

Издание 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.

Водоснабженіе (Главы VIII, IX, X и матеріалы
для главъ XI и XII).



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая, № 9.

1900.

~~~~~  
Печатано по распоряженію Института Инженеровъ путей сообщенія  
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.  
~~~~~

ОГЛАВЛЕНИЕ II ВЫПУСКА.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

Очищение воды.

	стр.
§ 60. Различные способы очищения воды	369
§ 61. Отстаивание воды и устройство отстойных бассейнов	379
§ 62. Процеживание воды	391
§ 63. Общая классификация фильтров и фильтрование воды в обыкновенных (английских) песочных фильтрах	394
§ 64. Устройство обыкновенных (английских) песочных фильтров	403
§ 65. Эмпирические законы задержки бактерий английскими песочными фильтрами по данным Варшавского водопровода	411
§ 66. Теория фильтрации	422
§ 67. Химическое очищение воды	436
§ 68. Фильтрование воды через механические (американские) фильтры	442

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

Хранение воды и уравнивание напора и расхода.

§ 69. Общие понятия об уравнивательных водоемах или резервуарах	454
§ 70. Эволюция уравнивательных водоемов	456
§ 71. Резервуары высокого уровня (напорные)	458
§ 72. Форма резервуаров высокого и низкого уровня. Материал для образования ограждающих стѣнъ	466
§ 73. Оборудование резервуаровъ	474
§ 74. Примеры некоторых резервуаровъ	480
§ 75. Водонапорные башни и колонны	492
§ 76. Механические регуляторы напора	500

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

Распределение 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

ПРИЛОЖЕНИЕ. Матеріалы для главъ XI и XII.

(Водоснабженіе желѣзнодорожныхъ станціи.)

I. Нѣкоторыя особенности водоснабженія желѣзнодорожныхъ станціи.
Количество и качество воды.

§ 1. Общія понятія.—§ 2. Разстояніе между станціями съ водоснабженіемъ.—§ 3. Количество воды, потребное для станціи.

II. Очистка воды.

§ 4. О содержащихся въ водѣ вредныхъ примѣсяхъ и о средствахъ къ ихъ устраненію.—§ 5. Опредѣленіе количества вредныхъ примѣсей, заключающихся въ водѣ.—§ 6. Очистка воды на Тюрингенской желѣзной дорогѣ.—§ 7. Очистка воды по способу Нйен'а.—§ 8. Очистка воды по способу Béranger и Stingl'я.—§ 9. Водоочистительное устройство на станціи Лейпцигъ.

III. Пріемники воды и водопроводы.

§ 10. Расположеніе колодцевъ. Принципъ Donnet'а.—§ 11. Станціи съ естественнымъ напоромъ для наполненія баковъ.—§ 12. О трубахъ.—§ 13. Опредѣленіе диаметра трубъ.—§ 14. Матеріалъ для трубъ.—§ 15. Испытаніе и асфальтировка трубъ.—§ 16. Укладка и соединеніе трубъ.

IV. Водоподъемныя приспособленія.


§ 17. О насосахъ вообще.—§ 18. О двигателяхъ, примѣняемыхъ для насосовъ.—§ 19. Ручныя насосы.—§ 20. Насосы съ вѣтрнымъ двигателемъ.—§ 21. Водоснабженіе съ примѣненіемъ силы пара.—§ 22. Инжекторы и пульзометры.—§ 23. Стоимость подъема 1 куб. фута воды помощью различныхъ двигателей.

V. Водоемныя устройства.

§ 24. О водоемныхъ зданіяхъ.—§ 25. О бакахъ вообще.—§ 26. Различныя конструкціи баковъ.—§ 27. Соединительныя трубы между баками.—§ 28. Предохранительныя приборы противъ переполненія баковъ.—§ 29. Подогрѣваніе воды.

П Р Е Д И С Л О В І Е

кѡ 2-му выпуску.



Второй выпускъ курса лекцій, читанныхъ студентамъ Института Инженеровъ Путей Сообщенія обнимаетъ собою главы VIII—X, трактующія объ очищеніи и храненіи воды, уравниваніи напора и расхода и распредѣленіи воды. Какъ приложеніе къ этому выпуску въ немъ помѣщены въ настоящемъ изданіи матеріалы для главъ XI и XII—по водоснабженію желѣзнодорожныхъ станцій. Матеріалы эти были собраны и напечатаны по распоряженію Института еще въ 1897 году и въ новомъ изданіи полного курса будутъ замѣнены соотвѣтственными главами.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

КО ВТОРОМУ ВЫПУСКУ.

- Anklamm.** Glaser's Annalen, 1886, p. 48. (Описание Берлинских фильтровъ на Тегель 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 издание 1888 г., II издание 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. Приемники, очистители, храненіе и распределеніе воды на станціяхъ. Спб. 1898.
- Böttcher and Ohnesorge.** Zeitschrift für Bauwesen, 1876, p. 343. (Описание 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. (Описание фильтровъ, построенныхъ въ Бритге [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 съ 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 och. Gesundheitspflege, 1891, p. 38. (Фильтры городскихскихъ 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 great 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 pathogenic 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 and without coagulants, 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 Louisville, 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. (Описание развитія Берлинскихъ фильтровъ).
- Goetze.** Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1897, p. 169. Selbstthätige Wasseraustrittsregler besonders für Filter.
— Zeitschrift 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 обзоріе устройствъ для очищенія воды въ Магдебургѣ.)
- Grahn and Meyer.** Reiseberichte über künstliche Central-Sandfiltration. Hamburg. 1876.
- Grenzmer.** 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 reference to their 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 Erie water.
- Hazen.** The filtration of public Water-Supplies. 3-е изд. New York. 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 эпидемия холеры и фильтрование воды.)
- Краткое описание русских водопроводовъ,** составленное по даннымъ, собираемымъ постояннымъ бюро русскихъ водопроводныхъ съѣздовъ. Москва. 1897 г.
- Kröhnke.** Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1893, p. 513. (Опыты 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.** Описание водопроводныхъ и канализационныхъ 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, Dec. 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. (Описание проект. фильтровъ для Гамбурга.)
— Гамбургскіе водопроводы.
- Mills.** Special Repor. 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 water-supply 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.** Gesundheits-Ingenieur, 1893, p. 505. (О скорости фильтрованія.)
- Orange.** Trans. Inst. Civil Engineers, 1890. С. 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 Reinigungswassergewinnung vermittelst Filtration.
— Zeitschrift für Hygiene, 1889, p. 128. Aphorismen über Wasserversorgung.
— Vierteljahresschrift für Gesundheitspflege, 1891, p. 59. (Фильтры городскиххъ водопроводовъ.)
- Piefke.** Journal für Gas- und Wasserversorgung, 1891, p. 208. Neue Ermittlungen über Sandfiltration.
— Zeitschrift für Hygiene, 1894, p. 151. Über Betriebsführung von Sandfiltern.
- Plagge and Proskauer.** Zeitschrift für Hygiene, II. p. 403. (Исследованія 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 Génie Civil, 1896. XXVIII, p. 326. (Очищеніе воды металлическими фильтрами).
- Rühlmann.** Wochenblatt 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 Oestreichischen 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 Association, 1888. (Фильтры въ Бамбеѣ 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 engineering. London. 1897.
- Turner.** Proc. Inst. Civil Engineers, 1890, С. p. 285. (Фильтры въ Йокогамѣ.)
- 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, 1904. Report of the results obtained with experimental filters at the Pataconset 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. (Исслѣдованія 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 городского водоснабженія. Курсъ, читанный въ Инст. Гражд. Инжен. 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 изданіе. New. Jork. 1900.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

Очищеніе воды.

СОДЕРЖАНІЕ: § 60. Различныя способы очищенія воды.—§ 61. Отстаиваніе воды и устройство отстойныхъ бассейновъ.— § 62. Проѣзживаніе 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. Различныя способы очищенія воды.

Вода, предназначаемая для городского водоснабженія, должна быть на столько чиста, чтобы быть вполне 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 водостоконъ 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 (мутъ) 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 неприятною 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, процеживаніе 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 *процеживаніемъ* 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 *несочные* фильтры; въ нихъ вода пропускается черезъ слой чистаго мелкаго кварцеваго песка толщиною около 1—2 фута.

Количественные и качественные результаты фильтрованія зависятъ отъ многихъ условій, преимущественно же отъ свойствъ фильтра и воды. Нѣкоторое представление 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 полного 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 приемы 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 приемовъ велико, но всѣ они до послѣдняго времени мало примѣнялись для очистки *питьевой* воды, такъ какъ самыя 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 "

Напоръ на фильтръ 1,37 м.
 Размѣръ фильтра 30-35 кв. м.
 Расходъ воды 930.000 литр.
 въ часъ.

Общая толщ. 2,28 метра.

IV. Анализы воды до и послѣ фильтраціи:

Наименованіе веществъ.	1855.				1856.		На 100 частей вещества, заключающагося въ водѣ, фильтръ задержалъ послѣ полного протеканія.			
	12 сент.		29 дек.		10 марта.					
	До фильтраціи.	Послѣ фильтраціи.	До фильтраціи.	Послѣ фильтраціи.	До фильтраціи.	Послѣ фильтраціи.	1855.		1856.	
							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	
Органич. 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
	взвѣшено .	230	Слѣды	100	20	413	33	100,0	80,0	92,1
	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
через 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 нижеуказан- наго числа часовъ.	Плотнаго остатка.	Минераль- ныхъ солей.	Органиче- скихъ веществъ.	Взвѣшен- ныхъ 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.—галъки).

По истеченіи нижеуказан- наго числа часовъ.	Плотнаго остатка.	Минераль- ныхъ солей.	Органиче- скихъ веществъ.	Взвѣшен- ныхъ 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.
З а д е р ж а л и з ь			
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 быстрее 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 бактериологическаго изслѣдованія воды рѣки Сены послѣ кипяченія ея подъ давленіемъ.

(См. Annales d'hygiène publique et de médecine légale, Avril, 1891, и Delhotel, p. 292).

Характеристика ВОДЫ.	Продолжитель- ность пребыванія воды въ аппа- ратахъ.	Температура.	Разводки на бульонѣ.	Разводки на же- латинѣ, пептонѣ.	
				Трубки.	Пла- стинки.
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 Вас. ruosucaneus	—	—	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 химического изслѣдованія воды р. Сены послѣ кипяченія ея подѣ давленіемъ.

(См. Annales d'hygiène publique et de médecine légale, Avril 1891, p Delhotel, p. 292).

Характеристика изслѣдованій.	Вода до стерилизаціи.	Та же вода послѣ стерилизаціи при 120 град.																													
I. Анализъ и проч.																															
Опредѣленіе органич. веществъ.	<table border="0"> <tr> <td rowspan="4" style="vertical-align: middle;">{ Кислородомъ</td> <td rowspan="4" style="vertical-align: middle;">{</td> <td>кисл. раств.</td> <td align="right">4,500</td> <td align="right">2,750</td> </tr> <tr> <td>щелоч. раств.</td> <td align="right">2,500</td> <td align="right">2,000</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">{ Плавел. кисл.</td> <td>кисл. раств.</td> <td align="right">35,460</td> <td align="right">21,670</td> </tr> <tr> <td>щелоч. раств.</td> <td align="right">19,700</td> <td align="right">15,760</td> </tr> </table>	{ Кислородомъ	{	кисл. раств.	4,500	2,750	щелоч. раств.	2,500	2,000	{ Плавел. кисл.	кисл. раств.	35,460	21,670	щелоч. раств.	19,700	15,760	<table border="0"> <tr> <td rowspan="4" style="vertical-align: middle;">{ $C^2O^4H^2$, 2Aq</td> <td rowspan="4" style="vertical-align: middle;">{</td> <td>по вѣсу . . .</td> <td align="right">10,750</td> <td align="right">4,000</td> </tr> <tr> <td>по объему . . .</td> <td align="right">7 куб. см., 51</td> <td align="right">2 куб. см., 8</td> </tr> <tr> <td>Углекислоты въ растворен. сост.</td> <td align="right">25 " " 00</td> <td align="right">10 " " 0</td> </tr> <tr> <td>Аммиакъ и аммоніакальныя соли</td> <td align="right">0</td> <td align="right">0</td> </tr> </table>	{ $C^2O^4H^2$, 2Aq	{	по вѣсу . . .	10,750	4,000	по объему . . .	7 куб. см., 51	2 куб. см., 8	Углекислоты въ растворен. сост.	25 " " 00	10 " " 0	Аммиакъ и аммоніакальныя соли	0	0
{ Кислородомъ	{			кисл. раств.	4,500	2,750																									
				щелоч. раств.	2,500	2,000																									
				{ Плавел. кисл.	кисл. раств.	35,460	21,670																								
		щелоч. раств.	19,700		15,760																										
{ $C^2O^4H^2$, 2Aq	{	по вѣсу . . .	10,750	4,000																											
		по объему . . .	7 куб. см., 51	2 куб. см., 8																											
		Углекислоты въ растворен. сост.	25 " " 00	10 " " 0																											
		Аммиакъ и аммоніакальныя соли	0	0																											
Кислорода въ растворѣ сост.																															
Углекислоты въ растворен. сост.																															
Аммиакъ и аммоніакальныя соли																															
Az O ³ H.	5,00	4,30																													
Cl	7,28	7,28																													
SO ² .	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 градусяхъ	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																													

*) Этого сѣрнокисл. калыц. 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 $\frac{1}{2}$, смотря подѣ 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, мѣ- сяцъ и годъ.	Происхожденіе воды или льда.	Гидротиметрическій градусъ.	
		Воды есте- ственной.	Воды изъ оттаявшаго льда.
24. I. 1862.	Большое озеро Булонскаго лѣса	30,08	0,00
28. I. 1862.	Ледникъ на Монпарнасѣ	—	3,05
31. I. 1862.	Каналь Уркъ (искусств. замороз.)	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	Каналь Уркъ. Замороз. 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 Тюльери	—	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

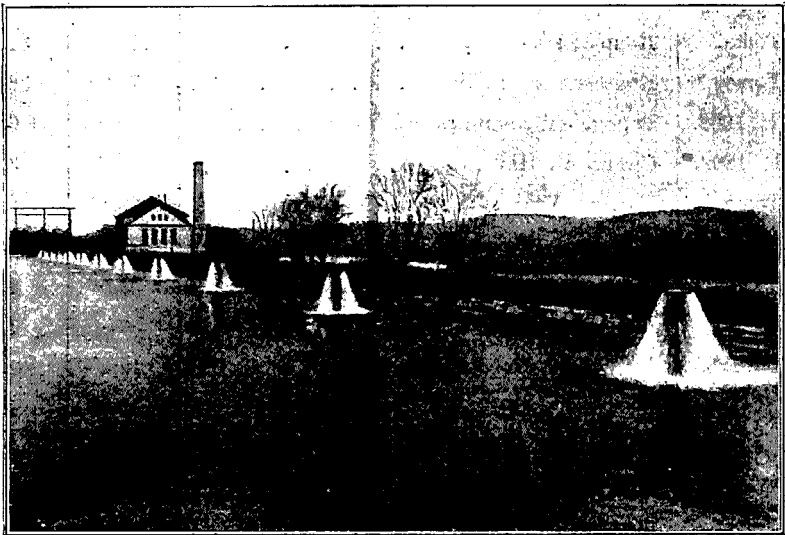
обыкновенно оказывались неприятны для вкуса. Для фабричныхъ и иныхъ цѣлей предварительная химическая очистка воды даетъ давно хорошіе результаты, между прочимъ для питанія паровозныхъ котловъ, какъ объ этомъ болѣе подробно сказано далѣе.

Наиболѣе употребляемыя химическія вещества для *осажденія* водныхъ примѣсей суть *квасцы, сульфатъ алюминія, 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 алюминія; этотъ осадокъ обладаетъ свойствомъ увлекать своими хлопьями взвѣшенные въ водѣ минеральныя и органическія ча-

О т с т а и в а н и е в о д ы .

Водоснабжение города Albany.

(С. Ш. СѢВ. А.).



Черт. 391.

**Общій видъ отстойнаго бассейна, насосной станці
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 осаждают 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 калий, вещество непріятнаго вкуса. Этому недостатка не имѣеть сульфатъ алюминія, 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* калия и т. д.

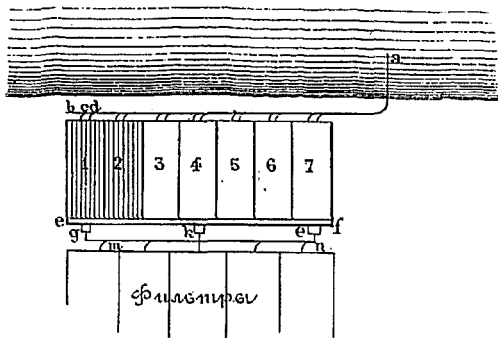
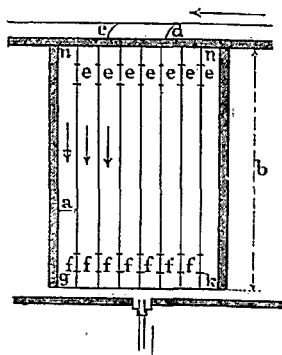
Смѣшанные способы очистки воды состоятъ въ примѣненіи совмѣстнаго дѣйствія нѣсколькихъ агентовъ для достиженія конечной цѣли—освобожденія воды отъ взвѣшенныхъ и растворенныхъ примѣсей. Въ простѣйшемъ видѣ смѣшанный способъ представляется въ употребленіи обыкновеннаго угольнаго или песчаннаго фильтра, гдѣ наряду 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.

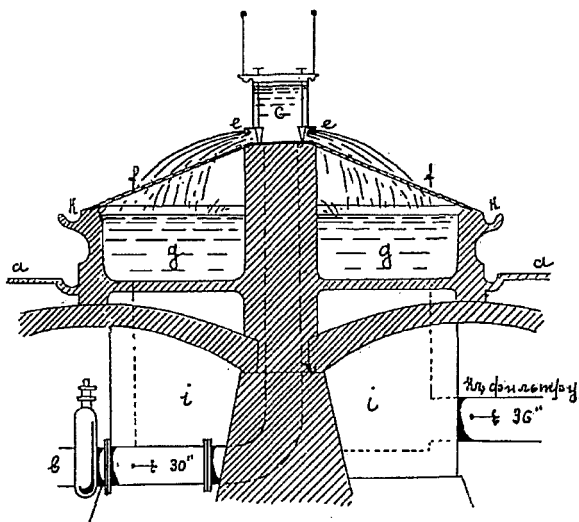
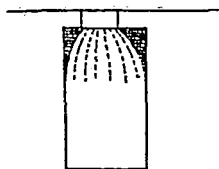
Опытъ показалъ однако, что, если эта операція и достигаетъ цѣли—сдѣлать мутную воду свѣтлой, прозрачной, то—обыкновенно для этого требуется слишкомъ много времени, а слѣдовательно для большихъ водоснабженій очень значительные бассейны. Воду приходится оставлять въ покоѣ до нѣсколькихъ сутокъ. Если бассейны открытые, а при огромныхъ размѣрахъ это почти неизбѣжно, то за это время въ бассейны могутъ попадать насѣкомыя, пыль и пр.

Отстаивание, процеживание и фильтрование воды.



Черт. 392. — Плавъ одного изъ отдѣленій отстаивныхъ бассейновъ г. Будапешта.

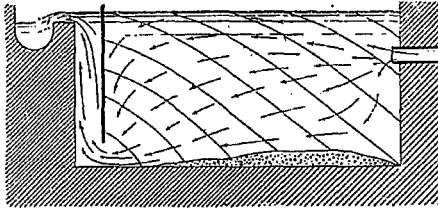
Черт. 396. — Плавъ отстаивныхъ бассейновъ и фильтровъ г. Будапешта.



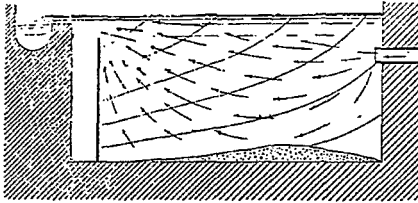
Черт. 393. — Схема отстаивающаго бассейна безъ продольныхъ перегородокъ.

Черт. 397. — Поперечный разрезъ сѣтчатыхъ устройствъ С.-Петербургскаго водопровода.

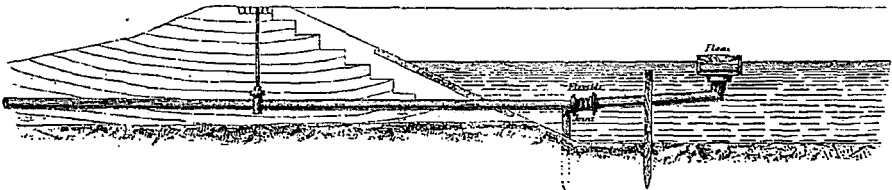
О т с т а и в а н и е в о д ы .



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. 398 — Отстойный бассейнъ съ плавучимъ водосливомъ, допускающимъ полученіе воды всегда изъ верхнихъ слоевъ. (Ясовъ).

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 эксплуатацію 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 эксплуатаціи 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 ббльшіе размѣры. Такъ напр., въ Лондонѣ бассейны разныхъ компаній имѣютъ вмѣстимость 3—18-дневнаго потребленія, а общая вмѣстимость всѣхъ бассейновъ равна 9-ти-дневному потре-

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 каменные или бетонныя поддерживающія стѣнки (см. черт. 391, 398 и 404). Открытые бассейны дешевле и вода въ нихъ подвергается дѣйствию свѣта, что способствуетъ ея обезвреживанію. Съ другой стороны отъ солнца вода и нагревается, и въ ней легко начинаютъ развиваться водоросли. Кромѣ того въ открытые бассейны можетъ попадать пыль и пр. Накопецъ, 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:

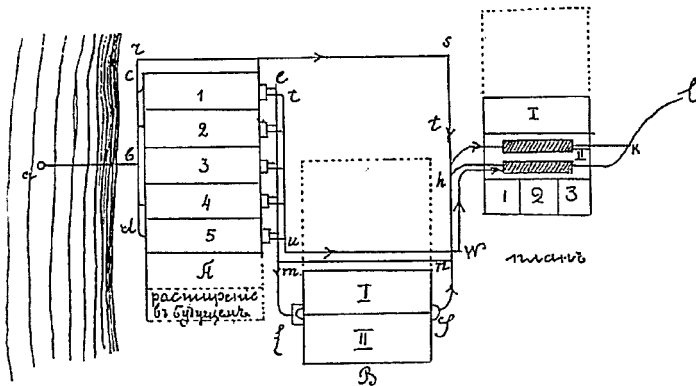
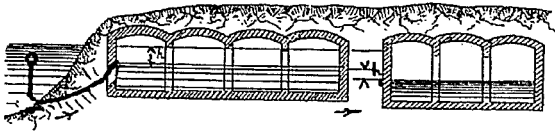
1) вода впускается въ бассейнъ, оставляется въ немъ нѣкоторое время въ полномъ спокойствіи, причемъ и происходитъ осажденіе мути, а затѣмъ верхніе, освѣтленные слои воды выпускаются на фильтры, и

2) вода очень медленно, но непрерывно протекаетъ по бассейну, такъ что осажденіе мути происходитъ также непрерывно, причемъ освѣтленная вода также стекаетъ на фильтры.

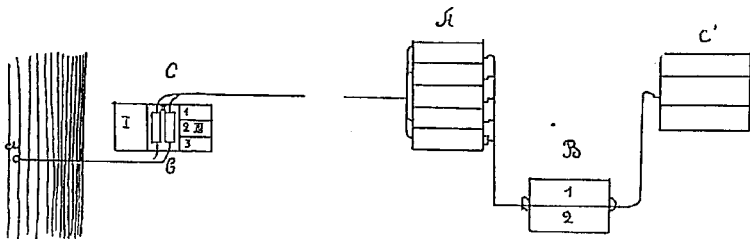
Первый способъ въ настоящее время почти совершенно остав-

Отстаивание и фильтрование воды.

Отстойные бассейны и английские песочные фильтры.



Черт. 399. — Разрѣзъ } при движеніи воды на фильтр самотекомъ.
 Черт. 400. — Планъ }

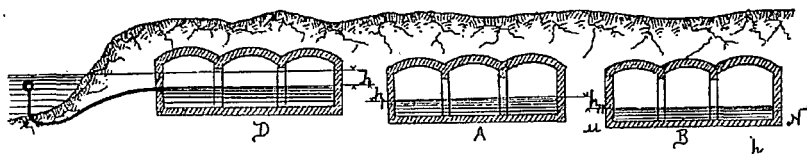


Черт. 401. — Планъ при подачѣ воды въ отстойники насосами.

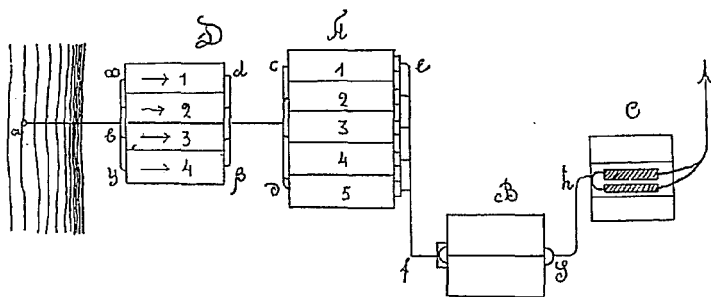
Схема расположенія фильтровъ при пользованіи водой, не требующей предварительнаго отстаиванія.

Отстаивание и Фильтрация воды.

Отстойные бассейны и английские песочные фильтры.



Черт. 402. — Разрѣзь.



Черт. 403. — Планъ.

Схема расположения фильтровъ при пользованіи водой, требующей предвари-
тельного 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 вполне 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.

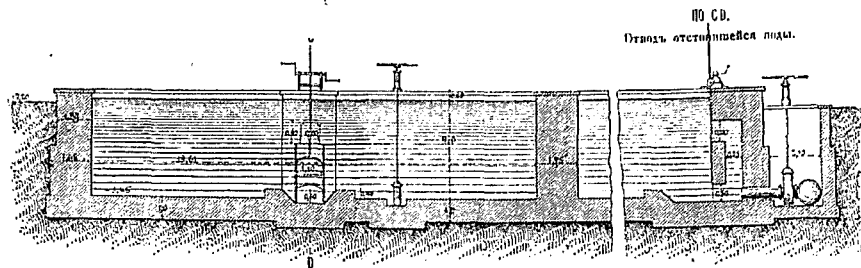
Положимъ, что устраивается $n + 1$ одинаковыхъ по величинѣ отдѣленій; каждое изъ нихъ должно быть приспособлено, очевидно, для очистки $\frac{Q}{n} = q$ куб. футъ воды въ 1 секунду (если всего надо очищать Q куб. фут.). Для расчета размѣровъ бассейна надо задаться глубиною бассейна h , которую принимаютъ = отъ 6' до 12' и скоростью протока v ; послѣднюю опредѣляютъ опытнымъ путемъ, заставляя протекать данную воду съ различными скоростями и наблюдая за ходомъ осажденія, причѣмъ 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 мм. въ 1 секунду. Изъ опредѣлившихся величинъ q , h и v можно узнать потребную ширину b бассейна: $b = \frac{q}{h \cdot v}$. 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 желательнѣе ограничиваться возможно меньшей величиной r), то искомая длина l бассейна опредѣлится изъ формулы: $l = r \cdot 60 \cdot 60 \cdot v$, гдѣ r — скорость теченія

воды. По Лундлену: $b = 16\frac{1}{2}' - 30'$; $l = 262' - 394'$. Глубина при входѣ — $6\frac{1}{2}'$; глубина при выходѣ — $10'$.

