаточнаго фактическаго и цифроваго матеріала по данному вопросу, полученнаго у насъ въ Россіи, было бы пока преждевременно говорить о непосредственномъ широкомъ практическомъ примѣненіи у насъ такихъ біологическихъ способовъ. Для успѣха указываемыхъ изслѣдованій необходимо, чтобы въ работѣ въ данномъ направленіи принимали совмѣстное участіе не только инженеры, но и химики, бактеріологи, и непремѣнно врачи, въ виду того, что только врачъ можетъ правильно оцѣнить наблюдаемыя въэтомъ случаѣ явленія, съ точки зрѣнія полезности или вредности ихъ для здоровья человѣка.

ПРИЛОЖЕНІЯ.

Программы упражненій и проектовъ по водоснабженію и водостокамъ.

Адресъ Императорской Военно-Медицинской Академіи отъ Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

ПРИМѢРЫ ЗАДАНІЙ

упражненій и проектовъ по водоснабженію и водостокамъ изъ числа предлагавшихся студентамъ Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I профессоромъ В. Е. Тимоновымъ въ періодъ 1892—1901 гг.

---

1) Упражненіе по водостокамъ для студентовъ IV курса.

(1892 — 1896 г.).

Требуется, задавшись планомъ города, отвѣчающимъ приведеннымъ ниже условіямъ, составить проектъ канализаціи этого города по сплавной системѣ.

Проектъ долженъ состоять изъ:

1) общаго плана сѣти водостоковъ съ показаніемъ главныхъ коллекторовъ, станцій и т. д.,

2) плана городскихъ водостоковъ въ масштабѣ $\frac{1}{5000}$,

3) продольной профили по одной изъ наиболѣе длинныхъ линій сѣти, заключающей возможно большее число водостоковъ разныхъ сѣченій,

4) расчета размѣровъ водостоковъ этой линіи,

5) детальныхъ чертежей устройства нѣкоторыхъ частей канализаціи, указанныхъ для каждаго заданія особо,

6) пояснительной записки.

Таблица данныхъ.

№№ по порядку.	Фамилія гг. студентовъ.	Густота населенія.	Число жителей города.	Потребленіе воды на 1 жителя въ сутки.	Наибольшее количество дождя въ сутки.	Наибольшее количество дождя въ часъ.	Куда отводятся нечистоты.	Какія части системы должны быть представлены на детальныхъ чертежахъ.
		на 100 кв. с.		куб. ф.	въ миллим.			
1	. . . . .	15	20.000	5	10	16	Въ рѣку.	Домовая канализація.
2	. . . . .	16	21.000	5	11	15		Устройство коллекторовъ.
3	. . . . .	17	22.000	5	12	14		Уличные приборы.
4	. . . . .	18	23.000	$4^3/_4$	13	13		Промывныя приспособл.
5	. . . . .	19	24.000	$4^3/_4$	12	12		Домовая канализація.
6	. . . . .	20	25.000	$4^3/_4$	11	11		Устройство коллекторовъ.
7	. . . . .	21	26.000	$4^2/_3$	10	10		Уличныя приспособленія.
8	. . . . .	22	27.000	$4^2/_3$	11	9		Промывныя приспособл.
9	. . . . .	23	28.000	$4^2/_3$	12	10		Домовая канализація.
10	. . . . .	24	29.000	$4^1/_2$	13	11		Домовая канализація.
11	. . . . .	25	30.000	$4^1/_2$	12	12	На поля.	Поля орошенія.
12	. . . . .	26	30.000	$4^2/_3$	11	13		id.
13	. . . . .	25	29.000	$4^2/_3$	10	14		id.
14	. . . . .	24	28.000	$4^2/_3$	11	15		id.
15	. . . . .	23	27.000	$4^3/_4$	12	16		Домовая канализація.
16	. . . . .	22	26.000	$4^3/_4$	13	17		id.
17	. . . . .	21	25.000	$4^3/_4$	12	18		Устройство коллекторовъ.
18	. . . . .	20	24.000	5	11	17		id.
19	. . . . .	19	23.000	5	10	16		Промывныя приспособл.
20	. . . . .	18	22.000	5	11	15		id.

---

2) Упражненіе IV курса по водостокамъ.

(1901 г.).

Предлагается

составить проектъ водостоковъ по системѣ ..... для участка г. С.-Петербурга, изображеннаго на планѣ № « ».

Данныя:

1. Прилагаемый къ сему заданію планъ участка г. С.-Петербурга,—на которомъ, кромѣ кварталовъ и улицъ, показаны: неровности мѣстности въ горизонталяхъ (черезъ каждыя 0,20 саж., считая отъ ординара р. Невы); предполагаемое расположеніе главнаго коллектора, отводящаго сточныя воды всего участка; отмѣтка отъ ординара р. Невы поверхности сточныхъ водъ въ выпускномъ концѣ упомянутаго коллектора, соотвѣтствующая заполненію коллектора при наибольшемъ расходѣ сточныхъ водъ; уклонъ поверхности воды въ этой части коллектора и направленіе движенія въ коллекторѣ сточныхъ водъ.

2. Количество домовыхъ сточныхъ водъ и количество атмосферныхъ осадковъ должны быть выбраны въ примѣненіи къ условіямъ г. С.-Петербурга вообще и заданнаго участка въ частности.

Источниками для выбора этихъ данныхъ могутъ служить:

а) проектъ водостоковъ столичнаго г. С.-Петербурга, составленный В. Линдлеемъ;

б) наблюденія Главной Физической Обсерваторіи;

в) свѣдѣнія о переписи населенія.

