

ВОДОСНАБЖЕНІЕ.

ПРОФЕССОРА

М. Черепашинскаго.



Съ 225 чертежами въ текстѣ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Издание К. Л. Риккера.
Невскій пр., № 14.
1905.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 28 Февраля 1905 года.

О Г Л А В Л Е Н І Е.

ГЛАВА I.

Водопроводы.

	СТР.		СТР.
1. Введеніе	1	15. Матеріалъ	25
2. Общія правила расчета водопроводовъ	1	16. Конструкція закрытыхъ каналовъ	28
I. Гравитаційные проводы.		17. Глубина заложенія	30
3. Формы и размѣры поперечныхъ сѣченій	8	18. Плотность каналовъ	31
4. Диаграмма трапецевиднаго канала	14	19. Входныя шахты, вентиляціонныя ба- шенки, спуски	—
5. Допускаемая скорость	16	20. Тоннели	—
6. Паденіе	17	21. Рекапитуляція формулъ расчета	32
7. Откосы стѣнокъ земляныхъ каналовъ	—	II. Напорные проводы.	
8. Укрѣпленіе откосовъ	18	22. Матеріалъ	35
9. Плотность канала	19	23. Расчетъ водопроводныхъ трубъ	—
10. Профиль	20	24. Другія формулы	40
11. Прочія детали	21	25. Менѣ важныя потери напора	42
12. Проектъ канала	—	26. Измѣреніе расхода широкихъ трубъ	44
13. Промышленные каналы	22	27. Гидравлическіе удары	45
Закрытые водопроводы.		28. Акведуки и сифоны	47
14. Величина профиля	24	29. Ливерные проводы	50

ГЛАВА II.

Водоснабженіе городовъ.

30. Краткое историческое обозрѣніе	52	39. Жесткость воды	64
31. Введеніе	54	Начества водъ разнаго проис- хожденія.	
32. Количество воды	—	40. Атмосферическія воды	65
33. Колебанія расхода. Максимальный ча- совой расходъ	57	41. Рѣчная вода	—
34. Расходъ на тушеніе пожаровъ	58	42. Самоочищеніе рѣкъ	—
35. Приростъ населенія	60	43. Грунтовая вода	67
Начества воды.		44. Ключевая вода	68
36. Физическія свойства воды	61	45. Колодцы	—
37. Химическія свойства воды	62	46. Цистерны и проч.	—
38. Химическое испытаніе воды	—	47. Бактеріологическія изслѣдованія	69

ГЛАВА III.

Добыча воды.

	СТР.		СТР.
48. Роды главных сооружений	70	64. Артезианские колодцы	93
49. Добыча воды изъ рѣкъ и озеръ	71	65. Прочія потери напора	96
50. Выборъ мѣста для приемника	72	66. Наклонный водоносный слой	—
51. Приемники въ широкихъ рѣкахъ съ мало перемѣннымъ горизонтомъ	—	67. Взаимодѣйствіе колодезь	100
52. Горизонтъ воды измѣняется въ боль- шихъ предѣлахъ	75	68. Опредѣленіе расхода опытнымъ путемъ .	101
53. Добыча воды изъ озеръ	78	Конструкция колодезей.	
54. Грунтовая вода	80	69. Роды колодезей	101
55. Собираніе ключевой воды	—	70. Широкіе водосборные колодцы	102
Собираніе грунтовой воды.		71. Желѣзная обдѣлка	104
56. Предварительныя работы	83	72. Каменные колодцы	105
57. Степень проницаемости	84	73. Дворовые колодцы	106
58. Степень поглощаемости	85	74. Неглубокіе трубчатые колодцы	107
59. Направленіе течения и паденіе	—	75. Расположеніе колодезей	109
60. Скорость течения	86	76. Диаметръ колодезей	111
61. Расходъ грунтовой воды	87	77. Глубокіе буровые колодцы	113
62. Выборъ рода сооружения	88	78. Артезианскіе колодцы	116
63. Теорія колодезей	89	79. Сборныя галлерей	—
		80. Конструкция сборныхъ галлерей	118
		81. Сборныя сооружения возлѣ рѣкъ	121

ГЛАВА IV.

Очистка воды.

82. Методы очистки	122	Отстойные бассейны.	
Отстаиваніе.		88. Два рода отстаиванія	127
83. Роды примѣсей. Естественное и искус- ственное осажденіе	124	89. Число и размѣры бассейновъ	—
84. Дѣйствіе отстаиванія	—	90. Форма бассейна	128
85. Продолжительность отстаиванія	125	91. Глубина бассейна	129
86. Вліяніе отстаиванія на бактеріи	—	92. Устройство впускныхъ и выпускныхъ отверстій	—
87. Осажденіе соединенное съ коагуляціей .	126	93. Спускъ (опорожненіе бассейна)	130

ГЛАВА V.

Песочные фильтры.

94. Общее устройство	132	107. Потеря напора въ фильтрѣ	146
95. Бактеріологическое дѣйствіе фильтра .	133	108. Приводъ воды на фильтры	149
96. Степень дѣйствія фильтра	134	109. Отводные проводы и регулирующие приборы	150
97. Скорость фильтраціи	—	110. Автоматическое регулированіе	152
98. Количество фильтруемой воды въ сутки	135	111. Прочія принадлежности фильтра	153
99. Число и размѣры отдѣленій	136	112. Резервуаръ чистой воды	158
100. Конструкция фильтровъ	137	113. Чистка фильтра	—
101. Глубина открытыхъ фильтровъ	139	114. Промежутокъ между двумя чистками .	159
102. Необходимость перекрытія фильтровъ .	—	115. Промывка песка	159
103. Фильтрующей песокъ	140	116. Бактеріологическій контроль	160
104. Толщина песчаного слоя	140	117. Переменяющаяся фильтрація	160
105. Глубина воды въ фильтрахъ	141	118. Двойная фильтрація	161
106. Отводные дрена	—		

ГЛАВА VI.

Механическая фильтрація.

	СТР.		СТР.
119. Роды механических фильтровъ	161	125. Смягченіе жесткой воды	—
120. Коагуляція	163	126. Удаленіе желѣза изъ воды	174
121. Заключение	166	127. Примѣненіе для очистки электриче-	
122. Примѣръ (фильтры въ Little Falls)	167	ства	175
Прочіе способы очистки.		128. Способъ Андерсона	—
123. Фильтръ Фишеръ-Петерса	172	129. Домашніе фильтры	176
124. Аэрація	173	130. Стерилизація и дистилляція	177
		131. Химическая очистка	—

Храненіе и распредѣленіе воды.

ГЛАВА VII.

Запасные и напорные резервуары.

132. Вступленіе	178	Напорныя колонны.	
133. Цѣль запасныхъ или напорныхъ ре-		141. Полезная емкость колонны	191
зервуаровъ	179	142. Наивыгоднѣйшій діаметръ колонны	—
134. Полезная емкость	—	143. Силы дѣйствующія на колонну	192
135. Опредѣленіе полезной емкости	—	144. Дѣйствіе льда	193
136. Положеніе напорнаго резервуара	181	145. Толщина стѣнки трубы	194
137. Высота положенія резервуара	184	146. Практическая высота колонны	—
Наменные резервуары.		147. Склепываніе	—
138. Наивыгоднѣйшія отношенія размѣ-		Водонапорныя башни.	
ровъ	184	148. Устройство баковъ	197
139. Перекрытіе резервуаровъ	186	149. Расчетъ бака	200
Водонапорныя колонны и башни.		150. Частные случаи	202
140. Емкость	191	151. Конструкція баковъ	207

ГЛАВА VIII.

Водопроводная сѣть.

152. Обыкновенный и пожарный расходъ	210	161. Задачи относительно движенія воды	
153. Напоръ въ сѣти	211	въ сложномъ проводѣ	227
154. Число пожарныхъ струй	213	162. Расчетъ трубной сѣти	234
155. Расположеніе гидрантовъ	214	163. Расчетъ діаметра	236
156. Общія правила устройства водопро-		164. Расчетъ разводяныхъ (узкихъ) трубъ	239
водной сѣти	216	165. Расчетъ широкихъ трубъ	243
157. Діаметры главныхъ и приводныхъ		Водонапорныя зоны.	
трубъ	217	166. Высота зоны	247
158. Опредѣленіе максимальнаго расхода		167. Примѣръ расчета распредѣлитель-	
для разныхъ участковъ	218	ной сѣти при раздѣленіи города	
159. Экономическая скорость для пожар-		на зоны	249
наго расхода воды	219		
160. Потеря напора въ разводяныхъ (уз-			
кихъ) трубахъ	225		

ГЛАВА IX.

Трубы.

	стр.		стр.
168. Матеріаль	254	185. Соединенія стальныхъ трубъ	269
169. Вышнія силы	255	186. Покрытіе стальныхъ трубъ	270
170. Напоръ воды	—	187. Долговѣчность стальныхъ трубъ	—
171. Гидравлическое паденіе	—	188. Деревянные трубы	—
172. Напоръ земли и воды	256	189. Гончарныя (керамиковыя) трубы	274
173. Перемены температуры	257	190. Цементныя трубы	—
174. Напряженія обусловленные ударами и сотрясеніями	257	191. Домовые проводы	275
175. Крѣпость цилиндрическихъ трубъ	—	192. Опредѣленіе діаметра главной трубы	276
Чугунныя трубы.		193. Особыя части водопроводовъ и про- чія детали	278
176. Толщина стѣнки	258	194. Входныя шахты	—
177. Соединеніе трубъ	261	195. Задвижки (закрывающіе приборы)	279
178. Фасонныя части проводовъ	264	196. Вантузы	281
179. Матеріаль чугунныхъ трубъ	265	197. Выпуски	282
180. Отливка трубъ	266	198. Гидранты	—
181. Предохраненіе трубъ отъ ржавчины	—	199. Автоматическіе клапаны	284
182. Гидравлическая проба	267	200. Захлопки	—
183. Долговѣчность чугунныхъ трубъ	—	201. Регуляторы напора	285
184. Желѣзныя и стальные трубы	268	202. Особыя устройства	—

ГЛАВА X.

Конструкція сѣти.

203. Планъ и профиль	287	209. Изготовленіе рвовъ для укладки трубъ	290
204. Непрерывность доставки воды	—	210. Оттаиваніе воды въ трубахъ	292
205. Расположеніе въ планѣ	288	211. Электролизъ	293
206. Профиль трубы	—	212. Прибавленіе. Эквивалентныя: мѣры, вѣса воды и давленія	294
207. Учесть утечки воды	289		
208. Глубина заложенія	290		

Русскій нормальный метрическій сортаментъ.

Конструктивный чертежъ раструба	296	Полукольно-раструбъ ($\frac{1}{2}$ Кр), полуколь- но-фланецъ ($\frac{1}{2}$ Кф)	307
Конструктивный чертежъ фланца	297	Тройники-раструбы (Трр), тройники рас- трубы съ фланцами (Трф)	308
Трубы съ раструбными соединеніями	298	Переходы (П)	309
Трубы съ фланцевыми соединеніями	300	Тройники-фланцы (Тфф)	310
Патрубки-раструбы (Е) и патрубки-флан- цы (Е)	302	Выпуски-раструбы (Врр) и выпуски- фланцы (Врф)	311
Двойные раструбы (Д), длинныя (Мд) и короткія (Мк) муфты	303	Переводы метрическихъ вѣсовъ трубъ съ раструбными и фланцевыми со- единеніями въ пуды	312
Отводы-раструбы пологіе (Опр)	304		
Отводы-раструбы (Окр) и отводы-фланцы (Окф)	305		
Кольно-раструбъ (Кр), кольно-фланецъ (Кф)	306		

О П Е Ч А Т К И.

Стр.:	Строка:	Напечатано:	Должно быть:
4	3 снизу	обыкновенный	обыкновенный
9	3 сверху	$kl = m n =$	$AC = BD =$
9	3 снизу	kl	AC
11		черт. 8 вместо j	уголь θ
12	3 сверху	$- 26 r^2 \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha$	$- 2.6 r^2 \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha$
12	4 снизу	$\frac{\pi \alpha}{360}$	$\frac{\pi \alpha}{60}$
12	2 "	$2 \left(\frac{2.3 r \pi^3}{360} + \dots \right)$	$\frac{2.2.3 r \pi^3}{360} + \dots$
16	19 сверху	0,126	0,026
16	19 "	чертежа 8	чертежа 3
19	7 "	засыпкой	засыпка
29	17 снизу	черт. 44	черт. 43
32	7 "	Данный	Даны
38	14 сверху	больше	большее
44	8 снизу	$Q = \frac{f_1 f_2}{f_1^2 - f_2^2} \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$	$Q = \frac{f_1 f_2}{\sqrt{f_1^2 - f_2^2}} \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$
56	5 сверху	2 — 12	6 — 12
75	2 снизу	объ	отъ
81	4 "	трубою А	трубою С
81	3 "	спускъ В	спускъ
87	2 сверху	для грубого гравія ($\phi > 3$ мм.)	для гравія крупностью > 3 мм.
90	6 "	$\pi k k_1 \frac{\eta^2}{2}$	$2 \pi k k_1 \frac{\eta^2}{2}$
95	10 "	$lg_e \frac{x}{r}$	$lg_e \frac{R}{r}$
128		на черт. 99: вместо буквъ а и б поставить буквы у и х	
128	17 сверху	$\left(2n - \frac{2f}{x^2} \right)$	$\left(2n - \frac{2f}{x^2} \right) s_n$
130	12 "	получаетъ въ сѣдѣнѣ	получаетъ
162	7 снизу	черт. 122	черт. 124
180	21 сверху	въ разные часы дня	въ разные дни
182	15 снизу	часть EB	часть EG
184	18 сверху	отношенія резервуаровъ	отношенія размѣровъ
192	1 снизу	0,0078	0,0078 h
214	18 сверху	четвертные	четверные
221	1 снизу	См. стр. и табл. на стр.	См. стр. 276 и табл. XXVIII на стр. 277
232	10 сверху	расходъ $g_1 \dots$ расходъ g_2	расходъ $q_1 \dots$ расходъ q_2
232	10 снизу	который	которой
239	7 "	въ предыдущихъ правилахъ	въ предыдущемъ правиламъ
244	11 сверху	(№ 157)	(№ 159)

ГЛАВА I.

Водопроводы.

1. Введение. Устройства для провода воды бывают нужны:

- 1) при водоснабженіи населенныхъ мѣстностей;
- 2) для отвода сточныхъ водъ (канализація);
- 3) для орошенія и осушенія угодій;
- 4) при устройствѣ водяныхъ двигателей;
- 5) при дорожныхъ и желѣзнодорожныхъ сооруженіяхъ, (для отвода дождевыхъ и грунтовыхъ водъ);
- 6) при регулированіи судоходныхъ рѣкъ.

По конструкціи различаютъ открытые и закрытые водопроводы, а по роду движущей силы—гравитаційные или самоточные и напорные.

Въ гравитаційныхъ проводахъ движеніе производитъ сила тяжести (вѣсь движущейся воды), а въ напорныхъ—механическая сила, или столбъ воды.

Гравитаційные провода бываютъ открытые и закрытые; ихъ стѣнки испытываютъ незначительное вообще давленіе, происходящее отъ вѣса заключающейся въ нихъ воды; напорные провода могутъ быть только закрытые, ихъ стѣнки подвержены болѣе или менѣе значительному давленію, происходящему отъ механической силы, или столба воды.

Открытые провода, которыхъ живое сѣченіе незначительно, называютъ канавами, а въ противномъ случаѣ—каналами; малые каналы получили названіе кюветовъ и лотковъ. Закрытые гравитаційные провода называютъ вообще каналами, а напорные—трубами. Впрочемъ слово «труба» имѣетъ разныя другія значенія.

Для водоснабженій можно употреблять только закрытые провода, потому что въ открытыхъ вода подвержена засореніямъ и перемѣнамъ температуры.

2. Общія правила расчета водопроводовъ. Будемъ обозначать черезъ:
 Q — Расходъ, т. е. количество воды, протекающее черезъ данное сѣченіе въ секунду,

откуда

$$v = \sqrt{\frac{1}{c_1} \frac{F}{P} \cdot h_1}$$

или, такъ какъ

$$F:P = R; \quad h_1:1 = J,$$

и поставивъ

$$\sqrt{\frac{1}{c_1}} = c$$

$$v = c \sqrt{RJ} (4)$$

Для опредѣленія коэффициента c Дарси, по порученію и на счетъ французскаго правительства, производилъ совмѣстно со своимъ ассистентомъ Базень въ продолженіи 1849—1851 гг. обстоятельныя опыты на станціи Chaillot близъ Парижа. Для опытовъ было приготовлено нѣсколько каналовъ разныхъ размѣровъ и трубопроводовъ, каждый длиною болѣе 100 метровъ; діаметръ трубъ измѣнялся отъ 36 до 50 сантиметровъ; однѣ изъ трубъ были новыя, а другія—покрытыя осадками. Дарси опредѣлилъ коэффициенты для новыхъ чугуновыхъ трубъ, и предложилъ употреблять составленныя имъ таблицы и для засоренныхъ, но съ тѣмъ, чтобы вычисленныя по формулѣ (4) паденія J были увеличиваемы въ два раза.

Произведенныя въ концѣ 70-хъ годовъ союзомъ германскихъ архитекторовъ и инженеровъ изслѣдованія выяснили, что высоты напора только новыхъ, или короткое время находившихся въ употребленіи желѣзныхъ трубъ большихъ діаметровъ покрываются коэффициентами Дарси, между тѣмъ какъ большинство существующихъ проводовъ дали для c значенія, превышающія числа Дарси (особенно при малыхъ діаметрахъ) въ нѣсколько разъ.

На основаніи своихъ опытовъ Дарси составилъ слѣдующее выраженіе:

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

въ которомъ α и β — коэффициенты зависящіе отъ свойствъ стѣнокъ канала. Эту формулу можно написать такъ:

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

Эта таблица дастъ слѣдующія значенія величины b для водопроводовъ изъ:

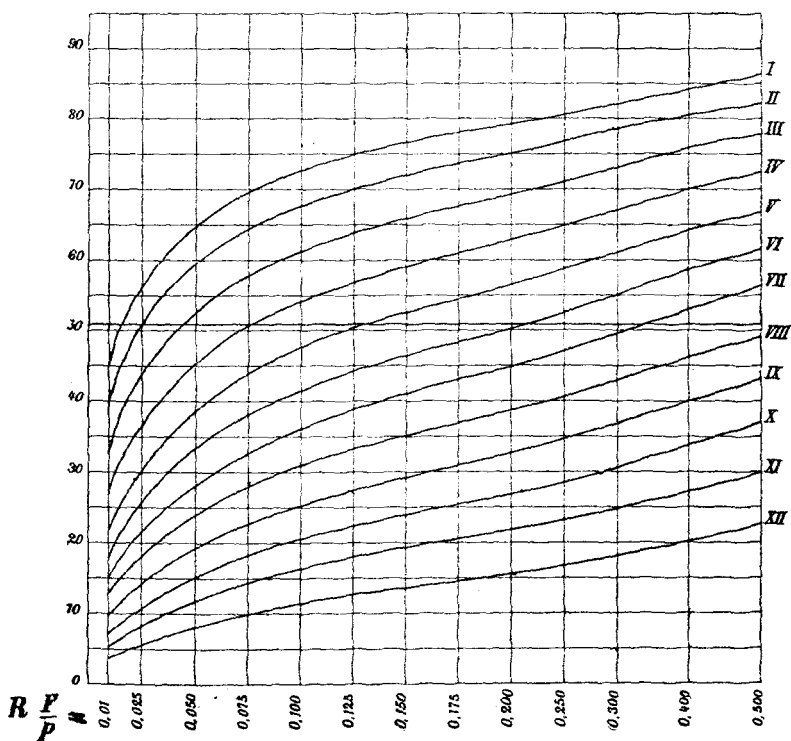
дерева: $b = 0,15, 0,20$ и $0,27$;
 цемента: $b = 0,12, 0,15$ и $0,20$;
 тесоваго камня: $b = 0,20$ и $0,27$;
 кирпича: $b = 0,20, 0,27$ и $0,35$;
 чугуна: $b = 0,27, 0,35$ и $0,45$;
 бута: $b = 0,35, 0,45, 0,56, 0,72$ и $0,93$;
 земли $b = 1,22, 1,67$ и $2,44$.

Для сточныхъ каналовъ отводящихъ грязныя воды, дѣйствительны слѣдующія значенія:

кирпичные каналы и гончарныя трубы: $b = 0,35$ и $0,45$.

бутовые каналы, не штукатуренные: $b = 0,56, 0,72$ и $0,93$.

На черт. 1 представлена формула (5) графически для всѣхъ, въ предыдущей таблицѣ приведенныхъ степеней шероховатости. Гидравлическіе



радіусы R отложены какъ абсциссы, а соотвѣтствующія имъ значенія коэффициентовъ c — какъ ординаты; точки одной и той же степени ше-

роховатости соединены непрерывными линиями, которые на их концах (справа) помѣчены цифрами степеней. Абсциссы — отъ 0.01 до 0,2 отложены въ бѣльшемъ масштабѣ; для R отъ 0,2 до 0,3 масштабъ взять меньше, а для R отъ 0,3 до 0,5—еще меньше. Величины R ниже 0.01 не имѣютъ практическаго значенія. Ординаты, т. е. коэффициенты c отложены въ масштабѣ: 1 = 1 миллиметр.

Формула (5) оказалась согласной съ результатами опытовъ для малыхъ и среднихъ расходовъ, т. е. такихъ, съ какими имѣется дѣло при водоснабженіи и канализаціи. Но для болѣе значительныхъ расходовъ, (когда ширина дна превышаетъ 1,5 мтр.) коэффициентъ c зависитъ также отъ паденія J , въ томъ отношеніи, что съ увеличеніемъ паденія для большихъ руслъ онъ уменьшается, а для малыхъ—увеличивается. Вслѣдствіе того для промышленныхъ и подобныхъ имъ каналовъ Гангилле и Куттеръ составили слѣдующую формулу:

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (6)$$

Эта формула дѣйствительна для метрическихъ мѣръ *).

Для коэффициента n дѣйствительны слѣдующія значенія:

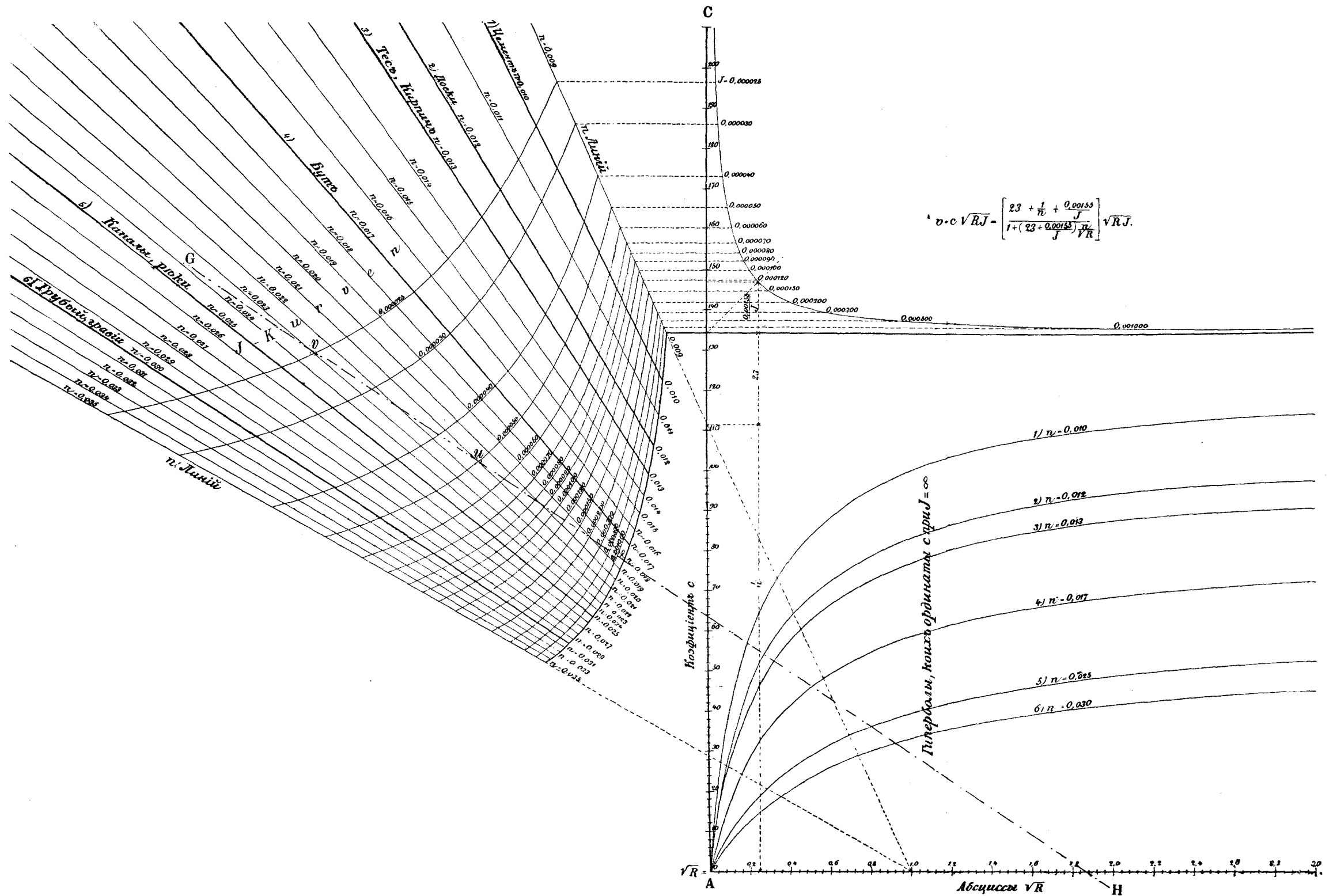
- 1) Обыкновенные, хорошо исполненные и хорошо содержимые каналы (безъ камней, водорослей и неправильностей формы) $n = 0,025$
- 2) Менѣе хорошо содержимые каналы, въ которыхъ мѣстами встрѣчаются камни и растенія $n = 0,03$
- 3) Неправильные, плохо исполненные и небрежно содержимые каналы въ каменистомъ грунтѣ, или такіе, въ которыхъ развилась довольно значительная растительность . . . $n = 0,035$

*) При вычисленіяхъ въ футахъ

$$c = \frac{41,65 + \frac{1,811}{n} + \frac{0,00281}{J}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \left(41,65 + \frac{0,00281}{J}\right)} \quad (6a)$$

Значенія n слѣдующія:

	n
Хорошо строганныя доски	0,009
Чистый цементъ или очень гладкія трубы	0,010
Нестроганныя доски, или обыкновенныя трубы	0,012
Чистая бутовая кладка, или кирпичная кладка	0,013
Обыкновенная кирпичная кладка	0,015
Бутовая кладка	0,017
Земляной чистый каналъ	0,020 до 0,025
Земляной каналъ съ осадками или водорослями	0,030



Черт. 2 и 3.

Графически формула (6) представлена на черт. 2. Дѣленіе на нижней горизонталь AB даетъ значенія $\sqrt{R}$, а на вертикаль AC — коэффиціенты c . Линіи значеній n представлены прямыми лучами, выходящими изъ точки на AB , обозначенной цифрой 1,0 (которой значеніе, слѣдовательно: $\sqrt{R} = 1$): линіи паденій J даны кривыми, на которыхъ представлены выражающія паденія числа.

Произвольная прямая, пересѣкающая AB , AC и линіи n и J , опредѣляетъ непосредственно соотвѣтствующія значенія величинъ $\sqrt{R}$, c , n и J . Такъ напр. прямая GH даетъ:

на AB : $\sqrt{R} = 1,88$ ($R = 1,37$)

на AC : $c = 64$

и для точки u : $J = 0,000050$ $n = 0,021$. Для точки v получаемъ изъ чертежа (при $c = 64$ и $\sqrt{R} = 1,88$) $J = 0,000025$ $n = 0,023$.

Помощію діаграммы черт. 2 легко опредѣлить одну изъ 4-хъ величинъ c , R , J и n , когда 3 другія извѣстны. Возможны слѣдующіе случаи:

1) Даны: R , J и n , опредѣлить c . Точку $\sqrt{R}$ на AB соединяемъ прямой линіей съ точкой пересѣченія линій J и n , получаемъ на AC искомое c .

2) Даны c , J и n , найти R . Прямая, соединяющая точку пересѣченія линій J и n съ точкой c на AC , даетъ въ пересѣченіи съ AB величину $\sqrt{R}$.

3) Даны c , R и n , найти J . Точку $\sqrt{R}$ на AB соединяемъ съ точкой c на AC , и продолжаемъ ее до встрѣчи съ прямой n , на которой она отсѣкаетъ требуемое J .

4) Даны c , R и J , найти n . Прямая соединяющая точку $\sqrt{R}$ на AB съ точкой c на AC , продолженная до встрѣчи съ кривой J , даетъ величину n .

При употребленіи формулы (6) для сточныхъ каналовъ городской канализаціи можно принять $J = \infty$, и поставить:

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{\sqrt{R}}} \dots \dots \dots (6b).$$

Если отложимъ значенія $\sqrt{R}$ какъ абсциссы, а соотвѣтствующіе имъ коэффиціенты c какъ ординаты, то для разныхъ n получимъ кривыя, изображенныя на черт. 3, помощію которыхъ опредѣляются легко коэф-

фиценты c для данных R , и на оборотъ. По Кнауфф:

для глазированных гончарныхъ или фаянсовыхъ трубъ . . . $n = 0,01$
 » каменныхъ и кирпичныхъ каналовъ $n = 0,013$
 (см. выноску внизу на стр. 6).

I. Гравитацінные проводы.

3. Формы и размѣры поперечныхъ сѣченій. Гравитацінные проводы представляютъ обыкновенно вырытые въ землѣ желоба съ земляными неукрѣпленными, или искусственно укрѣпленными стѣнками. Въ первомъ случаѣ стѣнкамъ даютъ наклонъ, соответствующій углу естественнаго откоса, такъ что сѣченіе имѣетъ видъ трапеціи, а въ последнемъ оно бываетъ трапеція или прямоугольникъ, а иногда получаетъ и другія, ниже рассмотрѣнныя формы.

Закрытые гравитацінные каналы отличаются отъ открытыхъ только тѣмъ, что ихъ профиль представляетъ замкнутую фигуру, и обыкновенно засыпанъ землею.

Расчетъ закрытыхъ проводовъ ничѣмъ не отличается отъ расчета открытыхъ, поэтому приведенныя ниже формулы одинаково дѣйствительны какъ для открытыхъ такъ и для закрытыхъ каналовъ.

Когда обстоятельства позволяютъ, то опредѣляютъ размѣры живого профиля при условіи, чтобы онъ представлялъ движенію воды наименьшее сопротивленіе. При одинаковыхъ прочихъ обстоятельствахъ такой профиль будетъ наиболѣе выгодный, такъ какъ ему будетъ соответствовать наибольшая скорость, и слѣдовательно, наименьшее поперечное сѣченіе.

Водопроводные каналы получаютъ обыкновенно форму трапеціи, прямоугольника, круга или яйца.

1) Трапеція. Трапеція представляетъ основную форму неукрѣпленныхъ земляныхъ каналовъ; сѣченіе имѣетъ вертикальную ось симметріи.

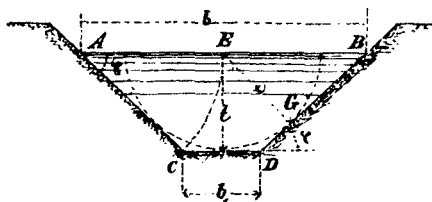
Если (черт. 4):

b — ширина горизонта воды
 b_1 — ширина дна,
 t — глубина воды, и
 φ — уголъ наклона боковыхъ стѣнокъ къ горизонтالي,
 то

$$b_1 = b - 2t \cotg \varphi \quad . \quad . \quad (7)$$

Площадь живого сѣченія:

$$F = \frac{b + b_1}{2} t = (b - t \cotg \varphi) t \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$



Черт. 4.

Изъ послѣдняго уравненія получаемъ:

$$b = \frac{F}{t} + t \cotg \varphi \quad b_1 = \frac{F}{t} - t \cotg \varphi \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

$$\overline{kl} = \overline{mn} = \frac{t}{\sin \varphi} \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Периметръ живого сѣченія

$$P = b_1 + \frac{2t}{\sin \varphi} = \frac{F}{t} - t \cotg \varphi + \frac{2t}{\sin \varphi} \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Для наиболѣе выгоднаго сѣченія имѣемъ условіе:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = 0$$

слѣдовательно, по (11):

$$0 = -\frac{F}{t^2} - \cotg \varphi + \frac{2}{\sin \varphi} = -\frac{F}{t^2} + \frac{2 - \cos \varphi}{\sin \varphi}$$

откуда, наиболѣе выгодная глубина:

$$t = \sqrt{\frac{F \sin \varphi}{2 - \cos \varphi}} \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Изъ этого выраженія слѣдуетъ:

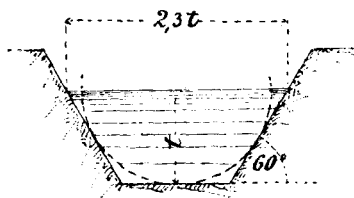
$$t^2 (2 - \cos \varphi) = F \sin \varphi,$$

и, подставивъ для F значеніе (8)

$$t^2 (2 - \cos \varphi) = (b - t \cotg \varphi) t \sin \varphi$$

т. е.

$$t = \frac{b}{2} \sin \varphi. \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$



Черт. 5.

Профиль, удовлетворяющій послѣднему уравненію есть трапеція, описанная около окружности, которой радіусъ = глубинѣ t , опредѣленной уравненіемъ (12) (черт. 5).

Уравненія (10) и (13) даютъ

$$\overline{kl} = \frac{b}{2} \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

Если въ (11) подставимъ для $\frac{F}{t}$ значеніе изъ (12), то будетъ:

$$P = \frac{t(2 - \cos \varphi)}{\sin \varphi} + \frac{t(2 - \cos \varphi)}{\sin \varphi} = \frac{2t(2 - \cos \varphi)}{\sin \varphi} = 2t \cdot \frac{F}{t^2}$$

т. е.

$$P = \frac{2F}{t} \dots \dots \dots (15)$$

и слѣдовательно

$$R = \frac{F}{P} = \frac{t}{2} \dots \dots \dots (16)$$

Средній гидравлическій радіусъ наиболѣе выгоднаго трапециoidalнаго профиля = половинѣ его глубины. Наименьшій периметръ P при перемѣнномъ φ получается для $\varphi = 60^\circ$.

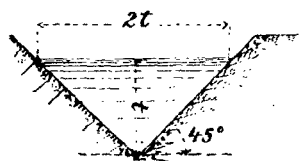
2) Прямоугольникъ. Прямоугольникъ есть трапеція, которой уголъ $\varphi = 90^\circ$, поэтому, для наиболѣе выгоднаго профиля, по (13):

$$t = \frac{b}{2} \text{ или } b = 2t$$

Ширина наиболѣе выгоднаго прямоугольнаго профиля = двойной глубинѣ.

Гидравлическій радіусъ R , по (16), = $1/2$ глубины.

3) Профиль наименьшей ширины b . Когда мѣстность, черезъ которую долженъ быть проведенъ каналъ, представляетъ высокую стоимость, то наиболѣе выгодный профиль будетъ тотъ, который при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ имѣетъ наименьшую ширину. Такая форма профиля получается изъ уравненія:



Черт. 6.

$$\frac{\partial b}{\partial t} = 0$$

Такъ какъ

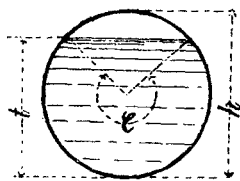
$$b = \frac{F}{t} + t \cotg \varphi,$$

то

$$\frac{\partial b}{\partial t} = -\frac{F}{t^2} + \cotg \varphi$$

откуда

$$F = t^2 \cotg \varphi = (2t \cotg \varphi) \frac{t}{2}$$



Черт. 7.

Изъ послѣдняго выраженія слѣдуетъ, что профиль наименьшей ширины представляетъ треугольникъ, котораго стороны наклонены къ горизонту подъ угломъ φ (черт. 6). Сѣченіе будетъ наиболѣе выгодно когда $\varphi = 45^\circ$.

4) Кругъ. Если h — діаметръ круга, и φ — уголъ наполненія (черт. 7) то площадь живого сѣченія:

$$F = \left(\frac{\varphi}{180} \pi - \sin \varphi \right) \frac{h^2}{8} = \left(0,01745 \varphi - \sin \varphi \right) \frac{h^2}{8}$$

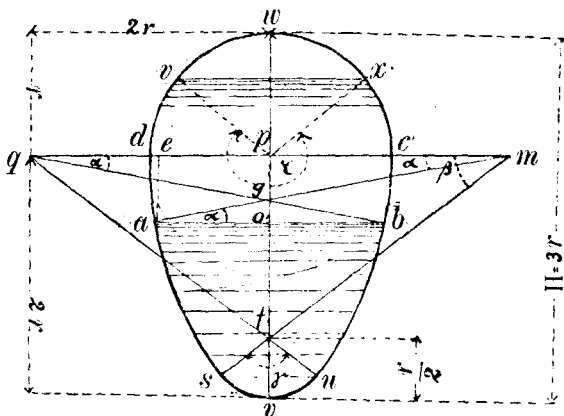
Периметръ живого сѣченія:

$$P = \frac{\pi h}{2} \cdot \frac{\varphi}{180} = 0,00872 \varphi h$$

Набольшая глубина воды:

$$t = \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right) \frac{h}{2}$$

5) Яйцевидное сѣченіе. Эту форму вычерчиваютъ обыкновенно слѣдующимъ образомъ (черт. 8). Изъ центровъ p и t , взятыхъ на одной вертикали, описываютъ двѣ окружности, которыхъ радіусы относятся какъ 2 : 1, такъ что разстояніе центровъ $pt = \frac{3}{2}r$, гдѣ r — радіусъ бѣльшей окружности. Проведенный черезъ p горизонтальный діаметръ dc продолжаютъ вправо и влѣво и откладываютъ $dq = ct = r$; изъ q и t радіусами $= 3r$ описываютъ дуги ds и cn , касательныя къ окружностямъ; точки касанія находятся на dc , и на радіусахъ qm и tn .



Черт. 8.

Площадь F и периметръ P получаются при наполненіи до ab слѣдующимъ образомъ:

$$F = \text{пл.} (dcuvsd) - \text{пл.} (abcd).$$

Если поставимъ: пл. $(dcuvsd) = F_1$ и пл. $(abcd) = F_2$, то

$$F = F_1 - F_2$$

Изъ чертежа имѣемъ:

$$\text{секторъ } (mad) = \frac{(3r)^2 \pi}{360} \cdot \alpha$$

$$\Delta mpd = pg \cdot \frac{2r}{2} = 2rtg \alpha \frac{2r}{2} = 2r^2 tg \alpha$$

$$\begin{aligned}\Delta \overline{gab} &= \overline{ao} \cdot \overline{go} = \frac{\overline{go}^2}{tg \alpha} = \frac{(\overline{po} - \overline{pg})^2}{tg \alpha} = \frac{(ae - pg)^2}{tg \alpha} = \\ &= \frac{(3r \sin \alpha - 2r tg \alpha)^2}{tg \alpha}\end{aligned}$$

$$F_2 = \frac{(3r)^2 \pi \alpha}{360} - 2 \cdot 2r^2 tg \alpha + \frac{9r^2 \sin^2 \alpha - 26r^2 \sin \alpha tg \alpha + 4r^2 tg^2 \alpha}{tg \alpha}$$

и послѣ весьма простаго приведенія

$$F_2 = 3r^2 \left(\frac{\pi \alpha}{60} + \frac{3 \sin 2\alpha}{2} - 4 \sin \alpha \right)$$

Площадь (*cuvso*) т. е.

$$F_1 = 2 [\text{секторь } (mds) - \Delta (mpt)] + \text{сект. } stu$$

$$(mds) = \frac{(3r)^2 \pi \beta}{360} = \frac{\pi r^2 \beta}{40}$$

$$\Delta (mpt) = \frac{1}{2} \overline{pt} \cdot \overline{mp} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} r \cdot 2r = \frac{3}{2} r^2$$

$$(stu) = \left(\frac{r}{2} \right)^2 \frac{\pi \vartheta}{360}$$

$$tg \beta = \frac{pt}{mp} = \frac{\frac{3}{2} r}{2r} = \frac{3}{4},$$

слѣдовательно

$$\beta = 36^\circ 52' 11'' = 36,8697^\circ$$

$$\vartheta = 180 - 2\beta = 106^\circ 15' 38'' = 106,261^\circ$$

Если эти значенія подставимъ, то получимъ:

$$F_1 = 3,02 r^2 = 0,336 H^2, (H = 3r)$$

Теперь имѣемъ:

$$F = F_1 - F_2 = 3,02 r^2 - 3r^2 \left(\frac{\pi \alpha}{360} + \frac{3}{2} \sin 2\alpha - 4 \sin \alpha \right)$$

Смачиваемый периметръ

$$P = 2 \left(\frac{2 \cdot 3r \cdot \pi \cdot \beta}{360} + \frac{2 \cdot \frac{r}{2} \pi}{360} \cdot \vartheta - 2 \left(2 \frac{3r\pi}{360} \alpha \right) \right) = 4,79 r - 6r \alpha \frac{\pi}{180}$$

$$P = r (4,79 - 0,105 \alpha)$$

Угол α въ этихъ формулахъ долженъ быть выраженъ въ градусахъ и доляхъ градуса.

При наполненіи выше ds , напр. до vx , нужно изъ площади F_a и периметра P_a всего профиля, вычесть площадь и (соотвѣтственно) периметръ сегмента vxh . Очевидно, что

$$F_a = F_1 + \frac{1}{2} r^2 \pi \quad P_a = P_1 + r \pi$$

Помощію предыдущихъ формулъ вычислена для кругового и яйцевиднаго профилей слѣдующая таблица: (черт. 7 и 8)

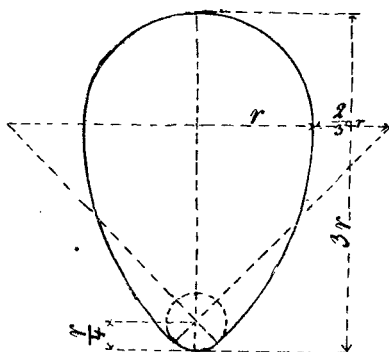
Таблица II.

	Кругъ.	Яйцевидная форма.
Полная площадь F	$\frac{\pi h^2}{4}$ или $r^2 \pi$	$0,51 H^2$ или $4,59 r^2$
Площадь до высоты пять ds	—	$0,336 H^2$ или $3,02 r^2$
Полный периметръ	$h\pi$ или $2r\pi$	$2,64 H$ или $7,93 r$
Периметръ до пять	—	$1,596 H$ или $4,79 r$
Скорость достигаетъ максимума при высотѣ наполненія	$0,83 h$	$0,85 H$
Высота наполненія при которой скорость = скорости полного наполненія	$0,5 h$	$0,56 H$
Этой высотѣ наполненія соотвѣтствуетъ площадь	$0,5 F$	$0,53 F$
Наибольшее количество воды протекаетъ при высотѣ наполненія	$0,91 h$	$0,94 H$
Высота наполненія при которой протекаетъ такое же количество какъ при полномъ наполненія	$0,81 h$	$0,86 H$
Отношеніе расхода полного наполненія къ максимальному	$1,03$	$1,06$
Отношеніе скорости полного наполненія къ максимальной	$1:1,16$	$1:1,12$

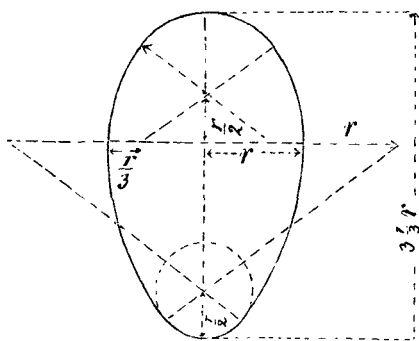
Изъ этой таблицы видно, что черезъ сѣченіе, рассчитанное на расходъ Q при полномъ наполненіи, это количество протекаетъ уже при высотѣ горизонта: въ круговомъ профилѣ $= 0,81 h$, а въ яйцевидномъ — $0,86 H$. Максимальный расходъ получается при наполненіи $0,91 h$, и (соотвѣтственно) $0,94 H$.

Разсмотрѣнная здѣсь форма яйцевиднаго профиля наиболѣе употребительна, но на практикѣ встрѣчаются и другія формы; нѣкоторыя изъ

нихъ представлены на черт. 9, 10 и 11. Профиль черт. 9 весьма распространенъ въ Англіи; онъ отличается отъ предыдущаго меньшей ши-

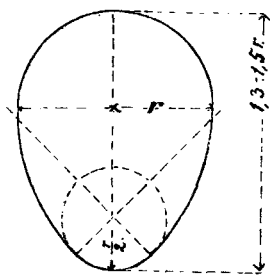


Черт. 9.



Черт. 10.

риной дна, вслѣдствіе чего малымъ расходамъ соотвѣтствуютъ большіе гидравлическіе радіусы, и засоренія бывають рѣже. Профиль черт. 10 удобенъ для проходныхъ каналовъ, а профиль черт. 11 полезенъ при ограниченной глубинѣ (между прочимъ онъ употребленъ въ Варшавѣ).



Черт. 11.

4. Диаграмма трапецевиднаго канала. На черт. 12 представлена діаграмма, упрощающая расчетъ трапецевидныхъ каналовъ; помощію ея получается площадь живого сѣченія F и периметръ P при данныхъ а) глубинѣ t , б) ширинѣ дна b_1 и в) углѣ откоса φ . Діаграмма построена слѣдующимъ образомъ.

а) для опредѣленія периметра P .

По (11):

$$P = b_1 + \frac{2t}{\sin \varphi}$$

Положимъ, для примѣра, $\cotg \varphi = 5/4$. Проводимъ двѣ взаимно перпендикулярныя линіи Ox и Oy (черт. 13); откладываемъ на Ox 5 какихъ нибудь равныхъ частей, на Oy — 4 такія же части, и полученные точки c и d соединяемъ прямою cd , получаемъ $\angle dco = \varphi$. Откладываемъ на Ox : $Of = cd$, и соединяемъ f съ d . Изъ построенія слѣдуетъ: $cd = \frac{Od}{\sin \varphi}$ и, слѣдовательно, $Of = \frac{Od}{\sin \varphi}$. Если t — глубина канала, и отложимъ на dO отъ d внизъ $\overline{dt} = 2t$, то проведенная черезъ t горизонталь встрѣчаетъ df въ точкѣ t_1 такъ что $tt_1 = \frac{2t}{\sin \varphi}$.

На черт. 12 внизу построены прямые ∂f для $\cotg \varphi = 1, 1^{1/4}, 1^{1/2}, 1^{3/4}, 2$ и $2^{1/2}$; величины $2t$ отложены на Oy от точки o, o вниз, и соответственные точки означены числами t глубинъ. Чтобы напр. получить $\frac{2t}{\sin \varphi}$ для $t=0,95$ и $\cotg \varphi=1^{3/4}$, беремъ на Oy точку g такъ что $o,og = 2 \cdot 0,95$, проводимъ черезъ нее горизонталь до встрѣчи съ линіей $1^{3/4}$ въ c , измеряемъ длину gc , получаемъ: $gc = \frac{2 \cdot 0,95}{\sin \varphi} = 3,82$.

Если $b_1 = 0,9$; то $P = 3,82 + 0,9 = 4,72$. Для упрощенія слаганія проведена на чертежѣ прямая o,od ширины b_1 ; если $em = 0,9$, то $P = sg + em$; взявъ циркулемъ длину $sg + em$ получаемъ помощью помѣщенного внизу чертежа масштаба: $P = 4,72$.

б) Площадь F .
 По (9)

$$F = b_1 t + t^2 \cotg \varphi$$

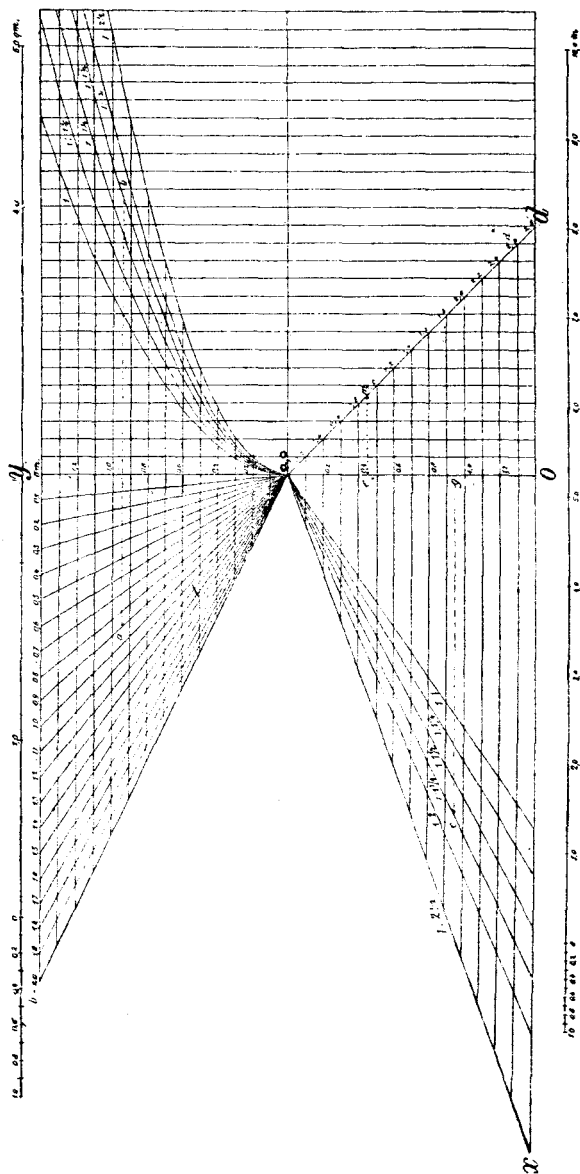
Если положимъ

$b_1 t = m$ и $t^2 \cotg \varphi = n$,
 то

$$F = m + n$$

Для графическаго изображенія величинъ m принимаемъ t за ординаты, и соответствующія имъ значенія m —

за абсциссы; линія величинъ m для даннаго b_1 будетъ прямая, проходящая черезъ начало o . На черт. 12 представлены вверху линіи m



для $b_1 = 0,1, 0,2, 0,3 \dots$ (см. цифры на верхней горизонталь слѣва Oy).

Линіи n для разныхъ t при постоянныхъ φ представляютъ параболы, выходящія изъ той же точки $o,0$; эти кривыя изображены на черт. 12 справа вертикали Oy ; тангенсы соответствующихъ имъ угловъ φ написаны на самыхъ кривыхъ.

Положимъ, что требуется по-мощію этой діаграммы опредѣлить F при прежнихъ данныхъ:

$$b = 0,9 \quad t = 0,95 \quad \cot g \varphi = 1^3/4$$

Не $o,0y$ беремъ точку $0,95$, проводимъ черезъ нее горизонталь влѣво до встрѣчи съ прямой $0,9$ въ точкѣ m , и вправо до встрѣчи

съ параболой $1^3/4$ въ n . Прямая mn , измѣренная по масштабу, изображенному вверху чертежа 12, даетъ площадь F . Получено: $F = 2,43$ кв. мтр.

Теперь имѣемъ:

$$R = \frac{F}{P} = \frac{2,43}{4,72} = 0,515$$

Если паденіе $J = 0,001$, и $n = 0,126$, то по-мощію чертежа 8, для $\sqrt{R} = \sqrt{0,515} = 0,718$ получаемъ: $c = 32,5$

$$v = c\sqrt{R} \cdot \sqrt{J} = 32,5 \cdot 0,718 \cdot \sqrt{0,001} = 0,737 \text{ mtr.}$$

$$Q = F \cdot v = 2,43 \cdot 0,737 = 1,79 \text{ куб. мтр. въ секун.}$$

При употребленіи формулы (5) для степени шероховатости 11 ($b = 1,67$) и $R = 0,515$ вычисленіе даетъ $c = 30,0$ такъ что для малаго канала имѣли бы:

$$v = \frac{30}{32,5} \cdot 0,737 = 0,68 \text{ и } Q = 2,43 \times 0,68 = 1,65$$

5. Допускаемая скорость. Скорость должна удовлетворять двумъ условіямъ:

1) Она не должна быть столь значительна, чтобы могла имѣть вредное вліяніе на стѣнки и дно, и

2) Она не должна быть столь малой, при которой профиль могъ бы засоряться осадками.

Скорость можно считать безвредной, если она не превышаетъ слѣдующихъ предѣловъ:

- для легкой песчаной глины . . . 0,5—0,6 мтр. ($1\frac{1}{2}$ —2 фт.)
 » обыкновенной крѣпкой глины. 0,8—0,9 » ($2\frac{1}{3}$ —3 »)
 » твердой глины и гравія . . 0,9—1,2 » (3—4 »)
 » мягкихъ скалистыхъ породъ . 1,5—1,8 » (5—6 »)

Чтобы каналъ не засорялся иломъ скорость не должна быть меньше 0,2 мтр., (8 дюйм.) а для преупрежденія осадки песка требуется не меньше 0,4 мтр.

Наиболѣе цѣлесообразная скорость измѣняется въ предѣлахъ 0,6—0,8 мтр.; тѣже предѣлы дѣйствительны для условія, чтобы въ каналѣ не развивалась растительность.

6. Паденіе. Паденіе гравитаційнаго водопровода дано часто разностью высотъ его начальной и конечной точекъ, и горизонтальнымъ разстояніемъ послѣднихъ; скорость получается при даномъ паденіи по формулѣ (4). Когда эта скорость превышаетъ максимальную, допустимую безъ вреда для профиля, то нужно или уменьшить паденіе, или укрѣпить живое сѣченіе матеріаломъ, для котораго полученная въ зависимости отъ паденія слишкомъ большая скорость является безопасной. Но укрѣпленіе стѣнокъ несоразмѣрно увеличиваетъ стоимость канала, и потому къ нему прибѣгаютъ рѣдко. Рѣдко естественное паденіе уменьшаютъ такимъ образомъ, что всю длину дѣлятъ на нѣсколько частей, каждой части даютъ уменьшенное паденіе, и соединяютъ отдѣльныя части между собою вертикальными или почти вертикальными плоскостями, черезъ которыя вода переливается въ видѣ каскадовъ.

Чѣмъ больше паденіе, тѣмъ больше скорость, и слѣдовательно тѣмъ меньшее поперечное сѣченіе можетъ получить проводъ, а такъ какъ стоимость его увеличивается съ сѣченіемъ, то теоретически наиболѣе выгодное паденіе будетъ то, которое соотвѣтствуетъ наибольшей, для данного матеріала безопасной скорости. Но топографическія и техническія условія заставляютъ часто устраивать меньшія паденія.

Въ существующихъ каналахъ паденіе колеблется въ предѣлахъ $\frac{1}{250}$ — $\frac{1}{20000}$; всего чаще оно заключается между 0,001 и 0,0001.

7. Откосы стѣнокъ земляныхъ каналовъ. Тангенсъ угла наклоненія плоскости къ горизонту называется ея уклономъ, а котангенсъ этого угла—откосомъ.

Наибольшій допускаемый уголъ наклона φ стѣнокъ къ горизонту зависитъ отъ крѣпости грунта и скорости воды, но такъ какъ скорость въ каналахъ величина мало переменная, то опредѣляютъ φ въ зависимости только отъ крѣпости грунта. Опытами установлены для откосовъ стѣнокъ каналовъ слѣдующія предѣльныя значенія:

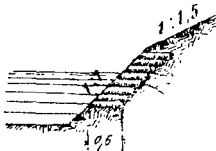
Таблица III, максимальныхъ откосовъ.

Родъ грунта.	Откосъ стѣнокъ <i>cotg φ</i>	Уголъ φ градусы
Рыхлая земля и песокъ, мягкій торфъ, черноземъ	$1\frac{3}{4}—2\frac{1}{2}$	$29\frac{2}{3}^{\circ}—22^{\circ}$
Обыкновенная земля (песчано-глинистая или глинисто-песчаная почва)	$1\frac{1}{2}$	$33\frac{2}{3}$
Плотная глина, гончарная глина, обыкновенный торфъ	$1—1\frac{1}{4}$	$45—38\frac{2}{3}$
Каменистая почва, твердая рухляковая почва, сухой торфъ	$\frac{1}{2}—1$	$63\frac{1}{2}—45$

8. Укрѣпленіе откосовъ. Откосы бываетъ нужно укрѣплять одеждой въ слѣдующихъ случаяхъ:

- 1) когда скорость превышаетъ данные въ № 5 предѣлы;
- 2) когда откосы круче помѣщенныхъ въ предыдущей таблицѣ максимумовъ;
- 3) въ мѣстахъ крутыхъ поворотовъ канала.

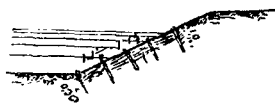
Способы укрѣпленія откосовъ одеждой зависятъ отъ ихъ крутизны,



Черт. 14.

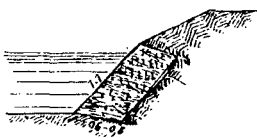


Черт. 15.

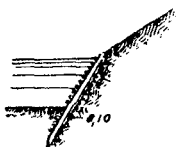


Черт. 16.

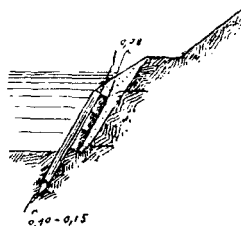
требуемой крѣпости одежды, и имѣющагося для нея матеріала. Наиболее часто употребляемыя одежды слѣдующія:



Черт. 17.



Черт. 18.



Черт. 19.

- 1) Дерновка плашмя (при откосахъ положе 1 : 1; только выше горизонта воды);
- 2) Дерновка въ накладку (при откосахъ не круче 1 : 1) (черт. 14);
- 3) Слой песчаной глины или гравія толщиною 0,2—0,3 мтр. (черт. 15);

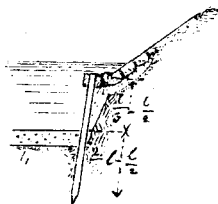
4) Хворостяная обдѣлка (слой хвороста, прикрѣпленный къ откосу фашинными канатами и кольями) (черт. 16).

5) Фашинная одежда (покрытіе откоса фашинами съ канатами и кольями) (черт. 16).

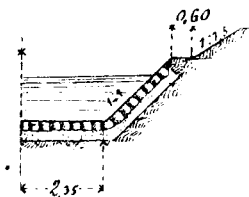
6) Фашинная кладка, черт. 17.

7) Плетни черт. 18.

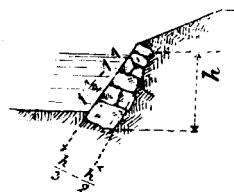
8) Деревянные стѣнки изъ горбылей или досокъ и засыпкой гравіемъ



Черт. 20.



Черт. 21.



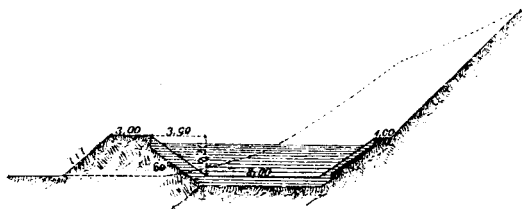
Черт. 22.

или хрящемъ, черт. 19. На черт. 20 стѣнка образована вертикальными досками.

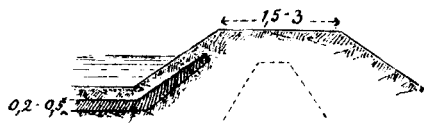
9) Каменная мостовка, черт. 21.

10) Сухая каменная кладка, черт. 22.

9. Плотность канала. Когда каналъ вырытъ въ водопропускающемъ грунтѣ, то для устраненія потери воды вслѣдствіе просачиванія покрываютъ дно и стѣнки слоемъ гончарной (среднежирной) глины толщи-



Черт. 23.



Черт. 24.

ною 0,2—0,3 мтр., но иногда эта толщина достигаетъ 0,6 мтр. (черт. 23). При устройствѣ канала въ насыпи ядро образующихъ его берега насыпей должно быть изготовлено изъ гончарной глины (черт. 24). Всего лучше достигается непроницаемость посредствомъ не слишкомъ тощаго бетона или кладки на цементномъ растврѣ, или покрытіемъ профиля слоемъ гончарной глины толщиной 0,2—0,3 мтр., съ каменной или кирпичной мостовой на цементномъ растврѣ (черт. 25).

При покрытіи бетономъ толщина бетоннаго слоя бываетъ иногда не

болѣе 8—10 сантимтр.; бетонъ лежитъ прямо на землѣ, и сверху его смазываютъ слоемъ портланд-цемента толщиною около 1 см.

Въ странахъ богатыхъ деревомъ обдѣлываютъ живое сѣченіе деревянными стѣнками, но такъ какъ горизонтъ воды въ каналѣ подверженъ колебаніямъ, то такія стѣнки весьма недолговѣчны.

При движеніи воды по открытому каналу, кромѣ просачиванія, теряется еще не малое количество вслѣдствіе испаренія; полная потеря,



Черт. 25.

смотря по величинѣ длины канала, свойству почвы и проч. достигаетъ 10—50% всего расхода. При проектированіи канала необходимо полезное количество воды увеличивать на эту потерю.

10. Профиль. Профиль земляного канала имѣетъ обыкновенно видъ трапеціи. Изъ предыдущаго слѣдуетъ, что наиболѣе экономичное сѣченіе, т. е. такое, которому при данной площади соответствуетъ наибольшій гидравлическій радіусъ, есть трапеція описанная около полуокружности, центръ которой находится на горизонтѣ воды. Средній гидравлическій радіусъ такого сѣченія $= \frac{1}{2}$ глубины воды, и онъ достигаетъ максимума при наклонѣ стѣнокъ въ 60° къ горизонту, такъ что такой профиль представляетъ половину правильнаго шестиугольника. Но этотъ профиль безъ укрѣпленія стѣнокъ можетъ быть изготовленъ только въ крѣпкомъ грунтѣ. Наиболѣе выгодная глубина дана уравненіемъ (12); ширина дна въ малыхъ каналахъ не должна быть меньше 0,5 мтр.

Когда стѣнки вертикальны (сѣченіе прямоугольное), то глубина наиболѣе экономичнаго сѣченія $= \frac{1}{2}$ ширины; его гидравлическій радіусъ $R = 0,355\sqrt{F}$ (для шестиугольнаго: $R = 0,38\sqrt{F}$). Сѣченіе наименьшей ширины имѣетъ видъ треугольника; наиболѣе выгодный уклонъ его стѣнокъ $= 45^\circ$.

Эти формы профиля требуютъ наименьшихъ земляныхъ работъ, но онѣ пригодны только для малыхъ каналовъ. Большіе каналы выходятъ дешевле, когда ихъ ширина больше, а глубина меньше. Но и слишкомъ широкіе и недостаточно глубокіе каналы невыгодны вслѣдствіе ихъ малыхъ гидравлическихъ радіусовъ и происходящей отсюда малой скорости; кромѣ того зимой ледъ небольшой толщины уменьшаетъ значительно живое сѣченіе.

Въ очень широкихъ каналахъ ширина достигаетъ иногда 10—15 кратной глубины. Когда площадь F живого сѣченія равна или больше 3 квадр. мтр., то по Редтенбахеру выгодное отношеніе ширины дна b_1 къ глубинѣ t можетъ быть опредѣлено изъ уравненія:

$$\frac{b_1}{t} = 2,7 + 0,9 F.$$

По Цуппингеру, при $Q =$ отъ 1 до 10 куб. мтр. глубина t должна быть не менѣе 0,6 и не болѣе 1,2 мтр.

11. Прочія детали. Стѣнки канала должны возвышаться надъ горизонтомъ воды не менѣе какъ на 1 футъ; для каналовъ въ насыпяхъ нужно смотря по ширинѣ горизонта, $1\frac{1}{2}$ —2 фут. Если насыпь устроена на горизонтальной мѣстности, то у подошвы насыпей снаружи нужны лотки или кюветы для отвода дождевыхъ водъ (черт. 26). При проводѣ канала по наклонной мѣстности или вдоль откоса горы должна быть изготовлена отводная канава съ нагорной стороны.



Черт. 26.

Въ извѣстныхъ разстояніяхъ устраиваютъ спускные шлюзы, посредствомъ которыхъ можно въ случаѣ надобности изъ отдѣленія между двумя шлюзами спустить всю воду. Для шлюзовъ нужно выбирать мѣста вблизи овраговъ или другихъ углубленій, удобныхъ для спуска воды.