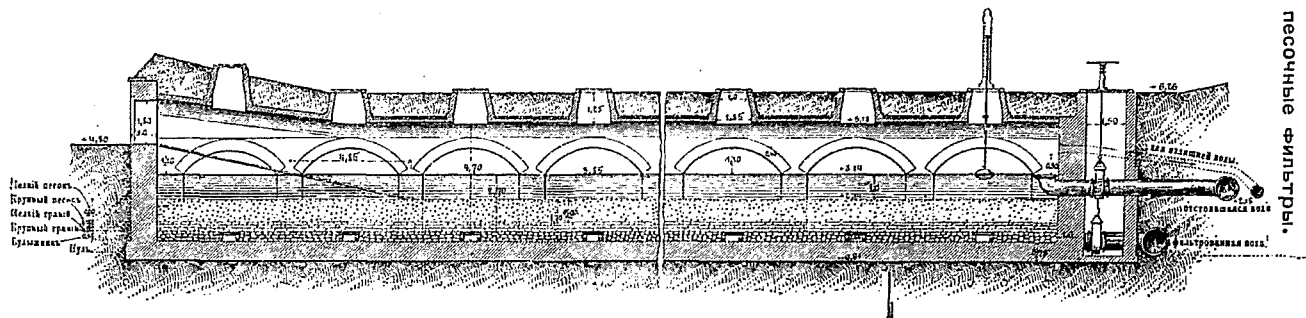
Если для притока въ бассейнъ воды вдѣлать въ его поперечную стѣнку трубу, а для выхода поставить вторую въ противоположной стѣнкѣ, то бассейнъ не будетъ дѣйствовать правильно: при малой скорости теченія и входѣ воды въ бассейнъ и выходѣ изъ него черезъ узкія, сравнительно съ шириной бассейна, трубы, — вода не станетъ двигаться равномерно по всей площади живаго сѣченія бассейна и потечетъ съ нѣсколько бѣльшей 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 измѣнить 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. Зимой наблюдается прямо противоположное явле-

Снабжение города Магдебурга рѣчной водой.



Черт. 404.—Разрѣзъ отстойнаго бассейна.



Черт. 405.—Разрѣзъ фильтра.

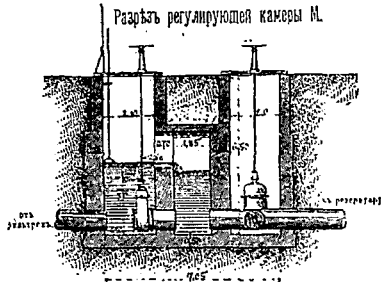
Отстойные бассейны и англійскіе песочные фильтры.

Отстаиваніе и фильтрованіе воды.

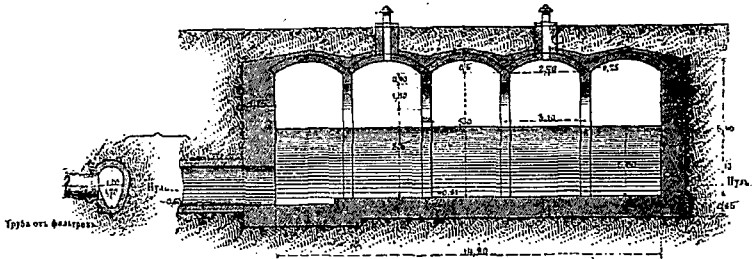
Отстанваніе и фильтрованіе воды.

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— $24 \times 54,16$ кв. м.). Изъ фильтровъ черезъ камеру, регулирующую скорость фильтрованія 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, рассматривая 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 *m* 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 вынимають. Черезъ водосливъ *gk* вода переливается въ продольный каналъ, откуда отводится на фильтръ.

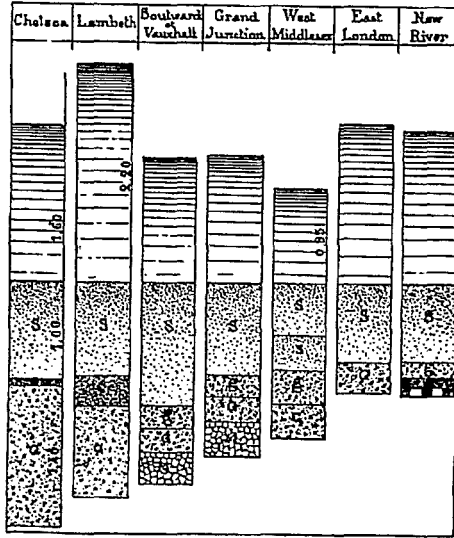
§ 62. Прощиваніе воды.

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.

Сѣточные 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 1½ 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 наклонныя желѣзные рѣшетки *f*, обтянутыя тонкой и плотной мѣдной сѣткой, которая и задерживають соръ, водоросли, мелкую рыбу и т. п. Подъ сѣтками проходятъ бетонныя 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 соответственнаго отверстія *e* запирають и смѣняютъ раму, обтянутую сѣткой. Кромѣ своего прямаго назначенія — производить грубую механическую очистку воды, сѣточные отдѣленія нѣсколько улучшаютъ ея каче-

Фильтрование воды.

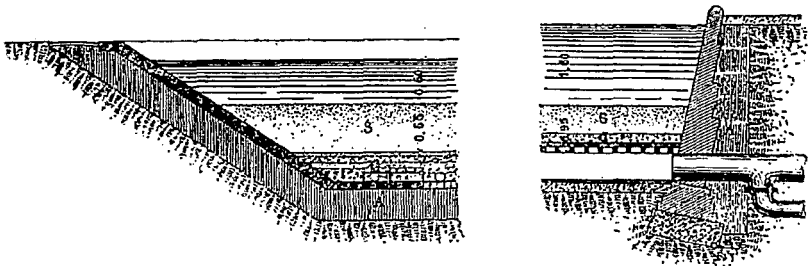
Английские песочные фильтры.



Черт. 408. — Сравнительные поперечные разрезъ фильтрующихъ слоевъ Лондонскихъ фильтровъ.

S—песокъ; C—голышъ; g—мелкій гравій; G—крупный гравій; M—каменная наброска; B—кирпичъ.

Открытые фильтры.

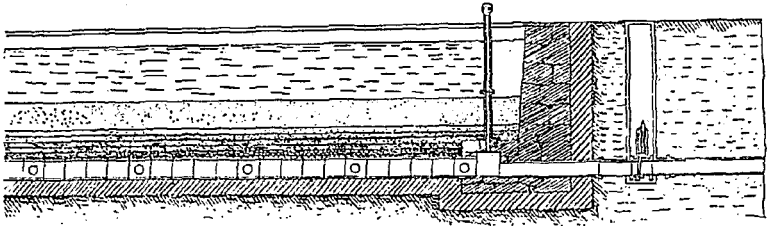


Черт. 409 и 410. — Типы английскихъ открытыхъ фильтровъ, применяемые въ самой Англии, — съ пологими откосами и съ поддерживающими стѣнками.

Ф и л ь т р о в а н и е в о д ы .

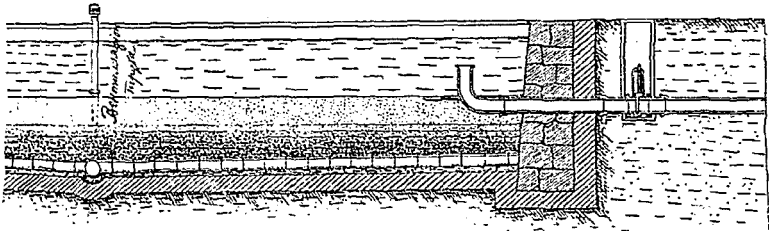
А н г л и й с к и е п е с о ч н ы е ф и л ь т р ы .

О т к р ы т ы е ф и л ь т р ы .



Черт. 411.

Разрѣзъ открытаго песочнаго фильтра черезъ отводящую воду трубу.



Черт. 412.

Разрѣзъ открытаго фильтра черезъ 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 пѣкоторую 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 черезъ песочные фильтры, которые могутъ быть раздѣлены на двѣ категоріи: *гравитаціонные* и *напорные*. Въ первой — вода проходитъ черезъ фильтрующій слой подѣ 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 черезъ этотъ матеріаль. 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 Англійи 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

фильтрации 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 миллионныхъ доляхъ по вѣсу.

Таблица № 23. — Нѣкоторые результаты фильтрованія воды р. Темзы.

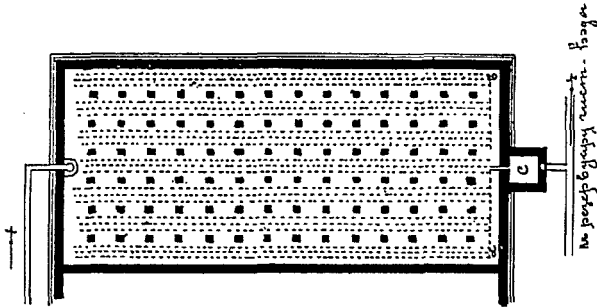
	Количество взвѣшенныхъ (плавающихъ) веществъ.			Количество растворенныхъ веществъ.		
	Минеральныхъ.	Органическихъ.	Сумма.	Минеральныхъ.	Органическихъ.	Сумма.
До фильтрованія	9,39	2,47	11,86	279,5	18,0	297,5
Послѣ фильтрованія	0,42	0,07	0,49	264,4	13,9	278,3
Уменьшеніе въ %	95,6%	97,1%	95,9%	5,4%	22,8%	6,4%

Изъ этой послѣдней таблицы видно, что уменьшеніе количества примѣсей плавающихъ, какъ минеральныхъ такъ и органическихъ, весьма значительно, и можно сказать, что взвѣшенные вещества почти всѣ (96%) остаются на фильтрѣ. Уменьшеніе растворенныхъ примѣсей значительно меньше, причѣмъ 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 нефилътрированной воды заключается въ возможности распространенія нѣкоторыхъ болѣзней, какъ напримѣръ брюшнаго тифа, холеры. Назначеніе фильтровъ — уменьшить

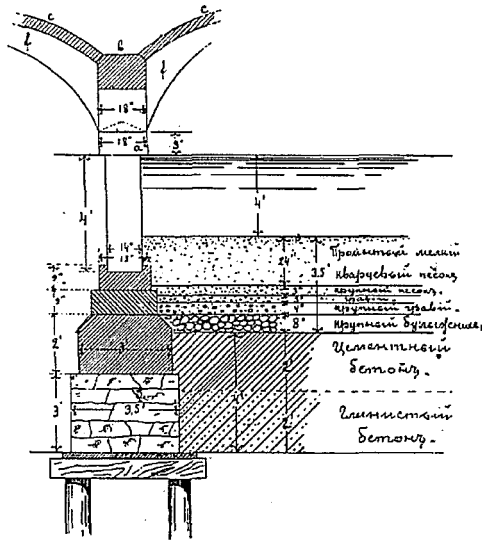
Фильтрование воды.

Английские песочные фильтры.

Водоснабжение гор. С.-Петербурга.



Черт. 413. — Планъ одного изъ отдѣленій фильтровъ.



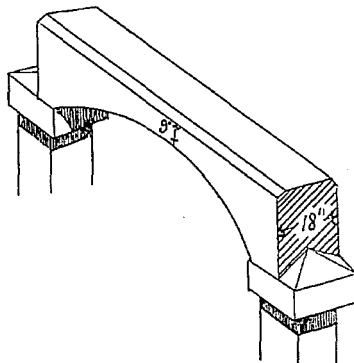
Черт. 414. — Разрѣвъ фильтра у поддерживающаго сводъ столба.

(Чижовъ — Водопроводы, Лит. к. 1898 г.).

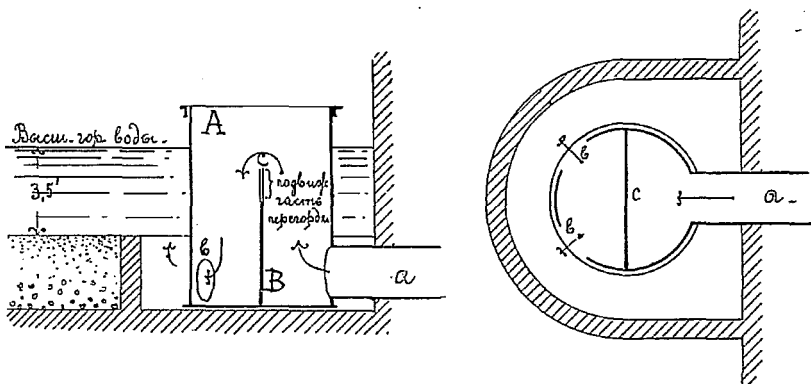
Ф и л ь т р о в а н и е в о д ы .

Англійскіе песочные фильтры.

Водоснабженіе гор. С.-Петербурга.



Черт. 415. — Деталь бетонной балки, опирающейся на гранитные столбы и поддерживающей бетонный сводчатый покровыті.



Черт. 416 в 417. — Разрѣзь 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, опускающая или поднимающая которую можно регулировать количество притекающей на фильтръ воды.

(Чижовъ — Водопроводы Лит. к. 1898 г.).

(иные требуют—уничтожить) эту возможность до minimum'a. Мнѣнія гигиенистовъ 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 пѣсколько излишнее увлеченіе. Во всякомъ случаѣ, тѣмъ 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; взвѣшенные вещества при проходѣ воды задерживаются въ этихъ каналахъ; получаютъ 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 *Пиѳке* (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 Пиѳке считаетъ фильтрацію черезъ песчаный слой процессомъ не механическимъ и не химическимъ, а біологическимъ.

По мѣрѣ дѣйствія фильтра пленка настолько утолщается, и во-

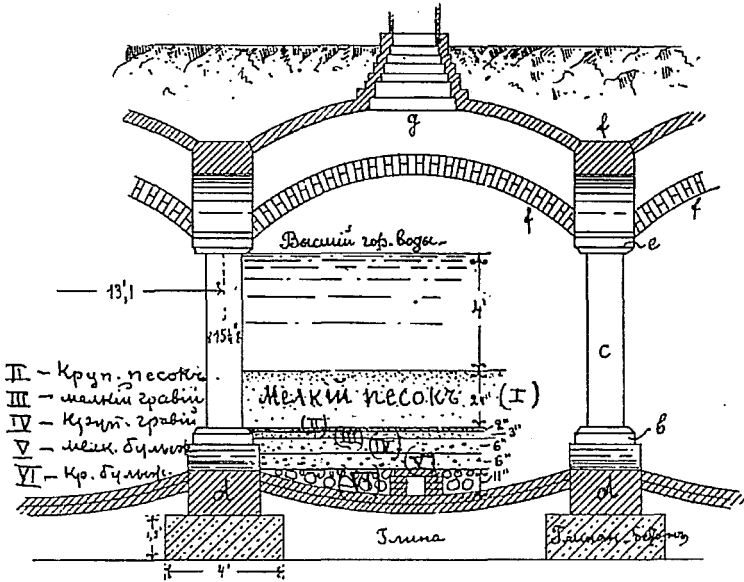
обще верхній слой песка настолько загрязняется, что фильтрованіе дѣлается все болѣе затруднительнымъ, почему фильтръ необходимо подвергнуть очисткѣ. Она заключается въ томъ, что послѣ спуска воды съ фильтра осторожно снимается верхній слой песка толщиной $\frac{3}{8}$ до $\frac{1}{2}$ дюйма. Напусканіе нефильтрованной воды прямо на фильтръ даетъ неблагоприятные 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 фильтрѣ грязной воды. При усовершенствованныхъ регулирующихъ скорость фильтраціи приборахъ (см. § 64) опасность эта уменьшается и теперь нѣкоторые специалисты 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, добавляют 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

Ф и л ь т р о в а н и е в о д ы .

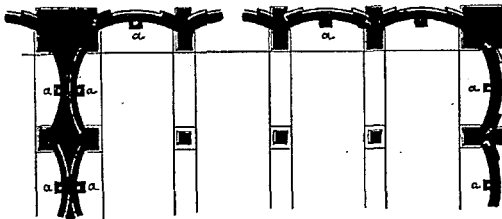
Англійські песочні фільтри.

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 $\frac{1}{3}$ фута.



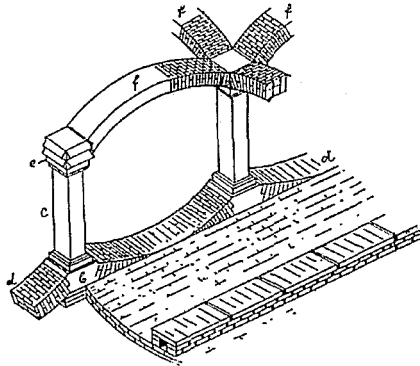
Черт. 419. — Планъ части одного отдѣленія.

(Чивжовъ — Водопроводы. Лит. к. 1898 г.)

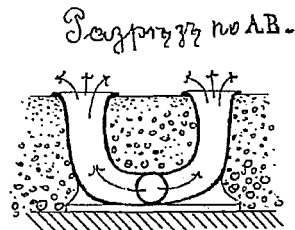
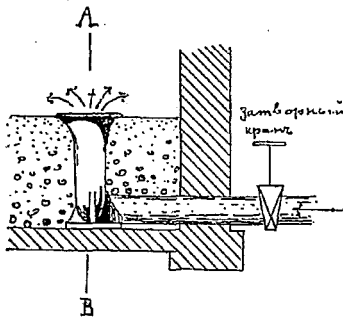
Ф и л ь т р о в а н и е в о д ы .

Англійскіе песочные фильтры.

Водоснабженіе гор. Варшавы.



Черт. 420. — Изометрическій видъ части фильтра съ показаніемъ устройства арокъ, поддерживающихъ сводчатая покрытія, и нижнихъ—обратныхъ, а также водосборнаго канала (фильтрующій слой снятъ).



Черт. 421 и 422. — Устройство приспособленія для привода воды на фильтр.

(Чижевъ — 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 *четыре*х 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, максимумъ содержанія микробовъ = 100 зародышей въ 1 куб. сантиметрѣ фильтованной воды. Самымъ лучшимъ и достаточно вѣрнымъ масштабomъ правильности дѣйствія фильтровъ — служатъ бактеріоскопическія изслѣдованія воды, которыя въ правильно эксплуатируемыхъ 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 фильтра-томъ 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 фильтрующей 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 фильтованной 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 гигиеничности воды, но онъ слу-

жить 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 крупному 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 всестороннее 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, нагревая 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.

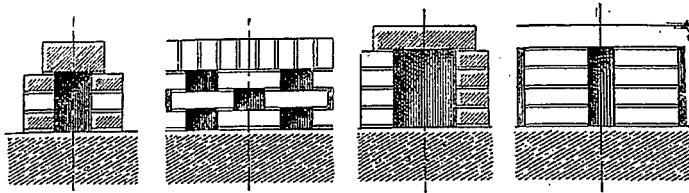
Устройство фильтрующаго слоя одинаково, какъ въ закрытыхъ, такъ и въ открытыхъ фильтрахъ.

Устройство стѣнъ и дна открытыхъ фильтровъ въ достаточной мѣрѣ ясно изъ чертежей 409—412. Что же касается ихъ расположенія по отношенію къ другимъ водопроводнымъ сооруженіямъ, составъ самага 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

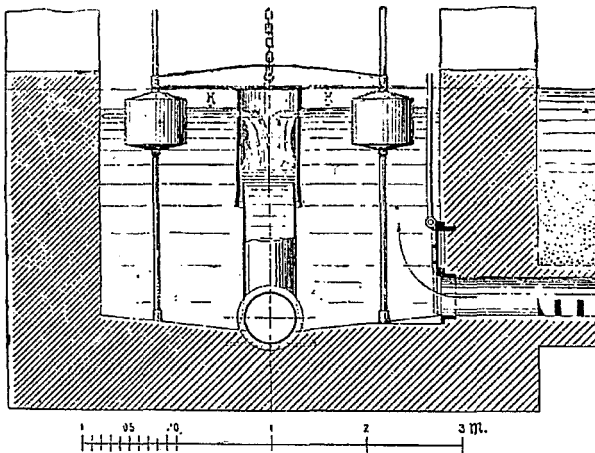
Ф и л ь т р о в а н и е в о д ы .

Англійскіе песочные фильтры.



Черт. 423—426.

Поперечные и продольные разрывы водосборных каналов из кирпичей.



Черт. 427.

Автоматическій регулятор количества воды, вытекающей из 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; (нельзя 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 накачивать 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 понадобится, 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.

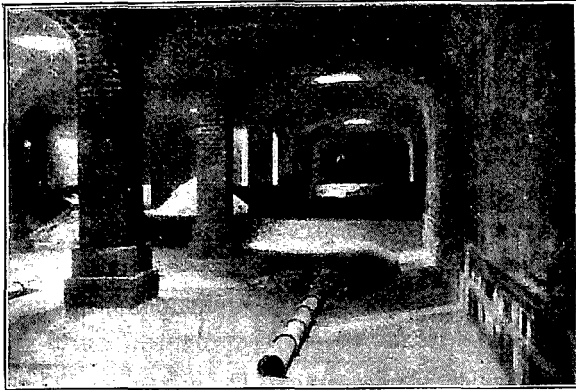
Если въ резервуарѣ чистой воды (В черт. 400) имѣется только одно отдѣленіе, то при описанномъ выше расположеніи необходимо прибавить еще одну трубу mn , чтобы можно было миновать резервуаръ чистой воды во время его чистки (черт. 400). Для возможности пользоваться при пожарахъ нефилтрованной рѣчною водою 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 tuv съ колодцемъ w , по которой вода или выкачивается машиной, или удаляется самотекомъ въ нижележащія лощины.

При устройствѣ фильтра втораго 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-

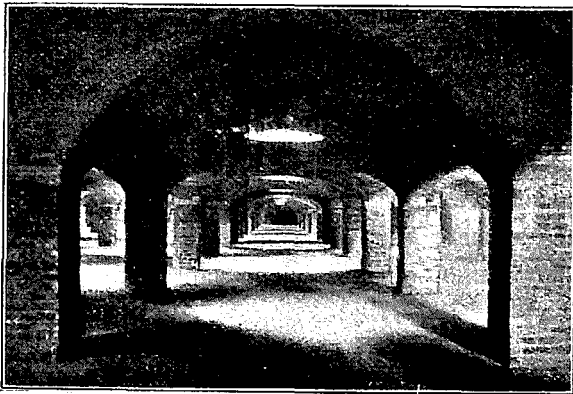
Ф и л ь т р о в а н и е в о д ы .

Англійскіе песочные фильтры.

Водоснабженіе города Albany.



Черт. 428.—Внутренній видъ фильтра при незаконченной засыпкѣ фильтрующаго матеріала: дренажная труба, гравій, слой песка.

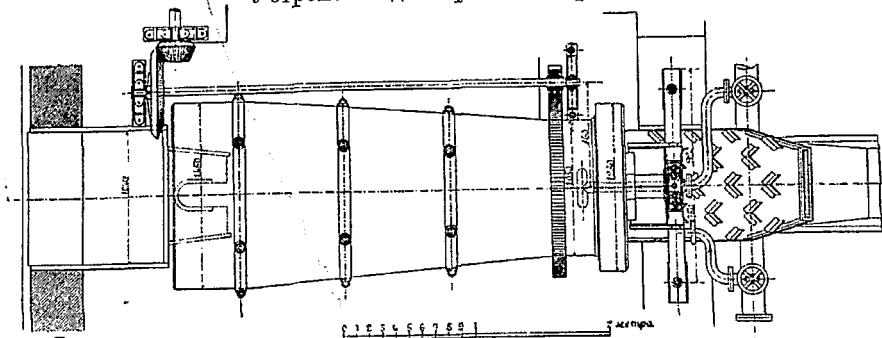


Черт. 429 — Внутренній видъ фильтра, готоваго къ употребленію.

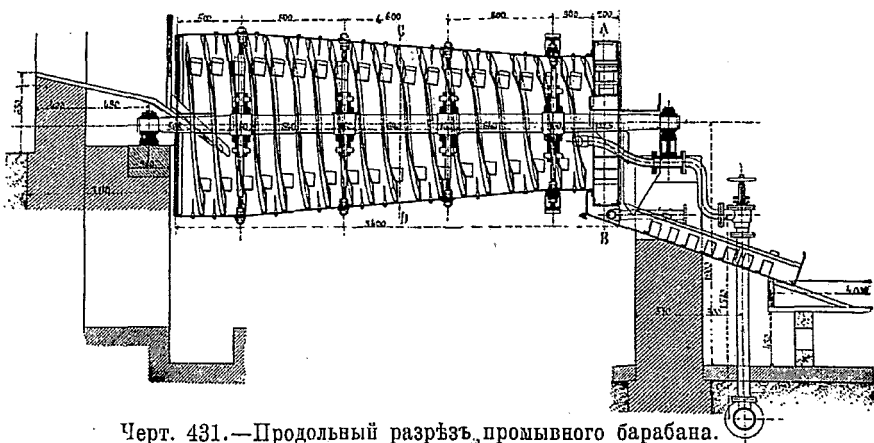
(Al. Hazen. On Albany Filtration Plant. Am Soc. Civ. Eng. Nov. 1899. Proceedings Vol. XXV. № 9).

Фильтры города Берлина на Тегельскомъ озерѣ.

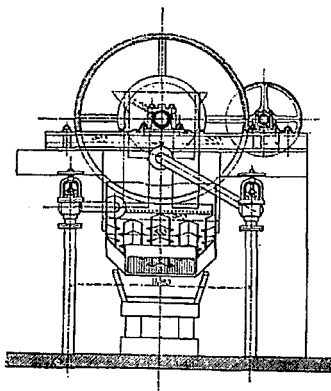
Устройство для промывки грязнаго песка.



Черт. 430.—Планъ промывнаго барабана.



Черт. 431.—Продольный разръзъ промывнаго барабана.



Черт. 432.—Видъ промывнаго 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 взбрызгиваемой въ барабанъ 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 футовъ.

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 стороною квадрата 15—16 дм. Кирпичные столбы, какъ менѣе прочные, приходится дѣлать еще больше. Въ фильтрѣ получаются продольныя и поперечныя галлерей (черт. 404, 405, 428, 429).

Въ каждой изъ галлерей есть дренажная кирпичная собирательная труба (черт. 405, 418, 420, 423—426, 428, 420). Каналь 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 $\frac{1}{2}$ кирп. \times $\frac{1}{2}$ 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 $\frac{1}{2}$ кирпича. (4 каменьчика 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 сооружений (черт. 413 и 429).

Для правильности дѣйствія фильтра необходимо, чтобы скорость

протеканія чрезъ него воды не превосходила указанныхъ предѣловъ. Для этого устраиваются различные приборы, регулирующие расходъ воды, вытекающей изъ фильтра. Одинъ изъ нихъ см. на черт. 427. Основная часть устройства поплавковъ съ подвижной трубкой и прорѣзомъ. Поплавковъ уравниваетъ 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 крановъ 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 условий, какія господствовали тамъ въ отношеніи водоснабженія, а также подъ влияніемъ очерпнутого изъ этого опыта убѣжденія въ важномъ значеніи правильной фильтраціи воды, Государственное Санитарное вѣдомство въ Германіи успѣшило издать соотвѣтственныя обязательныя правила для всѣхъ германскихъ городовъ, снабжаемыхъ фильтрованной водою изъ открытыхъ водовмѣстилищъ. Эти правила, опредѣляя способъ производства фильтраціи и устройства фильтровъ, указывали одновременно на бактериологическое 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 влияніемъ впечатлѣнія, вызваннаго исключительными обстоятельствами, оказались въ высокой степени непрактичными и непримѣнными. 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 специалистовъ, которой поручено было просмотрѣть эти правила и передѣлать ихъ сообразно съ дѣйствительными потребностями.