3. Остальныя необходимыя, для выполненія проекта данныя предоставляются усмотрѣнію составителя проекта, при чемъ выборъ таковыхъ данныхъ долженъ быть мотивированъ въ пояснительной запискѣ.

Примѣчаніе. Желательно, чтобы составитель проекта осмотрѣлъ свой участокъ города въ натурѣ — для болѣе правильнаго расположенія сѣти водостоковъ.

Поясненія.

При исполненіи упражненія требуется:

1. Вычертить заданный участокъ г. С.-Петербурга въ масштабѣ 50 саж. въ 0,01 саж. и на этомъ *планѣ* нанести сѣть водосточныхъ коллекторовъ. Если по заданію требуется составить проектъ водостоковъ по раздѣльной системѣ, то на планѣ должны быть нанесены разными красками обѣ системы коллекторовъ, т. е. одна для отвода нечистотъ и другая для отвода атмосферныхъ водъ.

На томъ же планѣ должны быть означены: распредѣленіе площадей кварталовъ, питающихъ отдѣльные участки коллекторовъ, съ надписями размѣра этихъ площадей въ кв. саж., мѣста расположенія водосточныхъ, смотровыхъ, ламповыхъ и др. колодцевъ, ливнеспусковъ, промывныхъ аппаратовъ и проч.; равнымъ образомъ должны быть обозначены буквами, какъ на планѣ, такъ и на продольной профили, узловыя точки тѣхъ коллекторовъ, по отношенію къ которымъ въ проектѣ приводятся разсчеты.

2. Начертить въ маломъ масштабѣ *схему вывода нечистотъ* изъ заданнаго участка г. С.-Петербурга за предѣлы города.

3. Выбравъ наибольшее протяженіе непрерывной линіи водостоковъ, требуется, примѣнительно къ заданному выпускному концу коллектора, распредѣлить частные уклоны участковъ водостоковъ и разсчитать для каждаго участка упомянутой линіи размѣры водостока, скорости теченія при разныхъ расходахъ, уклоны подошвы водостоковъ и количество промывныхъ водъ, если встрѣтится необходимость въ промывкѣ водостоковъ чистой водой.

4. Въ соотвѣтствіи съ вышеуказанными расчетами должна быть вычерчена *продольная профиль* наидлиннѣйшей линіи водостоковъ. На профили должно быть обозначено: а) общая длина и общій уклонъ всей линіи водостоковъ; б) длины и уклоны, какъ дна водостоковъ, такъ и поверхности сточныхъ водъ, для каждаго участка водостоковъ; в) отмѣтки въ узловыхъ точкахъ: поверхности земли, дна водостока и поверхности сточныхъ водъ, какъ при наибольшемъ, такъ и при среднемъ суточномъ расходѣ сточныхъ водъ. Если по заданію требуется спроектировать раздѣльную систему водостоковъ, то необходимо вычертить двѣ профили, соотвѣтствующія двумъ системамъ водостоковъ.

5. Спроектировать и вычертить, съ показаніемъ размѣровъ, *детали* устройства .....

6. Составить *пояснительную къ проекту записку*, которая должна состоять изъ:

а) перечня данныхъ, послужившихъ для составленія проекта, съ указаніемъ источниковъ откуда онѣ взяты, или мотивовъ, на основаніи которыхъ принялъ ихъ составитель проекта;

б) краткаго описанія проекта;

в) разсчетовъ;

и г) перечня литературныхъ источниковъ, которыми пользовался составитель проекта съ точнымъ указаніемъ, что и откуда взято.

7. Всѣ относящіеся къ настоящему упражненію расчеты должны быть окончены и предъявлены для просмотра ..... не позже 30 Ноября 189 года.

8. Настоящее заданіе должно быть приложено къ пояснительной запискѣ.

---

3. Упражненіе IV курса по водоснабженію.

(1901 г.).

Предлагается составить проектъ водоснабженія участка города ....., разсматривая означенный участокъ въ отдѣльности, независимо отъ сосѣднихъ кварталовъ. Источникъ водоснабженія, расположеніе водопріемныхъ и водоемнаго сооруженій должны быть избраны по соображенію съ мѣстными особенностями участка. Для Петербурга источниками водоснабженія предполагаются: р. Нева или сборный для ключевыхъ водъ водоемъ, расположенный у Варшавскаго вокзала. Для участковъ города Москвы мѣстоположеніе источника водоснабженія не ограничивается предварительными указаніями.

Проектъ долженъ состоять изъ:

1. Общаго плана водопроводной сѣти съ показаніемъ магистрали, расположенія, водопріемнаго и водоемнаго сооруженій, колодцевъ, уличныхъ и пожарныхъ кранновъ и проч.

2. Продольной профили по одной изъ наиболѣе длинныхъ линій водопроводной сѣти съ показаніемъ примыкающихъ трубъ (отвѣтвленій) и ихъ сѣченій.

3. Общаго разсчета водопроводныхъ трубъ избранной наиболѣе длинной линіи сѣти и главнѣйшихъ сооруженій.

4. Детальнаго разсчета и чертежей устройства нѣкоторыхъ частей водопровода, указанныхъ для каждаго зданія особо.