12. Проектъ канала. Когда длина канала значительна, то составляютъ его проектъ по тѣмъ же правиламъ, что и проектъ обыкновенной или желѣзной дороги. Для этого бываетъ нужно исполнить слѣдующія работы:

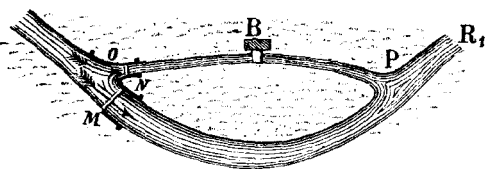
- 1) Изготовить планъ мѣстности которая будетъ прорѣзана каналомъ.
- 2) Съ планомъ въ рукѣ произвести рекогносцировку этой мѣстности, на основаніи которой можно будетъ нанести на планъ наиболѣе выгодное направленіе канала.
- 3) Исполнить продольную и поперечную нивелировку.
- 4) Опредѣлить форму и размѣры живого сѣченія канала, и его нормальные профили.
- 5) Построить продольный и поперечные профили, и помощію послѣднихъ вычертить планъ канала.
- 6) Вычислить объемы земляныхъ работъ, и составить смѣту всѣхъ работъ.

Подробно всѣ эти работы уясняются въ Инженерномъ Искусствѣ.

Опредѣленіе наиболѣе выгоднаго направленія канала затрудняется

условіем непрерывности паденія, кромѣ того пересѣченія съ рѣками и дорогами представляютъ больше трудностей, чѣмъ при проектированіи. Радиусы закругленій оси канала могутъ доходить до 50 мтр., но столь малыхъ радиусовъ слѣдуетъ избѣгать, и гдѣ возможно дѣлать ихъ не менѣе 100 мтр. Въ мѣстахъ крутыхъ поворотовъ полезно немного увеличивать ширину профиля.

13. Промышленные каналы. Естественное паденіе рѣки рѣдко бываетъ столь значительно, чтобы можно было воспользоваться имъ непосредственно при устройствѣ водяного двигателя, и обыкновенно бываетъ нужно поднимать воду до требуемой высоты искусственно помощью плотины, устроенной въ самой рѣкѣ, или въ отвѣтствующемъ изъ нея каналѣ. Этотъ послѣдній называютъ промышленнымъ каналомъ.



Черт. 27.

На черт. 27 представленъ планъ рѣки MR_1 и канала OP , выходящего изъ рѣки въ O , и входящего въ нее обратно въ P . MN — плотина на рѣкѣ, ON — шлюзъ въ каналѣ, B — заводъ съ водянымъ двигателемъ. Часть OB канала выше завода называется приводной, а часть BP — отводной.

Черт. 27а представляетъ продольный профиль канала OP ; посредствомъ плотины MN горизонтъ ab рѣки поднять до высоты O_1 ; O_1B — приводная и BP — отводная часть канала;

Черт. 27а представляетъ продольный профиль канала OP ; посредствомъ плотины MN горизонтъ ab рѣки поднять до высоты O_1 ; O_1B — приводная и BP — отводная часть канала;

$B_1B_2 = H$ — нужная для двигателя высота напора; α_1 и α_2 — углы паденія приводной и отводной частей. Если β — паденіе рѣки и α — среднее паденіе канала, то его минимальная длина

$$l = \frac{H - h_1}{\beta - \alpha}$$

Паденіе $J_1 = \tan \alpha$, верховой части OB канала дѣлаютъ по возможности положе, чтобы обусловленная имъ потеря напора была какъ можно меньше; обыкновенно оно колеблется въ предѣлахъ $\frac{1}{2000} - \frac{1}{2500}$. Для низовой части BP , въ цѣли ускоренія стока отработавшей воды,

задаются болѣе значительнымъ паденіемъ $J_2 \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{2000} \right)$. Чтобы сдѣлать невозможнымъ складываніе въ каналѣ песка и ила, уменьшить возможность образованія льда и развитія водорослей, а также чтобы профиль не выходилъ слишкомъ большимъ, скорость не должна быть меньше 0,5 мтр.; приведенные здѣсь предѣлы паденій соотвѣтствуютъ скоростямъ, для верховой части: 0,45 до 0,6 мтр., а для низовой: 0,75 до 1 мтр. Когда расходъ Q и скорость v извѣстны, то площадь F живого сѣченія и паденіе J вычисляются по формуламъ (1) и (4), а наиболѣе выгодная форма—по даннымъ въ предыдущемъ правиламъ.

Для облегченія притока воды къ верховой части и стока ея въ низовой желательно, когда условія мѣстности позволяютъ, устроить паденіе въ началѣ и концѣ канала немного круче, чѣмъ въ остальной части; также полезно горизонтъ воды въ каналѣ, тамъ гдѣ онъ отвѣтвляется изъ рѣки, принять нѣсколько ниже наинизшаго горизонта рѣки въ этомъ мѣстѣ.

Отвѣтвленіе при O слѣдуетъ устраивать по возможности перпендикулярно къ направленію теченія въ рѣкѣ, чтобы плавающія въ ней предметы, главнымъ образомъ ледъ, не могли попадать въ каналъ. Въ началѣ канала нужна подвижная плотина (шлюзъ) для регулированія горизонта воды въ немъ; также нуженъ шлюзъ непосредственно впереди двигателя или возлѣ него, чтобы въ случаѣ надобности можно было отводить излишекъ воды, или во время остановки двигателя спускать воду прямо въ отводную часть.

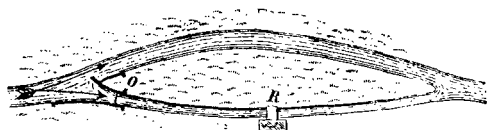
Чтобы каналъ не выходилъ слишкомъ длиннымъ выбираютъ для него участокъ рѣки съ большимъ паденіемъ, или отсѣкаютъ имъ въ видѣ хорды поворотъ рѣки. Ось канала дѣлаютъ по возможности прямой, и только въ случаѣ необходимости, когда естественныя препятствія принуждаютъ, употребляютъ и искривленія. Радиусъ закругленія не долженъ быть меньше 100 мтр., но въ трудныхъ случаяхъ его понижаютъ до 50 мтр.

Низовая часть BP не должна быть слишкомъ короткая, чтобы повышенія горизонта рѣки не образовали вблизи двигателя обратнаго подпора. Когда для отвода отъ двигателя плавающихъ предметовъ устраиваютъ рѣшетку, то сумма представляемыхъ ею водѣ отверстій должна равняться $1\frac{1}{2}$ —2 кратному живому сѣченію канала; такъ какъ при этомъ условіи длина рѣшетки превышаетъ ширину канала, то ее нужно располагать косо къ оси послѣдняго, или въ особо устроенномъ уширеніи профиля.

Въ большой рѣкѣ плотина можетъ потребовать столь большихъ расходовъ, что было бы невыгодно ее строить. Тогда, чтобы достигнуть хотя бы небольшого повышенія горизонта, строятъ иногда въ рѣкѣ со стороны канала полузапруды, выдающуюся на нѣкоторую величину въ

рѣку (черт. 28); подвижной шлюзъ въ началѣ канала представляетъ въ этомъ случаѣ его необходимую принадлежность.

Когда длина канала значительна, то бываетъ возможно расположить вдоль него нѣсколько заводовъ съ водяными двигателями. Такое устройство не будетъ представлять неудобствъ только тогда, когда разстояніе двухъ послѣдовательныхъ заводовъ не меньше соотвѣстнаго подпорнаго разстоянія; въ противномъ случаѣ эксплуатация выше расположеннаго завода будетъ находиться въ нѣкоторой зависимости отъ нижняго.



Черт. 28.

При проектированіи промышленнаго канала должно быть принято во вниманіе пониженіе горизонта въ началѣ канала, происходящее вслѣдствіе измѣненія скорости и направленія теченія. Если v — скорость въ каналѣ тамъ, гдѣ теченіе равномерно, то по Dubuat величина пониженія горизонта (приблизительно):

$$h = 0,07 v^2 \text{ мтр.}$$

Закрытые водопроводы.

14. Величина профиля. По величинѣ свободнаго профиля различаютъ:

1) Недоступные каналы, которыхъ размѣры въ свѣту только немного больше размѣровъ живого сѣченія. Профиль этихъ каналовъ обыкновенно столь малъ, что въ нихъ невозможно входить; употребляются при большой глубинѣ заложения и въ случаѣ, когда вода столь чиста, что не бываетъ надобности въ ручной чисткѣ.

2) Пролазные каналы, черезъ которые можно пролѣзть. Это бываетъ возможно когда ширина не менѣе 60, а высота не менѣе 90 см. (2—3 фт.).

3) Проходные каналы, черезъ которые взрослый человѣкъ можетъ проходить безъ затрудненія. Ихъ строятъ тамъ гдѣ необходима ручная чистка; наименьшая высота отверстія въ этомъ случаѣ 1,2—1,4 мтр., а минимальная ширина 0,9 мтр. Часто имъ даютъ такіе размѣры, чтобы черезъ нихъ можно было проходить не входя въ воду; тогда выше горизонта живого сѣченія устраиваютъ для прохода банкетъ, шириной около 0,5 мтр.; свободная высота надъ банкетомъ не должна быть меньше 1,2 мтр. (4 фут.).

Въ слабомъ водою пропитанномъ грунтѣ, въ которомъ на каналъ дѣйствуетъ со всѣхъ сторонъ большое давленіе, устраиваютъ круглые или эллиптическіе каналы. Эти формы встрѣчаются особенно часто въ Франціи, Англіи и Америкѣ.

15. Матеріалъ. Закрытые каналы строить изъ кирпича, бута, тесового камня, бетона и желѣзо-бетона; при малыхъ профиляхъ употребляютъ гончарныя трубы.

Кирпичъ представляетъ самый лучший матеріалъ для смачиваемыхъ водой поверхностей, такъ какъ изъ него всего легче изготовить гладкія стѣнки, представляющія движению воды малое сопротивленіе. Для омываемыхъ водой поверхностей нужно брать отборный кирпичъ, плотный и хорошо обожженный, предпочтительно клинкеръ; растворъ изъ портланд-цемента. Фундаментъ изготовляютъ часто изъ бута или бетона; нерѣдко весь профиль состоитъ изъ бетона и для уменьшенія сопротивленія движению воды обдѣлываютъ живое сѣченіе кирпичемъ. Для свода берутъ тогда портландскій цементъ съ отношеніемъ $1:2\frac{1}{2}:4\frac{1}{2}$ (цементъ:песокъ:щебень), а для остальной кладки—романскій цементъ 1:2:5. Бетонъ особенно удобенъ для неправильныхъ формъ и легкихъ сѣченій, для которыхъ онъ удобнѣе не только камня но и кирпича. Въ новѣйшее время строить каналы также часто изъ бетона съ желѣзнымъ каркасомъ; такіе каналы могутъ сопротивляться и небольшому внутреннему давленію (до 1 атмосферы).

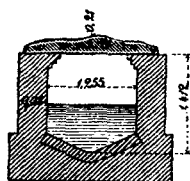
Размѣры поперечнаго сѣченія воды опредѣляются по тѣмъ же формуламъ, по которымъ производится расчетъ открытыхъ каналовъ (№ 3 и 4). Обыкновенно изъ двухъ величинъ: скорость и паденіе, одна дана мѣстностью или техническими условіями, а другая вычисляется по гидравлическимъ формуламъ. При томъ нужно имѣть въ виду что скорость не должна выходить изъ предѣловъ 2—7 фут. (0,6—2,5 метр.) въ секунду; при скорости меньшей 0,6 метр. каналъ будетъ засоряться осадками, а при большей 2,5 метр. предстоитъ опасность поврежденія штукатурки или кладки. При кладкѣ изъ твердаго камня предѣломъ безопасной скорости можно считать 3 метр.

Когда скоростью можно задаваться, то полезно принимать для расчета величину, приближающуюся къ высшему допускаемому предѣлу, потому что съ увеличеніемъ скорости уменьшается площадь поперечнаго сѣченія.

Форма сѣченія должна быть экономична, удобоисполнима и по возможности доступна осмотру. Малые каналы получаютъ обыкновенно прямоугольную форму, но для увеличенія гидравлическаго радіуса даютъ дну вогнутый, желобообразный видъ (черт. 29). Круглой формѣ соответствуетъ наибольшій гидравлическій радіусъ, но исполненіе ея затруднительно, она поэтому вообще не экономична, но бываетъ полезна въ пропитанныхъ водой грунтахъ. Цѣлесообразныя формы профилей представлены на слѣдующихъ чертежахъ.

Черт. 29а и б — каналы крытые плитами;

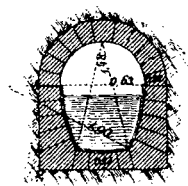
Черт. 30: каналъ изъ тесового камня, основаніе изъ бетона или изъ того же камня.



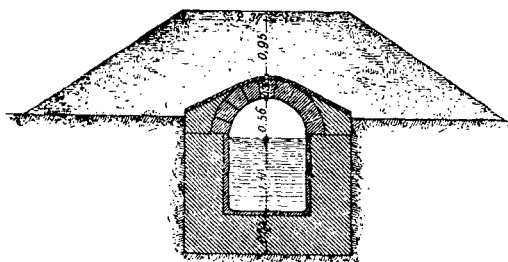
Черт. 29а.



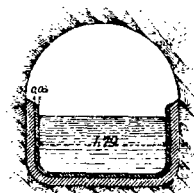
Черт. 29б.



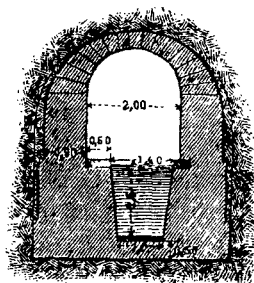
Черт. 30.



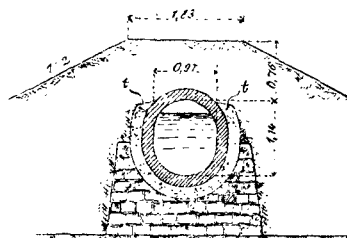
Черт. 31.



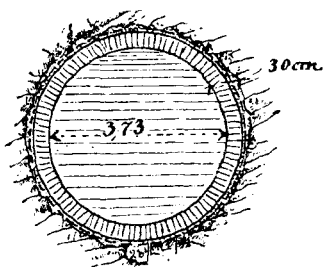
Черт. 32.



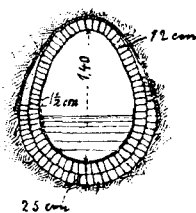
Черт. 33.



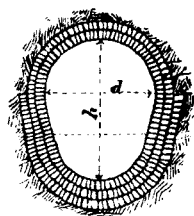
Черт. 34.



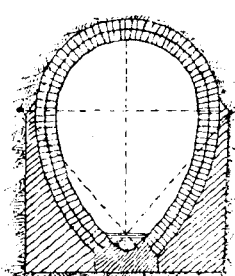
Черт. 35.



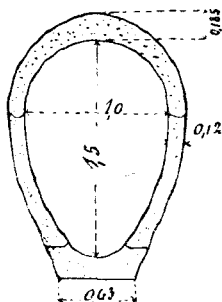
Черт. 36.



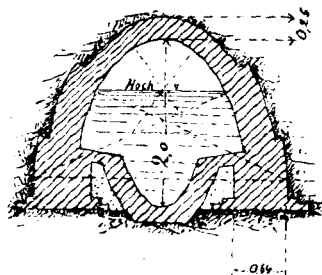
Черт. 37.



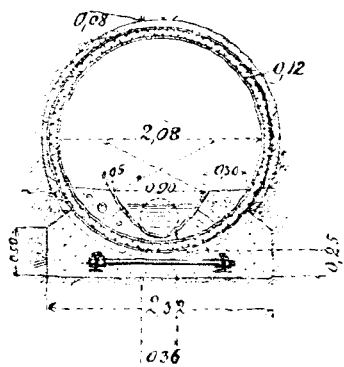
Черт. 38.



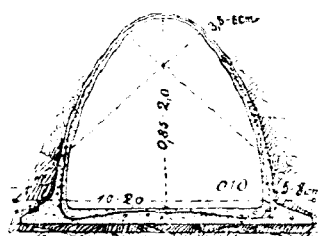
Черт. 39.



Черт. 40.



Черт. 41.



Черт. 42.

- Черт. 31: кирпичный каналъ, выступающій изъ грунта, засыпанный насыпью.
 Черт. 32: каналъ въ крѣпкой, но недостаточно плотной скалѣ.
 Черт. 33: проходной каналъ (водопроводъ въ Парижѣ).
 Черт. 34: каналъ въ насыпи на основаніи изъ уплотненной горизонтальными слоями жирной глины (водопроводъ въ Aberdeen).
 Черт. 35: водопроводъ въ Нью-Йоркѣ.
 Черт. 36: водопроводъ въ Діепшѣ.
 Черт. 37: водопроводъ въ Лондонѣ.
 Черт. 38: сточный каналъ изъ кирпича; дно изъ тесоваго камня.
 Черт. 39: сточный бетонный каналъ.
 Черт. 40: сточный каналъ въ Варшавѣ.
 Черт. 41: сточный каналъ изъ желѣзо-бетона.
 Черт. 42: водопроводный каналъ изъ желѣзо-бетона.

16. Конструкція закрытыхъ каналовъ. Каменные каналы перекрываютъ плитами или сводомъ. Плиты подвергаются изгибу, а такъ какъ сопротивленіе камня изгибу небольшое, то предѣльный пролетъ, при

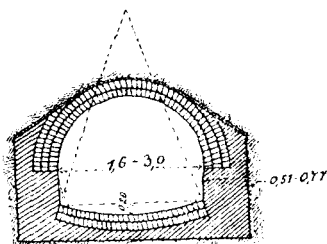
которомъ перекрытіе плитами можетъ быть выгодно, не превышаетъ 1,2 мтр. При употребленіи плитъ изъ желѣзо-бетона пролетъ можетъ доходить до 2 мтр.

Когда высота и ширина прямоугольнаго отверстія не превышаетъ 0,8 мтр. (2,6 фт.), то для стѣнокъ

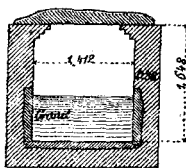
достаточна толщина въ 1 кирпичъ; при болѣе значительныхъ размѣрахъ нужно $1\frac{1}{2}$ кирпича. Для уменьшенія свободнаго отверстія выпускаютъ иногда кирпичи въ видѣ кронштейновъ (черт. 44).

Всего чаще перекрываютъ каналъ полуциркульнымъ сводомъ, и только при недостаточной глубинѣ заложения дѣлаютъ пологіе своды (но не положе $\frac{1}{3}$). Возвышенные своды могутъ быть тоньше полуциркульныхъ, а при данной высотѣ отверстія уменьшаютъ высоту опоръ, вслѣдствіе чего требуютъ менѣе матеріала.

Толщина свода въ вершинѣ $= \frac{1}{4} - \frac{1}{8}$ пролета. Кирпичную кладку ведутъ концентрическими кольцами въ $\frac{1}{2}$ кирпича, такъ что напр. сводъ толщиной $1\frac{1}{2}$ кирпича состоитъ изъ трехъ цилиндрическихъ слоевъ (черт. 43, 36, 37 и 38). При такомъ способѣ кладки своды могутъ быть изготовляемы изъ обыкновеннаго кирпича, кромѣ того непрерывный слой раствора между отдѣльными кольцами увеличиваетъ плотность кладки. Своды строятъ также изъ бута, бетона и желѣзо-бетона.



Черт. 43.



Черт. 44.

Размѣры стѣнокъ и перекрытія могутъ быть опредѣлены по слѣдующимъ формуламъ, въ которыхъ означаетъ:

l — пролетъ въ мтр.

e — толщину стѣнки въ сантиметр.

p — толщину плитъ въ сантиметр.

t — толщину свода въ сантиметр.

h — высоту опоръ въ мтр.

а) Для трубъ съ плитами

$$e = 50 + \frac{h}{6}$$

$$p = 15 + 0,1 l$$

б) Для трубъ съ сводами

$$e = 65 + 3l + h$$

$$t = 40 + 5l$$

Для возвышенныхъ сводовъ можно брать $0,8e$ и $0,8t$; для пологихъ лучковыхъ, если f — высота подъема свода,

$$e = 65 + 1,5 \frac{l^2}{f}$$

$$t = 40 + \frac{2,5l^2}{f}$$

Въ цѣли увеличенія гидравлическаго радіуса устраиваютъ дно въ видѣ обратной арки (черт. 44), которая въ прочномъ грунтѣ получаетъ лишь такую толщину, какая необходима для ея непроницаемости. Часто она состоитъ изъ двухъ или трехъ слоевъ кирпича, уложеннаго плашмя на цементномъ растворѣ, или изъ тонкаго слоя бетона, покрытаго слоемъ кирпича. Кирпичная мостовка полезна даже на скалистомъ грунтѣ, вслѣдствіе ея малаго сопротивленія движенію воды.

Въ мягкомъ грунтѣ и въ насыпяхъ обратная арка должна получить такую толщину, чтобы могла сопротивляться какъ балка, распредѣляющая давленіе, производимое на ея пяты стѣнками, на возможно большую поверхность. Кладка должна исполняться подѣ тщательнымъ надзоромъ; въ пропитанномъ водой грунтѣ часто подѣ обратной аркой бываютъ нужны дрены для увеличенія плотности грунта. Работы нужно начинать съ низового конца, и спускать грунтовую воду въ готовую часть канала.

При устройствѣ канала въ насыпи особенная забота должна быть обращена на уплотненіе того матеріала, который будетъ находиться подѣ самымъ каналомъ. Для этого полоса насыпи, на которой будетъ распо-

ложенъ каналъ, шириною на 2—2,6 мтр. превышающая ширину канала съ прибавкою 0,25 мтр. на каждые слѣдующіе 0,3 мтр. насыпи въ глубину, должна быть изготовлена изъ отборной глины съ большой тщательностью, при чемъ камушки величиной болѣе 5 см., должны быть выбрасываемы. Земляной матеріалъ нужно наносить горизонтальными слоями толщиной не болѣе 8 см. Каждый слой поливають водою, и хорошо утрамбовываютъ. Отъ времени до времени эту часть насыпи нужно насыщать водою такъ, чтобы вода стояла на поверхности; полезно послѣ окончанія повторить это дѣйствіе 3 раза. Къ возведенію кладки на этой насыпи нужно приступать не ранѣе 6 недѣль послѣ ея окончанія.

Остальная часть насыпи можетъ быть изготовлена съ меньшей тщательностью. Приступая къ ея сооруженію нужно изъ поверхности, на которой она будетъ лежать, снять дернъ, и устранить всѣ сгниваемые и легко сжимаемыя вещества. На крутыхъ склонахъ основаніе отдѣлываютъ ступеньками. Откосы насыпи $1\frac{1}{2}$ до 1: ширина вверху около 4 мтр. Къ засыпкѣ готоваго канала можно приступать лишь тогда, когда кладка значительно отвердѣла; засыпку нужно производить одновременно и равномѣрно съ обѣихъ сторонъ. Толщина слоя земли надъ вершиной не должна быть меньше 1,5—2,0 мтр.

Погруженный въ грунтъ каналъ подвергается слѣдующимъ силамъ: 1) напору грунта; 2) давленію воды и 3) давленію вѣса кладки. Профиль его долженъ во всякомъ мѣстѣ имѣть достаточное этимъ силамъ сопротивленіе; его крѣпость повѣряется посредствомъ построенія линіи давленія *).

Въ слабомъ грунтѣ и въ насыпи линія давленія нигдѣ не должна выходить изъ кладки; въ скалистой породѣ часть распора можетъ уничтожаться скалой и послѣднее условіе можетъ не быть соблюдаемо точно, но живое сѣченіе и въ плотной скалѣ, вслѣдствіе возможныхъ трещинъ, должно быть обдѣлано однимъ или двумя слоями кирпича. Когда дно канала лежитъ на насыпномъ грунтѣ, то во избѣжаніе появляющихся часто вслѣдствіе неравномѣрной осадки трещинъ, полезно по крайней мѣрѣ фундаментъ изготовить изъ желѣзо-бетона, или скрѣпить его погруженными въ бетонъ желѣзными стержнями.

17. Глубина заложенія. Чтобы температура воды въ каналѣ была по возможности постоянна необходимо надъ вершиной его слой земли толщиной, смотря по климату, $1\frac{1}{2}$ до 2 мтр. Этимъ условіемъ опредѣляется глубина заложенія канала; въ мѣстахъ гдѣ его разстояніе отъ поверхности земли меньше, недостающая толщина слоя земли надъ каналомъ дополняется насыпью (черт. 31, 34).

*) См. курсъ о каменныхъ сооруженіяхъ.

18. Плотность каналовъ. Бетонные каналы, а также кирпичные съ тонкими стѣнками, не имѣютъ свойства совершенной непроницаемости и потому для увеличенія плотности покрываютъ ихъ живое сѣченіе внутри слоемъ цемента толщиною 2 см. и болѣе. Когда каналъ находится въ пропитанномъ водой грунтѣ, то смазываютъ стѣнки и сводъ со стороны грунта цементомъ, асфальтомъ, гудрономъ или жирной глиной; въ этомъ случаѣ и подъ дномъ устраиваютъ слой жирной глины толщиною 0,3—0,5 мтр.

19. Входныя шахты, вентиляціонныя башенки, спуски. Для возобновленія воздуха въ каналахъ, а также для осмотра ихъ, чистки и проч. устраиваютъ входныя шахты, т. е. колодцы, соединяющіе внутренность канала съ поверхностью земли. Разстоянія этихъ шахтъ въ проходныхъ каналахъ 150 — 300 мтр., а въ пролазныхъ 80 — 150 мтр.; ихъ сѣченіе обыкновенно — квадратъ съ стороной въ свѣту 0,6—0,7 мтр. Шахты перекрываютъ сверху каменными или чугунными плитами; для облегченія входа въ каналъ укрѣпляютъ въ стѣнкахъ желѣза, имѣющія видъ прямоугольных колецъ, чтобы можно было хвататься за нихъ руками.

Толщина стѣнокъ шахты не менѣе 25 см.; дерево для обдѣлки не допускается, такъ какъ оно содѣйствуетъ размноженію бактерій. Въ большихъ шахтахъ иногда строятъ лѣстницы, и тогда шахта продолжается вверхъ въ видѣ малой будки, снабженной надъ поверхностью земли или немного ниже ея входной дверью (черт. 45).

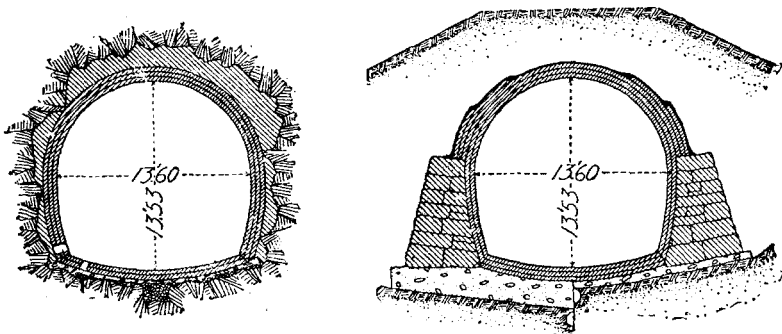
Недоступные длинные провода получают въ разстояніяхъ 1500—2000 мтр. вентиляціонныя башенки, которыми пользуются также для контроля горизонта воды.

Въ наиболѣ низкихъ мѣстахъ нужны спуски, посредствомъ которыхъ было бы возможно въ случаѣ надобности опорожнить проводъ. Въ городахъ полезно употреблять спускаемую воду для промывки сточныхъ каналовъ.

20. Тоннели. Черезъ горы проводятъ воду тоннелемъ. Сѣченіе тоннеля обыкновенно одинаково съ сѣченіемъ большого канала, и имѣетъ часто форму, представленную на черт. 46; употребляютъ также форму полного круга.

Въ крѣпкой плотной скалѣ тоннель можетъ оставаться необдѣланнымъ, въ противномъ случаѣ его обдѣлываютъ каменной кладкой или бетономъ. Коэффициентъ n въ формулѣ (6) для тоннеля безъ обдѣлки, по Фриману, — 0,028, а съ обдѣлкой — 0,014. Вслѣдствіе столь значительной разницы значеній этого коэффициента обдѣланный тоннель выходитъ при большихъ профилахъ дешевле необдѣланнаго.

Ось тоннеля должна быть прямая. Въ необдѣланныхъ тоннеляхъ вода движется безъ напора, но иногда и съ небольшимъ напоромъ; когда къ



Черт. 46.

нему имѣть доступъ грунтовая вода, то напоръ = давленію воды въ тоннелѣ и давленію грунтовой воды; если послѣднее больше перваго, то часть грунтовой воды попадаетъ въ тоннель.

Въ Америкѣ напоръ въ нѣкоторыхъ тоннеляхъ превышаетъ 4 атмосферы, а въ Кротонскомъ акведука подъ рѣкой Harlem онъ только немногимъ меньше 14 атмосферъ!

21. Рекapитуляція формулъ расчета.

1) Каналы малыхъ и среднихъ размѣровъ. Сюда относятся каналы устраиваемые для водоснабженія или канализаціи.

1) Данный расходъ Q и скорость v .

Опредѣляемъ: площадь живого сѣченія:

$$F = \frac{Q}{v}.$$

Въ зависимости отъ рода матеріала, изъ котораго будутъ состоятъ стѣнки канала выбираемъ по таблицѣ III уголъ откоса φ . Если глубина не опредѣлена заданіемъ, то вычисляемъ ее по формулѣ (12):

$$t = \sqrt{\frac{F \sin \varphi}{2 - \cos \varphi}}.$$

Ширина горизонта воды, по (13):

$$b = \frac{2t}{\sin \varphi} \quad \text{или:} \quad b = \frac{F}{t} + t \cotg \varphi$$

ширина дна:

$$b_1 = \frac{F}{t} - t \cotg \varphi.$$

Периметръ живого сѣченія, по (15):

$$P = \frac{2F}{t}.$$

Гидравлическій радіусъ, по (16):

$$R = \frac{t}{2}.$$

Коэффициентъ

$$c = \frac{100 \sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}$$

(b по табл. I).

Паденіе:

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

2) Даны: расходъ Q и паденіе J . Въ этомъ случаѣ задача немножко сложнѣе.

Если ширину горизонта воды означимъ черезъ $2s$, то легко узнать, что можно поставить:

$$F = ks^2, \quad R = k_1 s,$$

гдѣ k и k_1 —коэффициенты, зависящіе отъ формы профиля:

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{Q}{c \sqrt{RJ}} = ks^2 = \frac{Q}{c \sqrt{k_1 s J}}.$$

Для перваго приближенія можно поставить $c = 50$, тогда получимъ:

$$s = \sqrt[5]{\frac{Q^2}{2500 k^2 k_1 J}} \quad \dots \quad (\alpha)$$

Если теперь для c подставимъ значеніе (5), будетъ:

$$Q = \sqrt{k_1 s J} \frac{100 \sqrt{k_1 s}}{b + \sqrt{k_1 s}} ks^2 = s^3 \frac{100 k k_1 \sqrt{J}}{b + \sqrt{k_1 J}}$$

откуда

$$s = \sqrt[3]{\frac{Q(b + \sqrt{k}s)}{100kk_1\sqrt{J}}} \quad (\beta)$$

Помощью уравнений (α) и (β) получается ширина s по способу приближения, для чего достаточно, определивъ по (α) приближенное значение (s), подставить его въ подкоренное выражение уравненія β.

Значенія k и k_1 для разныхъ угловъ откоса приведены въ слѣдующей таблицѣ:

Таблица IV.

Уголъ откоса стѣнокъ φ.	$\cotg \varphi$.	k .	k_1 .	Глубина t .
90°	0,000	2,000	0,5000	1,0 s
60°	0,577	1,299	0,433	0,866 s
45°	1,0	0,9142	0,3536	0,7071 s
33° 41'	1,5	0,6477	0,2773	0,5546 s
26° 34'	2,0	0,4945	0,2236	0,4472 s

Примѣръ. Опредѣлить размѣры поперечнаго сѣченія промышленнаго канала, проводящаго 2 куб. мтр. воды въ сек., при паденіи $J = 0,001$; откосъ стѣнокъ = $1\frac{1}{2}$.

По таблицѣ имѣемъ:

$$k = 0,6477, \quad k_1 = 0,2773$$

и такъ какъ

$$Q = 2,0, \quad J = 0,001,$$

то по (α)

$$s = \sqrt[5]{\frac{4}{2500 \cdot 0,6477^2 \cdot 0,2773 \cdot 0,001}} = 1,69 \text{ мтр.}$$

Соотвѣтственно будущему состоянію канала можно его отнести къ 11-й степени шероховатости. для которой $b = 1,67$, по (β)

$$s = \sqrt[3]{\frac{2(1,67 + \sqrt{0,2773 \cdot 1,69})}{100 \cdot 0,6477 \cdot 0,2773 \cdot 0,0333}} = 2,012 \text{ мтр.}$$

Второе и третье приближенія даютъ

$$s = 2,03 = 2.$$

Поэтому, ширина канала $2s = 4,0$ мтр.

Глубина воды: $t = 0,5546s = 1,11$.

Ширина дна = $2s - 2(1\frac{1}{2}t) = 0,67$.

II. Напорные проводы.

22. Материалъ. Для напорныхъ проводовъ употребляютъ только трубы, изготовленныя изъ материала, обладающаго значительнымъ сопротивленіемъ растяженію и представляющаго по возможности меньше затрудненій производству трубчатой формы. Этимъ условіямъ удовлетворяетъ всего лучше чугуны, и только въ мѣстахъ, гдѣ трубы могутъ подвергаться изгибу, замѣняютъ чугуны желѣзомъ и сталью. Въ Америкѣ употребляютъ перѣдко и деревянныя трубы, изготовленныя по способу бочекъ, стянутыхъ спиральными желѣзными полосами; діаметръ ихъ достигаетъ 1 мтр. Внутри зданій бываетъ нужно изгибать трубы по разнымъ направленіямъ, для чего особенно удобными оказались свинцовыя трубы, которыя, чтобы ихъ сдѣлать безвредными, особенно въ случаѣ мягкой воды, обдѣлываютъ внутри цинкомъ. При малыхъ напорахъ (какъ напр. для водостоконъ) употребляютъ трубы изъ гончарной глины, фаянса, цемента и т. д. Асфальтовыя и желѣзобетонныя трубы требуютъ опытныхъ рабочихъ, и потому мало распространены.

23. Расчетъ водопроводныхъ трубъ. Такъ какъ треніе жидкости о стѣнки провода не зависитъ отъ давленія, то слѣдуетъ, что законы движенія гравитаціонныхъ проводовъ дѣйствительны и для напорныхъ. Скорость движенія опредѣляется, поэтому, формулою Дарси:

$$v = c \sqrt{RJ}, \quad (5)$$

гдѣ

$$c = \frac{100 \sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}.$$

Согласно даннымъ таблицы I чугуннымъ трубамъ соответствуютъ степени шероховатости 4, 5 и 6, причемъ степень 4 дѣйствительна для очень выгодныхъ, а степень 6—для очень невыгодныхъ случаевъ (грязная вода, трудность чистки трубъ и проч.). Для городскихъ водопроводовъ, находившихся болѣе или менѣе продолжительное время въ употребленіи, даетъ опытамъ наиболѣе удовлетворяющіе результаты степень 5, для которой

$$b = 0.35.$$

Въ напорномъ проводѣ вода заполняетъ все сѣченіе; если, поэтому, F — площадь живого сѣченія, и P — его периметръ, то для трубы діаметра d :

$$F = \frac{\pi d^2}{4}, \quad P = \pi d.$$

слѣдовательно, гидравлическій радіусъ

$$R = \frac{F}{P} = \frac{\partial}{4}.$$

Помощью этого значенія получаемъ:

$$c = \frac{100 \sqrt{\partial}}{2b + \sqrt{\partial}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

и для $b = 0,35$

$$c = \frac{100 \sqrt{\partial}}{0,7 + \sqrt{\partial}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

Если Q —секундный расходъ, то:

$$Q = Fv = \frac{\pi \partial^2}{4} \cdot v$$

откуда

$$v = \frac{4Q}{\pi \partial^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

и подставивъ для v значеніе (5)

$$c \sqrt{\frac{\partial}{4}} J = \frac{4Q}{\pi \partial^2}.$$

Изъ послѣдняго уравненія получаемъ:

$$\partial = \sqrt[5]{\frac{64}{\pi^2} \cdot \frac{Q^2}{c^2 J}} = 1,45 \sqrt[5]{\frac{Q^2}{c^2 J}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

Въ этомъ уравненіи Q нужно брать въ кубическихъ метрахъ, а ∂ получается въ метрахъ; если будемъ рѣшать его по ∂ , то получимъ непріемлимое для практики уравненіе 12-й степени, поэтому вычисляють ∂ по способу приближенія, пользуясь уравненіемъ Dupuit, по которому

$$\partial = 0,3018 \sqrt[5]{\frac{Q^2}{J}}$$

или, короче

$$\partial = 0,3 \sqrt[5]{\frac{Q^2}{J}} \quad *) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

Если потерю напора на длинѣ l означимъ черезъ h , то $J = \frac{h}{l}$, и

*) Этому выраженію соответствуетъ $c = 51,7$.

Случай 2. Даны: расходъ Q и паденіе J , т. е. потеря напора h на длинѣ l .

Опредѣляемъ приближенно δ по формулѣ (21), помощью полученнаго значенія вычисляемъ по (18) коэффициентъ c , затѣмъ по (20) диаметръ δ и въ случаѣ надобности большой точности повторяемъ расчетъ, т. е. помощью этого послѣдняго значенія δ вычисляемъ болѣе точное значеніе c (по (18)) и затѣмъ по (20) δ .

Проще получаютъ требуемые результаты помощью диаграммы Баумейстера, изображенной на черт. 47.

Для построенія ея отложены:

скорости v — какъ абсциссы.

расходы Q — какъ ординаты,

диаметры δ — даны наклонными лучами, а паденія J — кривыми, которыхъ меньшее число дѣйствительно для степени шероховатости 4, а большее — для степени 6.

Диаграмма содержитъ, слѣдовательно, 4 величины: Q , v , J и δ ; помощью ея двѣ изъ послѣднихъ могутъ быть опредѣлены, когда 2 другія извѣстны.

1) Даны Q и J , найти v и δ , при степени шероховатости 4. Въ разстояніи $os = Q$ беремъ точку t такъ, чтобы она соотвѣтствовала данному паденію J для степени 4: если напр. $J = 0,0016$, то эта точка t находится между кривыми, которыхъ верхнія (т. е. меньшія), цифры $= 0,001$ и $0,002$, и дѣлитъ горизонтальное разстояніе между ними на 2 неравныя части, т. е. она немного ближе къ кривой $0,002$. Изъ положенія точки t по отношенію къ лучамъ, между которыми она находится, можно сдѣлать заключеніе о соотвѣтствующемъ ей диаметрѣ δ . Скорость v дана разстояніемъ этой точки t отъ вертикальной оси oY .

Пусть $Q = 0,81$, $J = 0,0007$. Взявъ $0,81$ на oY , получаемъ точку t между кривыми, которыхъ (при степени 4) меньшія числа суть: $0,0005$ и $0,001$, ближе къ кривой $0,0005$ (разница $0,001 - 0,0005 = 0,0005$ а $0,0007 - 0,0005 = 0,0002$, поэтому точка t дѣлитъ горизонтальное разстояніе между обѣими кривыми въ отношеніи 2 : 5). Эта точка заключена между лучами 1,0 и 1,1 въ такомъ разстояніи отъ 1,1, что съ достаточной точностью $\delta = 1,07$: ея разстояніе отъ oY даетъ $v = 0,9$. Если возьмемъ $\delta = 1,1$, то изъ чертежа получаемъ $v = 0,85$, а для $\delta = 1,0$, $v = 1,1$.

2) Даны Q и v , найти δ и J . Беремъ точку, которой абсцисса v , а ордината Q : паденіе J дано кривыми, а диаметръ δ , какъ и прежде, лучами, между которыми эта точка находится.

3) Даны Q и δ , найти v и J . Въ разстояніи $= Q$, отъ oX беремъ

точку такъ, чтобы она соответствовала діаметру d , и читаемъ на діаграммѣ соответствующія этой точкѣ паденія J (со вниманіемъ на степень шероховатости) и скорость v .

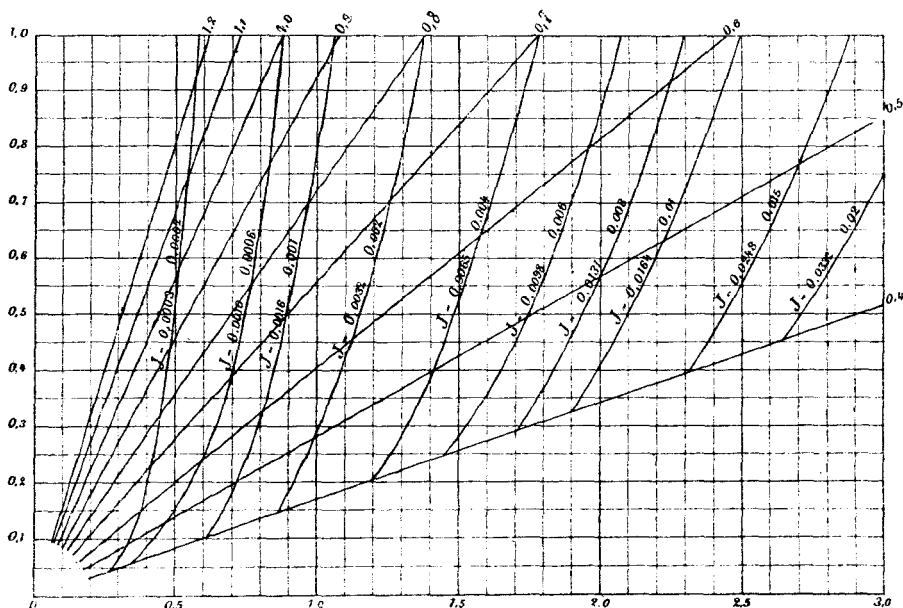
Подобнымъ образомъ рѣшаются помощью этой діаграммы другія задачи на 4 величины: Q , v , d и J .

Черт. 48 представляетъ діаграмму для яйцевиднаго сѣченія, построенную по тому же принципу, что діаграмма черт. 47, но діаметры d замѣнены здѣсь высотами H профиля; слѣдовательно на этой діаграммѣ даны:

расходы Q —ординатами,
 скорости v —абсциссами,
 высоты H —лучами и
 паденія J —кривыми;

меньшее изъ чиселъ каждой кривой дѣйствительно для степени шероховатости 4, а больше—для степени 6.

Діаграммы черт. 47 и 48 содержатъ кривыя только для степеней 4 и 6, но помощью ихъ можно рѣшать задачи и для другихъ степеней,



Черт. 48.

Такъ чтобы опредѣлить діаметръ d_1 для заданныхъ расхода Q и скорости v , при степени шероховатости m , опредѣляемъ помощью діаграммы діаметръ d для той изъ степеней 4 и 6, которая ближе къ m , напр. для

степени 4; если означимъ соотвѣтствующія послѣдней: скорость, гидравлическій радіусъ и скоростной коэффициентъ черезъ v , R и c , а для степени m — черезъ v_1 , R_1 и c_1 ,

то

$$v = c \sqrt{RJ} = c \sqrt{\frac{\partial}{4} J} \quad \text{и} \quad v_1 = c_1 \sqrt{R_1 J} = c_1 \sqrt{\frac{\partial_1}{4} J}$$

поэтому

$$\frac{v}{v_1} = \frac{c}{c_1} \sqrt{\frac{\partial}{\partial_1}}$$

но

$$Q = \frac{\pi \partial^2}{4} v = \frac{\pi \partial_1^2}{4} v$$

поэтому также

$$\frac{v}{v_1} = \frac{\partial_1^2}{\partial^2}.$$

Такимъ образомъ получаемъ.

$$\frac{c}{c_1} \sqrt{\frac{\partial}{\partial_1}} = \frac{\partial_1^2}{\partial^2}$$

откуда

$$\partial_1 = \partial \sqrt[5]{\frac{c^2}{c_1^2}} \dots \dots \dots (25)$$

Если бы требовалось, чтобы приведенная выше задача (случай 1; $Q = 0,81$, $J = 0,0007$, степень 4) была рѣшена для степени 5, то дѣйствовали бы слѣдующимъ образомъ: Для степени 4 получено $\partial = 1,07$; помощью черт. 1 получаемъ, что значенію $R = \frac{1,07}{4} = 0,268$ соотвѣтствуетъ:

для степени 4 : $c = 65,6$

» » 5 : $c_1 = 55,6$

поэтому, по (25):

$$\partial_1 = 1,07 \sqrt[5]{\frac{65,6^2}{55,6^2}} = 1,07 \cdot 1,068 = 1,143 \text{ мтр.}$$

24. Другія формулы. Опыты и изслѣдованія показали, что формула Гангилле-Куттера всего лучше согласуется съ дѣйствительными явленіями движенія воды въ каналахъ и трубахъ. Но кромѣ нея имѣется много разныхъ другихъ формулъ, болѣе или менѣе хорошо удовлетворяющихъ потребностямъ практики. Изъ послѣднихъ нѣкоторымъ распространеніемъ пользуется въ Россіи формула Лампе, выведенная на осно-

ваніи опытовъ надъ Данцигскимъ водопроводомъ. Чтобы не имѣть дѣло съ переменнымъ коэффициентомъ, Лямпе придавъ формулѣ движенія видъ:

$$v = aR^n J^m$$

формула Лямпе въ русскихъ мѣрахъ (футахъ):

$$v = 77,68 d^{0,691} J^{0,555} \quad (26)$$

Flamant, сравнивъ формулу Лямпе съ результатами опытовъ разныхъ изслѣдователей предложилъ для чугунныхъ трубъ, покрытыхъ небольшими осадками, слѣдующую формулу, пользующуюся частымъ употребленіемъ въ Америкѣ:

$$v = 76,28 d^{3/7} J^{1/7} \quad (27)$$

Въ слѣдующей таблицѣ приведены для сравненія значеніе v вычисленныя по нѣсколькимъ наиболѣе употребительнымъ формуламъ.

Таблица V.

Диаметръ въ дюймахъ.	Паденіе J .	Скорость въ футахъ въ секунду.			
		Лямпе.	Фляманъ.	Дарси.	Куттеръ.
2	0,004	1,05	0,90	0,85	0,79
	0,05	4,29	3,83	3,00	2,78
	0,20	9,17	8,46	5,99	5,57
6	0,001	1,04	0,90	0,83	0,96
	0,01	3,73	3,35	2,63	3,12
	0,1	13,38	12,47	8,32	9,85
12	0,0005	1,14	0,99	0,86	1,14
	0,005	4,11	3,69	2,73	3,73
	0,025	10,03	9,27	6,11	8,35
36	0,0001	1,00	0,87	0,68	1,06
	0,001	3,60	3,23	2,17	3,62
	0,01	12,92	12,03	6,87	11,50
60	0,00005	0,97	0,84	0,63	1,04
	0,0005	3,49	3,13	1,99	3,57
	0,005	12,54	11,66	6,31	11,45

Изъ этой таблицы видно, что для малыхъ діаметровъ формула Куттера даетъ наименьшія значенія. Для большихъ трубъ наименьшія величины даетъ формула Дарси:

Для упрощенія расчетовъ по формулѣ Flamant употребляютъ часто діаграмму, на которой эта формула изображена 4-мя логарифмическими масштабами, вычерченными по правилу абакъ изоплетныхъ точекъ (черт. 49). На верхнемъ масштабѣ представлены вверху расходы q въ кубическихъ футахъ въ секунду, а внизу — въ американскихъ галлонахъ въ минуту (1 галлонъ = 0,1605 куб. фут. = 231 куб. дм.); на второмъ — диаметры въ дюймахъ, на третьемъ — потери напора въ футахъ на разстояніи 1000 фут. и на самомъ нижнемъ — скорости въ футахъ въ секунду. Если проведемъ произвольную прямую, пересекающую всѣ 4 масштаба, то она отсѣкаетъ на нихъ соотвѣтственные значенія величинъ q , d , v и h , когда поэтому 2 изъ нихъ даны, то прямая, проведенная черезъ указанные ими 2 точки, взятые на соотвѣтственныхъ масштабахъ, даетъ въ пересѣченіяхъ ея съ двумя другими масштабами требуемыя двѣ величины.

25. Менѣ важныя потери напора:

1) Потеря напора при входѣ воды въ трубу опредѣлена формулой:

$$h = \alpha \cdot \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

Коэффициентъ α зависитъ отъ устройства отверстія; если труба внутри выдается изъ стѣнки сосуда, то

$$\alpha = 0,93,$$

если она въ уровень со стѣнкой:

$$\alpha = 0,49$$

и при коническомъ устьѣ:

$$\alpha = 0,15 \text{ до } 0,04.$$

2) Потеря при внезапномъ уширеніи, дана выраженіемъ:

$$h = \left(\frac{f}{F} - 1 \right) \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (29)$$

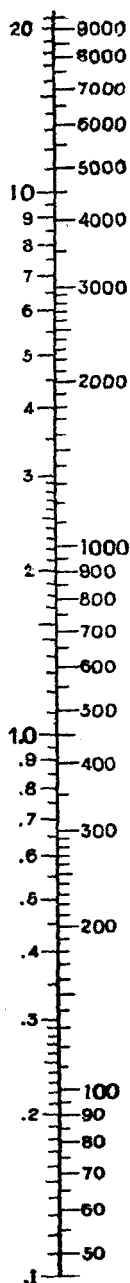
въ которомъ f — меньшее, F — большее поперечное сѣченіе, и v — скорость большаго сѣченія

3) Внезапное суженіе

$$h = \left(\frac{1}{k} - 1 \right)^2 \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (30)$$

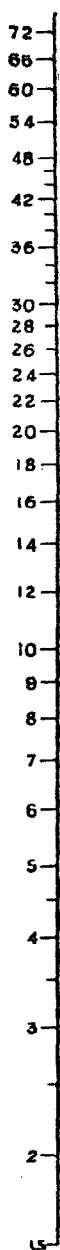
(Черт. 49). Диаграммы для расчета чугунныхъ трубъ.

Расходы въ кубическихъ футахъ въ секунду.

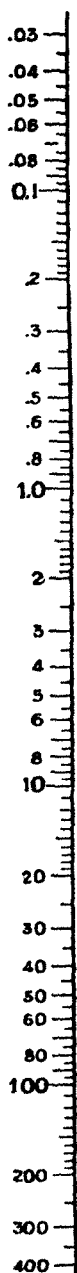


Расходы въ американскихъ галлонахъ, въ минуту.

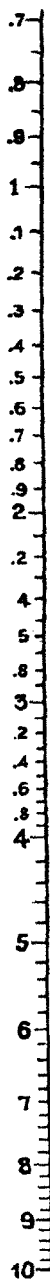
Диаметры трубъ въ дюймахъ.



Потери напора въ футахъ на 1000 футовъ.



Скорости въ футахъ въ секунду.



k зависит от отношенія обоихъ діаметровъ. По Мерриману, при отношеніи діаметровъ

	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$k = 0,62$	0,62	0,63	0,64	0,67	0,72	1,0

4) Потери напора при поворотахъ. Если r —радіусъ сѣченія трубы и R —радіусъ поворота, то по Вейсбаху:

$$h = \zeta \frac{v^2}{2g} \frac{\omega}{90} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31)$$

ω —центральный уголъ поворота въ градусахъ.

Если r —радіусъ сѣченія трубы и R —радіусъ поворота, то

$$\zeta = 0,131 + 1,847 \left(\frac{r}{R} \right)^{7/2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (32)$$

Для $\frac{r}{R} =$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0,
$\zeta =$	0,13	0,14	0,16	0,21	0,29	0,44	0,66	0,98	1,41	1,98

5) Потери напора у задвижекъ. Если m —отношеніе высоты подъема задвижки къ діаметру трубы, то:

при $m =$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$
$\zeta =$	0,07	0,26	0,81	2,1	5,5	17	98

и

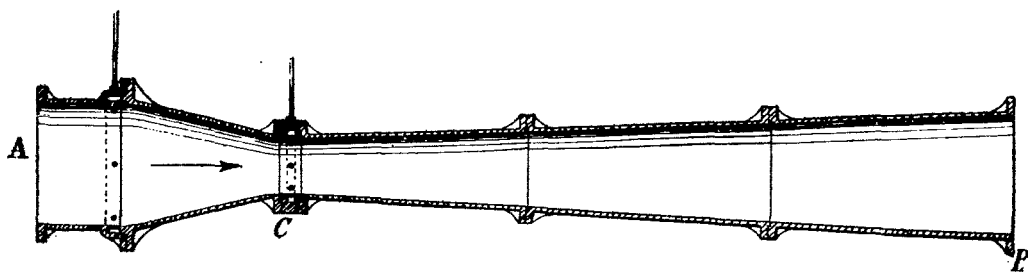
$$h = \zeta \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (33)$$

Для клапановъ, при подъемѣ на уголъ φ Вейсбахъ даетъ слѣдующія значенія ζ :

$\varphi =$	5	10	20	30	40	50	60	65	70	градусовъ,
$\zeta =$	0,24	0,52	1,5	3,9	11	33	118	256	750.	

При расчетѣ трубной сѣти обыкновенно приведенныя здѣсь менѣе важныя потери напора не принимаютъ въ расчетъ, и въ случаѣ, когда производящіе ихъ обстоятельства (повороты, суженія и проч.) часто повторяются, то вычисленныя въ зависимости отъ тренія потери напора увеличиваютъ, смотря по обстоятельствамъ, на 5 до 10. процентовъ. Потерю на отвѣтвленіи принимаютъ иногда равной двойной высотѣ, какая соответствуетъ скорости въ вѣтви.

26. Измѣреніе расхода широкихъ трубъ. Для измѣренія количества воды, протекающаго черезъ водопроводную трубу, наиболее удобнымъ приборомъ является измѣритель Вентури (Ventury) (черт. 50). Онъ состоитъ изъ двухъ коническихъ трубъ *АС* и *СВ*, имѣющихъ общимъ меньшее сѣченіе *С*. Снаружи труба снабжена у шейки и у ея верхняго конца кольцевыми каналами, сообщающимися съ внутренностью трубы помощью



Черт. 50.

небольшихъ отверстій; отъ этихъ каналовъ проведены узкія трубки къ измѣрителямъ высотъ напора, снабженнымъ самопишущимъ приборомъ.

Если обозначимъ для сѣченій *A* и *C* черезъ:

v_1 и v_2 —скорости,

h_1 и h_2 —высоты напора, и

f_1 и f_2 —площади сѣченій,

то по извѣстному закону:

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g}.$$

Пусть Q —теоретическій расходъ, то:

$$v_1 = \frac{Q}{f_1} \quad v_2 = \frac{Q}{f_2}.$$

Подставивъ эти значенія получимъ послѣ соотвѣстственнаго приведенія:

$$Q = \frac{f_1 f_2}{f_1^2 - f_2^2} \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \dots \dots \dots (34)$$

Если Q_1 —дѣйствительный расходъ, то $Q_1 = cQ$, гдѣ c —коэффициентъ, опредѣляемый опытами; для хорошихъ приборовъ c почти = 1.

Отношеніе площадей f_1 и f_2 зависитъ отъ требованій относительно наибольшаго и наименьшаго расхода *).

*) Redda: Notes on Water Supply; также: Transactions Amer. Soc. Civ. Eng. 1887, XVII, p. 228. Описаніе прибора Ventury можно найти въ разныхъ сочиненіяхъ по гидравликѣ и водоснабженію.

27. Гидравлическіе удары. Во время движенія воды въ трубѣ давленіе на стѣнки меньше статическаго давленія. Но если движеніе будетъ быстро прекращено, напр. посредствомъ закрытія задвижки, то живая сила воды, дѣйствуя на задвижку и стѣнки трубы, произведетъ ударъ, сила котораго будетъ тѣмъ больше, чѣмъ быстрѣе послѣдовало закрытіе, чѣмъ больше была скорость, и чѣмъ длиннѣе труба.

Когда извѣстны діаметръ и длина трубы, скорость воды и время закрыванія, то сила гидравлическаго удара можетъ быть вычислена съ достаточно большою точностью; наибольшаго значенія она достигаетъ при столь быстромъ затворѣ, что онъ можетъ быть названъ внезапнымъ. Аналитическое выраженіе силы удара впервые было выведено американскимъ инженеромъ Frizell, разсматривавшимъ ударъ упругой водяной призмы въ упругой трубѣ.

Въ запискѣ, представленной американскому обществу гражданскихъ инженеровъ 6-го октября 1897 г. Frizell далъ слѣдующую формулу, въ которой означаетъ:

- p — давленіе отъ горизонтальнаго удара въ футахъ на 1 квад. дюймъ,
 v — начальную скорость воды въ трубѣ въ футахъ въ секунду,
 V — скорость звука въ водѣ, около 4700 фут. въ секунду,
 E_w — модуль упругости воды = 20.000 атмосферъ или 300.000 фунтовъ на 1 квад. дм.
 E — модуль упругости матеріала трубы,
 r — радіусъ трубы въ футахъ, и
 t — толщину ея стѣнки въ дюймахъ:

$$p = \frac{v}{V} \cdot \frac{E_w}{1 + \frac{2r}{t} \cdot \frac{E_w}{E}} \quad (35)$$

Инженеръ Noble, получилъ помощью болѣе точнаго вывода слѣдующее выраженіе *):

$$p = 1,4 \frac{v}{V} \cdot \frac{E_w}{\sqrt{1 + \frac{2r}{t} \cdot \frac{E_w}{E}}} \quad (35a)$$

Если въ этомъ выраженіи коэффиціентъ 1,4 замѣнимъ на 1, то получимъ формулу, предложенную въ 1898 г. проф. Жуковскимъ, по которому:

$$p = \frac{v}{V} \cdot \frac{E_w}{\sqrt{1 + \frac{2r}{t} \cdot \frac{E_w}{E}}} \quad (35b)$$

*) Transactions Amer. Soc. Civ. Eng. 1898.

Отношеніе $\frac{E_w}{E}$ среднимъ числомъ $= \frac{1}{55}$, а отношеніе $\frac{2r}{t}$ измѣняется въ предѣлахъ отъ 7 до 40; изъ этого слѣдуетъ, что для трубъ городской сѣти $\frac{2r}{t} \cdot \frac{E_w}{E}$ меньше 1.

Уравненія 35 и 35b даютъ, поэтому, для p практически одинаковыя значенія.

Для $E_w = 300\,000$ и $V = 4\,700$ $\frac{E_w}{V} \approx 64$; вслѣдствіе $\frac{E_w}{E} = \frac{1}{54}$ по (35) будетъ:

$$p = \frac{64v}{\sqrt{1 + \frac{r}{27t}}} \text{ фунтовъ на 1 кв. дм.} \quad (36)$$

Для трубъ малыхъ діаметровъ (до 6 дюйм.) можно подкоренной дробью пренебречь, и поставить:

$$p = 64v \quad (37)$$

Для $v = 1$, $p = 64$ фунт. на 1 кв. дм. = среднимъ числомъ, 4 атмосферамъ. Для широкихъ трубъ ($d > 6$ дм.) нужно силу удара рассчитывать по болѣе точнымъ формуламъ (35).

Эти формулы опредѣляютъ максимальное значеніе гидравлическаго удара, возможное при внезапномъ затворѣ. «Внезапнымъ» Frizell называетъ затворъ тогда, когда время закрыванія меньше того, какое требуетъ волна давленія, чтобы при скорости 4 700 футовъ въ секунду дойти до конца трубы, и вернуться обратно. Выраженіе «внезапно» имѣетъ поэтому условное значеніе, зависящее отъ длины трубы; для короткихъ трубъ, оно означаетъ меньшій промежутокъ времени, чѣмъ для длинныхъ. Тотъ промежутокъ, который обыкновенно требуется для закрытія задвижки или гидранта, произведетъ въ длинной трубѣ значительно большее давленіе, чѣмъ въ короткой, такъ какъ для первой онъ можетъ имѣть значеніе внезапнаго, а для послѣдней—медленнаго. Въ очень длинной трубѣ даже относительно медленный затворъ можетъ произвести большой гидравлическій ударъ.

Болѣе трудную задачу представляетъ опредѣленіе гидравлическаго удара при медленномъ затворѣ. Въ этомъ случаѣ давленіе отъ удара есть функція замедленія и статическаго напора; для опредѣленія его нужно знать точно способъ замыканія. Если закрываніе происходитъ равномерно, то давленіе достигнетъ максимума въ концѣ движенія, и оно почти пропорціонально длинѣ трубы, скорости закрыванія и скорости воды. Получается болѣе низкое давленіе когда затворъ устроенъ такимъ образомъ, что въ первомъ періодѣ его движеніе быстрое, а въ конечномъ—медленное *).

*) Результаты теоретическихъ и опытныхъ изслѣдованій давленія отъ горизонтальнаго удара при медленномъ затворѣ можно найти въ „Journal of the Franklin Inst.“ April and May, 1890, и Trans. Assn. C. E. of Cornell University, 1898, p. 31.

Опыты надъ гидравлическимъ ударомъ производили обыкновенно такимъ образомъ, что въ трубѣ сравнительно небольшой длины наблюдали измѣненіе давленія, появляющееся при прекращеніи движенія воды, посредствомъ быстрого закрытія задвижки на одномъ концѣ трубы. Этими опытами всего болѣе занимались въ Америкѣ. Результаты опытовъ, произведенныхъ инженеромъ Weston въ 1885 г. довольно точно совпадаютъ съ максимальными значеніями, получаемыми изъ уравненія: $p = 64v$. Опыты Carpenter'a съ трубой діаметра 2 дм. давали давленія немного меньшія тѣхъ, какія получаются по формулѣ Frizell'a; при употребленіи малаго воздушнаго колпака давленіе понижалось на 25%, а при большомъ колпакѣ уменьшеніе достигало 70 и 75%. Опыты въ Dartmouth College (1897) показали, что давленіе увеличивается когда глухіе концы находятся вблизи затвора; такіе же результаты получалъ и Жуковский, производившій опыты въ 1897 и 1898 г.г.

Всѣ изслѣдователи гидродинамическаго давленія приходятъ къ заключенію, что простѣйшимъ способомъ устраненія причиняемаго гидравлическими ударами вреда, является такое устройство замыкающихъ приборовъ, при которомъ внезапное закрытіе было бы невозможнымъ, или, чтобы въ случаѣ быстрого закрытія скорость въ примыкающей трубѣ во время закрыванія не превышала 8 или 12 дм. въ секунду. При скорости = 1 фут. въ секунду гидравлическій ударъ почти равенъ 4 атмосферамъ, но въ сѣти городского водоснабженія увеличеніе давленія вообще не будетъ столь значительно.

Въ гидрантахъ вліяніе быстрого закрыванія будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ меньше діаметръ снабжающей его вѣтви, т. е. чѣмъ меньше вліянія это закрытіе будетъ имѣть на воду въ трубѣ, снабжающей эту вѣтвь. Вантузы и уравниватели давленія должны получить такіе размѣры чтобы всякое быстрое измѣненіе скорости, произведенное наполненіемъ трубной линіи (напр. при насосной системѣ утромъ), или какимъ-нибудь другимъ дѣйствіемъ, не превышало 10 или 12 дюймовъ въ секунду.

28. Акведуки и сифоны. При пересѣченіи водопроводами рѣкъ, долинъ и путей сообщенія, проводятъ воду акведуками или сифонами.

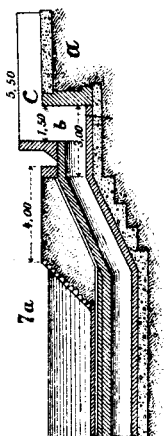
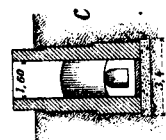
Акведукъ есть мостъ, котораго проѣзжая часть замѣнена каналомъ. Расчетъ и постройка акведуковъ исполняются по правиламъ, излагаемымъ въ курсѣ мостовъ. Въ древности, когда не было извѣстно искусство изготовленія трубъ, могущихъ выдерживать большое внутреннее давленіе, при проведеніи воды черезъ углубленіе строили почти исключительно акведуки *), но теперь въ большинствѣ случаевъ предпочитаютъ имъ сифоны

*) Описаніе и изображеніе многихъ акведуковъ древняго и позднѣйшаго періода помѣщены въ сочиненіи автора: „Историческій очеркъ мостовъ“.

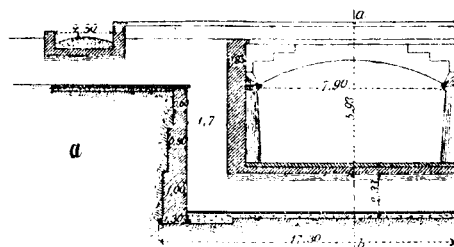
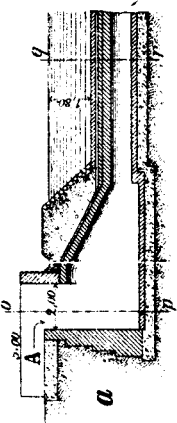
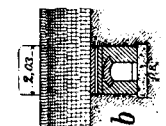
(по нѣмецки Düscher, дюкеръ), которые обходятся дешевле, и требуютъ менѣе времени для постройки.

Въ сифонѣ можно различать 3 части: входъ, сифонный проводъ, и выходъ. Въ наиболѣе пониженной точкѣ провода долженъ быть устроенъ спускъ для опорожненія въ случаѣ надобности очистки или починки. Но на практикѣ рѣдко представляется возможность устройства такихъ спусковъ, и приходится воду изъ сифона выкачивать насосомъ.