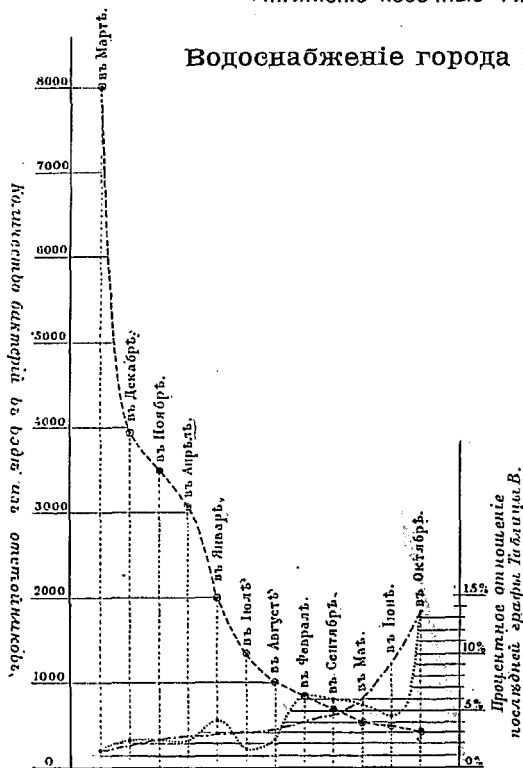
Видоизмѣненныя комиссіею въ концѣ 1893 и началѣ 1894 года правила были установлены временно только на два года и лишь на случай угрожающаго появленія холеры. Водопроводные инженеры, принимавшіе участіе въ этой комиссіи, обязались при этомъ для того, чтобы собрать соотвѣтственный матеріалъ, на основаніи 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.

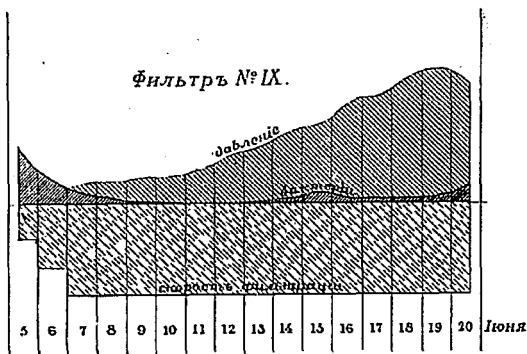
Графикъ, показывающій абсолютное количество бактерий въ сырой водѣ (въ отстойниковъ) на куб. сантим. въ разное время года и процентное отношеніе къ нимъ количества бактерий въ фильтрованной водѣ.



Фильтръ № IX.

Черт. 434.

Графикъ, показывающій зависимость между давленіемъ, скоростью фильтраціи и числомъ бактерий въ фильтратѣ.



Масштабъ.

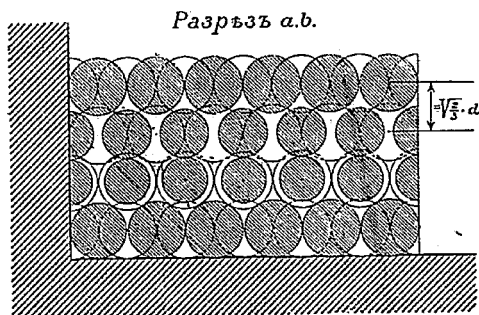
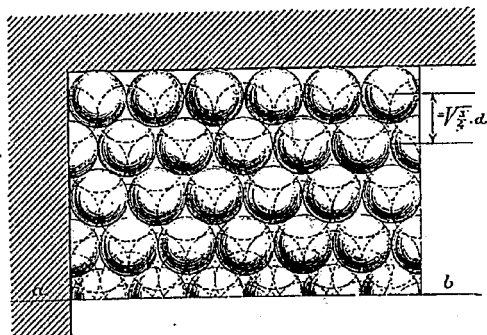
- для давленія $1\frac{1}{2}$ = 2 сантиметры.
- » бактерий $1\frac{1}{2}$ = 20 штукъ.
- » скорости $1\frac{1}{2}$ = 4 миллиметры въ часъ.

Таблица № 24.—Средние мѣсячные и годовые выводы для количества бактерій, найденнаго въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ воды Варшавскаго водопровода.

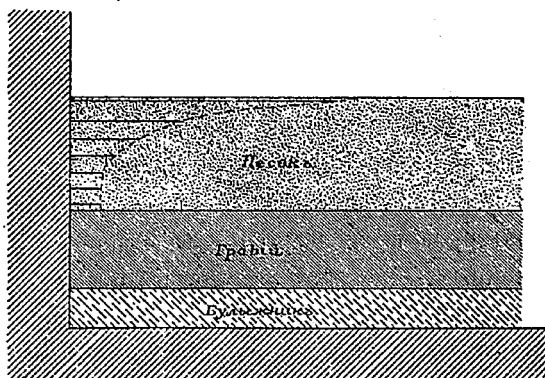
(Л. К. Багинскій. — Результаты бактериол. изслѣдов. Варшав. водопр. въ 1895 г.).

М ѣ с я ц ы 1895 г.	1. Въ водѣ рѣки Вислы на станціи.	2. Въ водѣ изъ осажденныхъ бассейновъ.	3. Въ водѣ изъ резервуара.	4. Въ водѣ очищенной фильтрами №№												5. Средній выводъ изъ всѣхъ филь- тровъ.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
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
Юнь	518	494	13	14	11	22	15	9	11	54	61	34	10	13	7	22
Юль	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	

Англійські піщані фільтри.
Водоснабженіє города Варшавы.



Черт. 435 и 436.—Планъ и разрѣзь схемы фильтра изъ шаровыхъ зеренъ.



Черт. 437.—Разрѣзь фильтра съ показаніемъ относительныхъ количествъ бактерий, остающихся въ фильтрующемъ слоеъ песка на различныхъ глубинахъ. Эти количества выражены длиною черныхъ горизонтальныхъ линий.

нымъ на практикѣ даннымъ — вести постоянный, правильный контроль какъ хода самой фильтраціи, такъ и чистоты воды, путемъ производства ежедневныхъ бактериологическихъ анализовъ.

Но въ Варшавскомъ водопроводѣ такой бактериологическій контроль былъ введенъ еще до обязательства, даннаго германскими инженерами. Выводы, сдѣланные на основаніи наблюденій Варшавскаго 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 бактериологическаго изслѣдованія дѣйствія фильтровъ Варшавскаго водопровода въ 1895 году. Докладъ III-му водопроводному Съезду 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 противоположное 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 соответствуетъ максимумъ во второй.

Относительно чистоты въ бактериологическомъ 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 пломъ 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 предпоследней и послѣдней графы замѣтимъ, что вторыя всегда больше первыхъ.

Это доказываетъ только, что, если тѣ или другіе фильтры давали воду, несоответствующую по количеству бактерій требованіямъ, скорость фильтраціи въ нихъ сравнительно съ другими уменьшилась соответственнымъ 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 соответственными 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 прийти 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.)

М ѣ с я ц ы 1895 г.	На 100 бактерій въ водѣ сырой (отстойниковъ) найдено среднимъ числомъ въ фильтрахъ:												Въ резервуарѣ.	Среднимъ числомъ для всѣхъ фильтровъ.
	В ѣ ф и л ь т р а х ѣ №№													
	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 илистую пленку бѣльшей 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 иль на покрывающемъ ихъ поверхность песокъ, 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 благоприятныя 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 вниманіе еще одно обстоятельство, а именно, что въ началѣ почти каждаго періода фильтраціи, т. е. въ теченіе первыхъ дней послѣ очистки 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 бактерій, вымываемыя изъ свѣжаго песка.

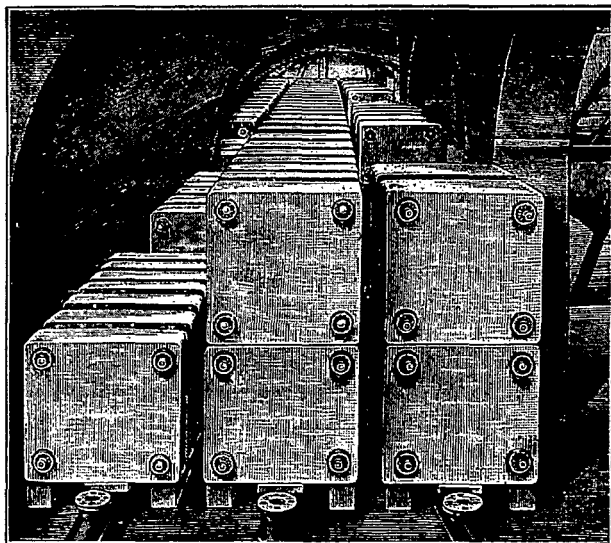
Словомъ, между количествами бактерій въ фильтратѣ и сырой водѣ существуетъ какая-то зависимость, подчиняющаяся какому-то общему закону, который можно выразить общео формулою $y = k \varphi(x)$. гдѣ y означаетъ число бактерій въ фильтратѣ, x — число ихъ въ сырой водѣ, а k — нѣкоторый коэффициентъ, стоящій въ зависимости 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 разные 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 выше начала осей координатъ. Эта линія, какъ прямая, показываетъ, что законъ фильтраціи въ бактериологическомъ 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 ($t\alpha$) представляетъ здѣсь именно среднюю величину того коэффициента 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 бактериологическомъ отношеніи) для варшавскихъ фильтровъ за 1895 годъ, при принятомъ предположеніи по отношенію къ переменнымъ условіямъ сопровождающимъ фильтрацію, можно выразить уравненіемъ $y = 10 + 0,95/100 x$.

Ф и л ь т р о в а н и е в о д ы .

Механические фильтры.



Черт. 433.

Фильтръ Фишера и Петерса.

§ 66. Теорія фільтраціи.

Выше было уже указано, что фильтрование воды через песчаные слои представляет собою весьма сложный процесс, не только механической, но и биологической. Процесс этот далеко еще не разъяснен во всех своих подробностях и потому тем более трудно объять его математическими формулами, которые связали бы между собой все его элементы. Тем интереснее, однако, попытки установления такой связи, одну из которых, принадлежащую инженеру Багинскому (см. выше—§ 65) мы приведем здесь.

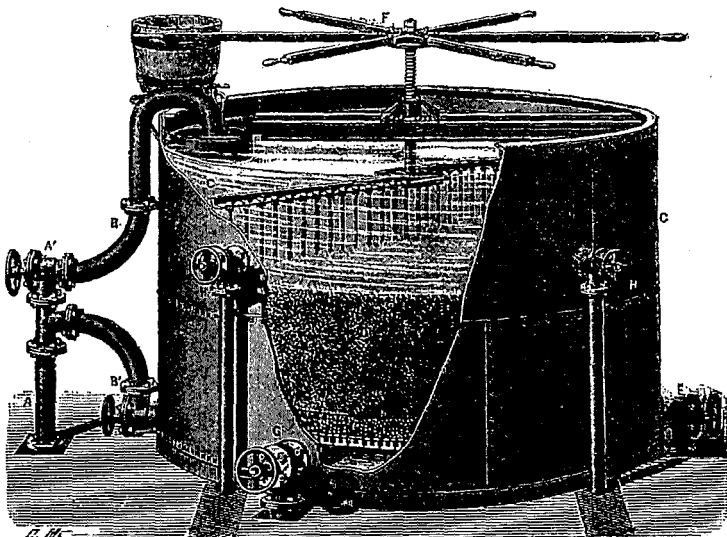
Согласно указаніямъ г. Багинскаго, въ процессѣ фильтраціи бактеріи слѣдуетъ признать ни чѣмъ инымъ, какъ нѣкотораго рода весьма мелкой мутью, одаренной жизненною способностью, и на этомъ основаніи все *наблюденія* и выводы, полученные выше (§ 65) изъ нѣсколькихъ тысячъ опытныхъ данныхъ, должны относиться и къ фильтраціи въ случаѣ обыкновенной мути, за исключеніемъ, понятнo, тѣхъ особенныхъ свойствъ, которыя тѣсно связаны съ жизне-способностью бактерій, на примѣръ свойства весьма быстро размножаться при благопріятныхъ условіяхъ. Такое воззрѣніе навело на мысль, что и зависимость количества мути, проходящей въ фильтрѣ 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, такіа характеристическія свойства фильтраціи, какія замѣчены выше при разсмотрѣніи бактериологическихъ 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, проникаетъ

Ф и л ь т р о в а н и е в о д ы .

Механическіе открытыя 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 открытыя фильтры системы Говатсона (А. Howatson & С°). Фильтрующее вещество здѣсь *поларитъ*, одинъ изъ самыхъ энергичныхъ очистителей органическихъ веществъ. Коагулированіе примѣняется также. По этой системѣ, преимущественно распространенной во Франціи, устроена значительная фильтровальная станція въ Каирѣ на 1 миллионъ ведеръ воды въ сутки.

(Н. П. Зямнѣ).

въ промежутки между песочными зернами, движется сверху внизъ; въ этомъ движеніи принимаетъ участіе и содержащаяся въ водѣ муть, приче́мъ 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 вѣсь количества мути, содержащейся въ единицѣ объема фильтруемой воды, обозначимъ черезъ x , то въ слой самага 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 каналыцы съ весьма переменными 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 соответствуютъ два такихъ минимальныхъ сѣченія, то площадь каждаго изъ нихъ составляетъ около $\frac{1}{20}$ площади большаго круга песочнаго зерна. Горизонтальныя сѣченія съ наибольшею площадью тѣхъ-же извилистыхъ каналыцевъ лежатъ въ горизонтальныхъ плоскостяхъ, раздѣляющихъ на двѣ равныя части разстояніе между центрами зеренъ двухъ слоевъ песку, прилегающихъ непосредственно другъ къ другу. Словомъ, каждый зигзагообразный каналыцъ на протяженіи между центрами зеренъ каждаыхъ двухъ сосѣднихъ слоевъ песку начинается наименьшимъ сѣченіемъ, затѣмъ расширяется и наконецъ опять суживается до минимума.

Мутная вода, протекающая по такимъ каналыцамъ, и несущая съ собой вышеозначенное количество мути x'' , должна оставить въ расширенныхъ частяхъ каналыцевъ нѣкоторую опредѣленную часть ея, напри́мѣръ 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:

$$y = (1 - a)^{\frac{l}{\sqrt{\frac{2}{3}} d}} \cdot x'' \dots \dots \dots (I)$$

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 скоростью протекания и количество задерживаемой муты неизвѣстно.

Допустимъ, что количество муты, которое данный фильтръ можетъ задержать, обратно пропорціонально скорости теченія: вводя эту гипотезу въ уравненіе (I), получимъ:

$$y = \left(1 - \frac{a}{v}\right) \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot a \cdot x''.$$

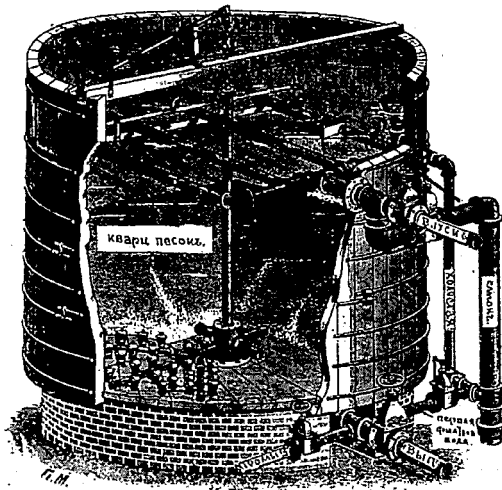
Для упрощенія положимъ v постояннымъ, редуціонный коэффициентъ $\left(1 - \frac{a}{v}\right)$, который всегда меньше единицы, возведенный въ степень $\sqrt{\frac{2}{3}}$. обозначимъ черезъ k , тогда основное уравненіе представится въ видѣ:

$$y = k \frac{l}{d} \cdot x'' \dots \dots \dots (II)$$

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 песчаного 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 песчаного слоя почти до половины.

Ф и л ь т р о в а н и е в о д ы .

Механические открытые фильтры.



Черт. 440.

Фильтр Нью-Йоркской системы.

Нью-Йоркская компания фильтровъ (New-York Filter Manufacturing Co) владѣетъ многочисленными патентами и видоизмѣняетъ конструкціи фильтровъ, сообразуясь съ мѣстными условіями. Ея фильтры бываютъ напорные и открытые. Напорный фильтр Нью-Йоркской системы охарактеризованъ на чертежахъ 82 и 83 (1 вып.), къ которымъ и отсылаемъ читателя.

Открытый фильтр этой системы можетъ примѣняться въ тѣхъ случаяхъ, когда хотятъ воспользоваться существующими резервуарами. Описываемый фильтр 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 двѣ его, направляется поочередно въ четыре развѣтвленія и силой напора производитъ своими струями движеніе песка.

Такие фильтры поставлены въ г. Westerly R. I. и рассчитаны 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 остальные, болѣе легкія частицы, достигаютъ поверхности песка и образуютъ на ней илистую пленку равномерной 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 $x' = (x - c \cdot x) = x (1 - c)$ — то на основаніи вышеприведеннаго разсужденія, для песочнаго фильтра, можно

выраженіемъ $\left(1 - \frac{b}{v}\right)^{\frac{l'}{\rho}} \cdot x'$ 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:

$$x'' = \left(1 - \frac{b}{v}\right)^{\frac{l'}{\rho}} x' \dots \dots \dots \quad (\text{III})$$

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, задерживающей на поверхности песка въ единицу времени, будетъ больше вдвое, втрое и т. д.) —

однимъ словомъ замѣняя x' выраженіемъ $(1 - v c) x$, получимъ

$$y = (1 - v c) \cdot \left(1 - \frac{b}{v}\right)^{\frac{l'}{\rho}} \cdot k^{\frac{l}{d}} x, \dots \dots \dots \text{(IV)}$$

или, полагая v постояннымъ, можемъ написать въ сокращенномъ видѣ:

$$y = k'' \cdot k'^{\frac{l'}{\rho}} \cdot k^{\frac{l}{d}} x,$$

какъ общую формулу, выражающую въ данный моментъ времени зависимость количества мути, проходящей въ фильтрѣ, отъ количества ея въ фильтруемой водѣ.

Какъ видно изъ этой формулы, успѣшность фильтраціи при данной величинѣ x зависитъ отъ трехъ коэффициентовъ k'' , $k'^{\frac{l'}{\rho}}$ и $k^{\frac{l}{d}}$. Каждый изъ нихъ меньше единицы и вліяетъ на уменьшеніе y . Значеніе коэффициента $k^{\frac{l}{d}}$ объяснено выше; теперь остается разсмотрѣть два остальные. Коэффициентъ k'' 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 коэффициентѣ, 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, что тогда фильтры весьма быстро засоряются на поверхности и поэтому приходится ихъ слишкомъ часто очищать.

Теоретическіе выводы относительно коэффициента k'' , будучи рациональными 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.

Ф и л ь т р о в а н і е в о д ы .

Механическіе открытые фильтры.

Водоснабженіе гор. East-Providence.



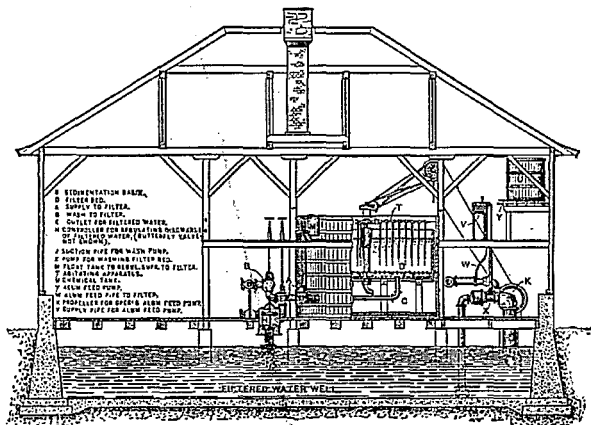
Открытый фильтр системы Джуэлль (Jewell).

Черт. 441. — Общій видъ опытнаго фильтраціоннаго устройства, созданнаго въ East Providence для изслѣдованія свойствъ фильтра системы *Jewell*'а. 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 приблизительно въ 50 разъ больше, чѣмъ при англійскихъ песочныхъ фильтрахъ. Коагулянтъ—сульфатъ алюминія—привбавляется въ количествѣ 1 грана на 1 галлонъ. Вода съ коагулянтномъ поступаетъ въ осадочный бассейнъ с), чрезъ который проходитъ въ 17 минутъ и поднимается на фильтръ. Фильтрующей слой состоитъ изъ искусственнаго кварцеваго песка въ слой толщиной $3\frac{2}{3}$ фута. Результаты фильтраціи—*уменьшеніе*: бактерий—на 99,20%; твердаго остатка—на 6%; хлора—на 1%; окиси желѣза—на 61%; окиси алюминія—на 38%; свободнаго аммонія на 29%; альбуминнаго аммонія—на 63%; окраски—на 83%; *увеліченіе*—жесткости на 20%. Цѣна всего устройства около 11.500 долларовъ. Если же поставитъ еще 3 фильтра, для конкхъ 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).

Фильтрование воды.

Механические открытые фильтры.
Водоснабжение гор. East - Providence.



Открытый фильтр системы Jewell.

Черт. 442.—Разрѣзъ фильтраціоннаго зданія. С—осадочный бассейнъ; D—фильтръ; А—труба, приводящая воду въ фильтр; В—промывная труба фильтра; Е—выпускъ фильтрованной воды; H—регуляторъ расхода воды черезъ фильтр; I—всасывающая труба промывнаго насоса; К—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 фильтруемую 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 жѣзбныхъ цилиндрическихъ резервуаровъ высотой 14 футъ и разныхъ діаметровъ. Въ новѣйшихъ открытыхъ фильтрахъ Jewell внутри 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 фильтр снизу вверхъ, а пространство между днищами резервуаровъ—осадочнымъ бассейномъ (с — на черт. 442), черезъ который проходитъ на фильтр коагулированная вода. Коагулянтъ — сульфатъ алюминія. На дни фильтра, подъ слоемъ фильтрующаго матеріала толщиной 3—4 фута расположены горизонтальныя трубы, на которыхъ установлено значительное число (въ 12 футовой фильтрѣ обыкновенно 496 шт.) сѣтчатыхъ сосковъ, принимающихъ въ себя очищенную воду. Они сдѣланы изъ алюминиевой бронзы. Фильтрующей матеріалъ—натуральный рѣчной или искусственно приготовляемый дробильными машинами кварцевый песокъ. Промывка производится обратнымъ пропускомъ воды, причемъ песокъ перемѣшивается механически особыми мѣшалами, приводимыми въ движеніе обыкновенно паровой машиной. Продолжительность такой промывки изъ Провиденсскихъ опытовъ Вестона опредѣлена въ 11 минутъ, причемъ количество необходимой для нея воды опредѣлялось въ 4,9% всей фильтруемой воды. (Зиминъ—III Вод. С. стр. 131).

Изъ положительной роли, какую въ этомъ коэффициентѣ 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 коэффициентахъ $k' \frac{v}{\rho}$ и $k' \frac{v}{a}$, можетъ оказаться негоднымъ къ употребленію.

Второй коэффициентъ $k' \frac{v}{\rho}$ содержитъ переменную величину v , которая въ теченіи всего періода фильтраціи непрерывно возрастаетъ, вслѣдствіе чего k' , соответственно уменьшается; этимъ объясняется извѣстный фактъ, что чѣмъ продолжительнѣе дѣйствіе фильтра, тѣмъ лучше онъ фильтруетъ. Кроме того выясняется значеніе мутности воды: чѣмъ абсолютная мутность до фильтрованія больше, тѣмъ относительная послѣ фильтрованія меньше. Такъ напр. если для воды извѣстной мутности x коэффициентъ k' , положимъ $\frac{1}{2}$ а $v = 1$, то для воды, мутность которой въ 2, 3, 4 и т. д. разъ больше, v увеличится въ 2, 3, 4 и т. д. разъ, коэффициентъ же k' , уменьшится до $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ и т. д., и y по отношенію къ x приметъ значенія все быстрѣе и быстрѣе уменьшающіяся.

Важная зависимость k' , отъ v 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 v больше. Кроме того, такъ какъ одинаковый уровень воды въ фильтрѣ обуславливаетъ одинаковое по всей поверхности фильтра давленіе воды, большая же величина v 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 равномерно 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 равномерно всею своею поверхностью.

Выше выведенное для обыкновенныхъ горизонтальныхъ песочныхъ фильтровъ общее уравненіе $y = k'' k' \rho \frac{l'}{k \bar{a}} x$ примѣнимо повидимому и ко всякому другому фильтру, съ тою лишь разницею, что при различныхъ фильтрахъ коэффициенты $k'' k' \rho$ и $k \bar{a}$ будутъ играть различную болѣе или менѣе важную роль. Такъ для фильтровъ съ вертикальнымъ положеніемъ фильтрующей грани второй коэффициентъ $k' \rho$ имѣетъ малозначенія, что напр. составляетъ слабую сторону фильтра Peters-Fischer'a (см. § 68). Для фильтровъ Chamberland'a и подобныхъ самую важную роль играетъ коэффициентъ 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, содержащіяся 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 пузырьки газа въ соприкосновеніе съ жидкостью; находящеюся въ расширенныхъ канальцахъ въ состояніи покоя; тамъ, поднимаясь вверхъ, пузырьки 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 коэффициентъ $k' \rho$ 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

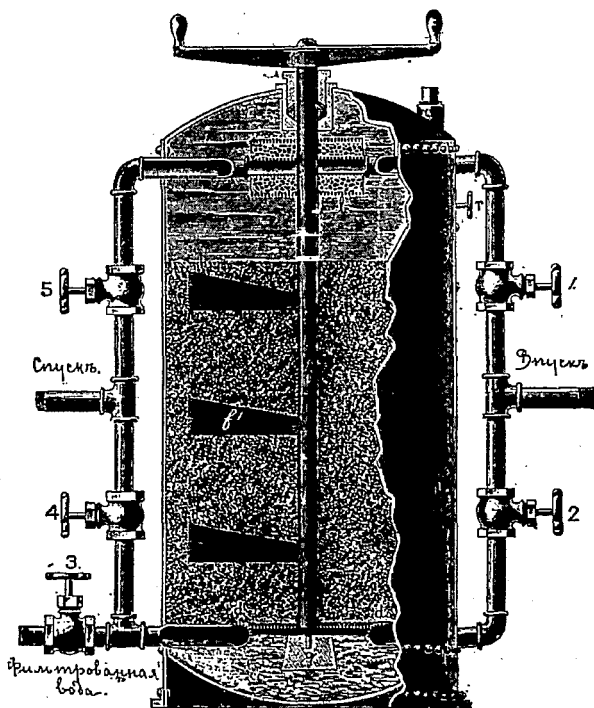
или менѣе давно замѣчены на практикѣ и подтверждены прямымъ наблюденіемъ хода фильтраціи. Тѣмъ не менѣе результаты многочисленныхъ бактериологическихъ изслѣдованій, а въ числѣ ихъ и изслѣдованій произведенныхъ въ 1895 году въ варшавскихъ фильтрахъ, показали съ одной стороны, что законы фильтраціи для 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 вполне было подтверждено на практикѣ, вслѣдствіе чего на варшавскихъ фильтрахъ были произведены приводимыя ниже изслѣдованія.