5. Пояснительной записки, въ которой должны быть помѣщены:

а) перечень данныхъ, послужившихъ для составленія проекта, съ указаніемъ источниковъ—откуда они взяты и мотивовъ, на основаніи которыхъ принялъ ихъ составитель проекта;

б) краткое описаніе проекта;

в) разсчеты;

и г) перечень литературныхъ источниковъ, коими пользовался составитель проекта (съ указаніемъ страницъ).

Таблица данныхъ.

Фамиліи гг. студентовъ.	Густота населенія.	Потребленіе воды на 1 жителя въ сутки.	Фамиліи гг. студентовъ.	Густота населенія.	Потребленіе воды на 1 жителя въ сутки.
	Жителей на 100 кв. с.	Ведеръ.		Жителей на 100 кв. с.	Ведеръ.
1	15	5	21	17	$5^1/_4$
2	16	5	22	17	$5^1/_3$
3	17	5	23	17	$5^1/_2$
4	18	$4^1/_2$	24	16	$5^1/_4$
5	19	$4^3/_4$	25	16	$5^1/_3$
6	20	$4^3/_4$	26	16	$5^1/_2$
7	21	$4^2/_3$	27	15	$5^1/_4$
8	22	$4^2/_3$	28	15	$5^1/_3$
9	23	$4^2/_3$	29	15	$5^1/_2$
10	24	$4^1/_2$	30	14	5
11	25	$4^1/_2$	31	14	$4^3/_4$
12	26	$4^2/_3$	32	14	$4^2/_3$
13	25	$4^2/_3$	33	15	$4^2/_3$
14	24	$4^2/_3$	34	15	$4^1/_2$
15	23	$4^3/_4$	35	15	$4^1/_4$
16	22	$4^3/_4$	36	16	$4^1/_4$
17	21	$4^3/_4$	37	16	$4^1/_3$
18	20	5	38	16	$4^1/_2$
19	19	5	39	17	$4^1/_2$
20	18	5	40	17	$4^3/_4$

Соотвѣтственно избранному источнику водоснабженія упражненіе по водоснабженію исполняется по одной изъ слѣдующихъ программъ.

1. При назначеніи водоснабженія посредствомъ *сбора ключевыхъ водъ* упражненіе обнимаетъ устройство и разсчетъ слѣдующихъ сооруженій: а) ключевые колодцы; б) трубы, проводящія воду изъ ключевыхъ колодцевъ въ сборный резервуаръ; в) сборный резервуаръ; г) водоподъемное зданіе; д) всасывающая и нагнетательная трубы; е) водонапорная башня.

2. *Сборъ воды помощью колодцевъ большаго діаметра*: а) водосборные колодцы; главный водосборный колодезь; б) сифонная труба, соединяющая колодцы между собою; в) водоподъемное зданіе; г) всасывающая и нагнетательная труба; д) водонапорный резервуаръ.

3. *Сборъ грунтовой воды помощью колодцевъ малаго діаметра* (*бруклинскихъ*): а) бруклинскій колодезь; б) сборный колодезь; в) сифонная труба, соединяющая колодцы между собой; г) водоподъемное зданіе; д) всасывающая и нагнетательная трубы; е) водонапорный резервуаръ.

4. *Сборъ грунтовой воды помощью горизонтальныхъ трубъ*: а) водосборная труба; б) смотровой колодезь; в) сборный колодезь; г) водоподемное зданіе; д) всасывающая и нагнетательная трубы и е) водопанорная башня.

5. *Пріемъ, отстаиваніе и фильтрованіе рѣчной воды:* а) сооруженіе для пріема воды изъ рѣки и провода въ отстойные бассейны; б) отстойные бассейны; в) фильтры; г) сборный резервуаръ; д) водоподъемное зданіе; е) всасывающая и нагнетательная трубы.

Пособіями для проектированія водоснабженія, кромѣ курсовъ гидравлики, могутъ въ числѣ многихъ другихъ служить слѣдующія сочиненія и сборники:

1. Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften: Франціусъ и Зонне (Dritter Band).

2. *Lueger*. Die Wasserversorgnung der Städte. 1895 г.

3. *Bechmann*. Distributions d'eau. 1898 г.

4. *Debauve*. Distributions d'eau, egouts. t. 1 изд. 1897 г.

5. *L. Vigreux*. Projet de distribution d'eau pour une ville industrielle.

6. *Кенигъ*. Водоснабженіе, переводъ Усова.

7. Проектъ московскаго водоснабженія (Шухова, Кнорре и Лембке), 1891 г.

8. Альбомъ по водоснабженію проф. Максименко.

Разсчеты должны быть предъявлены для разсмотрѣнія по возможности не позже 30 Ноября 189 года.

---

4. Проектъ V курса по водостокамъ.

(1892 – 1901).

Предлагается составить проектъ общесплавной системы водостоковъ съ отводомъ нечистотъ въ рѣку для города, опредѣляемаго слѣдующими данными.

Мѣстность представлена на приложенной къ сему топографической картѣ, въ предѣлахъ коей ближайшій выборъ положенія города, развитія его улицъ и пр. предоставляются усмотрѣнію составителя проекта.

Климатическія и *метеорологическія* условія суть условія города..... и опредѣляются наблюденіями, занесенными въ соотвѣтствующія лѣтописи Физической обсерваторіи (см. изданіе Вильда, труды проф. Воейкова и др.).

Густота населенія, образъ его жизни, устройство зданій и проч. приближаются къ условіямъ центральныхъ частей города.....

Число жителей города = ...