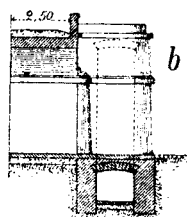
У входа полезно устроить собиратель грязи; иногда здѣсь бываетъ нуженъ и переливъ. Если въ сифонѣ могутъ попадать плавающія вещества, то ихъ задерживаютъ рѣшетками. Собиратели грязи необходимы въ случаѣ недостаточно чистой воды, если напр. сифонъ



Черт. 51.



Черт. 52.

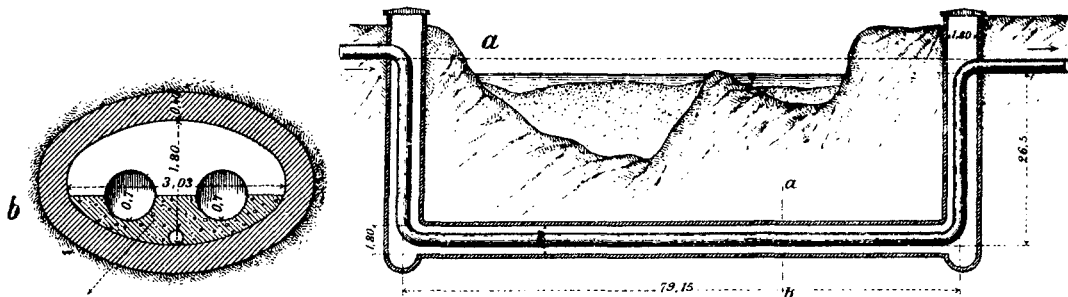


устанавливается для рѣчной воды или для канализаціи; въ сифонахъ проводящихъ чистую воду они въ большинствѣ случаевъ излишни.

Когда напоръ воды не превышаетъ 1 атмосферы (1 кил. на 1 кв. см.), то сифонъ можетъ быть изготовленъ изъ кладки. Образецъ такого сифона, проводящаго воду подъ каналомъ, представленъ на черт. 51. Черт. 51_a—продольный разрѣзъ; 51_b—поперечное сѣченіе *qr*, 51_c—разрѣзъ по *op* входного колодца. Дно послѣдняго образуетъ собиратель грязи, и потому устроено немного ниже дна провода; выходъ наклонный съ колодцемъ *b*. Дно продолженія *C* канала расположено ниже дна *A* входа на величину потери напора.

На черт. 52 представлены части продольнаго профиля и поперечное сѣченіе каменнаго сифона, въ которомъ вслѣдствіе большой чистоты воды не было надобности устраивать собиратель грязи.

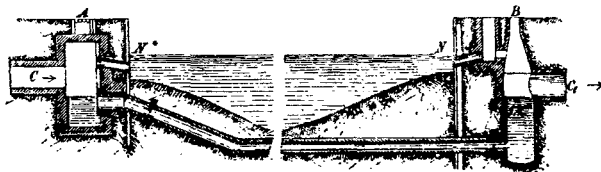
На черт. 53 представлен трубный сифонъ; онъ состоитъ изъ двухъ рядомъ расположенныхъ трубъ діаметра 0,7 метр., помѣщенныхъ въ эллиптическомъ туннелѣ, и двухъ колодцевъ глубиной 26,5 и 27,8 метр. (водо-



Черт. 53.

проводъ въ Греноблѣ). Въ Нью-Йоркскомъ водопроводѣ глубина такихъ же колодцевъ достигаетъ 92 метр.

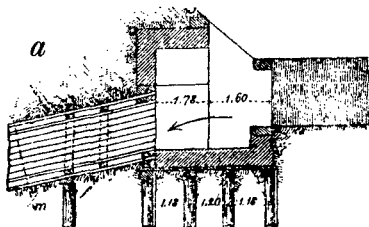
Черт. 54 представляетъ продольный разрѣзъ сифона для сточныхъ водъ (канализація Данцига). Входный колодецъ *A* и выходный *B* полу-



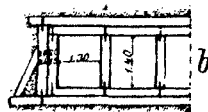
Черт. 54.

чили собиратели грязи; *N. N.*—запасные выпуски; для ускоренія протока воды проводъ въ верхней части устроенъ съ большимъ паденіемъ.

Въ Бельгіи и Америкѣ сифоны устраиваютъ нерѣдко изъ дерева, но для входныхъ и выходныхъ частей берутъ болѣе прочный матеріалъ. Де-



Черт. 55a.



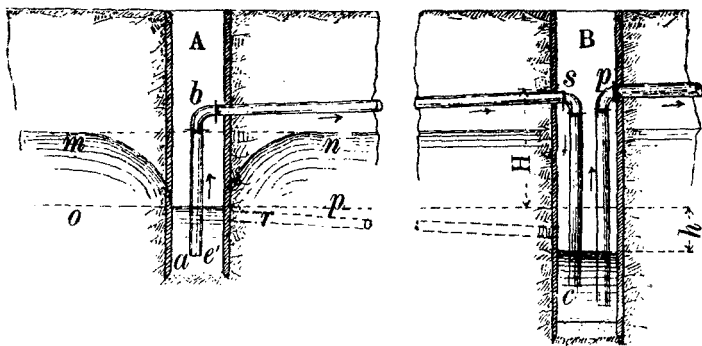
Черт. 55b.

ревянные сифоны дешевле желѣзныхъ и каменныхъ; они упруги, и такъ какъ постоянно наполнены водой, довольно долговѣчны. На черт. 55a

изображена часть продольного, а на черт. *b*—половина поперечнаго сѣченія деревяннаго сифона подѣ каналомъ *Lys* въ Бельгiи; въ Америкѣ провода изготовляютъ въ видѣ длинныхъ бочекъ.

Для движенія воды въ сифонахъ дѣйствительны приведенные въ № 22—24 законы движенія воды въ трубахъ, поэтому потеря напора *h*, т. е. высота, на которую дно у выхода должно быть ниже дна у входа, вычисляется по даннымъ въ этихъ №№ формуламъ; вслѣдствіе добавочныхъ потерь у входа и выхода полученное значеніе должно быть увеличено на 10—20 проц. Скорость въ сифонахъ принимаютъ = 0,8—1,0 метр., но встрѣчаются и болѣе значительныя скорости (до 2,3 метр.).

29. Ливерные провода. Чтобы было можно перевести воду, находящуюся на глубинѣ *ор* (черт. 56), самотекомъ изъ колодца *A* въ колодецъ *B*, было бы нужно устроить на этой глубинѣ указанный пункти-



Черт. 56.

ромъ проводъ *r*, что вслѣдствіе необходимости глубокой выемки потребовало бы большихъ расходовъ. Гораздо проще достигается эта цѣль помощью колѣнчатой трубы *absc*, которой конецъ *a* находится настолько ниже горизонта *ор*, чтобы и при наинизшемъ положеніи этого горизонта онъ былъ погруженъ въ водѣ; другой конецъ ея *c* въ колодцѣ *B* долженъ быть ниже конца *a* на величину потери напора въ трубѣ.

Труба *absc* называется ливеромъ или ливернымъ проводомъ; она состоитъ изъ восходящаго колѣна *ab*, провода *bs*, и опускнаго колѣна *sc*. Проводъ *bs* долженъ получить небольшой подъемъ отъ *b* къ *s* (около 1 : 1000), чтобы находящіеся въ водѣ газы (воздухъ, углекислота и проч.) могли собираться въ наивысшей точкѣ *s*, и своимъ присутствіемъ между *b* и *s* не препятствовали движенію воды.

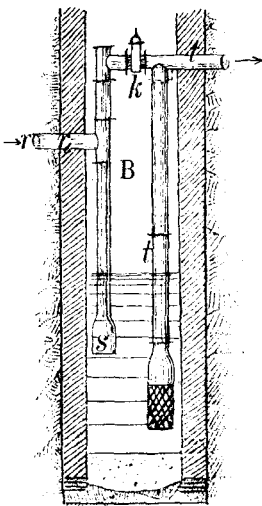
Максимальное разстояніе *H* наивысшей точки *s* провода отъ наинизшаго горизонта въ колодцѣ *A* (наибольшая высота подъема воды), опре-

дѣлено условіемъ:

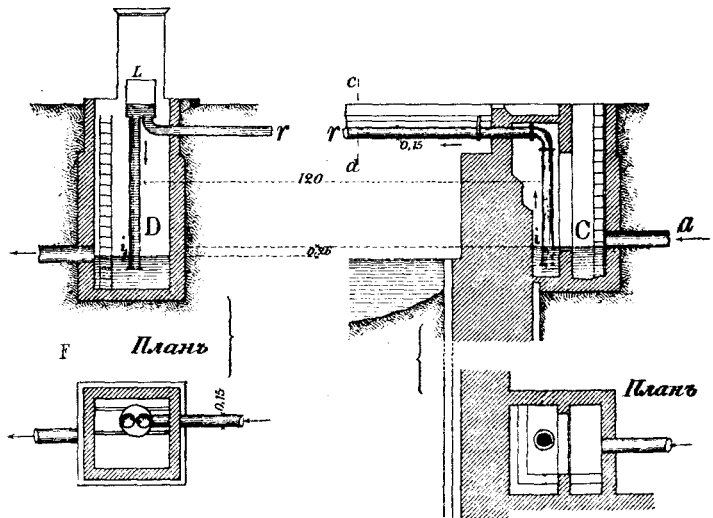
$$H \leq (10,3 - h) \text{ метр.},$$

гдѣ h —потеря напора въ части abs трубы (опредѣляемая по формуламъ, помѣщеннымъ въ № 22—24). Вслѣдствіе содержанія въ водѣ воздуха и другихъ газовъ нужно полученную изъ предыдущаго уравненія высоту H уменьшить на 1 или 2 метр.; всего чаще $H + h = 7$ метр., и въ рѣдкихъ случаяхъ 8 метр. Горизонтъ воды въ колодезѣ B будетъ на h ниже горизонта въ A .

Чтобы привести воду въ движеніе нужно изъ трубы abs удалить воздухъ. Для этого соединяють s съ всасывающимъ приборомъ (воздушнымъ



Черт. 57.



Черт. 58.

колпакомъ или цилиндромъ насоса, инжекторомъ и т. п.) или наполняютъ трубу водою черезъ устроенное въ s отверстіе, p — всасывающая труба насоса, выкачивающаго изъ B воду.

На черт. 57 эта труба соединена съ продолженной вверхъ опускной трубой s помощью горизонтальнаго колѣна, снабженнаго краномъ k ; (t —всасывающая труба насоса). Когда требуется удалить накопившіеся въ ливерной трубѣ газы, то выкачиваютъ ихъ насосомъ, открывъ предварительно кранъ k .

Ливерные провода употребляются нерѣдко и при устройствѣ канализаціи. На черт. 58 указанъ ливерный проводъ, переводящій черезъ рѣку сточныя воды города Бреславля. Проводъ r подвѣшенъ къ верхнему строенію желѣзнаго моста; притекающія по трубѣ a сточныя воды сливаются въ отстойный колодезь C , въ которомъ освобождаются отъ тяжелыхъ

веществъ и переливаются въ *i*, откуда переходятъ въ восходящую трубу ливера. На противоположномъ берегу проводъ снабженъ воздушнымъ колпакомъ *L*, въ которомъ собираются увлекаемые водою газы; въ колпакѣ помѣщенъ поплавокъ, автоматически возстановляющій и прекращающій сообщеніе съ воздушнымъ насосомъ, выкачивающимъ эти газы.

Ливерные проводы устроены въ многихъ городахъ западной Европы (Берлинъ, Гамбургъ, Пресбургъ, Ганноверъ, Крефельдъ и др.); нѣкоторые изъ нихъ существуютъ болѣе 20 лѣтъ, и дѣйствуютъ исправно при длинѣ превышающей 1800 метр.

ГЛАВА II.

Водоснабженіе городовъ.

30. Краткое историческое обозрѣніе. Первобытный человѣкъ пользовался въ началѣ только водою изъ рѣкъ и озеръ, и грунтовой водою выходящей наружу въ видѣ ключа. Послѣдней придавали въ древности столь большое значеніе, что ключи ставили подъ особую охрану божествъ, и возводили надъ ними или вблизи ихъ храмы. Изобрѣтеніе искусства изготовленія колодцевъ сдѣлало возможнымъ приобрѣтать воду высокаго качества и въ такихъ мѣстахъ, гдѣ естественные наружные источники (рѣки, озера, ключи) отсутствовали. Изъ древнихъ колодцевъ сохранившихся до нашего времени наиболѣе замѣчателенъ колодезь Іосифа въ Каиро (въ Египтѣ), изготовленный въ твердой скалѣ, котораго глубина достигаетъ 297 фут. Онъ состоитъ изъ двухъ этажей; глубина верхняго этажа = 165 ф., а нижняго 132 ф.; ихъ сѣченія 18×24 и 9×15 ф. Воду поднимаютъ ведрами и безконечными цѣпами. Въ исторіи упоминается часто о колодцахъ въ древней Греціи, Персіи и Индіи, но наибольшая глубина, 1500 фт., была достигнута въ Китаѣ. Въ Іерусалимѣ собирали воду подземными цистернами, устроенными въ городѣ, и подземными резервуарами внѣ города, изъ которыхъ вода отводилась помощью каменныхъ каналовъ. Акведуки строили въ Греціи въ глубокой древности; одинъ изъ нихъ на островѣ Самосѣ, описанный Геродотомъ хорошо сохранился до настоящаго времени.

Первые римскіе водопроводы были построены ранѣе 300 лѣтъ до Р. Х. Для провода воды черезъ неглубокія долины Римляне нерѣдко строили сифоны; такъ сифонъ въ Лионѣ состоялъ изъ свинцовыхъ трубъ діаметра 12—18 дюйм.; напоръ въ этомъ сифонѣ, длина котораго достигала 9 англ. миль, равнялся 200 фунтамъ (13,5 атмосфер.) Длина построенныхъ римлянами арочныхъ акведуковъ превышала 50,0 англ. миль

(75 верстъ); высота поперечнаго сѣченія измѣнялась въ предѣлахъ отъ 3 до 8 фт., а ширина—отъ $2\frac{1}{2}$ до 5 фт.

Съ паденіемъ Римской имперіи многіе изъ этихъ акведуковъ, равно какъ и водопроводы вообще, пришли въ такой упадокъ, что въ среднемъ вѣкѣ жители большей частью не знали, для какой цѣли были построены существовавшіе въ это время ихъ остатки. Если не считать нѣсколько незначительныхъ сооружений, построенныхъ маврами въ Испаніи и небольшого акведука, сооруженнаго въ 1183 г. въ Парижѣ, то можно утверждать, что полное пренебреженіе водопроводами продолжалось до конца 16-го вѣка. Въ 1583 г. былъ построенъ въ Лондонѣ на Лондонскомъ мосту первый насосъ для водоснабженія изъ рѣки Темзы; воду проводили въ городъ свинцовыми трубами. Въ Германіи водопроводы начали входить въ употребленіе въ 1412 г.; въ Ганноверѣ для этой цѣли были установлены насосы въ 1527 г. Въ Парижѣ насосы для водоснабженія, приводимые въ движеніе водою, были устроены впервые въ 1608 году.

Примѣненіе пара къ движенію насосовъ содѣйствовало въ высокой степени развитію водопроводовъ. Въ Лондонѣ паровые насосы были приведены въ дѣйствіе въ 1767 г., а въ Парижѣ — въ 1781 г. Въ Америкѣ первый паровой насосъ былъ построенъ въ 1800 г. въ Филадельфіи; паровая машина была изготовлена почти исключительно изъ дерева, и даже котель въ значительной части состоялъ изъ того же матеріала. Въ настоящее время число водопроводовъ въ Америкѣ превышаетъ 3200.

Вопросъ объ улучшеніи качествъ воды добываемой изъ рѣкъ и озеръ, получилъ движеніе впервые въ Парижѣ, гдѣ уже въ началѣ 19-го столѣтія очищали воду Сены посредствомъ искусственныхъ фильтровъ. Въ большемъ масштабѣ французскій способъ очищенія воды впервые былъ употребленъ въ Лондонѣ; въ 1829 г. общество Chelsea-Company построило обширные песчаные фильтры, которые въ послѣднее время получили столь большое распространеніе, что безъ нихъ не обходится ни одинъ водопроводъ, пользующійся водою изъ рѣки или озера. Для уменьшенія занимаемаго фильтрами пространства и ускоренія ихъ дѣйствія въ Америкѣ усовершенствовали механическій способъ фильтраціи, который хотя еще не вышелъ изъ стадіи опытовъ, употребляется въ многихъ небольшихъ городахъ Сѣверной Америки.

Постройка перваго Московскаго водопровода изъ Мытищинскихъ источниковъ, была начата въ 1779 г. и продолжалась непрерывно до 1788 г. Въ этомъ году работы были пріостановлены, и перерывъ продолжался 9 лѣтъ. Результатъ этихъ работъ, оконченныхъ въ 1805 г. оказался однако столь неудачнымъ, что изъ 330000 ведеръ, которыя водопроводная галерея получала въ Мытищахъ, до города доходили только 40000 ведеръ; къ тому же вода была плохого качества вслѣдствіе зна-

чительнаго количества просачивавшейся въ нее воды изъ загрязненной почвы въ чертѣ города. Часть этой галлерей въ Сокольничьей рошѣ въ 1823 г. обвалилась; къ перестройкѣ приступили только въ 1826 г., и окончили ее въ 1835 г. Но и новое сооруженіе оказалось неудовлетворительнымъ, вслѣдствіе чего въ разное время его исправляли и дополняли проводами изъ Москвы рѣки. Въ 1890 г. была начата постройка новаго водопровода.

До начала 30-хъ годовъ прошлаго столѣтія водоснабженіе г. Москвы стояло одиноко; если не считать построеннаго въ 1836 г. водопровода въ Оренбургѣ, то начало сооруженія водопроводовъ въ Россіи нужно отнести къ концу 60-хъ или началу 70-хъ годовъ, когда были построены водоснабженія Петербурга, Воронежа, Костромы и другихъ городовъ. Но развитіе водопроводнаго дѣла и послѣ этого времени подвигалось у насъ столь медленно, что число городскихъ водопроводовъ въ настоящее время не превышаетъ 70.

31. Введеніе. Чтобы можно было составить проектъ водоснабженія, необходимо знать:

1) Количество воды, которое должно быть положено въ основаніе проекта.

2) требованія относительно качествъ проводимой воды.

3) Мѣсто, изъ котораго вода, удовлетворяющая условіямъ качества и количества, можетъ быть получена.

4) Высота, до которой вода должна подниматься въ разныхъ мѣстахъ потребленія.

Проектъ долженъ содержать:

1) Водосборныя сооруженія.

2) Проводъ отъ этихъ сооружений къ запасному резервуару и устройство послѣдняго.

3) Проводъ отъ резервуара къ мѣсту потребленія.

4) Трубную сѣть съ принадлежностями.

Когда источники находятся ниже мѣста потребленія, то бываетъ нуженъ проектъ насосной станціи. Если городъ расположенъ на возвышенности, то можетъ оказаться надобность въ раздѣленіи его по вертикальному направленію на пояса или зоны. Въ случаѣ снабженія водой изъ рѣки или озера нуженъ проектъ фильтровъ.

32. Количество воды. Количество воды, расходуемое въ городѣ въ сутки, бываетъ весьма различно, и оно измѣняется съ состояніемъ, привычками и чистоплотностью жителей, развитіемъ промышленныхъ заведеній, требованіями публичнаго расхода, стоимости воды и способа ея раздачи. Весь расходъ въ городѣ можетъ быть раздѣленъ на 4 категоріи:

1) расходъ домашній: для питья, приготовленія кушанья, стирки бѣлья и для прочихъ домашнихъ надобностей.

2) Расходъ коммерческій: для торговли, ремесленной и заводской промышленности. Сюда принадлежатъ всѣ конторы, гостинницы, механическіе и другіе заводы, элеваторы, паровыя городскія дороги, и пр.

3) Расходъ публичный: для учебныхъ заведеній и прочихъ публичныхъ зданій, поливки улицъ, публичныхъ колодцевъ, фонтанъ, пожарныхъ крановъ (гидрантовъ) и т. д.

4) Потери вслѣдствіе несовершенной плотности провода и замыкающихъ приборовъ, а также небрежнаго обращенія съ водою.

Расходъ относятъ къ числу жителей такимъ образомъ, что весь суточный расходъ города дѣлятъ на число его жителей, и полученное количество называютъ расходомъ на человѣка въ сутки. Въ слѣдующей таблицѣ приведены среднія числа этихъ расходовъ, выведенныя на основаніи долготѣтныхъ опытовъ надъ водопроводами въ Средней Европѣ и Сѣверной Америкѣ:

Таблица VI. Расходъ на человѣка въ сутки въ литрахъ. (1 литръ = 0.0813 ведеръ, 1 ведро = 12,29 литровъ).

Категорія.	Европа.	Америка.
Расходъ домашній	35—70	57—150
„ промышленный	15—40	19—130
„ публичный	5—25	11—38
Потери	5—15	57—114
Полный суточный расходъ	60—150	144—432

Эти числа показываютъ, что въ Америкѣ расходуютъ гораздо больше воды чѣмъ въ Европѣ *). Для европейскихъ городовъ, какъ изъ этой таблицы видно, предѣлами являются 60 и 150 литр. (среднимъ числомъ 105 литр. = 8½ ведеръ); меньшее число относится къ малымъ городамъ и селамъ, а большее—къ большимъ и богатымъ городамъ. Въ Россіи считаютъ низшимъ предѣломъ 2, а высшимъ—12 ведеръ на человѣка въ сутки (25 и 150 литр.).

Практика показала, что при населеніи превышающемъ 40 000, коли-

*) Въ нѣкоторыхъ городахъ Америки расходъ значительно больше приведенныхъ въ таблицѣ чиселъ, такъ напр. въ Питтсбургѣ онъ достигаетъ 833 литр. на человѣка въ сутки. Этотъ расходъ вообще тѣмъ больше, чѣмъ больше развита въ городѣ промышленность.

чество жителей не имѣть вліянія на величину расхода, отнесеннаго къ 1 жителю въ сутки *).

Согласно опытнымъ даннымъ можно принимать на 1 жителя въ сутки: въ городахъ съ населеніемъ ниже 40000 отъ 2—6 ведеръ
 » » болѣе 40000 » 2—12 »

Полезныя указанія даетъ слѣдующая таблица, составленная и рекомендованная Союзомъ германскихъ газо-и водопроводныхъ специалистовъ для опредѣленія расхода воды въ литрахъ.

А. Домашній расходъ.

Для питья, варки, чистки, на жителя въ сутки	20—30	литр.
» стирки, тоже на жителя въ сутки	10—15	»
» полосканія клозета (одинъ разъ)	5—6	»
» » » въ промежуткахъ (послѣ каждого употребленія) въ среднемъ въ сутки	30	»
для непрерывной промывки писсоара, на 1 метр. полоскательной трубы въ часъ	200	»
одна ванна	350	»
душъ	20—30	»
поливка огорода въ сухіе дни, на кв. мтр.	1,5	»
» дорожекъ и двора, на 1 кв. мтр.	1,5	»
для одной рабочей лошади и, вообще, крупнаго скота въ сутки	50	»
на одну голову мелкаго скота (теленокъ или овца 8, свинья 13)	10	»
для очистки экипажа	200	»

Б. Расходъ публичныхъ заведеній.

Въ школахъ на каждого ученика въ сутки	2	литр.
» казармахъ на человѣка въ сутки	20	»
» » на 1 лошадь » »	40	»
» больницахъ и богадѣльняхъ на 1 лицо въ сутки	100—150	»
» гостиницахъ на 1 чел. въ сутки	100	»
» баняхъ на 1 ванну (включая омываніе)	500	»
» » на 100 килогр. бѣлья	400	»
» бойняхъ на каждую убитую голову	300—400	»
« » для мелкаго скота	150—200	»
» крытыхъ рынкахъ на каждый квадрат. мтр. застроенной площади и каждый торговый день	5	»

*) Въ Америкѣ этимъ предѣломъ считаютъ 25000.

для вокзаловъ, на каждый, находящійся въ дѣйствиі паровозъ 6000—8000 *)

В. Расходъ для публичныхъ цѣлей.

Поливка 1-го куб. метра мощеной улицы	1 литр.
Тоже шоссе	1,5 »
Публичные сады, въ сухіе дни, для поливки 1 кв. мтр. . .	1,5 »
Публичные писсоары, для полосканія въ промежуткахъ, въ часъ на 1 мѣсто	60 »
Публичные писсоары съ постоянной промывкой, въ часъ на 1 мѣсто	200 »
Публичный колодезь безъ непрерывнаго стока, на каждый рожокъ въ день	3000 »

Г. Для промышленныхъ цѣлей.

Для пивоварень, на 1 гектолитеръ сваренаго пива (безъ искусственнаго охлажденія погребовъ и безъ приготвленія льда)	500 литр.
Для паровой машины безъ конденсаціи, въ часъ на 1 паровую лошадь	30 »
Тоже съ конденсаціей	800 »
Малый фонтанъ съ бассейномъ діаметра 2—3 мтр., въ часъ .	200—500 »
Публичный фонтанъ, смотря по величинѣ	10—100 кб. мтр.
Для приготовления известковаго раствора на кладку 1000 кирпичей, около	750 литр.

33. Колебанія расхода. Максимальный часовой расходъ. Данные въ предыдущемъ числа выражаютъ средній расходъ въ теченіе года. Если годовой расходъ раздѣлимъ на 12, то получимъ средній мѣсячный расходъ; но расходъ въ разные мѣсяцы бываетъ не одинаковъ: онъ достигаетъ максимума въ жаркіе лѣтніе мѣсяцы, а въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ и зимой, когда во время сильныхъ морозовъ открываютъ краны, чтобы вода въ трубахъ не замерзала, (что впрочемъ легко предупредить достаточной глубиной заложения трубъ). Опытами найдено, что максимальный мѣсячный расходъ рѣдко превышаетъ средній мѣсячный на 25%.

Если средній мѣсячный расходъ раздѣлимъ на 30, то получимъ средній суточный расходъ. Но расходъ въ разные сутки тоже колеблется

*) Однократное питаніе паровоза требуетъ 6—8 куб. метр.; машина скораго поѣзда расходуетъ въ часъ 3,4—4 кб. мтр., товарнаго—2,1—3,6 кб. мтр., машина смѣшаннаго поѣзда 3,0—3,6 кб. мтр.

въ довольно большихъ предѣлахъ; обыкновенно онъ бываетъ наибольшій на канунѣ торжественныхъ праздниковъ. Принимаютъ, что максимальный суточный расходъ превышаетъ средній суточный расходъ на 50%; обыкновенно онъ происходитъ въ мѣсяцы максимальнаго мѣсячнаго расхода.

Наиболѣе важное значеніе имѣютъ колебанія расхода въ разные часы дня. Средній часовой расходъ въ процентахъ =

$$r = \frac{100}{24} = 4,17\%$$

Въ дѣйствительности этотъ расходъ ночью понижается почти до нуля, а въ нѣкоторые часы дня превышаетъ средній на 50%, т. е. достигаетъ $4,17 + \frac{4,17}{2} = 6,25\%$. Если δ —средній суточный расходъ, то максимальный суточный = $1,5 \delta$; въ часы максимальнаго разбора расходуется около 7% послѣдняго, т. е. $\frac{1,5\delta}{100} 7 = \frac{10,5\delta}{100}$ = круглымъ числомъ $\frac{1}{10} \delta$. Такимъ образомъ получаемъ, что максимальный часовой расходъ = $\frac{1}{10}$ средняго суточнаго расхода.

34. Расходъ на тушеніе пожаровъ. Опредѣленное по предыдущему количество достаточно и для тушенія небольшихъ пожаровъ, но чтобы не было недостатка воды и во время большого пожара, нужна особая прибавка. Тимъ (Thiem) на основаніи статистическихъ данныхъ полагаетъ, что для этого 0,1% средняго суточнаго расхода болѣе чѣмъ достаточно; въ Америкѣ вычисляютъ эту прибавку въ процентахъ средняго суточнаго расхода по формулѣ:

$$p = \frac{1000}{\sqrt{x}}, \quad \dots \quad (38)$$

гдѣ x —число населенія въ тысячахъ.

Такъ напр., для города, котораго число жителей = 25000, будетъ $x = 25$, $\sqrt{x} = 5$, и слѣдовательно $p = 200\%$.

По формулѣ (38) получаютъ въ процентахъ средняго расхода слѣдующія количества:

Т а б л и ц а VII.

Число жителей.	$p = \frac{1000}{\sqrt{x}}$	$p = \frac{200}{\sqrt{x}}$	Число жителей.	$p = \frac{1000}{\sqrt{x}}$	$p = \frac{200}{\sqrt{x}}$
1000	1000	200	100000	100	20
5000	447	89	200000	71	14
10000	316	63	300000	58	12
25000	200	40	500000	45	9
50000	141	28	1000000	31	6

Для русскихъ городовъ опредѣленное по (38) число p слишкомъ велико, и можно считать достаточнымъ въ 5 разъ меньшія значенія, т. е. опредѣлять p изъ уравненія:

$$p = \frac{200}{\sqrt{x}} \dots \dots \dots (38a)$$

Такъ напр. для города въ 40000 жителей максимальный часовой расходъ опредѣлился бы слѣдующимъ образомъ.

Средній суточный расходъ на человѣка въ сутки:

для домашнихъ цѣлей	40 литр.
» промышленныхъ цѣлей	20 »
» публичныхъ »	15 »
на потери	15 »
Итого	90 литр.

Средній часовой расходъ

$$= \frac{90}{24} = 3,75 \text{ литр.}$$

Максимальный часовой расходъ въ 2,25 разъ больше среднего часового расхода:

$$3,75 \times 2,25 = 8,44 \text{ литр.}$$

На тушеніе пожаровъ 40% отъ среднего расхода

$$\frac{3,75}{100} \cdot 40 = 1,5.$$

Поэтому полный максимальный часовой расходъ на 1 жителя:

$$8,44 + 1,5 = 9,94,$$

т. е. около 10 литровъ.

Такъ какъ пожары во время максимальнаго часового расхода случаются крайне рѣдко, то можно свободно вмѣсто 9,94 литр. взять 8 литр., и тогда проводъ въ городѣ долженъ быть рассчитанъ такъ, чтобы въ часъ онъ могъ подавать 8 литровъ на жителя въ часъ *).

*) Въ Америкѣ напр. для города въ 50000 жителей исполняютъ расчетъ слѣдующимъ образомъ:

Максимальное суточное количество = 150% среднего.

Максимальное часовое количество въ 1,5 разъ больше среднего взятаго отъ максимальнаго суточнаго, т. е. $1,5 \times 150 = 225\%$.

На тушеніе пожара 141%.

Всего $225 + 141 = 366\%$ отъ среднего.

Въ густо населенныхъ кварталахъ большихъ городовъ слѣдуетъ и въ Россіи пожарный расходъ вычислять по формулѣ (38).

35. Приростъ населенія. При проектированіи водопровода должно быть принято во вниманіе увеличеніе населенія въ извѣстный періодъ времени. Число, выражающее приростъ населенія послѣ n лѣтъ не можетъ быть точно опредѣлено, такъ какъ правильность прироста нерѣдко сильно нарушается непредвидѣнными обстоятельствами, какъ напр. проведеніемъ желѣзной дороги. Если примемъ приростъ равномернымъ, и означимъ черезъ:

z — настоящее число жителей,

p — приростъ въ годъ, въ процентахъ,

z_n — число жителей послѣ n лѣтъ, то

$$z_n = z \left(1 + \frac{p}{100} \right)^n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (39)$$

Изъ этого уравненія получаемъ также:

$$p = 100 \left(\sqrt[n]{\frac{z_n}{z}} - 1 \right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (40)$$

$$n = \frac{\log z_n - \log z}{\log \left(1 + \frac{p}{100} \right)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (41)$$

Въ Германіи изъ 20 лѣтнихъ наблюденій вывели:

для большихъ городовъ	$p = 2,7\%$
» среднихъ »	$p = 3,0\%$
» малыхъ »	$p = 2,2\%$

Наибольшій приростъ дали, слѣдовательно, средніе города; для многихъ городовъ съ населеніемъ менѣе 20000 получалось не больше, и даже меньше 2%. Для русскихъ городовъ можно принимать въ среднемъ приростъ = 1%, но въ каждомъ данномъ случаѣ, гдѣ только возможно, слѣдуетъ опредѣлять приростъ помощью статистическихъ записей за промежутокъ по крайней мѣрѣ 15 лѣтъ, или изучить ростъ болѣе значительнаго города начиная съ того времени, когда его населеніе было равно настоящему населенію разсматриваемаго, и принять во вниманіе отличающія оба эти города особенности.

Примѣръ. Водопроводъ строить на 30 лѣтъ, настоящее населеніе 36000; опредѣлить расчетное число жителей при приростѣ = 2%.

Имѣемъ:

$$z_n = 36000 \left(1 + \frac{2}{100} \right)^{30} = 36000 \cdot 1,02^{30}$$

$$\lg 1,02 = 0,0086$$

$$30 \lg 1,02 = 0,2580$$

$$\lg 36000 = 4,5563$$

$$\lg z_n = 4,8143$$

$$z_n = 65208$$

Въ основаніе расчета нужно поэтому поставить 65000 жителей.

К а ч е с т в а в о д ы .

Чтобы вода была пригодна для снабженія города, она должна удовлетворять нѣкоторымъ условіямъ, относящимся къ ея физическимъ, химическимъ и бактериологическимъ свойствамъ.

36. Физическія свойства воды. Физическія свойства воды опредѣляются ея цвѣтомъ, чистотой, запахомъ или вкусомъ, и температурой.

1) Цвѣтъ. Вода должна быть безцвѣтна, такъ какъ цвѣтъ ея всегда указываетъ на присутствіе нежелательныхъ вообще примѣсей. Для опредѣленія цвѣта воды предложено много способовъ; новѣйшій изъ нихъ состоитъ въ сравненіи воды съ разжиженными растворами платины и кобальта. Измѣняя отношеніе кобальта къ платинѣ можно воспроизводить разные оттѣнки цвѣта натуральной воды. Цвѣтъ выражаютъ въ доляхъ платины, при чемъ за 1-цу принимаютъ 1 часть платины въ 10000 частяхъ воды.

3) Прозрачность. Причиной мутнаго вида воды бываютъ примѣшанные къ ней неорганическія вещества, водоросли, желѣзныя бактеріи (*Crenothrix*), растворенныя желѣзистыя соли, и другія вещества.

Прозрачность опредѣляется всего проще помощью куска платинной проволоки толщиною 1 миллиметръ, расположенной на днѣ стеклянной трубки, которую медленно наполняютъ испытуемой водой. Мутность означается цифрой 1, когда проволока видна при толщинѣ слоя воды не больше 1 дюйма; если эта толщина = 10 дм., то мутность = 0,1.

Вмѣсто проволоки употребляютъ подложенный подъ дно трубки кружокъ бѣлой, или, что лучше, бѣло и черно раскрашенной бумаги, или тонкій волосъ.

3) Запахъ и вкусъ. Нормальная вода не имѣетъ ни особеннаго запаха ни вкуса. Пріятный вкусъ хорошей воды происходитъ главнымъ образомъ отъ растворенныхъ въ ней углекислоты и кислорода. Ключевая

вода отдаёт иногда землистымъ запахомъ или вкусомъ, происходящимъ отъ поглощенія ею въ верхнихъ слояхъ грунта летучихъ веществъ. Особый вкусъ придаютъ водѣ также соли желѣза или сѣры, а въ рѣкахъ и озерахъ—нѣкоторыя душистыя водоросли, рыба и др.

Испытанія на запахъ производять посредствомъ нагрѣванія воды въ плотно закупоренной бутылкѣ до температуры около 18° Цельзія; испытывать нужно непосредственно послѣ откупориванія.

4) Температура. Для питья наиболѣе пріятна вода при температурѣ $9-12^{\circ}$ Ц.; эту температуру имѣетъ почти всегда вода, добытая на достаточной глубинѣ (40—60 фут.). Для другихъ надобностей температура имѣетъ вообще мало значенія; для нѣкоторыхъ цѣлей, какъ напр. поливки садовъ, желательна теплая вода. Въ озерахъ температура воды на глубинѣ около 10 саж. и больше измѣняется весьма мало; всего больше подвержена перемѣнамъ температуры вода рѣкъ и прудовъ.

37. Химическія свойства воды. Приводимая въ городъ вода должна быть пригодна для питья, приготовленія кушанья, и для разныхъ другихъ домашнихъ и промышленныхъ цѣлей.

Вода признается обыкновенно только тогда пригодной для питья и приготовленія кушаній, когда она безцвѣтна и прозрачна, но это условіе съ гигиенической точки зрѣнія не представляетъ необходимости, такъ какъ многія торфяныя и мутныя воды оказывались вполнѣ безвредными для здоровья. Вода не должна быть слишкомъ жестка; ядовитыя вещества, образуящіяся отъ растворенія свинца, цинка и желѣза не должны имѣть къ ней доступа. Торфяныя воды, и воды содержащія много углекислоты, легко растворяютъ свинецъ; цинкъ значительно менѣе вреденъ; желѣзо въ малыхъ количествахъ безвредно, но если его содержаніе превышаетъ $\frac{1}{2000000}$, то придаетъ водѣ непріятный вкусъ. Желѣзо содержитъ главнымъ образомъ ключевыя и грунтовыя воды; оно находится какъ закись въ растворенномъ состояніи, которая на воздухѣ окисляется и выдѣляется изъ воды въ видѣ бурого порошка (состоящаго изъ нерастворимаго желѣзо-гидрата). Этотъ порошокъ въ домашнемъ хозяйствѣ засоряетъ посуду, стираемое бѣлье и пр.; при содержаніи 0,1 миллиграмма въ литрѣ желѣзо дѣлаетъ воду непригодной для домашняго потребленія.

Свинецъ растворяется только въ очень мягкой водѣ (предѣлъ около $2,5$ градуса) содержащей свободную углекислоту. Чтобы предохранить воду, проводимую по свинцовымъ трубамъ, отъ вреднаго дѣйствія свинца, обдѣлываютъ трубы внутри оловомъ, или всыпаютъ въ воду тонкій порошокъ углекислой извести; послѣдняя дѣлаетъ невозможнымъ образованіе ядовитой углекислой окиси свинца.

38. Химическое испытаніе воды. Химическій анализъ не имѣетъ цѣлью открыть въ водѣ присутствіе болѣзнетворныхъ (патогенныхъ) бактерій,

такъ какъ вода, неудовлетворительная въ химическомъ отношеніи, можетъ совершенно не содержать этихъ микроорганизмовъ. Цѣль химическаго анализа состоитъ главнымъ образомъ въ открытіи въ водѣ такихъ веществъ, которыя указывали бы на присутствіе въ ней живыхъ организмовъ и вредныхъ минеральныхъ веществъ.

До сихъ поръ не выработанъ однообразный способъ химическаго анализа, который могъ бы быть примѣняемъ съ одинаковой пользою для всякой воды безъ различія ея происхожденія.

Для испытанія берутъ обыкновенно нефилътрированную воду, но иногда опредѣляютъ отдѣльно растворенныя вещества. Тѣ и другія остаются при испареніи въ твердомъ видѣ; они раздѣляются на неорганическія, минеральнаго происхожденія (какъ: углекислыя соединенія, хлорныя, сѣрныя и др.), и на органическія, животнаго и растительнаго происхожденія.

Неорганическія вещества опредѣляютъ жесткость воды. Послѣдняя называется временной, когда она происходитъ отъ углекислыхъ, и постояннѣй, когда отъ хлорныхъ и сѣрныхъ соединеній.

Потеря при обжиганіи. Полученный при испареніи твердый остатокъ нагрѣваютъ постепенно до краснаго каленія, при чемъ органическія вещества улетучиваются. Бѣлый цвѣтъ золы указываетъ на присутствіе минеральныхъ веществъ; при большомъ количествѣ органическихъ веществъ зола чернѣетъ и часто имѣетъ специфическій запахъ.

Отношеніе вѣса полного твердаго остатка, высушеннаго при температурѣ 100° Цельсія къ вѣсу золы, указываетъ (приближенно) на количество органическихъ веществъ.

Относительно безвреднаго состава и количества твердыхъ остатковъ испаренія, мнѣнія расходятся. Крайніе предѣлы, предложенные разными изслѣдователями, приведены въ слѣдующей таблицѣ, числа которой выражаютъ допускаемое количество миллиграммовъ въ литрѣ.

Т а б л и ц а VIII.

Органическаго углерода	2—5
» азота	0,05—3
Азотистой кислоты	0
Амміака	0
Азотной кислоты.	2—27
Хлора	2—30
Сѣрной кислоты	2—100
Остатковъ испаренія	100—500
Известковыхъ веществъ	17—20

Полное количество органических веществ не должно быть больше 2—16.

Точные предѣлы количества постороннихъ веществъ до сихъ поръ не найдены, но признается общимъ правиломъ, что въ водѣ безусловно не должно быть и слѣда веществъ, происходящихъ отъ животныхъ отбросовъ. Поэтому вода не должна содержать азотнокислыхъ и хлористыхъ соединений, образовавшихся отъ животныхъ и человѣческихъ испражнений, между тѣмъ, напр. хлоръ въ видѣ поваренной соли, безвреденъ и въ большомъ количествѣ.

39. Жесткость воды. Словомъ жесткость обозначаютъ содержаніе въ водѣ окисей кальція и магнезіи (CaO и MgO), и измѣряютъ ее градусами. Въ Германіи 1 градусъ жесткости означаетъ содержаніе 1-й вѣсовой части извести (или 0,7 частей магнезіи) въ 100000 частяхъ воды. Нѣмецкіе градусы приняты и въ Россіи. Во Франціи 1 градусъ = 1 части углекислой извести или равнозначущаго количества углекислой магнезіи въ 100000 частяхъ воды, а въ Англіи считаютъ тоже углекислыя соединения, но на 70000 частей воды. Посредствомъ перечисленія получаемъ: 100 нѣмецкихъ градусовъ = 179 французскимъ = 129 англ.

Воду, содержащую не болѣе 10 градусовъ называютъ мягкой, отъ 10 до 20 град.—средне жесткой, а болѣе 20°—жесткой. Вода, содержащая 17°—20° пригодна для всѣхъ цѣлей; если ея жесткость не происходитъ отъ солей магнезіи или гипса, то для питья вода безвредна и при 25°, но наиболѣе пріятна средне-жесткая вода.

Кремнистыя породы (гранитъ, кварцъ, базальтъ, сланецъ) даютъ мягкую, а известковые и доломитовыя породы—жесткую воду. Для домашнихъ, промышленныхъ и публичныхъ цѣлей предпочитаютъ мягкую воду; жесткая вода особенно нежелательна для стирки бѣлья, потому что при ней расходуется слишкомъ много мыла. Обыкновенно мыло состоитъ изъ стеариновой кислоты и соды; въ жесткой водѣ первая образуетъ съ известью и магнезіей нерастворимое мыло, выдѣляющееся изъ воды въ видѣ бѣлыхъ хлопьевъ, и образованіе пѣны начинается только послѣ того, когда вся известь и магнезія израсходованы. На этомъ свойствѣ мыла основанъ способъ опредѣленія степени жесткости воды. Такъ какъ 10 градусовъ жесткости въ литрѣ уничтожаютъ 1,2 грамма мыла, то перерасходъ его въ жесткой водѣ можетъ быть очень значителенъ. Въ Глазговѣ рассчитали, что послѣ проведенія въ этотъ городъ мягкой воды ежегодный расходъ на мыло уменьшился на 1 800 000 рублей.

Жесткость воды всегда можетъ быть уменьшена химическимъ способомъ; временная жесткость уничтожается въ значительной степени также кипяченіемъ посредствомъ котораго можно эту жесткость понизить на 10 град. и больше.

Качества водъ разнаго происхожденія.

40. Атмосферическія воды. Сюда принадлежать воды происходящія отъ атмосферическихъ осадковъ: дождя, снѣга, града и пр. Вода въ видѣ дождя и снѣга, проходя атмосферные слои, поглощаетъ находящіеся въ воздухѣ частицы пыли и грязи, сажу и другіе продукты горѣнія, амміачные, сѣрнистые и прочіе газы и зародыши микроорганизмовъ; послѣдніе встрѣчаются и въ льдинахъ, падающихъ въ видѣ града. Вообще вода атмосферныхъ осадковъ по качествамъ отличается весьма мало отъ рѣчной воды.

41. Рѣчная вода. Эта вода обыкновенно мягкая, но въ верхнихъ теченіяхъ, вблизи источниковъ, бываетъ и жесткая, при чемъ въ разныхъ точкахъ одного и того же профиля степень жесткости не рѣдко неодинакова.

Проточная вода, при своемъ движеніи, приходитъ въ соприкасаніе съ минеральными и органическими веществами, она поэтому всегда болѣе или менѣе засорена. На степень засоренія имѣетъ значительное вліяніе густота населенія мѣстностей, черезъ которыя она проходитъ, поэтому рѣчная вода, бассейнъ которой принадлежитъ къ густонаселеннымъ, вредна для здоровья, и безъ предварительной очистки безусловно не должна быть употребляема для питья и приготовленія кушанья. Въ этомъ отношеніи озерная вода гораздо лучше рѣчной.

Такъ какъ верхніе слои почвы богаты микроорганизмами, которые омываются текущей водой, то ихъ содержаніе въ рѣчной водѣ всегда значительно большее чѣмъ въ озерной. Во время половодья вода бываетъ богаче бактеріями чѣмъ при мелководьи, потому что вслѣдствіе болѣе значительной скорости вода несетъ больше ила и грязи, а эти вещества всегда богаты бактеріями.

42. Самоочищеніе рѣки. Изслѣдованія и наблюденія показали что во всѣхъ рѣкахъ вода, засоренная спускомъ въ нее городскихъ нечистотъ или дренажемъ, при своемъ движеніи освобождается постепенно какъ отъ органическихъ, такъ и неорганическихъ примѣсей. Разстояніе отъ мѣста засоренія, въ которомъ степень очистки достигаетъ замѣтной величины, зависитъ отъ скорости теченія, характера русла и береговъ, количества влекомыхъ осадковъ и проч. Главными причинами самоочищенія суть: разжиженіе, осажденіе, солнечный свѣтъ уничтожающій бактеріи, и несоотвѣтствующее ихъ развитію питаніе.

Дѣйствіе разжиженія измѣняется съ количествомъ вводимыхъ въ воду или попадающихъ въ нее нечистотъ, и расходомъ рѣкъ; въ быстро текущихъ рѣкахъ оно сильнѣе, чѣмъ въ тихихъ.

Осажденіе происходитъ отчасти вслѣдствіе удѣльнаго вѣса органи-

мовъ и отчасти вслѣдствіе вѣса частицъ ила. Но осаждающіяся бактеріи не исчезаютъ, такъ какъ не рѣдко въ болотистомъ днѣ рѣчки находятся болѣе или менѣе удовлетворительныя условія для размноженія ихъ. Russel, при изученіи бактерійной флоры Средиземнаго моря, нашелъ въ днѣ его значительно большее количество бактерій чѣмъ въ водѣ.

Прямой солнечный свѣтъ дѣйствуетъ убійственно на нѣкоторые роды бактерій, и имѣетъ не малое значеніе для самоочищенія рѣкъ. Исслѣдованія показали, что это дѣйствіе производятъ не теплыя, но химическіе лучи, и оно распространяется въ глубину, смотря по прозрачности воды, отъ 5 до 10 футовъ, и болѣе. Уменьшеніе микроорганизмовъ въ водѣ происходитъ также отъ того, что бактеріи сточныхъ водъ и почвенные организмы не находятъ въ ней удовлетворительныхъ условій для существованія и размноженія.

Многочисленными опытами доказано, что кислородъ и движеніе, какъ отдѣльно такъ и въ совокупности, имѣютъ очень мало вліянія на улучшеніе качества воды, что поэтому аэрація какъ искусственная (при которой воздухъ прогоняютъ черезъ воду), такъ и естественная (посредствомъ паденія воды съ высоты) въ этомъ отношеніи почти бесполезна.

Какое разстояніе должна пройти вода засоренная городскими отбросами, или какое время она должна находиться въ движеніи, чтобы вполне освободилась отъ вредныхъ веществъ, въ настоящее время не извѣстно. Исслѣдованія показали, что тифозныя бактеріи не исчезаютъ и на разстояніи нѣсколькихъ верстъ, и что болѣзнетворныя бактеріи сохраняютъ жизненность и послѣ того, когда грязная вода освободилась отъ засореній.

Озера, пруды, резервуары. Стоячая вода вообще менѣе засорена чѣмъ текучая, такъ какъ твердыя вещества, за исключеніемъ очень тонкаго ила, не могутъ оставаться въ ней продолжительное время въ плывучемъ состояніи, и опускаются на дно; кромѣ того засореніе происходитъ главнымъ образомъ только вдоль береговъ.

Въ стоячей водѣ часто образуется вертикальное движеніе отъ того, что наибольшую плотность вода имѣетъ при температурѣ 4° Ц. Въ широкихъ озерахъ умѣреннаго типа это движеніе обыкновенно отсутствуетъ, потому что тяжелая холодная нижняя вода остается на днѣ. Въ малыхъ и мелкихъ озерахъ вода часто остается неподвижной во время зимы и лѣта, а въ прочее время (весной и осенью) происходитъ перемѣшиваніе верхней воды съ нижней, и на оборотъ. Въ резервуарахъ ограниченныхъ размѣровъ, глубина которыхъ менѣе 15 футовъ, движеніе прекращается только образованіемъ на поверхности льда. Это движеніе значительно содѣйствуетъ свѣжести воды, и противодѣйствуетъ ея нагрѣванію.

Стоячая вода озеръ и прудовъ содержитъ вообще гораздо менѣе бактерій, чѣмъ текучая, и находящіяся въ ней микроорганизмы (когда къ

ней не имѣютъ доступа сточныя воды) большей частью безвредны. Верхніе и нижніе слои обыкновенно богаче бактеріями, чѣмъ средніе. Размноженію бактерій значительно пособствуютъ водоросли.

Количество бактерій уменьшается съ увеличеніемъ разстоянія отъ берега; главную причину уменьшенія составляютъ разжиженіе и осажденіе, а отъ части и солнечный свѣтъ. Собирающіеся на днѣ осадки приобрѣтаютъ съ временемъ значительную плотность, и вслѣдствіе образованія желѣзо-сѣрныхъ соединений, переходятъ въ черную, желатинистую, полутвердую массу.

Вода изъ озеръ и прудовъ обыкновенно мягкая; она требуетъ, какъ и рѣчная, фильтраціи, но осадочные бассейны для нея не нужны, и фильтрованіе ея гораздо легче чѣмъ рѣчной. Воду нужно брать съ большой глубины, гдѣ температура ея почти постоянна.

43. Грунтовая вода. Та часть дождевой воды, которая просачивается въ грунтъ, теряетъ во время своего движенія въ почвѣ часть извлеченныхъ ею изъ воздуха примѣсей, и въ тоже время поглощаетъ находящіяся въ почвѣ растворимыя вещества, вслѣдствіе чего качества грунтовой воды разнятся существенно отъ качествъ дождевой, изъ которой она образовалась. Въ почвѣ остаются пыль, органическія вещества и бактеріи, извлеченныя изъ нижнихъ слоевъ воздуха, такъ что на глубинѣ 4—6 мтр. грунтовая вода обыкновенно свободна отъ всѣхъ твердыхъ засореній; съ другой стороны просачивающаяся вода, вслѣдствіе богатаго содержанія извлеченной изъ воздуха углекислоты, растворяетъ соли извести и магнезии (отчасти и кремнезема) и дѣлается жесткой. Подпочвенныя воды содержатъ поэтому много растворенныхъ, а поверхностныя—твердыхъ веществъ. Нерѣдко въ первыхъ находятся желѣзистыя соли; послѣднія вообще безвредны, но дѣлаютъ воду неудобной для питья и нѣкоторыхъ домашнихъ цѣлей.

Почва дѣйствуетъ на воду механически, химически и біологически. Большая часть твердыхъ веществъ выдѣляется механически посредствомъ фильтраціи; химическое дѣйствіе проявляется взаимодействіемъ веществъ во время осажденія или растворенія; но наиболѣе важно біологическое дѣйствіе, заключающееся въ освобожденіи воды отъ микроорганизмовъ. Минерализующее дѣйствіе почвы, состоящее въ измѣненіи содержанія кислорода (вслѣдствіе броженія, гніенія или разложенія) происходитъ главнымъ образомъ въ ея верхнихъ слояхъ, богатыхъ кислородомъ; на него имѣетъ вліяніе также температура и характеръ почвы.

Очищающее дѣйствіе почвы имѣетъ предѣлы, которыхъ она достигаетъ всего быстрѣе при продолжительной доставкѣ ей сточныхъ водъ, хотя бы и въ малыхъ количествахъ; почва насыщается органическими веществами, и ее очищающее дѣйствіе прекращается. Этимъ объясняются

дурныя качества городских колодцевъ. Глубина до которой загрязненная вода должна опуститься чтобы стать безвредной для пищи и питья, зависитъ отъ разныхъ обстоятельствъ, какъ степени засоренія, качества почвы, проницаемости, и т. д.; значительное вліяніе могутъ имѣть находящіеся въ почвѣ трещины. Такъ въ Лозаннѣ городъ былъ зараженъ водой изъ ключа, находившагося въ подземномъ сообщеніи съ загрязненной рѣчкой, отстоявшей отъ него на 1¹/₂ версты.

44. Ключевая вода считается обыкновенно наиболѣе чистой изъ наружныхъ водъ, но это не всегда вѣрно. Нерѣдко непроницаемый слой находится въ столь маломъ разстояніи отъ поверхности, что движущаяся по нему вода качествами лишь не многимъ отличается отъ рѣчной воды. Обыкновенно ключевая вода у выхода ея изъ почвы весьма бѣдна бактеріями (содержитъ менѣе 100 или 200 бактерій въ кубическомъ сантиметрѣ), но онѣ такого качества, что на воздухѣ очень быстро размножаются,—значительно быстрѣ чѣмъ бактеріи загрязненной воды.

45. Колодцы. Нерѣдко почва состоитъ изъ перемежающихся проницаемыхъ и плотныхъ слоевъ. Въ такихъ случаяхъ верхніе водоносные слои обыкновенно содержатъ мѣстную воду, просачивающуюся въ колодцы непосредственно изъ поверхности, а потому недостаточно освободившуюся отъ засореній, между тѣмъ какъ болѣе глубокіе слои доставляютъ воду отдаленныхъ источниковъ, которая на своемъ длинномъ пути пріобрѣла свойство совершенно чистой грунтовой воды.

Особенно опасны колодцы, устроенные въ небольшомъ разстояніи отъ помойныхъ ямъ; такъ какъ попадающія въ послѣднія грязныя воды просачиваются черезъ насыщенный органическими веществами грунтъ, то онѣ имъ не очищаются, и своимъ содержаніемъ заражаютъ воду колодцевъ.

Наименѣе опасны въ гигиеническомъ отношеніи глубокіе буровые колодцы, потому что металлическія обсадныя трубы препятствуютъ проникновенію въ нихъ зараженной воды верхнихъ слоевъ. Но и въ нихъ, при продолжительномъ стояніи воды, можетъ развиваться значительное количество микроорганизмовъ; чѣмъ чаще берутъ изъ колодцевъ воду, тѣмъ лучше она очищается отъ бактерій. Микроорганизмы встрѣчаются даже въ артезіанской водѣ; Russel (Америка) насчиталъ въ одномъ случаѣ въ водѣ, добытой изъ артезіанскаго колодца, на глубинѣ 1500 фут., до 400 бактерій въ 1 куб. см. Но такіе случаи рѣдки, и обыкновенно въ этой водѣ бактеріи не встрѣчаются.

46. Цистерны и проч. Въ приморскихъ городахъ и тамъ, гдѣ вслѣдствіе скалистаго грунта изготовленіе колодцевъ затруднительно, часто собираютъ стекающую изъ крышъ и др. воду въ цистернахъ, т. е. въ

погруженныхъ обыкновенно въ землю, крытыхъ резервуарахъ, которые должны имѣть такое устройство, чтобы въ началѣ дождя вода въ нихъ не могла попадать. Собирающуюся въ цистернахъ воду нужно пропускать черезъ фильтры.

На пароходахъ, и страдающихъ продолжительнымъ отсутствіемъ дождя морскихъ побережьяхъ употребляютъ дистиллированную морскую воду.

47. Бактеріологическія изслѣдованія. Вѣрное заключеніе о пригодности воды для снабженія населенной мѣстности можетъ быть получено только посредствомъ микроскопическихъ изслѣдованій. Химическій анализъ не даетъ достаточно данныхъ для составленія такого заключенія; помощію его получается приближенно количество содержащихся въ видѣ органическихъ веществъ (посредствомъ разрушенія ихъ перекисью марганцеваго калия, считая 1 часть на 5 ч. органическихъ веществъ), и химія считаетъ присутствіе амміака, азотистой кислоты и сѣроводорода рядомъ съ органическими веществами за признаки гниlostнаго разложенья, но справедливость этого предположенія могла доказать только бактеріологія.

Послѣдняя уяснила, что причиною большинства болѣзней суть вредныя микроорганизмы, попадающіе въ тѣло при употребленіи содержащей ихъ воды. Количество бактерій, содержащихся въ столь маломъ объемѣ какъ 1 куб. см. бываетъ часто очень значительно, а отдѣленіе вредныхъ бактерій отъ безвредныхъ соединено съ большими затрудненіями. Поэтому считаютъ воду тѣмъ лучшей, чѣмъ менѣе она содержитъ бактерій вообще, такъ какъ можно предполагать, что тогда и число вредныхъ будетъ тѣмъ меньшее. Въ Германіи принято допускать 100 зародышей въ 1 куб. см., и это число относятъ къ свѣжей, только что добытой водѣ, потому что на воздухѣ число бактерій увеличивается чрезвычайно быстро. Такъ напр., вода въ Мюнхенѣ, содержавшая въ свѣжемъ состояніи не болѣе 5 или 10 бактерій, послѣ двухъ сутокъ стоянія имѣла ихъ 10.500, а послѣ 4-хъ сутокъ—315.000, и при томъ вода оставалась чистой и прозрачной. Послѣднее обстоятельство выясняется тѣмъ, что 30 милліардовъ бактерій вѣсятъ въ сухомъ состояніи только 1 милліграммъ (0,0002 золотника). Нирре въ водѣ, добытой изъ колодца, содержавшей въ свѣжемъ состояніи 26 зародышей въ куб. см. насчиталъ послѣ двухъ сутокъ закрытія колодца, 184600; когда воду въ теченіе двухъ часовъ выкачивали, то послѣднее число уменьшилось до 46. Бактеріи встрѣчаются даже въ дистиллированной водѣ.

Новѣйшія изслѣдованія показали, что вода является весьма дѣятельнымъ средствомъ для распространенія дизентерій, тифозныхъ, холерныхъ и другихъ внутреннихъ болѣзней. Въ іюлѣ 1890 г. въ городѣ Shenectady (Америка), расположенномъ на устьи рѣки Mohawk, появилась тифозная

эпидемія, которая продолжалась до Апрѣля 1891 г. Въ октябрѣ 1890 г. эта эпидемія постигла г. Соное, находящійся на той же рѣкѣ въ разстояніи 22 англійскихъ миль ниже по теченію. Городъ West-Troy, получавшій воду тоже изъ Mohawk, немного выше Соное, страдалъ тифозной эпидеміей съ ноября 1890 г. до февраля 1891; эпидемія прекратилась, когда стали брать воду изъ р. Гринъ-Айляндъ. Въ гор. Альбани, отстоящемъ отъ Увестъ-Трои на 6 миль дальше, болѣзнь сдѣлалась эпидемической въ Декабрѣ, и продолжалась до весны. Находящіеся въ непосредственной близи Увестъ-Трои города Уатерфордъ, Ленсинбургъ и Трой, получавшіе воду изъ другихъ источниковъ, эпидеміей совсѣмъ не были тронуты.

Подобное явленіе наблюдалось во время эпидеміи въ городахъ Леуэлъ и Лявренсъ, и въ нѣкоторыхъ другихъ мѣстностяхъ. Зараженія тифозными болѣзнями наблюдались даже въ городахъ, расположенныхъ на большихъ озерахъ, въ которыя спускались городскія нечистоты. Эпидемія тифозной лихорадки была вызвана въ 1889 г. въ Вашингтонѣ колодезной водой; въ Плиматъѣ (Plymouth) причиной этой болѣзни, которой подверглись 1100 жителей изъ всего числа 8000, были испражненія одного только больного; они были оставлены на поверхности снѣга, откуда вскорѣ были смыты дождемъ, и попали въ рѣку, изъ которой брали воду для домашнихъ потребностей. Подобныхъ случаевъ не мало было и въ Европѣ не только по отношенію къ тифозной, но и холерной эпидеміи.

ГЛАВА III.

Добыча воды.

48. Роды главныхъ сооруженій. Къ главнымъ сооруженіямъ водоснабженія принадлежатъ:

- 1) сооруженія для собиранія воды;
- 2) сооруженія для очистки воды;
- 3) сооруженія для провода, храненія и распредѣленія воды.

1. Сооруженія для собиранія воды. Эти сооруженія бывають нужны при снабженіи ключевой, грунтовой и дождевой водой.

Для собиранія грунтовой воды (къ которой можетъ быть причислена и ключевая) служатъ колодцы, сборные каналы, артезіанскіе колодцы и т. д. Положеніе ихъ опредѣлено положеніемъ водоноснаго слоя; они должны быть заложены на такой глубинѣ, на которой вода свободна отъ бактерій.

Когда воду берутъ изъ большихъ рѣкъ или озеръ, то въ собирательныхъ сооруженіяхъ не бываетъ надобности; тогда нужно только произ-

вести изысканія въ цѣли опредѣленія наиболѣе удобнаго мѣста для устройства пріемника (водоема); при этомъ нужно имѣть въ виду главнымъ образомъ качество воды.

Дождевыя воды и воды мелкихъ руслъ собираютъ земляными резервуарами и цистернами. Для резервуаровъ нужно выбирать такіе бассейны, которые по возможности менѣе заселены, или, что лучше, совсѣмъ не заселены. Вслѣдствіе того нерѣдко приходится устраивать ихъ въ большемъ разстояніи (доходящемъ до 100 вер. и болѣе) отъ мѣста снабженія.

II. Сооруженія для очистки воды состоятъ главнымъ образомъ изъ осадочныхъ бассейновъ, въ которыхъ вода освобождается отъ болѣе тяжелыхъ примѣсей, и изъ фильтровъ разнаго рода. Непріятные газы удаляются аэраціей; желѣзистыя грунтовые воды требуютъ аэраціи и фильтраціи, жесткія — химическаго осажденія. Грунтовые воды въ очисткѣ обыкновенно не нуждаются.

III. Сооруженія для провода, храненія и распредѣленія воды. Сюда принадлежатъ каналы, каналы, трубы, акведуки и прочіе проводы, насосы и насосныя станціи, баки или резервуары для регулированія расхода и напора, и трубная сѣть, доставляющая воду потребителямъ.

49. Добыча воды изъ рѣкъ и озеръ. Мѣсто въ рѣкѣ или озерѣ, изъ котораго берутъ воду, окружаютъ обыкновенно особаго рода сооруженіемъ, которое называютъ пріемникомъ, а самое мѣсто—водоемомъ.

Цѣль пріемника состоитъ въ регулированіи количества отводимой воды, освобожденія ея отъ грубыхъ примѣсей, плавающихъ веществъ, и мелкой рыбы. Онъ долженъ быть построенъ экономично, но при томъ вполне прочно и надежно, потому что поврежденіе его можетъ имѣть послѣдствіемъ прекращеніе доставки воды. Впускъ воды въ пріемникъ долженъ быть свободенъ отъ ледохода и замерзанія; также нужно имѣть въ виду возможность исключенія его изъ дѣйствія въ случаѣ очистки или исправленій. Получаемая изъ пріемника вода должна быть хорошаго качества, и онъ долженъ быть снабженъ рѣшетками, задерживающими плавающие предметы, мелкую рыбу и проч.

Воду изъ пріемника отводятъ каналомъ или трубой; въ послѣднемъ случаѣ, когда вода выкачивается насосами, пріемный проводъ, при небольшомъ разстояніи насоснаго зданія отъ водоема, можетъ состоять изъ одной только всасывающей трубы; но когда это разстояніе значительно, то обыкновенно устраиваютъ въ непосредственной близи этого зданія колодезь, называемый всасывающимъ колодеземъ, который, гдѣ возможно, соединяютъ съ пріемникомъ ливерной трубой, потому что длинныя всасывающія трубы невыгодны. Насосы выкачиваютъ воду изъ этого колодезя.

50. Выборъ мѣста для пріемника. При выборѣ мѣста нужно главнымъ образомъ имѣть въ виду качество воды и стоимость сооружений и ихъ содержанія.