Изъ рассмотрѣнія формулъ для илистаго фильтра ($x'' = k' \frac{v}{l} x'$) и для песчаного ($y = k'' \bar{a} x''$) 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. Riefke представилъ это даже графически, какъ показано на черт. 437. Длины черныхъ линій представляютъ здѣсь количества бактерій, найденныя въ слое песка на соответственныхъ 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 которыхъ

Ф и л ь т р о в а н и е в о д ы .

Механические напорные фильтры.



Черт. 443.

Закрѣтый фильтръ системы Девисъ.

Фильтръ системы Девисъ представляетъ собой закрытый металлическiя сосудъ. Фильтрующiй материалъ—песокъ—лежитъ на сѣтчатомъ поддонѣ, имѣя надъ собой пространство для притекающей нефильрованной, а подъ собой—пространство для отфильтрованной воды. Впускъ и выпускъ регулируются вранами №№ 1, 2, 3, 4, 5, назначенiе коихъ ясно изъ чертежа. Промывка производится обратнымъ токомъ воды, причемъ песокъ перемѣшивается механическими мѣшалками, насаженными на вертикальную ось.

говорится. Съ тою цѣлью взвѣшивалось известное количество песка съ самаго верху и съ самаго низу несмѣненнаго слоя, а также одновременно свѣжаго песка, какой употребляется для пополненія взаимнѣ 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 фильтр. Средній результатъ для шести фильтровъ показалъ, что на 1 килограммъ сухого песка при $+ 100^{\circ} \text{C}$ въ самомъ грязномъ, верхнемъ его слое было 21,15 граммъ мути (сухой при $+ 100^{\circ} \text{C}$), въ песокъ нижняго слоя 3,84 гр., въ свѣжемъ 1,12 гр. Это значитъ, что фильтрующаяся вода въ теченіи 10 лѣтъ оставила въ верхнемъ слое $21,15 - 1,12 = 20,03$ 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 теоретическихкихъ 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 вполне 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 темпой, превратилась, послѣ отдѣленія осадка, вполнѣ въ безцвѣтную и прозрачную, какъ хрусталь, лишилась болѣе половины (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 за границей 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 мфн. 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.

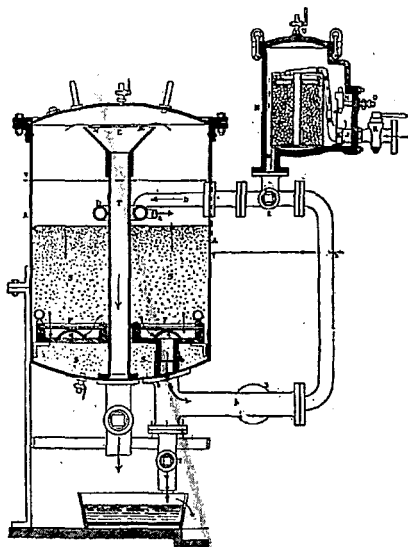
И дѣйствительно, по лабораторнымъ опытамъ, при отдѣленіи воды отъ осадка, можно вести фильтрованіе (*производя его снизу вверхъ*) очень быстро, а именно такъ, что 1 квадратный метръ фильтрующей поверхности, при толщинѣ песочнаго слоя въ 13 сант. и давленіи 60 сант. водяного столба дастъ въ часъ 3.000 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 квадратъ, 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 анализъ, содержитъ приблизительно $\frac{3}{4}$ 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 неизбежно 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-

Ф и л ь т р о в а н и е в о д ы .

Механические напорные фильтры.



Черт. 444.

Фильтр системы Делотель и Моридъ.

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 (а) расположены горизонтально и изогнуты подобно трубкамъ Сегнера колеса. Когда верхній слой загрязнится, то открывая кранъ внизу на трубѣ Т, заставляють поступающую на фильтрованную воду смывать грязь и черезъ воронку В удалить ее изъ фильтра. Когда же желаютъ промыть всю массу песка, то пускають 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 гигиенисты найдутъ неудобнымъ очищеніе воды хлорнымъ желѣзомъ, то по мнѣнію профессора Бунге можно съ успѣхомъ замѣнить его сѣрно-желѣзною солью, причѣмъ увеличится въ водѣ содержаніе сѣрнокальціевой соли, съ присутствіемъ которой до извѣстнаго предѣла мирятся какъ гигиенисты, 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 прозрачною и безцвѣтною, лишается значительной части содержащихся въ ней органическихъ веществъ и вообще очищается такъ же хорошо, какъ и хлорнымъ желѣзомъ, причѣмъ стоимость очищенія не будетъ дороже при фабричномъ производствѣ сѣрно-желѣзной соли, употребляемой нынѣ только въ качествѣ фармацевтическаго препарата.

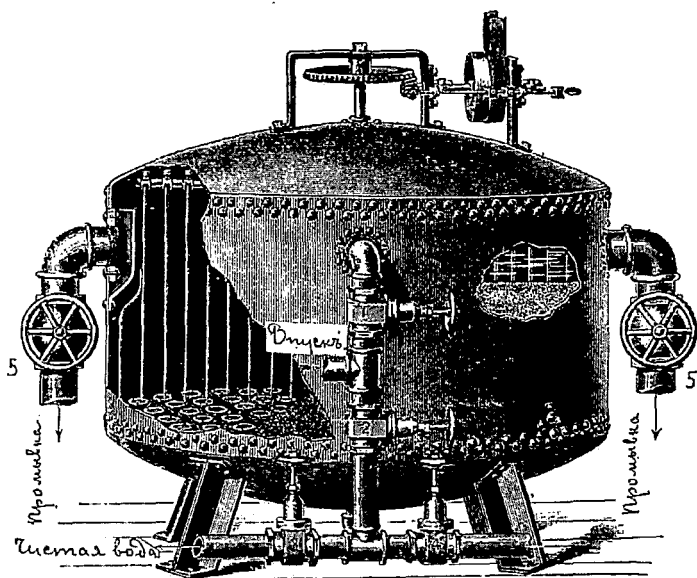
Способъ *Гунтмана*, т. е. очищеніе воды хлорнымъ желѣзомъ совмѣстно съ содой профессоръ Бунге не рекомендуетъ. Правда, онъ вполне удовлетворилъ бы гигиенистовъ, но не уменьшилъ бы въ водѣ содержанія хлора, и кромѣ того потребовалъ бы большаго расхода на реактивъ и понизилъ бы эффектъ фильтрованія; вода, 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 микро-организмовъ, чѣмъ простое фильтрованіе черезъ песочные фильтры, и по своей цѣнѣ вполне доступны для очищенія большихъ количествъ воды.*

Охарактеризованные химическіе способы представляются, очевидно, способами *смѣшанными*, такъ какъ за химическимъ дѣйствіемъ слѣдуетъ непременно фильтрованіе, но не обыкновенное медленное, а быстрое, такъ называемое *механическое*.

Фильтрование воды.

Механические напорные фильтры.



Черт. 445.

Закрытый фильтр системы Jewell.

Фильтрующий материал — кварцевый песок. Коагулянт — сульфат алюминия. Промывка производится обратным током воды; для лучшего перемешивания песка служат вертикальные мшалки, насаженные на горизонтальную ось и приводимые в действие паровой машиной. Продолжительность промывки — 11 минут; расход воды на промывку 4,9% всей фильтруемой воды. Фильтры этой системы появились в 1887 г. и теперь имеют значительное распространение. На фиг. 445 изображен элемент закрытых фильтров системы Джуэлль, устроенных в водопровод г. Шаттануга в штате Теннесси. Компания изготовляющая фильтры системы Джуэлль, рекомендует 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, находяціяся 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 пазвала 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, пазначаемые для быстрого фильтрованія подвергнутой дѣйствию коагулянта 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 англий-*

ских песочных фильтровъ удается удержать изъ воды довольно совершенно только взвѣшенные примѣси; органическія же и, въ особенности, красящія тѣла, растворенныя въ воду, и микроорганизмы удаляются ими несовершенно и находятъ, что несмотря на чрезвычайную надобность ввести необходимыя улучшения 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 бассейнамъ. 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 песочными 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—внутри элементовъ и выдвигая этимъ способомъ грязь изъ поръ песчаника. Въ случаѣ

сильнаго проростанія грязью, растительными организмами и проч. отдѣльные элементы могутъ быть прокаливается 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 толщю 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 малою 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 приемники 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 Сѣздахъ 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 специалистамъ 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 фильтрующий слой песка (на поддонѣ 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 толщине слоя песка не только микроорганизмы, но и мелкая муть могут несомненно продавливаться сквозь песок. Во избежание этого прибавляется къ очищаемой водѣ передъ ея входомъ въ фильтръ особыя осаждающія или обволакивающія вещества, называемыя выше *коагулянтами*, которые образуютъ на песчаной поверхности слой искусственной очень мелкопористой пленки (замѣняющей грязевую), достаточно прочной для избежанія ея прорыва при значительной скорости фильтрованія. Наибольше употребительный коагулянтъ — сѣрно-аллюминіевая соль, прибавляемая въ количествѣ отъ 0,7 до 1,2 фунта на 1000 куб. футъ фильтруемой воды, а также калиевыя 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 каждыя 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.

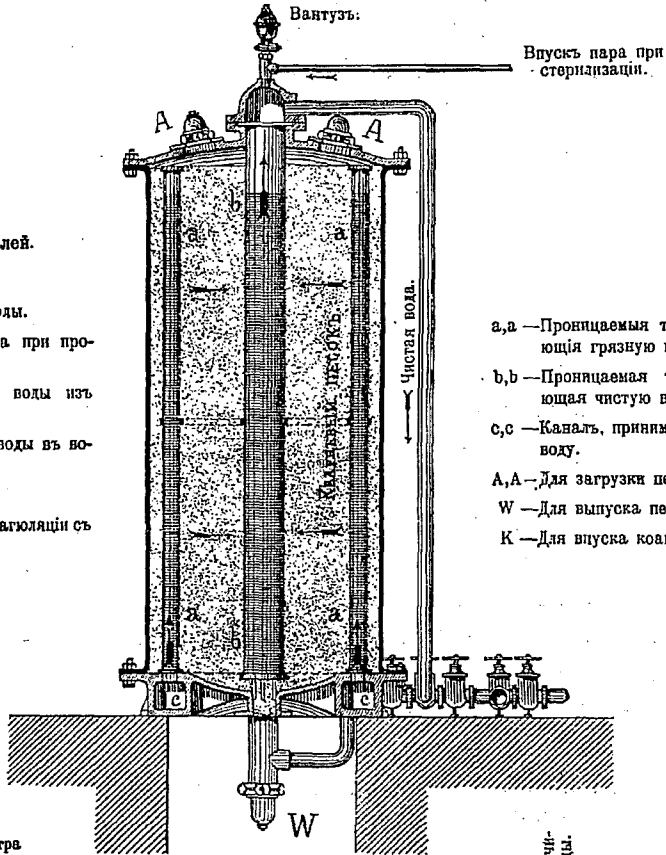
Американскіе фильтры требуютъ особой тщательности надзора и вниманія; все устройство болѣе или менѣе закрыто, отъ него идетъ масса трубъ съ различными кранами: стоитъ одинъ изъ нихъ неплотно закрыть — въ трубу чистой воды легко можетъ устремиться грязная, стоитъ недостаточно открыть кранъ для введенія раствора коагулянта — образуется недостаточная плѣнка и фильтрація дастъ плохіе результаты и т. п. При вполне правильномъ дѣйствіи фильтровъ съ коагулянтами качество фильтруемой воды можетъ быть однако вполне 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 описываемыя 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

Механические напорные фильтры.

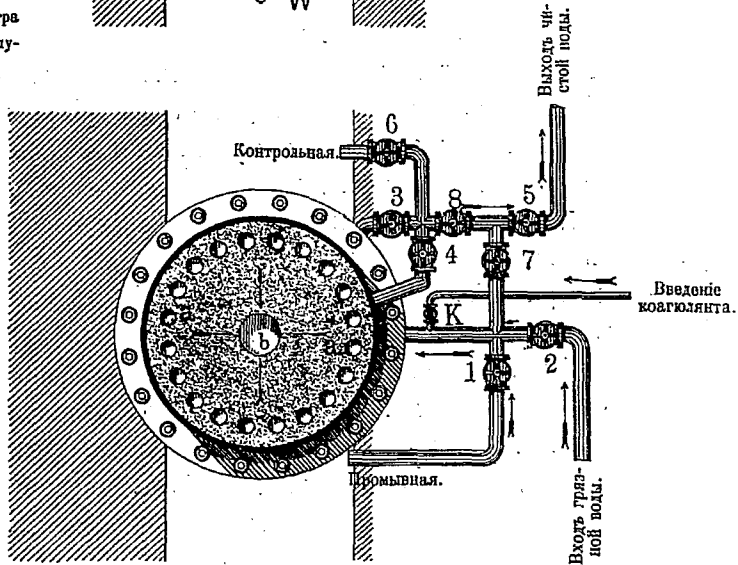
Назначение вентиляей.

1. Для промывки.
2. Для выпуска грязной воды.
3. Для вспушивания песка при промывке его.
4. Для выпуска чистой воды из фильтра.
5. Для выпуска чистой воды в водопровод.
6. Для контроля воды.
7. Для первоначальной коагуляции с чистой водой.
8. Тоже.



- а, а — Проницаемая трубы, принимающая грязную воду.
- б, б — Проницаемая труба, собирающая чистую воду.
- с, с — Каналь, принимающий грязную воду.
- А, А — Для загрузки песка.
- W — Для выпуска песка.
- К — Для впуска коагулянта.

Примечание. Промывка фильтра производится обратным потоком 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. Подобныя же фильтры (но безъ коагулянта) фигурировали и на Нижегородской выставкѣ. Въ С.-Петербургѣ уже нѣсколько лѣтъ испытываются механическіе фильтры системы инженера Галнекена.

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 толщиной около 8" въ среднюю трубу *b*, откуда черезъ краны № 4, № 8 и № 5 въ резервуаръ чистой воды. Всѣ трубы *a* и *b* сдѣланы съ отверстиями 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*—распределительная камера грязной воды, сообщенная съ трубами *b*, *b*; *A*, *A*—вантузы для насыпки свѣжаго песка; *W*—вантузъ для насыпки грязнаго; *k*—кранъ для впуска раствора коагулянта. Названіе вентилей или крановъ: 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:

а) Они представляютъ собой открытые или закрытые сосуды, содержащіе въ себѣ, какъ фильтрующій матеріалъ, обыкновенный или искусственно изготовленный кварцевый песокъ.

б) Вода очищается, проходя черезъ песокъ *сверху внизъ* со скоростью въ десятки разъ большею, чѣмъ въ обыкновенныхъ песчаныхъ фильтрахъ европейскаго типа.

в) Фильтрованію предшествуетъ введеніе въ воду *коагулянта*, безъ чего оно не можетъ быть вполне 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.

д) Для удаленія изъ фильтровъ накапливающейся 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 хотять задержать также и бактерій, *коагуляція* является безусловно необходимымъ спутникомъ механическаго фильтрованія.

Извѣстный американскій специалистъ по вопросамъ о фильтрованіи воды Allen Hazen изъ своихъ опытовъ убѣдился, что безъ прибавки коагулянта механическіе фильтры не могутъ успѣшно задерживать находящихся въ водѣ бактерій.

Съ введеніемъ же коагулянта 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 калиевые квасцы.*

Инженеръ Уэстонъ на основаніи провиденскихъ опытовъ пришелъ къ заключенію, что наилучшее количество сульфата алюминія это $\frac{1}{2}$ —1 грана на галлонъ воды.

Квасцы дѣйствуютъ также хорошо, но ихъ слѣдуетъ употреблять въ строго-ограниченномъ количествѣ, соответствующемъ составу фильтруемой воды, такъ какъ иначе они могутъ ухудшить качество воды (см. § 60). Въ Новомъ Орлеанѣ, гдѣ поставлены механическіе

фильтры Нью-Йоркской К^о 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 вътрое 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 эксплуатаціи механическихъ фильтровъ относительно невелика. По послѣднимъ даннымъ Уэстона (1899 г.) открытые механическіе фильтры (системы Jewell) со зданиями 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 эксплуатацію 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 Киевѣ отдастъ предпочтеніе

хлористому железу, 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 значить отказаться 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 Indianapolis. 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 бѣльшая, 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 направлениемъ 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 фильтр Н. П. Зимины (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 вполне 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 полного воздѣйствія на ея примѣси. Прежде это не считалось существеннымъ и потому многие проектировали фильтры для системы прямого 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 на чертежѣ 441 и 442.

Недавно закончены въ Америкѣ въ г. Питтсбургѣ новые строго-научные опыты надъ различными фильтрами. Эти опыты вполне 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 Сінсіннаті 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 соответственномъ ихъ примѣненіи въ каждомъ данномъ случаѣ.

ГЛАВА IX.

Храненіе воды и уравниваніе напора и расхода.

СОДЕРЖАНІЕ: § 69. Общія понятія объ уравнивательныхъ водоемахъ или резервуарахъ.— § 70. Эволюція уравнивательныхъ водоемовъ или резервуаровъ.— § 71. Резервуары высокаго уровня.— § 72. Форма резервуаровъ высокаго и низкаго уровня. Матеріаль для образованія ограждающихъ стѣнъ.— § 73. Оборудование резервуаровъ.— § 74. Примѣры нѣкоторыхъ резервуаровъ.— § 75. Водонапорныя башни и колонны.— § 76. Механическіе регуляторы напора.

§ 69. Общія понятія объ уравнивательныхъ 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 бесполезно стекаетъ въ сторону. Слѣдовательно, водопроводъ при этихъ условіяхъ стоитъ дороже (большее сѣченіе каналовъ и трубъ, большая сила машинъ) и часть доставляемой воды тратится бесполезно.

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 рассчитывается 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 емкость признается минимальной для гравитаціонныхъ водопроводовъ, имѣющихъ только одинъ приводной каналъ къ городу, такъ какъ притокъ постояненъ 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 имѣеть 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 имѣеть 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 уравнильнаго 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 соответствуетъ и минимуму стоимости сѣти для опредѣленнаго расхода воды.

Въ дѣйствительности выборъ мѣста для резервуара несравненно труднѣе. Города имѣють 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 уравнильныхъ водоемовъ.

Изъ сказаннаго видно, что для того, чтобы удовлетворить вполне своему назначенію уравнильный водоемъ долженъ осуществлять два условія:

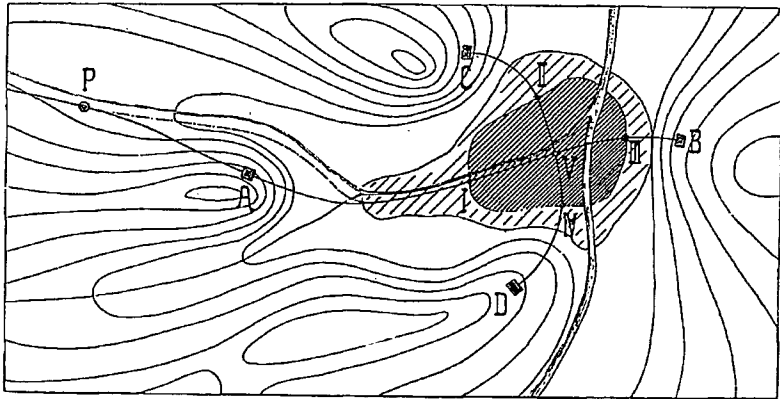
а) вмѣщать въ себѣ достаточный запасъ воды для подачи ея во время усиленнаго разбора или перерыва въ доставкѣ воды въ городъ;

б) находиться на достаточной высотѣ, чтобы собранная въ немъ вода могла достигать, подѣ 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-

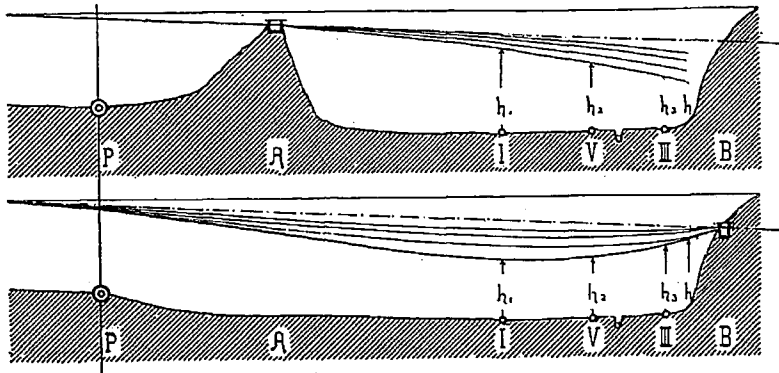
Уравнительные водоемы.

Избрание мѣста для уравнительнаго водоема.



Черт. 448.

Планъ мѣстности съ показаніемъ разныхъ положеній водоема.



Черт. 449.

Продольные 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, причеиъ 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.

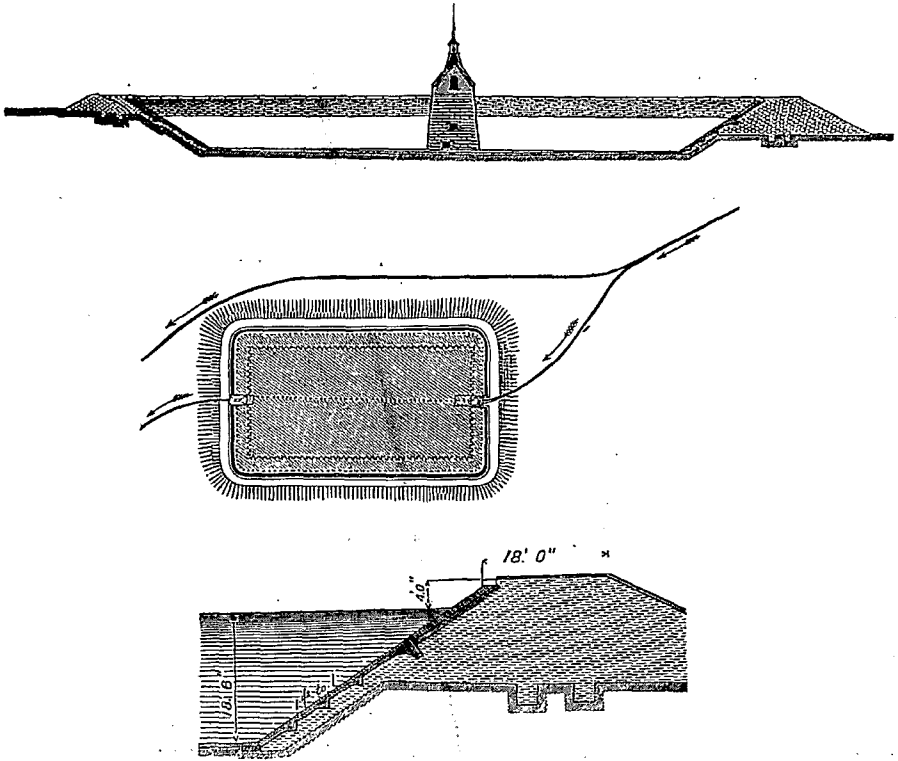
§ 71. Резервуары высокаго уровня (напорные).

Мѣстоположеніе напорнаго резервуара зависитъ отъ топографическихъ условій города и должно быть избрано такъ, чтобы всѣ задачи резервуара были выполнены съ наименьшей затратой денегъ. Для

У равнительные водоемы.

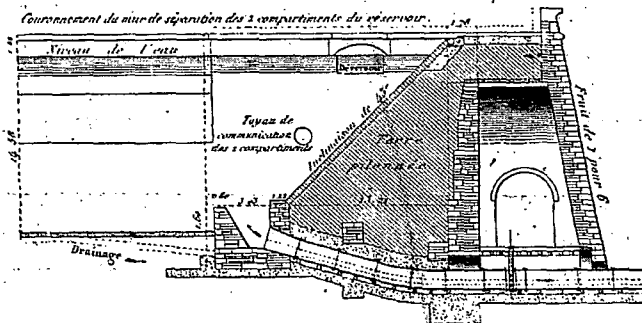
Открытые резервуары.

Водоснабженіе города Манчестера.



Черт. 450, 451 и 452. — Планъ, разрьзъ и деталь открытаго резервуара Манчестерскаго водопровода, устроеннаго въ 1874 г. пнж. Fanning'омъ.

Водоснабженіе гор. Нью-Йорка.



Черт. 453. — Резервуаръ Кротонскаго водопровода въ городѣ Нью-Йоркѣ. Разрьзъ 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 случаяхъ лишь посредствомъ нѣсколькихъ вариантовъ съ принятіемъ въ соображеніе, какъ стоимости первоначальнаго устройства, такъ и стоимости эксплуатаціи сооружений.

По отношенію къ сѣти резервуаръ обыкновенно (особенно прежде) располагался такъ, чтобы онъ находился въ ея началѣ: т. е. къ нему подходит главный приводной 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,

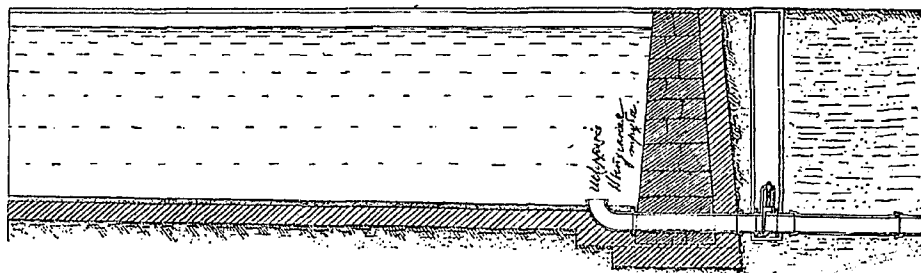
напоръ въ сѣти неравномѣрно и быстро уменьшается къ концу, противоположному резервуару (черт. 449).

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.

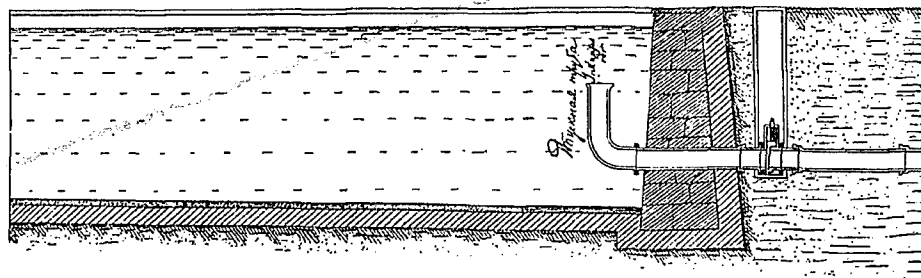
Эти достоинства не имѣются при помѣщеніи резервуара въ концѣ сѣти (*B* на черт. 448).

За то при такомъ положеніи устраняются и недостатки, указанные для положенія *A*. Напоръ въ сѣти здѣсь распределенъ равномерно, такъ какъ при сильномъ разборѣ воды сѣть питается какъ

О т к р ы т ы е р е з е р в у а р ы .