Проектъ долженъ состоять изъ:

1. общаго плана сѣти и нѣсколькихъ основныхъ профилей по направленію главныхъ линій сѣти,
2. чертежей коллекторовъ,
3. деталей,
4. разсчетовъ сооруженій,
5. пояснительной записки съ приложеніемъ мотивовъ, устанавливающихъ правильность принятаго расположенія и типовъ сооруженій.

---

5. Проектъ V курса по водостокамъ.

(1896 г.).

Требуется составить проектъ канализаціи по системѣ Веринга, участка города С.-Петербурга.

Участокъ, площадью не менѣе 100 тысячъ кв. саж. избирается въ предѣлахъ г. С.-Петербурга по усмотрѣнію составителя проекта,

и канализаціонная сѣть этого участка разсматривается, какъ самостоятельное цѣлое.

Сточныя воды отводятся на поля орошенія или спускаются въ рѣку, по усмотрѣнію составителя проекта.

Проектъ долженъ состоять изъ:

1. общаго плана сѣти и нѣсколькихъ продольныхъ профилей по главныхъ линіямъ водостоковъ,

2. чертежей коллекторовъ и промывныхъ приспособленій,

3. разсчетовъ сооруженій,

4. пояснительной записки съ краткимъ обозрѣніемъ главнѣйшихъ изъ составленныхъ до сего времени для канализаціи Петербурга предположеній.

---

6. Проекты V курса по водоснабженію желѣзнодорожныхъ станцій.

(1896—1901).

Предполагается составить проектъ водоснабженія или непосредственно связанныхъ съ водоснабженіемъ устройствъ для станціи ..... класса, находящейся на опредѣленной желѣзной дорогѣ, техническія условія которой извѣстны и указаны въ прилагаемой таблицѣ.

При составленіи проекта надлежитъ:

1. По установленному для дороги или избранному соотвѣтственно профили и условіямъ движенія типу паровозовъ и подвижнаго состава, а также по указаннымъ въ техническихъ условіяхъ элементамъ профили пути опредѣлить наибольшую силу тяги паровозовъ и наибольшій составъ поѣздовъ.

2. По наибольшему составу поѣздовъ, провѣрить количество необходимой для тяги паровоза воды на одну виртуальную поѣздоверсту, и по объему тендера наибольшій допускаемый виртуальный перегонъ между двумя водоснабженіями (а также виртуальную длину двойныхъ перегоновъ, имѣя въ виду порчу промежуточныхъ водоснабженій).

3. На данной картѣ мѣстности назначить расположеніе линіи, станціи и источника водоснабженія и, составивъ профиль водопроводной линіи, опредѣлить ея длину, уклоны, высоту подъема воды и прочіе необходимые для разсчета водоснабженія факторы.

4. По суточному расходу опредѣлить діаметры водопроводныхъ трубъ и напоръ воды. Опредѣлить размѣры баковъ и спроектировать ихъ устройства съ повѣркою прочности ихъ частей.

5. Въ зависимости отъ указаннаго способа добыванія воды и сообразно условіямъ водоснабженія станціи выбрать и спроектировать, съ соотвѣтственными разсчетами, общіе типы насосовъ, машинъ и приборовъ для водоснабженія станціи.

Примѣчаніе а) Размѣры трубъ и соединительныхъ частей могутъ быть приняты согласно нормамъ, выработаннымъ на водопроводномъ съѣздѣ въ Москвѣ въ 1893 году.

б) Водоемныя зданія должны быть спроектированы деревянныя или каменныя, съ однимъ или двумя баками, соотвѣтственно количеству потребной для станціи воды и мѣстнымъ условіямъ. Разсчетъ баковъ долженъ быть сдѣланъ съ принятіемъ запаса на износъ, а также имѣя въ виду возможность увеличить объемъ бака наклепкою кольца.

Проектъ долженъ состоять изъ:

а) карты мѣстности, въ которой расположена станція и источникъ водоснабженія съ показаніемъ общаго расположенія сооруженій;

б) плана станціи съ показаніемъ водопроводной сѣти и сооруженій;

в) общихъ чертежей сооруженій водоснабженія;

г) детальныхъ чертежей сооруженія, бывшаго предметомъ подробнаго изученія и особо указаннаго въ заданіи;

д) пояснительной записки.

Въ пояснительной запискѣ должны заключаться слѣдующія основныя части:

1. перечень данныхъ, предложенныхъ составителю проекта;

2. перечень дополнительныхъ данныхъ, принятыхъ составителемъ проекта;

3. общее описаніе проекта;

4. мотивировка принятаго расположенія, типовъ и главныхъ размѣровъ сооруженій;

4. разсчеты прочности и устойчивости сооруженій, бывшихъ предметомъ детальнаго изученія;

6. приблизительный разсчетъ количествъ и стоимости главныхъ работъ;

7. указаніе предполагаемыхъ способовъ исполненія работъ;

8. перечень печатныхъ или иныхъ источниковъ, коими пользо-

вался составитель проекта съ указаніемъ, что именно и откуда было имъ почерпнуто.

Желательно, чтобы пояснительная записка была написана яснымъ и легко читаемымъ почеркомъ.

Къ пояснительной запискѣ должно быть приложено первоначальное заданіе.

Разсчеты должны быть составлены и представлены для предварительнаго разсмотрѣнія по возможности, не позднѣе 15 декабря.