Что касается качества, то прежде всего надо обратить вниманіе на чистоту притекающей къ пріемнику воды; онъ долженъ поэтому находиться вверхъ по теченію въ такомъ разстояніи отъ населенныхъ мѣстъ, чтобы можно было увѣреннымъ въ полномъ отсутствіи засоренія органическими веществами. Во время половодья сточныя воды распливаются иногда на большое разстояніе вверхъ и въ этомъ отношеніи должны быть исполнены тщательныя изслѣдованія помощью поплавковъ и анализовъ воды въ разное время года; мѣсто пріемника должно находиться внѣ пространства, доступнаго вреднымъ водамъ.

Когда профиль рѣки небольшой то всего лучше брать воду у самого стрежня, такъ какъ она въ этомъ мѣстѣ подвержена засоренію органическими веществами менѣе, чѣмъ у береговъ. Воду не слѣдуетъ брать у самой поверхности, потому что тамъ она болѣе засорена микроорганизмами, чѣмъ на серединѣ глубины; всего лучше выбирать по возможности глубокое мѣсто, не слишкомъ близко къ берегамъ, и гдѣ теченіе не особенно сильное.

Выбранное для пріемника мѣсто должно отличаться постоянствомъ профиля на нѣкоторомъ, не слишкомъ маломъ разстояніи вверхъ и внизъ по теченію; берега и дно не должны быть размываемы, а когда это условіе не исполнено, то необходимо соотвѣтственно ихъ укрѣпить; полезно обратить вниманіе на пригодность прилегающей мѣстности для расположенія насосной станціи, отстойныхъ бассейновъ, фильтровъ и пр., а также на стоимость всасывающаго или ливернаго провода, и провода отводящаго воду къ запасному резервуару.

51. Пріемники въ широкихъ рѣкахъ съ мало переměннымъ горизонтомъ. Устройство ихъ самое простое. Конецъ водоемной трубы упираютъ на небольшой фундаментъ изъ бетона, или на деревянный ростверкъ; въ случаѣ большого сооруженія устраиваютъ подпорную стѣнку, часто съ крыльями для откосныхъ береговъ, которыхъ откосы вблизи пріемника должны быть вымощены камнемъ.

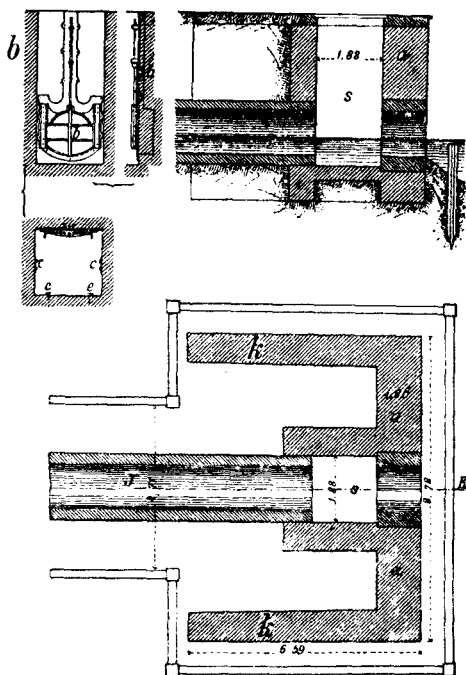
Примѣры. На черт. 59 представлено устройство пріемника, построеннаго для водоснабженія г. Магдебурга. *з* — колодезь; *Ж* — каналъ отводящій воду къ фильтрамъ; *а. а* — подпорная стѣнка, *к, к* — обратныя крылья, связывающія эту стѣнку съ берегами. Вокругъ сооруженія забиты, для предупрежденія подмыва, шпунтовые сваи. Въ колодезѣ *з* помѣщенъ подъемный щитъ (черт. *б*); въ пазы *сс* и *ее* вставляютъ рѣшетки, задерживающія плавающія вещества. Иногда бываетъ нужна частая рѣшетка для мелкой рыбы.

На черт. 60 изображенъ приѣмникъ съ откосными крыльями, устроенный въ р. Эльбѣ для водоснабженія г. Гамбурга; *c* — пазы для рѣшетки.

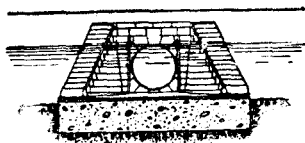
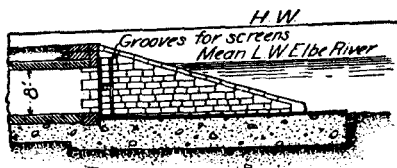
Черт. 61 представляетъ рѣчной приѣмникъ города Филадельфій въ Америкѣ. Онъ раздѣленъ на два равныя отдѣленія; каждое отдѣленіе имѣетъ 3 прямоугольныя окошка шириной 2,96 фут. и высотой 4 ф., снабженныя подъемными щитами. Впереди послѣднихъ, въ разстояніи нѣсколькихъ футовъ, помѣщены желѣзныя рѣшетки *r*, вставленныя въ пазы *p* продолженной для этой цѣли кладки. Отъ cadaго отдѣленія выходятъ по 2 всасывающія чугунныя трубы діаметра 48 дюйм., снабженныя задвижками. Приѣмникъ устроенъ въ плотинѣ, и отъ него проведенъ къ глубокому мѣсту рѣки каналъ длиною 45 фут.

Въ Бреславлѣ устроенъ на берегу рѣки отстойный бассейнъ *ВВ*, находящійся въ прямомъ сообщеніи съ рѣкой *С*, черт. 62.

М — насосное зданіе и напорная башня, *К* — котельныя помѣщенія, *Р* — резервуаръ чистой воды. Проводы нефильтрованной воды проведены пунктиромъ, а фильтрованной — сплошными линіями. Объемъ отстойнаго бассейна $B = \frac{1}{3}$ суточного расхода.

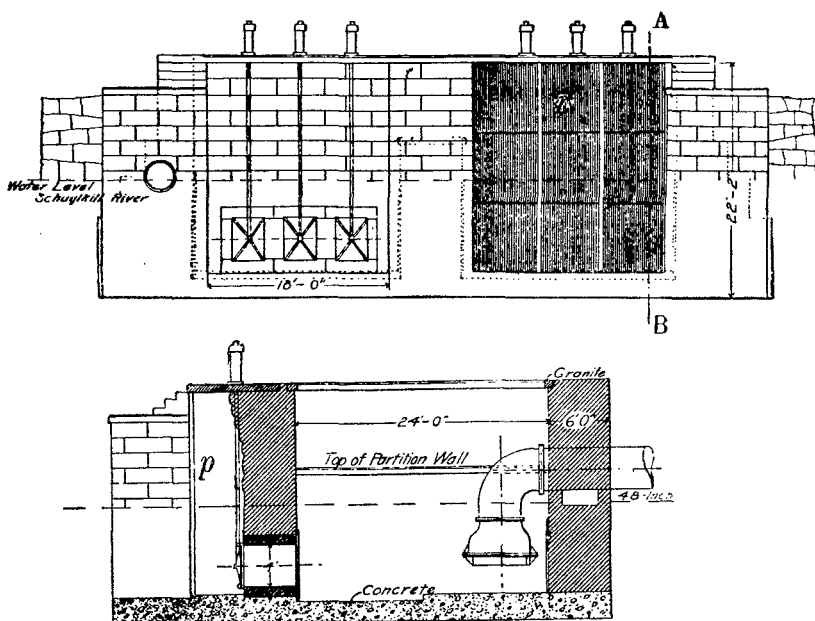


Черт. 59.

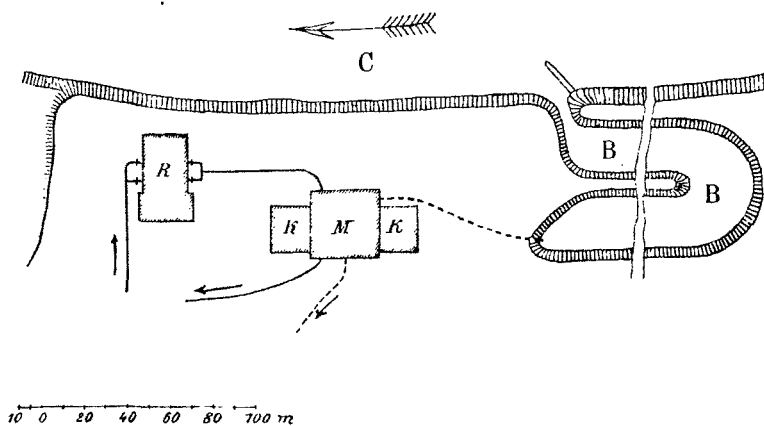


Черт. 60.

Черт. 63 представляетъ приѣмникъ г. Вормса. Онъ состоитъ изъ чугуннаго цилиндра, котораго высота 1 метр., а діаметръ 3 метр., уложеннаго въ слоѣ мелкаго гравія на 1,5 метр. ниже дна рѣки Рейна, въ разстояніи

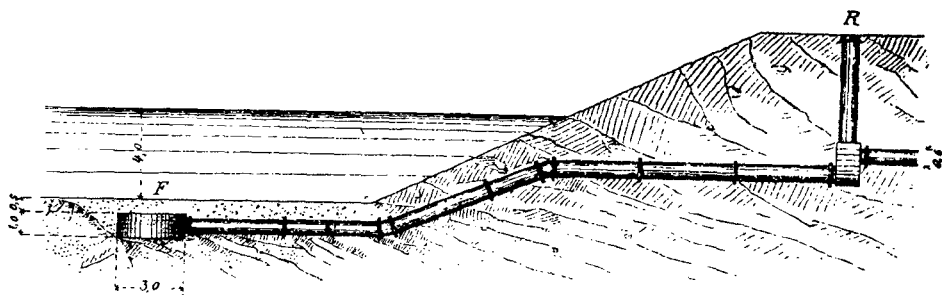


Черт. 61.



Черт. 62.

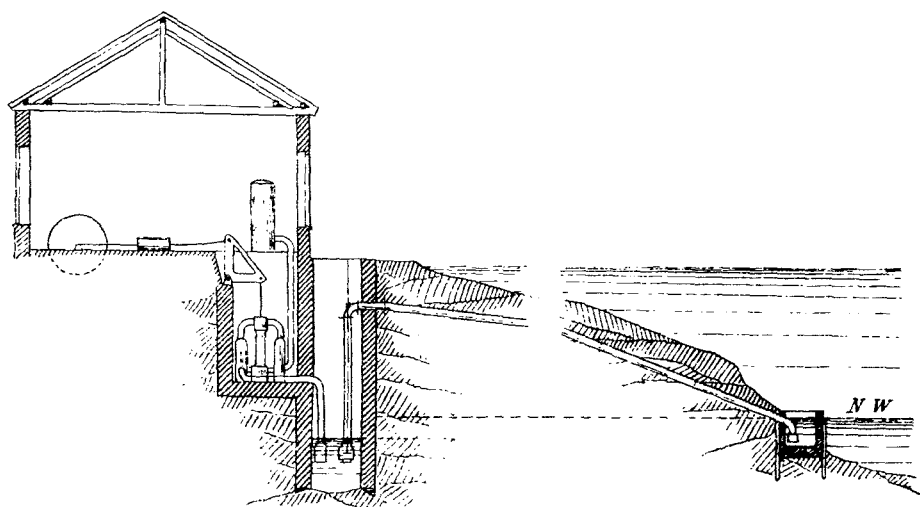
28 метр. отъ берега. Диаметръ выходящей изъ этого цилиндра всасывающей трубы = 0,5 мтр., а длина 1750 мтр.; *R*—входная шахта. Такое



Черт. 63.

устройство можетъ быть рекомендовано только въ случаѣ, когда вода совершенно чистая, или когда замѣна фильтрующаго гравія можетъ быть исполняема безъ затрудненія.

На черт. 64 представленъ случай проведенія воды изъ рѣки къ на-



Черт. 64.

сосному колодцу посредствомъ ливернаго провода; для уменьшенія высоты всасыванія насосы помѣщены въ особомъ колодцѣ.

52. Горизонтъ воды измѣняется въ большихъ предѣлахъ. Мѣсто, удобное для приѣма воды при самомъ низкомъ горизонтѣ въ этомъ случаѣ находится часто въ большомъ разстоянн отъ береговъ. Такъ какъ высота всасыванія не превышаетъ 15 или 20 фут. (5—7 мтр.), то не-

редко бываетъ нужно помѣщать насосы ниже горизонта высокихъ водъ въ глубокихъ, для воды совершенно недоступныхъ колодцахъ. Внѣшній конецъ приѣмной трубы окружаютъ обыкновенно срубомъ (деревянными бревенчатыми стѣнками), поддерживающимъ его на высотѣ 2—3 фут. надъ дномъ рѣки, заполненнымъ внутри крупными камнями; срубъ сверху перекрываютъ рѣшеткой, отверстія которой представляютъ площадь, въ 2—3 разъ большую сѣченія приѣмного провода, для того чтобы вода въ послѣдній входила съ малой скоростью. При большой быстротѣ теченія окружаютъ срубъ и снаружи, для устраненія подмыва, крупнымъ камнемъ или сваями.

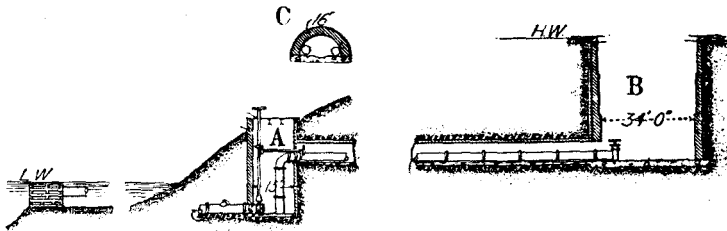
Нерѣдко устраиваютъ каменный приѣмникъ, который при неглубокой водѣ выступаетъ выше горизонта низкихъ водъ; для впуска воды устраиваютъ въ стѣнкахъ окошки. Въ планѣ такой приѣмникъ имѣетъ часто круглый видъ; когда онъ перекрытъ купольнымъ сводомъ, то его называютъ дельфиномъ.

Въ Америкѣ каменные приѣмники въ рѣкахъ съ быстрымъ теченіемъ получаютъ въ планѣ такую же форму, какъ мостовыя опоры, т. е. съ острымъ отводомъ съ верховой стороны, и тогда отверстія для впуска устроены съ боковъ; площадь этихъ отверстій должна быть опредѣлена такъ, чтобы скорость у входа не превышала 2 или 3 фут. Такое устройство приѣмника имѣетъ то удобство, что подвижные щиты, которыми снабжены впускныя окошки, даютъ возможность брать воду изъ разной глубины и исключать приѣмникъ изъ провода въ случаѣ чистки его. Но стоимость такихъ приѣмниковъ очень высокая, они поэтому, могутъ быть устраиваемы только для богатыхъ городовъ.

Примѣры. Построенный въ 1902 г. приѣмникъ Москворѣцкаго водопровода въ Рублевѣ рассчитанъ на 14 миллионовъ ведеръ въ сутки. Онъ представляетъ прямоугольное сооруженіе длиной 11,3 и шириной 4,5 сажень, раздѣленное перегородкой на 2 равныя половины, возвышающееся надъ горизонтомъ низкихъ водъ на 3,7 саж. Приѣмникъ построенъ изъ тесоваго камня; фундаментъ изготовленъ пневматическимъ путемъ помощью кессона такихъ же горизонтальныхъ размѣровъ какъ и все сооруженіе. Для впуска воды сдѣланы въ продольной стѣнѣ каждого отдѣленія квадратныя отверстія съ стороною 0,5 саж., на двухъ разныхъ высотахъ: въ нижнемъ ряду по 8-ми, а въ верхнемъ—по 6 отверстій. Отверстія закрываются задвижками съ внутренней стороны; отверстія для трубъ, отводящихъ воду къ машинному зданію устроены въ противоположной стѣнѣ; отъ каждого отдѣленія выходятъ по 2 трубы діаметра 42 дюйм.

На черт. 65 изображенъ приѣмникъ города Steubenville (Ohio въ Америкѣ). Онъ состоитъ изъ двухъ 24 дюймовыхъ чугунныхъ трубъ, выходящихъ изъ построеннаго въ рѣкѣ сруба *LW*, оканчивающагося на горизонтѣ низкой воды. Трубы вводятъ воду въ приѣмный колодецъ *A*, глу-

биной 30 фут., и діаметра 15 ф.; колодець представляет стальную трубу, склепанную изъ $\frac{1}{4}$ дюймового котельнаго желѣза, обдѣланную снаружи кирпичной кладкой, и перекрытой сверху желѣзной крышкой; дно выложено бетономъ. Такое устройство было необходимо для непроницаемости колодца, такъ какъ его дно находится ниже горизонта низкой воды. Колодець *A* соединенъ съ колодцемъ *B*, находящимся возлѣ насоснаго зданія, посредствомъ туннеля, въ которомъ помѣщены 2 всасывающія трубы діаметра 16 дм.; высота всасыванія = 15 фт. Дно колодца *B* устроено ниже горизонта высокихъ водъ, поэтому стѣнки состоятъ изъ двойной кирпичной кладки, которой промежутокъ, представляющій цилиндрическое кольцевое пространство толщиною 2 дм., заполненъ растворомъ изъ португальскаго цемента 1:1. Такимъ же образомъ устроенъ и тон-



Черт. 65.

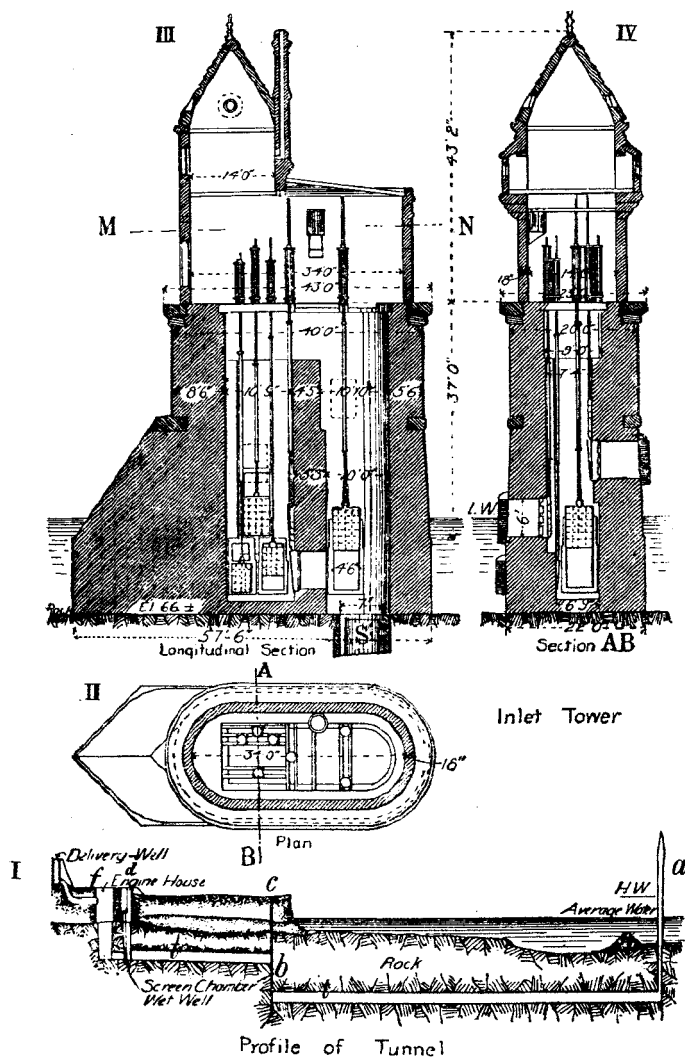
нель. Задвижка въ колодцѣ *A* можетъ быть приводима въ движеніе не только снаружи, но также изъ туннеля; *C*—сѣченіе туннеля.

На черт. 66 изображенъ приѣмникъ города St. Louis (Синсиннати, Амер.) устроенный въ рѣкѣ Кентекки въ разстояніи 1500 фт. отъ берега. Черт. I представляетъ продольный профиль устройства: *a*—приѣмникъ, *f*—всасывающій колодець, возлѣ него насосное зданіе; *tt*—тоннели, соединяющіе насосный колодець съ приѣмникомъ; *bc*—входная шахта, сообщающая верхній туннель съ нижнимъ; *d*—колодець, внизу котораго устроена камера для 2-хъ рѣшетокъ съ отверстіями въ $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{4}$ дм. На черт. II показанъ горизонтальный разрѣзъ приѣмника по *MN*, на черт. III—его продольный, и на черт. IV—поперечный разрѣзъ по *AB*. Въ продольной стѣнкѣ приѣмника сдѣланы для впуска 3 отверстія ниже горизонта низкихъ водъ, и одно—выше первыхъ, а въ противоположной стѣнкѣ—2 отверстія выше этого горизонта (указанныя пунктиромъ). Отверстія снабжены щитами, и приводятся въ движеніе гидравлически помощью прессовъ, помѣщенныхъ въ верхнемъ этажѣ приѣмника. Поршни прессовъ приводятъ въ движеніе глицериномъ *). *S*—шахта, по которой вода опускается въ туннель.

*) Engineering News. 1891 XXVI p. 4—Engin. Record. 1892 p. 319. XXV.

Когда условия местности позволяют, то воду из приемника отводят въ отстойные бассейны и фильтры самотекомъ. Если расходъ рѣки очень малъ, то для образованія бассейна достаточной глубины устраиваютъ поперекъ ея основную или низкую сливную плотину. Въ Рублевѣ

для этой цѣли устроена полузапруда, идущая отъ середины рѣки къ берегу, противоположному приемнику; при сооруженіи ея имѣлось въ виду также увеличеніе скорости теченія для предупрежденія начинавшагося въ близи приемника обмеленія рѣки.



Черт. 66.

53. Добыча воды изъ озеръ. Отысканіе такого мѣста, которое давало бы во всякое время достаточное количество воды безупречнаго качества требуетъ не рѣдко не мало труда и времени. Оно должно быть свободно отъ всякаго рода засореній; нужно обратить вниманіе на устья притоковъ, количество и качество влекомыхъ послѣдними наносовъ, характеръ дна озера, преобладающія направленія вѣтра и теченій воды, ихъ вліяніе на взбалтываніе на днѣ ила и на передвиженіе послѣдняго и т. д.

Приемникъ долженъ быть помѣщенъ на достаточной глубинѣ, защищенъ отъ дѣйствія волнъ и льда, и отъ осадковъ, приводимыхъ къ нему волнами. За минимальную глубину (на которой дѣйствіе волнъ остается безъ вліянія) можно

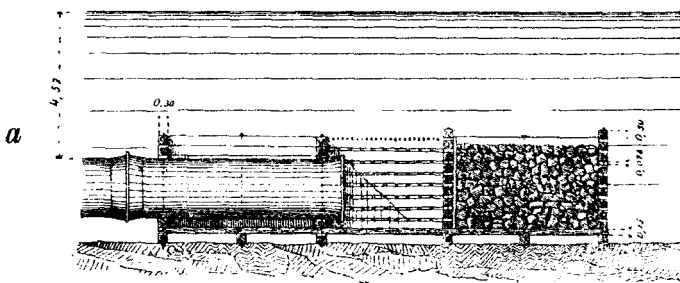
считать 15 — 20 фут., но въ большихъ озерахъ эта глубина достигаетъ 40 и 50 фут.

Въ малыхъ озерахъ горизонтъ воды подверженъ колебаніямъ, и здѣсь необходимо знать высоту наинизшаго горизонта, и принимать во вниманіе возможную толщину льда, которая можетъ превышать 80 сантиметр. ($1\frac{1}{2}$ ф.)

Трубы, отводящія воду, бываютъ чугунныя и стальные; укладка послѣднихъ, вслѣдствіе ихъ меньшаго вѣса, менѣе затруднительна, но положеніе ихъ не такъ прочно, какъ чугунныхъ.

Для защиты отъ волнъ, льда и пр. окружаютъ мѣсто водоема срубомъ, и въпускъ устраиваютъ такимъ образомъ, чтобы входная скорость не превышала 3 или 4 дм.; входное отверстіе должно быть расположено на 6 до 8 фут. выше дна озера, чтобы въ него не могли попадать грубыя осаждающіяся вещества.

Не мало затрудненія представляетъ отводъ отъ пріемника льда. Въ находящейся въ движеніи озерной водѣ образуются мелкія ледяныя



Черт. 67а.



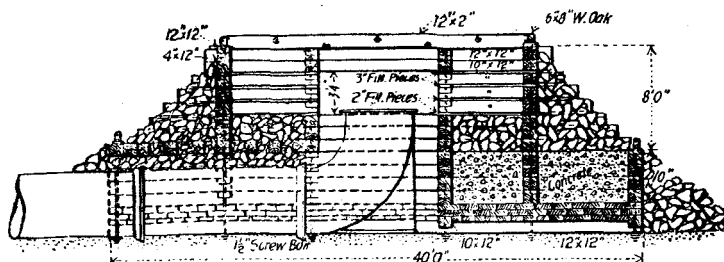
Черт. 67б.

иголки, исчезающія только послѣ того, когда поверхность покроется льдомъ. Эти иголки перемѣщаются волненіемъ и теченіемъ, и при встрѣчѣ пріемной трубы къ ней примерзаютъ, и образуютъ вокругъ нея и вокругъ пріемника твердую массу, закрывающую входное отверстіе, которую весьма трудно бываетъ удалить. Вслѣдствіе того полезно выбирать для пріемника такое мѣсто, на поверхности котораго быстро образуется ледъ.

Примѣры. Пріемникъ въ озерѣ Ontario для города Торонто представленъ на черт. 67. Онъ состоитъ изъ крѣпкаго деревяннаго ящика, котораго основаніе квадратъ съ стороною 14,2 мтр. Его внутреннее пространство раздѣлено двумя взаимно-перпендикулярными парами стѣнокъ на 9 равныхъ квадратныхъ камеръ, изъ которыхъ 7 наружныхъ заполнены камнями. Въ среднюю камеру входитъ пріемная (деревянная) труба ді-

метра 1,83 мтр., къ которой вода притекаетъ черезъ перекрывающую внутренний ящикъ рѣшетку, и сквозь щели боковыхъ стѣнокъ. Черт. 67b—сѣченіе рѣшетки.

На черт. 68 представленъ пріемникъ устроенный въ озерѣ Milwaukee. Камера, въ которую входитъ изогнутая концомъ вверхъ чугунная пріемная труба, покрыта рѣшеткой изъ досокъ въ 2×12 дюйм., съ промежутками въ 2 дм.; площадь образуемыхъ послѣдними отверстій превышаетъ сѣченіе трубы въ 10 разъ. Пріемникъ изготовленъ изъ дерева подобнымъ образомъ какъ въ предыдущемъ случаѣ, но его нижняя часть, для боль-



Черт. 68.

шей устойчивости, уширена и заполнена бетономъ; остальная часть ящика до высоты устья трубы выложена камнемъ, а вокругъ всего пріемника устроена каменная отсыпь *).

54. Грунтовая вода. Та часть дождевой воды, которая просачивается въ грунтъ, опускается въ немъ до тѣхъ поръ, пока не встрѣтитъ водонепроницаемый слой, или поверхность раньше просочившейся воды. Слой грунта, пропитанный водою, называется водоноснымъ, а заключенная въ водоносномъ слоѣ вода—грунтовой водой. Выходящая наружу грунтовая вода называется ключевой, а мѣсто изъ котораго она вытекаетъ—ключемъ (также источникомъ, родникомъ).

Сооруженія для собиранія грунтовой воды могутъ быть раздѣлены на слѣдующія категоріи:

- 1) Пріемники ключевой воды.
- 2) Колодцы для собиранія грунтовой воды.
- 3) Сборныя галлерей.
- 4) Артезианскіе колодцы.

55. Собираніе ключевой воды. При собираніи ключевой воды главное вниманіе должно быть обращено на сохраненіе чистоты водоноснаго слоя, изъ котораго она вытекаетъ, поэтому наружные засоренные

*) Engineering News Vol. XXXIV.

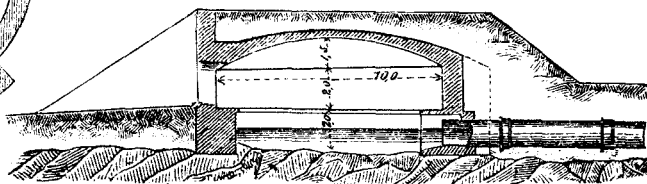
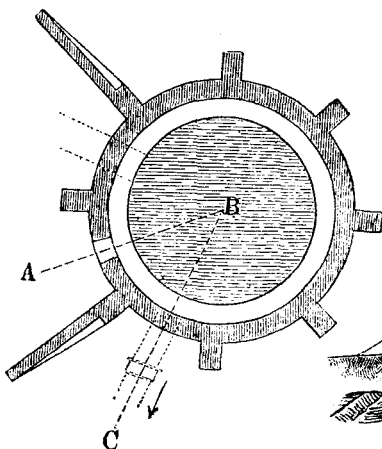
слои грунта должны быть устранены. Когда воду собирают из нѣсколькихъ ключей, то каждый получаетъ особый бассейнъ, т. е. обдѣланную камнемъ яму (мелкій колодецъ), изъ которой вода отводится трубами въ общую камеру. Для устранения загрязненія воды и предупрежденія развитія водорослей эти бассейны должны быть перекрыты, чтобы свѣтъ не имѣлъ къ нимъ доступа. Для малаго ключа обдѣлкой бассейна можетъ служить цементная труба, закрытая сверху цементной же крышкой; большіе бываетъ нужно перекрывать сводами и засыпать слоемъ земли толщиной 4—5 футовъ.

Когда вода вытекаетъ изъ откоса горы, то сборная камера получаетъ видъ горизонтальной галереи (штольни) врѣзанной въ гору, которая, для возможности доступа къ ней, снабжается входной дверью. Въ штольнѣ долженъ быть устроенъ:

а) переливъ для отвода лишней воды въ сторону;

б) спускъ, для возможности опорожнения приемника;

в) отстойникъ для песка, когда вода вытекаетъ изъ песчаного слоя.



Черт. 69.

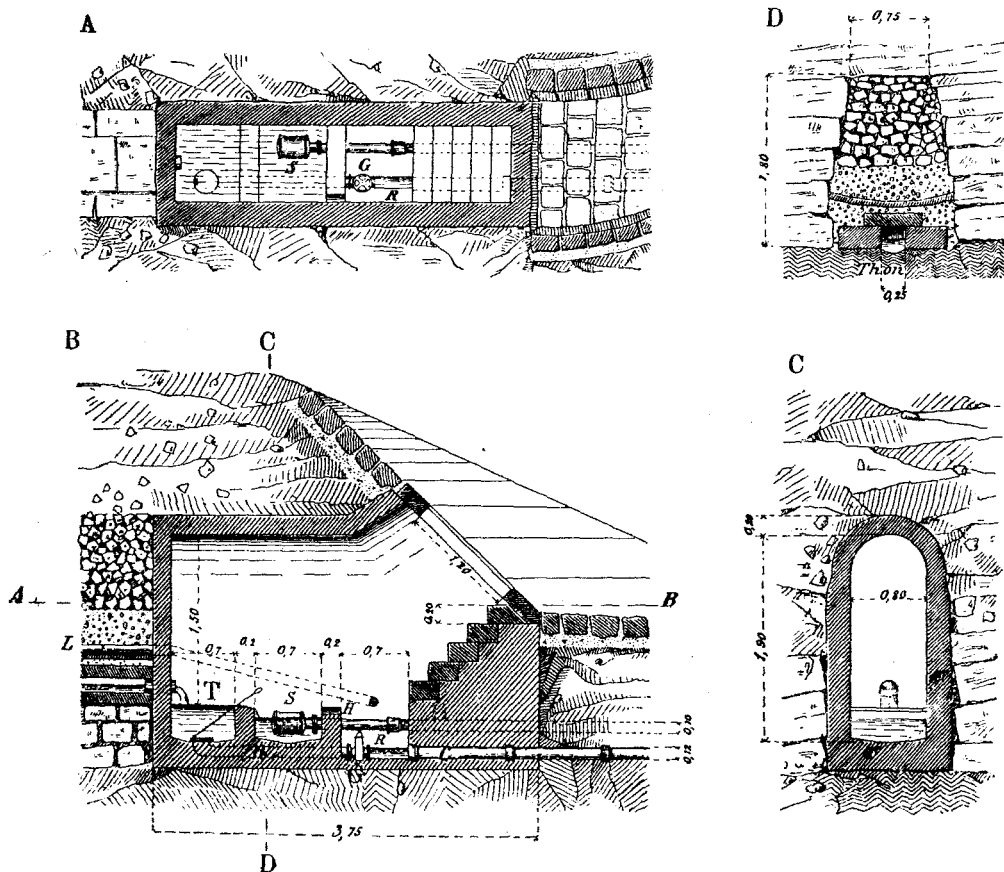
Выходящая изъ камеры или штольни приемная труба должна быть расположена на нѣсколько дюймовъ выше дна, чтобы собирающіеся на послѣднемъ осадки въ нее не попадали. Приемное отверстіе полезно снабдить мелкой сѣткой.

Вода изъ отдѣльныхъ ключевыхъ бассейновъ проводится въ главный каналъ или магистраль; въ началѣ магистрали устраиваютъ каменную камеру, въ которой собирается и отстаивается вода изъ отдѣльныхъ ключей; въ стѣнкѣ, отдѣляющей эту камеру отъ магистрали, помѣщаютъ часто сливъ, измѣряющій количество протекающей воды.

Дерево пособствуетъ развитію водорослей и микроорганизмовъ, поэтому въ случаѣ, когда вода назначается для домашнихъ цѣлей, не должно быть употребляемо тамъ, гдѣ оно можетъ приходить въ соприкосновеніе съ водой. Наиболѣе пригодны для этихъ сооружений каменные

материалы: естественные камни, кирпичъ и бетонъ; для устраненія возможности появленія водорослей полезно стѣнки камеры гладко смазать цементомъ, или покрыть ихъ глазурированнымъ кирпичемъ; желѣзные части должны быть покрыты асфальтовымъ лакомъ или краской.

Примѣры. Черт. 69 представляетъ сборную камеру ключевой воды, выходящей на поверхность земли въ ровномъ мѣстѣ. Для защиты отъ пе-



Черт. 70.

ремѣнъ температуры и отъ засореній устроенъ круглый колодезь, перекрытый сводомъ и слоемъ земли. Снаружи имѣется входъ, служащій вмѣстѣ вентиляционнымъ отверстіемъ, а внутри—банкетъ вокругъ стѣнки, облегчающій осмотръ. Вода отводится трубою *A*, а для опорожненія устроенъ спускъ *B*; переливъ здѣсь не былъ нуженъ.

На черт. 70 указана конструкція сборной камеры для ключа, вытекающего изъ откоса горы (черт. *A*—горизонтальный разрѣзъ по *AB*;

черт. *B*—вертикальный разръзъ черезъ середину камеры; черт. *C*—поперечный разръзъ по *CD*). Сѣченіе камеры прямоугольное; входная дверь расположена наклонно, и отъ нея ведутъ къ дну камеры каменные ступеньки. Камера перекрыта полуциркульнымъ сводомъ; внизу она раздѣлена двумя низкими перегородками на 3 отдѣленія; вода выходящая изъ трубы, проходящей черезъ нагорную стѣнку, освобождается въ первомъ отдѣленіи *T* отъ песка, переливается черезъ верхъ перегородки во второе отдѣленіе *S*, и попадаетъ здѣсь въ чугунную трубу, отводящую ее въ главный проводъ. Третье отдѣленіе *R* служить переливомъ; отъ него выходитъ открытая гончарная труба *C*, по которой стекаетъ лишняя вода, переливающаяся черезъ вторую перегородку, въ сторону.

Труба *n* сообщаетъ третье отдѣленіе съ первымъ; въ *T* она закрыта крышкой, приводимой въ движеніе особымъ стержнемъ, а въ *R* снабжена задвижкой *G*; помощію ея можно изъ *T* спустить всю воду. Дно камеры расположено на водонепроницаемомъ грунтѣ; чтобы собрать больше воды проведена во внутрь горы штольня длиною 20 мтр., на днѣ которой устроенъ сборный лотокъ. Въ нижней части штольня выложена гравіемъ (черт. *D*), перекрытымъ сверху слоемъ гончарной глины, образующемъ родъ лотка, по которому могутъ стекать просачивающіяся въ почву загрязненныя дождевыя воды; по особой трубѣ эти воды стекаютъ въ отдѣленіе *R*. Для защиты отъ мороза входную дверь на зиму покрываютъ землей или навозомъ.

Собирание грунтовой воды.

56. Предварительныя работы. Определеніе наиболѣе выгоднаго мѣста для устройства водосборныхъ сооружений, т. е. такого, въ которомъ вода получалась бы всегда въ достаточномъ количествѣ и хорошаго качества, требуетъ обширныхъ и продолжительныхъ изысканій. Прежде всего бываетъ нужно рѣшить вопросъ, какого рода водѣ слѣдуетъ отдать предпочтеніе: ключевой, грунтовой или рѣчной. Въ гигиеническомъ отношеніи наиболѣе удовлетворительна грунтовая вода, находящаяся въ чистомъ грунтѣ на глубинѣ не меньшей 4 или 5 метр., такъ какъ въ такой водѣ бактеріи почти совершенно отсутствуютъ. Но если въ изслѣдуемой окрестности имѣются ключи, то предварительныя изысканія должны имѣть въ виду ключевую воду, потому что сборныя сооружения для ключевой воды дешевле, чѣмъ для грунтовой.

Къ рѣчной водѣ слѣдуетъ обращаться только въ случаѣ необходимости, но и тогда нужно рассмотретьъ всесторонне вопросъ; не было-бъ ли возможно устроить двойной проводъ, который для питья и кушанья доставлялъ бы ключевую или грунтовую, а для всѣхъ остальныхъ потребностей—рѣчную воду. Союзъ специалистовъ водопроводнаго дѣла въ Гер-

мани рекомендуетъ слѣдующее правило. «Предварительныя работы для городскихъ водоснабженій должны быть распространены прежде всего на имѣющіеся въ окрестности города ключи. Если доставляемая ими вода окажется по количеству удовлетворительной, то ей слѣдуетъ отдать предпочтеніе передъ всякой другой водой. Но при исполненіи нужно принимать во вниманіе стоимость устройства и эксплуатаціи, конструкцію привода, частое совпаденіе наименьшаго расхода ключей лѣтомъ съ наибольшимъ расходомъ въ городѣ, и возможность расширенія при позднѣйшемъ увеличеніи населенія».

Важнымъ пособіемъ при предварительныхъ работахъ служатъ карты генеральнаго штаба и геологическія карты окрестности. Изучивъ, въ случаѣ возможности, мѣстность по этимъ картамъ, переходятъ къ рекогносцировкѣ ея по отношенію къ ключевымъ, и въ случаѣ надобности, и грунтовымъ водамъ: при этомъ изслѣдуютъ главнымъ образомъ тѣ мѣста, въ которыхъ можно предполагать существованіе обширныхъ водоносныхъ слоевъ; весьма полезныя указанія получаются часто посредствомъ изученія качествъ нижняго грунта въ колодцахъ, колебанія уровня воды въ нихъ, и изслѣдованія ихъ воды.

Внѣшніе признаки, указывающіе на присутствіе грунтовой воды, слѣдующіе: Отсутствіе или бѣдность открытыхъ руслъ на большомъ протяженіи, малыя повышенія горизонта небольшихъ рѣкъ послѣ сильныхъ дождей, проницаемая поверхность, питаніе глубокихъ рѣкъ и озеръ грунтовой водой, появленіе на косогорахъ ключей. Скопленіе большого количества грунтовой воды можно предполагать въ рѣчныхъ долинахъ, старорѣчьяхъ, высохшихъ руслахъ протекавшихъ у подножья горъ, въ сухихъ или бѣдныхъ водой оврагахъ; иногда встрѣчаются на поверхности ключи и болота, получающія воду изъ нижняго слоя, отдѣленнаго отъ верхняго непроницаемымъ, черезъ который находящаяся подъ напоромъ вода пробиваетъ себѣ дорогу посредствомъ трещинъ или другимъ путемъ.

57. Степень проницаемости. Въ мѣстностяхъ, удовлетворяющихъ предыдущимъ условіямъ, нужно изслѣдовать водоносный слой съѣтью буровыхъ скважинъ (діаметра 3—5 сант.) и когда окажется, что толщина его довольно значительна, произвести испытаніе качества и опредѣленіе количества воды этихъ скважинъ. Если одновременно съ добытымъ (обыкновенно помощью ручного насоса) опредѣленнымъ количествомъ воды будетъ измѣрено пониженіе горизонта въ скважинѣ, то такъ какъ малыя пониженія относятся какъ расходы, частное отъ раздѣленія количества на пониженіе опредѣлитъ степень проницаемости въ разныхъ мѣстахъ. Приблизительно степень проницаемости опредѣляютъ иногда такимъ образомъ, что открытый сверху цилиндръ съ дырчатымъ дномъ наполняютъ увлажненнымъ матеріаломъ водоноснаго слоя, и опредѣляютъ

время, которое нужно для того, чтобы через него просачилось известное количество воды. Результат получается только приближенный, потому что въ сосудѣ трудно достигъ ту же плотность, какую матеріалъ имѣлъ въ натурѣ; но этотъ способъ полезенъ для сравненія матеріаловъ въ разныхъ мѣстахъ и такимъ образомъ опредѣленія положенія того мѣста, которое при наименьшемъ пониженіи будетъ давать наибольшее количество.

58. Степень поглощаемости. Въ тоже время нужно опредѣлить точно толщину водоноснаго слоя и его поглощательную способность, т. е. отношеніе объема пустотъ къ полному объему. Если бы частицы были одинаковой величины и точные шарики, то при плотной укладкѣ объемъ пустотъ равнялся бы около 26% полного объема. Вслѣдствіе неправильностей формы и другихъ причинъ этотъ объемъ обыкновенно больше. Такъ въ равномерномъ пескѣ онъ = 35—40%; въ смѣси песка и гравія онъ меньше этихъ предѣловъ, но рѣдко бываетъ ниже 25 проц. Пористость скалистыхъ породъ измѣняется отъ 1% (гранитъ) до 25, и даже 30% (неплотный песчаникъ).

Количество воды, которое можетъ вмѣщать въ себѣ скалистый грунтъ, имѣетъ менѣе значенія; чѣмъ то количество, которое черезъ него протекаетъ.

Замѣтное количество воды рѣдко можетъ быть получено изъ другого грунта, кромѣ песка и гравія. Согласно опытамъ поглощеніе, выраженное въ процентахъ, заключено въ слѣдующихъ предѣлахъ:

Песокъ	35—45%
Песокъ и гравій	25—30%
Песчаный грунтъ	41%
Песчаникъ	4—28%
Известняки, магнезиты	0,58—13%
Граниты	0,2—1,5%

Пробу на поглощаемость исполняютъ такимъ образомъ, что испытуемымъ матеріаломъ наполняютъ упомянутый выше цилиндръ (съ дырчатымъ дномъ), и льютъ въ него воду до тѣхъ поръ, пока она не появится у дна. Этимъ увлажненнымъ матеріаломъ наполняютъ сосудъ опредѣленнаго объема, насыщаютъ его водою и измѣряютъ съ всевозможной точностью употребленное для этого количество воды. Для полученія надежнаго средняго значенія нужно сдѣлать большое число такихъ пробъ.

59. Направленіе теченія и паденіе. Кромѣ того должны быть опредѣлены высоты горизонта воды въ буровыхъ скважинахъ. Для этого измѣряютъ разстояніе уровня отъ верхняго конца обсадной трубы, и нивелируютъ эти концы. Помощью полученныхъ этими работами данныхъ

можно построить горизонтали грунтовой воды и определить направление теченія и паденіе, какое она имѣла во время этого измѣренія, а также занимаемое водоноснымъ слоемъ пространство.

60. Скорость теченія. По Darcy, Hagen, Hazen и др. скорость воды въ грунтѣ изъ песка или мелкаго гравія, при данной температурѣ приблизительно пропорціональна паденію $J = \frac{h}{l}$ водоноснаго слоя, и квадрату діаметра d зеренъ. Для песка крупностью 0,1 до 0,3 миллиметра, по Hazen'у, скорость въ метрахъ въ сутки:

$$v = cd^2 \cdot \frac{h}{l} \left(\frac{t + 10^0}{60^0} \right)^* \quad (42)$$

Въ этой формулѣ означаетъ:

c — постоянное число, равное (почти) 1000;

d — діаметръ песчинокъ въ миллиметрахъ;

t — температуру въ градусахъ Фаренгейта (число градусовъ Фаренгейта = $32 + \left(\frac{9}{5}\right)$ Цельзія) = $32 + \left(\frac{9}{4}\right)$ Реомюра); $\frac{h}{l} = J$ — паденіе.

Пренебрегая незначительнымъ вліяніемъ температуры, можно поставить для d = отъ 0,1 до 0,3 мм.

$$v = 8200 d^2 \frac{h}{l} = k \frac{h}{l}, \quad (43)$$

здѣсь v — скорость въ футахъ въ сутки, а d , какъ прежде, въ миллиметт.

Песокъ называютъ:

при $d = 0,1$ мм. — очень мелкимъ,

» $d = 0,3$ мм. — среднимъ,

» $d = 0,5$ мм. — грубымъ.

Въ слѣдующей таблицѣ приведены значенія коэффиціента k формулы (43) для разныхъ d (v въ футахъ въ сутки):

Т а б л и ц а IX.

d миллиметр.:	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1	2	3 мм.
$k =$	82	328	738	1312	2050	5248	8200	32800	73800
									(футы въ сутки)

Для менѣе равномернаго песка и для смѣси песка и гравія можно эти числа считать приблизительно вѣрными, если они будутъ отнесены

*) Если t въ градусахъ Цельзія, то

$$v = cd^2 \frac{h}{l} \cdot \frac{210 + 9t}{300}.$$

къ мелкимъ частицамъ при пренебреженіи камней болѣе значительной величины.

Для грубаго гравія ($d > 3$ мм.) безъ примѣси мелкаго матеріала, v увеличивается въ меньшемъ отношеніи, чѣмъ квадратъ діаметра, и въ меньшемъ, чѣмъ паденіе. На основаніи результатовъ многочисленныхъ опытовъ составлена слѣдующая таблица скоростей въ футахъ въ сутки въ чистомъ, грохоченномъ гравіи, котораго пористость (приблизенно) равнялась 40%:

Таблица X *).

Паденіе. J	Діаметръ d въ миллиметрахъ.									
	3	5	8	10	15	20	25	30	35	40
0,0005	28	82	164	246	410	656	902	1230	1640	2050
0,001	57	172	335	475	820	1210	1680	2250	3030	3690
0,002	115	328	639	902	1550	2250	3030	3930	4830	5820
0,004	221	631	1230	1700	2870	3930	5000	6060	7130	8200
0,006	336	918	1690	2250	3690	5080	6300	7620	8930	10100
0,008	443	1160	2060	2780	4340	5900	7380	8930	10400	11800
0,010	549	1410	2460	3150	5000	6800	8440	10000	11500	—

Опытнымъ путемъ Thiem опредѣляетъ скорость такимъ образомъ, что наблюдаетъ время, какое требуетъ растворъ поваренной соли, чтобы отъ одной скважины перейти къ другой. Для этого на линіи, опредѣленной направленіемъ теченія изготовляютъ 3 или 4 скважины; въ верхнюю скважину вводятъ значительное количество соли, и отъ времени до времени дѣлаютъ анализъ воды, добытой изъ другихъ скважинъ, и продолжаютъ это дѣйствіе по тѣхъ поръ, пока количество соли не достигнетъ въ послѣднихъ максимума. Если сложеніе слоя между обѣими скважинами было равномернo, то частныя отъ раздѣленія пройденнаго солью пути на употребленное для этого время, могутъ быть разсматриваемы какъ среднія скорости грунтовой воды.

61. Расходъ грунтовой воды, т. е. количество протекающее черезъ сѣченіе слоя, котораго полная площадь F , при площади пустотъ $k_1 F$:

$$Q = (k_1 F) \cdot v = (k_1 F) (kJ),$$

(k_1 —коэффициентъ пористости, k —коэффициентъ скорости, J —паденіе, F —площадь сѣченія перпендикулярнаго къ направленію теченія).

*) Report of experiments of the Massachusetts State Board of Health, 1892, p. 555.

Если поставимъ

$$k \cdot k_1 = k_0,$$

то

$$Q = k_0 F J. \quad (44)$$

Въ слѣдующей таблицѣ приведены количества воды въ ведрахъ, протекающія въ сутки черезъ сѣченіе = 1 квадр. фут. при паденіи = 0,01 въ пескахъ разной пористости и тонкости:

Т а б л и ц а X I.

Пористость въ процентахъ.	Діаметръ зеренъ въ миллиметрахъ.								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0	2,0	3,0
20	0,37	1,51	3,40	6,15	9,5	24,4	37,4	151	340
25	0,46	1,88	4,25	7,70	11,7	30,5	47,0	189	430
30	0,55	2,24	5,10	8,90	14,2	35,4	56,5	225	480
35	0,62	2,64	5,95	10,5	16,4	42,5	66,5	262	590
40	0,74	3,02	6,80	12,0	18,8	49,5	75,5	300	680

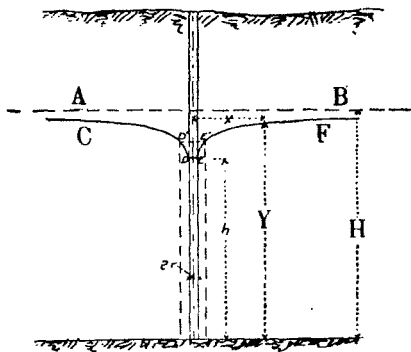
На основаніи добытыхъ этими изслѣдованіями данныхъ относительно направленія теченія, скорости и количества грунтовой воды, можно съ нѣкоторой увѣренностью намѣтить мѣсто, наиболѣе пригодное для собиранія воды. Въ этомъ мѣстѣ слѣдуетъ произвести непосредственныя испытанія количества воды въ теченіе по возможности большаго времени. Продолжительныя наблюденія даютъ возможность посредствомъ сравненія горизонталей, полученныхъ при разныхъ высотахъ грунтовой воды, сдѣлать заключеніе о вліяніи колебаній горизонта на паденіе и расходъ подземнаго потока. Нѣкоторые указанія въ этомъ отношеніи можетъ дать колодезь, существующій большое число лѣтъ; если за все время его существованія вода въ немъ никогда не пропадала, то можно быть увѣреннымъ, что горизонтъ грунтовой воды никогда не опустится ниже дна колодца.

62. Выборъ рода сооруженія. Убѣдившись о возможности полученія грунтовой воды въ требуемомъ количествѣ, переходятъ къ выбору рода сборныхъ сооруженій. Когда поверхность водонепроницаемаго слоя горизонтальна и глубина, на которой онъ находится, умѣренная, то наиболѣе выгоднымъ будетъ сборный каналъ, въ который вода втекаетъ сквозь щели стѣнокъ. Когда эта поверхность неправильна, имѣетъ возвышенія и углубленія, или когда она находится на большой глубинѣ, то слѣдуетъ собирать воду колодцами. Въ частныхъ случаяхъ можетъ оказаться удоб-

нымъ собирать воду, смотря по условіямъ мѣстности, частью каналомъ, и частью колодцами.

Чтобы имѣть ясное представленіе о дѣйствіи этихъ каналовъ (галлерей) и колодцевъ, рассмотримъ теоретически притокъ къ нимъ воды.

63. Теорія колодцевъ. Мы предполагаемъ, что на горизонтальной поверхности лежитъ пропитанный водою песчаный слой однороднаго сложенія. Если въ этомъ слоѣ устроимъ колодець съ проницаемыми стѣнками, то вода направится къ нему; ея первоначальный горизонтъ измѣнится и будетъ имѣть видъ $CDEF$ (черт. 71). Величина пониженія горизонта будетъ наибольшая у колодца; она будетъ уменьшаться по мѣрѣ удаленія отъ послѣдняго и въ нѣкоторомъ разстояніи отъ него дойдетъ до нуля. Если грунтовая вода не имѣетъ притока, то этотъ предѣлъ, по мѣрѣ стока воды, будетъ постепенно удаляться по направленію къ предѣламъ бассейна, и съ временемъ весь запасъ воды можетъ истощиться. Но когда вода имѣетъ притокъ, то пониженіе горизонта будетъ ограничено тѣмъ кругомъ, въ предѣлахъ котораго количество просачивающейся воды равно количеству стекающей въ колодець.



Черт. 71.

Пусть AB —первоначальный горизонтъ, и H —толщина водоноснаго слоя, лежащаго на горизонтальной плоскости непроницаемаго; положимъ что колодець углубленъ до этой плоскости и составъ водоноснаго слоя равномѣренъ.

Если h —глубина воды въ колодцѣ, то вода въ послѣднемъ находится подъ напоромъ $H - h$; этотъ напоръ долженъ преодолѣть слѣдующія сопротивленія:

- 1) сопротивленіе при движеніи воды въ грунтѣ,
- 2) сопротивленіе у входа въ колодець,
- 3) сопротивленіе тренія воды о внутреннія стѣнки колодца, которое она преодолеваетъ поднимаясь до DE ,
- 4) напоръ, нужный для сообщенія поднимающейся водѣ скорости.

Такъ какъ вода движется къ колодцу по направленіямъ радіусовъ, то форма сѣченія, черезъ которое она протекаетъ въ разстояніи $= x$ отъ центра колодца, будетъ цилиндръ радіуса x и высоты y , площадь этого сѣченія, слѣдовательно, $F = 2\pi xy$. По (44) расходъ $Q = kk_1 FJ$, т. е.

$Q = k k_1 2\pi x y J$, и такъ какъ $J = \frac{\partial y}{\partial x}$:

$$Q = k k_1 2\pi x y \frac{\partial y}{\partial x}.$$

Поэтому

$$Q \frac{\partial x}{x} = 2\pi k k_1 y dy.$$

Интеграль этого уравненія

$$Q \lg_e x = \pi k k_1 \frac{y^2}{2} + C.$$

Если r —радіусъ колодца, то для

$$x = r, \quad y = h,$$

т. е.

$$Q \lg_e r = \pi k k_1 h^2 + C.$$

Имѣемъ, вычтя послѣднее уравненіе изъ предыдущаго:

$$C = Q \lg_e r - \pi k k_1 h^2,$$

$$Q \lg_e x - Q \lg_e r = \pi k k_1 (y^2 - h^2).$$

Откуда, уравненіе кривой CF :

$$y^2 = \frac{Q}{\pi k k_1} \lg_e \frac{x}{r} + h^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (45)$$

Пусть R —максимальное разстояніе, изъ котораго вода притекаетъ къ колодцу, то для $x = R$, $y = H$, и по (45):

$$H^2 = \frac{Q}{\pi k k_1} \lg_e \frac{R}{r} + h^2$$

$$Q = \pi k k_1 \frac{H^2 - h^2}{\lg_e \frac{R}{r}} = k_a \frac{(H + h)(H - h)}{\lg_{10} \frac{R}{r}}, \quad . \quad . \quad . \quad (46)$$

гдѣ $k_a = \frac{\pi k k_1}{2,303}$ — постоянная, зависящая отъ тонкости и пористости матеріала водоноснаго слоя.

Въ слѣдующей таблицѣ даны значенія k_a для разныхъ процентовъ пористости и разной крупности песчинокъ.

Таблица XII.

Пористость k_1 въ процен.	Крупность песчинок d въ миллиметрахъ.								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0	2,0	3,0
20	22,4	89	202	358	560	1430	2240	8960	20200
25	25,0	112	252	448	700	1790	2800	11200	25200
30	33,6	134	302	537	840	2150	3360	13400	30200
35	39,2	157	353	627	980	2510	3920	15700	35300
40	44,8	179	403	717	1120	2860	4480	17900	40300

Помощью этихъ значений k_a легко по формулѣ (46) вычислить приближенные значенія расхода Q для разныхъ H , h , R и r .

Наиболѣе затрудненія представляетъ опредѣленіе разстоянія R , по опыты показываютъ, что Q измѣняется весьма мало, когда R измѣняется довольно значительно, поэтому когда нѣтъ возможности опредѣлить R непосредственными опытами въ натурѣ можно удовлетвориться приближеннымъ значеніемъ, которое получается слѣдующимъ образомъ: Предполагая, что вся въ цилиндрѣ радіуса R заключающаяся вода попадаетъ въ колодезь, ширина полосы грунтового потока, доставляющей воду колодезю, будетъ $2R$, а первоначальная площадь поперечнаго сѣченія этой части потока— $2RH$. Поэтому расходъ

$$Q = 2RH \cdot k k_1 J$$

откуда

$$R = \frac{Q}{2H \cdot k k_1 J}$$

и, подставивъ для Q значеніе (46):

$$R = \frac{\pi (H^2 - h^2)}{2HJ \lg_e \frac{R}{r}} = \frac{\pi (H + h)(H - h)}{2HJ \lg_e \frac{R}{r}} \dots \dots (47)$$

или, такъ какъ $H - h$ обыкновенно очень малая величина, то можно поставить $H + h = 2H$; тогда

$$R = \frac{\pi (H - h)}{J \lg_e \frac{R}{r}} = \frac{1,36 (H - h)}{J \cdot \lg_{10} \frac{R}{r}} \dots \dots (48)$$

По этой формулѣ можно вычислить R по методу приближенія; полученные для разныхъ r и $\frac{H-h}{J}$ значенія R въ футахъ, приведены въ слѣдующей таблицѣ:

Таблица VIII.

$\frac{H-h}{J}$ футы.	Диаметръ колодца $2r$ въ футахъ =					
	0,5	1	2	4	10	20
200	104	115	129	146	176	207
400	189	208	230	258	305	352
600	269	295	325	362	423	485
800	347	378	415	461	536	610
1000	422	459	503	556	645	730
2000	779	843	919	1010	1150	1290
4000	1450	1560	1690	1840	2080	2300
6000	2080	2240	2410	2620	2950	3250
8000	2700	2890	3120	3370	3780	4150
10000	3280	3530	3800	4110	4590	5030

Примѣръ. Диаметръ колодца = 6 дм., толщина водоноснаго слоя $H = 30$ фт.; крупность песчинокъ 0,4 мм.; пористость 20%. Если $H - h = 30 - h = 5$ фт., то $h = 25$ фт. При $J = 0,0019$, $\frac{H-h}{J} = 2600$ и $2r = 0,5$ получаемъ изъ предыдущей таблицы $R =$ около 1000 ф. По таблицѣ XII для $d = 0,4$ и $k_1 = 20$ имѣемъ

$$k_a = 358$$

Теперь будетъ, по (46): такъ какъ

$$H^2 - h^2 = 30^2 - 25^2 = 275$$

$$Q = \frac{358 \cdot 275}{lg \frac{1000}{0,5}} = \frac{98450}{3,301} = 29000 \text{ куб. футовъ въ сутки.}$$

Изъ уравненія (46) видно, что

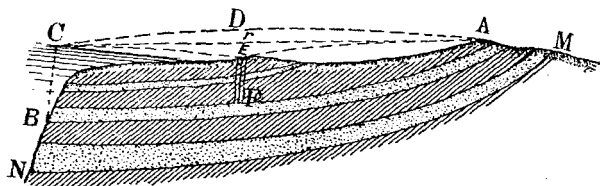
1) Q прямо пропорціонально коэффициенту k_a , который измѣняется съ квадратомъ диаметра песчинокъ и пористостью матеріала;

2) Q увеличивается съ уменьшеніемъ высоты h , т. е. съ увеличеніемъ пониженія $H - h$. Но вмѣстѣ съ пониженіемъ увеличивается скорость входа въ колодезь, а величина послѣдней не должна превышать извѣстнаго предѣла; при выкачиваніи воды насосами бываетъ нужно часто принимать во вниманіе также предѣльную высоту всасыванія.

3) Q увеличивается съ отношеніемъ $\frac{R}{r}$ радіуса круга притока къ ра-

наклонна; такъ напр. въ представленномъ на черт. 73 случаѣ напорная линія воды, заключенной въ водоносномъ слоѣ лежащемъ на непроницаемой поверхности MN , при равномерномъ составѣ этого слоя можетъ имѣть видъ прямой ArC , поэтому въ скважинѣ, изготовленной въ F она будетъ подниматься до r , т. е. на Er выше поверхности земли.

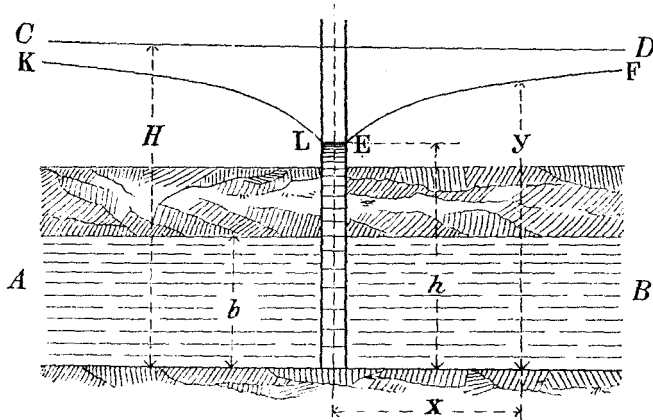
Если въ водоносномъ слоѣ, вода котораго находится подъ давленіемъ, устроимъ колодезь, то горизонтъ воды внутри слоя не измѣнится, но



Черт. 73.

линія напора будетъ имѣть почти такой же видъ какъ въ обыкновенномъ колодезѣ (разсмотрѣнномъ въ предыдущемъ №).

На черт. 74 изображенъ разрѣзъ черезъ артезианскій колодезь; въ немъ представляетъ: CD —первоначальную линію давленія (при отсутствіи



Черт. 74.

движенія), KL и EF —ея видъ во время выкачиванія. Если b —толщина водоноснаго слоя, то цилиндрическое сѣченіе воды, протекающей въ разстояніи x отъ центра колодца, $= k_1 2\pi x t$, а скорость $= k \frac{\partial y}{\partial x}$, поэтому

$$Q = 2\pi x t k k_1 \frac{\partial y}{\partial x}$$

$$\partial y = \frac{Q}{2\pi k k_1 t} \cdot \frac{\partial x}{x}$$

$$y = \frac{Q}{2\pi k k_1 t} \cdot \lg_e x + C$$

Для $x = r$, $y = h$, т. е.

$$h = \frac{Q}{2\pi k k_1 t} \lg_e r + C$$

следовательно

$$C = h - \frac{Q}{2\pi k k_1 t} \lg_e r$$

такъ что уравнение линии депрессии:

$$y = \frac{Q}{2\pi k k_1 t} (\lg_e x - \lg_e r) + h \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (50)$$

Если R —разстояніе отъ центра колодца, въ которомъ y почти $= H$, то послѣднее уравненіе даетъ:

$$H = \frac{Q}{2\pi k k_1 t} \lg_e \frac{x}{r} + h$$

откуда

$$Q = \frac{2\pi k k_1 t (H - h)}{\lg_e \frac{R}{r}}$$

или

$$Q = \frac{2\pi k k_1 t (H - h)}{2,303 \lg_{10} \frac{R}{r}}$$

и поставивъ, какъ прежде

$$\frac{\pi k k_1}{2,303} = k_a$$

$$Q = \frac{2k_a t (H - h)}{\lg_{10} \frac{R}{r}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (51)$$

Значенія k_a даны въ таблицѣ XII.

Послѣдняя формула отличается отъ формулы (46) только тѣмъ, что множитель $H - h$ замѣненъ постоянной $2t$; изъ нея слѣдуетъ, что расходъ Q артезианскихъ колодцевъ прямо пропорціоналенъ пониженію $H - h$ и толщинѣ t водоноснаго слоя. Справедливость этого заключенія вполне подтвердили опыты, произведенные профессоромъ Marston въ Iowa надъ колодцемъ глубиною 2215 фут. *).

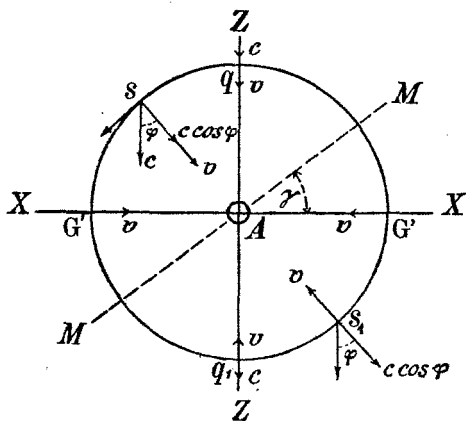
*) Engineer. Record. 1898, XXXVII, p. 387.

65. Прочія потери напора. Въ предыдущемъ мы не рассматривали треніе у входа воды въ трубу или колодець, треніе въ самой трубѣ, и скоростной напоръ.

Недостаточная площадь отверстій въ стѣнкахъ колодца и ихъ засореніе ржавчиной и другими веществами могутъ быть причиной очень значительной потери у входа; это обстоятельство рассматривается при уясненіи конструкціи колодцевъ. Скоростной напоръ опредѣляется выраженіемъ $\frac{v^2}{2g}$; онъ столь незначителенъ, что имъ всегда пренебрегаютъ.