Черт. 454.—Разрѣзъ открытаго резервуара чрезъ выпускную трубу.



Черт. 455. — Разрѣзъ открытаго резервуара чрезъ впускную трубу. (I. G. Richert.—Om vattenledningar och vattenafforr. Stockholm 1869 г.).

Примѣчаніе. Резервуары тѣхъ типовъ примѣнены, между прочимъ, въ Стокгольмѣ.

непосредственно изъ магистрали, такъ и изъ резервуара (см. черт. 449—пнезометрическихъ линий). Въ періодъ малаго потребленія вода поступаетъ въ сѣть безъ посредства резервуара и діаметръ магистрали здѣсь меньше чѣмъ въ случаѣ А.

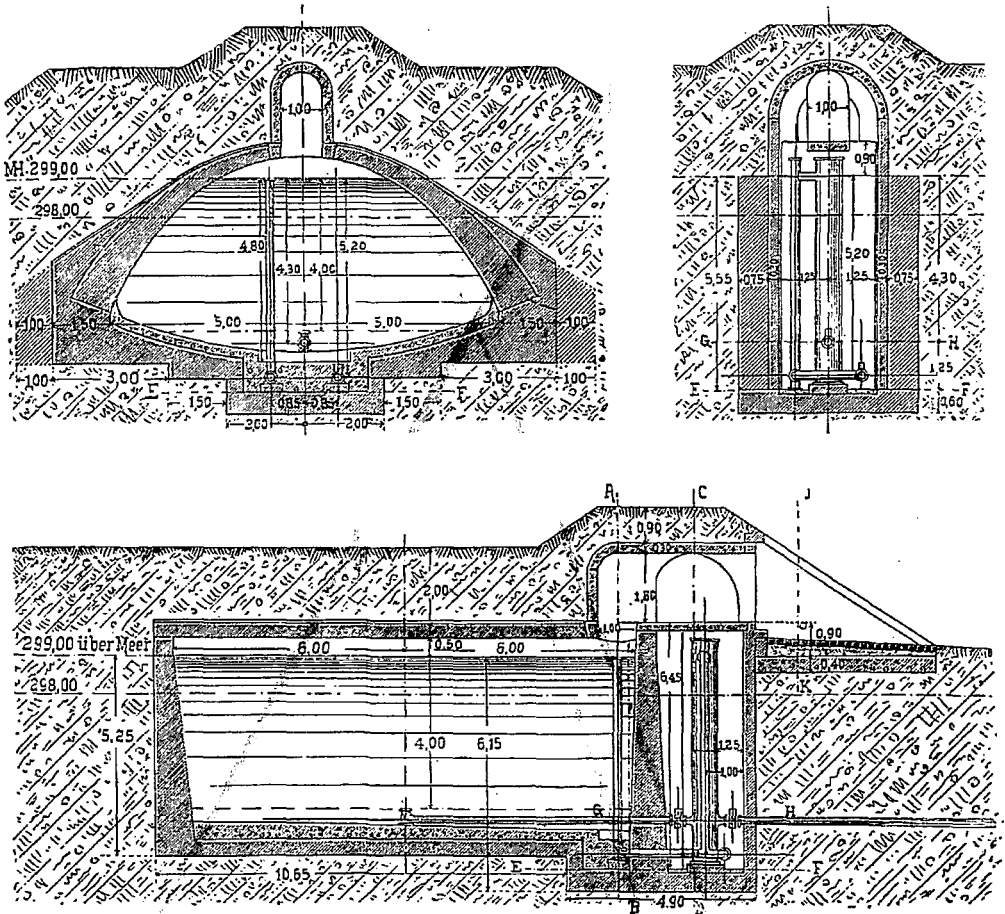
Еще удобнѣе вмѣсто одного большого резервуара имѣть ихъ два, причемъ, если возможно по мѣстнымъ обстоятельствамъ, располагать ихъ на противоположныхъ концахъ города, снабжаемаго водою. Такіе резервуары соединяются между собою главной магистралью и взаимно помогаютъ другъ другу въ уравниваніи колебаній 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 магистральной. Для регулированія притока и выпуска воды служитъ клапанный кранъ, помѣщаемый въ главной магистральной предъ ея входомъ во второй резервуаръ. Предъ 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 равномерное распредѣленіе давленій и діаметровъ трубъ. Вообще, можно сказать, что *выгодно вмѣсто одного большого резервуара сдѣлать нѣсколько малыхъ съ той же общей вместимостью, 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-

У равнительные водоемы.

Резервуары изъ камня.



Черт. 456, 457 и 458.

Поперечный (по *AB* и *CD*) и продольный разръзъ резервуара въ Müllheim'ѣ.

Резервуаръ однокамерный. Построенъ изъ каменной кладки; дно покрыто слоемъ бетона. Во время очистки или ремонта резервуара его функцию, какъ напорнаго устройства, исполняютъ помѣщенная въ особой камерѣ предъ резервуаромъ напорная колонна; этимъ устраняется отчасти необходимость во второй камерѣ. (Lieger, p. 759).

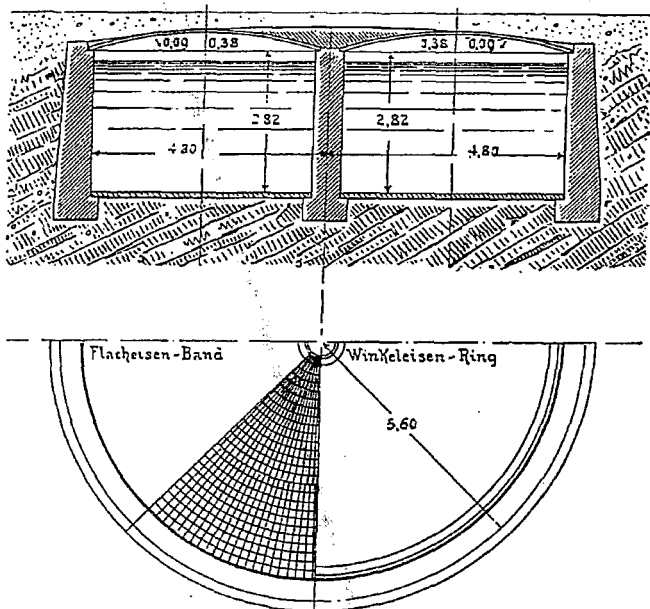
дуются известная часть напора на преодоленіе сопротивленія тренія и эта часть поглощаемаго треніемъ напора тѣмъ значительнѣе, чѣмъ длиннѣе проводъ и чѣмъ менѣе его діаметръ. Вслѣдствіе этого напоръ воды въ началѣ водопровода долженъ быть тѣмъ сильнѣе, чѣмъ далѣе самая высоколежащая часть города находится 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. = $2\frac{3}{4}$ атмосферъ. При такомъ напорѣ струя воды изъ рукава, привинченнаго къ уличному пожарному крану, бьетъ на только-что достаточную высоту.

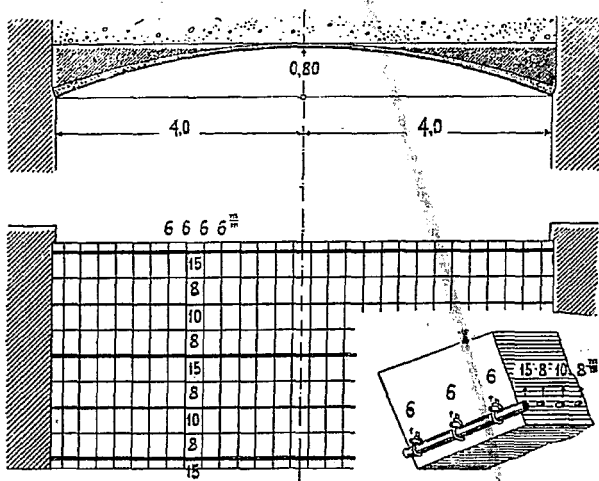
Вычисленіе высоты, на которой должно расположить напорный резервуаръ, основывается на длинѣ всѣхъ уличныхъ трубопроводовъ, доставляющихъ воду въ требуемое наиболѣе возвышенное мѣсто, сообразно ихъ діаметрамъ, опредѣляемымъ по скорости, принятой для движенія воды по водопроводнымъ трубамъ.

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 быстрого запиранія створныхъ крановъ. Если же условія мѣстности не позволяютъ устройства одного только верхняго резервуара, который снабжалъ бы самыя высокія части города и вмѣстѣ съ тѣмъ не усиливаль бесполезнаго напора въ трубахъ низменныхъ частей города, то городское водоснабженіе дѣлають 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 желъза.



Черт. 459 и 460.—Вертикальный разръзъ и планъ цилиндрическаго резервуара изъ каменной кладки съ покрытиемъ изъ бетона Монье, устроеннаго въ Бременѣ въ 1899 г. для промывныхъ цѣдей (размѣры въ метрахъ).



Черт. 461, 462 и 463.—Детали свода изъ бетона Монье для покрытия резервуаровъ. Составъ бетона—обыкновенно: 1 объемъ поргланскаго цемента на 3 гравія-, причеь 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 раздѣлеть, напримѣръ, Лондонъ на различные пояса напора, такъ что давленіе въ самыхъ низменныхъ частяхъ города не превышаетъ 3 до 4¹/₂ атмосферъ. (См. также черт. 512 и 513 въ главѣ X).

Въ Парижѣ городская водопроводная сѣтъ состоитъ изъ совершенно отдѣльныхъ частей, смотря по возвышенію разныхъ частей города. Точно также и во многихъ другихъ городахъ — Лионѣ, 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.

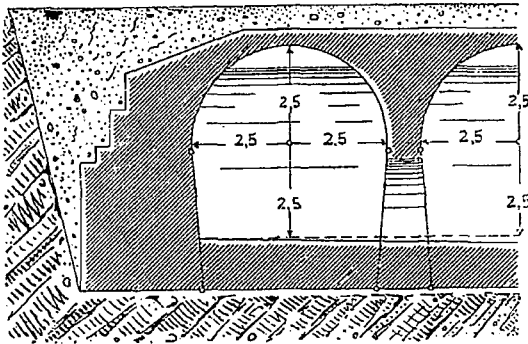
Въ Вѣнѣ устроены четыре резервуара, расположенные на высотѣ 287,3 фут., 267,3 фут., 264,3 фут. и 166,0 фут. надъ нулевымъ уровнемъ р. Дуная; каждая изъ уличныхъ сѣтей отъ этихъ резервуаровъ составляетъ самостоятельное цѣлое, но во всякое время эти сѣти могутъ быть сообщены между собою.

§ 72. Форма резервуаровъ высокаго и низкаго уровня. Матеріаль 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 желѣзобетова — круговая форма резервуаровъ начинаетъ встрѣчаться все чаще и чаще. Сравнительные водоемы или резервуары чистой воды обыкновенно покрываются. Небольшіе резервуары покрываются крышами, а большіе, каменные по причинѣ обширности площади покрытія, покрываются ря-

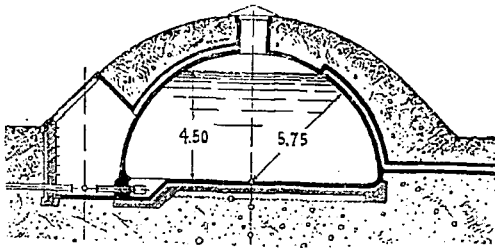
Уравнительные водоемы.

Резервуары изъ камня, бетона и желъза.

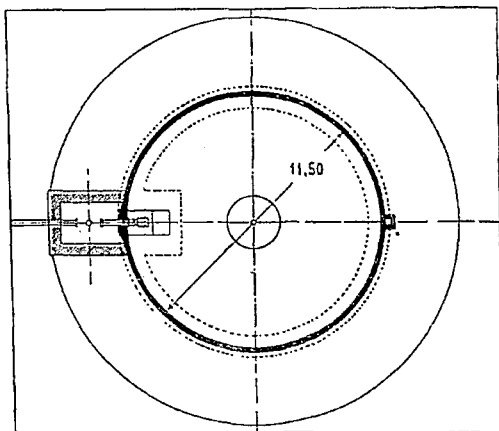


Черт. 464. — Разрѣзъ части подземнаго резервуара изъ каменной кладки „de la porte Guillaume“. Этотъ резервуаръ построенъ въ числѣ всей совокупности сооруженій знаменит. водоснабж. г. Дижона — Дарси. Резервуаръ de la porte Guillaume отличается значительной прочностью и избыткомъ материала. Примѣненіемъ обратн. арокъ можно было бы, по мнѣнію новѣйшихъ строителей, не теряя въ прочности, выиграть въ материалѣ. Резервуаръ въ планѣ круглый и имѣетъ два кольцевыхъ сводчатыхъ хода (на разрѣзѣ видно $1\frac{1}{2}$). По среднѣй 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 — А. Martenstein & Josseaux въ Оффенбахѣ в/М). Резервуаръ изъ бетона Монье поставленъ на бетонномъ основаніи. Типъ считаютъ экономичнымъ (Lueger), но указаній опыта еще не имѣется.

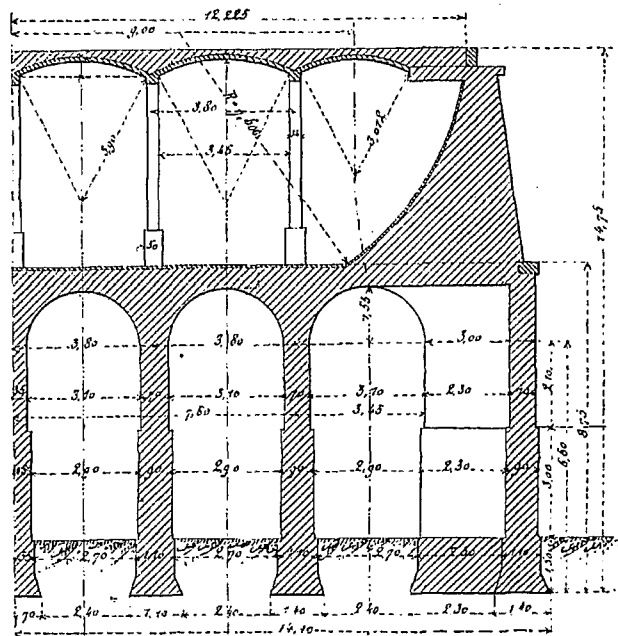


Примѣчаніе. Примѣненіе желъзо-бетона для постройки водопроводныхъ резервуаровъ сдѣлало въ послѣдніе годы большіе успѣхи, особенно во Франціи. Такъ въ Парижѣ въ 1893—1897 гг. построено десять такихъ резервуаровъ емкостью отъ 200 до 4000 куб. м.

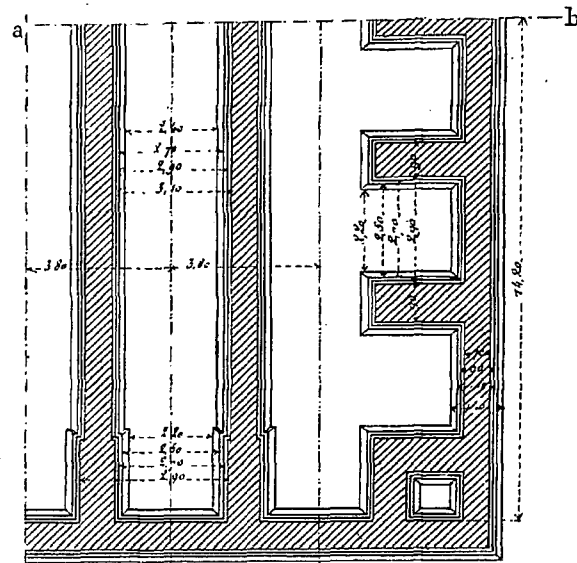
(См. An. des Ponts et Ch. 1898, а также докладъ Н. Житкевича 3-му вод. Съѣзду).

Черт. 466. — Планъ къ черт.

Водоснабжение города Орлеана.

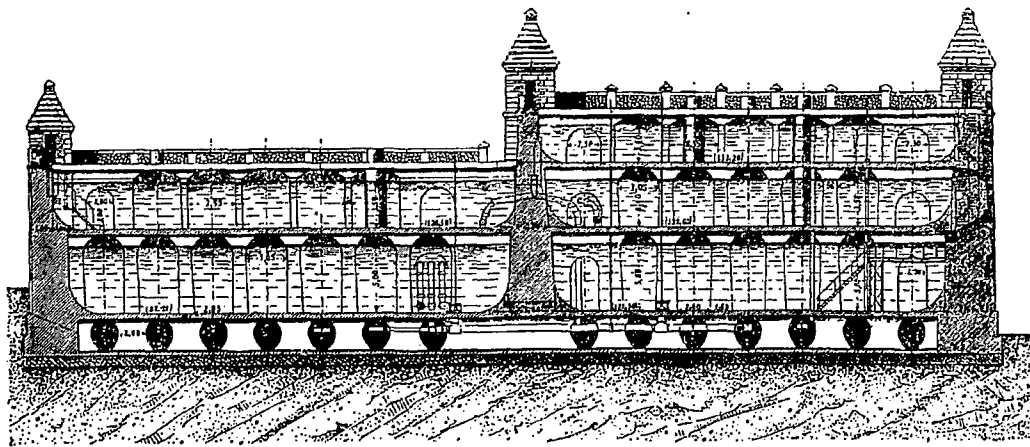


Черт. 467.—Вертикальный разрез резервуара.



Черт. 468.—Плань части резервуара.

Водоснабженіе города Парижа.



Черт. 469. — Разрѣзъ трехъ - этажнаго свободно стоящаго (не зарытаго въ землю) резервуара чистой воды на горѣ Монмартръ.

Вмѣстимость его 11.000 куб. 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 обнаружитъ течь въ даѣ 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).

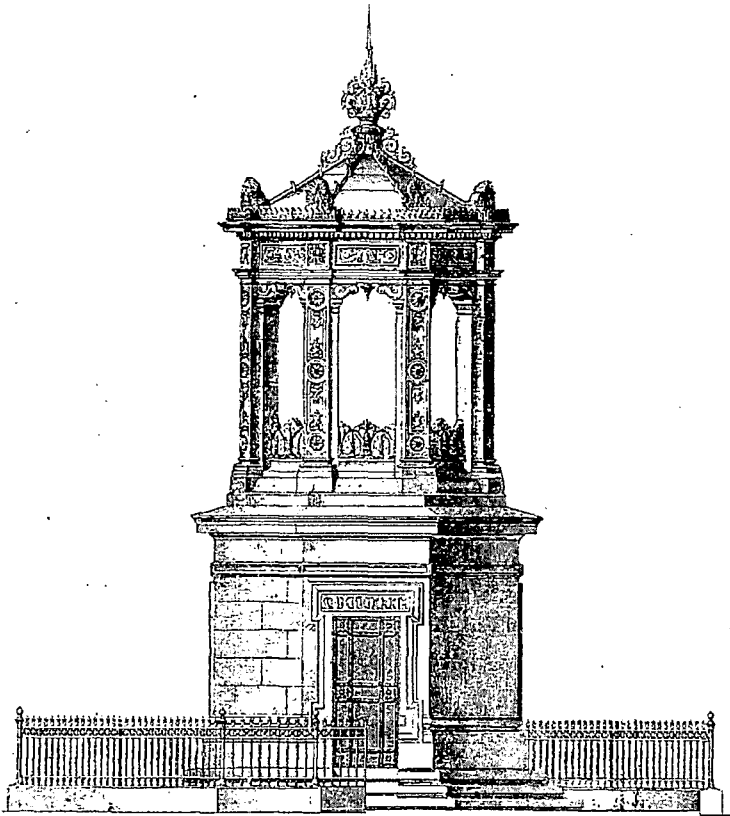
домъ сводовъ, расположенныхъ одинъ подлѣ другого на столбахъ или на гуртовыхъ аркахъ, съ пролетомъ отъ $1\frac{1}{2}$ до 2 саж. Своды эти обыкновенно — парусные или цилиндрическіе. Встрѣчается, однако не мало примѣровъ открытыхъ сверху резервуаровъ (см. черт. 450—455). Такое устройство дешевле и даетъ возможность подвергаться водѣ оздоравливающему дѣйствию свѣта и воздуха; по оно возможно лишь въ мѣстностяхъ свободныхъ отъ пыли и мѣзмовъ. 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 пополамъ 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 отверстиями, 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 серединѣ и сверхъ того съ уклономъ (напр. въ 0,0005) по направленію длины камеры. Вслѣдствіе такого расположенія перегородокъ, протекающая 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.

Уравнительные водоемы.

Водоснабженіе города Дижона (см. также черт. 464).



Черт. 470.

Входная башня надъ резервуаромъ «de la porte Guillaume» въ Дижонѣ, ведущая въ центральный колодезь, въ которомъ помѣщены краны трубопровода.

(Darcy — Les fontaines publiques 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 имѣ 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 цементъ (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.

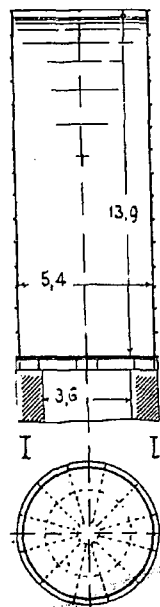
Своды дѣлаются кирпичные, толщиною въ одинъ кирпичъ, и снаружи покрываются слоємъ цемента, сверхъ котораго накладывается слой глины, такъ что вся вода, просачивающаяся сквозь сдѣланную надъ резервуаромъ земляную насыпь, отводится въ сторону за боковыя стѣнки. Земляная насыпь надъ резервуаромъ дѣлается 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.

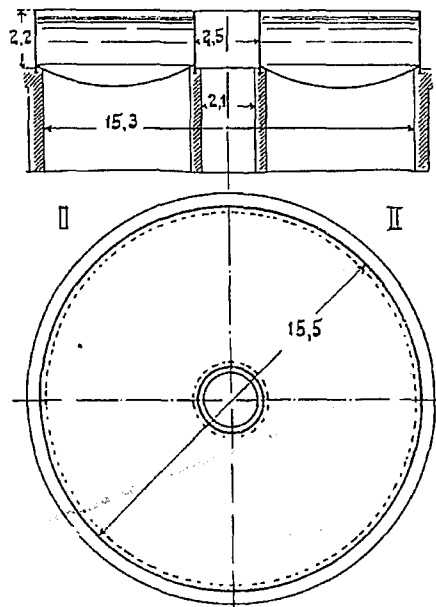
Замѣтимъ, что и большіе резервуары покрываютъ иногда не сво-

*) 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 порландъ-цемента на 3 гравія.

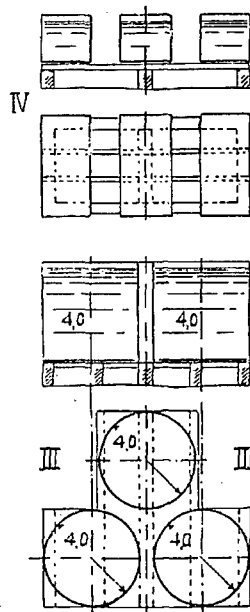
Данные для расчетовъ такихъ сооружений теперь уже многочисленны. Между прочимъ см. *Undeutsch*, Untersuchungen über die Stabilität u. Festigkeit von cylindrischen Bassinwänden. (Journ. f. Gasb. und Wasservers, 1877, S. 691). *Vigreux*, étude sur la stabilité des voûtes. (An. de Gén. Civ. 1878. p. 1).



Черт. 471, 472. — Чугунный резервуар в Karlsruhe (Бадень), поставленный на балочный полъ.



Черт. 473, 474. — Железный кольцевой резервуар в Leiden'ѣ (Голландія), поставленный на цилиндрическія стѣны башни.



Черт. 475—478. — Типы групповыхъ установокъ четырехугольных и круглыхъ резервуаровъ, поставленныхъ на полы.

Примѣчаніе. Размѣры къ черт. 471—478 въ метрахъ.

Металлическіе резервуапы.

Уравнивательные водоемы.

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. Оборудование резервуаровъ.

Предметы оборудованія резервуаровъ суть:

- а) приводныя и отводныя трубы,
- б) затворы для прекращенія притока или вытеканія воды,
- в) распределители воды по отдѣленіямъ,
- г) предохранительныя водоспуски для предупрежденія подпиранія водой сводовъ или крыши резервуара или переливанія черезъ края въ открытыхъ резервуарахъ,
- д) водоспуски для полного опорожненія резервуаровъ,
- е) вентиляціонныя и свѣтотыя 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.

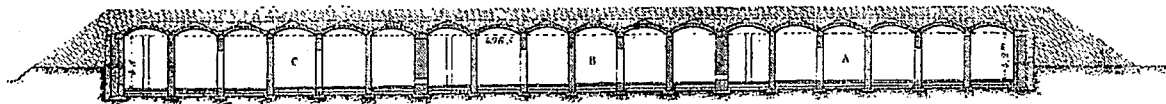
Весьма важно знать размѣръ дѣйствительнаго притока и расхода воды и для этого при каждомъ резервуарѣ устраиваются особыя приспособленія.

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 высотой водянаго уровня, причемъ расходъ воды дѣлается такъ, что вода въ расхожую трубу попеременно пускается то изъ одного, то изъ другого отдѣленія, и вода изъ одного расходуется въ то время, когда другое отдѣленіе наполняется.

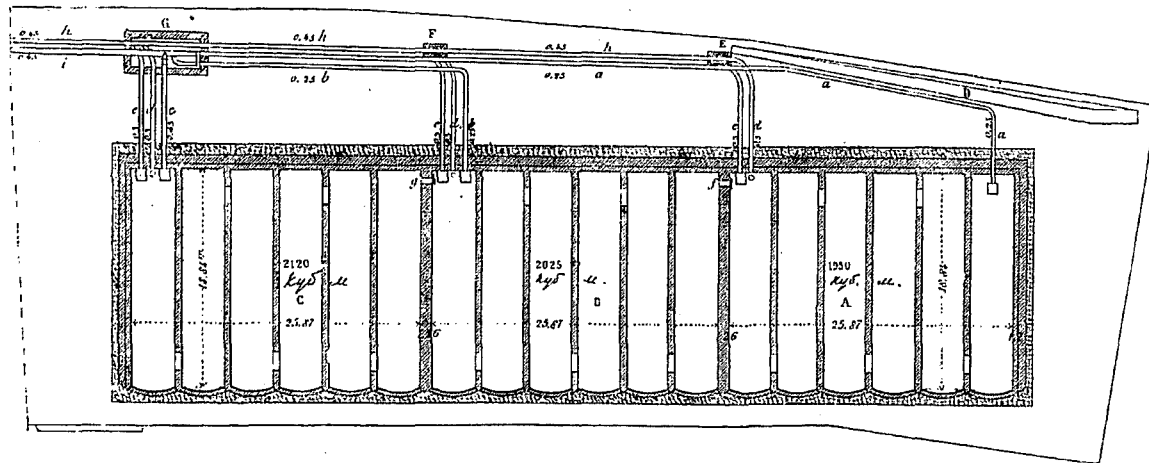
Измѣренія высоты уровня воды дѣлаются или поплавкомъ, или стеклянной мѣрной трубкой. Употребленіе поплавка представляетъ

Водоснабженіе города Цюриха.

Резервуаръ высокоаго уровня (напорный резервуаръ).



Черт. 479.—Продольный разръзъ (масштабъ $\frac{3}{2000}$).



Черт. 480.—Плавь (масштабъ $\frac{3}{2000}$).