Предварительныя и вспомогательныя для проектированія станціонныхъ водоснабженій свѣдѣнія изъ общей механики и гидравлики имѣются въ курсахъ гидравлики: Евневича, Максименко, Колиньона, Бресса и др. Общія свѣдѣнія по водоснабженію и болѣе подробныя данныя приведены въ сочиненіяхъ и сборникахъ:

1. *Чижовъ.* Лекціи по водопроводамъ. Литогр. изданіе 1898 г.

2. *Кенигъ.* Водоснабженіе, переводъ Усова.

3. *A. Debauve.* Distributions d'eau, égouts, tome I. изд. 1897 г.

4. *Lueger.* Die Wasserversorgung der Städte, Штутгардтъ 1895 г.

5. *Bechmann.* Distributions d'eau. Paris 1888 и мн. др.

6. *A. Frühling* und *E. Lincke.* Wasserversorgung und Entwässerung der Städte. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. III Bd. I Abth. 2 Hälfte. Leipzig 1893 г.

7. *J. T. Fanning.* A practical Treatise on Water-Supply Engineering. New-York 1877 г.

8. *W. K. Burton.* The Water Supply of Towns and the Construction of Waterworks. London 1894.

9. *E. Delhotel.* Traité de l'épuration des eaux naturelles et industrielles. Paris 1893 г.

10. *Hartmann-Knoke.* Die Pumpen. Berlin 1897 г.

11. *Бар. Дельвигъ.* Руководство къ устройству водопровод. 1856 г.

12. *Штукенбергъ.* Водопроводы. 1871 г.

13. *Н. Бѣлелюбскій.* Новочеркасскій водопроводъ. 1868 г.

14. *И. Рербергъ.* Московск;й водопроводъ. Москва 1892 г.

15. *М. И. Алтуховъ.* Новѣйшія усовершенствованія въ американскихъ водопроводахъ по примѣненію ихъ къ тушенію пожаровъ. СПБ. 1880 г.

16. *Н. П. Зиминъ.* Объ улучшенныхъ способахъ фильтрованія воды механическими фильтрами. Москва 1897 г.

17. *Ф. Е. Максименко.* Атласъ водопроводныхъ сооруженій.

18. *В. Г. Линдлей*. Описаніе водопроводныхъ и канализаціонныхъ сооруженій города Варшавы. Варшава 1895 г.

19. Труды русскихъ водопроводныхъ Съѣздовъ (1893, 1895 и 1897 годовъ и атласъ чертежей чугунныхъ трубъ. 1894 г.).

20. *Флинъ*. Движеніе воды въ тоннелахъ, трубахъ и проч. Переводъ инж. Здзярскаго подъ редакціею М. Герсеванова.

Для руководства и пособія при проектированіи деталей водоснабженія желѣзнодорожныхъ станцій могутъ служить:

1. *Handbuch für specielle Eisenbahn-Technik. Hausinger von Waldegg*. Erster Band. (Der Eisenbahn-Bau). Здѣсь указана и литература по водоснабженію желѣзнодорожныхъ станцій.

2. *Котляревскій:* а) *Водоснабженіе желѣзныхъ дорогъ* съ атласомъ; б) Замѣтки по канализаціи городовъ въ связи съ вопросомъ ассенизаціи большихъ желѣзнодорожныхъ станцій. 1886 г.

3. *Бородинъ*. Замѣтка о механическихъ устройствахъ жел. дорогъ. Выпускъ I, 1875.

4. *Тиме*. Лекціи и статьи.

5. Записки съ проектомъ водоснабженія жел. дорогъ линіи Вологда-Архангельскъ.

6. Данныя по водоснабженію, приведенныя въ альбомѣ сооруженій Балашово-Харьковскй жел. дороги.

7. Данныя по устройству станціонныхъ водоснабженій изъ артезіанскихъ колодцевъ, приведенныя въ статьяхъ пр. Войслава въ Извѣстіяхъ Собранія Инженеровъ Путей Сообщенія за 1893—95 гг.) и въ брошюрѣ Technische Vorträge und Abhandlungen XXV: «*Wasserbeschaffung mittelst Artesischer Brunnen*». *Edm. Herzog*. Wien 1895 г.

8. Разсчетъ водоемныхъ баковъ. Nouvelles Annales de la construction 1890 года въ статьѣ: «*Reservoir metallique de 200 m.*» и другіе.

9. Альбомъ, изданный въ 1886 году Техническимъ Отдѣленіемъ Департамента жел. дорогъ (водопріемники Закавказкой жел. дороги., водоемныя и водонодъемныя зданія Уральской, Донецкой и Екатерининской, Закавказской и Финляндской жел. дорогъ).

10. Альбомъ Новороссійской вѣтви Владикавказской жел. дороги (Очиститель Беранже и Стингля, фильтры въ Екатеринодарѣ).

11. Альбомъ Барановичи-Бѣлостокской жел. дороги (Нормальные типы водоемнаго зданія и водопріемника).

12. Альбомъ Уманьскихъ вѣтвей. (Схемы и общее расположеніе водоснабженій).

13. Альбомъ Харьково-Балашовской жел. дороги (Пріемники и разсчетъ сооруженій).

14. Альбомъ Уфа-Златоустовской жел. дороги.

15. Альбомъ Полѣсскихъ жел. дорогъ } Водоснабженіе станцій

16. Альбомъ Московско-Казанской ж. д. } артезіанскими колодцами.

17. Альбомъ Закавказской жел. дороги (Схемы и пріемники).

18. Альбомъ Петровской и Минераловодской вѣтвей.

19. Альбомъ Западно-Сибирской жел. дороги (Златоустъ-Челябинскъ).