Потеря вслѣдствіе тренія о стѣнки въ колодцахъ глубиною 50, и даже 100 футъ, обыкновенно небольшая, и можетъ оставаться безъ разсмотрѣнія. Но въ очень глубокихъ колодцахъ, образованныхъ обсадной трубой, она можетъ быть столь значительна, что ея пренебрегать нельзя; она опредѣляется по общимъ правиламъ, уясненнымъ въ главѣ I. Въ колодцахъ малыхъ діаметровъ потеря отъ тренія о стѣнки можетъ значительно превысить потерю $H - h$ въ грунтѣ; въ колодцахъ большихъ діаметровъ эта потеря меньше $H - h$.

66. Наклонный водоносный слой. Въ предыдущихъ выводахъ было предположено, что поверхность непроницаемаго слоя горизонтальна, что слѣдовательно вода при отсутствіи откачки находится въ состояніи покоя. Рассмотримъ еще случай когда эта поверхность имѣетъ небольшой уклонъ и вслѣдствіе того грунтовая вода движется со скоростью s . Если на черт. 75 малый кружокъ A представляетъ въ планѣ колодець, а большой — предѣлъ притока воды къ нему, и положимъ, что вслѣдствіе наклона вода движется сверху внизъ въ направленіи ZZ , то дѣйствительная скорость воды въ какойнибудь точкѣ будетъ равнодѣйствующая двухъ



Черт. 75.

скоростей: скорости s параллельной ZZ , и скорости v , направленной къ колодецу. Если разложимъ s по направленію радіуса и касательной, то радіальная слагающая $= s \cos \varphi$, и изъ чертежа легко узнать что въ точкѣ s , находящейся выше прямой XX , проведенной черезъ центръ колодца перпендикулярно къ ZZ , скорость движущейся къ колодецу воды будетъ $v + s \cos \varphi$, а въ точкѣ s_1 , лежащей на томъ же діаметрѣ что и s , она $= v - s \cos \varphi$. Изъ этого слѣдуетъ, что ускоряющее и замедляющее дѣйствія радіальныхъ слагающихъ взаимно уничтожаются, и вліяніе

$rs=tu$): послѣдняя дана уравненіемъ (по 45):

$$y_1^2 = \frac{Q}{\pi k k_1} l g_e \frac{x}{r} + h^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (52)$$

Если ординаты линіи Eq отнесенныя къ горизонтали ZZ , означимъ черезъ y , то

$$y = y_1 + x tg \alpha$$

Для линіи q, D :

$$y = y_1 - x tg \alpha$$

или

$$y_1 = y + x tg \alpha$$

Водораздѣльная точка N получается изъ условія: $\frac{dy}{dx} = tg \alpha$ (потому что касательная въ N горизонтальна, образуетъ, слѣдовательно съ AB уголъ α).

Дифференціалъ уравненія (52):

$$2y dy = \frac{Q}{\pi k k_1} \frac{dx}{x}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Q}{2\pi k k_1 xy}$$

Для точки N :

$$x = z_n \quad \text{и} \quad \frac{dy}{dx} = -tg \alpha$$

поэтому:

$$z_n = - \frac{Q}{2\pi k k_1 tg \alpha \cdot y}$$

или, поставивъ какъ прежде,

$$\pi k k_1 = 2,303 k_a$$

$$z_n = - \frac{Q}{4,6 k_a tg \alpha \cdot y} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (53)$$

Изъ этого выраженія z_n опредѣляется по способу приближенія. Такъ какъ y почти $= H$, то для перваго приближенія можно поставить:

$$z_n' = \frac{Q}{4,6 k_a tg \alpha H} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (54)$$

Подставивъ это значеніе въ (53) получимъ:

$$y = y_n = - \frac{Q}{4,6 tg \alpha \cdot z_n'}$$

слѣдовательно болѣе точно:

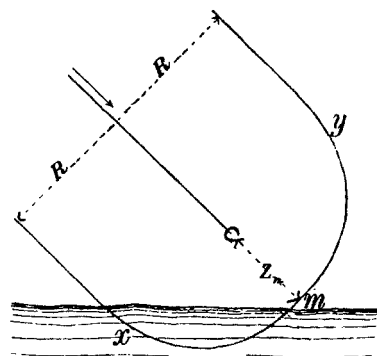
$$z_n = - \frac{Q}{4,6 k_a tg \alpha y_n} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (55)$$

Для сѣченія MM (черт. 75), образующаго съ XX уголь γ , разстоянiе водораздѣльной точки (съ достаточной точностью):

$$z_n = - \frac{Q}{2\pi k k_1 \operatorname{tg} \alpha \frac{\gamma^0}{90}} = - \frac{Q}{4,6 k_a \operatorname{tg} \alpha \frac{\gamma^0}{90}} \quad (56)$$

(величины k_a даны въ табл. XII).

Помощiю послѣдняго уравненiя можно опредѣлить въ планѣ водораздѣльную линiю xmy (черт. 77). Колодезь долженъ быть расположенъ въ такомъ разстоянiи отъ берега, чтобы она его не пересѣкала (какъ на черт. 77), потому что въ противномъ случаѣ къ колодцу будетъ притекать и рѣчная вода; эта линiя указываетъ, слѣдовательно, наименьшее разстоянiе колодца отъ берега.



Черт. 77.

Притокъ рѣчной воды можетъ значительно измѣнить качества грунтовой воды. Въ случаѣ проникаемаго грунта береговъ рѣчная вода можетъ быть примѣшана къ грунтовой даже въ разстоянiи нѣсколькихъ сотъ метровъ отъ берега, поэтому полезно произвести, особенно на вогнутой сторонѣ берега, изслѣдованiе воды колодца, которое можетъ быть исполнено слѣдующимъ образомъ.

Обозначимъ черезъ:

Q — количество воды добытой изъ колодца,

Q_1 — количество заключающейся въ Q рѣчной, и Q_2 — грунтовой воды,
 t, t_1 и t_2 — соотвѣтствующiя температуры воды,
 то имѣемъ:

$$Q = Q_1 + Q_2 \text{ и } Qt = Q_1 t_1 + Q_2 t_2$$

Изъ этихъ уравненiй получаемъ:

$$Q_1 = \frac{Q(t - t_2)}{t_1 - t_2} \quad Q_2 = \frac{Q(t_1 - t)}{t_1 - t_2} \quad (57)$$

Температура t_1 въ рѣкѣ, а также t — добытой изъ колодца воды измѣряются непосредственно, а t_2 получается всего проще помощiю устроенной въ небольшомъ разстоянiи со стороны притока грунтовой воды скважинѣ. Если напр. $t = 10^\circ$ $t_1 = 16^\circ$ и $t_2 = 7^\circ$, то $Q_1 = \frac{1}{3} Q$

т. е. приблизительно $\frac{1}{3}$ всего добытаго изъ колодца количества состоитъ изъ профильтровавшейся черезъ берегъ рѣчной воды.

Формулы (57) только грубо приближенныя; онѣ не указываютъ точно содержаніе рѣчной воды въ грунтовой, но, что главное, указываютъ заключается ли въ грунтовой водѣ и рѣчная или нѣтъ.

Приведенныя выше формулы (45)—(48) выведены при предположеніи, что стѣнки колодца доходятъ до непроницаемаго слоя, и грунтъ водоноснаго слоя равномерный. Неисполненіе перваго условія при колодцахъ малаго діаметра имѣетъ весьма незначительное вліяніе на расходъ Q , но неравномѣрность водоноснаго слоя можетъ сильно измѣнить результатъ. Нерѣдко водоносный слой состоитъ изъ слоевъ разной степени проницаемости, или перемежается съ непроницаемыми прослойками. Въ такихъ случаяхъ расходъ зависитъ въ значительной степени отъ глубины колодца. Такъ какъ качества воды въ отдѣльныхъ слояхъ могутъ быть неодинаковы, то при исполненіи предварительныхъ работъ нужно обращать вниманіе на то, чтобы менѣе хорошая вода не смѣшивалась съ доброкачественной, и чтобы въ нее не попадала рѣчная вода.

67. Взаимодѣйствіе колодцевъ. Когда нѣсколько колодцевъ, берушихъ воду изъ одного и того же слоя, находятся въ небольшихъ между собою разстояніяхъ, то полный расходъ, соответствующій извѣстному пониженію грунтовой воды, раздѣленный на число колодцевъ, будетъ значительно меньше чѣмъ онъ былъ бы при томъ же пониженіи горизонта, если бы въ этомъ мѣстѣ былъ только одинъ колодецъ. Величина взаимодѣйствія всего тщательно была изслѣдована проф. Slichter въ С. Америкѣ; полученные имъ результаты приведены въ слѣдующей таблицѣ, относительно которой нужно прибавить, что діаметръ колодцевъ былъ = 6 дм., $R=600$ фут.; а пониженіе горизонта 10 фут. Потеря вслѣдствіе взаимодѣйствія выражена въ процентахъ.

Таблица XIV.

Разстояніе колодцевъ между собою футы.	Потеря въ процентахъ.		
	При двухъ колодцахъ.	При трехъ колодцахъ.	При большемъ числѣ колодцевъ.
5	38	55	—
10	35	51	--
100	20	31	66
200	16	22	45
400	11	12	24
1000	6	8	6

Помощью чиселъ этой таблицы получаемъ напр., что когда 2 колодца отстоятъ другъ отъ друга въ разстояніи 200 фут., то каждый дастъ на 16% меньше воды, чѣмъ еслибы онъ былъ одинъ, слѣдовательно каждый будетъ давать только $100 - 16 = 84\%$, и оба вмѣстѣ: $2.84 = 168\%$, вмѣсто 200%. Если между этими колодцами будетъ помѣщенъ еще третій, такъ что разстояніе между колодцами будетъ 100 фут., то потеря вслѣдствіе взаимодѣйствія для каждаго колодца будетъ 31%, а для трехъ колодцевъ— $3.31 = 93\%$, такъ что 3 колодца дадутъ $3(100 - 31) = 207\%$ того количества, какое далъ бы одинъ колодецъ.

Когда большое число колодцевъ будетъ устроено въ разстояніи 100 фут. между собою, то каждый будетъ давать только $(100 - 66) = 34\%$ того количества, которое получилось бы если бы въ дѣйствіи былъ только одинъ.

68. Опредѣленіе расхода опытнымъ путемъ. Всего точнѣе получается расходъ Q помощью непосредственнаго выкачиванія. Такъ какъ въ началѣ насосы берутъ воду изъ запаса, то опытъ долженъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока не наступитъ равновѣсія, имѣющее мѣсто тогда, когда выкачанное въ извѣстное время количество будетъ равно тому, которое въ это время доставлено водоносному слою изъ внѣ.

Въ слояхъ съ малымъ паденіемъ можетъ потребоваться для достиженія равновѣсія откачка въ продолженіи не только нѣсколькихъ недѣль, но—нѣсколькихъ мѣсяцевъ, и даже лѣтъ. Чѣмъ круче паденіе, тѣмъ ранѣе условія дѣлаются постоянными. При опытахъ въ неглубокихъ колодцахъ полезно наблюдать измѣненія горизонта воды въ скважинахъ, расположенныхъ на одномъ радіусѣ и на перпендикулярной къ нему прямой; получаемые при этихъ наблюденіяхъ результаты облегчаютъ опредѣленіе какъ времени наступленія равновѣсія, такъ и радіуса R , т. е. предѣла доставки, знаніе котораго весьма важно для опредѣленія выгоднаго разстоянія колодцевъ. Во время этихъ опытовъ слѣдуетъ наблюдать также колебанія горизонта внѣ предѣловъ доставки, чтобы при опредѣленіи расхода Q можно было принимать во вниманіе повышеніе и пониженіе горизонта грунтовой воды.

Конструкция колодцевъ.

69. Роды колодцевъ. Въ зависимости отъ размѣровъ можно различать:

- 1) широкіе открытые колодцы;
- 2) мелкіе трубчатые колодцы;
- 3) глубокіе трубчатые колодцы;
- 4) артезіанскіе колодцы.

Предѣломъ глубины мелкихъ колодцевъ можно считать 100 фут.

Главный недостатокъ широкихъ колодцевъ состоитъ въ ихъ высокой

стоймости, которая увеличивается значительно съ глубиной, вслѣдствіе чего послѣдняя вообще не превышаетъ 100 фут., но обыкновенно она значительно меньше. Въ гигиеническомъ отношеніи предпочтенія заслуживаютъ узкіе колодцы, такъ какъ въ нихъ вода менѣе доступна наружному воздуху, и вслѣдствіе малаго объема менѣе подвержена застаиванію, чѣмъ въ широкихъ. Чѣмъ чаще воду берутъ изъ колодца, тѣмъ больше она освобождается отъ бактерій.

Широкіе колодцы бываютъ выгодны тамъ, гдѣ вода находится на небольшой глубинѣ, гдѣ выемка можетъ быть исполнена безъ затрудненій, гдѣ одинъ большой колодець можетъ доставить все требуемое количество, и гдѣ насосы работаютъ только нѣсколько часовъ въ сутки. Когда бываетъ нужно собирать воду изъ большого пространства и большой глубины, тамъ выгоднѣе трубчатые колодцы.

70. Широкіе водосборные колодцы. Діаметръ этихъ колодцевъ измѣняется въ весьма большихъ предѣлахъ; обыкновенно онъ не меньше 3 фут., но всего чаще 30 до 50 фут., и достигаетъ даже 100 фут. Глубина опредѣлена глубиной водоноснаго слоя, въ которой онъ долженъ быть погруженъ на нѣкоторую величину.

Широкіе колодцы могутъ быть устраиваемы однимъ изъ слѣдующихъ способовъ:

- 1) выемкой земли въ соединеніи съ откачкой или вычерпываніемъ воды;
- 2) углубленіемъ посредствомъ опусканія;
- 3) углубленіемъ посредствомъ сжатого воздуха.

Первый способъ употребляютъ при небольшой глубинѣ и небольшомъ притокѣ воды. Чтобы стѣнки ямы не обваливались подпираютъ ихъ досками и распорками, а когда дойдутъ до водоноснаго слоя то забиваютъ шпунтовые стѣнки. При большомъ діаметрѣ колодца вырываютъ сначала по периметру кольцо такой только толщины, чтобы внутри его можно было работать, обдѣлываютъ стѣнки, и затѣмъ удаляютъ среднюю часть (ядро). Когда обдѣлка каменная, то для большей прочности ее основываютъ на деревянной или желѣзной рамѣ такого же устройства, какъ при опусканіи.

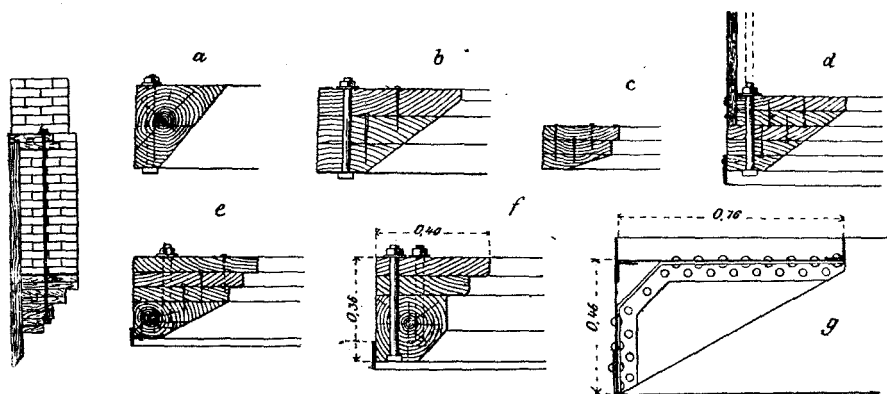
Когда глубина значительна, но грунтъ, въ которомъ колодець устраиваютъ достаточно плотный и вода при достиженіи водоноснаго слоя можетъ быть удаляема откачкой, то изготовляютъ колодець по способу, употребляемому въ рудникахъ.

Способъ опусканія употребляется при большой глубинѣ и мягкомъ грунтѣ. Стѣнки обдѣлываютъ кладкой, основаніемъ которой служить плоское кольцо или рама, изготовленная изъ деревянныхъ косяковъ, соединенныхъ между собою болтами и корабельными гвоздями. Нижній край рамы, для облегченія опусканія, скошенъ и скрѣпленъ иногда желѣзнымъ

ножемъ изъ полосъ или тавроваго желѣза. Наиболѣе часто употребляемыя формы сѣченій кольца изображены на черт. 78; для большихъ колодцевъ устраиваютъ и желѣзныя рамы (черт. 9).

Сначала вырываютъ открытый котлованъ до уровня грунтовой воды, или немного ниже; затѣмъ на дно котлована укладываютъ основное кольцо, возводятъ на немъ кладку, и въ тоже время вынимаютъ изъ подъ кольца равномерно грунтъ, вслѣдствіе чего оно вмѣстѣ съ кладкой постепенно опускается.

Для предупрежденія разрыва кладки въ случаѣ неравномернаго опусканія, могущаго случиться въ рыхломъ, водой сильно пропитанномъ грунтѣ, соединяютъ кладку по высотѣ анкерами, состоящими изъ болтовъ



Черт. 78.

длиной около 7 фут. и толщиной отъ $\frac{3}{4}$ до $1\frac{3}{4}$ дм., расположенными по окружности кольца, которые въ кладкѣ замуровываются. Когда послѣдняя достигнетъ высоты 6 фут., то располагаютъ на нее второе кольцо, черезъ которое проходятъ снабженные винтовыми нарѣзками верхніе концы анкерныхъ болтовъ, и свинчиваютъ его съ нижнимъ. Чтобы облегчить опусканіе, иногда кладку снаружи обшиваютъ досками, которыя прибиваютъ къ деревяннымъ кольцамъ, или снаружи гладко смазываютъ цементомъ, или ведутъ кладку на конусъ, уменьшая немного ея толщину къ верху, но послѣднее средство можетъ принести пользу лишь въ грунтѣ не слишкомъ малой плотности.

Когда по достиженіи водоноснаго слоя вода изъ котлована можетъ быть удаляема посредствомъ вычерпыванія или откачки, то грунтъ выкапываютъ лопатами или заступами. При сильномъ наплывѣ воды нужно прибѣгать къ землечерпанію, которое обыкновенно можетъ ограничиваться серединой колодца, такъ какъ рыхлый и водой пропитанный матеріалъ, вслѣдствіе давленія кладки и воды, переходитъ самъ изъ подъ кольца

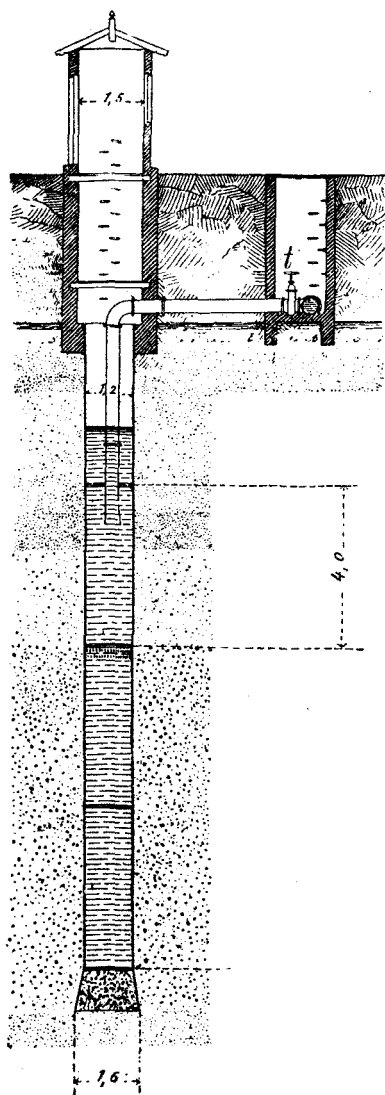
къ центру; только если кладка въ одномъ мѣстѣ начнетъ накреняться, то нужно подрыть кольцо на противоположной, отставшей отъ опускающаго сторонѣ. Землечерпаніе оказывается бесполезнымъ, когда грунтъ имѣетъ

свойство плывуна, такъ какъ вынутае въ серединѣ углубленіе быстро заполняется новымъ матеріаломъ. Въ такихъ случаяхъ вычерпываніе нужно производить черпаками, особо для этой цѣли изобрѣтенными. Въ послѣднее время начали примѣнять песчаные насосы, родъ инжектора, песчаные бурава; устройства и дѣйствія этихъ приборовъ объясняются въ инженерномъ искусствѣ, въ отдѣлѣ «основанія».

Когда колодезь отъ собственного вѣса не опускается, то кладку нагружаютъ сверху кирпичами, рельсами и т. п. При большихъ работахъ полезно кладку подвѣшивать къ устроеннымъ наверху лѣсамъ, для чего пользуются упомянутыми выше анкерами.

Глубокіе колодцы въ случаѣ большого наплыва воды изготовляютъ также пневматически при помощи сжатого воздуха подобнымъ образомъ какъ основанія (см. «Основанія и фундаменты»).

71. Желѣзная обдѣлка. Чугунная или желѣзная обдѣлка представляетъ сравнительно съ каменной то преимущество, что для одного и того же расхода, діаметръ колодца можетъ быть меньше, потому что отверстія для впуска воды могутъ быть устроены чаще, а уменьшеніе діаметра облегчаетъ онусканіе, отверстія легче содержать чистыми, и изготовленіе колодца проще и быстрѣе. Діаметръ существующихъ чугунныхъ колодцевъ доходитъ до 13 фут.; ихъ изготовляютъ тѣми же способами, что и каменные.



Черт. 79.

На чертежѣ 79, представленъ разрѣзъ чугуннаго колодца діаметромъ 1,2 метр. (4 фут.). Обдѣлка состоитъ изъ звеньевъ высотой 4 метр. (13 ф.); оба нижнія звена, находящіеся въ грубомъ гравіи, снабжены щельями,

которыхъ длина 10 сантиметр., а ширина 8 миллиметр.; верхняя часть находящаяся въ глинистомъ свободномъ отъ воды грунтѣ, каменная. Трубы опущены въ грунтъ давлѣніемъ, для этого въ верхней каменной части былъ помѣщенъ прессъ, упиравшійся вверху на балку, задѣланную концами въ кладку; для облегченія опусканія труба было снабжена внизу коническимъ чугуннымъ башмакомъ, котораго нижній діаметръ равнялся 1,6 метр., пустое пространство снаружи образовавшееся между грунтомъ и кольцомъ вслѣдствіе этого уширенія, заполняли во время опусканія чистымъ гравіемъ. Изъ трубы удаляли матеріалъ посредствомъ песчаного бура съ сумкой; по достиженіи требуемой глубины заполнили башмакъ гравіемъ.

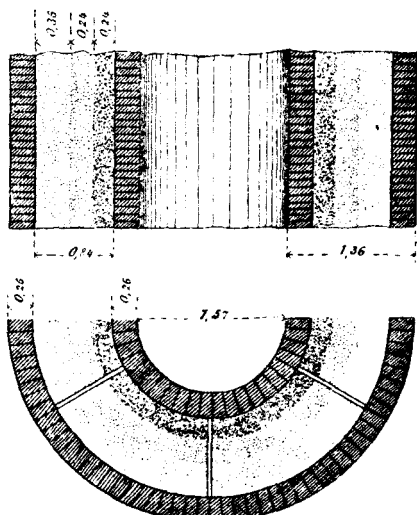
Для водоснабженія г. Крефельда устроено 17 такихъ колодцевъ въ разстояніяхъ 150 метр. между собою; глубина колодцевъ 28 метр.; помощью кольчатой трубы снабженной подвижной t вода переходитъ въ общую ливерную трубу діаметра 30 сант., изъ которой сливается въ всасывающій колодезь.

72. Каменные колодцы. Толщина стѣнокъ каменныхъ колодцевъ не бываетъ меньше 1 кирпича, обыкновенно она = отъ 1 до 5 кирпичей. Толщина большинства кирпичныхъ стѣнокъ удовлетворяетъ уравненію

$$t = 0,1 d + 4 \text{ дм.},$$

гдѣ d — діаметръ колодца въ дюймахъ въ свѣту; бутовые стѣнки получаютъ немного большую, а при тщательномъ исполненіи — немного меньшую толщину.

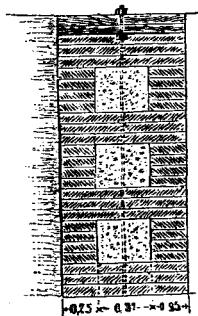
Для впуска воды сквозь стѣнки устраиваютъ кладку на протяженіи водоноснаго слоя проницаемой; для этого изготовляютъ ее изъ пустотѣлаго кирпича, или оставляютъ въ швахъ незаполненныя растворомъ пустоты, при чемъ часто чередуютъ сквозные швы съ плотными, также дѣлаютъ сухую кладку изъ булыжника или бута. Когда грунтъ мелкопесчаный, то нужно принять мѣры, предупреждающія занесеніе колодца пескомъ. На черт. 80 стѣнка составлена изъ двухъ концентрическихъ цилиндровъ толщиною въ одинъ кирпичъ каждый, изготовленныхъ изъ пустотѣлаго кирпича. Во время работъ пространство между этими стѣнками раздѣлили



Черт. 80.

6-ю радиальными перегородками, и въ каждое изъ полученныхъ такимъ образомъ отдѣленій вставили по 2 концентрическія жестяныя стѣнки, раздѣлившія его на 3 части, которыя наполнили, считая отъ грунта къ колодезю, мелкимъ пескомъ, крупнымъ пескомъ и мелкимъ гравіемъ, послѣ чего всѣ раздѣлки были устранены.

Чертежъ 81 представляетъ вертикальный разрѣзъ стѣнки колодезя, которая связана съ основнымъ кольцомъ 6 анкерами. Здѣсь устроены попеременно 3 непроницаемые и 4 проницаемые слои кладки; послѣдніе образуютъ только внѣшнія оболочки изъ пустотѣлаго кирпича, пространство между которыми заполнено фильтрующимъ пескомъ.



Черт. 81.

Когда стѣнки плотныя и вода можетъ входить въ колодець только черезъ дно, то для предупрежденія занесенія его пескомъ снизу, бываетъ нужно нагрузить дно тяжелымъ матеріаломъ; нагрузка состоитъ обыкновенно изъ трехъ слоевъ фильтрующаго матеріала увеличивающейся снизу вверхъ крупности. Чтобы всасывающая труба вмѣстѣ съ водой не увлекала и песокъ долженъ конецъ ея не доходить до дна на разстояніе не менѣе 3-хъ футовъ.

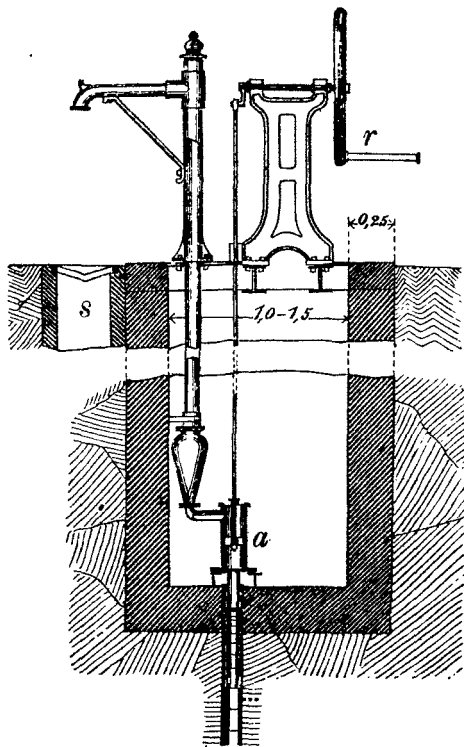
Колодезны должны быть сверху закрыты, чтобы свѣтъ не имѣлъ къ нимъ доступа, а также для защиты воды отъ загрязненія и перемѣнъ температуры.

73. Дворовые колодезны. Дворовые колодезны отличаются отъ сборныхъ тѣмъ, что изъ нихъ берутъ воду не постоянно, а черезъ болѣе или менѣе значительныя промежутки и въ небольшихъ количествахъ. Вслѣдствіе того ихъ врѣзаютъ въ водоносный слой на глубину не болѣе 2 или 3 футовъ; ширина ихъ колеблется всего чаще въ предѣлахъ 3—5 футовъ.

Стѣнки обдѣлываютъ часто срубомъ изъ бревенчатыхъ или пластинныхъ вѣнцовъ и тогда колодець получаетъ квадратное сѣченіе; иногда деревянныя стѣнки состоятъ изъ уставленныхъ въ углахъ стоекъ, промежутки между которыми забраны толстыми досками. Но въ деревянной обдѣлкѣ, особенно при перемѣнномъ горизонтѣ, развиваются водоросли и грибки, которыя сильно содѣйствуютъ размноженію микроорганизмовъ. Самой лучшей обдѣлкой является каменная или кирпичная кладка на растворѣ, которой водонепроницаемая часть изготовляется такъ же, какъ въ сборныхъ колодезяхъ. Въ простыхъ колодезяхъ кладка можетъ быть сухая, но мохъ для заполнения швовъ, вслѣдствіе его содѣйствія размноженію бактерий, не долженъ быть употребляемъ, вмѣсто него лучше заполнять швы выше горизонта грунтовой воды глиной.

Для добычи воды изъ колодезя употребляютъ часто насосы. Конецъ

всасывающей трубы долженъ находиться ниже самого низкаго горизонта воды въ колодцѣ; если высота подъема не больше 23 фут., то поднимаютъ воду обыкновеннымъ ручнымъ насосомъ, при глубинѣ 23 до 40 фут. насосъ долженъ быть помѣщенъ въ колодцѣ въ разстояніи около 23 фут. отъ горизонта; при глубинѣ большей 40 фут. нуженъ нажимной насосъ. Возлѣ колодца долженъ быть спускъ, отводящій несобранную воду посредствомъ провода, устроеннаго на глубинѣ ниже глубины замерзанія. Колодецъ этого послѣдняго рода изображенъ на черт. 82, насосъ *a* помѣщенъ въ колодцѣ на такой глубинѣ, что разстояніе поршня въ наивысшемъ положеніи отъ наинизшаго горизонта грунтовой воды = 22 ф., конецъ всасывающей трубы находится на 1 ф. ниже этого горизонта; насосъ приводится въ движеніе помощью рукоятки *r*; *s* — спускъ.



Черт. 82.

74. Неглубокіе трубчатые колодцы. Неглубокіе трубчатые колодцы изготовляютъ забивкой, которая производится подобнымъ образомъ какъ забивка свай. Можно различать 2 рода неглубокихъ колодцевъ: съ глухимъ и съ открытымъ концомъ.

Колодцы съ глухимъ концомъ называются также абиссинскими и американскими. Абиссинскій колодецъ состоитъ изъ желѣзной трубы діаметра 1—4 дюйм., оканчивающейся стальнымъ остриемъ, и снабженной въ нижней части на протяженіи 1,5—3 фут. отверстиями или щелями (черт. 83). Труба вбивается въ грунтъ деревянной бабой до тѣхъ поръ, пока не будетъ погружена на достаточную глубину въ водоносный слой. Баба направляется проходящимъ черезъ просверленное въ ней отверстіе вертикальнымъ стержнемъ, и ударяетъ на расположенный сверху трубы деревянный подбабокъ; иногда производятъ забивку движущимся въ самой трубѣ стержнемъ, котораго стальная головка ударяетъ на верхнюю поверхность острія. Ширина впускныхъ отверстій нижней части трубы 3—6 мм., при мелкопесчаномъ грунтѣ ее покрываютъ фильтромъ, обра

зованнымъ тонкой мѣдной сѣткой; тонкость сѣтки зависитъ отъ крупности песчинокъ. Чтобы во время забивки сѣтка не повреждалась и отверстія не закупоривались глиной, дѣлаютъ диаметръ острія немного большимъ диаметра трубы. Когда труба забита на достаточную глубину, то придѣлываютъ къ ней насосъ, и колодець готовъ.

На черт. 83а представленъ способъ забивки двумя рабочими; для той же цѣли употребляютъ и обыкновенные копры.

Глубина абиссинскихъ колодцевъ достигаетъ 75 фут.; вслѣдствіе легкости, съ какой трубы забиваются и обратно вынимаются оказываются эти колодцы особенно пригодными для изслѣдованія расхода водоноснаго слоя.

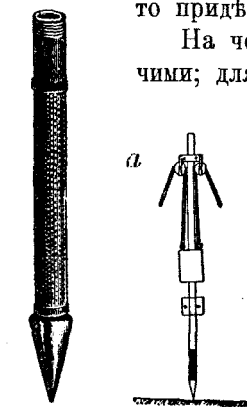
Колодцы съ открытымъ концомъ. Абиссинскіе колодцы выгодны при мягкомъ грунтѣ и маломъ диаметрѣ, но когда грунтъ крѣпкій и диаметръ больше 4 дм., то забивка ихъ затруднительна и часто даже невозможна. Въ такихъ случаяхъ болѣе выгодны открытыя внизу трубы. Последнія въ случаѣ рыхлаго грунта погружаютъ часто

такимъ образомъ, что въ трубу вводятъ трубку меньшаго диаметра, называемую инжекторной, конецъ которой опускаютъ въ песчаный грунтъ, и

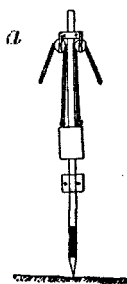
вгоняютъ въ нее воду подъ давленіемъ; вода выходитъ внизу одной или нѣсколькими струями и увлекаетъ жидкій матеріалъ. Для лучшаго разрыхленія матеріала встряхиваютъ трубу, которая снабжена внизу остріемъ, поднимая ее и опуская такъ, чтобы она ударила въ грунтъ своимъ вѣсомъ. Входящій въ кольцевое пространство матеріалъ гонится водой вверхъ. Когда матеріалъ слишкомъ плотный то къ нижнему концу инжекторной трубки привинчиваютъ стальное остріе.

На черт. 84 изображенъ способъ забивки открытыхъ внизу трубъ, употребляемый въ Америкѣ. *a* — труба образующая колодець, *f* — сливная труба, черезъ которую стекаетъ жидкій матеріалъ, *c* — инжекторная трубка, *c₁* — ея уширенное остріе, *d* — резиновая трубка, идущая отъ насоса, нажимающаго въ *c* воду,

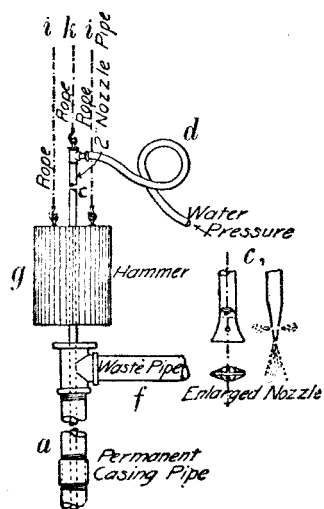
g — баба, *i, i* — канаты, поднимающіе бабу, перекинутые черезъ блоки, *k* — перекинутый черезъ другой блокъ канатъ, служащій для встряхиванія инжекторной трубки; бабы поднимаются копромъ. Въмѣсто воды можно



Черт. 83.



Черт. 83a.



Фиг. 84.

въ с впускать паръ. Глубина построенныхъ этимъ способомъ колодцевъ достигаетъ 150 сажень, а діаметръ — 12 дм.

Нижняя часть колодцевъ съ открытымъ дномъ снабжается на вышину водоноснаго слоя прорѣзами, которые при очень мелкомъ пескѣ покрываютъ мѣдной сѣткой, или же нижнюю часть дѣлають сплошной и опускають въ нее трубчатый фильтръ, послѣ чего приподнимають трубу почти на всю высоту фильтра.

На черт. 85 представленъ фильтръ Кука (Cook), состоящій изъ мѣдной трубки, снабженной очень узкими горизонтальными прорѣзами, упирающимися во внутрь колодца для того, чтобы не легко засорялись. Въмѣсто трубчатого фильтра вводятъ въ готовый колодецъ несокъ и гравій постепенно увеличивающейся крупности, такъ что верхній слой наиболѣе крупный, или по тому же принципу наполняютъ фильтрующимъ матеріаломъ трубчатую корзину; въ обоихъ случаяхъ поднимають трубу колодца почти до поверхности фильтрующаго слоя. Такая корзина представляетъ желѣзную или мѣдную трубку съ прорѣзами, покрытую мѣдной сѣткой; ея преимущество заключается въ томъ, что при засореніи помѣщеннаго въ ней фильтрующаго матеріала ее можно вынуть, переменить послѣдній, и опустить на прежнее мѣсто.

Когда діаметръ колодца превышаетъ 8 дм., и матеріалъ водоноснаго слоя мелкій, то не рѣдко оказывается полезнымъ опустить на дно колодца дырчатую трубку малаго діаметра, пространство между этой трубкой и трубой колодца заполнить грубымъ матеріаломъ, и затѣмъ поднять первую.

Длина продыравленной части колодца, его фильтра или корзиныдолжна бы равняться толщинѣ водоноснаго слоя, но опыты показали, что при длинѣ въ 2, и даже въ 3 разъ меньшей колодцы дѣйствовали правильно, если площадь отверстій была достаточна для того, чтобы скорость входа воды была не больше 2 или 3 дюймовъ въ секунду.

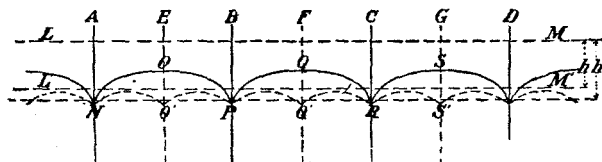
Когда водоносный слой крупнозернистый, то сѣтки и фильтры не нужны, и тогда вода можетъ свободно входить въ колодецъ черезъ прорѣзы, устроенные въ нижней части трубы. При малой толщинѣ водоноснаго слоя можно ограничиться впускомъ воды только черезъ открытое дно колодца, такъ какъ опыты показали, что въ такомъ случаѣ сплошная трубка и труба съ боковыми отверстиями дають почти одинаковое количество воды.



Черт. 85.

75. Расположеніе колодцевъ. Узкіе трубчатые колодцы располагають обыкновенно на прямой линіи въ 1 или 2 ряда вдоль всасывающей или ливерной трубы, съ которой ихъ соединяють помощью короткихъ трубъ.

чатыхъ колѣнъ. Узкіе трубы соединяють непосредственно съ колѣнами, такъ что онѣ дѣйствуютъ тоже всасывающимъ образомъ, а для широкихъ устраиваютъ обыкновенно особыя всасывающія трубы. Въ первомъ случаѣ для избѣжанія входа воздуха въ трубу ея продырявленная часть должна находиться постоянно подъ водой, для второго это условіе можетъ не быть соблюдено. Въ послѣднее время часто пользуются при этихъ устройствахъ ливерными проводами, посредствомъ которыхъ можно иногда достигъ немалого сбереженія въ стоимости устройства и расходахъ по эксплуатаціи.



Черт. 86.

Колодцы слѣдуетъ располагать на линіи перпендикулярной къ направленію теченія грунтовой воды, такъ какъ тогда можетъ быть привлечена къ дѣйствию

наибольшая площадь, и вода въ колодцахъ будетъ находиться на одинаковой высотѣ. Во время дѣйствія колодцевъ расположенныхъ на этой линіи горизонтъ грунтовой воды будетъ имѣть приблизительно видъ, изображены на черт. 86, на которомъ обозначаютъ:

A, B, C, D — колодцы,

LM — первоначальный горизонтъ грунтовой воды,

NOPQRS — профиль новаго горизонта ея,

N, P, R — горизонты воды въ колодцахъ.

Расходъ будетъ функція средняго пониженія горизонта. Если между этими колодцами устроимъ еще колодцы *E, F, G*, въ которыхъ вода будетъ понижена до того же горизонта *NR*, что и въ прежнихъ, то поверхность будетъ *NQ'P* и т. д., и среднее пониженіе увеличится до *h'*, вслѣдствіе чего при той же высотѣ всасыванія доставляемое количество будетъ больше; но если круги вліянія уже первыхъ колодцевъ пересекаются, то количество воды, доставляемое промежуточными колодцами, будетъ значительно меньше расхода другихъ колодцевъ.

Наибольшее количество воды при данномъ числѣ колодцевъ получится при такомъ разстояніи ихъ между собою, при которомъ ихъ круги вліянія не пересекаются, но такое разстояніе по отношенію къ стоимости всасыванія и потери напора не будетъ наиболѣе экономичнымъ. При большой глубинѣ колодцевъ выгодно, чтобы круги вліянія пересекались только немного, при меньшей—они могутъ пересекаться болѣе. Опыты показали, что экономичное разстояніе колеблется между 25 и 100 футами, но для глубокихъ артезианскихъ колодцевъ оно превышаетъ 100 футовъ. Разстояніе меньше 25 футовъ можно во всѣхъ случаяхъ считать не экономичнымъ.

Какъ значительно неправильное разстояніе можетъ увеличить стоимость колодцевъ указываетъ слѣдующій примѣръ. Въ одномъ случаѣ было устроено 17 колодцевъ діаметра 3 и 16 дюйм. внутри круга діаметра 125 фут.; произведенныя откачкой испытанія показали, что они давали не больше воды, чѣмъ устроенныя на томъ же протяженіи 7 колодцевъ; въ другомъ случаѣ было найдено, что 10 колодцевъ діаметра 4 дм. расположенныя въ одной линіи въ разстояніяхъ 10 фут. могли быть замѣнены 3-мя колодцами того же діаметра.

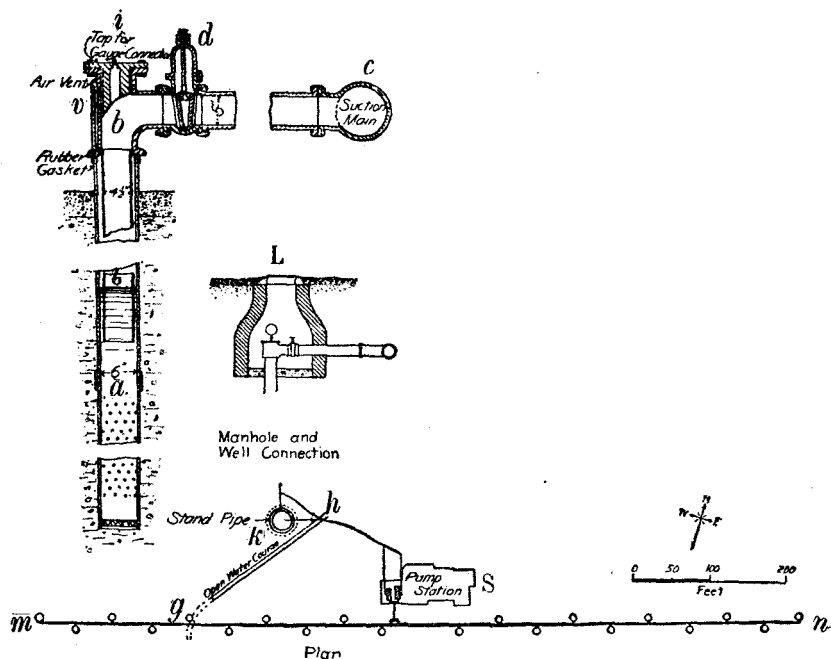
76. Діаметръ колодцевъ. Выше было получено, что при небольшомъ пониженіи горизонта діаметръ колодца имѣетъ мало вліянія на величину расхода, діаметръ опредѣленъ поэтому условіемъ, чтобы вызванная треніемъ въ колодцѣ потеря напора измѣнялась въ узкихъ предѣлахъ. Дальнѣйшее увеличеніе діаметра принесетъ мало пользы. Цѣлесообразная ширина колодцевъ зависитъ слѣдовательно отъ количества, какое можетъ быть получено изъ одного колодца, послѣднее, въ свою очередь, зависитъ отъ разстоянія колодцевъ; изъ этого слѣдуетъ, что разстояніе и діаметръ должны быть разсматриваемы совмѣстно. Такъ въ Бруклинѣ колодцы діаметра 6 дм., устроенныя въ взаимныхъ разстояніяхъ 40 фут. даютъ около 62.000 ведеръ воды въ сутки; если бы діаметръ былъ только 2 дм., то при той же потерѣ напора потребовалось бы для полученія такого же количества въ 5 до 6 разъ большее число колодцевъ. Болѣе экономичными были бы колодцы діаметра 8 дм., расположенныя въ разстояніяхъ 100 фут. между собою.

Дѣйствіе колодцевъ понижается часто значительно вслѣдствіе заноса его продувливенной части пескомъ, или вслѣдствіе образованія ржавчины въ отверстіяхъ. Тогда нужно колодецъ подвергнуть чисткѣ; песокъ легко можетъ быть удаленъ помощью песчаного насоса или сумки, а заржавленный фильтръ нужно вынуть, вычистить и исправить, или замѣнить новымъ. Если засореніе образовано мелкимъ пескомъ, скопившимся около трубы снаружи, то его можно прогнать посредствомъ струи воды или пара, пущеннаго въ колодецъ подъ сильнымъ давленіемъ.

Готовый рядъ колодцевъ подвергается испытанію, которое должно продолжаться до тѣхъ поръ, пока посредствомъ тщательнаго наблюденія горизонта воды въ колодцахъ, находящихся въ разныхъ мѣстахъ, не будетъ установлено, что достигнуто состояніе равновѣсія грунтовой воды. Испытаніе слѣдуетъ производить по возможности въ сухіе мѣсяцы года.

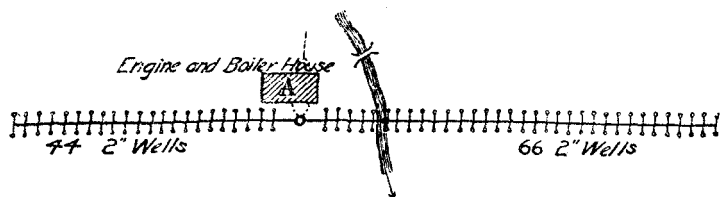
Примѣры. Въ Плейнфилдѣ (Plainfield) вода получается изъ 20 6-дюймовыхъ колодцевъ глубиною 35 до 50 фут., расположенныхъ по обѣ стороны всасывающей трубы діаметра 8—12 дм., въ разстояніяхъ—=50 фут. между собою; діаметръ трубокъ, соединяющихъ ихъ съ всасывающей трубой— $4\frac{1}{2}$ и 5 дм., и діаметръ общей всасывающей трубы 8 дм. При откачкѣ въ теченіе 24 часовъ расходъ одного колодца рав-

нялся 45.000 ведеръ въ сутки, а пониженіе горизонта достигало 2 фут. На черт. 87 представляет въ планѣ: *a* — трубу образующую колодезь, *c* — всасывающую трубу, *b* — всасывающее колѣно, соединяющее *a* съ *c*,



Черт. 87.

d — задвижку, *v* — вентиляционную трубку, *i* — фланецъ для воздушнаго клапана, *L* — входный люкъ и соединеніе съ колодеземъ. На черт. 87а представленъ планъ устройства; *mn* — колодцы и всасывающая труба, *S* — насосная станція, *k* — напорная колонна, *gh* — открытый каналъ.



Черт. 88.

Городъ Бруклинъ получаетъ большую часть воды изъ колодезевъ діаметра 2 дм. Старые колодцы устроены въ 6 группахъ; планъ одной изъ этихъ группъ представленъ на черт. 88; колодцы расположены по обѣ стороны главной всасывающей трубы. *A* — насосное и котельное зданіе.

Позднѣйшія устройства состоятъ изъ открытыхъ внизу трубъ съ отверстиями въ нижней части, покрытыми мѣдными сѣтками; всасывающія трубы помѣщены внутри колодцевъ. Діаметръ трубчатыхъ колодцевъ 4½ дм., діаметръ фильтровъ 6 дм., длина собирателя песка 2 фут., діаметръ всасывающихъ колѣнъ 3 дм., діаметръ отвѣтвленій, изъ которыхъ каждое снабжено задвижкой, 3½ дм.; разстоянія колодцевъ 75 фут., ихъ разстоянія отъ главной всасывающей трубы 12 фут.; средняя глубина 45 фут. Число колодцевъ въ группѣ 62, ихъ расходъ 1,9 милліоновъ ведеръ. Испытаніе продолжалось 1 годъ.

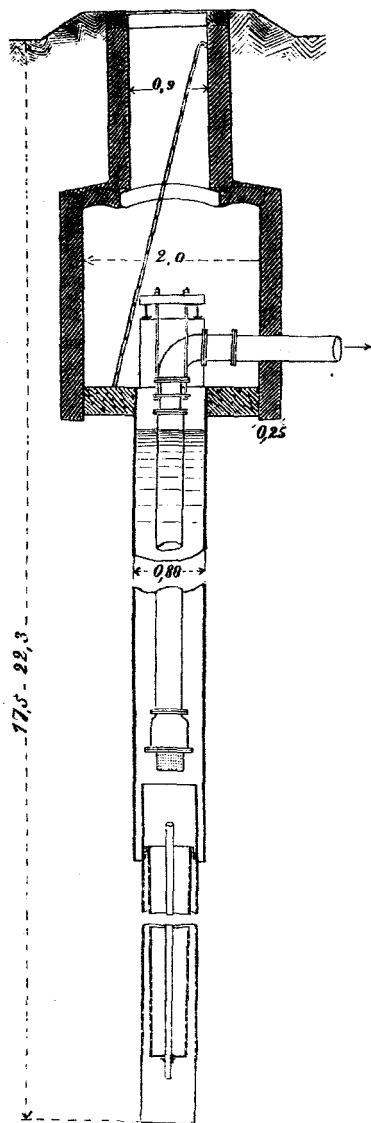
77. Глубокіе (буровые) колодцы. При глубинѣ превышающей 75 или 100 фут. и крѣпкомъ плотномъ грунтѣ забивка представляетъ тѣмъ болѣе затрудненія, чѣмъ болѣе діаметръ трубы, и въ такихъ случаяхъ погружаютъ трубы буреніемъ. Употребляемые для этого приборы весьма разнообразны, и ихъ роды измѣняются въ зависимости отъ крѣпости грунта. Въ мягкомъ рыхломъ грунтѣ необходимы обсадныя трубы на всемъ протяженіи скважины, въ твердомъ скалистомъ эти трубы не нужны.

При глубинѣ 200—300 фут. могутъ быть употребляемы обыкновенныя буровыя приборы, и обсадныя трубы опускаются одновременно съ углубленіемъ скважины. Когда это опусканіе дѣлается невозможнымъ, то вводятъ обсадную трубу меньшаго діаметра, и продолжаютъ работу тоньшимъ буромъ. Матеріалъ выводятъ наружу помощью песочной сумки или сильной струи воды, проведенной черезъ трубчатую штангу бура, какъ было уяснено выше.

Весьма большая глубина достигается помощью вращательнаго дѣйствія. Для этого нижній конецъ обсадной трубы снабжаютъ башмакомъ съ зубчатымъ остріемъ изъ твердой стали, а верхній конецъ сообщаютъ съ трубой, въ которую вода нагнетается насосомъ. Колодецъ буравятъ помощью вращенія трубы, и разрыхленный матеріалъ поднимаютъ водою, введенную въ трубчатую штангу сверху подъ напоромъ. До тѣхъ поръ пока вода находится подъ давленіемъ треніе между трубою и грунтомъ весьма незначительно, и труба безъ затрудненія можетъ быть поворачиваема и въ тоже время погружаема внизъ. Этотъ способъ очень распространенъ въ Америкѣ и главнымъ образомъ въ Калифорніи, при устройствѣ артезіанскихъ колодцевъ; помощью его на глубинѣ 1000 фут. труба можетъ быть опущена въ часть на 20—30 фут. Въ Galveston (Texas) этимъ способомъ изготовлены скважины глубиною 3067 фут.; діаметръ обсадной трубы до глубины 57 фут. равняется 22 дм., послѣ чего слѣдуютъ діаметры 12, 9, 8, 7, 6 и 5 дм.

При діаметрѣ до 40 см. употребляютъ желѣзныя обсадныя трубы безъ скленки, при болѣе значительныхъ діаметрахъ—кленанныя или чугунныя трубы.

Когда водоносный слой крупнозернистый, то вода может входить въ колодезь черезъ дно, а когда онъ мелкопесчаный, то нуженъ фильтрующий слой или фильтрующая корзина. Устройство послѣднихъ такое же какъ для неглубокихъ колодезевъ.



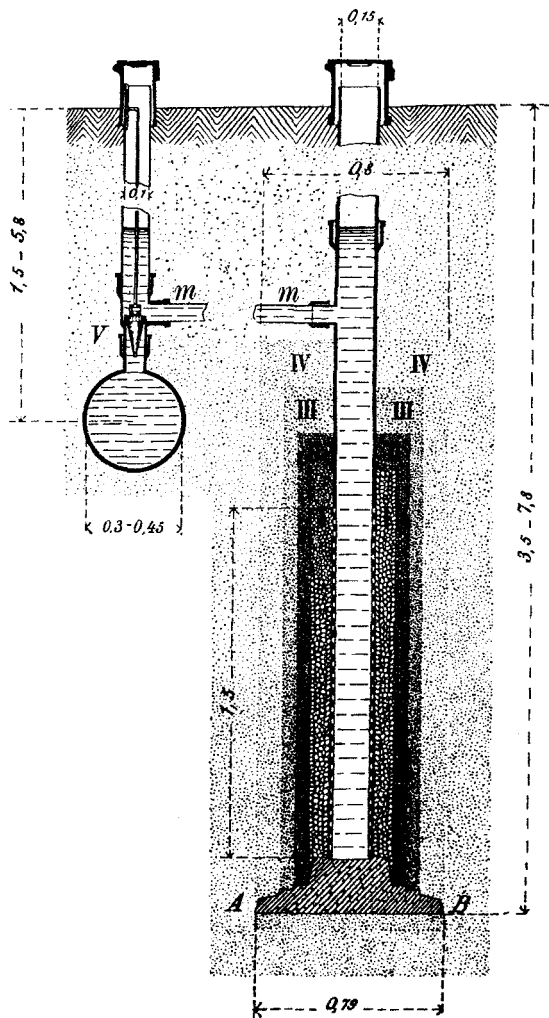
Черт. 89.

На черт. 89 изображенъ разрѣзъ колодца въ Мангеймѣ, получившаго слѣдующее устройство. До поверхности водоноснаго слоя колодезь обдѣланъ каменной кладкой, послѣ чего погрузили обсадную трубу 800 мм. до глубины 17,5 мтр. Въ послѣднюю опустили фильтрующую корзину, вложенную въ охранную трубу небольшой длины съ продыравленными стѣнками и затѣмъ подняли обсадную трубу почти до верхняго края корзины. Черезъ дно корзины проходитъ трубка, соединенная съ вспомогательнымъ насосомъ, помощью котораго можетъ быть выкачанъ, безъ перерыва дѣйствія колодца, накопившійся въ нижней части охранной трубки песокъ. Корзина обтянута тонкой мѣдной сѣткой, и песокъ къ ней доступна не имѣетъ. Въ обсадной трубѣ помѣщена всасывающая, соединенная съ ливернымъ проводомъ.

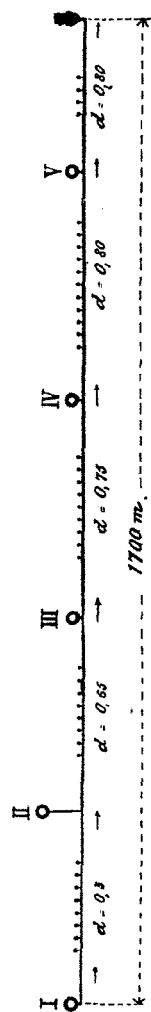
При изготовленіи колодезевъ Нюримбергскаго водоснабженія, которыхъ глубина достигаетъ 7,8 мтр., въ слоѣ очень мелкаго песку, сначала погрузили обсадную трубу діаметра 800 мм. до требуемой глубины, и опустили въ нее круглую ступенчатую плиту *AB* (черт. 90); на послѣдней расположили продыравленную внизу чугунную забирную трубу діаметра 150 мм.; и затѣмъ 3 временныхъ жестяныхъ цилиндра. Образованныя послѣдними 4 кольцевыя пространства заполнили фильтрующимъ матеріаломъ слѣдующихъ крупностей зеренъ: I—16 мм., II—8 мм., III—4 мм., и IV—2 мм., послѣ чего жестяныя трубы и обсадная были изъ грунта

удалены. Вода изъ колодезевъ, число которыхъ 83, переливается посредствомъ соединительныхъ трубокъ 70 мм. въ ливерную трубу діаметра 350 мм.

При устройствѣ водоснабженія для города Лейпцига Тимъ употребилъ систему изъ 5 кольцевыхъ колодцевъ, обозначенныхъ на черт. 91 римскими цифрами I—V. Каждый кольцевой колодецъ состоитъ изъ 20 отдѣльных трубчатыхъ колодцевъ расположенныхъ по окружности



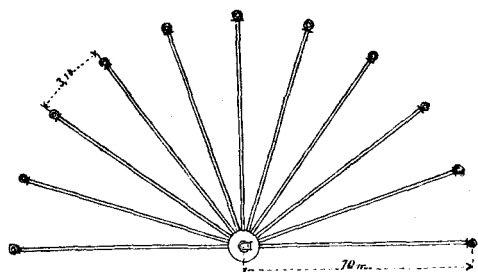
Черт. 90.



Черт. 91.

діаметра 20 мтр. (черт. 92), которыхъ всасывающія трубы входятъ въ расположенный въ центрѣ этой окружности цилиндрическій сосудъ (черт. 93а планъ, и 93б—вертикальный разрѣзъ сосуда, 93с—его видъ). отъ верхней крышки котораго идетъ соединительное колѣно къ ливерной

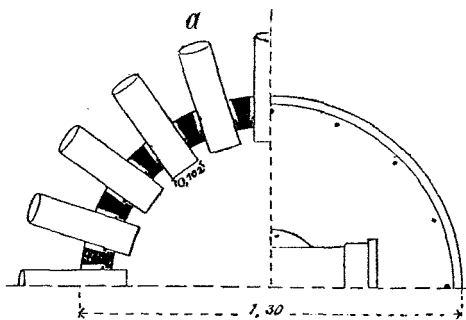
трубъ, отводящей воду въ сборный колодезь, котораго діаметръ 3,5 мтр. Длина ливерной трубы 1700 мтр., ея діаметръ постепенно увеличивается отъ 0,5 до 0,8 мтр. Пониженіе горизонта въ колодцахъ во время откачки въ среднемъ = 6 мтр.; ихъ расходъ въ сутки около 30000 куб. мтр.



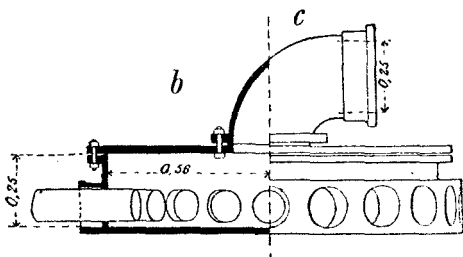
Черт. 92.

когда слѣдовательно не бываетъ надобности опускать насосы на большую глубину. Обсадные трубы артезианскихъ колодцевъ должны быть непроницаемы, чтобы поднимающаяся въ нихъ вода не могла просачиваться въ верхніе водоносные слои,

78. Артезианскіе колодцы. Очень глубокіе колодцы удовлетворяютъ своему назначенію только тогда, когда они артезианскіе, т. е. когда вода въ нихъ поднимается до поверхности земли или выше ея,



Черт. 93а.



Черт. 93 б и с.

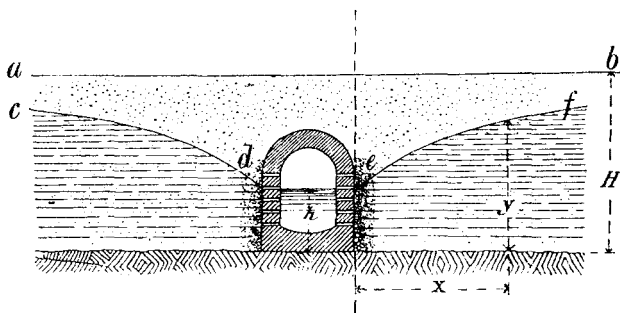
и также, чтобы къ нимъ не имѣла доступа недоброкачественная вода.

Вода, получаемая изъ большой глубины, по качеству не всегда удовлетворяетъ условіямъ хорошей воды; не рѣдко она очень жесткая, и температура ея высока. Вслѣдствіе трудности устройства на большой глубинѣ фильтра почти всегда довольствуются количествомъ, доставляемымъ только дномъ трубы. Расходъ артезианскихъ колодцевъ рѣдко бываетъ постоянный продолжительное время; обыкновенно онъ съ теченіемъ времени уменьшается, иногда даже до нуля.

79. Сборныя галлерей. Когда грунтовая вода находится на небольшой глубинѣ и поверхность водонепроницаемаго слоя ровная, то воду собираютъ горизонтальными каналами, называемыми галлереями. Для входа воды въ каналъ устраиваютъ въ его стѣнкахъ, а иногда и въ свод-

чатомъ перекрытіи, отверстія, которыхъ величина полного сѣченія должна быть опредѣлена въ зависимости отъ расхода такъ, чтобы каналъ не могъ заноситься пескомъ.

Если составъ водоноснаго слоя равномеренъ и его поверхность горизонтальна, то сѣченіе, перпендикулярное къ оси канала, будетъ имѣть приблизительно видъ, представленный на черт. 94, въ которомъ изобра-



Черт. 94.

жаетъ: ab — первоначальный горизонтъ грунтовой воды, cd и ef — пониженный. Если l — длина канала и k_1 — коэффициентъ проницаемости, то въ разстояніи x отъ стѣнки живое сѣченіе $= k_1 l y$, а скорость теченія $v = k \cdot \frac{\partial y}{\partial x}$ (43), поэтому:

$$Q = (k_1 l y) \cdot \left(k \frac{\partial y}{\partial x} \right).$$

или, поставивъ $kk_1 = k_0$,

$$Q dx = k_0 l y dy$$

$$Qx = k_0 l \frac{y^2}{2} + C.$$

Такъ какъ для $x = 0$, $y = h$, то

$$k_0 l \frac{h^2}{2} + C = 0.$$

Изъ обоихъ послѣднихъ уравненій имѣемъ:

$$Qx = \frac{k_0 l}{2} (y^2 - h^2)$$

откуда, уравненіе линіи депрессіи:

$$y^2 = \frac{2Qx}{k_0 l} + h^2 \quad (58)$$

Если L — расстояние того мѣста, въ которомъ пониженіе почти $= 0$, то для $x = L$, $y = H$ (гдѣ H — толщина водоноснаго слоя), поэтому:

$$Q = \frac{k_0 l (H^2 - h^2)}{2L} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (59)$$

Это уравненіе дѣйствительно для притока съ одной стороны; если вода притекаетъ съ обѣихъ сторонъ, то Q вдвое больше, т. е. тогда

$$Q = \frac{k_0 l (H^2 - h^2)}{L} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (60)$$

Вслѣдствіе уменьшенія живого сѣченія по мѣрѣ приближенія къ каналу увеличивается паденіе $\frac{dy}{dx}$, а слѣдовательно, и скорость v ; послѣдняя достигаетъ наибольшаго значенія у стѣнки канала, вслѣдствіе того стѣнки должны быть обдѣланы фильтрующимъ слоемъ по правилу, уясненному выше при колодцахъ.

80. Конструкція сборныхъ галлерей. Сборные каналы отличаются отъ обыкновенныхъ водопроводныхъ каналовъ только тѣмъ, что въ нихъ должны быть устроены отверстія для впуска воды. Когда грунтовая вода не имѣетъ движенія, то отверстія получаютъ обѣ стѣнки, а если она движется по наклонной плоскости, то — только стѣнка со стороны движенія. Если дно расположено на водонепроницаемомъ грунтѣ, то оно сплошное, а когда оно находится въ водоносномъ слое, то получаетъ тоже отверстія. При большой толщинѣ водоноснаго слоя можно устраивать отверстія и въ верхнемъ перекрытіи, представляющемъ обыкновенно полуцилиндрической сводъ; узкіе каналы, которыхъ отверстія не больше 0,6 мтр., перекрываютъ иногда плитами. Отверстія въ верхнемъ перекрытіи имѣютъ то неудобство, что черезъ нихъ легко входитъ въ каналъ песокъ, а потому лучше ихъ не дѣлать.

Размѣры канала опредѣляются площадью живого сѣченія и скоростью, т. е. количествомъ воды, доставляемымъ имъ въ единицу времени, но иногда даютъ имъ такіе размѣры, чтобы черезъ нихъ можно было пролѣзть, или даже проходить. Такъ какъ движущаяся въ нихъ вода свободна отъ осаждающихся веществъ и стѣнки внутри всегда гладко оштукатурены, то при расчетѣ канала можно задаваться довольно малой скоростью, напр. 10 дм.

Каналы изготовляютъ обыкновенно въ открытыхъ выемкахъ, и только при очень большой глубинѣ устраиваютъ штольни (горизонтальные колодцы). Для предупрежденія заноса пескомъ окружаютъ ихъ водопропускающія поверхности фильтрующими слоями, которыхъ крупность отъ стѣнокъ канала къ грунту постепенно уменьшается. Промежутки между

песчинками соприкасающагося съ грунтомъ слоя должны быть меньше песчинокъ водоноснаго слоя, а зерна прилегающаго къ стѣнкамъ слоя— больше отверстій послѣднихъ. Ширина этихъ отверстій бываетъ отъ 0,5 до 2 см., но обыкновенно не больше 1 см. Для возможности осмотра и чистки нужны на соответственныхъ разстояніяхъ смотровыя колодцы и щиты, посредствомъ которыхъ было бы возможно исправляемую часть канала отдѣлить отъ остальной.