Примечаніе. Цюрихъ имѣетъ двойное водоснабженіе: питьевоы воды изъ ключей и промышленноы изъ рѣки Лимматъ. Чертежи представляютъ собой резервуаръ высокоаго уровня для возвышенноы части города. Онъ состоитъ изъ 3 отдѣленій, которыя должны были строиться постепенно по мѣрѣ надобности (А, В, С); а, b, с—впускныя трубы; d d d—водосливныя e e e—водоспускныя трубы; E, F—затворы водоспусковъ отдѣленія А и В; G—камера крановъ разныхъ трубъ.

(А. 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 плавающего въ водѣ и только отчасти въ нее погруженнаго тѣла, деревяннаго кружка или пустаго металлическаго шара, собственно поплавокъ, къ которому придѣланъ вертикально стоящій стержень. Къ верхнему концу этого стержня прикрѣплена веревка, перекинутая затѣмъ черезъ блокъ и несущая на нижнемъ концѣ указательную гирию достаточнаго вѣса, чтобы держать всегда веревку въ натянутомъ положеніи. Длина веревки соображается съ тѣмъ, гдѣ помѣщена рейка, на которой гирия указываетъ высоту уровня воды въ резервуарѣ; при этомъ гирия 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 гирия 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. фѣт. и т. п. для болѣе нагляднаго 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.

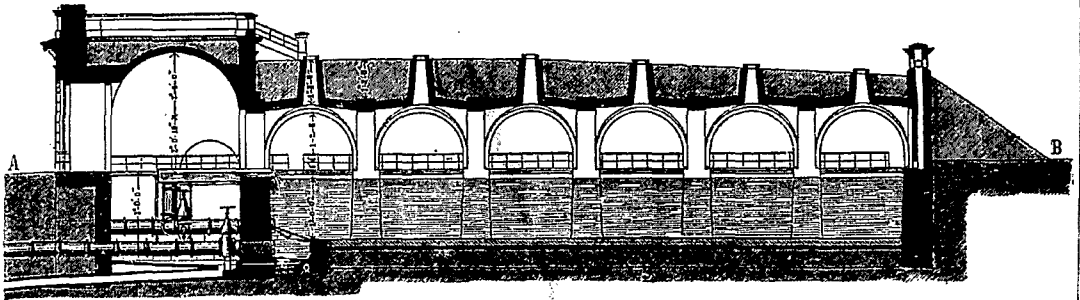
Для облегченія прочитыванія, къ трубкѣ придѣлывается подвижная указательная стрѣлка.

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

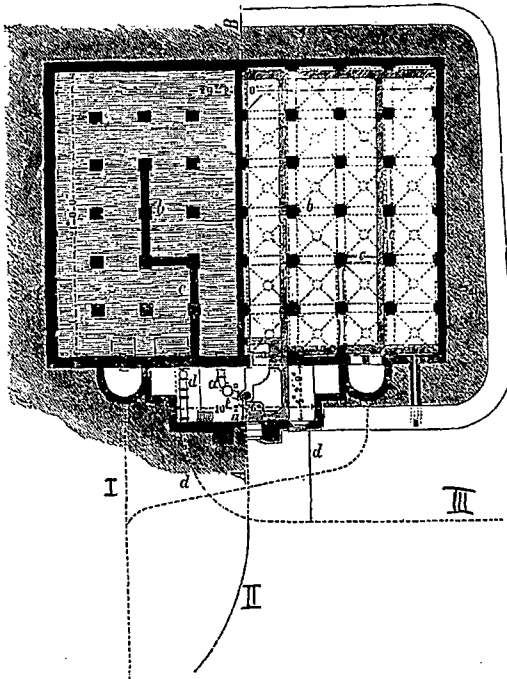
У равнительные водоемы.

Водоснабжение города Вѣны.

Резервуаръ „auf der Schmelz“.



Черт. 481. — Продольный разръзъ резервуара по *АВ* (плана черт. 482), съ показаніемъ впускной и выпускной трубъ, галлерей для осмотра, свѣтовыхъ и вентиляціонныхъ отверстій.

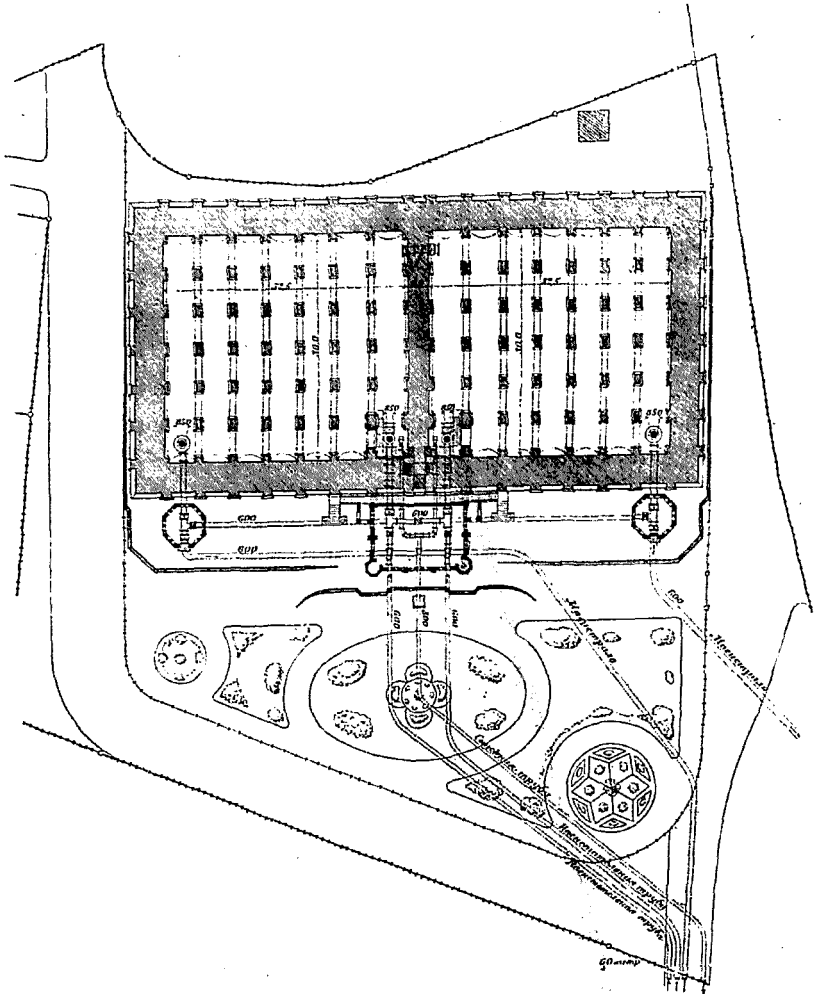


Черт. 482. — Планъ резервуара.

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 черезъ водосливны каналомъ I. Въ каждомъ отдѣленіи глухая стѣна *с b*, заставляеть 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, причѣмъ вода поднимается по вертикальному отростку трубы въ желѣзный ящикъ, откуда сливается въ резервуаръ (см. продольный разръзъ черт. 481). Резервуаръ каменный сводчатый, покрытый землей. Внѣшній его видъ сходитъ съ представленнымъ на черт. 81.

У р а в н и т е л ь н ы е в о д о е м ы .

Водоснабженіе города Ганновера.



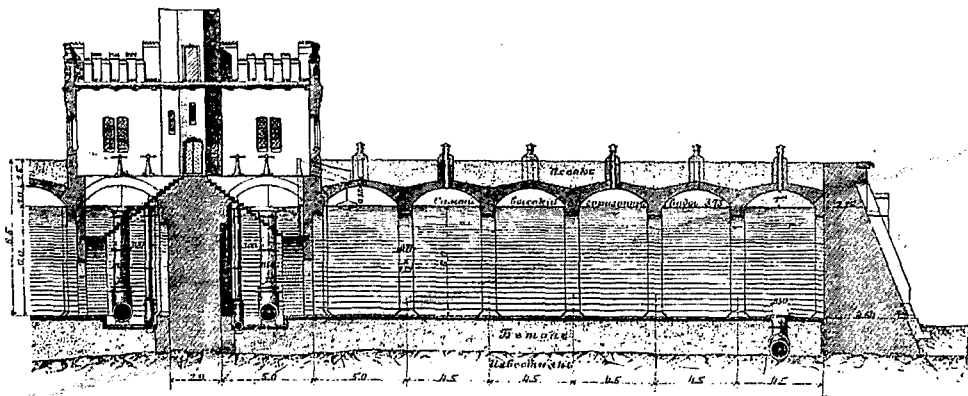
Черт 483.

Планъ напорнаго резервуара на горѣ Линденъ ($\frac{1}{1000}$ н. в.).

(Фасадъ см. на черт. 80, I вып.).

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. сооруж.).

Водоснабженіе города Гановера.



Черт. 484.

Разрѣзъ напорнаго резервуара на горѣ Линденъ ($\frac{1}{400}$ 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 землянымъ огражденіемъ	Манчестеръ—черт. 450—452;	
съ каменнымъ огражденіемъ		Нью-Йоркъ—черт. 453 и Стокгольмъ—черт. 454—455.		
	{	1) съ каменнымъ огражденіемъ	одно-этажныхъ	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;
б) резервуаровъ закрытыхъ или покрытыхъ:	{	2) съ бетонными и желѣзобетонными огражденіями	двухъ-этажныхъ	Орлеанъ—черт. 467, 468; Парижъ—черт. 469;
				Бременъ—черт. 459, 460; Оффенбахъ—черт. 465, 466; Карлсруэ—черт. 471, 472; Лейденъ—черт. 473—474; Ремшейдъ—черт. 498, 499; Галле—черт. 500.
	{	3) съ желѣзными огражденіями	Дюрренъ—черт. 502; Princeton—черт. 505; Ней-Штрассфуртъ—ч. 501 и др.	

Сверхъ этихъ резервуаровъ могутъ быть отмѣчены еще слѣдующіе:

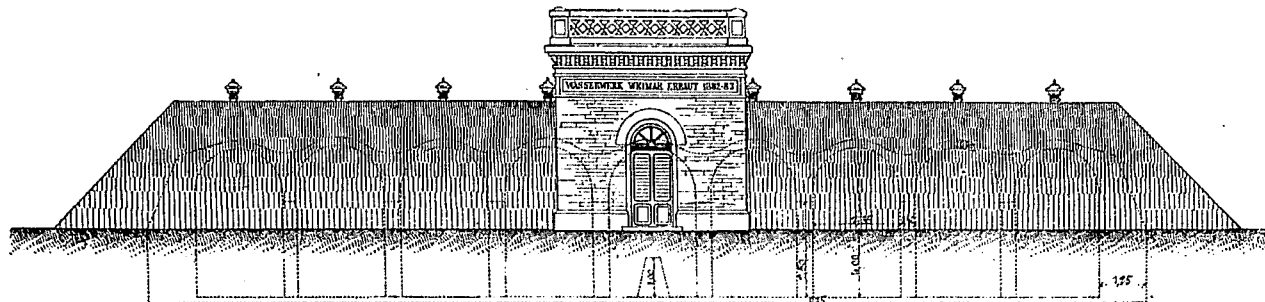
Въ г. Магдебургѣ резервуаръ устроенъ длиною 188,2 и шириною 105,6 фут. и можетъ вмѣстить въ себя всю воду, ежесуточно накачиваемую машинами, а именно около 400,000 куб. фут. или около 930,000 вед. Резервуаръ расположенъ на высотѣ 133,8 надъ самымъ низкимъ уровнемъ воды въ р. Эльбѣ.

Въ Парижѣ устроено болѣе десяти напорныхъ резервуаровъ, емкость которыхъ превосходитъ суточный расходъ воды. Резервуаръ у заставы Аманде въ Парижѣ, вмѣщающій 192,500 куб. фут. воды, прикрытъ кирпичными сводами, тогда какъ резервуаръ въ Шальо, вмѣщающій 14,000 куб. фут. прикрытъ желѣзнымъ куполомъ.

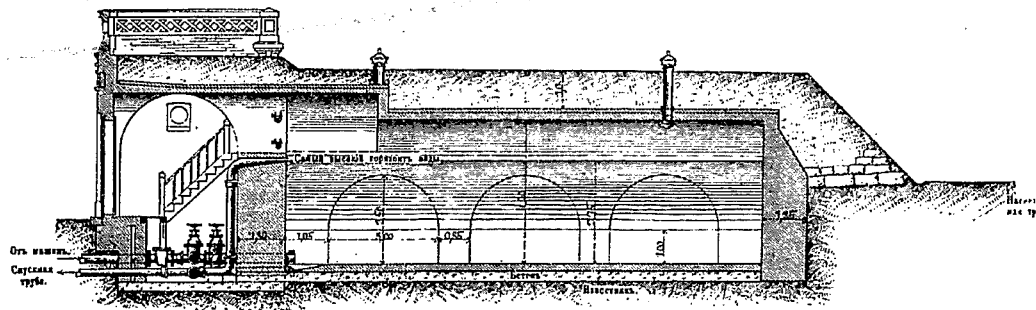
Для новаго Вѣнскаго водопровода горной ключевой воды устроено, какъ выше было сказано, четыре резервуара. Резервуаръ на Розенхюгелѣ имѣетъ емкость въ 80,000 куб. фут., глубина воды въ немъ 12,5 фут., и онъ расположенъ на высотѣ 287,3 фут. надъ нулевымъ уровнемъ р. Дуная; онъ устроенъ изъ двухъ половинъ. Резервуаръ на Шмельцѣ расположенъ на высотѣ 267,3 фут. надъ р. Дунаемъ, имѣетъ глубину воды въ немъ 12,5 фут. и вмѣщаетъ въ себя 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 себя 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 себя 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 себя 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.

Водоснабженіе города Веймара.



Черт. 485. — Фасадъ напорнаго резервуара ($\frac{1}{200}$ н. в.)



Черт. 486. — Разрѣзъ напорнаго резервуара ($\frac{1}{200}$ н. в.).

Для Бостонскаго водопровода изъ озера *Качитуйитъ* устроены три распределительные резервуара и изъ нихъ самый большой резервуаръ Браконъ-Хиль. Стѣны у него гранитныя, толщиною 5 фут. у основанія и 3 фут. у пять 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.

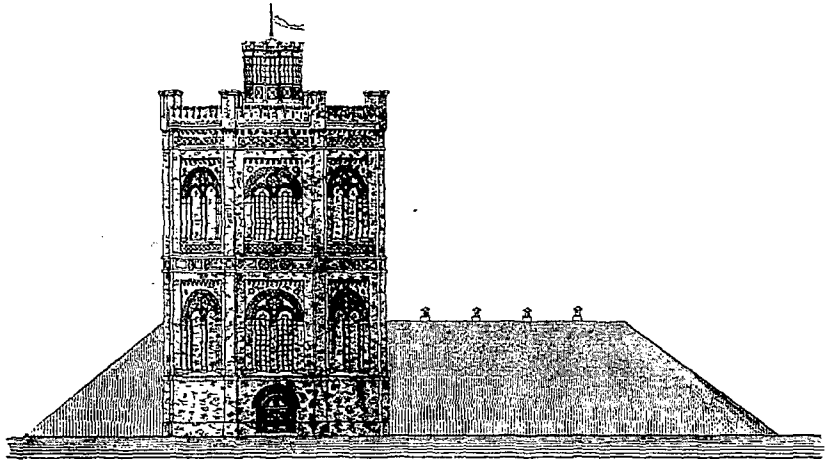
Для Нюрнбергскаго водопровода устроенъ напорный резервуаръ, вмѣщающій въ себѣ 70,000 куб. фут. воды, высѣченный въ песчаниковой скалѣ, такъ что онъ представляетъ собою какъ бы огромный погребъ въ скалѣ. Окружающія стѣны, а также вытесанные изъ скалы столбы, облицованы кирпичемъ на цементѣ и покрыты штукатуркою 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 пять сводовъ. Онъ покрытъ 45 шапочными сводами, опирающимися на окружающія стѣны и на 32 четырехугольные 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.

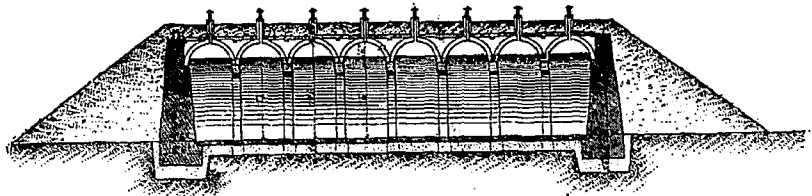
Ключевая вода, проведенная въ гор. Цитау, собрана на скатѣ горы Мюльтстейнберга въ разстояніи 7 верстъ отъ города. Высшій изъ ключей выбѣгаетъ на высотѣ 576 фут. надъ горизонтомъ р. Мандау, а самый глубокій на высотѣ 496 фут., сборный бассейнъ устроенъ на высотѣ 495,5 ф. надъ этимъ горизонтомъ и на высотѣ 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 $\frac{1}{2}$ 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.

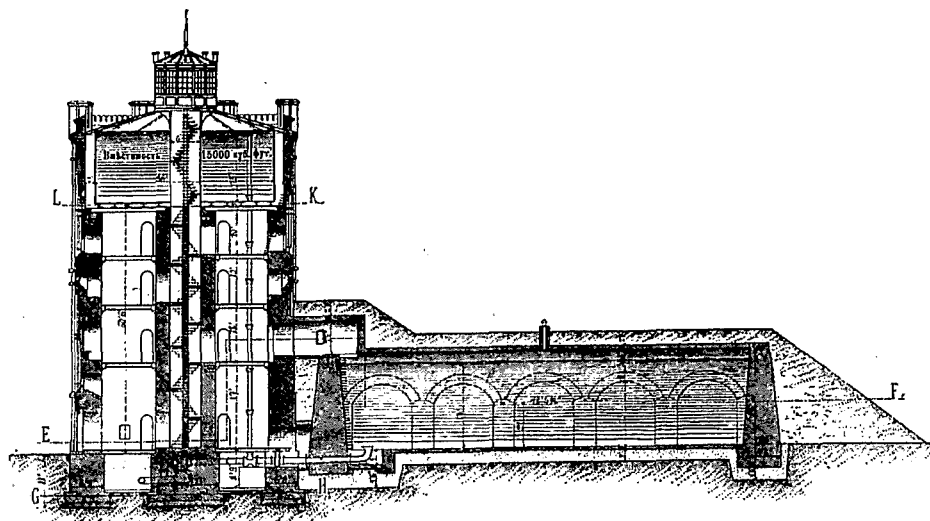
Водонапорная башня и резервуаръ. Фасадъ. (Масштабъ $\frac{1}{500}$ н. в.).



Черт. 489. — Водопроводъ г. Галле.

Водонапорная башня и резервуаръ. Вертикальный разрѣзь резервуара по *CD*. (Масштабъ $\frac{1}{500}$ н. в.)

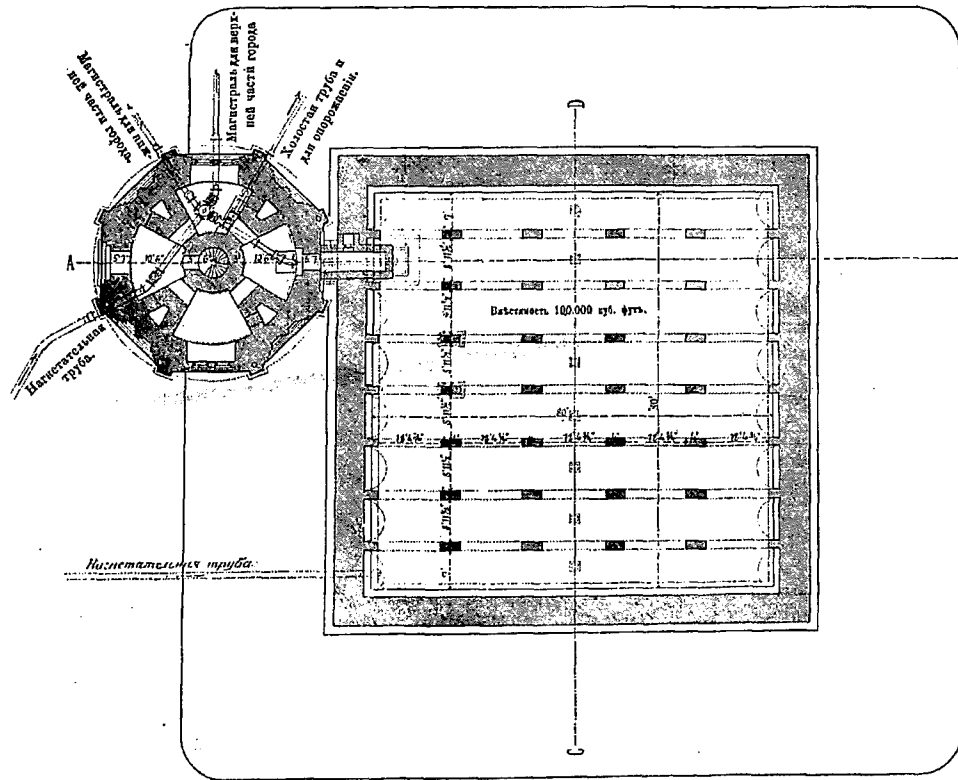
(Ф. Е. Максименко, Атл. водопр. сооруж.).



Черт. 490. — Водопроводъ г. Галле.

Водонапорная башня и резервуаръ. Разрѣзь по АВ. Планъ (черт. 491). (Масштабъ $\frac{1}{500}$).

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. сооруж.).



Черт. 491. -- Водопроводъ г. Галле.

Водонапорная башня и резервуаръ. Планъ. (Масштабъ $\frac{1}{500}$ н. в.).

(Ф. Е. Максименко. Атл. Водопр. сооруж.).

Водонапорныя башни.

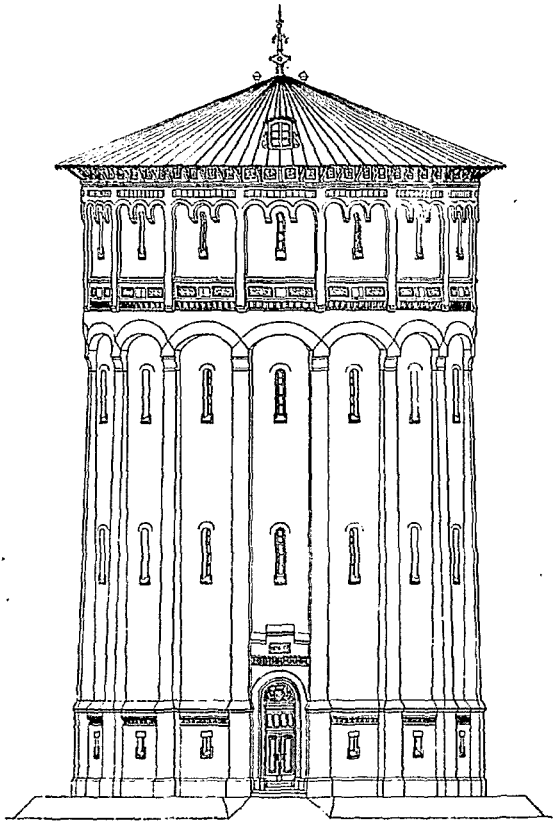
Водоснабженіе
гор. Крефельдъ.

Черт. 492.

Водонапорная башня.

Фасадъ.

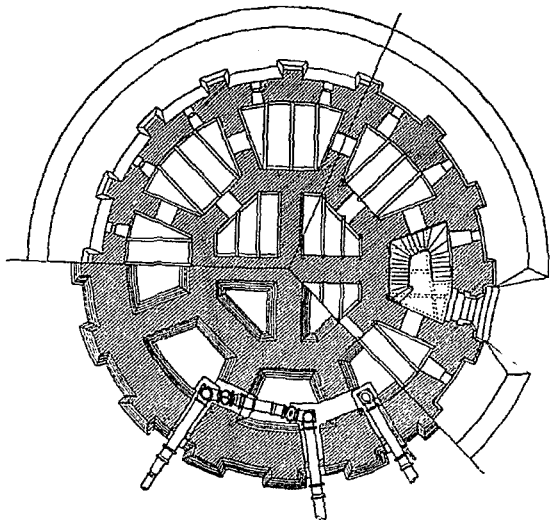
(Масштабъ $\frac{1}{400}$ н. в.).



Черт. 493.

Планъ водонапорной
башни (разрѣзь по
ef, gb, ik).

(Ф. Е. Максименко,
Атл. Водопр. сооруж.).

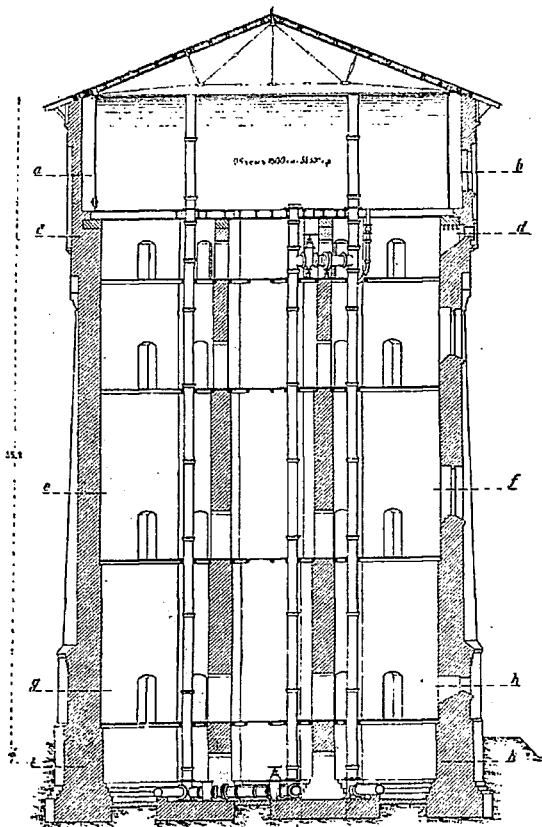


Водонапорныя башни.

Водоснабженіе
гор. Крефельдъ.

Черт. 494.

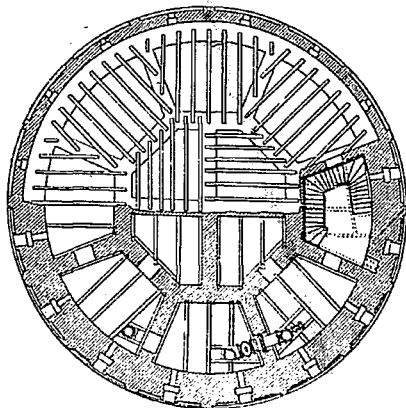
Водонапорная башня.
Вертикальный разръзъ.
(Масштабъ $\frac{1}{400}$ н. в.).



Черт. 495.

Планъ водонапорной
башни
(разръзы по *ab* и *cd*).

(Ф. Е. Максименко,
Атласъ Водопр. сооруж.).



цати-угольника раздѣлена на такое же число отдѣльныхъ камеръ, причѣмъ въ кругѣ центра сдѣлано тринадцатое отдѣленіе въ видѣ правильного шестиугольника, къ которому примыкають всѣ двѣнадцать перегородокъ изъ угловъ. Радиусно направленныя перегородки связываютъ внутреннюю шестиугольную окружающую стѣну съ наружной двѣнадцати-угольной окружающей стѣной. Основаніе резервуара раздѣлено на два этажа, подвальный и первый этажи, причѣмъ каждая камера подвального этажа покрыта сводомъ толщиною 18 дюйм., а каждая камера первого этажа покрыта сводомъ толщиною 12 дюйм.