20. *Кохъ*. Машинное дѣло на желѣзныхъ дорогахъ.

21. *Яловецкій*. Вода, топливо.

22. *Горбуновъ*. Одесскія матсерскія 1896 года.

23. *В. Зуевъ*. Бани и ванны. Одесса 1898 г.

24. *И. Борзовъ*. Сборникъ чертежей по устройству желѣзнодорожныхъ водоснабженій. Вып. I. Спб. 1898 г.

25. *L. Vigreux*. Application de l'eau sous pression. Paris 1892 г.

Общая таблица данныхъ.

№№ по порядку.	Фамиліи гг. студентовъ.	Техническія условія сооруженія жел. дор.	Предлагаемый источникъ водоснабженія.	Сооруженія, которыя должны быть разработаны подробно.
1		Уссурійской (7 паръ поѣздовъ въ сутки).	Рѣка.	Водопріемное сооруженіе съ фильтромъ и отстойниками.
2		Уссурійской (12 паръ поѣздовъ въ сутки).	Озеро.	Водоемное и водоподъемное зданіе.
3		Балашово-Харьковской (10 паръ поѣздовъ).	Грунтовыя воды.	Гидравлич. колонна; пріемникъ изъ Бруклинскихъ колодцевъ.
4		Балашово-Харьковской (14 паръ поѣздовъ).	Прудъ.	Деталь устройства фильтровъ (Ганекена или Зимина).
5		Уфа-Златоустовской (2 пары поѣздовъ).	Искусственное водохранилище.	Водоснабженіе мастерскихъ на станціи I-го класса.
6		Уфа-Златоустовской (6 паръ поѣздовъ).	Ключи.	Пожарные, водоразборные и прочіе краны.
7		Западно-Сибирской (7 паръ поѣздовъ).	Наземныя воды.	Очиститель Беранже и Стингля.
8		Западно-Сибирской (12 паръ поѣздовъ).	Грунтовыя воды.	Очиститель Западно-Сибирской жел. дор.
9		Уманьскихъ вѣтвей (14 паръ поѣздовъ).	Озеро.	Баня на станціи I-го класса для 400 человѣкъ рабочихъ,
10		Уманьскихъ вѣтвей (9 паръ поѣздовъ)	Артезіанскія воды.	Водоемное и водоподъемное зданіи; колодцы.
11		Бологое-Псковской (12 паръ поѣздовъ).	Искусственное водохранилище.	Водопроводная сѣть на станціи I-го класса.
12		Бологое-Псковской (10 паръ поѣздовъ).	Ключи.	Водоснабженіе городского вокзала.

№ по порядку.	Фамиліи гг. студентовъ.	Техническія условія сооруженія жел. дор.	Предлагаемый источникъ водоснабженія.	Сооруженія, которыя должны быть разработаны подробно.
13		Самаро-Уфимской (12 паръ поѣздовъ)	Озеро.	Акведукъ. Трубопроводы.
14		Самаро-Уфимской (7 паръ поѣздовъ).	Рѣка.	Пріемникъ и водоемное здвніе. Насосъ Вартингтона.
15		Джанкой-Ѳеодосійской (10 паръ поѣздовъ).	Искусственное водохранилище.	Очиститель по образцу устроенныхъ на Сѣверной дорогѣ во Франціи (Амьенъ, Кале).
16		Джанкой-Ѳеодосійской (18 паръ поѣздовъ).	Озера.	Очиститель системы Дерво.
17		Вологод.-Архангельск. (9 паръ поѣздовъ).	Рѣка.	Насосъ Кертинга; промежуточное водоснабженіе.
18		Вологод.-Архангельск. (16 паръ поѣздовъ).	Ключи.	Противупожарныя устройства на станціи I-го класса.
19		Царицынской вѣтви Владикавказской ж. д. (7 паръ поѣздовъ).	Артезіанскія воды.	Фильтръ, сухіе колодцы, краны, клапаны.
20		Царицынской вѣтви Владикавказской ж. д. (10 паръ поѣздовъ).	Искусственное водохранилище.	Очиститель системы Ягна.
21		Пермь-Котласской (10 паръ поѣздовъ).	Рѣка.	Баня на станціи II-го класса. Примѣненіе вѣтряныхъ двигателей.
22		Пермь-Котласской (7 паръ поѣздовъ).	Озеро.	Гидравлическіе, путевые и прочіе краны.
23		Златоустъ-Челябинской (7 паръ поѣздовъ).	Ключи.	Водоемное и водоподъемное зданіе.
24		Златоустъ-Челябинской (12 паръ поѣздовъ).	Рѣчка.	Водопріемникъ съ фильтромъ. Вѣтряной двигатель.
25		Западно-Сибирской (12 паръ поѣздовъ).	Искусственное водохранилище.	Очиститель системы Дерюмо.
26		Западно-Сибирской (7 паръ поѣздовъ).	Озеро.	Водопроводная сѣть на станціи II-го класса.
27		Ораны-Олитской (19 паръ поѣздовъ).	Рѣка.	Водоснабженіе мастерскихъ на станціи II-го класса.
28		Ораны-Олитской (32 пары поѣздовъ).	Озеро.	Гидравлическіе, путевые, пожарные, водоразборные и промывательные краны.
29		Ярославско-Рыбинской (12 паръ поѣздовъ).	Ключи.	Водоемное и водоподъемное зданіе; насосъ Вертингтона.
30		Ярославско-Рыбинской (8 паръ поѣздовъ).	Прудъ.	Баня на станціи I-го класса.
31		Москва-Павелецъ (8 паръ поѣздовъ).	Ключи.	Водопроводная сѣть на станціи I-го класса, краны, клапаны.
32		Москва-Виндава (9 паръ поѣздовъ).	Рѣка.	Водоснабженіе центральнаго вокзала.
33		Москва-Виндава (16 паръ поѣздовъ).	Артезіанскія воды.	Водоснабженіе и противупожарныя устройства на станціи I-го класса.
34		Москва-Павелецъ (16 паръ поѣздовъ).	Рѣка.	Водоснабженіе мастерскихъ на станціи I-го класса.