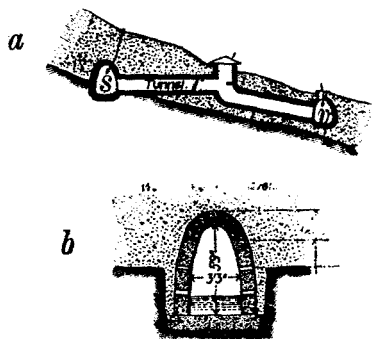
Стоимость каналовъ увеличивается значительно съ глубиной ихъ заложенія; они выгодны при глубинѣ до 20 или 25 фт.; когда глубина больше, то колодцы выходятъ дешевле.

Горизонтальныя галлерей извлекаютъ воду болѣе совершенно чѣмъ колодцы; онѣ замѣняютъ собою сифонныя и ливерныя трубы, и долговѣчнѣе колодцевъ.

Въ Америкѣ сборные каналы устраиваютъ нерѣдко изъ дерева въ видѣ бочекъ, но при употребленіи воды для питья и пищи слѣдуетъ по возможности избѣгать употребленія дерева.

Малые сборные каналы замѣняютъ часто гончарными и цементными трубами діаметра 80—100 мм., которыя въ верхней половинѣ снабжены скважинами. Чтобы къ трубамъ притекало больше воды, устраиваютъ въ разстояніяхъ 50—100 мтр., смотря по уклону, поперечныя запруды изъ гончарной глины или кладки. Для собиранія малыхъ количествъ воды употребляютъ дренажныя трубы діаметровъ отъ 2 до 6 дм., окруженныя фильтрующимъ слоемъ, въ которыя вода входитъ черезъ промежутки у стыковъ, такъ какъ отдѣльныя колѣна ничѣмъ между собою не соединяются, и стыки ихъ остаются открытыми для воды.

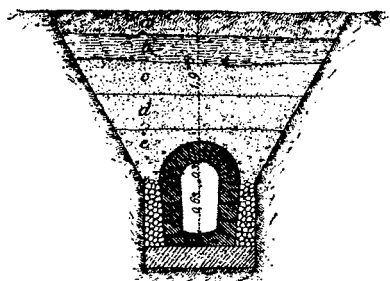
Примѣры На черт. 95 изображено поперечное сѣченіе сборнаго канала г. Мюнхена. Вода извлекается изъ слоя гравія, лежащаго на плотномъ песчаникѣ, въ который бетонный каналъ на половину углубленъ; скважины устроены въ стѣнкахъ и сводѣ. Вода изъ сборнаго канала *s* переходитъ по туннелю *c* въ водопроводъ *v*, отводящій ее въ городской резервуаръ.



Черт. 95 а и б.

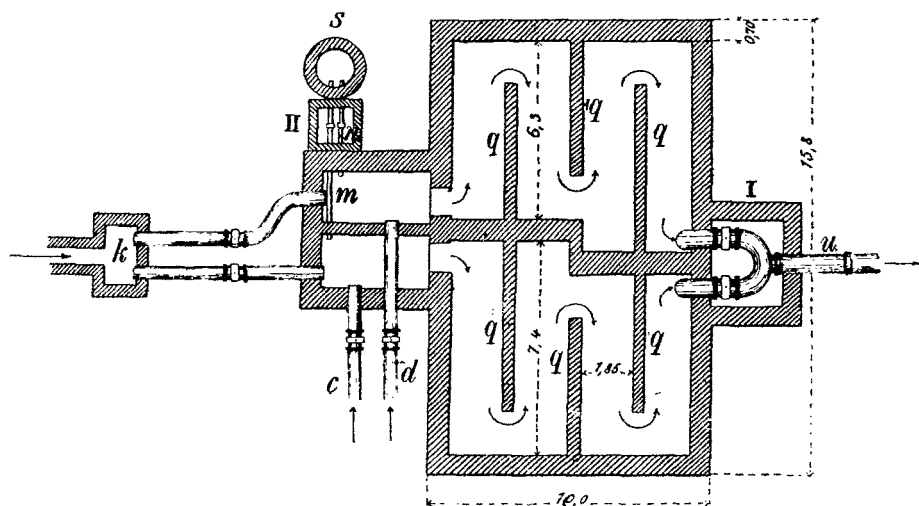
Сборная галлерей г. Кенигсберга (черт. 96) имѣетъ высоту 1 мтр., ширину вверху 0,63 м. и внизу—0,5 м. Она расположена на слое бетона толщиной 0,32 м. и построена изъ кирпича на цементномъ растворѣ. Отверстія въ стѣнкахъ изготовлены такимъ образомъ, что 3-й, 5-й и 7-й шовъ мѣстами оставлены безъ раствора; ширина скважинъ 20 мм.;

дно гладко оштукатурено цементомъ; стѣнки снаружи обложены фильтрующимъ слоемъ до высоты пять свода. Длина канала 5165 мтр. Каналъ засыпанъ слѣдующимъ матеріаломъ (считая снизу вверхъ): *e*—матеріалъ водоноснаго слоя, *d*—грубый песокъ, *c*—мелкій песокъ, *b*—глина, *a*—черноземъ. Уклонъ канала $\frac{1}{2000} - \frac{1}{4000}$, соотвѣтствуетъ уклону поверхности непроницаемаго слоя, на которой дно расположено. Каналъ оканчивается уширеннымъ колодезъмъ, въ которомъ осаждается часть влекомаго песка, и переходитъ въ сборную камеру, изображенную въ планѣ на черт. 97; камера раздѣлена поперечной стѣной на 2 половины; каждая половина соединена съ осадочнымъ колодезъмъ *k* помощью трубы съ задвижкой. Въ ту и другую половину входятъ трубы *c* и *d*, служашія для впуска, въ случаѣ необходимости, рѣчной воды. Чтобы по возможности сохранить свѣжесть воды устроены стѣнки *q*, увеличивающія путь, который вода должна пройти въ камерѣ. Для опорожненія ка-



Черт. 96.

меры, вмѣсто спуска, который здѣсь оказался невозможнымъ, устроенъ колодезь *S*, въ который помощью всасывающихъ трубъ *m* и *n* выкачивается вода изъ камеры; *I* и *II*—помѣщенія для задвижекъ, *u*—отводная труба.

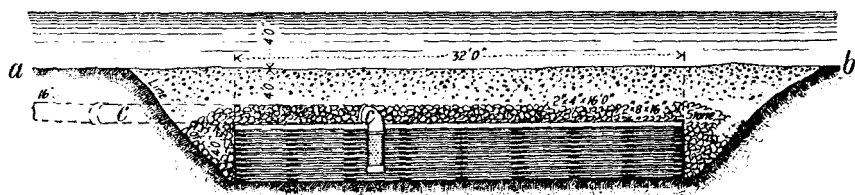


Черт. 97.

меры, вмѣсто спуска, который здѣсь оказался невозможнымъ, устроенъ колодезь *S*, въ который помощью всасывающихъ трубъ *m* и *n* выкачивается вода изъ камеры; *I* и *II*—помѣщенія для задвижекъ, *u*—отводная труба.

81. Сборныя сооруженія возлѣ рѣкъ. Когда грунтъ берега состоитъ изъ фильтрующаго матеріала (гравія и песку), то онъ пропитанъ просачивающейся въ него водой рѣки. Если въ нѣкоторомъ разстояніи отъ послѣдней устроимъ каналъ съ открытымъ дномъ или колодезь, то въ немъ будетъ собираться профильтрованная черезъ естественный слой рѣчная, и притекающая къ нему грунтовая вода. Чтобы фильтрація была удовлетворительна разстояніе сборнаго сооруженія отъ берега не должно быть меньше 50 ф. Очевидно, что въ фильтрующемъ слоѣ остается значительная часть задерживаемыхъ имъ веществъ, и онъ со временемъ воду не только не очищаетъ, но даже еще болѣе ее засоряетъ, вслѣдствіе того естественные фильтры не оправдали возлагавшихся на нихъ ожиданій.

Лучшіе результаты получаются помощью фильтровъ находящихся подъ дномъ рѣки. Для сооруженія такого фильтра изготовляютъ на днѣ рѣки выемку, устраиваютъ въ ней приѣмникъ, наполняютъ его пропущеннымъ



Черт. 98.

черезъ грохоты чистымъ гравіемъ, на который насыпаютъ слой хорошо промытаго песку толщиною 3—4 ф. На черт. 98 изображенъ такой фильтръ, устроенный для снабженія г. Кенсингтонъ; *ab*—дно рѣки, *сс*—всасывающая труба. На днѣ выемки расположенъ срубъ, длиною 200 ф., шириной 32 ф., и высотой 4 ф., который заполнили камнями и засыпали 4 фута толстымъ слоємъ смѣси изъ песка и гравія; всасывающая труба оканчивается въ срубѣ съточнымъ отверстіемъ немного выше дна выемки. Срубъ располагаютъ въ такомъ мѣстѣ рѣки, гдѣ скорость теченія 4—8 ф.

Опыты показали, что такой фильтръ очищаетъ воду только механически, и не имѣетъ почти никакого вліянія на содержаніе бактерій; весьма возможно, что при отсутствіи дерева получился бы въ послѣднемъ отношеніи лучшій результатъ.

Въ Америкѣ нерѣдко собираютъ воду дырчатыми трубами, втиснутыми почти горизонтально въ водоносный слой помощью домкратовъ, упертыхъ однимъ концомъ въ стѣну выемки. Въ South-Haven вдавленные такимъ образомъ подъ дномъ озера Мичиганъ три 6 дюймовыя трубы длиною 30 ф. въ разстояніяхъ 5 ф., доставляютъ около 390.000

ведеръ въ сутки. Въ Кристалль-Сити подобное устройство состоитъ изъ двухъ 8 дюймовыхъ трубъ длиною 200 ф., продыравленныхъ на протяженіи 65 ф., погруженныхъ подъ дномъ р. Миссиссипи въ песчаный слой толщиною 20 ф. Ихъ суточный расходъ превышаетъ 400.000 ведеръ.

ГЛАВА IV.

О ч и с т к а в о д ы .

82. Методы очистки. Вода, назначаемая для домашняго потребленія, должна быть чистая въ механическомъ, химическомъ и бактериологическомъ отношеніи. Питьевая вода не должна содержать вредныхъ бактерій; слишкомъ жесткая вода неудобна для приготовленія кушанья и для стирки бѣлья; для той же цѣли невыгодно употреблять воду содержащую много желѣза. Въ заводской и фабричной промышленности условія чистоты воды зависятъ главнымъ образомъ отъ рода производства, въ зависимости отъ котораго они бываютъ вообще различны, но всѣ они требуютъ, чтобы вода не была жесткая и не была засорена органическими веществами. Грунтовая и ключевая воды обыкновенно чисты во всѣхъ отношеніяхъ, и потому вообще чистки не требуютъ, только иногда нуждаются въ уменьшеніи жесткости и количества раствореннаго въ нихъ желѣза, но безъ очистки не могутъ обойтись поверхностныя воды озерныя, рѣчныя и прудовыя.

Существуетъ много способовъ очистки воды, но только нѣкоторые изъ нихъ пригодны для примѣненія въ большихъ размѣрахъ. Всѣ они могутъ быть раздѣлены на 2 главныя группы: 1) очищающіе воду отъ твердыхъ и 2) отъ растворенныхъ веществъ. Къ первой группѣ принадлежатъ отстаиваніе и фильтрація.

При отстаиваніи вода освобождается болѣе или менѣе отъ взвѣшенныхъ веществъ и бактерій; степень его дѣйствія зависитъ главнымъ образомъ отъ времени. Иногда его ускоряютъ посредствомъ примѣси химическихъ веществъ, называемыхъ коагулянтами, которыя значительно пособствуютъ выдѣленію изъ воды мельчайшихъ примѣсей. Для отстаиванія устраиваютъ особые бассейны, называемые отстойными или осадочными.

Фильтрація исполняется различнымъ образомъ. Всего чаще она состоитъ въ томъ, что въ особыхъ бассейнахъ, называемыхъ фильтрами, пропускаютъ воду черезъ слой мелкаго песку, который задерживаетъ твердыя вещества. Существуютъ 2 способа фильтраціи: въ обширныхъ бассейнахъ съ весьма малой скоростью, и въ небольшихъ—съ большой

сравнительно скоростью. Кромѣ песка употребляютъ для фильтраціи асбестъ, пористые камни, уголь и др.

Способы удаленія растворенныхъ веществъ имѣютъ цѣлью главнымъ образомъ уменьшеніе въ водѣ извести и магнезій, а также желѣза. Эти способы всегда сопровождаются отстаиваніемъ или фильтраціей, имѣющимъ цѣлью удаленіе образовавшагося осадка, и аэраціей; послѣдняя состоитъ въ томъ, что воду бѣдную кислородомъ приводятъ въ тѣсное соприкосновеніе съ воздухомъ.

Очистка воды перегонкой употребляется только въ морскомъ плаваніи. Перегонка очищаетъ воду совершенно, но вслѣдствіе высокой стоимости не можетъ быть употребляема для городского водоснабженія. Способъ освобожденія воды отъ взвѣшенныхъ веществъ посредствомъ отстаиванія и фильтраціи былъ извѣстенъ уже въ древности. Такъ въ 440 г. до Р. Х. Иппократъ предлагалъ очищать воду помощію кипяченія или фильтраціи въ цѣли избѣжанія заболѣваній отъ зараженной воды. Фронтиніусъ, описывая римскіе водопроводы, говоритъ, что на седьмой милѣ отъ Via Latina вода изъ проводовъ Марціа, Тепула и Юлія переходитъ въ крытое фильтровальное мѣсто, гдѣ она складывается иль», а въ конструкціи древняго римскаго Castella встрѣчается какъ принадлежность акведука планъ осадочнаго бассейна. Индусы съ незапамятныхъ временъ пользуются квасцами какъ коагулянтами для освѣтленія воды рѣки Гангесъ; для этого они вставляютъ кусокъ квасца въ разщепленный конецъ бамбуковой трости, и взбалтываютъ ею воду; къ слѣдующему дню вода дѣлается прозрачной. Египтяне осаждали воду квасцами и отстаивали уже въ глубокой древности; этотъ способъ употребляется и теперь на Закавказьи для очищенія мутной воды рѣки Куры.

Въ Цейлонѣ и Порто-Рико пользовались для фильтраціи пористыми камнями уже въ древности. У Индійцевъ очень распространенъ слѣдующій фильтръ, называемый «чатти»: Три гончарныхъ кувшина укрѣплены одинъ надъ другимъ; верхній кувшинъ наполненъ гравіемъ, средний—деревяннымъ углемъ, а въ нижнемъ собирается профильтрованная вода. Дно верхняго и средняго кувшина продырявлено и покрыто хорошо промытой соломой.

Въ Европѣ песчаные фильтры въ большомъ размѣрѣ были устроены впервые Симпсономъ въ 1829 г. въ Англіи для Лондонской Chelsea-Water Company (Чельси-уатеръ компани). Дарси во Франціи построилъ первый механический фильтръ, De Fonvielle и Bourgoise изобрѣли домовые фильтры, а Clark въ Англіи указалъ простой способъ смягченія жесткой воды.

На большое гигиеническое значеніе чистоты воды было обращено вниманіе въ срединѣ 20-го столѣтія, но распространеніе фильтровъ тормозилось взглядомъ, оказавшимся въ послѣдствіи неправильнымъ, что качества воды зависятъ только отъ химическаго состава ея примѣсей. Въ

1870 г. былъ найденъ вѣрный способъ анализа воды, и тутъ оказалось, что фильтръ весьма неудовлетворительно очищаетъ воду отъ растворенныхъ въ ней органическихъ веществъ, которыя считали главнымъ источникомъ вредныхъ качествъ воды. Но послѣ введенія бактериологическаго метода, основаннаго на знаменитомъ открытіи Коха, и примѣненія его къ фильтраціи воды профессоромъ Франкляндъ въ 1885 г., вопросъ объ очисткѣ воды получилъ новое направленіе, такъ какъ оказалось, что фильтрація, очищающая воду химически не совсѣмъ удовлетворительно, является отличнымъ средствомъ для удаленія бактерий. Въ послѣдніе 20 лѣтъ песчаные фильтры считаются необходимою во всѣхъ случаяхъ, когда для снабженія пищевой или питьевой водой пользуются рѣками или озерами, вообще—открытыми источниками.

О т с т а и в а н і е.

83. Въ рѣчной водѣ осадки состоятъ главнымъ образомъ изъ песка и ила, небольшого количества органическихъ веществъ, и болѣе или менѣе значительнаго количества бактерий. Послѣднія представляютъ наиболѣе вредныя примѣси. Содержаніе бактерий бываетъ особенно значительно во время, когда вода мутная, такъ какъ большое количество ихъ доставляетъ вода стекающая изъ примыкающихъ къ рѣкѣ полей и другихъ засоренныхъ поверхностей; по Фуллеру оно равняется отъ 100 до 50.000 въ 1 куб. сантиметрѣ. Иловатыя частицы могутъ быть тоньше даже бактерий, такъ какъ діаметръ ихъ бываетъ менѣе 0,00001 дм.

Наиболѣе совершенное осажденіе происходитъ въ озерахъ и прудахъ, вслѣдствіе продолжительнаго покоя воды; искусственное осажденіе въ отстойныхъ бассейнахъ продолжается лишь нѣсколько дней или нѣсколько часовъ, но и въ этотъ сравнительно короткій промежутокъ времени оно приноситъ большую пользу.

Отстаиваніе освобождаетъ воду только отъ грубыхъ примѣсей; обыкновенно оно имѣетъ цѣлью лишь подготовить воду для послѣдующей фильтраціи.

84. Дѣйствіе отстаиванія. Удѣльный вѣсъ песчинокъ и иловыхъ частицъ около 2,5, онѣ поэтому находятъ въ текущей водѣ въ плавающемъ состояніи вслѣдствіе скорости теченія. Когда скорость ниже нѣкотораго предѣла, то эти вещества постепенно опускаются на дно, и скорость опусканія зависитъ отъ объема и формы частицъ. Вѣса подобныхъ по формѣ частицъ пропорціональны кубу ихъ діаметра, между тѣмъ какъ площади ихъ поверхностей пропорціональны только квадратамъ діаметровъ, вслѣдствіе того сопротивленіе опусканію мелкихъ частицъ значительно больше чѣмъ крупныхъ, поэтому первыя остаются въ плавающемъ состояніи и при очень малой скорости, между тѣмъ какъ послѣднія

опустятся тѣмъ быстрѣе, чѣмъ онѣ крупнѣе; но крупныя, опускаясь, увлекаютъ за собой значительную часть мелкихъ, вслѣдствіе чего вода очищается значительно не только въ состояніи покоя, но и при движеніи съ очень малой скоростью.

85. Продолжительность отстаиванія. Время нужное для полного осажденія можетъ быть опредѣлено только непосредственными опытами. Нѣкоторыя воды требуютъ для этого цѣлыя недѣли, и даже мѣсяцы, а другія даютъ удовлетворительные результаты уже черезъ 1 или 2 дня; двадцать четыре часа можно считать какъ минимумъ времени отстаиванія, но нерѣдко бываютъ нужны 2 или 3 дня. Наибольшее количество осаждается въ первые 24 часа; изслѣдованія въ Синсинатѣ показали, что количество образующихся на днѣ осадковъ составляетъ слѣдующіе проценты отъ ихъ полного количества, содержащагося въ водѣ:

послѣ 24 часовъ отстаиванія	62%
» 48 »	68%
» 72 »	72%
» 96 »	76%

Когда послѣ отстаиванія вода подвергается фильтріи, то 24 часа можно считать достаточнымъ временемъ для всякой воды.

86. Вліяніе отстаиванія на бактеріи. Это вліяніе различно смотря по тому, происходитъ ли отстаиваніе въ открытомъ или въ закрытомъ бассейнѣ. Въ открытомъ отстойникѣ солнечный свѣтъ содѣйствуетъ, съ одной стороны, уменьшенію количества бактерій, а съ другой—развитію водорослей, размножающихъ микроорганизмы. Вслѣдствіе большихъ площадей отстойныхъ бассейновъ рѣдко бываетъ возможно дѣлать ихъ закрытыми, поэтому важное значеніе имѣютъ изслѣдованія исполненныя въ открытыхъ бассейнахъ. Въ Лондонѣ эти изслѣдованія показали, что послѣ трехъ дней отстаиванія количество бактерій уменьшилось до 50%, а въ Синсинатѣ, послѣ того же времени, до 25%. Не смотря на столь хорошіе результаты очистка воды отъ бактерій отстаиваніемъ не можетъ считаться удовлетворительной, потому что во всѣхъ случаяхъ количество вредныхъ бактерій въ водѣ почти не уменьшалось. Въ Lawrence (Америка) отстаиваніе уменьшало количество бактерій на 90% и несмотря на то, тифозныя заболѣванія вслѣдствіе употребленія отстоянной воды не только не уменьшались, но даже увеличивались.

Очагомъ бактерій является главнымъ образомъ образующійся на днѣ иловатый осадокъ, вслѣдствіе значительнаго содержанія въ немъ органическихъ веществъ. При изслѣдованіи морского ила, добытаго въ Неаполѣ изъ глубины 1100 мтр. было найдено въ 1 куб. стм. 24000 бактерій,

хотя на этой глубинѣ въ водѣ онѣ совершенно отсутствовали. Въ осадкѣ резервуара Альтона (Гамбургъ), наполняемомъ водою р. Эльбы, насчитали въ 1 куб. сатм. 17000000 бактерій, между тѣмъ какъ вода, находившаяся непосредственно надъ этимъ осадкомъ, содержала не болѣе 1000000 въ 1 куб. сант. Такъ какъ бактеріи осадка могутъ передаваться водѣ, то отстойные бассейны необходимо по возможности чаще промывать.

87. Осажденіе соединенное съ коагуляціей. Нѣкоторые химическія соединенія имѣютъ свойство образовать съ находящимися въ водѣ веществами осадки желатинистаго характера, которые дѣйствуя въ качествѣ коагулянтовъ собираютъ чрезвычайно мелкія частицы въ сравнительно большія хлопья, легко удаляемые фильтраціей. Этимъ способомъ освѣтляются въ значительной степени торфяныя и другія мутныя воды. Коагулянты употреблялись изрѣдка и прежде въ песчаныхъ фильтрахъ, а также при обыкновенномъ отстаиваніи, но большое распространеніе они получили въ Америкѣ какъ вспомогательное средство при очисткѣ воды такъ называемыми механическими фильтрами.

Для коагуляціи всего чаще употребляютъ квасцы. Послѣдніе въ водѣ, содержащей карбонаты и бикарбонаты извести и магнезіи разлагаются: сѣрная кислота образуетъ съ известью и магнезіей сульфаты, при чемъ углекислота дѣлается свободной, между тѣмъ какъ алюминій соединяется съ водою и образуетъ грубый желатинистый гидратъ, который составляетъ свертывающее средство; часть этого гидрата поглощается иломъ. Когда количества сульфата больше чѣмъ можетъ соединиться съ известью и магнезіей, то онъ остается раствореннымъ въ водѣ; это обстоятельство нужно имѣть въ виду особенно при чугунныхъ проводахъ, такъ какъ такая вода сильно разъѣдаетъ желѣзо и имѣетъ непріятный вкусъ.

Опыты показали, что мелкія примѣси требуютъ значительно болѣе коагулянта чѣмъ грубыя. Уменьшеніе карбонатовъ сопровождается равнымъ ему увеличеніемъ сульфатовъ, чѣмъ увеличивается жесткость воды, но это увеличеніе очень незначительно.

Количество нужнаго коагулянта зависитъ отъ количества и характера содержащихся въ водѣ примѣсей, и измѣняется въ предѣлахъ отъ 0,15 до 0,8 граммовъ на 1 ведро. Наиболѣе полезное количество можетъ быть опредѣлено только непосредственными опытами.

Кромѣ квасцовъ могутъ служить коагулянтами сѣрнокислая закись желѣза и разныя соединенія алюминія, калия и извести. Сульфатъ желѣза дѣйствуетъ такимъ же образомъ какъ квасцы, при немъ коагулянтъ служитъ образующійся въ водѣ желѣзный гидратъ. Такой же гидратъ получается также при очисткѣ воды желѣзомъ по способу Андерсона, или электролитическимъ путемъ. Дѣйствіе извести менѣе сильно чѣмъ дѣйствіе квасцовъ или желѣза.

Отстойные бассейны.

88. Два рода отстаиванія. Отстаиваніе можно производить двоякимъ образомъ: 1) посредствомъ очень медленнаго теченія и 2) посредствомъ оставленія воды нѣкоторое время въ состояніи покоя. Первый способъ можно назвать непрерывнымъ, а второй—перемежающимся.

При употребленіи перваго способа иногда уменьшаютъ скорость воды въ самой рѣкѣ помощью уширенія русла или устройства плотины, увеличивающихъ живое сѣченіе. Вода большихъ рѣкъ обыкновенно очищается удовлетворительно во время теченія и можетъ обходиться безъ отстаиванія; еще менѣе оно нужно для воды изъ озеръ и прудовъ. Когда скорость текущей воды болѣе или менѣе значительна, то отстаиваніе въ особыхъ бассейнахъ почти всегда не только желательно, но въ большинствѣ случаевъ даже необходимо. Устройство этихъ бассейновъ вообще одинаково съ бассейнами ииѣющими разныя другія цѣли.

Перемежающееся отстаиваніе имѣетъ передъ непрерывнымъ то неудобство, что при немъ теряется время на пополненія и опорожненія бассейна и удобство полученія воды изъ верхняго, наиболѣе чистаго слоя; кромѣ того при подачѣ воды въ бассейнъ насосами увеличивается высота всасыванія почти на всю довольно значительную глубину воды въ бассейнѣ, между тѣмъ какъ при непрерывномъ способѣ эта глубина весьма незначительна.

89. Число и размѣры бассейновъ. При непрерывномъ отстаиваніи можно ограничиться однимъ бассейномъ, и только въ случаѣ очень мутной воды желательны 2 отдѣленія, чтобы во время чистки одного изъ нихъ можно было продолжать отстаиваніе въ другомъ.

При перемежающемся отстаиваніи необходимое число отдѣленій, которое никогда не должно быть меньше двухъ, опредѣляется слѣдующимъ образомъ. Обозначимъ черезъ:

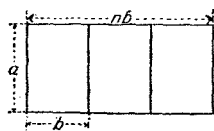
Q — объемъ воды, который постоянно долженъ быть въ отстойникахъ, и

q — объемъ одного отдѣленія, то принявъ во вниманіе, что 1 отдѣленіе должно наполняться, а одно опорожняться, получимъ, считая послѣднее отдѣленіе за $1/2$ бассейна, число бассейновъ:

$$n = \frac{Q}{q} + 1\frac{1}{2}.$$

Чѣмъ больше q , тѣмъ меньше $\frac{Q}{q}$, тѣмъ больше стоимость необходимыхъ $1\frac{1}{2}$ добавочныхъ отдѣленій, наиболѣе выгодное число n опредѣляется поэтому всего точнѣе практикой.

90. Форма бассейна. Бассейны получают въ планѣ обыкновенно прямоугольную форму. При устройствѣ одного только отдѣленія наиболее выгодной формой будетъ квадратъ, такъ какъ при одинаковой площади онъ имѣетъ наименьшій периметръ. При большемъ числѣ отдѣленій наиболее выгодныя отношенія могутъ быть опредѣлены слѣдующимъ образомъ. Обозначимъ черезъ:



Черт. 99.

n — число отдѣленій, каждое длиною x и шириной y ;

s_n — стоимость единицы длины наружныхъ стѣнъ;

s_r — тоже, внутреннихъ стѣнъ;

S — полную стоимость стѣнъ, то (черт. 99):

$$S = (2nx + 2y) s_n + (n - 1) y s_r.$$

Пусть f — площадь одного отдѣленія, то $f = xy$; принявъ эту величину постоянной (всѣ отдѣленія равны), будемъ имѣть, такъ какъ $y = \frac{f}{x}$,

$$S = \left(2nx + \frac{2f}{x} \right) s_n + (n - 1) \frac{f}{x} s_r.$$

Производная этого уравненія

$$\frac{dS}{dx} = \left(2n - \frac{2f}{x^2} \right) s_n - (n - 1) \frac{f}{x^2} s_r = 0$$

и такъ какъ

$$\frac{f}{x^2} = \frac{xy}{x^2} = \frac{y}{x}$$

$$2ns_n - 2s_n \frac{y}{x} - (n - 1) s_r \frac{y}{x} = 0$$

откуда

$$y = \frac{2ns_n}{2s_n + (n - 1)s_r} \cdot x \quad (61)$$

Для $s_n = s_r$ это уравненіе даетъ:

$$y = \frac{2n}{(n + 1)} \cdot x \quad (62)$$

При двухъ отдѣленіяхъ

$$n = 2 \text{ и } y = \frac{4}{3} x,$$

при трехъ

$$n = 3 \text{ и } y = \frac{6}{4} x \text{ и т. д.}$$

При непрерывном отстаивании наименьшая площадь получается на томъ основаніи, что скорость теченія не должна быть больше 1 или 2 миллиметр. въ секунду, что на каждый литръ въ секунду нужна площадь поперечнаго сѣченія отъ 0,5 до 1 квадрат. метр., и что время отстаиванія измѣняется въ предѣлахъ отъ 12 до 30 часовъ.

Изъ экономическихъ соображеній бассейны устраиваютъ частью въ выемкѣ и частью въ насыпи. Открытые земляные бассейны значительно дешевле перекрытыхъ, но въ первыхъ вода засоряется пылью, лѣтомъ нагревается и въ ней развивается растительность, а зимой образуется ледъ. Вслѣдствіе того въ здѣшнемъ климатѣ необходимо, несмотря на высокую стоимость, устраивать перекрытые бассейны.

91. Глубина бассейна, при непрерывномъ способѣ отстаиванія обыкновенно не больше $1\frac{1}{2}$ или 2 метр., а при перемежающемся она не меньше 3 метр., и обыкновенно 4—6 метр. Вслѣдствіе вліянія температуры глубина открытаго резервуара должна быть больше глубины перекрытаго.

92. Устройство впускныхъ и выпускныхъ отверстій. При непрерывномъ отстаиваніи вода должна входить въ бассейнъ равномерно и по возможности покойно вдоль всего сѣченія бассейна, на противоположномъ концѣ она должна стекать то же равномерно и покойно, безъ волненій и сильныхъ теченій; по возможности всѣ частицы воды должны оставаться въ бассейнѣ одинаковое время, т. е. она должна передвигаться равномерно всѣмъ сѣченіемъ. Обыкновенно впускъ образуетъ одна труба, но лучше сдѣлать нѣсколько впусковъ помощью вертикальныхъ трубъ, отвѣтвляющихся отъ одной впускной трубы, помѣщенной горизонтально внутри самаго бассейна вдоль одной стѣны. Выходъ воды долженъ находиться вверху въ близи поверхности; онъ можетъ получить подобное устройство какъ входъ, т. е. состоятъ изъ ряда вертикальныхъ трубъ, окончивающихся немного ниже горизонта воды, а иногда онъ имѣетъ видъ переливнаго желоба, идущаго вдоль всей стѣны, противоположной сторонѣ входа. Въ концѣ бассейна, передъ выходомъ, номѣщаютъ часто подвижную перегородку, регулирующую правильность теченія; лѣтомъ втекающая вода теплѣе, и слѣдовательно, легче нижней, поэтому при устройствѣ выхода вверху теплая вода будетъ двигаться прямо къ выходу, и вся нижняя вода останется въ бассейнѣ безъ движенія. Это неудобство устраняется такимъ положеніемъ перегородки, при которомъ проходъ остается лишь у дна бассейна, а зимой наоборотъ, опускаютъ перегородку на дно и тѣмъ заставляютъ болѣе холодную воду подниматься къ верху.

При перемежающемся отстаиваніи какъ впускъ воды, такъ и выпускъ ея получаютъ устройство обыкновенно употребляемое въ бассейнахъ или резервуарахъ вообще. Впускъ долженъ находиться въ верхней части резер-

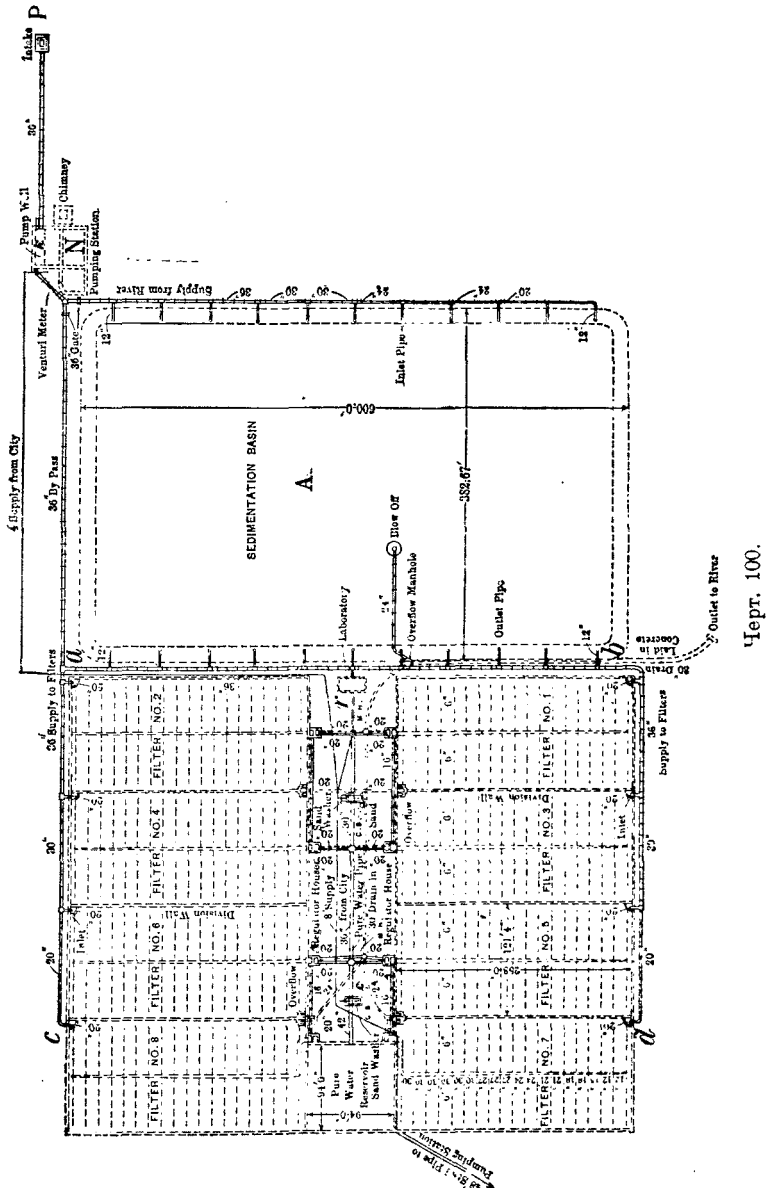
вуара, а выпускъ—немного выше дна, чтобы вмѣстѣ съ водой не стекали и осадки. Въ глубокихъ бассейнахъ полезно помѣщать выпуски на двухъ разныхъ высотахъ; такъ какъ верхняя вода всегда чище нижней, то нижній выпускъ слѣдуетъ открывать только въ случаѣ, когда верхній не даетъ требуемаго количества. Въ неглубокихъ бассейнахъ было бы излишне устраивать выпуски на двухъ разныхъ высотахъ; опыты показали, что послѣ 24 часовъ отстаиванія разница въ чистотѣ воды у дна и вверху незначительна, и что только въ верхнихъ 6 дюймахъ иногда получалась замѣтная разница. Чтобы можно было въ случаѣ надобности отводить воду изъ произвольной глубины употребляютъ иногда описанныя въ главѣ VIII трубы.

93. Спускъ (опорожненіе бассейна). Дно бассейна получаетъ въ серединѣ паденіе 0,01 до 0,02, и на наиболѣе низкомъ мѣстѣ его устраиваютъ спускной колодезь, который обыкновенно плотно закрытъ. Въ этотъ колодезь спускаютъ при чисткѣ бассейна осѣвшую на днѣ грязь; дно промываютъ часто пущенной на него подъ сильнымъ давленіемъ струей воды. Промежутокъ времени между двумя чистками зависитъ отъ мѣстныхъ условій: иногда нужна чистка каждый мѣсяць, а иногда достаточно разъ въ годъ. Чѣмъ дольше грязь остается въ бассейнѣ, тѣмъ она дѣлается плотнѣе, тѣмъ труднѣе бываетъ смыть ее.

Примѣры. Отстойные бассейны въ Варшавѣ устроены для непрерывнаго отстаиванія. Бассейнъ представляетъ прямоугольное кирпичное сооруженіе, перекрытое сводами, опирающимися на продольныя стѣны и на ряды колоннъ. Помощью глухихъ переборокъ между колоннами бассейнъ раздѣленъ на 8 корридоровъ, каждый шириною 16 фут. и длиною около 325 ф.; перегородки въ началѣ бассейна и въ концѣ его сообщаются между собою отверстіями; въ концѣ корридоровъ устроены передвижные щиты. Рѣчная вода входитъ по трубѣ въ камеру, переходитъ въ бассейнъ и распределяется по всѣмъ корридорамъ. Дно бассейна сдѣлано съ уклономъ, въ началѣ 1:240, и затѣмъ 1:260; такъ какъ вслѣдствіе того глубина протока въ началѣ меньше, и въ концѣ больше, то и скорость теченія постепенно уменьшается къ концу корридоровъ, и въ началѣ вода освобождается отъ болѣе крупныхъ, а затѣмъ отъ мелкихъ примѣсей. Изъ бассейна вода переливается въ общій сборный каналъ, и переходитъ на фильтры.

Въ Альбани отстойный бассейнъ А (черт. 100) вмѣщаетъ полуторадневный расходъ; отстаиваніе непрерывное. Вода входитъ черезъ 11 отверстій, устроенныхъ вдоль продольной стѣны въ началѣ бассейна и стекаетъ черезъ такое же число отверстій въ концѣ его. Впускныя трубы возвышаются на 4 фута выше горизонта воды и снабжены вверху отверстіями; вслѣдствіе такого устройства вода при входѣ въ бассейнъ

аэруется (поглощает кислородъ воздуха). Бассейнъ имѣетъ переливъ; для опорожненія устроенъ колодезь, къ которому дно со всѣхъ сто-



Черт. 100.

ронъ имѣетъ паденіе. *P* — приемникъ въ рѣкѣ, *N* — насосная станція. Объемъ отстойныхъ бассейновъ долженъ быть не меньше суточнаго

расхода, но лучше сделать его вдвое больше, особенно когда вода мутная. Въ Англіи ихъ объемъ обыкновенно значительно больше, и въ Лондонѣ достигаетъ 15 кратнаго суточнаго расхода. Въ настоящее время устраиваютъ почти исключительно непрерывное отстаиваніе.

ГЛАВА V.

Песочные фильтры.

94. Общее устройство. Песочный фильтр представляет обширный водонепроницаемый, открытый или закрытый резервуаръ, на днѣ котораго устроена система дренажъ или мелкихъ каналовъ, засыпанныхъ слоями камня и гравія уменьшающейся снизу вверхъ крупности, и 2—5 фут. толстымъ слоемъ мелкаго песка. Фильтромъ служить этотъ слой песка, а слои гравія образуютъ основаніе, составляющее постепенный переходъ отъ песку къ камнямъ такой крупности, что они больше самыхъ большихъ отверстій, которыми снабжены сборные каналы или дренажи. Вода вводится на фильтрующий песокъ со столь малой скоростью, при которой онъ не могъ бы приходить въ движеніе, опускается черезъ песокъ внизъ, оставляетъ въ немъ твердыя вещества, и уже очищенная проходитъ черезъ слои основанія въ сборные дренажи, изъ которыхъ стекаетъ въ резервуаръ чистой воды. Рѣчную воду сначала отстаиваютъ въ отстойныхъ бассейнахъ, и затѣмъ уже спускаютъ на фильтры.

Вода, просачиваясь черезъ песокъ оставляетъ въ его верхнемъ слое заключенныя въ ней мелкія твердыя вещества; послѣднія заполняютъ его промежутки, фильтръ дѣлается плотнѣе, и сопротивленіе просачиванію постепенно увеличивается, а такъ какъ просачиваніе должно происходить равномернo, то бываетъ нужно увеличивать движущую силу посредствомъ увеличенія напора. Когда засореніе песка достигнетъ такого предѣла, что фильтръ дѣйствуетъ слабо при повышеніи горизонта воды до предѣльной высоты, то воду спускаютъ, снимаютъ верхній засоренный слой песка, и наполняютъ вновь водой, при чемъ для избѣжанія засоренія вводятъ сначала чистую, профильтрованную воду снизу до тѣхъ поръ пока ея горизонтъ не достигнетъ высоты поверхности песка, и затѣмъ уже пускаютъ на фильтръ мутную воду. Когда толщина слоя песка уменьшится до нѣкотораго предѣла, то дополняютъ его новымъ чистымъ пескомъ.

При изложеніи устройства фильтровъ нужно рассмотреть слѣдующіе отдѣлы: конструкцію фильтра (бассейна) и дренажъ, песчаный слой, основаніе, степень фильтраціи и ея регулированіе, потерю напора въ фильтрующемъ слое, его основаніи и въ дренажѣ, промывку песка, прочистку, и бактериологическія испытанія.

95. Бактеріологическое дѣйствіе фильтра. Когда фильтръ работаетъ при благопріятныхъ условіяхъ, то онъ очищаетъ воду почти совершенно отъ бактерій. Прежде думали, что фильтръ дѣйствуетъ только механически какъ очень тонкое сито, но опыты показали, что это мнѣніе лишь отчасти справедливо. Если бы фильтръ дѣйствовалъ только механически, то онъ давалъ бы во всякое время воду одинаковаго качества, между тѣмъ найдено, что новый фильтръ даетъ въ началѣ воду гораздо болѣе богатую микроорганизмами чѣмъ впослѣдствіи, т. е. фильтръ дѣйствуетъ тѣмъ лучше, чѣмъ онъ старше, несмотря на то, что и въ старомъ фильтрѣ промежутки между песчинками достаточно широки для того, чтобы пропускать столь мелкія вещества, какъ бактеріи. Опыты показываютъ, что даже измѣненія въ крупности песка въ извѣстныхъ предѣлахъ имѣютъ въ этомъ отношеніи мало вліянія.

Наибольшее число бактерій остается на поверхности фильтрующаго песка, на которой вслѣдствіе того образуется желатинистая кожица, совершенно измѣняющая качество песка. Изслѣдованія показываютъ, что эта кожица состоитъ изъ неорганическихъ веществъ, разнаго рода ила, органическихъ веществъ какъ: бактерій, тонкихъ волоконъ растений и остатковъ мелкихъ водныхъ животныхъ. Въ время образованія кожицы на поверхности происходитъ подобный процессъ и внутри фильтра, и дѣятелями здѣсь являются живые организмы. Этотъ процессъ является слѣдствіемъ размноженія бактерій, извлеченныхъ изъ песка и воды, при чемъ слизистое вещество образуется изъ самыхъ клѣтокъ и ихъ испареній. Это органическое вещество сгущается зимой легче чѣмъ лѣтомъ. Но наибольшее количество организмовъ развивается въ верхнемъ слоѣ песка; напр. въ Lawrence было найдено въ граммѣ воды на поверхности 6600000 бактерій, на глубинѣ 12 дм. 90000, а на глубинѣ 40 дм.—только 29000.

Въ Германіи сложилось мнѣніе, что верхняя кожица представляетъ главное условіе хорошей фильтраціи, но изслѣдованія въ Америкѣ показали, что важное значеніе имѣетъ также упомянутое выше слизистое вещество, образующееся въ самомъ песчаномъ слоѣ, а такъ какъ послѣднее сохраняется въ песокѣ тѣмъ лучше, чѣмъ толще слой, то толщина послѣдняго не должна быть уменьшена ниже извѣстнаго предѣла. Такъ опыты въ Массачузетс показали, что фильтръ немедленно послѣ удаленія кожицы дѣйствовалъ также исправно какъ и прежде; было также замѣчено, что фильтръ работаетъ тѣмъ лучше, чѣмъ дольше онъ былъ въ дѣлѣ.

Прежде думали, что разница количествъ бактерій въ водѣ до и послѣ фильтраціи выражаетъ количество удаленныхъ бактерій. Это мнѣніе оказалось невѣрнымъ, такъ какъ вода извлекаетъ немало бактерій размножающихся въ фильтрующемъ слоѣ, кромѣ того число ихъ увеличивается

быстро въ отводныхъ дренахъ и каналахъ; но изъ бактерій, заключающихся въ чистой водѣ, наименѣе важны тѣ, которыя образуются въ пескѣ и въ отводныхъ дренахъ. Сколь быстро размножаются бактеріи въ чистомъ пескѣ можно узнать изъ того, что въ водѣ, профильтрованной черезъ песокъ предварительно стерилизованный паромъ или химическими дезинфицирующими веществами, насчитывали даже больше бактерій, чѣмъ въ нефильтрованной. Причиной тому является быстрое размноженіе бактерій въ стерилизованномъ пескѣ изъ зародышей, оставленныхъ въ немъ фильтрующей водой.

96. Степень дѣйствія фильтра на бактеріи измѣняется отношеніемъ разницы числа бактерій въ нефильтрованной и фильтрованной водѣ къ ихъ числу въ нефильтрованной. Изъ предыдущаго слѣдуетъ, что это отношеніе не опредѣляетъ дѣйствительнаго количества бактерій, задержанныхъ фильтромъ. Последнее получаютъ такимъ образомъ, что въ испытываемую воду вводятъ такіа формы микроорганизмовъ, которыя въ самомъ фильтрѣ не развиваются, какъ *Bacteria prodigiosa* или *Bacteria coli communis*, и затѣмъ опредѣляютъ ихъ количество въ фильтрованной водѣ. Процентное количество задержанныхъ фильтраціей этихъ прибавленныхъ вредныхъ бактерій называютъ гигиеническимъ дѣйствіемъ фильтра.

Вслѣдствіе трудности отдѣлить вредныя бактеріи отъ безвредныхъ считаютъ воду тѣмъ лучшей, чѣмъ меньше она содержитъ бактерій вообще; вода признается гигиенически удовлетворительной, когда въ культурахъ, выросшихъ на желатинѣ въ теченіе двухъ сутокъ, число ихъ въ кубическомъ сантиметрѣ не превышаетъ 100. Въ дѣйствительности это число даже въ хорошо дѣйствующихъ фильтрахъ нерѣдко больше, хотя среднее число обыкновенно ниже 100. Степень дѣйствія фильтра (въ процентахъ по отношенію къ нефильтрованной водѣ) обыкновенно = 98 до 99, но иногда достигаетъ 100, такъ что въ выгодныхъ случаяхъ песчаный фильтр очищаетъ воду совершенно отъ бактерій. Но при недостаточно тщательномъ уходѣ могутъ проходить черезъ фильтръ и болѣзнетворныя бактеріи; такъ изслѣдованія, произведенныя во время холерной эпидеміи въ 189²/₃ г. въ Германіи показали, что холерныя и тифозныя бактеріи встрѣчаются и въ фильтрованной водѣ; песчаная фильтрація не представляетъ поэтому совершенства въ области очистки воды, но при правильномъ устройствѣ и тщательномъ уходѣ она есть наилучшимъ изъ существующихъ несовершенныхъ способовъ.

97. Скорость фильтраціи. Вода очищается вообще тѣмъ лучше, чѣмъ медленнѣе она проходитъ черезъ фильтрующий слой. Въ Германіи принимаютъ, что при обыкновенныхъ условіяхъ скорость фильтраціи, т. е. скорость съ которой вода опускается въ фильтрующемъ слоѣ, не должна

превышать 100 миллиметровъ въ часъ; въ Англіи допускаютъ 150 мм. въ часъ, но въ Лондонѣ она не больше 70 мм. Въ Цюрихѣ получаютъ удовлетворительную воду при скорости 310 мм. въ часъ, но тамъ вода достаточно чиста и въ естественномъ состояніи, такъ какъ нефилътрированная содержитъ только 50—250 бактерій въ 1 куб. см. Въ Америкѣ вышнимъ предѣломъ считаютъ 160 мм. въ часъ.

Наибольшая допускаемая скорость филътраціи для данной воды можетъ быть опредѣлена только непосредственнымъ опытомъ, который можетъ быть исполненъ въ небольшомъ временномъ филътрѣ, имѣющемъ видъ бочки. Чѣмъ больше эта скорость, тѣмъ меньше нужна для филътра площадь, тѣмъ меньше его стоимость; 100 мм. въ часъ можно считать нормальной максимальной скоростью.

98. Количество филътрируемой воды въ сутки не должно быть меньше суточного расхода. Выше (№ 32) было сказано, что максимальный суточный расходъ превышаетъ средній суточный на 50%; филътры должны удовлетворять потребностямъ и въ дни максимальнаго расхода, т. е. они должны быть рассчитаны такъ, чтобы въ сутки могли профилътрировать количество, равное 150% средняго суточного расхода. Если они устроены на меньшее количество, напр. только на 130%, то можетъ оказаться нужнымъ въ дни болѣе значительнаго расхода увеличить соотвѣтственно скорость филътраціи, и тогда уже при проектированіи долженъ быть рѣшенъ вопросъ: возможно ли такое увеличеніе безъ ущерба для качества воды. Опыты, произведенные Киммелемъ въ Альтонѣ, показали, что при скоростяхъ въ 4, 8 и 16 фут. въ сутки филътръ работалъ одинаково хорошо; такой же результатъ дали опыты въ Лявренсѣ (Массечузетсѣ), производившіеся въ продолженіе 10 лѣтъ надъ 10 разными филътрами. Съ другой стороны Пифке въ Берлинѣ получалъ при такихъ же опытахъ ухудшеніе воды при небольшомъ повышеніи скорости филътраціи. Очевидно, что важное значеніе въ этомъ отношеніи имѣетъ качество нефилътрированной воды, поэтому рѣшеніе, которое могло бы имѣть общее значеніе, здѣсь невозможно, и оно можетъ быть получено въ каждомъ данномъ случаѣ только непосредственными опытами.

Такъ какъ вода притекаетъ къ филътрамъ всегда равномерно, то филътры должны дѣйствовать въ теченіе сутокъ равномерно, а неравномѣрность расхода въ городѣ въ разные часы дня уравнивается запаснымъ резервуаромъ. Вода изъ филътровъ не течетъ поэтому прямо въ городскую сѣть, но собирается сначала въ запасномъ резервуарѣ, къ которому притекаетъ равномерно, а уже изъ резервуара стекаетъ въ сѣть по мѣрѣ надобности.

Для возможности чистки и исправленій филътръ долженъ имѣть по крайней мѣрѣ 2 отдѣленія: когда число его отдѣленій большое, то нужно

одно запасное отдѣленіе на каждыя 5—10 отдѣленій, смотря по продолжительности времени, какое фильтры могутъ работать безъ очистки, и какое нужно для того, чтобы пустить фильтръ вновь въ дѣйствіе. При мутной водѣ промежутокъ между двумя чистками можетъ лѣтомъ понизиться до 6, и даже—5 сутокъ.

99. Число и размѣры отдѣленій. Если Q — максимальное количество, которое фильтръ долженъ доставить въ сутки, и v — скорость въ сутки, выраженная въ тѣхъ же единицахъ, что Q , то нужная полезная площадь фильтра:

$$F = \frac{Q}{v}.$$

Пусть f — площадь одного отдѣленія, и n — число отдѣленій, то такъ какъ одно отдѣленіе должно быть запасное,

$$n = \frac{F}{f} + 1.$$

Стоимость фильтра состоитъ изъ двухъ частей, изъ которыхъ одна пропорціональна площади, а другая почти независитъ отъ его размѣровъ. Первую часть составляютъ: стоимость приобрѣтенія площади, изготовленія дна, устройства фильтрующаго слоя и его основанія, перекрытія, земляныхъ работъ, сборныхъ каналовъ и наружныхъ стѣнъ, а вторую — стоимость трубъ, крановъ, перегородокъ, камеръ для крановъ и задвижекъ и т. д. Если первую часть стоимости, отвнесенную къ единицѣ площади, означимъ черезъ c , а вторую, по отношенію къ 1 отдѣленію, черезъ C , то полная стоимость:

$$K = cnf + Cn = n(cf + C) = \left(\frac{F}{f} + 1\right)(cf + C).$$

Поэтому

$$\frac{\partial K}{\partial f} = 0 = c - \frac{CF}{f^2}.$$

откуда, площадь одного отдѣленія, соотвѣтствующая наименьшей стоимости:

$$f = \sqrt{\frac{C}{c}} F.$$

Чѣмъ больше c , тѣмъ меньше f , поэтому для перекрытыхъ фильтровъ f меньше, чѣмъ для открытых. Отношеніе $\frac{C}{c}$ почти не выходитъ изъ пре-

дѣловъ отъ $\frac{1}{9}$ до $\frac{1}{16}$, такъ что наиболѣе экономичное

$$f = \text{отъ } \frac{1}{4} \sqrt{F} \text{ до } \frac{1}{3} \sqrt{F}.$$

Можно принимать, согласно опытамъ:

для малыхъ городовъ: $f = 700 - 1200$ кв. мтр.

» среднихъ » $f = 1200 - 2000$ » »

» большихъ » $f = 2000 - 3500$ » »

100. Конструкція фильтровъ. Въ планѣ фильтры получаютъ обыкновенно прямоугольную форму; ихъ располагаютъ, смотря по числу, въ 1 или 2 ряда. При расположеніи въ 1 рядъ получается экономія въ кладкѣ, но провода выходятъ длиннѣе. Когда число отдѣленій большое, то ихъ можно разбить на группы, и каждую группу устроить по предыдущему способу. Въ Москвѣ приняты 4 группы, каждая изъ которыхъ состоитъ изъ 1 отстойника и 8 фильтровъ, и рассчитана на $3\frac{1}{2}$ милліона ведеръ. При устройствѣ въ 2 ряда оставляютъ между ними корридоръ, въ которомъ помѣщаютъ промывку песка, камеры для задвижекъ и проч. (черт. 100).

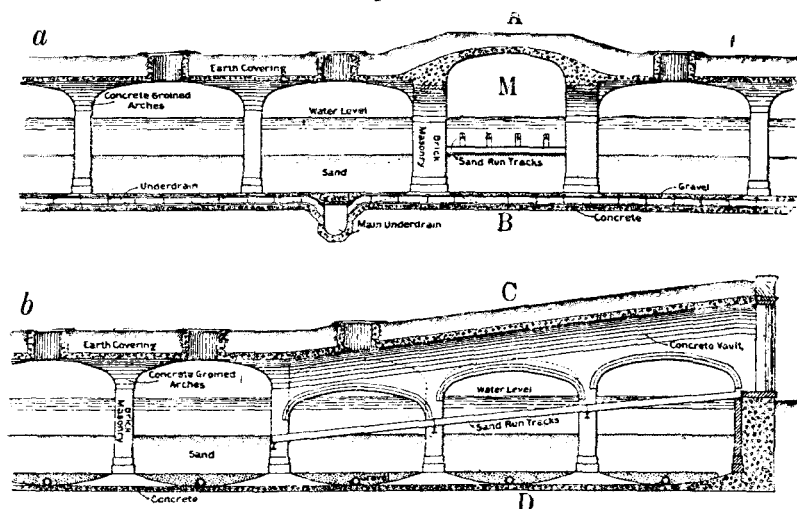
Наиболѣе выгодное отношеніе длины x отдѣленія къ его ширинѣ y (при одинаковой стоимости наружныхъ и внутреннихъ стѣнъ) по (62) $= \frac{n+1}{2n}$. Помѣщенія фильтровъ получаютъ подобное устройство какъ небольшіе запасные резервуары (Глава VI). Большое вниманіе нужно обратить на плотность стѣнъ и дна, чтобы не было потери воды и чтобы въ нижніе провода не могла попадать нефільтрованная вода.

На черт. 101 и 102 представленъ фильтръ г. Штральзунда. Черт. 101—горизонтальный разрѣзъ, 102a—разрѣзъ по AB , и 102b—разрѣзъ по CD . Фильтръ состоитъ изъ 6 отдѣленій, расположенныхъ въ 2 ряда; бассейны одного ряда (верхняго на черт. 101) перекрыты сводами, а другого—открытые; перекрытые назначены для зимняго потребленія, когда расходъ почти вдвое меньше, чѣмъ лѣтомъ. Такимъ устройствомъ достигнуто значительное сбереженіе, такъ какъ сводчатое перекрытіе всегда представляетъ высокую стоимость. Въ среднемъ корридорѣ E устроенъ каналъ s для привода воды къ фильтру; чистая вода обозначена буквами r . На черт. 102a изображаетъ: E —часть открытаго фильтра; F —сѣченіе средняго корридора; R —перекрытый фильтръ; черт. 102b—продольный разрѣзъ перекрытыхъ отдѣленій. Было бы болѣе цѣлесообразно лѣтнія отдѣленія не оставлять открытыми, но устроить надъ ними дешевое перекрытіе въ родѣ сарая или навѣса, для защиты воды отъ пыли и солнечныхъ лучей.

101. Глубина открытых фильтров = толщинѣ песчаного слоя + толщина основанія + глубина воды + 2 или 3 фута, нужные отъ горизонта воды до вершины стѣнокъ; въ суммѣ это составляетъ 9—12 фут. Въ перекрытыхъ фильтрахъ разстояніе отъ поверхности песка до потолка, изъ вниманія къ удобству чистки, не должно быть меньше 6 фут.

Перекрытіе фильтровъ устраивается по тѣмъ же правиламъ, что и перекрытіе запасныхъ резервуаровъ (Глава VIII). Обыкновенно употребляютъ каменные или бетонные своды, иногда своды Монье, но существуютъ и деревянные перекрытія. На черт. 103а представлена часть разрѣза фильтра

Черт. 103а.



Черт. 103б.

Альбани, перекрытаго бетонными крестовыми сводами; черт. 103б представляетъ разрѣзъ черезъ корридоръ М, по которому перевозятъ песокъ; здѣсь сводъ сдѣланъ съ подъемомъ къ входной двери; конструкція видна изъ чертежа.

102. Необходимость перекрытія фильтровъ. Когда фильтр не имѣетъ перекрытія, то зимой въ немъ образуется ледъ, затрудняющій его чистку въ высокой степени, и увеличивающій значительно ея стоимость, такъ какъ не только нужно скалывать и удалять весь образовавшійся ледъ, но вода въ песокъ можетъ замерзать во время работъ, и чистка не можетъ быть исполнена удовлетворительно. На основаніи долговѣтней практики Назеп пришелъ къ заключенію, что вездѣ, гдѣ средняя температура Января ниже нуля, необходимо устраивать закрытые фильтры. Перекрытые фильтры представляютъ то удобство, что въ нихъ вода сохраняетъ почти по-

стоянную температуру, лучше защищена от засореній и развитія растительности, вслѣдствіе чего промежутки между двумя чистками бываютъ длиннѣе.

103. Фильтрующий песокъ. Изслѣдованіями найдено, что песокъ очищаетъ воду отъ бактерій тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ онъ мельче, но для песковъ крупностью 0,2—0,4 мм. разница въ дѣйствіи незначительна. Для фильтраціи оказался наиболѣе удобнымъ песокъ крупностью отъ $\frac{1}{3}$ до 1 мм. Промежутки въ такомъ пескѣ чрезвычайно малы, такъ напр. черезъ слой изъ шариковъ діаметра $\frac{1}{3}$ мм. могутъ проходить шарики лишь въ 7 разъ меньшаго діаметра. Чѣмъ мельче песокъ, тѣмъ скорѣе устанавливается правильное дѣйствіе фильтра, но тѣмъ легче онъ заносится, требуетъ вслѣдствіе того болѣе частой чистки и тѣмъ труднѣе чистка. Весьма важно, чтобы на всемъ протяженіи фильтра песокъ былъ равномерный, потому что только тогда сопротивление просачиванію, а слѣдовательно и степень очистки будетъ во всемъ фильтрѣ одинакова.

Песокъ долженъ быть чистый, а такъ какъ въ натурѣ онъ почти всегда засоренъ глинистыми и другого рода веществами, то его необходимо промывать. Кромѣ чистоты нужно обратить вниманіе и на химическій составъ, потому что известковый песокъ увеличиваетъ жесткость воды, а присутствіе алюминіевыхъ и известковыхъ веществъ повышаетъ сопротивление теченію. Въ Америкѣ выработаны практикой слѣдующія условія: «Песокъ можетъ быть рѣчной или другого происхожденія, острогранный или округленный. Онъ долженъ быть совершенно свободенъ отъ ила, пыли и органическихъ веществъ, поэтому его нужно хорошо промыть (такъ какъ почти нѣтъ такого песка, который былъ бы достаточно чистъ въ естественномъ состояніи). Песчинки должны состоять изъ твердаго матеріала и слѣдующихъ крупностей: не болѣе какъ 1% по вѣсу діаметра меньшаго 0,13 миллиметр., не болѣе 10% діаметра меньшаго 0,27 мм., не менѣе 10%—меньшаго 0,36 мм., и по крайней мѣрѣ 70%—меньшаго 1 мм., въ немъ совсѣмъ не должно быть песчинокъ болѣе 5 мм. Песокъ не долженъ содержать болѣе чѣмъ 2% по вѣсу углекислой извести и углекислой магнезій».

104. Толщина песчаного слоя измѣняется въ предѣлахъ отъ 2—4 фут., а толщина его основанія—отъ $1\frac{1}{2}$ —3 фут. Фильтрующимъ веществомъ служить только песокъ; находящіяся подъ нимъ слои крупнаго матеріала образуютъ переходъ отъ мелкаго песка къ отводнымъ дренамъ, и имѣютъ также цѣлью проводить воду къ послѣднимъ съ возможно меньшимъ сопротивленіемъ движенію. Съ увеличеніемъ толщины фильтрующаго слоя увеличивается его бактериологическое дѣйствіе, такъ какъ послѣднее проявляется не только на поверхности, но и внутри слоя, также повышается равномерность дѣйствія фильтра. Поэтому толщину слоя песка не слѣ-

дуетъ дѣлать въ началѣ меньше 3 фут., и она не должна быть тоньше 2 ф. Въ новѣйшихъ фильтрахъ первоначальная толщина песчаного слоя обыкновенно = 4 фут.

Когда затруднительно получить достаточное количество тонкаго песку, то иногда заполняютъ фильтръ сначала грубымъ пескомъ и насыпаютъ сверху слой тонкаго толщиною въ нѣсколько дюймовъ.

105. Глубина воды въ фильтрахъ. Скорость фильтраціи зависитъ отъ высоты напора, т. е. отъ разности высотъ горизонта воды въ фильтрѣ и въ отводномъ колодцѣ. По мѣрѣ какъ фильтръ засоряется увеличивается высота напора, необходимая для данной скорости фильтраціи. Чѣмъ больше допускаемая высота этого напора, тѣмъ дольше можетъ фильтръ работать безъ соскрабыванія песка, тѣмъ меньше стоимость эксплуатаціи, но слишкомъ высокій напоръ требуетъ большой работы насосовъ, большой глубины фильтровъ, и производитъ разрушающее дѣйствіе на фильтрующий слой и его верхнюю кожицу, поврежденіе которой можетъ имѣть весьма вредное вліяніе на успѣхъ фильтраціи. Въ Европѣ максимальная высота напора обыкновенно не превышаетъ 3 фут.; въ Америкѣ допускаютъ до 6 фут., но опыты показываютъ, что столь большая высота не экономична, и что за максимумъ высоты слѣдуетъ считать, смотря по степени чистоты нефилътрированной воды, 4—5 фут. Глубина воды должна быть почти равна максимальной высотѣ напора.

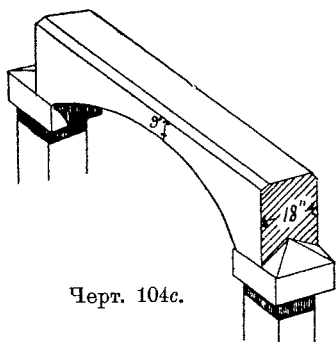
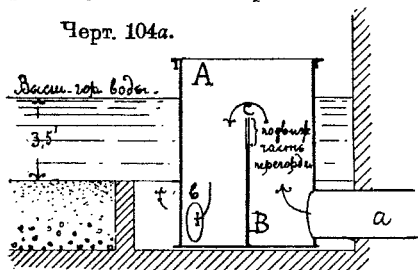
106. Отводные дрена. Для собиранія профильтрованной воды устраиваютъ въ серединѣ фильтра, параллельно его длинѣ, главный отводный дрена, и перпендикулярно къ нему, въ разстояніяхъ 8—12 фут. одинъ отъ другого, сборные дрена. Главный дрена представляетъ обыкновенно широкую глазурованную гончарную трубу, или бетонный или кирпичный каналъ; сборными дренами служатъ дренажныя трубы діаметра 4—6 дюйм., или гончарныя трубы діаметра 4—8 дм., снабженныя на верхней полуокружности отверстиями; также устраиваютъ ихъ изъ сплошнаго или полаго кирпича.