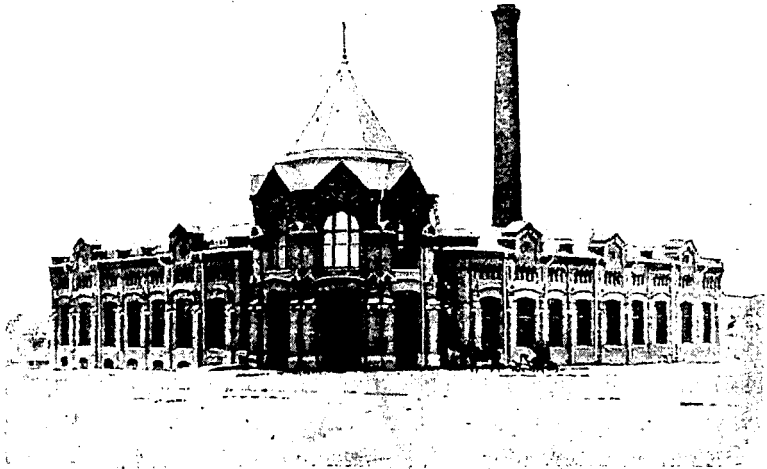
Для передачи огромнаго давленія, отъ вѣса всего строенія вмѣстѣ съ водою резервуара, на грунтъ возможно равномернѣе, устроены между столбами и стѣнами обратныя или разгрузныя арки, выведенныя чрезвычайно тщательно. Пространство между стѣнами основанія заполнено бутовою кладкою до пола подвального этажа.

Въ третьемъ этажѣ окружающія стѣны строенія имѣють 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 листового желѣза толщиною $\frac{1}{8}$ дюйма. Надъ куполомъ сдѣланъ двѣнадцатигульный 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 имѣють 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.

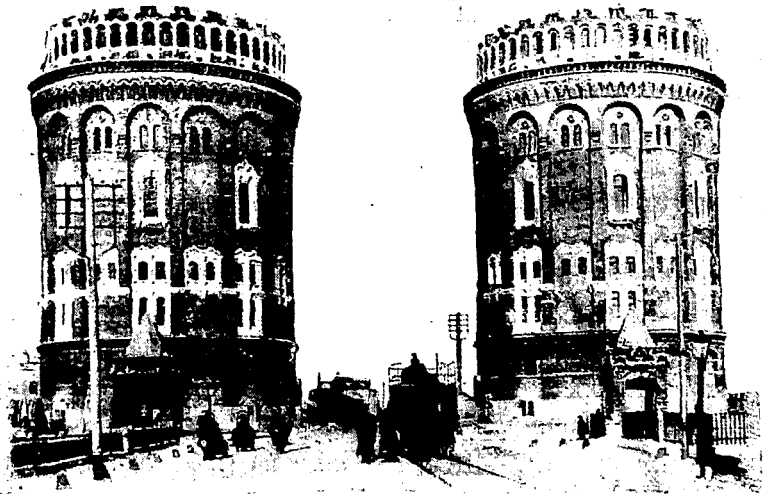
Кромѣ приводной и расхожей трубъ въ этомъ резервуарѣ сдѣланы еще: труба для стока излишней воды, промывная труба и указательный поплавокъ. Внутри резервуара уложена еще согрѣвательная труба, вода для которой нагрѣвается въ котлѣ, устроенномъ въ подвальномъ этажѣ.

Водоподъемныя станціи и водонапорныя башни.

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 водонапорныхъ 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 небольшою относительно площадью основанія.

Въ верхнемъ или верхнихъ этажахъ помѣщается резервуаръ. Въ категорію водонапорныхъ башенъ 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.

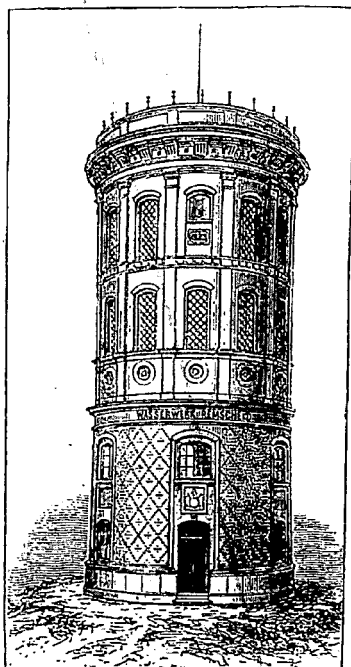
Въ виду необходимости избѣжать боковыхъ давленій воды на стѣны башни (иначе при большой высотѣ стѣнъ имъ пришлось бы придавать несообразно большую толщину), резервуаръ на башняхъ дѣлается въ видѣ самостоятельнаго бака, передающаго на стѣны башни только вертикальное давленіе отъ вѣса воды.

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 запасъ значительныя количества воды на надлежащей высотѣ, резервуары на башняхъ принимаютъ однако довольно значительныя 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-

В о д о н а п о р н ы я б а ш н и .

Водоснабженіе города Ремшейда.

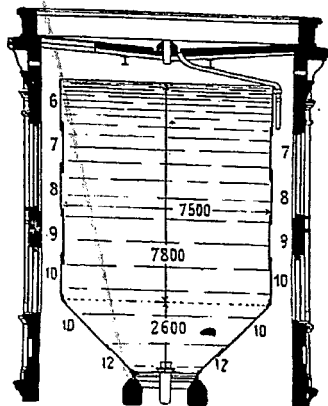


Черт. 498.—Общій видъ водонапорной башни въ Ремшейдѣ. (Remscheid).

Черт. 499.

Разрѣзъ желѣзнаго резервуара водонапорной башни въ Ремшейдѣ. Вместимость — 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.).

(Расчетъ металлическихъ резервуаровъ см. Forchheimer. — Die Berechnungsbauer und gekrümmter Behälterboden. 1894. — Zeitschr. f. Bauwesen.



лочнымъ каркасомъ (Моше). Наиболье 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, причѣмъ дно резервуара свободно виситъ въ ея просвѣтѣ. Схематически разные способы установки металлическихъ резервуаровъ въ башняхъ представлены на чертежахъ 471 — 478 подь №№ I, II, III, IV. Резервуары изъ литаго желѣза, наиболье распространены, 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 полушарь, 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 растронить кладку башни.

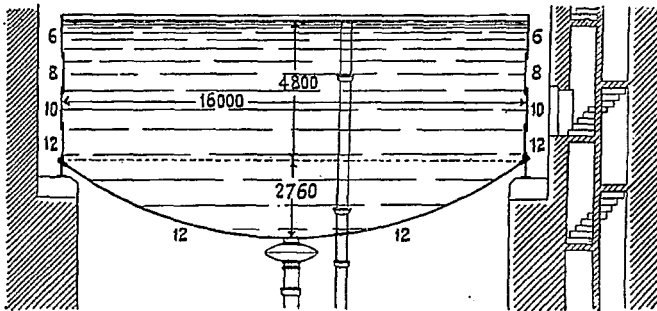
Это неудобство устраняется и притомъ достигается еще возможность значительно сократить размѣры башни устройствомъ резервуара по способу Intze (см. черт. 501 и 502). Интце даетъ опорному кольцу меньшій діаметръ, чѣмъ діаметръ резервуара, соотвѣтственно измѣняя форму дна. Разница діаметровъ опредѣляется расчетомъ такъ, чтобы на опорное кольцо дѣйствовала только вертикальная сила.

Размѣры стѣнокъ цилиндрической части резервуара опредѣляются обыкновенно по формулѣ:

$$b = \frac{hr}{1000 k},$$

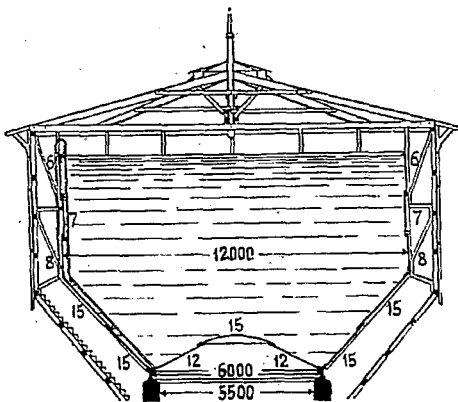
В о д о н а п о р н ы я б а ш н и.

Резервуары изъ желѣза.



Черт. 500.

Желѣзный резервуаръ въ Галле (Halle a. S.).



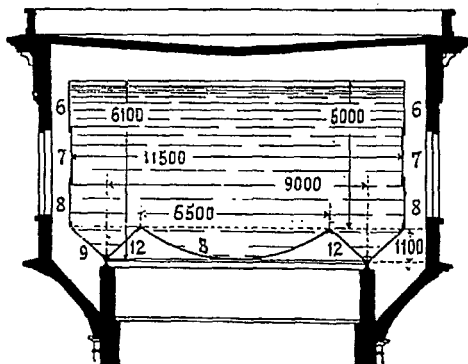
Черт. 501.

Желѣзный резервуаръ въ Ней-Штассфуртъ (Neu-Stassfurt).

Вмѣстность 600 куб. метровъ.

Водонапорныя башни.

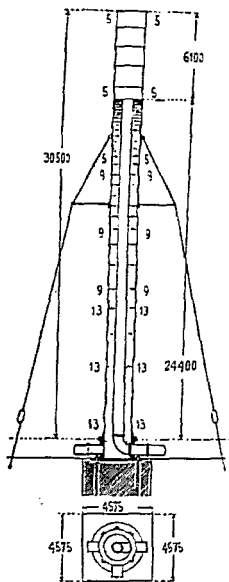
Резервуары изъ желѣза.



Черт. 502.

Желѣзный резервуаръ въ Дюрренѣ (Dürren).

Выѣстимость 550 куб. метровъ.



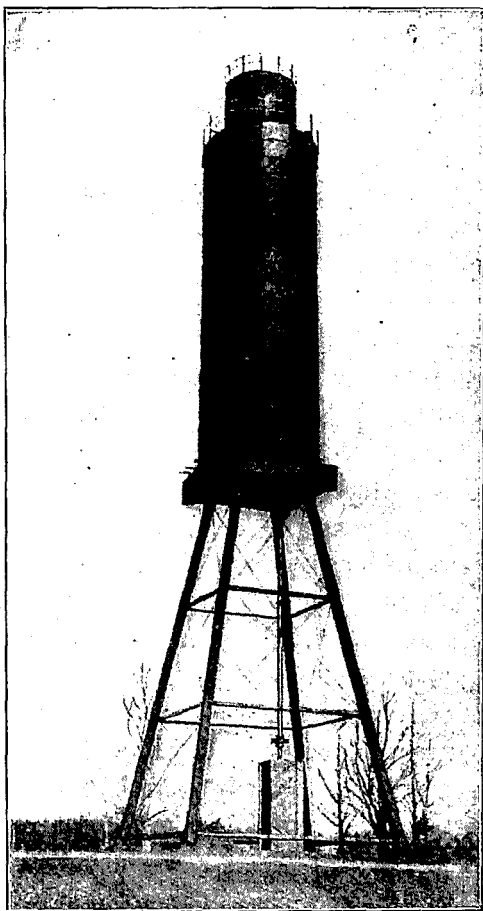
Черт. 503 и 504.— Водонапорная колонна въ Jersey-Cly (Нью-Йоркъ).

Труба изъ листового желѣза стоитъ на каменномъ фундаментѣ при посредствѣ чугуннаго постаента, прикрѣпленнаго къ кладки якорями. Черезъ чугунный постаментъ проходитъ приводная труба (730 мм.); отъ него же идетъ отводная (730 мм.). Диаметръ колонны 1800 мм. 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 высотой 30 м. 1 діам. 9 м. въ Newark Eng. News 1892. — Lueger),

В о д о н а п о р н ы я б а ш н и .

Водоснабженіе С.-Американскихъ городовъ.



Черт. 505.

Общій видъ водонапорной желѣзной башни въ Рипсетон
(Сѣв.-Америк. Соед. Штаты).

Резервуаръ стоитъ на раскосной опорѣ въ 60 футъ вышиной. Высота резервуара—60 ф.; діаметръ 20 ф.; вместимость 142000 галлоновъ.

гдѣ: b — толщина стѣнки,
 h — глубина воды,
 r — радиусъ цилиндра } (въ сантиметрахъ)
 k — коэффициентъ прочнаго сопротивленія желѣза въ кило-
 граммахъ, на кв. см., равный для листового желѣза
 750 килогр. на кв. см.

Эта формула даетъ только приблизительныя указанія, такъ какъ условія жесткости требуетъ отъ стѣны не менѣе 5 мм. толщины, а кромѣ того должны быть приняты въ расчетъ заклепочныя отверстія, несовершенство выполненія и пр.

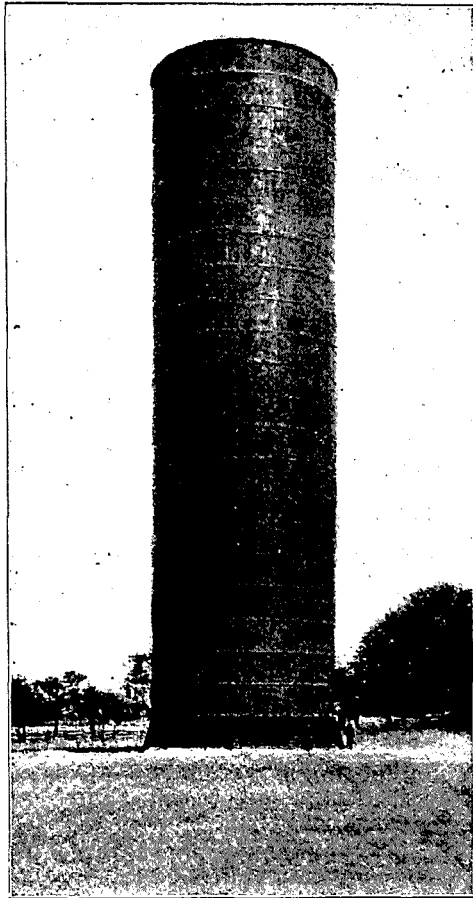
Опредѣленіе размѣровъ дна представляетъ для строго научнаго рѣшенія этой задачи большія затрудненія и пока еще нужно ждать результатовъ широко поставленныхъ опытныхъ изслѣдованій, прежде чѣмъ можно будетъ установить достаточно точныя практическія формулы. Отсылая читателя для ознакомленія съ предложенными 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 сооружений, непременно провѣрять результаты расчета сравненіемъ съ размѣрами существующихъ сооружений.

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 большому 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 мерзнуть, 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 башенъ видно, что нисходящая труба изъ резервуара башни есть въ сущности водонапорная колонна; съ другой стороны при достаточно большемъ діаметрѣ водонапорныя колонны до известной степени будутъ играть роль башенныхъ резервуаровъ. И дѣйствительно, встрѣчается не мало сооружений, послыхъ названіе водонапорныхъ колоннъ, по 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 водонапорной сътью есть типичная водопроводная башня. Если же резервуаръ ея, сохраняя свой діаметръ, будетъ опущенъ до уровня горизонтальныхъ трубъ съти, 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 специальная глава, посвященная этому вопросу и откуда взять рисунокъ (черт. 84), изображающій общій видъ водопроводной колонны въ каменномъ футлярѣ.

§ 76. Механичесіе 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 количествъ, 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 колоколь. Напоръ въ трубахъ отъ $3\frac{1}{2}$ до $4\frac{1}{2}$, 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 небольшого 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 насоснаго цилиндра къ напорной трубѣ, особые самодѣйствующіе клапаны, называемые регуляторами напора, которые съ измѣненіемъ расхода воды измѣняютъ соответственно 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 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.

Распределение воды.

СОДЕРЖАНИЕ: § 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.

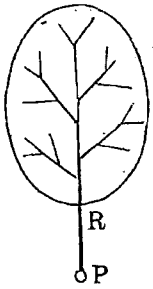
§ 77. Общія указанія для начертанія городской сѣти.

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.

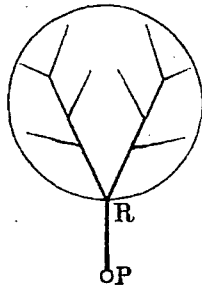
Когда по трубамъ нѣтъ круговаго движенія, то вся сѣть представляется въ видѣ вѣтвей, отдѣленныхъ отъ главнаго ствола, т. е. отъ главной магистральной трубы, причемъ діаметръ трубъ уменьшается по мѣрѣ ихъ удаленія отъ главной магистрали (черт. 507—510). Въ этомъ случаѣ каждая уличная труба представляетъ 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-

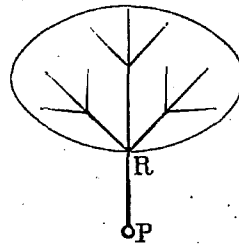
Распределение воды.



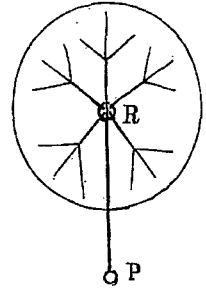
Черт. 507.



Черт. 508.

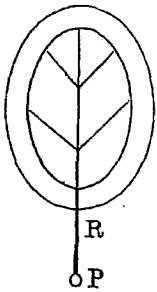


Черт. 509.

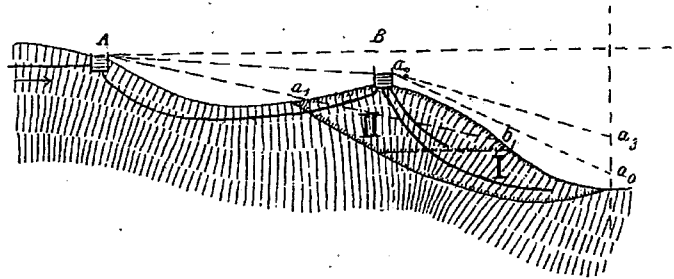


Черт. 510.

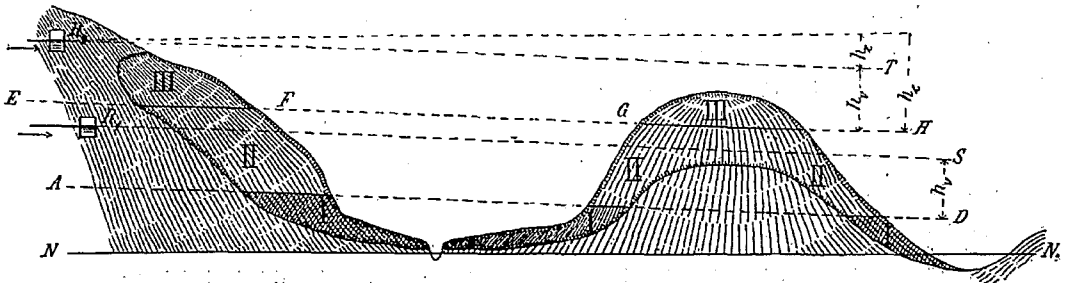
Схемы городской сети без кругового движения воды съ одной, двумя, тремя и нѣсколькими магистральями при резервуарѣ (*R*) поставленномъ на границѣ города и съ резервуаромъ въ городѣ. (Мѣстность плоская).



Черт. 511.— Схема городской сети съ круговымъ движениемъ. (Мѣстность плоская).



Черт. 512.— Схема распределения зонъ при одномъ резервуарѣ. (Мѣстность неровная).



Черт. 513.— Схема распределения 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 первоначально рассчитанъ 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 восстановленія 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

движеніе 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 рукавъ 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 впоследствии ремонтъ могутъ мѣшать свободному проѣзду по улицѣ. Диаметръ домовыхъ рукавовъ не долженъ быть менѣе $2\frac{1}{2}$ —3 дюйм.

Надобно соблюдать правило, чтобы вѣтвь никогда не вводитъ 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 прекращенія 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 впоследствии и примыкаютъ домовые рукава. Пожарные краны во всякомъ случаѣ должны быть установлены на самыхъ магистральныхъ, 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 наблости, 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 рационально 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* подь естественнымъ напоромъ.

Городская территория 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 $Aa_1 - b_1$, пересекаетъ поверхность земли въ точкахъ *a*, 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 протяже-
ніи *AB* получить меньшій діаметръ, такъ какъ должна отвѣчать
лишь среднему расходу, а не максимальному. Двѣ отдѣльныя маги-
страли къ частямъ I и II дѣлаются для того, чтобы при очень боль-
шомъ 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 водо-
проводъ былъ не гравитаціонный, какъ предположено на чертѣжѣ 512,
то изложенныя выше соображенія сохранили бы вполнѣ свое зна-
ченіе въ предположеніи, что вода поднималась бы машинами въ ре-
зервуары *A* и *B*. Надо, однако, замѣтить, что при напорномъ водо-
проводѣ 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
вариантовъ и исчисленіемъ стоимости ихъ устройства, ремонта экс-
плуатаціи (сѣтъ, насосы, резервуары). Вообще говоря, нужно пред-
почесть то рѣшеніе, которое при равныхъ техническихъ достоин-
ствахъ будетъ соответствовать минимуму суммы $\%$ на капиталъ и
погашеніе + стоимость годового ремонта и эксплуатаціи.

Черт. 513 представляетъ схему зонъ при двухъ резервуарахъ также
въ нѣкоторомъ частномъ случаѣ города, раскинушагося по склонамъ
холмовъ и получающаго воду изъ двухъ источниковъ, расположенныхъ
на разныхъ высотахъ въ R_1 и R_2 , гдѣ устроены уравнивательные водоемы.
Верхній источникъ недостаточенъ для питанія всего города и нужно
опредѣлить зоны, соответствующія каждому изъ резервуаровъ. Прове-
демъ черезъ горизонтъ каждаго резервуара соответствующую ему на-
клонную, вслѣдствіе потери напора въ пути, лепію напора и пеже
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. Уча-
стокъ 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 гравитационнымъ, 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.

Расчетъ размѣровъ трубъ водопроводной сѣти выходитъ изъ предѣловъ программы настоящаго курса и составляетъ достояніе курса гидравлики. Поэтому мы ограничимся лишь нѣсколькими общими указаніями. Расчетъ этотъ долженъ вестись по наибольшимъ секунднымъ 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 расчетнаго долженъ браться ближайшій высшій діаметръ этой серіи. При расчетахъ слѣдуетъ принимать въ соображеніе условія и удобства будущей эксплуатаціи водопровода, увеличивая ипогда 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 приобрѣсти наиболѣе дешевымъ и удобнымъ образомъ,

но который съ другой стороны, предпринимателю водоснабженія долженъ заплатить 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 крановъ, если расходъ ихъ достаточенъ. При такомъ способѣ раздачи воды количество ея, доставляемое каждому потребителю вполне опредѣленно и оплата его весьма проста.

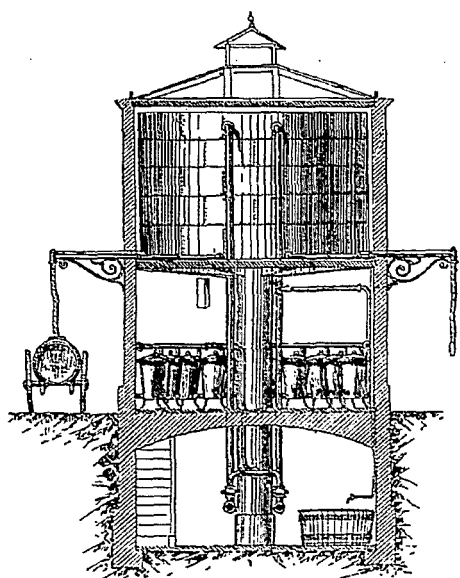
Дѣло это становится гораздо сложнѣе, когда вода доставляется въ дома по трубамъ, къ чему стремятся всѣ благоустроенныя водоснабженія. Для опредѣленія количества воды, расходуемой потребителемъ, и для опредѣленія платы, которую можно взимать за потребленную воду при проведеніи ея въ дома трубами вошли въ употребленіе различные способы раздачи воды, а именно: *непрерывный* способъ, *перемежающийся* 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 суточного количества воды, открываютъ главный кранъ водопровода въ его домѣ на $\frac{1}{2}$, 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-

У л и ч н ы е в о д о е м ы .

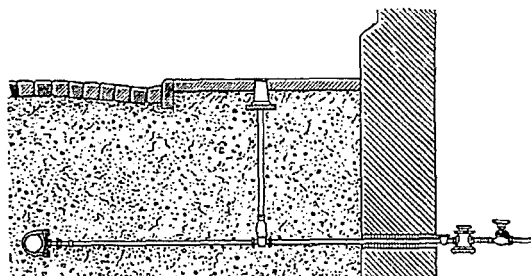


Черт. 514.

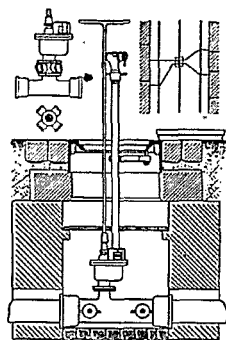
Разрѣзь уличнаго во-
доема въ Парижѣ, изъ
коего вода развозится
бочками и разносится
ведрами.

(Bechmann, p. 426).

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 доступно осмотру. Недостатокъ—большая длина проводовъ. (Lueger, 829).

ремежающемся способах вода въ теченіе опредѣленнаго времени доставляется всегда въ одинаковомъ количествѣ, тогда какъ потребление 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 доставляет водопроводъ, потребитель вынужденъ устраивать у себя бакъ довольно большаго размѣра, въ которомъ онъ могъ бы запастись водою на случай экстренной въ ней надобности. Для доставленія воды изъ бака во всѣ части дома, бакъ этотъ необходимо ставить на чердакъ 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 способахъ 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 $1\frac{1}{12}$ ведра, такъ что, чтобы наполнить сосудъ въ 5 ведеръ емкостью, потребителю надобно 1 часъ времени. Пивоваренный котель, емкостью въ 240 ведеръ, если кали-

берный кранъ доставляетъ въ сутки 360 вед. или въ минуту $\frac{1}{4}$ 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 котель, 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 потребление 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 суточного 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 магистрالی. 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 потреоность 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 *водомтрами*, 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 домою 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 водомеру, 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.

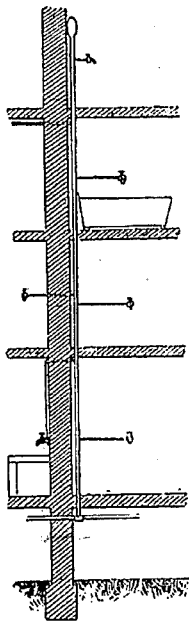
Опасеніе, что при пользованіи водою за оптовую плату, со стороны потребителей можетъ происходить, если не съ умысломъ, то отъ небрежности бесполезная трата воды, говорить, однако, въ особенности въ городахъ съ ограниченнымъ общимъ количествомъ воды, противъ способа неограниченнаго пользованія водою за оптовую плату, хотя таковая бесполезная трата можетъ быть устранена установленіемъ соотвѣтственныхъ правилъ пользованія водою, а также устройствомъ особаго рода крановъ и другихъ приборовъ, коими расходъ воды въ домѣ можетъ быть ограничиваемъ (см. § 29).

§ 79. Домовыя водопроводныя устройства.