№№ по порядку.	Фамиліи гг. студентовъ.	Техническія условія сооруженія жел. дор.	Предлагаемый источникъ водоснабженія	Сооруженія, которыя должны быть разработаны подробно.
35		Средне-Сибирской (7 паръ поѣздовъ).	Ключ.	Промежуточное водоснабженіе, пульзометръ или автоматическое водоснабженіе.
36		Средне-Сибирской (12 паръ поѣздовъ).	Грунтовыя воды.	Очиститель системы Дерюмо.
37		Петровскъ-Баку (5 паръ поѣздовъ).	Грунтовыя воды.	Очиститель системы Ягна.
38		Петровская и Минераловодская вѣтвь (10 паръ поѣздовъ).	Ключи.	Трубопроводы, акведукъ, пріемникъ.
39		Данковъ-Смоленской (8 паръ поѣздовъ).	Ручей.	Баня на станціи II-го класса. Вѣтряной двигатель.
40		Данковъ-Смоленской (12 паръ поѣздовъ).	Артезіанскія воды.	Водоснабженіе большого вокзала. Противупожарныя устройства.

---

7. Проектъ V курса по водоснабженію.

(1896 г.)

Требуется составить проектъ водоудержательной плотины, находящейся въ условіяхъ плотины *South Fork* въ С. Америкѣ.

Глубина резервуара = 70 футамъ.

Проектъ долженъ заключать въ себѣ чертежи и разсчеты плотины и пояснительную записку.

---

8. Проектъ V курса по водоснабженію.

(1896 г.).

Требуется составить проектъ плотины, находящейся въ условіяхъ плотины резервуара въ *Gouffre d'Enfer* во Франціи.

Глубина резервуара — 35 метровъ.

Проектъ долженъ заключать чертежи и разсчеты плотины, а также пояснительную записку съ краткимъ описаніемъ сооруженій, существующихъ въ *Gouffre d'Enfer*.

---

9. Проектъ V курса по водоснабженію.

(1898 г.).

Предлагается составить проектъ главнѣйшихъ водопроводныхъ сооруженій для Петербургской части г. С.-Петербурга въ предпо-

ложеніи, что источникъ водоснабженія, расположеніе сѣти, мѣста резервуаровъ и фильтровъ и пр. остаются тѣ же, что и нынѣ, а потребленіе воды превышаетъ нынѣшнее на 25%.

Проектъ долженъ состоять изъ:

а) карты мѣстности съ показаніемъ общаго расположенія сооруженій;

б) общихъ чертежей сооруженій водоснабженія;

в) детальныхъ чертежей сооруженія, бывшаго предметомъ подробнаго изученія;

г) пояснительной записки.

Въ пояснительной запискѣ должны заключаться слѣдующія основныя части:

1. Перечень дополнительныхъ данныхъ, принятыхъ составителемъ проекта.

2. Общее описаніе проекта.

3. Мотивировка типовъ и главныхъ размѣровъ сооруженій.

4. Разсчеты прочности и устойчивости сооруженій, бывшихъ предметомъ детальнаго изученія.

5. Приблизительный разсчетъ количествъ и стоимости главныхъ работъ.

6. Указаніе предполагаемыхъ способовъ исполненія работъ.

7. Перечень печатныхъ или иныхъ источниковъ, коими пользовался составитель проекта съ указаніемъ, что именно и откуда было имъ почерпнуто.

---

10. Проектъ V курса по водоснабженію.

(1901 г.).

Требуется перепроектировать новую Нильскую водоудержательную плотину (Ассуанскую) въ предположеніи, что высота подпорнаго горизонта увеличена на 10 метровъ.

Описаніе плотины см. въ техническихъ журналахъ и между прочимъ въ Zeitschrift für Bauwesen 1900, L. Bl. 50 (Stauwerke des Nilthals).

---

11) Проектъ V курса по водоснабженію.

(1900 г.).

Предлагается составить проектъ водоснабженія непосредственно связанныхъ съ водоснабженіемъ устройствъ для г. Царскаго Села при условіяхъ: а) водопроводъ долженъ быть *напорный*; и б) суточный расходъ 1.500.000 ведеръ.

При составленіи проекта надлежитъ:

1. На данной картѣ мѣстности назначить расположеніе линіи, станціи и источника водоснабженія и, составивъ профиль водопроводной линіи, опредѣлить ея длину, уклоны, высоту подъема воды и прочіе необходимые для разсчета водоснабженія факторы.

2. По суточному расходу опредѣлить діаметры водопроводныхъ трубъ и напоръ воды. Опредѣлить размѣры резервуаровъ и спроектировать ихъ устройства съ повѣркою прочности ихъ частей.

3. Въ зависимости отъ способа добыванія воды и сообразно условіямъ водоснабженія города выбрать и спроектировать, съ соотвѣтственными разсчетами, общіе типы насосовъ, машинъ и приборовъ для водоснабженія.