Главный дрена долженъ быть погруженъ въ дно такъ, чтобы его вершина была не выше вершинъ сборныхъ дренавъ; при такомъ устройствѣ сберегается количество гравія, нужнаго для образованія горизонтальной плоскости, служащей основаніемъ для верхнихъ слоевъ. Съ той же цѣлью дѣлаютъ иногда дно волнистымъ, со скатами къ главному дренау, и помѣщаютъ въ каждой долинѣ волны дренажную трубу.

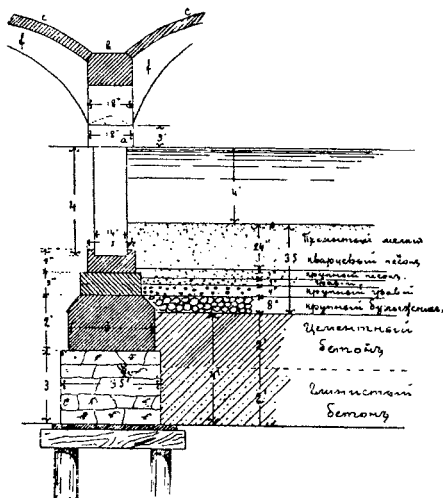
Для облегченія притока воды къ сборнымъ дренамъ насыпаютъ сверху ихъ слой гравія діаметра 1 или 2 дм., толщиною 6 дм., который выравниваютъ подъ горизонтальную плоскость, затѣмъ слѣдуютъ 3 или 4 слоя болѣе мелкаго гравія постепенно уменьшающейся крупности, причемъ крупность каждаго слѣдующаго должна быть больше самыхъ большихъ

промежутокъ непосредственно предыдущаго. Каждый слѣдующій слой долженъ хорошо покрывать собою не-

Черт. 104a.



Черт. 104c.



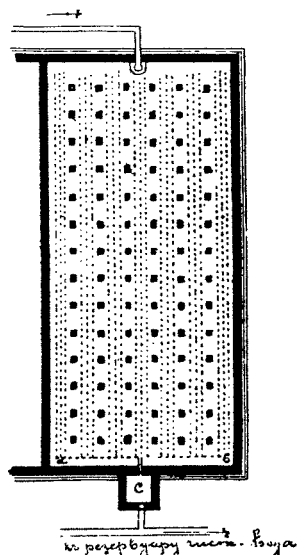
Черт. 104b.

посредственно предыдущий, для чего толщина $1\frac{1}{2}$ —3 дм. вполне достаточно; толщина послѣдняго (верхняго) слоя определена условіемъ, чтобы промежутки его были меньше песчинокъ фильтрующаго слоя.

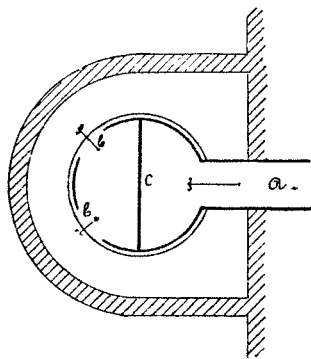
Для сортировки пропускаютъ гравій черезъ грохоты 3—4 разъ; отверстія каждаго слѣдующаго грохота должны быть приблизительно вдвое

больше отверстій предыдущаго; рекомендуются диаметры отверстій $\frac{3}{16}$, $\frac{3}{8}$, 1 и 3 дм.; для верхняго слоя, на которомъ будетъ лежать фильтрующий песокъ, отверстія не должны быть больше $\frac{3}{16}$ дм.

Примѣры. На черт. 104 а—д изображены детали фильтра

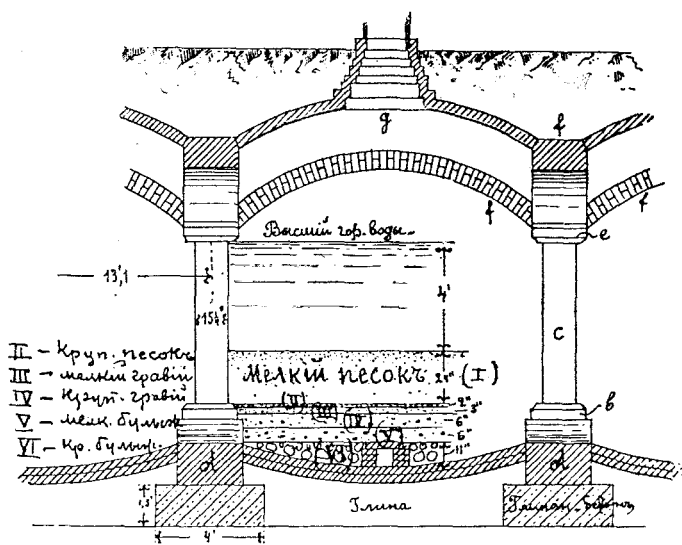


Черт. 104e.

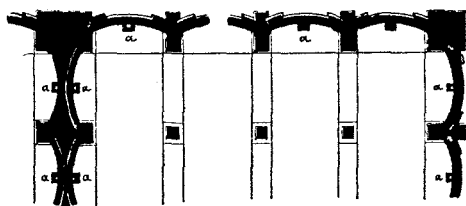


Черт. 104d.

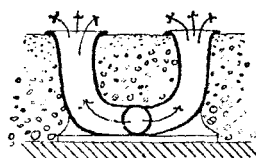
города Петербурга, а на черт. 105 а—д — фильтра г. Варшавы.



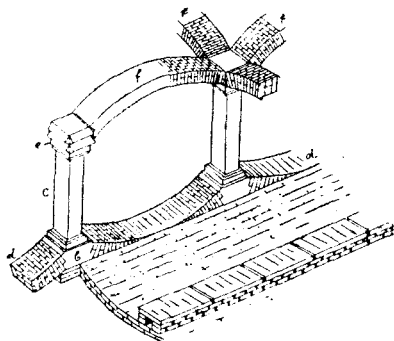
Черт. 105a.



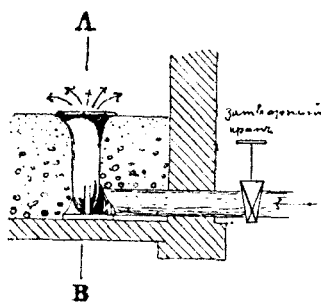
Черт. 105b.



Черт. 105.



Черт. 105c.



Черт. 105d.

На черт. 106 представленъ разрёзъ фильтра въ Синсинатъ. Сѣченіе главнаго канала квадратъ со стороной 2 фут. въ свѣту; сборные дрена изъ глазурованныхъ трубъ съ плоскимъ дномъ, шириною въ свѣту 6 дм., и высотой 8 дм., погружены въ слой бетона, расположеннаго на слоѣ жирной глины; отдѣльные слои слѣдуютъ въ такомъ порядкѣ снизу вверхъ:

слой жирной глины (глинянаго бетона) толщиной . 12 дм.

слой цементн. бетона 6 »

дренажныя трубы;

разстояніе между ними 11,8 фут.; проме-

жутки засыпаны гру-

бымъ гравіемъ, . . . 9 »

слой грубаго гравія. 15 »

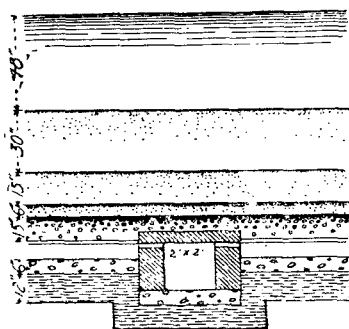
» мелкаго » . 6 »

» грубаго песка. 15 »

» фильтрующаго

песка . . . 30 »

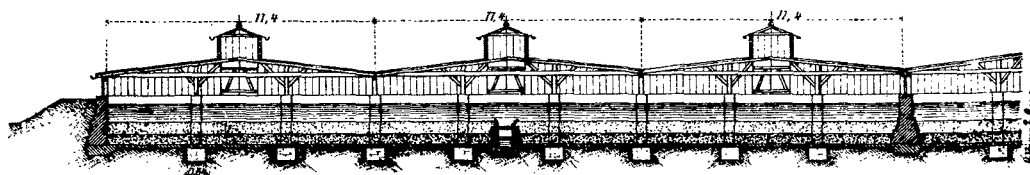
» воды . . . 43 »



Черт. 106.

Итого . . . 141 дм. = 11 ф. 9 дм.

На черт. 107 представленъ планъ и разрёзъ фильтра въ г. Кенигсбергѣ. Дно отдѣлено двускатными плоскостями шириною 4,4 метра (около 14,5 фут.); въ образованныхъ такимъ образомъ желобахъ помѣщены дре-



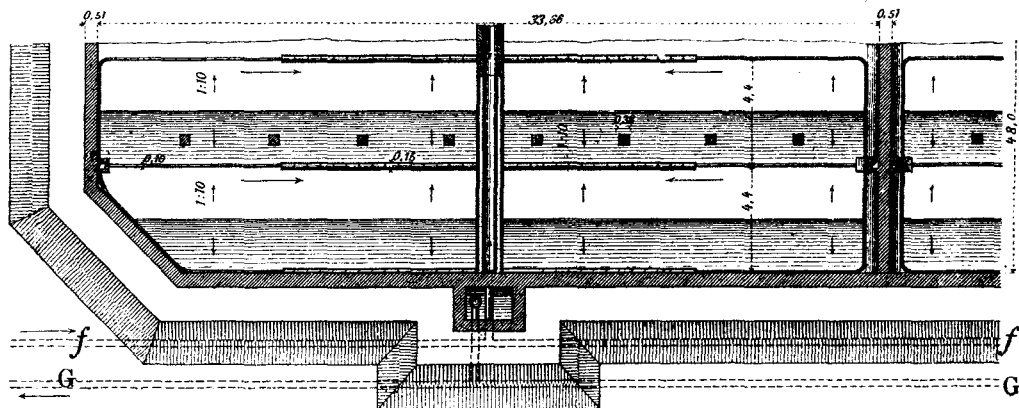
Черт. 107a.

нажныя трубы, которыхъ діаметръ въ началѣ 10 см., а по мѣрѣ приближенія къ главному каналу увеличивается постепенно до 15 см.; наклонъ скатовъ $\frac{1}{10}$. Надъ фильтромъ построенъ деревянный павильонъ. Деталь заполнения представлена на черт. с; нефильтрованная вода притекаетъ по трубѣ *ff*, а фильтрованная стекаетъ по трубѣ *gg*.

Черт. 108 *a* и *b* изображаютъ поперечный и продольный разрёзъ фильтра въ Альбани. Между каждымъ рядомъ колоннъ дно имѣетъ видъ цилиндрическаго желоба (въ видѣ обратнаго свода), въ серединѣ котораго расположена по длинѣ дренажная труба (съ открытыми стыками)

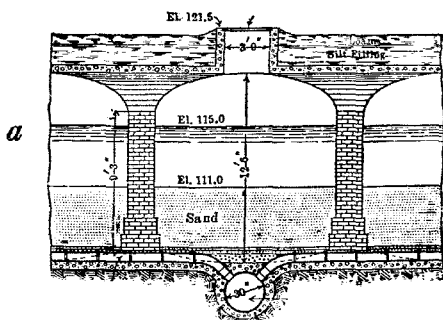
диаметра 6 дм., засыпанная гравіемъ, крупностью 23, 8 и 3 миллиметра; диаметръ главнаго дрена = 30 дм.

На черт. 109 показано весьма простое устройство сборныхъ дренажъ по способу Мюра (Muir). На днѣ фильтра образованы квадратные ка-

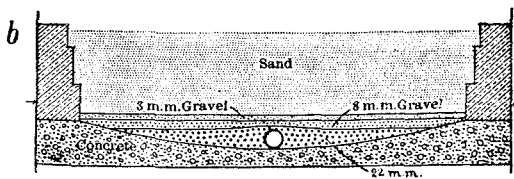


Черт. 107b.

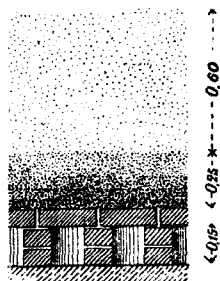
налы кирпичами, расположенными рядами въ $\frac{1}{2}$ кирпича съ промежутками тоже въ $\frac{1}{2}$ кирпича, перекрытые кирпичами плашмя съ открытыми швами. Между кирпичной поверхностью и песчанымъ слоемъ нужны и здѣсь 3—4 слоя гравія уменьшающей вверхъ крупности, ко-



Черт. 108a.



Черт. 108b.

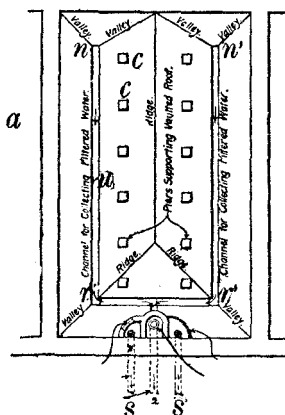


Черт. 109.

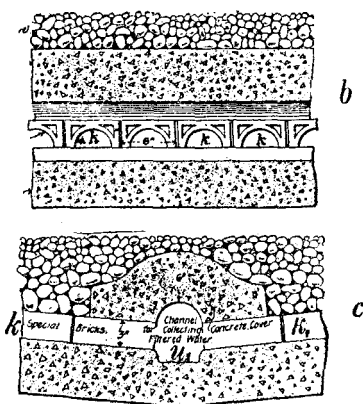
торыхъ толщина въ суммѣ 15—20 см. По принципу Мюра устроены фильтры въ Варшавѣ, Лондонѣ, Цюрихѣ и нѣкоторыхъ другихъ горо-

дахъ. На черт. 110 изображенъ планъ, продольное и поперечное сѣченіе фильтра въ Цюрихѣ (b — продольный разрѣзъ по *nn* черезъ бетонный

сборный канал n ; на немъ видны профили специальныхъ кирпичей, образующихъ сборные каналы k ; черт. c — разръзъ черезъ одинъ изъ этихъ каналовъ. Дно обдѣлано наклонными плоскостями, и въ ихъ наи-



Черт. 110a.



Черт. 110b и c.

низшихъ линияхъ устроенъ главный каналъ $nnr'n'$: вода изъ послѣдняго стекаетъ по проводу 2 въ резервуаръ чистой воды; 1—проводъ нефилъ-рованной воды, 3—переливъ.

107. Потеря напора въ фильтрѣ. Полная потеря напора въ фильтрѣ складывается изъ потери въ песчаномъ слоѣ, его основаніи и въ сборныхъ и отводныхъ проводахъ. Первая потеря (въ песчаномъ слоѣ и въ гравіи) постоянна, а вторая (въ проводахъ)—измѣняется съ разстояніемъ мѣста, въ которомъ вода входитъ въ проводъ, отъ его устья. Для тѣхъ частицъ, которыя попадаютъ въ проводъ у самаго устья, она $= 0$, а для другихъ—тѣмъ больше, чѣмъ дальше онѣ отстоятъ отъ устья. Чтобы обусловленная этой неравномѣрностью напора неравномѣрность скорости не имѣла чувствительнаго вліянія на правильность дѣйствія фильтра, нужно сдѣлать разность между наибольшей и наименьшей скоростью по возможности малой; разница въ 20—25% въ свѣже наполненномъ фильтрѣ можетъ быть допускаема свободно, потому что она будетъ имѣть мѣсто только короткое время въ началѣ, когда фильтръ пущенъ въ дѣйствіе; по мѣрѣ, какъ песокъ засоряется, потеря въ фильтрующемъ слоѣ увеличивается, а въ проводахъ она остается почти постоянной, поэтому относительная разница уменьшается.

1) Потеря напора въ фильтрующемъ слоѣ. Если означимъ черезъ:

v — скорость въ метрахъ въ сутки,

c — коэффициентъ, который почти точно $= 800$,

h — потерю напора,

l — толщину слоя песка,

t — температуру въ градусахъ Цельзія.

то по уравненію (42):

$$h = \frac{vl}{cd^2} \cdot \frac{300}{210 + 9t} \quad (63)$$

h получается въ тѣхъ единицахъ, въ которыхъ взято l .

Изъ этой формулы видно, что зимой потеря больше, а лѣтомъ меньше. Вліяніе температуры оказывается довольно значительнымъ; такъ при 4° Ц. она на 20% больше, при 16° — на 14% меньше, а при 21° почти на 25% меньше, чѣмъ при 10° . Послѣ нѣкотораго времени дѣйствія фильтра, вслѣдствіе постепеннаго засоренія, потеря напора увеличивается весьма значительно.

2) Потеря напора въ основаніи песчанаго слоя можетъ быть опредѣлена приблизительно помощью слѣдующей таблицы, составленной на основаніи результатовъ опытовъ, произведенныхъ въ 1892 г. въ Мас-сачузетъ:

Таблица XV. — Потеря напора въ гравіи на 1 футъ разстоянія.

Количество въ ведрахъ протекающее черезъ 1 кв. фут. поперечнаго сѣченія въ сутки.	Діаметръ гравія въ миллиметрахъ.			
	10	20	30	40
150	0,00035	0,00012	—	—
300	0,0007	0,00025	—	—
600	0,0014	0,0005	0,00025	—
900	0,0022	0,0008	0,00037	0,00025

Таблица показываетъ, что потеря прямо пропорціональна скорости.

3) Потеря напора въ дренахъ вычисляется по формуламъ, даннымъ въ главѣ I, по которымъ:

$$h = \frac{4}{c^2} \cdot \frac{v^2}{d} \cdot l.$$

Если размѣры выразимъ въ метрахъ, то для дренажныхъ трубъ:

$$c = \frac{100 \sqrt{d}}{0,7 + \sqrt{d}}.$$

Потери напора въ футахъ на 100 фут. длины дренъ, вычисленныя по формулѣ Куттера, приведены въ слѣдующей таблицѣ:

Потеря напора въ дренахъ, выраженная въ футахъ на 100 фут. длины.

Таблица XVI.

Скорость въ футахъ въ секунду.	Діаметръ дрена въ дюймахъ.									
	4	6	8	10	12	15	18	20	24	30
0,2	0,012	0,006	0,004	—	—	—	—	—	—	—
0,4	0,050	0,025	0,016	0,011	0,009	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002
0,6	0,113	0,057	0,036	0,025	0,019	0,014	0,011	0,009	0,007	0,005
0,8	0,202	0,101	0,064	0,045	0,035	0,025	0,019	0,016	0,012	0,009
1,0	0,315	0,158	0,100	0,070	0,054	0,039	0,030	0,025	0,019	0,014

Примѣръ. Толщина фильтрующаго слоя 4 фут., діаметръ песчинокъ 0,3 мм., скорость фильтраціи — 80 мм. въ часъ = 1,92 метр. въ сутки, $t = 10^\circ \text{Ц.}$ Потеря въ песчаномъ слоѣ, по (63):

$$h = \frac{1,92 \cdot 4}{800 \cdot 0,3^2} \cdot \frac{300}{210 + 9 \cdot 10} = 0,107 \text{ фут.}$$

Если положимъ, что потеря напора въ дренахъ не должна быть больше $\frac{1}{4}$ (25%) потери напора въ песчаномъ слоѣ, т. е. не больше $\frac{0,107}{4} = 0,027$ ф., то потеря въ началѣ дрена будетъ 0,107, а въ концѣ $0,107 + 0,027 = 0,134$ ф.; скорость фильтраціи будетъ измѣняться, по отношенію къ ея среднему значенію, приблизительно на 10% вверхъ, и на столько же внизъ.

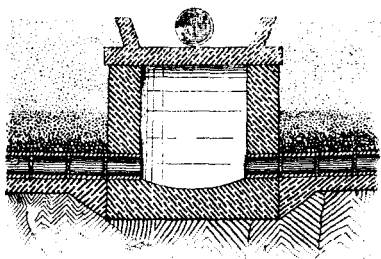
Потеря напора въ гравіи и въ дренахъ не должна, слѣдовательно, въ суммѣ превышать 0,027 фут. Пусть разстояніе дренавъ 20 фут., ихъ діаметръ 6 дм. и діаметръ гравія 20 мм. Одному футу дрена соотвѣствуетъ, съ одной стороны его, количество воды (такъ какъ 80 мм. = 3 дм. = $\frac{1}{4}$ фут.) въ сутки = $\frac{1}{4} \cdot 24 \cdot 10 = 60$ кв. фут. = 139 ведеръ; это количество перемѣщается въ слоѣ гравія длиною 1 ф. и толщиною $\frac{1}{4}$ ф., котораго площадь сѣченія, слѣдовательно, $\frac{1}{2}$ кв. ф., а потому черезъ 1 кв. ф. сѣченія гравія проходятъ въ сутки $2 \cdot 139 =$ около 280 ведеръ. Соотвѣствующая этому количеству потеря напора въ гравіи 20 мм. = 0,00025 фут. на 1 футъ (см. табл. XV), а для 5 фут. длины она = $0,00025 \times 5 = 0,00125$ ф. Теперь имѣемъ, что потеря напора въ дренахъ должна равняться:

$$0,027 - 0,00125 = 0,02575 \text{ фут.}$$

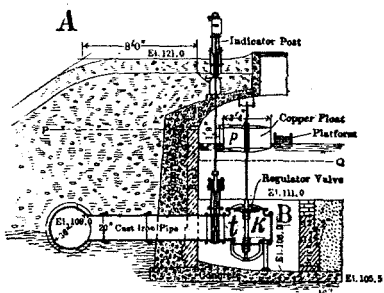
Еслибы напр. длина дренавъ была 300 ф., то было бы нужно выбрать размѣры дренавъ такъ, чтобы на каждые 100 ф. дрена потеря была = $\frac{0,02575}{3} = 0,0086$ ф. Опредѣленіе этихъ размѣровъ упрощается значительно помощью таблицы XVI.

Если бы для дренажъ оставалась очень малая потеря напора, то она могла бы быть увеличена посредством уменьшенія потери въ гравіи, для чего было бы нужно увеличить толщину слоя гравія, или уменьшить разстояніе дренажъ, или сдѣлать оба эти измѣненія. Большое разстояніе дренажъ требуетъ менѣе дренажъ, но ихъ діаметръ увеличивается, и также увеличивается количество нужнаго гравія. Когда стоимости дренажъ и гравія извѣстны, то помощью нѣсколькихъ пробныхъ расчетовъ можно опредѣлить для данной величины потери напора наиболѣе экономичное разстояніе.

108. Приводъ воды на фильтры. Вода должна распространяться въ фильтръ съ столь малой скоростью, чтобы песчаная поверхность (и, главнымъ образомъ, верхняя кожица) теченіемъ не разстраивалась. Часто устраиваютъ въ серединѣ фильтра желобъ во всю длину его; верхніе края желоба, черезъ которые вода переливается, находятся въ одномъ уровнѣ съ первоначальной поверхностью песка (черт. 111). Для предохраненія песка отъ размыва



Черт. 111.



Черт. 112.

дно желоба уширено въ обѣ стороны; когда поверхность песка, вслѣдствіе повтореннаго соскрабыванія, понизится до глубины этого дна, то скорость падающей воды уничтожается этимъ уширеніемъ.

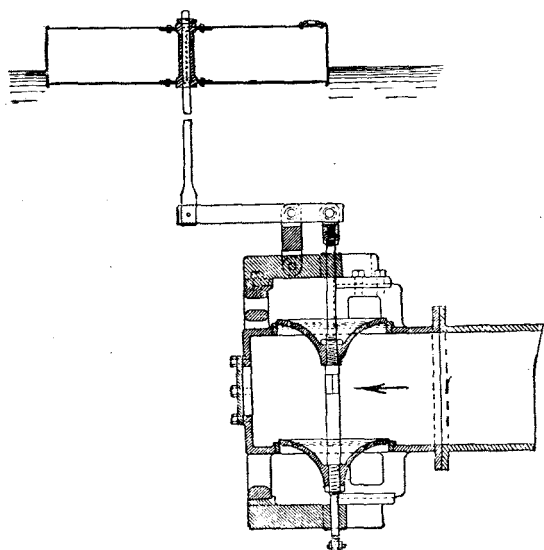
Въ Варшавѣ приводная труба, войдя въ фильтръ, развѣтвляется на 2 отростка съ раструбами, оканчивающимися на высотѣ поверхности песка: около трубъ укладываютъ листы желѣза или гончарныя плитки, на которыя падаетъ вода.

На черт. 112 показано устройство привода для фильтровъ г. Альбани. Вода изъ отстойныхъ бассейновъ входитъ въ сборную трубу *ab* (черт. 101) и переходитъ въ вѣтви *ac* и *bd*, отъ которыхъ въ каждое отдѣленіе фильтра отвѣтвляется отростокъ *t* діаметра 10 дм. (черт. 112), входящій въ устроенное въ углу отдѣленія бетонное огражденіе *B*, оканчивающееся

на высотѣ поверхности песка. Для регулированія горизонта воды въ фильтрѣ, устроенъ двойной клапанъ *k*, соединенный помощью вертикальнаго стержня съ поплавкомъ *p*. При повышеніи горизонта въ фильтрѣ поплавокъ поднимаетъ клапанъ и уменьшаетъ впускное отверстіе, вслѣдствіе чего протекающее количество уменьшается, и горизонтъ воды пони-

жается до установленнаго уровня. Задвижка *t* служитъ для разобщенія фильтра отъ отстойника.

На черт. 113 представлено въ увеличенномъ масштабѣ устройство регулирующаго клапана, отличающееся отъ предыдущаго главнымъ образомъ тѣмъ, что поплавокъ соединенъ съ клапаномъ посредствомъ двуплечаго рычага; при опусканіи поплавка клапанъ поднимается, и на оборотъ. Вода переходитъ въ огражденіе *B*, и переливается черезъ его край на песокъ. Для уменьшенія скорости переливаю-



Черт. 113.

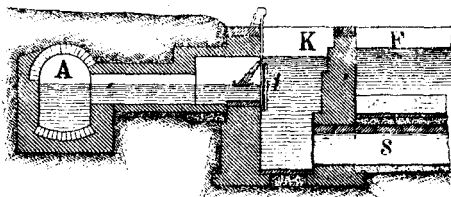
щейся воды дѣлаютъ периметръ огражденія довольно большимъ. Въмѣсто помѣщенія регулирующаго прибора въ каждомъ отдѣленіи фильтра, иногда устраиваютъ одинъ регулирующий приборъ, общій для всѣхъ отдѣленій.

Когда фильтр пускаютъ въ дѣйствіе, то предварительно наполняютъ его чистою (профильтрованную) водою, введенною въ него снизу черезъ сборные проводы изъ резервуара чистой воды.

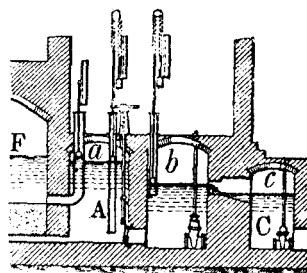
109. Отводные проводы и регулирующие приборы. Скорость, съ которой вода проходитъ черезъ фильтрующий слой, зависитъ отъ разности уровней воды въ фильтрѣ и въ примыкающей къ нему отводной камерѣ, изъ которой фильтрованная вода переходитъ въ проводъ, соединяющій эту камеру съ резервуаромъ чистой воды. Такъ какъ фильтръ постепенно засоряется, то при постоянной разности этихъ уровней протекающее количество будетъ по мѣрѣ засоренія уменьшаться; чтобы это количество было постоянно, нужно увеличивать упомянутую разность, а эта цѣль достигается помощью регулирующихъ приборовъ. Одинъ изъ такихъ приборовъ изображенъ на черт. 114. Здѣсь отводный проводъ *A* отдѣленъ

отъ камеры щитомъ *t*, передвижнымъ въ вертикальномъ направленіи, помощью котораго можно измѣнять горизонтъ воды въ отводной камерѣ *K* фильтра *F*.

Въ Берлинѣ этотъ подвижной щитъ

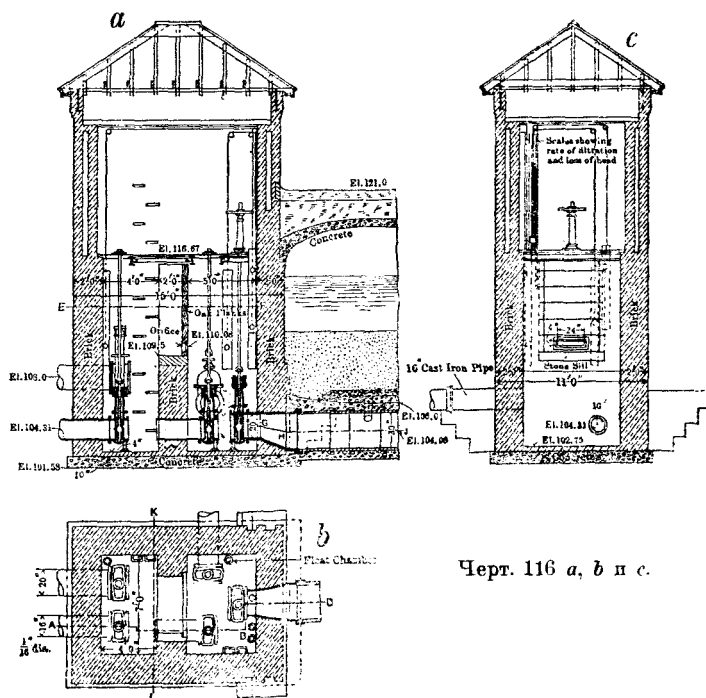


Черт. 114.



Черт. 115.

замѣненъ сливомъ постоянной высоты, устроеннымъ въ стѣнѣ, соединяющей камеру *b* съ отводнымъ каналомъ *c* (черт. 115). Вода изъ фильтра *F* переходитъ въ камеру *a*, изъ которой черезъ отверстіе,



Черт. 116 *a*, *b* и *c*.

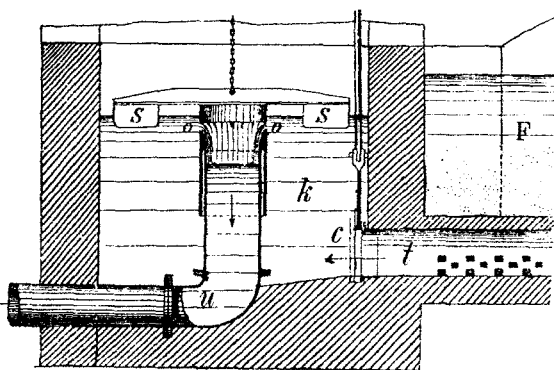
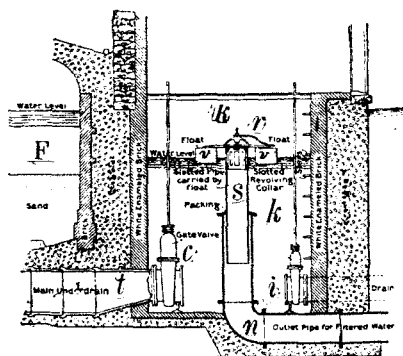
устроенное внизу въ стѣнѣ, раздѣляющей камеры *a* и *b*, стекаетъ въ камеру *b*. Посредствомъ щита, закрывающаго это отверстіе, можно держать уровень въ *b* на постоянной высотѣ, вслѣдствіе чего толщина

переливающегося через сливъ слоя воды остается постоянной. Напоръ измѣняется посредствомъ измѣненія разности горизонтовъ въ фильтрѣ и въ камерѣ *a*; наибольшее пониженіе его въ послѣдней определено уровнемъ воды въ *b*, который остается неизмѣннымъ, вслѣдствіе чего и количество переливающейся через сливъ воды не измѣняется. Помощью поплавковъ высоты уровнейъ въ фильтрѣ и въ камерахъ *a* и *b* могутъ быть отсчитываемы на особыхъ шкалахъ.

Въ Альбани вода переходитъ изъ *a* въ *b* черезъ прямоугольное отверстіе, устроенное въ деревянной перегородкѣ шириной 24 дм. и высотой 4 дм. (черт. 116), центръ котораго находится на 1 фут. ниже поверхности песка. Напоръ можетъ быть измѣняемъ помощью задвижки, устроенной на трубѣ, приводящей воду изъ фильтра, въ камеру *a*. Дѣйствующій напоръ данъ разностью высотъ горизонтовъ въ фильтрѣ и въ камерѣ *a*; эти высоты контролируются поплавками.

Когда черезъ фильтръ проходитъ слишкомъ много воды, то уровень ея въ резервуарѣ чистой воды, а слѣдовательно и въ камерѣ *b*, постепенно поднимается выше отверстія, и скорость фильтраціи уменьшается. Такое устройство оказалось нужнымъ вслѣдствіе малаго объема резервуара чистой воды, при проектированіи котораго, вслѣдствіе тѣсноты мѣста было принято въ расчетъ только то количество воды, которое необходимо для удовлетворенія колебаніямъ расхода. Регулированіе происходитъ здѣсь, слѣдовательно, отчасти автоматически.

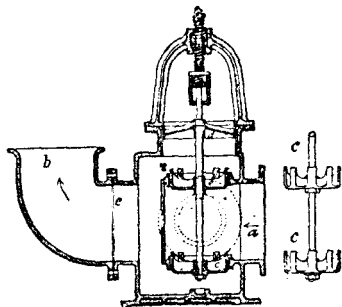
110. Автоматическое регулированіе. Примѣръ автоматическаго регулятора представленъ на черт. 117*b*; *F* — фильтр, *t* — главная отводная

Черт. 117*a*.Черт. 117*b*.

труба, *k* — отводная камера, *s* — задвижка трубы *t*, *u* — труба, отводящая фильтрованную воду въ запасный резервуаръ. Въ послѣдній входитъ телескопная трубка *s*, снабженная сверху продолговатыми отверстіями, ши-

рину которыхъ можно уменьшать помощью помѣщенного внутри воротника съ такими же отверстиями, который можно вращать рычагомъ *r*, *vv* — поплавкомъ, удерживающій трубку *s* на постоянной высотѣ. Посредствомъ соотвѣстнаго нагруженія поплавкомъ достигается требуемая величина погруженія ихъ, отъ которой зависитъ площадь отверстій, пропускающихъ воду. Когда поплавокъ установленъ, то при всякой высотѣ горизонта въ *k* погруженная часть отверстій будетъ постоянна, и слѣдовательно будетъ постоянно количество воды, отводимое трубой *и*. Подобный приборъ примѣненъ Линдлеемъ въ Варшавѣ (черт. 117 *a*).

На черт. 118 изображенъ автоматически регулирующий напорный клапанъ Burton'a. Постоянство количества протекающей черезъ клапанъ воды достигается автоматически посредствомъ постоянства разности давленій на обѣ стороны отверстия, устроеннаго въ металлической перегородкѣ *e*, помѣщенной въ трубѣ *b*. Это постоянство достигается помощью уравновѣшеннаго клапана *cc*, контролируемаго поршнемъ *d*, на который дѣйствуетъ съ одной стороны притекающая, а съ другой — находящаяся въ клапанной камерѣ вода.



Черт. 118.

111. Прочія принадлежности фильтра. Кромѣ приводнаго и отводнаго провода фильтръ долженъ быть снабженъ слѣдующими устройствами:

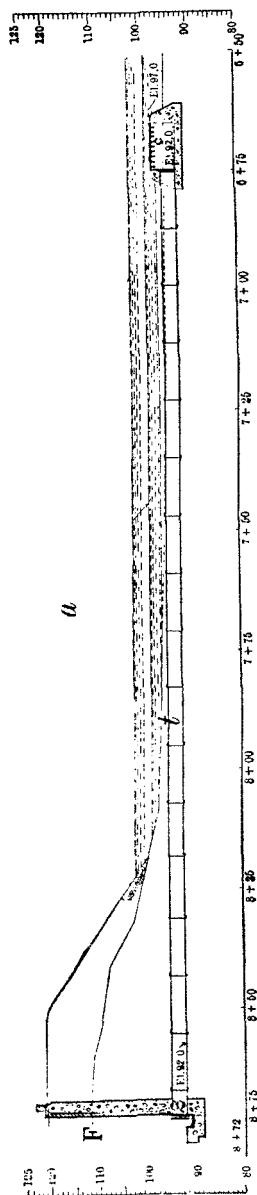
а) спускнымъ проводомъ (трубой) для опорожненія фильтра; обыкновенно онъ выходитъ изъ отводной камеры *k*, и снабженъ здѣсь задвижкой *i* (черт. 117);

б) переливомъ, фиксирующимъ максимальную высоту уровня въ фильтрѣ;

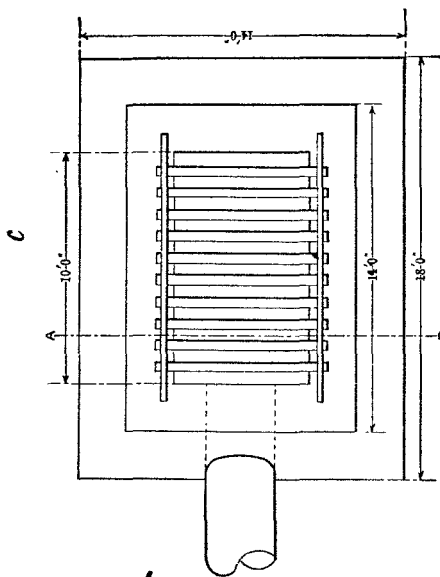
в) для ускоренія опоражниванія фильтра устраиваютъ иногда спускъ также на высотѣ уровня песка.

Когда послѣ чистки пускаютъ фильтръ въ дѣйствіе, то, какъ выше было сказано, наполняютъ сначала песчаный слой снизу чистой водой. Если въ резервуарѣ чистой воды уровень находится выше поверхности этого слоя, то посредствомъ особой трубы, огибающей регулирующий приборъ (или какимъ нибудь другимъ образомъ), вводятъ воду изъ резервуара въ камеру *k* (черт. 117), и открывъ задвижку *c*, пускаютъ ее въ главный проводъ *t* фильтра; въ противномъ случаѣ нужно привести чистую воду изъ находящихся въ дѣйствіи другихъ отдѣленій фильтра. Проводы должны быть устроены такъ, чтобы можно было пускать воду изъ рѣки прямо на фильтры помимо отстойныхъ бассейновъ, или — помимо фильтровъ, прямо въ резервуаръ чистой воды, или — прямо въ городскую трубу. Также

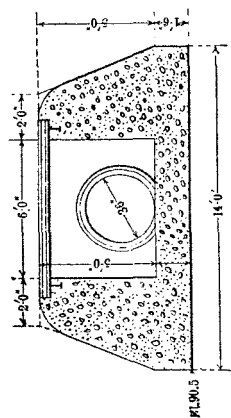
должна быть предусмотрена возможность брать воду для исследований изъ разныхъ точекъ системы, и доставки воды подъ большимъ напоромъ для



Черт. 119а.



Черт. 119с.



Черт. 119б.

промывки песка и другихъ цѣлей.

Расположеніе проводовъ въ планѣ бываетъ различно въ зависимости отъ мѣстныхъ условий. Въ Альбани фильтраціонная станція устроена на берегу р. Hudson'a. Приемникъ представляетъ бетонный ящикъ

шириной 6 ф. и высотой 5 ф. въ свѣту, устроенный въ серединѣ рѣки (черт. 119 а). Въ верху ящика устроена изъ старыхъ рельсъ рѣшетка съ промежутками шири-

ной 6 дм.: ящикъ соединенъ съ колодезѣмъ *F* насосной станціи трубой *t* діаметра 36 дм. Прежде входа въ всасывающую трубу вода проходитъ

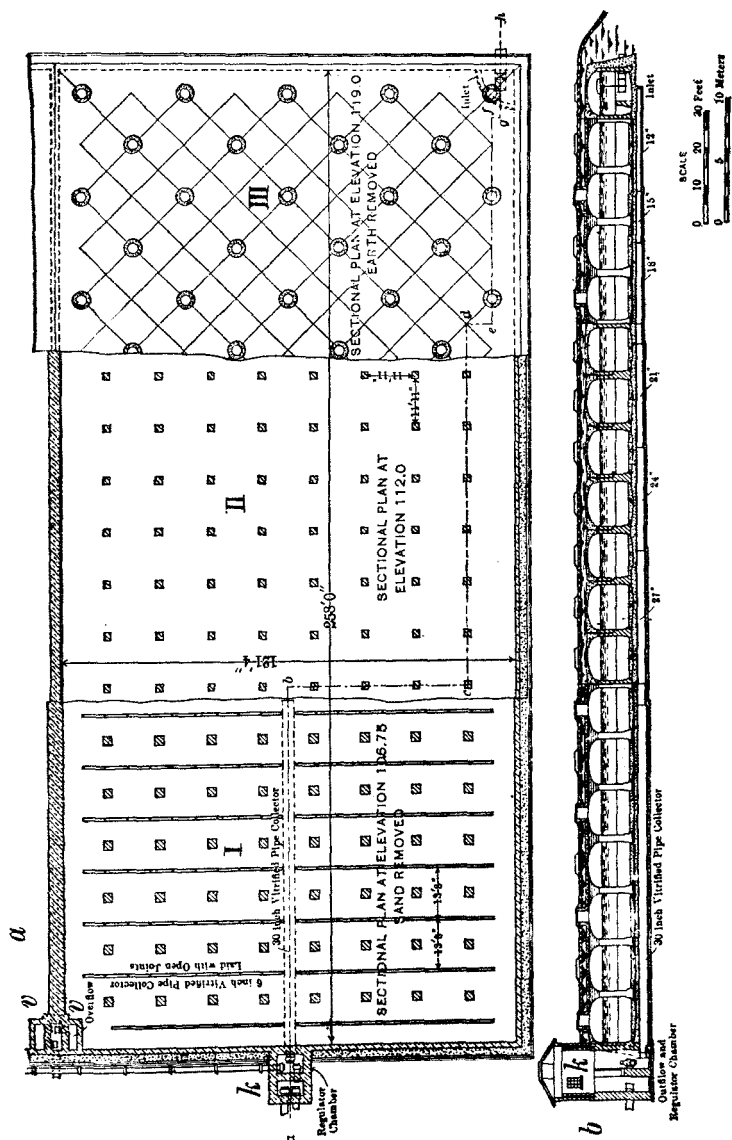
черезъ рѣшетку съ отверстиями 2 дм. На черт. 119 представляетъ: *a* — разрѣзъ черезъ приемный ящикъ *c*, приемную трубу *t* и насосный колодезь *F* (часть профиля рѣки Hudson); *b* — разрѣзъ приемнаго ящика, *c* — его видъ сверху.

Послѣ выхода изъ насосной станціи вода проходитъ черезъ водомѣръ Вентури (стр. 44), котораго шейка имѣетъ сѣченіе $= \frac{2}{9}$ сѣченія трубы (черт. 120). Водомѣръ указываетъ количество накачиваемой воды. Отъ водомѣра вода идетъ къ отстойнику, въ который она сливается изъ 11 трубокъ, діаметромъ 12 дм. каждая, которыхъ верхушки возвышаются на 4 фут. надъ уровнемъ воды въ отстойникѣ. Каждая трубка имѣетъ 296 дырокъ діаметра $\frac{3}{8}$ дм., устроенныхъ на протяженіи отъ 0,5 до 3,5 фут. ниже верхушки. Выходящая изъ трубы тонкими струями вода насыщается воздухомъ, и такимъ образомъ освѣжается. Изъ отстойника вода переходитъ черезъ 11 другихъ трубокъ въ поперечную трубку *ab*, изъ нея — въ трубы *ac* и *bd* (черт. 115), отъ которыхъ идутъ отростки къ приводной камерѣ каждаго отдѣленія, устроенной въ одномъ изъ ея угловъ. Чистая вода стекаетъ по главной сборной трубѣ въ отводныя камеры съ регулируемыми приборами, устроенными въ противоположныхъ углахъ отдѣленій, и изъ нихъ — въ резервуаръ *R* чистой воды, помѣщенный въ корридорѣ между фильтраціоннымъ и отстойнымъ бассейнами. Въ томъ же корридорѣ помѣщаются: приборъ для промывки песка и лабораторія для бактеріологическихъ, механическихъ и химическихъ изслѣдованій воды.

На черт. 121 *a* представлены въ планѣ 3 вида одного отдѣленія фильтра: I — горизонтальный разрѣзъ на высотѣ пола (отмѣтка 106,75), когда онъ еще не засыпанъ пескомъ: на чертежѣ показаны сборныя 6 дюймовыя глазурированныя (гончарныя) трубы и прямоугольныя сѣченія колоннъ; главный каналъ (коллекторъ) находится подъ поломъ, и потому показанъ пунктиромъ; II — горизонтальный разрѣзъ на 5,25 фут. выше перваго (отмѣтка 112,0); III — видъ сверху при отсутствіи земляной насыпи: кружками показаны вентиляціонныя трубки; *gh* — приводная камера; *k* — отводная и регулирующая камера; *v* — переливъ. Главный каналъ расположенъ совсѣмъ подъ поломъ для того, чтобы не уменьшать сопротивленія послѣдняго; полъ такимъ образомъ получилъ постоянную толщину на всемъ протяженіи фильтра. Черт. 121 *b* представляетъ вертикальный разрѣзъ фильтра по *abcdefgh*; внизу изображенъ разрѣзъ коллектора изъ глазурированныхъ гончарныхъ трубъ, діаметръ котораго, начиная съ 12 дм., увеличивается по мѣрѣ приближенія къ отводной камерѣ *k*, постепенно до 30 дм.

Фильтры Москворѣдкаго водопровода въ Рублевѣ проектированы на 14 милліоновъ ведеръ въ сутки. Они раздѣлены на 4 группы; каждая группа состоитъ изъ 1 отстойника и 8 отдѣленій фильтра, и рассчитана на суточное количество въ $3\frac{1}{2}$ милліоновъ ведеръ. Постройка должна

быть исполнена въ 2 очереди; въ первую очередь построены 2 группы. Отстойникъ и 8 отдѣлений фильтровъ расположены въ 1 рядъ, ширина



Черт. 121.

котораго = 59,02 саж.; ширина отстойника = 27,24 саж., а каждого изъ отдѣлений — 11,35 саж. Отстойники и фильтры построены по типу тѣхъ же сооружений въ Альбани и имѣютъ много общаго съ послѣдними даже въ деталяхъ.

112. Резервуаръ чистой воды. Фильтры доставляютъ обыкновенно среднее часовое количество, поэтому для удовлетворенія колебаніямъ расхода нуженъ резервуаръ, въ которомъ въ часы, когда расходъ въ городѣ ниже средняго, неизрасходованное количество собирается, и образуетъ запасъ для употребленія въ часы усиленнаго расхода. Чтобы можно было регулировать разныя отдѣленія фильтра независимо, долженъ наивысшій уровень въ резервуарѣ быть всегда ниже уровня въ регулирующей камерѣ.

Для выравниванія колебаній расхода нуженъ запасъ = 2 до 3 часовому среднему расходу; это количество, plus нѣкоторый запасъ на тушеніе пожаровъ, можно въ случаѣ необходимости считать минимальнымъ объемомъ резервуара чистой воды.

113. Чистка фильтра. Когда фильтръ, вслѣдствіе засоренія песчаного слоя, не даетъ требуемаго количества при наивышемъ допускаемомъ горизонтѣ воды, т. е. при наибольшей высотѣ напора, то спускаютъ съ него воду; затѣмъ тонкими широкими заступами снимаютъ верхній засоренный слой песка толщиной 1—2 дм. и выравниваютъ поверхность граблями. Песокъ удаляютъ помощью тачекъ или эжекторовъ, и когда наберется достаточное количество, его промываютъ, а если доставка чистаго песка дешевле, то засоренный выбрасываютъ.

По удаленіи грязнаго песка пускаютъ на фильтръ снизу фильтрованную воду до тѣхъ поръ, пока ея слой надъ пескомъ не достигнетъ толщины 2—3 дм., послѣ чего наполняютъ его сверху нефилътрированной водой, и пускаютъ фильтръ въ дѣйствіе. Когда вслѣдствіе нѣскольkokратнаго соскрабыванія грязнаго песка толщина песчаного слоя уменьшится до минимальной величины, то насыпаютъ свѣжій чистый песокъ до первоначальной толщины; это бываетъ нужно въ промежуткѣ около года. За наименьшую допускаемую толщину фильтрующаго слоя принимаютъ часто 12 дм., но желательно чтобы она была не меньше 24 дм. Прежде насыпки новаго песка нужно снять большее количество засореннаго, чѣмъ обыкновенно, оставшійся песокъ прокопать и разрыхлить на глубину нѣсколькихъ дюймовъ, для предупрежденія отвердѣнія верхняго слоя и для аэраціи его.

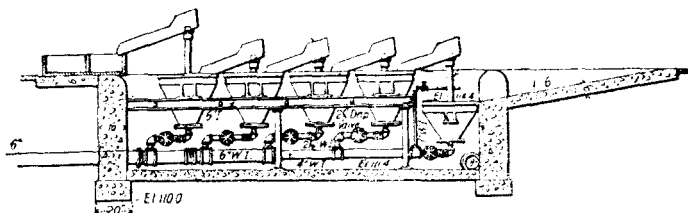
Послѣ 15 или 20 лѣтъ бываетъ нужно удалить весь песокъ и его основаніе, и подвергнуть все отдѣленіе вентиляціи и стерилизаціи. Когда прочистка кончена приводятъ фильтръ въ дѣйствіе медленно и постепенно. Иногда оставляютъ на фильтрѣ мутную воду въ теченіе нѣсколькихъ часовъ въ покоѣ, чтобы на поверхности песка получился слизистый осадокъ, содѣйствующій образованію грязевой пленки; затѣмъ пускаютъ фильтръ въ дѣйствіе съ малой скоростью, которую ежедневно увеличиваютъ постепенно до нормальнаго значенія.

Особенное затрудненіе представляетъ очистка открытыхъ фильтровъ

зимою, потому что послѣ удаленія изъ фильтра льда и воды фильтрующій слой (т. е. находящаяся въ немъ вода) замерзаетъ. Поэтому часто удаляютъ сначала ледъ изъ одной только половины отдѣленія, спускаютъ воду и чистятъ эту половину. Затѣмъ впускаютъ на фильтръ столько воды, чтобы оставшійся ледъ всплылъ, переводятъ его въ очищенную половину, спускаютъ воду, и чистятъ вторую половину.

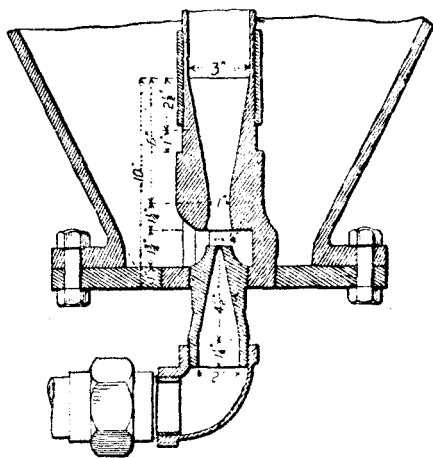
114. Промежутокъ между двумя чистками зависитъ отъ качествъ воды, тонкости песка, наибольшей допускаемой потери напора и скорости фильтраціи. Онъ измѣняется въ предѣлахъ отъ нѣсколькихъ дней (когда вода мутная) до нѣсколькихъ (5 или 6) недѣль. Фильтръ можетъ доставить въ одинъ періодъ отъ 12 до 25 миллионовъ ведеръ изъ каждаго отдѣленія.

115. Промывка песка. Существуетъ нѣсколько различныхъ методовъ промывки песка. Въ Германіи обыкновенно употребляютъ для этой цѣли вращающійся, слегка коническій барабанъ, открытый съ обоихъ концовъ, и снабженный внутри винтообразными перегородками (вродѣ Архимедова винта). Песокъ вводятъ со стороны широкаго конца; во время вращенія онъ перемѣщается къ расположенному выше узкому концу, черезъ который впускаютъ воду. Количество нужной воды въ 10 разъ больше количества песка.



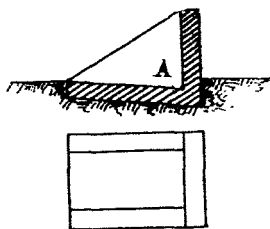
Черт. 122а.

Въ Англіи употребляютъ для промывки изображенный на черт. 122 приборъ, называемый эжекторомъ. Песокъ проходитъ черезъ 5 эжекторовъ; имъ наполняютъ первый кожухъ; помощью сильной струи воды, вытекающей изъ нижней вертикальной трубки, песокъ гонится въ слѣдующій кожухъ, изъ котораго большая часть грязной воды переливается черезъ его край. Такимъ же образомъ песокъ проходитъ постепенно черезъ слѣдующіе кожухи, и падаетъ, наконецъ, въ ящикъ чистаго песка. При употребленіи эжектора



Черт. 122б.

не бывает надобности вывозить грязный песок изъ фильтра. Для промывки песка Москворѣцкихъ фильтровъ устроены въ Рублевѣ эжекторы, подобные изображеннымъ на черт. 120; они весьма распространены въ Англіи и Америкѣ.



Черт. 123.

Для промывки небольшихъ количествъ употребляютъ часто ящикъ съ покатымъ дномъ (черт. 123), котораго верхній конецъ находится на поверхности грунта. Песокъ насыпаютъ въ А, направляютъ на него сильную струю воды, и въ тоже время перемѣшиваютъ его руками.

116. Бактеріологическій контроль. Такъ какъ фильтръ освобождаетъ воду отъ бактерій несовершенно, то нужно фильтрованную воду отъ времени до времени подвергать изслѣдованію на содержаніе микроорганизмовъ. Для этой цѣли на большихъ фильтраціонныхъ станціяхъ устраиваютъ бактеріологическія лабораторіи, въ которыхъ производятъ испытаніе воды ежедневно. Въ Германіи обязательны слѣдующія правила:

1) Каждый фильтръ слѣдуетъ подвергать испытанію ежедневно, фильтры должны поэтому получить такое устройство, чтобы во всякое время можно было брать воду для испытаній изъ отводныхъ каналовъ.

2) Скорость фильтраціи не должна превышать 100 миллиметровъ въ часъ.

3) Вода, содержащая въ 1 куб. сантиметрѣ болѣе 100 бактерій, не должна имѣть доступа въ городской проводъ.

Особенно нужно слѣдить за качествомъ воды въ часы максимальныхъ расходовъ, во время морозовъ, половодья и сильныхъ дождей.

117. Перемежающаяся фильтрація. Этотъ способъ фильтраціи состоитъ въ томъ, что въ цѣли вентилляціи фильтрующихъ слоевъ исключаютъ фильтръ періодически на нѣкоторое время изъ дѣйствія. Обыкновенно работу прекращаютъ ночью въ часы наименьшаго разбора. Такимъ путемъ достигается уничтоженіе значительнаго количества водныхъ и другого рода бактерій, вслѣдствіе чего получаемая при перемежающейся фильтраціи вода болѣе свободна отъ бактерій, чѣмъ при непрерывной. Перемежающаяся фильтрація введена въ нѣкоторыхъ городахъ Соединенныхъ Штатовъ Америки, какъ: Lavrence, Vernon, Grand-Forks и др. Опыты показали, что при сильно засоренной водѣ перемежающаяся фильтрація даетъ замѣтно лучшіе результаты, чѣмъ непрерывная, но для обыкновенной рѣчной воды не представляетъ никакихъ преимуществъ и только увеличиваетъ стоимость воды.

118. Двойная фильтрація. Когда вода очень богата бактеріями, то сначала подвергают ее обыкновенной, или, что лучше, перемежающейся фильтраціи, и затѣм переводятъ на другіе фильтры, черезъ которые она проходитъ вторично по непрерывной системѣ. Нѣкоторое затрудненіе представляетъ образованіе на второмъ фильтрѣ необходимой для хорошей фильтраціи пленки вслѣдствіе отсутствія въ водѣ прошедшей уже черезъ фильтръ нужныхъ для этого веществъ.

Въ Бременѣ во время половодья вода рѣки Безеръ содержитъ 100 000 до 200 000 бактерій въ 1 куб. см. При самой тщательной фильтраціи въ этой водѣ остаются 1 000 и болѣе бактерій въ 1 куб. см., но послѣ вторичной фильтраціи это количество понижается ниже 100. Порядокъ дѣйствія состоитъ въ томъ, что воду, профильтрованную на первомъ фильтрѣ, не спускаютъ въ резервуаръ чистой воды, но переводятъ на второй фильтръ, и пропускаютъ ее черезъ песокъ вторично. Эта двойная фильтрація почти не требуетъ увеличенія площади фильтровъ, потому что лѣтомъ достаточна простая фильтрація, а осенью и весною, когда нужна двойная, вслѣдствіе уменьшеннаго расхода въ городѣ имѣется всегда свободная, не занятая водой площадь фильтровъ.

Двойная фильтрація бываетъ полезна каждый разъ послѣ чистки фильтровъ до тѣхъ поръ, пока не образовалась удовлетворительная грязевая кожаца.

ГЛАВА VI.

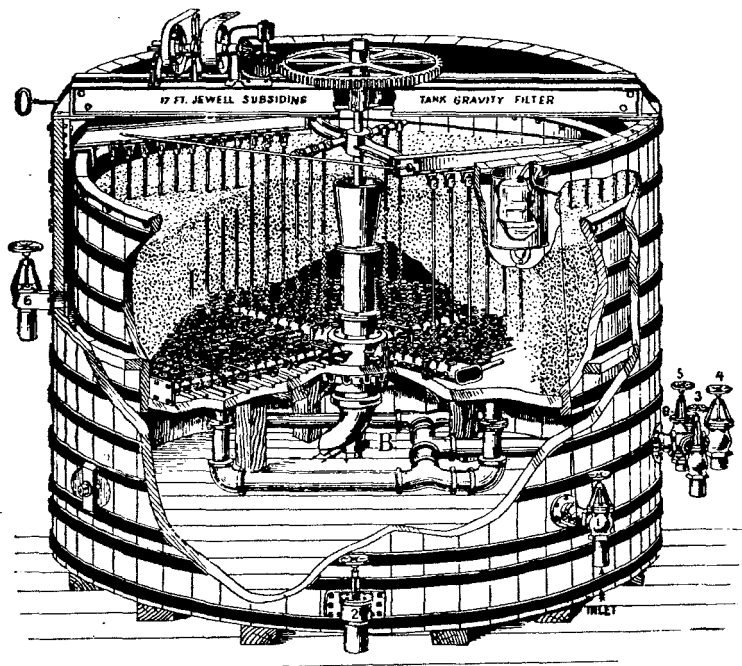
Механическая фильтрація.

119. Роды механическихъ фильтровъ. Механическіе фильтры получили свое названіе отъ механическаго прибора, которымъ въ нихъ перемѣшивается и сгребается засоренный песокъ во время чистки; ихъ называютъ также американскими фильтрами.

Такой фильтръ состоитъ изъ деревяннаго или желѣзнаго бака, въ которомъ фильтрующий песокъ лежитъ на системѣ сѣтокъ разныхъ конструкцій. Когда вслѣдствіе накопленія находящихся въ водѣ примѣсей засореніе песка достигнетъ предѣла, при которомъ его дѣйствіе станетъ неудовлетворительнымъ, то его промываютъ водою, которую вводятъ въ фильтръ снизу, и въ это время приводятъ песокъ въ движеніе посредствомъ механическихъ мѣшалокъ, погруженныхъ въ песчаномъ слоеѣ, или помощью сжатого воздуха.

Существуютъ два главныхъ типа механическихъ фильтровъ: закрытые, дѣйствующіе напоромъ, и открытые, дѣйствующіе силой тяжести. Фильтръ закрытаго типа представленъ на черт. 124. Въ закрытомъ бакѣ помещенъ

другой, открытый сверху. Наружный бакъ раздѣленъ вторымъ горизонтальнымъ днищемъ на верхнее и нижнее отдѣленія; въ верхнемъ отдѣленіи помѣщенъ второй бакъ, на днѣ котораго находится система продырявленныхъ сборныхъ трубокъ; нижнее отдѣленіе *В* служитъ отстойникомъ. Фильтрующій песокъ помѣщается въ верхнемъ бакѣ. Вода входитъ въ отстойникъ и въ нее вводятъ коагулянтъ, дѣйствіе котораго уяснено въ № 86. Послѣ нѣкотораго, вообще очень короткаго отстаиванія (20—60 минутъ), вода переходитъ въ центральную трубу, оканчивающуюся сверху

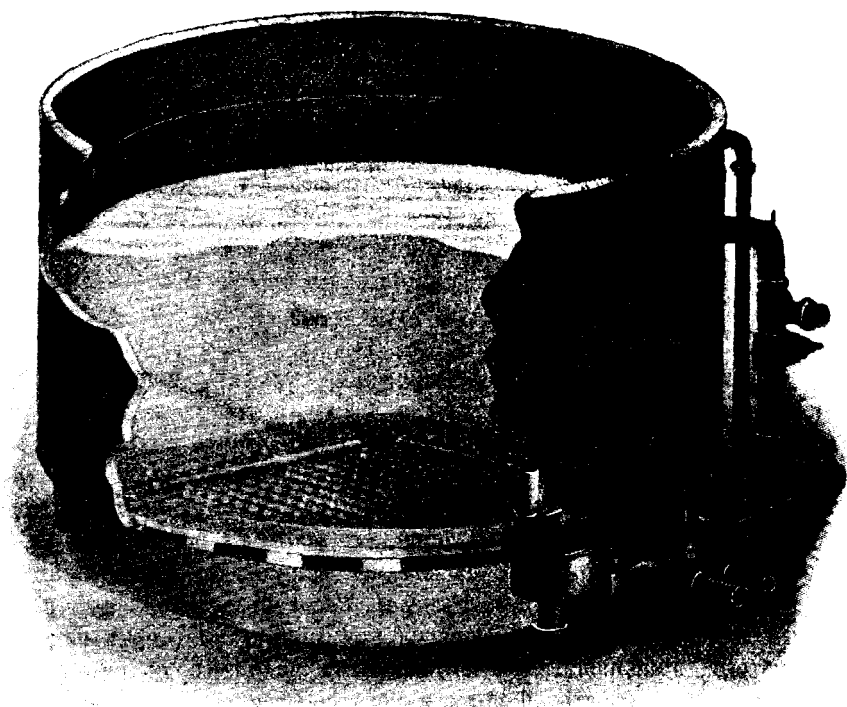


Черт. 124.

внутренняго бака воронкообразнымъ уширеніемъ. По этой трубѣ вода поднимается вверхъ, переливается на фильтрующій песокъ, черезъ послѣдній опускается къ расположеннымъ на днѣ сборнымъ трубкамъ и переходитъ въ отводную трубу. На черт. 122 показано устройство вращающейся мѣшалки, приводящей песокъ въ движеніе; промывная вода переливается черезъ верхній край внутренняго бака.

Въ открытомъ фильтрѣ (черт. 125) мѣшалки не употребляются и песокъ разрыхляютъ посредствомъ воздуха, вгоняемаго въ него снизу. Вода движется черезъ песокъ вслѣдствіе собственной тяжести, какъ и въ обыкновенныхъ фильтрахъ.

Толщина фильтрующего слоя 2—4 фута; фильтрующим матеріаломъ служить обыкновенно кварцевый песокъ (полученный посредствомъ раз-



Черт. 125.

дробленія камня), величина зеренъ котораго 0,45—0,5 мм.; употребляютъ также естественный песокъ однородной величины зеренъ, крупностью не менѣе 0,35 мм.

120. Коагуляція составляетъ существенную часть механической фильтраціи; опыты показываютъ, что отстаиваніемъ съ коагуляціей достигаются въ 3—4 часа такіе же почти результаты, какіе при простомъ отстаиваніи получаются только послѣ 3 или 4 сутокъ. Коагуляція состоитъ въ томъ, что въ воду вводятъ растворъ химической соли такого свойства, что она съ нѣкоторыми находящимися въ водѣ веществами образуетъ нерастворимыя соединенія, выдѣляющіяся изъ воды въ видѣ грубыхъ хлопьевъ. Болѣе тяжелыя частицы этихъ соединеній опускаются на дно, и при томъ увлекаютъ разныя вещества, засоряющія или окрашивающія воду. Такимъ образомъ нѣкоторая часть коагулянта остается въ отстойникѣ, а остальная болѣе легкая часть переходитъ вмѣстѣ съ водой на

фильтрующий песок и образуетъ на его поверхности пленку, содѣйствующую очисткѣ воды отъ бактерій. Фильтры, въ которыхъ такая пленка не образуется, не могутъ давать въ гигиеническомъ отношеніи удовлетворительной воды. Одна изъ существенныхъ разницъ между механическимъ и обыкновеннымъ фильтромъ состоитъ въ томъ, что въ послѣднемъ эта пленка образуется сама собою изъ находящихся въ водѣ веществъ, а въ первомъ она производится механическими и химическими процессами.