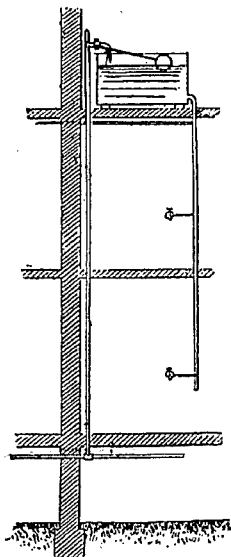
Устройство водопроводовъ въ домахъ для пользованія водою изъ общественнаго водопровода зависитъ какъ вообще отъ системы самаго городского водопровода, такъ и въ частности отъ способа отдачи воды потребителямъ.

Самое простое устройство домаго 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.

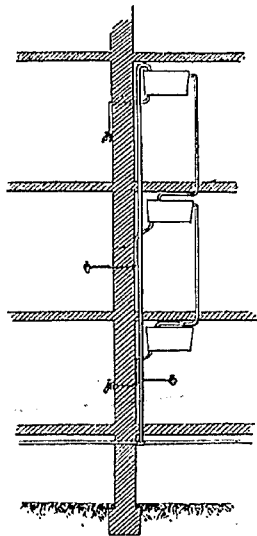
Въ верхнемъ концѣ подъемной трубы полезно ставить воздушный колоколъ (черт. 520), который устраняетъ бы гидравлическіе удары,



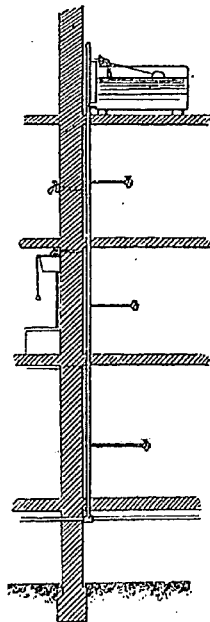
Черт. 520. — Домовая
сѣть безъ баковъ.



Черт. 521. — Домовая сѣть
съ общимъ бакомъ, восхо-
дящей и нисходящей от-
дѣльными трубами.



Черт. 522. — Домовая сѣть
съ отдѣльными баками при
каждомъ кранѣ.



Черт. 523. — Домовая
сѣть съ общимъ бакомъ и
одной общей восходяще-
нисходящей трубой.

производимые быстрымъ отпираниемъ и закрываниемъ 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 дѣлается особое соединеніе съ питающей трубой (черт. 520). Домовый бакъ играетъ въ обоихъ случаяхъ ту же роль, какъ и устраиваемый въ городской сѣти уравнивательный 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 бесполезной потери воды у верхняго конца подъемной трубы, въ бакѣ дѣлается кранъ съ поплавкомъ, чтобы прекращать притокъ воды въ бакъ, когда онъ наполнится; по мѣрѣ опорожненія 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 поплавокъ съ краномъ нѣтъ надобности дѣлать, но сливная труба и въ этомъ случаѣ необходима.

На черт. 520—523 схематически представлены различныя расположенія разводенія воды въ домахъ. На черт. 520 представлено простѣйшее устройство домаго водопровода съ прямымъ разводеніемъ 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 домовый резервуаръ съ главнымъ бакомъ и съ одной подъемной трубой, но безъ водосливной трубы и безъ побочныхъ баковъ.

Удобнѣйшій способъ соединенія развѣтвленій съ домовою 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 домовою 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 ввѣрхъ, 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 произвестъ разрывъ трубъ.

Всѣ домовыя проводы должны быть защищены отъ жара и холода, поэтому домовый рукавъ долженъ съ улицы проходить сквозъ 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 въ продолженіе всей ночи имѣть спускной кранъ на столько открытымъ, чтобы изъ него выходила неболь-

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.

Отогреваніе 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, заставляеть 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, причеиъ 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, приобрѣтая 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 ядовитаго 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 чугунокъ 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, — свинець, 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'Hygiène*, 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 болѣе чистой 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 (Напон) 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-Йорка констатируетъ, что дѣло укладки трубъ, обложенныхъ оловомъ, требуетъ рукъ очень искуснаго и заботливаго рабочаго.

Кромѣ того, профессора: Бушарда (Bouchardat), Рессель (Rusel) 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.

Желѣзные 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'Hygiène, 1881 г., стр. 470), «въ общемъ самый безупречный приемъ, 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 гальванизациі, 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-Nichols) 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 дѣйствию перегрѣтыхъ водяныхъ паровъ, при чемъ на поверхности трубъ образуется корка магнитной окиси желѣза.

Принимая во вниманіе, что асфальтировка трубъ является болѣе простымъ и дешевымъ приѣмомъ 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 таковыя 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 сѣтъ 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 остального 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 гигиенисты приводятъ многочисленныя случаи, подтверждающіе пагубное вліяніе такихъ опасныхъ расположеній. Съ тою же цѣлью каждый ватеръ-клозетъ долженъ быть снабженъ отдѣльнымъ резервуаромъ съ шаровымъ клапаномъ.

Общепринятая система храненія водъ въ открытыхъ резервуарахъ, помѣщаемыхъ на чердакахъ, съ гигиенической точки зрѣнія не можетъ быть рекомендована. Не говоря уже о томъ, что вода въ открытыхъ резервуарахъ можетъ быть загрязняема разными на-

съкомыми, птицами, крысами и кошками, она может еще поглощать разные 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 круглыя, желѣзные, герметически закрытыя резервуары, помѣщаемыя 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 употребительныя у насъ мѣдныя 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.;

б) 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 донинѣ 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 объемъ 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, Эверетъ, Вить 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 пропущенной сквозь водомѣръ воды.

Изъ упомянутыхъ выше водомѣровъ, водомѣры Фроста, Кеннеди и Шмида принадлежать къ системѣ поршневыхъ, а остальные 9 въ системѣ измѣренія по скорости. Эти послѣдніе опять различаются между собою относительно устройства колеса, движимаго водою, причѣмъ одни изъ нихъ имѣють 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 измѣряють объемъ пропущенной воды, тогда такъ водомѣры по скорости движенія даютъ только приблизительный объемъ воды и сверхъ того тѣмъ не выгодны для водопроводныхъ обществъ, что небольшого объема проходящей воды недостаточно для преодоленія 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 » »

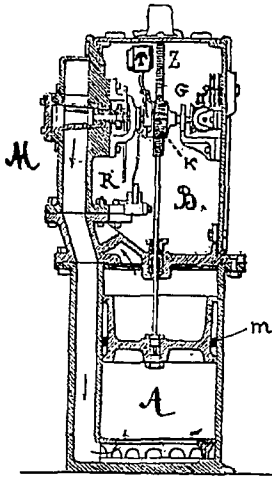
Устройство водомѣра съ турбинкою, напр. Сименса, показано въ общемъ схематическомъ видѣ на черт. 526.

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 отверстиями. Сквозь эти круглыя отверстия вода, оставивъ весь несомый ею илъ и другія нечистоты за ситомъ грязевого 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 отверстия *E* въ турбину-барабанъ *F*, вытекая далѣе чрезъ отверстия *G* въ трубу *H*. Барабанъ *F* вращается подѣйствіемъ 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 отверстия *M* (см. планъ черт. 527) обратнаго направленія; измѣняя ихъ размѣры, можно достигнуть регулировки съ значительною точностью. Всѣ водомѣра при 25 мм. диаметра трубы — 15,25 килограммъ; число оборотовъ на 1 куб. м. воды 11.312.

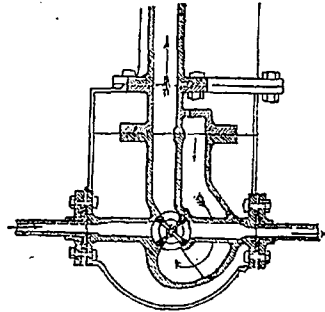
Точность показаній описаннаго водомѣра устанавливается изъ графика (черт. 528). Абсцисы выражаютъ часовые расходы воды въ куб. метрахъ. Ординаты—соотвѣтствующія потери напора въ ме-

В о д о м ъ р ы .

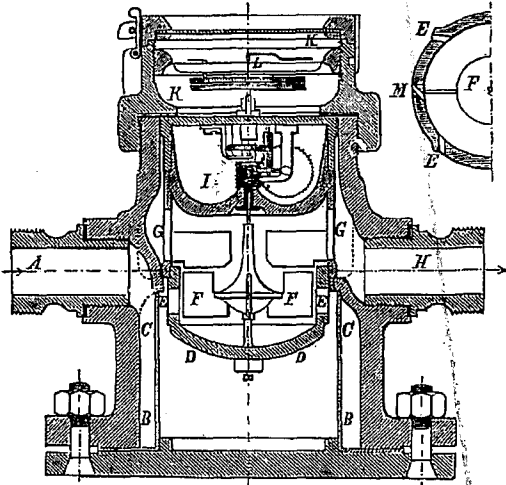
Измѣреніе небольшихъ расходовъ.



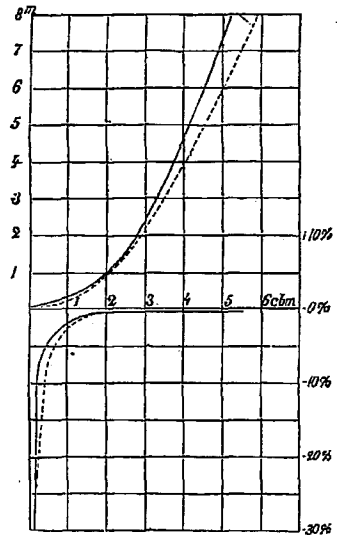
Черт. 524. — Вертикальный разръзъ.
Водомѣры системы Кеннеди.



Черт. 525. — Деталь водомѣра
системы Кеннеди.
Четырехпроходный кранъ.



Черт. 526 и 527. — Водомѣръ системы Сименса
и Гальске. Вертикальный разръзъ и часть го-
ризонтального разръза.



Черт. 528. — Графики потерь на-
пора и неточности показаній водо-
мѣра системы Сименса и Гальске.

трахъ водяного столба. Какъ ординаты же представлены выраженные въ $\%$ уклоненія отъ дѣйствительнаго количества воды показаній водомѣра, т. е. $\frac{\text{показаніа водомѣра} - \text{дѣйствительное количество}}{\text{показаніе водомѣра}}$.

Сплошныя кривыя относятся къ давленію въ 13 метровъ, пунктирныя—въ 40—50 м. Обѣ 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%) = 80—90 литровъ въ часъ. При расходѣ въ 1,5—5 куб. м. въ часъ относительная ошибка становится приблизительно постоянной составляя около 1% , какъ это ясно показываетъ кривая погрѣшностей, идущая въ указанныхъ предѣлахъ на близкомъ разстояніи отъ оси x и параллельно ей.

Основаніе устройства поршневого водомѣра показано на черт. 524 и 525, на которомъ изображень въ разрѣзѣ водомѣръ Кеннеди.

Этотъ водомѣръ состоитъ изъ двухъ главныхъ частей, изъ мѣрительнаго цилиндра A и изъ распредѣлительной и счетной камеры B .

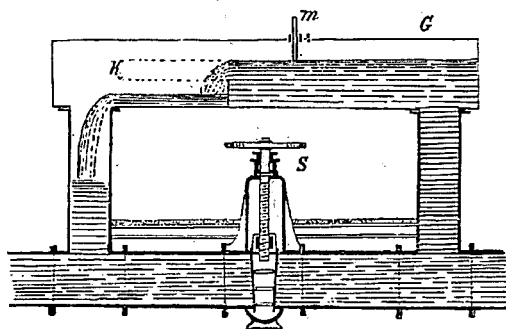
Послѣдняя не наполняется водою, такъ какъ вода не можетъ проходить сквозь плотно устроенный сальникъ поршневого штока; счетная камера желѣзнымъ колпакомъ прикрыта отъ наружныхъ поврежденій. Главная особенность такого водомѣра состоитъ въ плотности набивки поршня; послѣдній сдѣланъ изъ высокаго цилиндра 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 ходами, помѣщеннымъ въ коробкѣ M (черт. 525).

Опрокидываніе крана совершается такимъ образомъ, что зубчатая полоса, насаженная на верхній конецъ поршневого 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

В о д о м ѣ р ы.

Измѣреніе большихъ расходовъ.

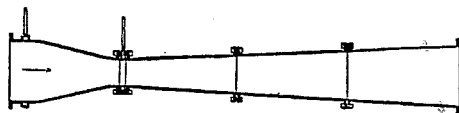


Черт. 529.

Приспособленіе для измѣренія количества воды, протекающей по трубѣ.

S—запорный кранъ; *G*—желобъ съ водосливомъ, чрезъ который вода переливается при запертіи крана *S*; *h*—высота переливающагося слоя, *m*—измѣритель высоты *h*. Количество воды вычисляется по формулѣ $Q = \frac{2}{3} b h \sqrt{2gh}$, гдѣ *b*—ширина водослива.

В о д о м ѣ р ъ В е н т у р и.



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 четырехпроходнымъ 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 четырехпроходнаго крана. Качательное движеніе зубчатаго колеса тремя коническими колесиками преобразуется во вращательное движеніе по одному направленію, передающееся счетчику.

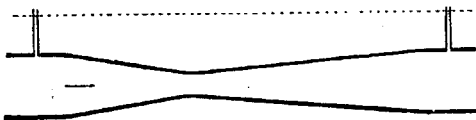
Водомѣры ставятся непосредственно на домовый рукавъ подлѣ главнаго запорнаго крана внутри дома и должны быть тщательно предохранены отъ замерзанія. Время отъ времени водомѣры необходимо испытывать относительно точности ихъ показаній, равнымъ образомъ и всякій новый водомѣръ до его постановки долженъ 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 соответствующаго 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, специально предназначеннаго для трубъ значительнаго діаметра и представленнаго на чертежахъ 530, 531, 532, 533, 534, 535 и 536.

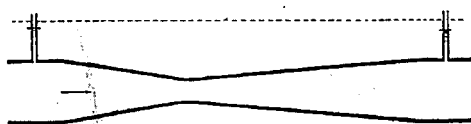
В о д о м ъ р ы .

Измѣрение большихъ расходовъ.

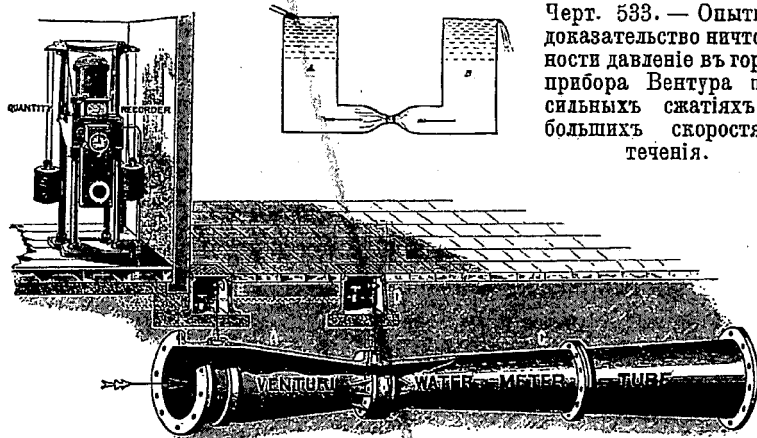
Водомѣръ „Вентури“.



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 различающаго 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 магистральныхъ 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 председателемъ 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, проносимыми 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.

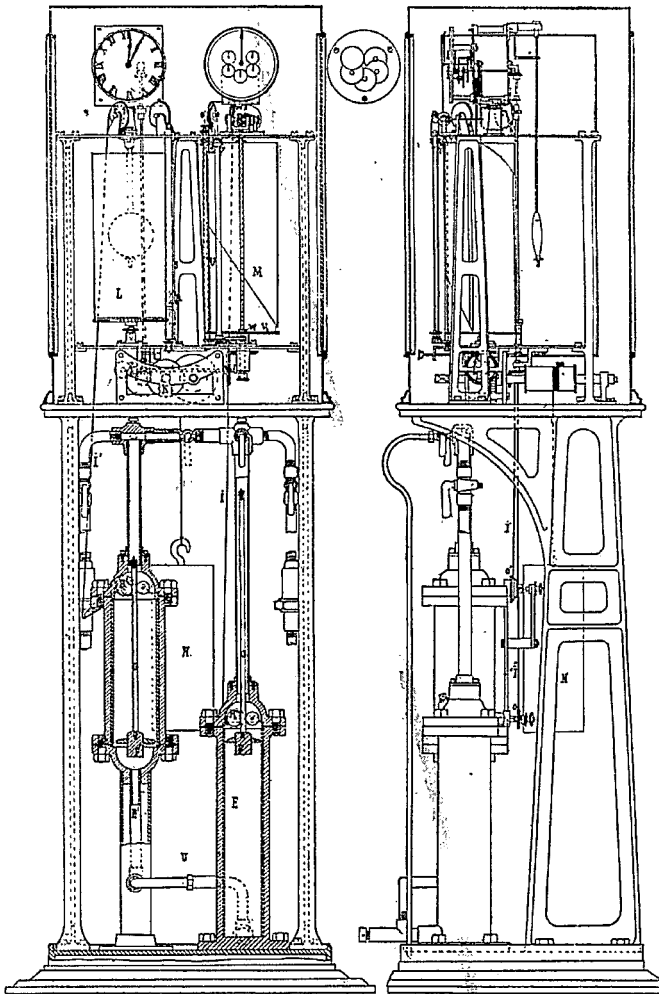
Водомѣръ «Вентури» получилъ названіе отъ имени итальянскаго философа Вентури, который первый указалъ въ 1796 году на отношенія между скоростью и давленіемъ жидкостей во время ихъ потока черезъ сходящіяся и расходящіяся трубы; но самъ Вентури, въ своемъ отчетѣ, изданномъ въ Парижѣ въ 1797 году, о своихъ 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

В о д о м ъ р ы.

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 непременно 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 разниа 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 суженное 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 разниця 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 результатъ 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 частямъ аппарата, управляемымъ часами. Часовая часть аппа-

рата состоитъ изъ шестерни К, 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 поплавковъ 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, соответствующую 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 Грееталъ даетъ слѣдующія совершенно ясныя опредѣленія:

1) Нормальная пожарная струя должна изливаться до 250 американских галлонов *) (75 ведер) воды в минуту.

2) Давление воды у наконечника брандспойта для получения такой струи должно быть 40—50 фунтов на кв. дюйм.

3) Число нормальных струй, которое нужно иметь для борьбы с пожарами, зависит от размера населения городов, 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 рекомендует иметь 10 нормальных пожарных струй даже и в самых малых городах, если жилища строения расположены скученно.

4) Пожарное количество воды должно добавляться к хозяйственному и получение его должно быть вполне обеспечено, по крайней мере, на 6 часов.

5) Расстояние между пожарными кранами должно быть таково, чтобы каждый рукав мог иметь длину по возможности не более 400—500 футов.

6) Трубы водопроводной сети не должны иметь диаметр менее 6-ти дюймов.

7) Сеть труб должна быть предпочтительно замкнутая (круговая) с более сильными внешними магистралями по окраинам.

8) В видах уменьшения потери напора от трения чугунные трубы должны быть хорошо асфальтированы.

Fanning обращает особенное внимание на то, что весьма важно, чтобы общественное водоснабжение было бы хорошо и действительно системой охраны от пожаров.

«В большинстве больших и малых городов, говорит Fanning, строивших на городской счет водопроводы, желание иметь

*) Американский галлон = 3,785 литра = 0,8333 английского галлона = = 0,8333 × 0,36942 = 0,3078 ведра.

пожара защиту было, вѣроятно, сильнѣйшею побудительною причиною 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 интересоваться 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 рассказы о большихъ опустошительныхъ пожарахъ и сумма убытковъ отъ большихъ пожаровъ однихъ американскихъ городовъ кажется баснословною. Комитетъ Національнаго Страхуванія 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-Йоркъ—два, Филадельфія—два, Сентъ-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 болѣе 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 изливаться 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. — Сравнение 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 $1\frac{1}{8}$ " діам. и при напорѣ въ 92 фута въ концѣ шланга.

Марка сортавъ.	ОБРАЗЦЫ ШЛАНГА.	Диаметръ соединенія въ дюйм.	Средній діаметръ шланга въ дюйм.	Средняя скорость воды въ шлангѣ въ футахъ въ секунду.	Увеличеніе въ діамѣтрѣ шланга при среднемъ напорѣ въ 115 футт.	Потери напора отъ тренія на каждыя 100 фут. діам. шланга въ футахъ.	%, прибавленія или убавленія въ потерѣ отъ тренія для лученія величини потеря, которая случилась бы при діам. шланга въ $2\frac{1}{2}$ ".	Потери напора отъ тренія на каждыя 100 футовъ діам. шланга, которая бы случилась бы при діамѣтрѣ шланга въ $2\frac{1}{2}$ дч.
A	$2\frac{1}{2}$ " резиновый шлангъ, гладкій внутри . . .	2,52	2,65	13,96	$\frac{3}{4}\%$	23	+ 34%	30,82
B	$2\frac{1}{2}$ " резиновый шлангъ.	2,53	2,60	14,50	$1\frac{1}{2}\%$	26,5	+ 22%	32,31
C	$2\frac{1}{2}$ " пеньковый шлангъ, выложенный резиной .	2,53	2,47	16,07	4%	34,6	— 6%	32,43
D	$2\frac{1}{2}$ " пеньковый шлангъ, выложенный резиной .	2,47	2,49	15,81	5%	33,35	— 2%	32,66
E	$2\frac{1}{2}$ " пеньковый шлангъ, выложенный резиной	2,50	2,68	13,65	$3\frac{1}{2}\%$	25,99	+ 42%	36,9
F	$2\frac{1}{2}$ " пеньк. шлангъ, вылож-рез. нисш. сорта .	2,50	2,50	15,69	$4\frac{1}{2}\%$	33,64	0	38,64
G	$2\frac{1}{2}$ " пеньковый шлангъ, выложенный резиной .	2,51	2,60	14,50	$1\frac{1}{4}\%$	31,97	+ 22%	39,0
H	$2\frac{1}{2}$ " пеньковый шлангъ, выложенный резиной .	2,51	2,62	14,28	3%	33,12	+ 27%	42,06
I	$2\frac{1}{2}$ " пеньковый шлангъ, выложенный резиной	2,51	2,69	13,55	$2\frac{1}{2}\%$	31,5	+ 44%	44,71
J	$2\frac{1}{2}$ " кожаный шлангъ	2,50	2,80	12,51	$2\frac{1}{4}\%$	28,06	+ 76%	49,36
K	$2\frac{1}{2}$ " пеньковый шлангъ, выложенный резиной .	2,48	2,53	15,31	5%	55,43	+ 6%	58,75
L	$2\frac{1}{2}$ " пеньковый шлангъ, безъ прокладки . . .	2,50	2,60	14,50	$2\frac{1}{2}\%$	62,56	+ 22%	76,32
	Потери напора отъ тренія при тѣхъ же условіяхъ въ нормальной желѣзной $2\frac{1}{2}$ " 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 $\frac{7}{8}$ дюйма.

Напоръ у наконечника въ футахъ.	Уклонъ брандспойнта.			Средняя наивысшая высота вертикальной струи въ футахъ.	Колличество 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 $\frac{2}{3}$ " шланга.											
	Въ 60°-70°.		Въ 32°.			П р и д л и н ѣ ш л а н г о в ѣ в ѣ:											
	Высота полевой струи въ футахъ.	Корректированное расстояние полеванаго дѣйствія струи въ футахъ.	50 фут.			100 фут.		200 фут.		300 фут.		400 фут.		500 фут.			
						Цельковый шлангъ.	Резиновый прокладочный шлангъ.	Цельковый шлангъ.	Резиновый прокладочный шлангъ.	Цельковый шлангъ.	Резиновый прокладочный шлангъ.	Цельковый шлангъ.	Резиновый прокладочный шлангъ.	Цельковый шлангъ.	Резиновый прокладочный шлангъ.		
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 $\frac{1}{2}$	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 $\frac{3}{4}$	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
	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 $\frac{1}{4}$	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 $\frac{3}{4}$	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 $\frac{1}{2}$	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 $\frac{3}{4}$	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
Высокій напоръ.	138 $\frac{1}{2}$	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
	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 $\frac{1}{2}$	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 $\frac{1}{2}$	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 крапѣ и шприцѣ и дальность дѣйствія струи при наконечникѣ діаметромъ въ 1 дюймъ.

Напоръ у наконеч- ника въ футахъ.	Средняя написанная высота вертикальной струи въ фу- тахъ.	Уклонъ бранд- спойта.		Количество воды выбрасы- ваемой струей въ минуту въ ведряхъ.	Напоръ въ футахъ, долженствующій быть въ пожарномъ крапѣ для поддержанія означен- ныхъ напоровъ въ шприцѣ при различныхъ длинахъ 2 1/2" шланга.												
		Въ 60°.70°.	Въ 32°.		П р и д л и н ѣ ш л а н г о в ѣ в ѣ :												
		Высота ползеной струи въ футахъ.	Горизонтальное раз- стояние наконеч- наго струи въ футахъ.		50 фут.		100 фут.		200 фут.		300 фут.		400 фут.		500 фут.		
					Цельковый шлангъ.	Резиновый прокладочный шлангъ.	Цельковый шлангъ.	Резиновый прокладочный шлангъ.	Цельковый шлангъ.	Резиновый прокладочный шлангъ.	Цельковый шлангъ.	Резиновый прокладочный шлангъ.	Цельковый шлангъ.	Резиновый прокладочный шлангъ.	Цельковый шлангъ.	Резиновый прокладочный шлангъ.	
Слабая струя.	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
	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
Нормальная струя.	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
	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
Высокій напоръ.	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 диаметромъ въ 1 1/8 дюйма.

Напоръ у накопеч- ника въ футахъ.	Средняя наивысшая высота вертикальной струи въ фу- тахъ.	Уклонъ бранд- спойнта.		Количество воды выбра- скаемой струей въ минуту въ ведрахъ.	Напоръ въ футахъ, долженствующій быть въ пожарномъ кранѣ для поддержанія означен- ныхъ напоровъ въ шприцѣ при различныхъ длинахъ 2 1/2" планга.												
		Въ 60°.70°.	Въ 32°.		П р п д л и н ѣ ш л а н г о в ѣ в ѣ :												
		Высота полезной струи въ футахъ.	Первоначальное раз- стояние до начала дѣйствія струи въ футахъ.		50 фут.		100 фут.		200 фут.		300 фут.		400 фут.		500 фут.		
					Цельковый плангъ.	Резиновый прокладочный плангъ.	Цельковый плангъ.	Резиновый прокладочный плангъ.	Цельковый плангъ.	Резиновый прокладочный плангъ.	Цельковый плангъ.	Резиновый прокладочный плангъ.	Цельковый плангъ.	Резиновый прокладочный плангъ.	Цельковый плангъ.	Резиновый прокладочный плангъ.	
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 считываться 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 диаметр шланговъ— $2\frac{1}{2}$ дюйма, но въ Америкѣ стремятся довести его до $2\frac{3}{4}$ и даже 3 дюйма при диаметрѣ наконечника $1\frac{1}{8}$ ". Важно также, чтобы для шланговъ выбирался матеріалъ, вызывающій наименьшее сопротивление движению воды, такъ какъ потеря напора можетъ значительно возрастать 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 специальныхъ 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 специальныхъ устройствахъ достигается примѣненіемъ аккумуляторовъ.

3) Вода въ городахъ обыкновенно оплачивается по расчету 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 энергии водой, рѣшеніе задачи ищутъ внѣ городского водоснабженія и устраиваютъ особую, специально 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.