Примѣчаніе. Размѣры трубъ и соединительныхъ частей могутъ быть приняты согласно нормамъ, выработаннымъ на русскихъ водопроводныхъ съѣздахъ.

Проектъ долженъ состоять изъ:

а) карты мѣстности съ показаніемъ общаго расположенія сооруженій;

б) плана города съ показаніемъ водопроводной сѣти и сооруженій;

в) общихъ чертежей сооруженій водоснабженія;

г) детальныхъ чертежей сооруженія для каптажа ключей;

д) пояснительной записки.

Въ пояснительной запискѣ должны заключаться слѣдующія основныя части:

1. перечень данныхъ, предложенныхъ составителю проекта;

2. перечень дополнительныхъ данныхъ, принятыхъ составителемъ проекта;

3. общее описаніе проекта;

4. мотивировка принятаго расположенія, типовъ и главныхъ размѣровъ сооруженій;

5. разсчеты прочности и устойчивости сооруженій, бывшихъ предметовъ детальнаго изученія;

6. приблизительный разсчетъ количествъ и стоимости главныхъ работъ;

7. указаніе предполагаемыхъ способовъ исполненія работъ;

8. перечень печатныхъ или иныхъ источниковъ, коими пользовался составитель проекта съ указаніемъ, что̀ именно и откуда было имъ почерпнуто.

Желательно, чтобы пояснительная записка была написана яснымъ и легко читаемымъ почеркомъ.

Къ пояснительной запискѣ должно быть приложено первоначальное заданіе.

Разсчеты должны быть составлены не позднѣе 15 декабря.

---

12. Проектъ V курса по водоснабженію.

(1901 г.).

Предлагается составить проектъ дополнительнаго водоснабженія г. Москвы на основаніи нижеслѣдующихъ данныхъ .....

(Дальнѣйшія подробности заданія аналогичны съ вышеприведенными для другихъ мѣстностей).

АДРЕСЪ

Императорской Военно-Медицинской Академіи

отъ Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I,

поднесенный въ день столѣтняго юбилея Академіи.

Въ день столѣтія годовщины основанія Императорской Военно-Медицинской Академіи — Институтъ Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I не можетъ не вспомнить, что всего лишь годъ тому назадъ вѣдомству, котораго нераздѣльную часть онъ составляетъ, также исполнилось сто лѣтъ.

Вѣдомство Путей Сообщенія является такимъ образомъ сверстникомъ Императорской Военно-Медицинской Академіи, поработавшимъ на ряду съ нею въ теченіи столѣтія на пользу родины.

Покрывая Россію сѣтью желѣзныхъ дорогъ и улучшая ея водные пути, инженеры путей сообщенія были естественными сотрудниками врачей; они непрерывно открывали доступъ благамъ медицинской науки и медицинской практики въ еще недавно столь отдаленныя и глухія части нашего отечества. Неся свои знанія и тяжелый трудъ на помощь жителямъ этихъ частей Россіи, врачи въ свою очередь принимали и принимаютъ непосредственное участіе въ созданіи и эксплоатаціи ведущихъ къ нимъ путей. Среди необъятныхъ степей, болотъ и лѣсовъ, въ сѣверной тундрѣ и въ раскаленныхъ пескахъ южной пустыни протянулись наши желѣзныя дороги. Массы рабочаго люда съ инженерами во главѣ должны годами жить при ихъ сооруженіи въ самыхъ тяжелыхъ условіяхъ, подобныхъ которымъ не найти нигдѣ, кромѣ войны. И въ этой боевой

жизни врачъ всегда идетъ рядомъ съ инженеромъ, облегчая страданія, поддерживая слабыхъ и оберегая отъ заболѣванія здоровыхъ.

Пути сообщенія явились проводниками санитарнаго благополучія. Но вмѣстѣ съ тѣмъ улучшеніе сѣти нашихъ путей сообщенія, удешевленіе и ускореніе перевозокъ имѣло прямымъ слѣдствіемъ усиленный ростъ городовъ и возникающую отсюда опасность для здоровья и жизни все болѣе и болѣе скучивающагося въ нихъ населенія. И въ Россіи повсемѣстно возникли трудные гигіеническіе вопросы: водоснабженія, канализаціи, оздоровленія почвы и пр.

Вслѣдствіе постоянно возрастающей спеціализаціи разныхъ отраслей знанія и непрерывно увеличивающейся сложности упомянутыхъ практическихъ задачъ, ни одна изъ нихъ не можетъ получить правильнаго рѣшенія иначе, какъ при дружномъ участіи представителей двухъ разныхъ спеціальностей — инженера и гигіениста-врача.

Санитарная гидротехника съ давнихъ поръ преподается въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія и его питомцы осуществили первые въ Россіи водоснабженія. Нѣтъ сомнѣнія, что въ будущемъ роль инженеровъ, какъ строителей водопроводовъ и водостоковъ, должна будетъ получить все большее развитіе, и въ этомъ дѣлѣ инженеры будутъ работать совмѣстно съ врачами-гигіенистами, которыхъ даетъ Императорская Военно-Медицинская Академія.

Отмѣчая съ удовольствіемъ такую близкую духовную связь съ Императорской Военно-Медицинской Академіей, Институтъ Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I съ чувствомъ глубокаго уваженія приноситъ Академіи свои поздравленія по случаю ея столѣтняго юбилея и желаетъ ей процвѣтать на многіе, многіе вѣка.