Скорость фильтраціи въ механическихъ фильтрахъ въ 50 разъ больше, чѣмъ въ обыкновенныхъ; столь значительную скорость, безъ особаго вреда для воды, допускаетъ употребленіе коагулянта; нужная для этого толщина слоя воды 10—12 футовъ. Промежутки между промывками песка 24 часа и меньше, а операція промыванія требуетъ 15—20 минутъ; количество нужной для промывки воды = отъ 2 до 5% всего количества ея.

Коагулянтномъ служитъ обыкновенно сульфатъ алюминія, также обыкновенные квасцы, а въ новѣйшее время—сульфатъ желѣза, который болѣе чѣмъ вдвое дешевле сульфата алюминія. Этотъ коагулянтъ изготовляютъ такимъ образомъ, что въ чанъ, наполненный желѣзными опилками (или, вообще, мелкими кусками желѣза), вводятъ растворъ сѣрнистой окиси и оставляютъ его въ покоѣ въ теченіи 6 часовъ, послѣ чего спускаютъ жидкость въ ниже расположенный сосудъ, изъ котораго она выкачивается на отстойники и фильтры. Растворъ изготовляютъ посредствомъ сжиганія сѣры; образующіеся при этомъ газы гонятъ паромъ въ конденсаторъ, наполненный раздробленнымъ кварцемъ, въ которомъ эти газы встрѣчаются съ струей воды и поглощаются послѣдней.

Первоначально употребляли въ Америкѣ исключительно фильтры дѣйствующие напоромъ, горизонтальнаго и вертикальнаго типа, т. е. имѣвшие форму горизонтальныхъ или вертикальныхъ закрытыхъ цилиндровъ, которые промывали воздухомъ и токомъ воды. Въ настоящее время строятъ исключительно фильтры дѣйствующие силой тяжести (какъ въ обыкновенныхъ фильтрахъ) въ соединеніи съ отстойниками. Такіе фильтры получаютъ обыкновенно два насоса, изъ которыхъ одинъ накачиваетъ имѣющую быть очищенной воду, а другой—растворъ коагулянта и соединяется съ приборомъ, указывающимъ количество введеннаго въ воду химическаго вещества. Другой приборъ, называемый «controller», регулируетъ количество притекающей къ фильтру и стекающей съ него воды, т. е. онъ контролируетъ скорость фильтраціи; также имѣется приборъ для регулированія скорости фильтраціи.

Устройство фильтраціонной станціи слѣдующее: назначенная для очистки вода накачивается въ отстойные баки, построенные изъ дерева, желѣза, кладки или бетона. Растворъ коагулянта (сульфатъ алюминія или желѣза) въ точно измѣренномъ количествѣ вспрыскиваютъ въ бакъ

на высотѣ 18 дм. отъ дна. Вслѣдствіе присутствія въ водѣ карбонатовъ извести и магнезій, а въ случаѣ отсутствія послѣднихъ вслѣдствіе прибавки къ ней измѣреннаго количества прозрачной известковой воды, этотъ коагулянтъ разлагается и образуетъ нерастворимое вещество, состоящее въ первомъ случаѣ изъ гидрата алюминія, а въ послѣднемъ (при употребленіи сульфата желѣза), изъ гидрата желѣза. Коагулированная вода поднимается въ отстойномъ бакѣ постепенно до высоты переливовъ, устроенныхъ у его верхняго края, причемъ нѣкоторая часть ея примѣсей осаждается на днѣ отстойника; послѣднее обыкновенно выложено бетономъ со скатомъ къ центральному мѣсту, въ которомъ устроенъ спускъ.

Вода, дойдя до высоты переливныхъ отверстій, сливается черезъ нихъ въ расположенный ниже фильтрующий бакъ, называемый «unit» (юнитъ); онъ состоитъ изъ того же матеріала, что и отстойникъ, и имѣетъ въ планѣ обыкновенно круглую, а иногда прямоугольную форму. Въ этомъ чанѣ помѣщается фильтрующий песокъ; на днѣ его находится система продырявленныхъ трубокъ, покрытыхъ сѣтками. Теперь употребляютъ рѣчной песокъ крупностью 0,35 мм.; средняя толщина его слоя 4 фута; она ни въ какомъ случаѣ не допускается ниже 2 ф. Высота фильтровъ опредѣлена условіемъ, что толщина слоя воды надъ поверхностью песка должна равняться отъ 10 до 12 фут.; скорость фильтраціи равняется 4 278 мм. въ часъ (1,75 американскихъ галлоновъ въ минуту), т. е. она почти въ 43 раза больше скорости европейскихъ фильтровъ.

Эта система фильтраціи называется непрерывной, потому что вода накачивается непрерывно, непрерывно коагулируется, непрерывно стекаетъ изъ отстойника въ фильтръ и изъ фильтра—въ резервуаръ чистой воды. Изъ этого резервуара вода гонится въ напорный бакъ (напорную башню), а иногда прямо въ распределительный проводъ.

Въ другихъ устройствахъ каждый фильтръ получаетъ два отстойника; въ одномъ вода отстаивается, а изъ другого отстоявшаяся раньше вода стекаетъ въ фильтръ.

Диаметръ круглыхъ фильтровъ 15—25 фут., ихъ высота около 20 фут. Одинъ фильтръ можетъ профильтровать въ сутки 154 000 ведеръ. Промывку производятъ посредствомъ дуванія сверху внизъ воздуха и накачивания въ томъ же направленіи воды. Грязная вода стекаетъ черезъ край внутренняго бака въ пространство между стѣнками внутренняго и наружнаго бака и отводится въ сторону. Промывка бываетъ нужна въ промежуткахъ отъ 3 до 7 дней, и требуетъ около 10 минутъ времени. Въ случаѣ разрыхленія песка мѣшалкой послѣдняя состоитъ изъ тяжелого поперечнаго бруса, вращающагося около вертикальной оси.

Главное затрудненіе представляетъ достиженіе равномерности промывки песка и равномерности распределенія его послѣ промывки; въ этомъ отношеніи мѣшалки играютъ важную роль.

121. Заключение. Механическіе фильтры очень распространены въ Америкѣ; ихъ появленіе въ Соединенныхъ Штатахъ было вызвано главнымъ образомъ стремленіемъ очистки мутныхъ или естественно окрашенныхъ водъ, а также — удаленія желѣза изъ грунтовой воды, но въ послѣднее время ихъ главная цѣль состоитъ въ удаленіи бактерій. Въ этомъ отношеніи было произведено много опытовъ въ Америкѣ, которыя показали, что механическіе фильтры удаляютъ въ среднемъ $98\frac{1}{2}\%$ бактерій (Providence $98\frac{1}{2}\%$; Louisville, очень мутная вода, 98% ; Cincinnati, первоначальное содержаніе бактерій около 27 000 въ 1 куб. см., $98\frac{1}{2}\%$, максимумъ $99\frac{1}{4}\%$; Pittsburg 97 — 98%). Такіе же результаты давали опыты въ Lorain, Marinett и др. мѣстахъ). Результаты были тѣмъ лучше, чѣмъ дольше вода предварительно отстаивалась; отстаиваніе въ теченіи не менѣе сутокъ считается необходимымъ для удовлетворительнаго освобожденія воды отъ бактерій.

Менѣе хорошіе результаты дали спеціальныя изслѣдованія тифозныхъ бактерій. Въ этомъ отношеніи механическіе фильтры оказались значительно хуже обыкновенныхъ; въ нѣкоторыхъ случаяхъ послѣ введенія механическихъ фильтровъ смертность отъ тифозныхъ заболѣваній не только не уменьшалась, но даже увеличивалась, какъ это видно изъ слѣдующей таблицы *):

Т а б л и ц а XVII.

Годовая тифозная смертность.	Macon Ga.	Atlanta Ga.	Oakland Cal.	Reading Mass.	Terre Haute Ind.	Elmira N. Y.	Newcastle Pa.	Lexington Ky.
До фильтровъ . .	10,5	61	19	4	21	10	13	18
Послѣ фильтровъ .	7	46	17	1	15	11	28	64
Уменьшеніе въ %	33	28	11	75	31	—10	—115	—26

Если даже исключить 3 послѣдніе города, то и тогда уменьшеніе смертности въ процентахъ выразится цифрой 25. Слѣдуетъ впрочемъ прибавить, что цифры этой таблицы выведены изъ довольно краткосрочныхъ наблюденій (4 — 5 лѣтъ), поэтому для правильнаго заключенія необходимы дальнѣйшія наблюденія.

Вообще же всѣ опыты показали, что при правильномъ устройствѣ и умѣломъ уходѣ механическіе фильтры дѣйствуютъ только немного хуже обыкновенныхъ, а въ противномъ случаѣ разница въ пользу послѣднихъ увеличивается потому, что механическіе фильтры требуютъ спеціальнаго и тщательнаго ухода и надзора: кромѣ того при нихъ необходимъ

*) Kober. Public Health Reports. U. S. Marine Hosp. Service. June 22, 1900.

постоянный контроль бактериологических изслѣдованій, производимыхъ на всемъ протяженіи устройства часто и регулярно. Многія статьи ухода, какъ: продолжительность періода промывокъ, толщина песчаного слоя, глубина воды, скорость фильтраціи и наилучшій сортъ песка могутъ быть опредѣлены только путемъ опытовъ и анализовъ, требующихъ болѣе или менѣе значительнаго времени.

Первоначальное устройство механической фильтраціи только немного дешевле, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ (дешевизна земли, низкая плата рабочихъ и т. п.) даже дороже устройства обыкновенной, а надзоръ за первой всегда дороже надзора за послѣдней. Это подтверждается слѣдующими цифрами:

Т а б л и ц а XVIII.

Авторитетъ.	Г о р о д ъ.	Полная стоимость фильтраціи одного милліона галлоновъ (308 000 ведеръ).	
		Обыкновенной.	Механической.
Fuller.	Cincinnati	10,35 *)	9,96
Hazen.	Pittsburg	10,53	10,78
Miller.	Washington	8,50	8,76
Стоимость ухода по отношенію къ 1 милліону галлоновъ.			
	Filadelfia	8,50	8,76
	(Shuylkill).	3,60	4,80
	(Delaware)	3,00	4,00

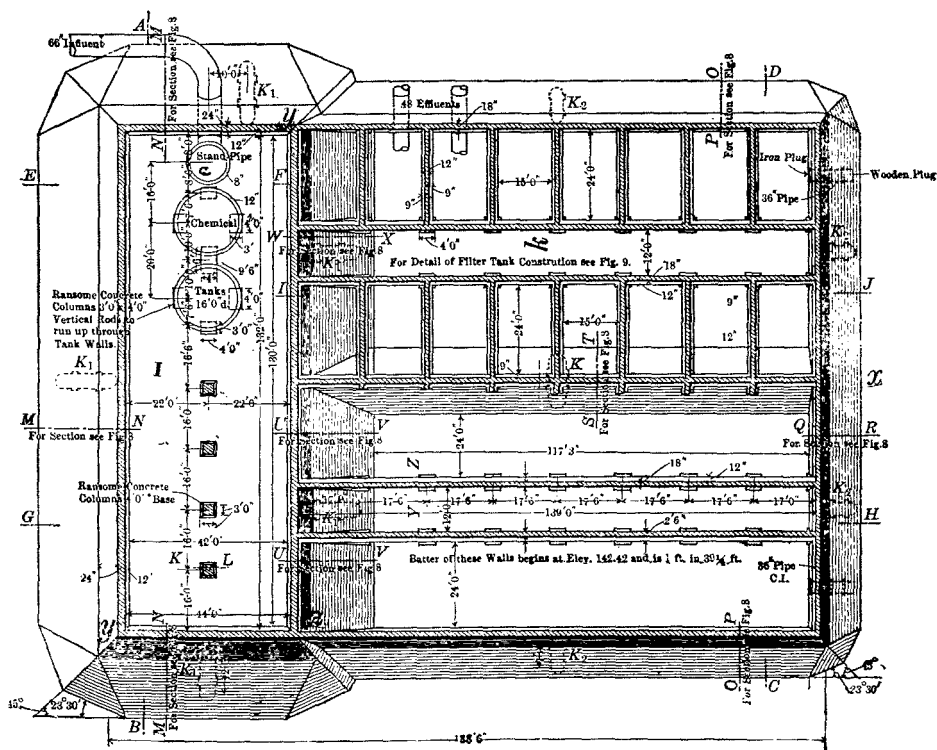
Эта таблица показываетъ, что механическіе фильтры, дающіе въ бактериологическомъ отношеніи менѣе хорошіе результаты, чѣмъ обыкновенные, въ большинствѣ случаевъ дороже послѣднихъ. Механическіе фильтры могутъ въ финансовомъ отношеніи представить нѣкоторую выгоду при высокой стоимости земли, такъ какъ они требуютъ значительно меньшей площади, чѣмъ обыкновенные, но вслѣдствіе получаемыхъ помощью ихъ менѣе хорошихъ результатовъ въ гигиеническомъ отношеніи обыкновенные фильтры заслуживаютъ предпочтенія и тамъ, гдѣ устройство механическихъ было бы соединено съ меньшими расходами.

122. Примѣръ. Примѣненіе механическихъ фильтровъ для очистки воды не старше 10 лѣтъ и они находятся еще въ стадіи развитія. Ихъ

*) При фильтраціи употребляется коагулянтъ, безъ коагуляціи стоимость меньше 9,8.

ведены: приводная, отводная и нѣкоторыя другія трубы; мы его будемъ называть «трубнымъ корридормъ» (Pipe Gallery).

На черт. 127 представленъ планъ YU осадочнаго бассейна I, съ рядомъ колоннъ по серединѣ; ZX —планъ одного отдѣленія резервуара чистой воды, съ двумя рядами колоннъ, соединенныхъ вверху арками, на которыхъ лежатъ стѣны, ограничивающія устроенный между фильтрами корридоръ; UX —планъ фильтровальныхъ баковъ и трубнаго корридора.



Черт. 127.

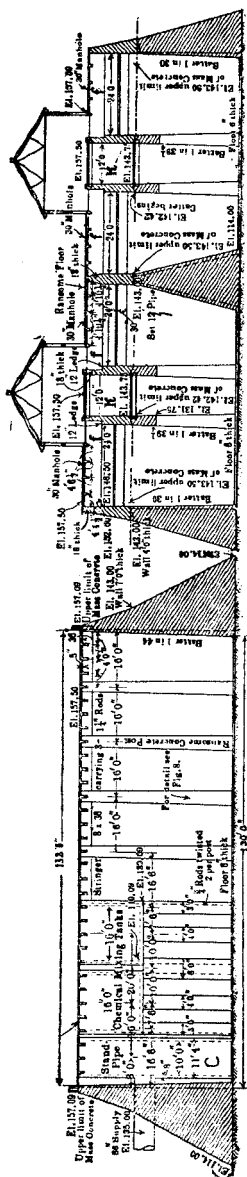
На черт. 128—131 представлено нѣсколько вертикальных разрѣзовъ, сдѣланныхъ по линіямъ, указаннымъ на черт. 127, а именно:

черт. 128 — разрѣзъ по AB (продольный разрѣзъ осадочнаго бассейна); c —стоячая труба (Stand Pipe), въ которую вводятъ разбавленный коагулянтъ; b, b — мѣшальные баки, находящіеся подъ потолкомъ бассейна (chemical mixing tanks); остальными вертикальными линіями показаны колонны; заштрихованныя почти треугольныя площади — сѣченія наружныхъ бетонныхъ стѣнъ;

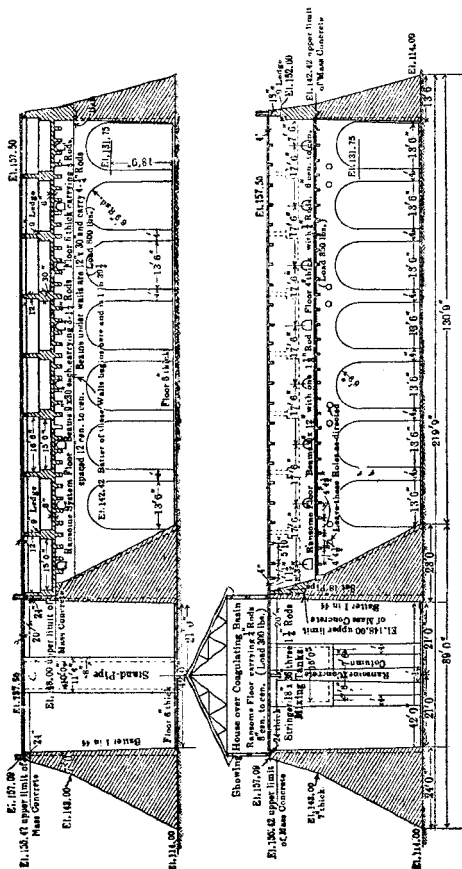
черт. 129 — поперечный разрѣзъ по CD , проведенный черезъ фильтры f'

и корридоры *k*; подъ фильтрами резервуаръ чистой воды, раздѣленный трапецевидной стѣной на 2 отдѣленія;

черт. 130 — продольный разрѣзъ по *EFIJ*. Слѣва между двумя треугольными стѣнами поперечное сѣченіе осадочнаго бассейна, а справа — продольный разрѣзъ



Черт. 128-129.



Черт. 130-131.

резервуара чистой воды и находящихся надъ нимъ фильтровъ (8 въ одномъ ряду). Здѣсь же показанъ видъ стѣны корридора, переходящей внизу въ арки съ колоннами;

черт. 131 — продольный разрѣзъ по *GH*. Слѣва — поперечное сѣченіе осадочнаго бассейна съ павильономъ вверху для коагуляціи (подъ по-

ломъ котораго виденъ мѣшальный бакъ *) и колонна); справа внизу — резервуаръ чистой воды, а вверху — проходящій между фильтрами трубный корридоръ *k*.

Надъ каждымъ трубнымъ корридоромъ устроена немного выше горизонта воды въ фильтрахъ платформа, для возможности ухода за послѣдними. Надъ каждой изъ этихъ платформъ устроенъ навѣсьонъ, выступающій за корридоръ въ ту и другую сторону на 6 фут.; остальная часть фильтровъ покрыта плоскимъ бетоннымъ потолкомъ, въ которомъ надъ каждымъ фильтромъ устроенъ люкъ для ввода въ него фильтрующаго матеріала.

Фильтрующий слой имѣетъ слѣдующій составъ, считая снизу вверхъ:

2 дм. раздробленнаго кварца крупностью 4,4 мм.,

5 » кварца—2 мм.,

30 » песка—0,35 до 0,42 мм.

Песка тоньше 0,25 мм. должно быть не больше 1% по вѣсу, а тоньше 0,20 мм.—не больше 0,2%.

Вода просачивается черезъ фильтръ силой собственной тяжести.

Вода изъ рѣки приводится по стальной 66 дюймовой трубѣ въ находящуюся въ осадочномъ бассейнѣ бетонную стоячую трубу (Stand Pipe) діаметра 10 фут.; въ эту трубу вводятъ растворъ коагулянта, перемѣшиваютъ его хорошо съ водою и черезъ дно трубы отводятъ коагулированную воду въ осадочный бассейнъ (coagulating basin); въ послѣднемъ она медленно перемѣщается къ противоположному концу бассейна и переходитъ черезъ продырявленный наконечникъ, находящійся почти у самаго горизонта воды, въ трубу, отводящую ее на фильтръ. Имѣется также устройство для отведенія воды минуя отстойникъ и для проведенія ея изъ верхней части стоячей трубы прямо на фильтры. Пройдя черезъ фильтры вода переходитъ въ находящійся подъ ними резервуаръ чистой воды, изъ котораго стекаетъ въ городскую трубу (main pipe).

Всѣ сооруженія и части ихъ, какъ: стѣны, балки, потолки, полы, колонны, баки, стоячая труба, фильтры и проч. изготовлены изъ бетона: части, несущія большую нагрузку и вообще подверженныя растягивающимъ силамъ, скрѣплены желѣзомъ по системѣ Рансомъ. Составъ бетона для стѣнъ 1:3:7, а для фильтровъ 1:2:4; внутри баки получили штукатурку $\frac{1}{4}$ дм. изъ раствора 1:1.

Для коагуляціи употребляютъ сульфатъ алюминія. Въ особыхъ бассейнахъ, находящихся подъ поломъ помѣщенія, въ которомъ хранится сухой коагулянтъ (на черт. 122: House over Coagulating Basin) образующаго часть верхняго этажа осадочнаго бассейна), изготовляютъ насыщенный растворъ коагулянта; для ускоренія растворенія вращаются въ

*) Mixing Tank.

этих бакахъ медленно тяжелыя бронзовыя мѣшалки. Емкость каждаго бака 78 ведеръ. Изъ этихъ баковъ насыщенный растворъ переводится по цементнымъ трубамъ въ другіе круглыя мѣшальные баки (Mixing Tanks), которыхъ глубина 17 фут., а емкость 7 700 ведеръ. Въ нихъ растворъ разбавляютъ фильтрованной водою до требуемой степени; для достиженія равномерной крѣпости жидкость поддерживается въ постоянномъ движеніи посредствомъ воздуха, вгоняемаго вентиляторами по радіальнымъ трубамъ въ количествѣ 75 кб. фут. въ минуту. Разбавленный растворъ поднимается центробѣжными насосами и переливается въ 2 бака, емкостью каждый 105 ведеръ (orifice tanks 4'), помѣщенные подъ крышей павильона на высотѣ около 13 фут. надъ горизонтомъ воды въ отстойникѣ; эти баки снабжены переливами, черезъ которые излишне накачиваемый растворъ возвращается обратно въ мѣшальные баки (mixing tanks). Такимъ образомъ поддерживается въ верхнихъ бакахъ постоянный горизонтъ, и, слѣдовательно, постоянный напоръ, подъ которымъ вода стекаетъ изъ нихъ въ стоячую трубу (Stand Pipe).

Промывку засореннаго фильтрующаго песка производить слѣдующимъ образомъ: въ находящіяся на днѣ фильтра сборныя трубки, которыя расположены перпендикулярно къ длинѣ фильтра, въ разстояніяхъ 6 дюймовъ между собою и снабжены частыми дырочками, впускаютъ воздухъ давленіемъ въ 3 фунта; воздухъ проходитъ черезъ песокъ, разрыхляетъ его и приводитъ песчинки въ движеніе. Предварительно впуска воздуха спускаютъ изъ фильтра столько воды, чтобы ея горизонтъ возвышался надъ поверхностью песка на 4 дм.; воздухъ поднимаетъ песокъ на 3 дм. Затѣмъ впускаютъ въ фильтръ снизу чистую воду, которая полощетъ песокъ, послѣ чего вдуваютъ вновь воздухъ въ теченіи 1 минуты. Послѣ послѣдняго впуска воздуха всегда вводятъ снизу чистую воду, которая прогоняетъ весь оставшійся въ пескѣ воздухъ.

Насколько такой способъ промывки цѣлесообразенъ, покажетъ будущее. Инженеръ Фуллеръ, участвовавшій въ составленіи проекта этой фильтровальной станціи, заявилъ 15 Іюля 1903 г., что въ сборныя трубы попадаетъ песокъ, который собирается на днѣ резервуара чистой воды. Весьма возможно, что при вдуваніи воздуха снизу разрыхляется отчасти и верхній слой кварца и такимъ образомъ песокъ получаетъ мѣстами возможность проникать въ сборный проводъ.

Прочіе способы очистки.

123. Фильтръ Фишеръ-Петерса. Этотъ фильтръ состоитъ изъ ряда глухихъ, пустыхъ внутри коробокъ, изготовленныхъ изъ смѣси песка и стекла, сплавленныхъ вмѣстѣ. Толщина коробокъ 8 дм., а площадь поверхности около 3-хъ кв. фут. Ихъ располагаютъ на ребро въ бакѣ, со-

держатъ фильтруемую воду и соединяютъ между собою группами такъ, чтобы вода просачивалась черезъ нихъ во внутреннее пространство, изъ котораго отводится къ мѣсту потребленія. Фильтры прочищаются помощью обратнаго тока воды, впуская ее подъ напоромъ внутрь элементовъ; они могутъ быть стерилизованы паромъ. Каждый квадратный футъ поверхности элемента даетъ около 10 куб. фут. воды въ сутки. Система употребляется въ нѣкоторыхъ городахъ за границей, но отзывы о ней разнорѣчивы; она была испробована въ С.-Петербургѣ (въ Экспедиціи заготовленія государственныхъ бумагъ) и дала, также какъ и при опытахъ въ Питсбургѣ въ Америкѣ, неудовлетворительные результаты.

124. Аэрація. Изслѣдованія показали, что аэрація не имѣетъ почти никакого вліянія на находящіяся въ водѣ органическія вещества, но она бываетъ необходима для стоячихъ водъ прудовъ и собирательныхъ резервуаровъ, которыя вслѣдствіе процессовъ разложенія потеряли свою свѣжесть и отъ заключенныхъ въ нихъ газовъ имѣютъ нерѣдко непріятный запахъ. Аэрація состоитъ въ нагнетаніи воздуха въ водопроводныя трубы или въ резервуаръ, или заставляють воду падать черезъ водосливы и ступенчатая площадка, или впускають ее въ баки струями въ видѣ фонтановъ, или смѣшиваютъ ее съ воздухомъ какимъ нибудь другимъ образомъ. Въ Санъ-Франциско вода поднимается по вертикальной трубѣ на высоту около 20 футовъ, проводится затѣмъ по двумъ длиннымъ деревяннымъ желобамъ и черезъ отверстія, устроенныя въ боковыхъ стѣнкахъ, послѣднихъ, падаетъ на рядъ деревянныхъ платформъ, отстоящихъ одна отъ другой въ вертикальномъ направленіи на 3 фута. Платформы изготовлены изъ дюймовыхъ досокъ шириной 6 дм., уложенныхъ съ промежутками въ $\frac{1}{8}$ дм. Въ Альбани аэрація устроена въ осадочномъ бассейнѣ (стр. 130).

125. Смягченіе жесткой воды. Жесткость воды происходитъ отъ содержанія извести и магнезіи главнымъ образомъ въ видѣ карбонатовъ и сульфатовъ (а иногда также въ видѣ хлоридовъ и нитратовъ). Карбонаты образуютъ такъ называемую временную жесткость, а сульфаты—постоянную (№ 37). Уменьшеніе жесткости достигается посредствомъ простыхъ процессовъ химическаго осажденія. Карбонаты находятся растворенными въ водѣ главнымъ образомъ вслѣдствіе богатаго содержанія углекислоты, которое можетъ быть уменьшено посредствомъ прибавки къ водѣ извести.

Всего чаще употребляютъ способъ Кларка (Clark), состоящій въ томъ, что вода, послѣ прибавки къ ней извести, поднимается медленно въ желѣзныхъ цилиндрахъ, внутри которыхъ устроены широкія полки; на этихъ полкахъ осаждается пресипитатъ и соскребывается съ нихъ отъ времени до времени посредствомъ серій лопатокъ; окончательное очищеніе про-

исходить въ осадочныхъ бассейнахъ и фильтрахъ. Въ Southampton этимъ способомъ обрабатываютъ 740 000 ведеръ въ сутки, причемъ первоначальная жесткость въ 18° понижается до 6° . Известь прибавляютъ въ растворенномъ видѣ; количество известковой (прозрачной) воды $= \frac{1}{10}$ всего количества ея. Воду послѣ прибавки извести спускаютъ въ широкія цистерны, въ которыхъ остается большая часть осадковъ, а болѣе тонкія частицы удаляютъ рядомъ фильтровъ Аткина, состоящихъ изъ продырявленныхъ цинковыхъ листовъ, покрытыхъ фильтрующей тканью, расположенныхъ попарно вдоль длинной, пустой внутри стойки. Вода проходить черезъ эти фильтры и по трубчатой стойкѣ спускается въ резервуаръ.

Известь уменьшаетъ только временную жесткость; когда требуется понизить и постоянную, то употребляютъ способъ Арчбэтъ-Дилей (Archbutt-Deelay). Къ водѣ прибавляютъ растворъ извести и соды, послѣ чего спускаютъ ее въ широкіе чаны, въ которые для равномернаго распредѣленія прибавленныхъ веществъ вспыскиваютъ паръ, и для ускоренія осажденія взбалтываютъ воду въ теченіи 10 минутъ. Послѣ одного часа отстаиванія вода дѣлается совсѣмъ прозрачной. Небольшое количество оставшихся въ водѣ веществъ вновь растворяютъ и изъ небольшой коксовой печки впускаютъ углекислый газъ, который совершенно уничтожаетъ щелочь.

Опыты Франклянда показали, что при процессѣ смягченія вода очищается отъ бактерій въ такой же степени, какъ при обыкновенной фильтраціи.

126. Удаленіе желѣза изъ воды. Грунтовыя воды содержатъ въ большомъ случаѣ значительное количество желѣза, которое хотя само по себѣ безвредно, придаетъ водѣ нежелательный видъ и вкусъ, и въ домашнемъ хозяйствѣ засоряетъ посуду и бѣлье. Песокъ, гравій и другія земляныя породы содержать желѣзо въ видѣ окиси; когда вода просачивается въ почву содержащую органическія вещества, то послѣднія поглощаютъ ея свободный кислородъ и окисляются; при недостаточномъ количествѣ этого кислорода они извлекаютъ его изъ нерастворимой окиси желѣза, вслѣдствіе чего окисъ переходитъ въ закисъ, которая соединяется съ находящейся въ водѣ углекислотой и образуетъ растворимое въ водѣ углекислое соединеніе желѣза (FeCO_3). Содержаніе 0,4—0,5 частицъ желѣза на 1 миллионъ частицъ воды почти безслѣдно, но болѣе значительное количество дѣлаетъ ее неприятной. Въ такой водѣ развивается желѣзная бактерія *Crenothrix*, которая размножается и въ темнотѣ, переходитъ въ трубный проводъ, сообщаетъ водѣ неприятный вкусъ и запахъ и засоряетъ трубы. Содержащая желѣзо вода въ свѣжемъ видѣ прозрачна, но на воздухѣ, вслѣдствіе поглощенія кислорода, дѣлается мутной.

Воду освобождаютъ отъ желѣза аэраціей, которую исполняютъ различнымъ образомъ въ зависимости отъ характера воды. Иногда достаточ-

нымъ бываетъ простое отстаиваніе въ открытыхъ мелкихъ каналахъ, или заставляють воду падать сквозь сѣтки съ нѣкоторой высоты; иногда спускають ее по каменнымъ градирнымъ или фильтруютъ черезъ грубый коксъ. Когда желѣзо находится въ видѣ сульфата, то полезной оказалась прибавка алюминія и извести.

Образовавшійся желѣзный осадокъ удаляютъ фильтраціей; такъ какъ осадокъ имѣетъ видъ хлопьевъ, то можно фильтровать черезъ грубый песокъ съ большой скоростью (20—30 дюймовъ въ часъ).

127. Примѣненіе для очистки электричества. Электричество примѣняется для очистки воды двоякимъ образомъ: 1) изготовляютъ электрическимъ путемъ дезинфицирующее вещество; 2) электрическимъ путемъ производить коагулянты.

Дезинфицирующее вещество получается посредствомъ электролиза соляной или морской воды, причемъ образуется хлористое соединеніе соды, представляющее собою сильный дезинфекторъ. Электричество употребляется также для производства озона, дѣйствіе котораго уясняется ниже.

Значеніе коагулянта изложено выше; электролитическимъ путемъ изготовляютъ гидратъ желѣза или гидратъ алюминія. Последний болѣе чѣмъ вдвое дороже перваго, поэтому теперь не употребляется.

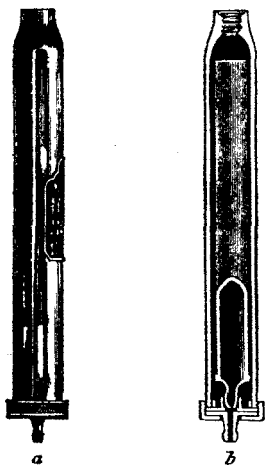
128. Способъ Андерсона. Воду вводятъ въ желѣзный цилиндръ, къ которому внутри придѣланы ложкообразные выступы. Цилиндръ вращается медленно вокругъ горизонтальной оси; вода входитъ въ него сквозь полый шипъ съ одного конца, передвигается медленно къ противоположному концу и выходитъ здѣсь сквозь другой полый шипъ; скорость регулируется такимъ образомъ, чтобы для передвиженія воды отъ одного конца къ другому были нужны 3—5 минутъ. Въ цилиндръ насыпаютъ чугунные опилки и мелкій ломъ (кусками не больше 12 мм.); во время вращенія желѣзо перемѣшивается съ водою, вслѣдствіе чего часть его растворяется находящейся въ водѣ углекислотой. Стекающую изъ цилиндра воду, находившуюся не менѣе трехъ минутъ въ соприкасаніи съ желѣзомъ, предоставляютъ нѣкоторое время въ бакахъ дѣйствію воздуха или доставляютъ ей воздухъ посредствомъ искусственной аэраціи, причемъ растворенное желѣзо (закись) окисляется и желѣзный гидратъ выдѣляется въ видѣ бурого порошка, образующаго коагулянтъ, который при послѣдующихъ затѣмъ отстаиваніи и фильтраціи производитъ такое же дѣйствіе, какъ коагулянтъ въ механическихъ фильтрахъ. Этотъ способъ имѣетъ то преимущество, что не увеличиваетъ жесткость воды; онъ примѣняется съ успѣхомъ въ нѣкоторыхъ городахъ Европы и Америки, но его первоначальное устройство, требующее большихъ вращающихся цилиндровъ и необходимой для ихъ вращенія силы, обходится слишкомъ дорого.

Обширные опыты дѣлались съ нимъ въ Петербургѣ, которые показали, что помощью его можно сдѣлать прозрачной даже окрашенную воду. Очень полезнымъ оказался этотъ способъ и въ бактериологическомъ отношеніи; Ванъ-Эрменгенъ въ Антверпенѣ получилъ, что вода, содержащая въ 1 куб. сантиметрѣ до 100 000 бактерий, послѣ очистки по способу Андерсона и фильтраціи имѣла только 4—6 бактерий. Подобные результаты давали опыты въ Парижѣ, Синсиннатѣ и въ другихъ мѣстахъ.

129. Домашніе фильтры. Нерѣдко является надобность въ фильтрованіи воды для домашнихъ надобностей. Для этой цѣли было изобрѣтено много фильтровъ разнаго рода, но большинство ихъ оказалось на практикѣ мало пригоднымъ. Исключеніе составляютъ 2 фильтра: фильтр Пастера изъ неглазурованного фарфора и фильтр Беркефельда изъ тонкой инфузорійной земли. Оба эти фильтра даютъ при тщательномъ уходѣ совершенно свободную отъ микроорганизмовъ воду. Такъ какъ, не смотря

на то, что поры въ этихъ фильтрахъ не меньше тѣхъ бактерий, которыя находятся въ водѣ, бактерии черезъ нихъ не проходятъ, то слѣдуетъ, что между бактеріями и частицами фильтра дѣйствуетъ притяженіе. Эти фильтры болѣе дѣйствительны, чѣмъ фильтр Брейера *), черезъ который бактерии проходятъ, хотя его поры меньше, чѣмъ въ фильтрѣ Пастера.

Съ временемъ фильтры Пастера и Беркефельда засоряются и начинаютъ пропускать бактерии, между которыми могутъ находиться даже организмы тифа и холеры, поэтому ихъ необходимо очищать и стерилизовать каждую недѣлю; для этого ихъ нужно прокипятить въ водѣ или находящимся подъ давленіемъ паромъ. Фильтры Беркефельда дѣйствуютъ быстрѣе, чѣмъ фильтры Пастера, но требуютъ болѣе частой очистки.



Черт. 132 а и б.

На черт. 132 представленъ фильтр Пастера: а — наружный видъ, б — разрѣзъ.

Всякій новый фильтръ, прежде употребленія, долженъ быть испытанъ на его исправность. Для этого непосредственно послѣ прокипяченія прогоняютъ черезъ него воздухъ и затѣмъ погружаютъ въ воду. Когда фильтръ

*) Фильтрующимъ веществомъ въ фильтрѣ Брейера служатъ асбестъ, отличающійся столь замѣчательною тонкостью волоконъ, что въ 1 кв. миллиметрѣ ихъ насчитываютъ до 3-хъ миллионовъ.

исправный, то на водѣ не будетъ видно никакихъ слѣдовъ выходящаго изъ фильтра воздуха (проявляющагося пузырьками).

Домашніе фильтры оказываются чрезвычайно полезными для школъ, казармъ, гостиницъ и т. п. По отношенію къ бактеріямъ они дѣйствуютъ значительно лучше, чѣмъ фильтры въ которыхъ воду пропускаютъ черезъ уголь, пористый камень или асбестъ.

130. Стерилизація и дистилляція. Когда не имѣется надежныхъ фильтровъ, то воду можно сдѣлать безвредной посредствомъ кипяченія. Кипяченіе воды въ теченіи 10—15 минутъ уничтожаетъ всѣ безъ исключенія болѣзнетворныя бактеріи; холерныя и тифозныя погибаютъ уже послѣ 5 минутъ и раньше. Такое же дѣйствіе производитъ дистилляція соединенная съ аэраціей, употребляемая въ широкихъ размѣрахъ на пароходахъ для морской воды.

131. Химическая очистка. Принципъ химической очистки заключается въ прибавкѣ къ водѣ химическихъ веществъ, имѣющихъ способность уничтожать вредныя бактеріи. Химія располагаетъ довольно значительнымъ количествомъ такихъ веществъ, но практическое примѣненіе, въ ограниченныхъ впрочемъ размѣрахъ, получили только три: озонъ, хлористый кальцій и перекись водорода.

а) Озонъ. Наиболѣе дѣйствительнымъ средствомъ для уничтоженія бактерій оказался озонъ, изготовляемый изъ воздуха электролитическимъ путемъ. Устройство для озонированія воды (по способу Сименса) состоитъ изъ башни, раздѣленной на 3 этажа. Въ верхнемъ этажѣ помѣщается бакъ, который наполняютъ имѣющей быть очищенной водой, средній заполненъ грубымъ гравіемъ, а въ нижнемъ собирается очищенная вода. Въ Schierstein (Висбаденъ) все устройство состоитъ изъ 3-хъ главныхъ отдѣленій. Въ первомъ, машинномъ, отдѣленіи помѣщается паровая машина, 2 динамомашинъ постоянного и 2 переменнаго тока, 2 центробѣжныхъ насоса для накачиванія воды въ верхній бакъ и 2 воздушныя машины, вдувающія воздухъ во второе отдѣленіе, содержащее приборы для производства озона и трансформаторы, превращающіе слабый токъ динамомашинъ въ нужный для полученія озона токъ высокаго напряженія. Озонъ изъ этого отдѣленія гонится снизу во 2-й этажъ башни, въ который вода стекаетъ мелкими струями изъ верхняго бака; вода встрѣчается здѣсь съ озономъ и насыщается имъ, вслѣдствіе чего всѣ находящіяся въ ней бактеріи уничтожаются. Стерилизованная вода проводится на градири, по которымъ падая освобождается отъ озона, превращающагося здѣсь въ кислородъ, и насыщается воздухомъ.

Опыты, произведенные въ императорскомъ гигиеническомъ институтѣ въ Берлинѣ привели къ слѣдующимъ результатамъ: «Въ отношеніи уни-

чтоженія бактерій дѣйствіе озона превышаетъ дѣйствіе песчаныхъ фильтровъ. Озонъ уничтожаетъ совершенно холерныя и тифозныя бактеріи. Въ химическомъ отношеніи его дѣйствіе на воду состоитъ въ уменьшеніи окисленія и въ увеличеніи свободного кислорода, а оба эти обстоятельства улучшаютъ воду. Поглощенный водой озонъ для здоровья безвреденъ, такъ какъ онъ очень быстро превращается въ кислородъ. Озонированіе улучшаетъ воду вслѣдствіе разрушенія окрашивающихъ ее веществъ; оно не имѣетъ вліянія на вкусъ и запахъ воды*.

Такіе же результаты дали изслѣдованія въ Бельгіи и другихъ странахъ. По мнѣнію Calmett'a очистительное дѣйствіе озона превышаетъ дѣйствіе всѣхъ другихъ способовъ очистки.

б) Хлористая известь (CaOCl_2). Это дезинфецирующее вещество состоитъ изъ смѣси перекиси гидрата кальція $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, хлористаго кальція (CaCl_2) и перекиси хлористаго кальція $\text{Ca}(\text{ClO}_2)$. Вслѣдствіе содержанія активнаго хлорина оно уничтожаетъ въ теченіи нѣсколькихъ часовъ всѣ бактеріи, даже когда оно приготовлено въ сильно разжиженномъ состояніи. Излишекъ $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ нейтрализуется легко прибавкою сульфита соды или двусульфита кальція *). Получаемая вода совершенно безвредна и вкусъ остается прежній.

в) Перекись водорода H_2O_2 . Въ растворѣ этого вещества въ отношеніи 1:10 000 холерные организмы уничтожаются въ теченіи 5 минутъ, а тифозныя бациллы, въ растворѣ вдвое болѣе сильнымъ, въ теченіи дня; въ пропорціи 1:1000 уничтожаетъ всѣ зародыши въ водѣ и не имѣетъ на ея вкусъ никакого вліянія.

Храненіе и распредѣленіе воды.

ГЛАВА VII.

Запасные и напорные резервуары.

132. Вступленіе. Къ разсматриваемымъ въ этой главѣ сооруженіямъ принадлежатъ не только приведенные въ заглавіи запасные и напорные резервуары, но всѣ резервуары вообще, которые бываютъ нужны при водоснабженіи между источникомъ и мѣстомъ потребленія, какъ: резервуары чистой воды, отстойные или осадочные бассейны, фильтры и др. По матеріалу они могутъ быть раздѣлены на земляные, каменные, же-

*) Zeitschrift für Hygiene, 1894, стр. 149 и 1895, стр. 227.

лѣзные и деревянные. За исключеніемъ первыхъ, которыхъ горизонтальные размѣры часто бываютъ очень значительны, всѣ остальные роды резервуаровъ должны быть крытые; при ограниченнѣхъ средствахъ и въ мягкомъ климатѣ иногда оставляютъ открытыми и отстойные бассейны.

Резервуары, въ которыхъ хранится чистая вода, называютъ резервуарами чистой воды. Эти резервуары всегда устраиваютъ крытыми, чтобы вода въ нихъ не засорялась пылью и другими веществами; кромѣ того для поддержанія въ нихъ по возможности постоянной температуры они должны быть засыпаны землею. Когда не требуется располагать эти резервуары выше поверхности земли, то обыкновенно на половину погружаютъ ихъ въ землю; добытый при изготовленіи нужной для этого выемки матеріалъ идетъ на засыпку верхней части резервуара. Если резервуаръ долженъ быть устроенъ выше поверхности земли, то его дѣлаютъ изъ желѣза и помѣщаютъ въ особой башнѣ, называемой водонапорной башней, или вмѣсто резервуара строятъ напорную колонну или воздушный колоколъ.

133. Цѣль запасныхъ или напорныхъ резервуаровъ. Эти резервуары имѣютъ двоякую цѣль:

1) Въ нихъ долженъ храниться запасъ чистой воды, которымъ было бы возможно пользоваться при недостаточной доставкѣ воды изъ источниковъ во время усиленнаго расхода, другими словами: онъ долженъ регулировать расходъ.

2) Резервуаръ долженъ быть расположенъ на такой высотѣ, чтобы во всѣхъ мѣстахъ снабжаемаго имъ участка вода поднималась до требуемой высоты, т. е. онъ долженъ регулировать напоръ.

134. Полезная емкость. Отверстіе выходной трубы должно находиться немного выше дна, потому что на днѣ осаждается муť, которая не должна попадать въ городской проводъ. Верхній край резервуара долженъ возвышаться надъ его наивысшимъ горизонтомъ (опредѣленнымъ переливнымъ отверстіемъ) не менѣе какъ на 1 футъ; объемъ, считая отъ этого горизонта до центра выходной трубы, называется полезной емкостью.

135. Опредѣленіе полезной емкости. Въ № 32 было уяснено, что расходъ въ разные часы дня колеблется въ предѣлахъ отъ 0 до 9 процентовъ, между тѣмъ какъ средній часовой расходъ $= \frac{100}{24} = 4,17\%$. Когда вода доставляется насосами, то было бы затруднительно и крайне невыгодно измѣнять работу насосовъ соотвѣтственно измѣненію расхода, но и при доставкѣ воды самотекомъ измѣненія притока по мѣрѣ измѣненія расхода въ каждый часъ были бы соединены съ практическими неудобствами. Поэтому воду изъ сборныхъ сооружений, а въ случаѣ рѣчной

воды—изъ фильтровъ ведутъ въ резервуаръ чистой воды; вода притекаетъ или накачивается въ этотъ резервуаръ равномерно, а изъ него стекаетъ въ городскую трубу по мѣрѣ надобности, т. е. неравномерно.

Исслѣдованія расхода въ разные часы сутокъ показали, что въ промежуткѣ отъ 6 часовъ утра до 8 часовъ вечера расходуется почти точно настолько воды больше, насколько въ остальные часы (отъ 8 ч. вечера до 6 ч. утра) расходуется меньше и что недостатокъ въ первомъ и излишекъ въ послѣднемъ случаѣ равняется среднимъ числомъ (но болѣе близкимъ къ максимальному) 19% суточного расхода. Если средній суточный расходъ означимъ черезъ Q , то максимальный суточный $= 1,5 Q$; для удовлетворенія часовымъ колебаніямъ въ дни максимальнаго расхода резервуаръ долженъ вмѣщать 19 процентовъ отъ $1,5 Q$, т. е. $19 \times 1,5 = 28,5\%$ средняго суточного расхода. Такъ какъ резервуаръ никогда не долженъ оставаться пустымъ и въ немъ всегда долженъ быть нѣкоторый запасъ на случай пожара, то слѣдуетъ, что полезная емкость резервуара при равномерномъ притока въ теченіи 24 часовъ не должна быть меньше $\frac{1}{3}$ суточного расхода. При уменьшеніи продолжительности доставки въ сутки уменьшается и нужная полезная емкость.

Определенный по предыдущему запасъ достаточенъ для уравниванія часовыхъ колебаній, но въ немъ не предусмотрены суточные колебанія въ разные часы дня. Максимальный суточный расходъ превышаетъ средній суточный на 50%; если бы требовалось и это колебаніе уравнить запаснымъ резервуаромъ, то его полезная емкость должна бы быть увеличена еще на 50%, т. е. она должна бы равняться $50 + 19 = 69\%$ средняго расхода. При меньшей емкости усиленный суточный расходъ выравнивается помощью увеличенія работы насосовъ или другимъ образомъ.

Къ запасу, определенному въ зависимости отъ колебаній расхода въ разные часы дня, который по предыдущему $= 28,5\%$, прибавляютъ часто количество воды, нужное для тушенія одного пожара. Послѣднее по Фриману для большихъ городовъ $= 25\%$, а для малыхъ $= 12\%$ суточного расхода; поэтому запасъ, отъ котораго зависитъ минимальная емкость резервуара, получается:

для большихъ городовъ: $28,5 + 25 = 53,5\%$

и для малыхъ » $28,5 + 12 = 40,5\%$ средняго суточного расхода.

Когда емкость резервуара определена по этимъ указаніямъ, то въ немъ очевидно не будетъ запаса на случай прекращенія доставки вслѣдствіе поврежденія провода, приводящаго воду къ резервуару, или по другой причинѣ. Избѣжать перерыва снабженія въ такомъ случаѣ можно посредствомъ двойного провода или увеличенія объема резервуара. Въ большинствѣ случаевъ прибѣгаютъ къ послѣднему средству, какъ болѣе дешевому. Количество, на какое вслѣдствіе послѣдняго обстоятельства

должна быть увеличена емкость резервуара, зависеть от времени, потребного для исправлений. Так как поврежденія въ длинномъ проводѣ могутъ случаться легче, чѣмъ въ короткомъ, то прибавка емкости должна быть тѣмъ болышая, чѣмъ длиннѣе проводъ.

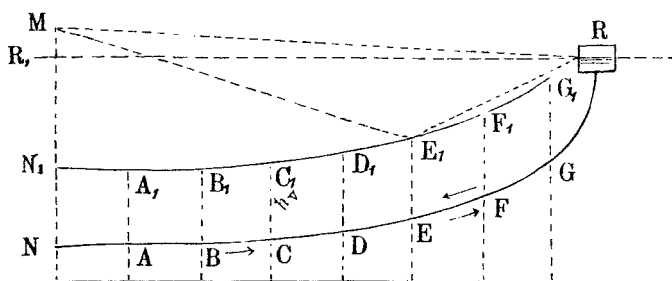
Когда бываетъ нужно поднять резервуаръ выше поверхности земли и строить для него напорную башню, то вслѣдствіе высокой стоимости послѣдней, дѣлаютъ емкость резервуара столь малой, какая только возможна безъ особыхъ неудобствъ. Наиболѣе цѣлесообразная емкость зависитъ отъ величины города. Въ большихъ городахъ колебанія расхода вращаются въ меньшихъ предѣлахъ, чѣмъ въ малыхъ и пожарный расходъ относительно тоже меньше, поэтому емкость запаснаго бака можетъ составлять только небольшой процентъ суточного расхода. Въ малыхъ городахъ (до 50 000 жителей) главное значеніе имѣетъ пожарный расходъ, и наименьшая емкость должна равняться количеству воды, расходуемому въ теченіи времени нужнаго для приведенія насосовъ въ дѣйствіе, которое равно 1 или $1\frac{1}{2}$ часа. Это количество можетъ быть опредѣлено заданіемъ водопровода; если напр. во время пожара должны быть въ дѣйствіи 2 гидранта, выбрасывающіе по 100 ведеръ въ минуту, то расходъ ихъ будетъ $60 \cdot 2 \cdot 100$ или $1\frac{1}{2} \cdot 60 \cdot 2 \cdot 100$, т. е. 12 000 до 18 000 ведеръ. Къ этому количеству слѣдуетъ прибавить расходъ нѣсколькихъ часовъ, т. е. нѣкоторый процентъ суточного расхода; величина этой прибавки зависитъ въ значительной степени отъ стоимости бака и работы насосовъ, и она обратно пропорціональна этой стоимости.

136. Положеніе напорнаго резервуара зависитъ главнымъ образомъ отъ топографическихъ условій мѣстности; гдѣ возможно слѣдуетъ располагать его въ центрѣ снабжаемаго имъ участка, такъ какъ тогда получатся минимальныя потери напора. Большой городъ полезенъ поэтому разбить на участки и для каждаго участка построить особый резервуаръ, но вслѣдствіе высокихъ расходовъ это бываетъ возможно исполнить только въ очень большихъ городахъ; обыкновенно для всего города устраиваютъ одинъ и въ рѣдкихъ случаяхъ—два резервуара.

Когда проводъ гравитаціонный (вода движется безъ напора), то труба или каналъ, приводящій воду отъ источниковъ, долженъ продолжаться безъ измѣненія сѣченія до самаго резервуара; при центральномъ положеніи этотъ проводъ выходитъ слѣдовательно длиннѣе, чѣмъ когда резервуаръ устроенъ въ началѣ города. Если возможны оба расположенія, то вопросъ: которому изъ нихъ слѣдуетъ отдать предпочтеніе, могутъ рѣшить только сравнительные проекты.

Напорный проводъ находится въ другихъ условіяхъ, такъ какъ независимо отъ положенія резервуара приводная труба уже въ началѣ города дѣлается распределительной. Если резервуаръ расположенъ между

городомъ и насосной станціей, то насосы будутъ работать равномерно, потому что вся вода будетъ проходить черезъ резервуаръ; когда на этомъ протяженіи нѣтъ удобнаго мѣста для резервуара и приходится устраивать его на противоположномъ концѣ города, то накачиваемая насосами вода не доходитъ до резервуара, но на своемъ пути распределяется по трубамъ сѣти и только излишекъ, образующійся ночью въ часы малаго расхода, попадаетъ въ резервуаръ. Насосы и въ этомъ случаѣ работаютъ равномерно и доставляютъ приводной трубѣ въ каждый часъ среднее часовое количество; въ часы максимальнаго разбора недостающее количество дополняется притокомъ изъ резервуара. Чтобы это дѣйствіе уяснить графически положимъ, что въ N (черт. 133) находится насосная станція, въ R — резервуаръ и NDG — главная труба; A — начало города и вмѣстѣ начало отвлѣтленій провода. Напоръ въ главной трубѣ у на-



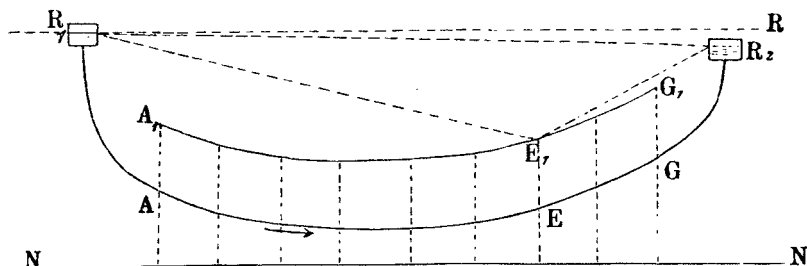
Черт. 133.

сосной станціи представленъ высотой NM ; во время максимальнаго разбора накачиваемымъ равномерно количествомъ можетъ быть удовлетворенъ только участок AE , слѣдовательно, часть EB города получаетъ въ это время воду изъ R . Если ME , — напорная линия, по которой вода движется въ части AE главной трубы по направленію отъ A къ E , то RE будетъ въ это время напорная линия для части EG и высота EE , должна быть не меньше условленной минимальной высоты напора. Когда расходъ въ городѣ уменьшится, то вода въ главной трубѣ будетъ перемѣщаться съ меньшей скоростью, поэтому потеря напора уменьшится, т. е. прямая CE , поднимется и точка E , передвинется вправо, такъ что снабжаемый резервуаромъ участокъ уменьшится. Изъ этого видно, что емкость резервуара должна быть опредѣлена въ зависимости отъ населенія только участка EG . Если бы резервуаръ былъ устроенъ въ M , то въ часы максимальнаго расхода по трубѣ AE , идущей теперь отъ резервуара, двигалось бы не среднее, но максимальное часовое количество; скорость движенія при прежнемъ діаметрѣ была бы вдвое больше, чѣмъ въ первомъ случаѣ и напорная линия получила бы весьма невыгодное положеніе

ниже ME_1 . Ночью, когда расходъ въ городѣ $= 0$, напорная линія получитъ наиболѣе высокое положеніе MR .

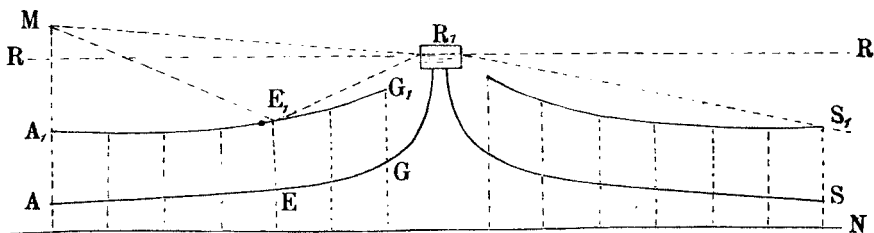
Совершенно въ такихъ же условіяхъ находится и гравитаціонный проводъ въ случаѣ, когда источникъ расположенъ въ M и вода изъ него отводится по трубѣ $MNEG$.

Изъ предыдущаго видно, что къ резервуару R притекаетъ вода только въ тѣ часы, въ которыхъ расходъ въ городѣ меньше средняго расхода, т. е. отъ 8 ч. вечера до 6 ч. утра. При равномѣрной доставкѣ въ тече-



Черт. 134.

ни 24 часовъ попадетъ поэтому въ резервуаръ въ дни максимальнаго расхода только 30% среднего суточного расхода, и это обстоятельство нужно имѣть въ виду при опредѣленіи предѣла E главнымъ образомъ въ случаѣ гравитационнаго провода, такъ какъ участокъ EG не получить



Черт. 135.

воды больше этихъ 30 процентовъ; при насосномъ проводѣ последнее количество можетъ быть увеличено посредствомъ соотвѣстнаго усиленія работы насосовъ.

Предыдущее разсужденіе дѣйствительно и для того случая, когда кромѣ резервуара R , въ концѣ города (черт. 134), устроенъ еще резервуаръ R_1 , со стороны источниковъ или насосной станціи, но предѣльная точка E , можетъ быть передвинута дальше вправо, потому что къ количеству воды накачиваемому насосами прибавляется запасъ изъ резер-

вуара R_1 . За предѣлъ E , въ этомъ случаѣ можетъ быть взята произвольная точка между E и G , но получится вообще болѣе выгодное устройство, если E_1 будетъ находиться ближе къ серединѣ трубной сѣти.

На черт. 135 представленъ случай, когда резервуаръ R_1 находится внутри снабжаемаго участка, а насосная станція въ A (AM — высота напора), или — источникъ въ M . Для участка AR_1 , здѣсь дѣйствительны условія чертежа 133, а участокъ R_1S_1 долженъ быть разсмотрѣнъ самостоятельно. Емкость резервуара R_1 зависитъ главнымъ образомъ отъ участка R_1S_1 , но кромѣ того онъ долженъ вмѣщать въ себѣ также излишекъ расхода участка ER_1 .

137. Высота положенія резервуара зависитъ отъ требуемаго въ главномъ проводѣ напора. Способъ опредѣленія этой высоты уясняется въ слѣдующей главѣ. Когда городъ раздѣленъ въ вертикальномъ направленіи на зоны (пояса), то каждая зона получаетъ особый резервуаръ, но для верхней зоны, когда она небольшая, замѣняютъ часто резервуаръ напорной колонной.

Каменные резервуары.

138. Наивыгоднѣйшія отношенія резервуаровъ. Каменные резервуары получаютъ въ планѣ обыкновенно прямоугольную форму; ихъ изготовляютъ изъ камня, кирпича, бетона и желѣзо-бетона. Если x — длина и y — ширина одного отдѣленія резервуара, то наиболѣе выгодное отношеніе при n отдѣленіяхъ, по (62) дано уравненіемъ:

$$\frac{x}{y} = \frac{n+1}{2n}.$$

Для $n = 2$

$$y = \frac{4}{3} x.$$

Чтобы опредѣлить глубину h , при которой стоимость S резервуара была бы наименьшей, обозначимъ по отношенію къ 1 квадратной единицѣ горизонтальной площади резервуара черезъ:

g — стоимость приобрѣтенія грунта,

z — стоимость выемки,

p — стоимость пола и перекрытія,

Q — полезную емкость,

и положимъ $c = g + z + p$, то при предположеніи, что стоимость внутреннихъ стѣнъ такая же, какъ и наружныхъ, будемъ имѣть для резервуара о двухъ отдѣленіяхъ:

$$S = (4x + 3y) mh^2 + 2xy c$$

и при отношеніи $\frac{y}{x} = \frac{4}{3}$:

$$S = \left(4x + 3 \frac{4}{3} x\right) m h^2 + 2x \cdot \frac{4}{3} x c = 8x m h^2 + \frac{8}{3} x^2 c.$$

Такъ какъ

$$Q = 2xyh = \frac{8}{3} x^2 h,$$

то

$$S = 8m h^2 \sqrt{\frac{3Q}{8h}} + \frac{8}{3} c \frac{3Q}{8h} = 8m h^{3/2} \sqrt{\frac{3Q}{8}} + \frac{cQ}{h}$$

$$\frac{\partial S}{\partial h} = 0 = 8m \sqrt{\frac{3Q}{8}} \cdot \frac{3}{2} h^{1/2} - \frac{cQ}{h^2}$$

или

$$12m \sqrt{\frac{3}{8}} Q \cdot h^{1/2} = \frac{cQ}{h^2}.$$

Квадратъ этого уравненія:

$$144m^2 \frac{3}{8} Q h = \frac{c^2 Q^2}{h^4},$$

откуда

$$h = \sqrt[5]{\frac{c^2 Q}{54 m^2}}.$$

Такимъ же образомъ получаются легко слѣдующія выраженія:

а) Резервуаръ имѣетъ одно только отдѣленіе въ формѣ квадрата:

$$h = \sqrt[5]{\frac{c^2 Q}{36 m^2}}.$$

б) Круглый резервуаръ діаметра $2r$:

$$h = \sqrt[5]{\frac{c^2 Q}{9 \pi m^2}}.$$

в) Круглый резервуаръ раздѣленъ діаметральной стѣнкой на 2 половины:

$$h = \sqrt[5]{\frac{c^2 Q}{9 (\pi m + m_1)^2}}.$$

(m —коэффициентъ стоимости наружной и m_1 —внутренней стѣнки).

Изъ предыдущихъ выраженій видно, что наиболѣе выгодная глубина пропорціональна только пятому корню изъ Q , она поэтому измѣняется

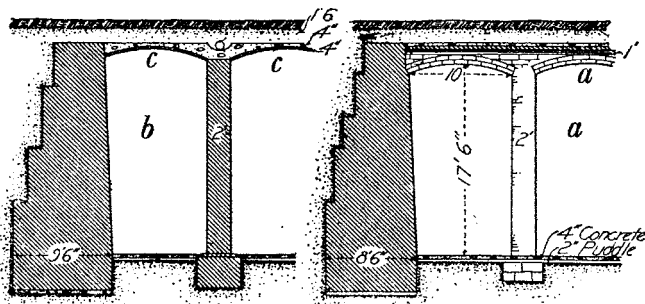
весьма мало съ измѣненіемъ емкости. На практикѣ глубина h колеблется: для малыхъ резервуаровъ (емкость до 300 000 ведеръ) въ предѣлахъ отъ 12 до 18 футовъ.

Въ этомъ расчетѣ не включена стоимость поднятія воды. Если H —разстояніе наивысшаго горизонта въ резервуарѣ отъ наинизшаго въ насосномъ колодцѣ (или въ рѣкѣ), то въ среднемъ высота подъема (не принимая во вниманіе потери напора) $= H + \frac{h}{2}$. Пусть q —количество воды, поднимаемое въ секунду и k —стоимость единицы работы въ зависимости отъ стоимости насосной станціи и ея ухода, то стоимость подъема воды $= q \left(H + \frac{h}{2} \right) k$; на эту величину увеличивается стоимость S резервуара и наиболѣе выгодная глубина получится изъ условія: $\frac{\partial S}{\partial h} = 0$ (какъ выше); она будетъ немного меньше, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ.

Мѣстные обстоятельства, какъ: высота грунтовой воды, качество грунта, стоимость земли, форма имѣющейся въ распоряженіи поверхности и другія условія, дѣлають часто невозможнымъ исполненіе наиболѣе выгодныхъ отношеній, но по экономическимъ соображеніямъ желательно по возможности меньше отъ нихъ отклоняться.

139. Перекрытіе резервуаровъ можетъ быть деревянное или каменное.

Деревянное перекрытіе представляетъ горизонтальный потолокъ, поддерживаемый системой балокъ и столбовъ. Но дерево можно употреблять



Черт. 136.

только выше горизонта воды, потому что при погруженіи въ водѣ оно сильно содѣйствуетъ размноженію бактерій; вслѣдствіе того деревянные столбы должны быть оштукатурены цементнымъ растворомъ.

Обыкновенно резервуары покрываютъ каменными лучковыми или эллиптическими сводами, опирающимися на наружныя стѣны и на кирпичныя колонны. Для устройства перекрытія дѣляютъ внутреннюю длину и ши-

рину отдѣленія на части длиной 10—15 фут., черезъ точки дѣленія проводятъ прямыя параллельныя стѣнамъ и точки пересѣченія этихъ прямыхъ принимаютъ за центры колоннъ, которыхъ сѣченіе бываетъ 1—2 кв. фут. Между колоннами, паходящимися на линіи, параллельной длинѣ отдѣленія, перекидываются арки, состоящія обыкновенно изъ двухъ колецъ кирпича (черт. 136); пазухи заполняютъ кирпичной кладкой, которую оканчиваютъ вверху пятами для цилиндрическихъ сводовъ, образующихъ потолокъ (черт. б). Толщина послѣднихъ обыкновенно 8 дм., но вполне достаточно 6 дм., а въ нѣкоторыхъ резервуарахъ при пролетѣ



Черт. 137.

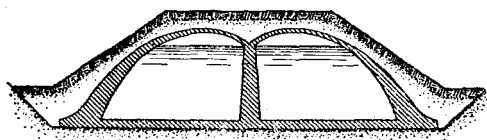
11 фут. она не больше 4 дм. Пазухи этихъ сводовъ заполняютъ бетономъ и для увеличенія непроницаемости смазываютъ цементомъ или тонкимъ слоемъ асфальта. Сводъ засыпаютъ слоемъ земли толщиной 4—7 ф., и покрываютъ дерномъ или застилаютъ. Дождевыя воды отводятъ въ сторону, а если онѣ свободны отъ засореній, то иногда спускаютъ ихъ въ резервуаръ посредствомъ гончарныхъ трубъ, помѣщенныхъ внутри колоннъ.

Вмѣсто цилиндрическихъ строятъ часто крестовые или парусные своды и тогда арки между колоннами излишни. На черт. 137 показанъ внутренній видъ фильтра, крытаго крестовыми сводами. Пролетъ $15\frac{3}{4}$ фут., подъемъ $3\frac{1}{2}$ фут., толщина свода около 5 дм.; онъ состоитъ изъ двухъ слоевъ кирпича плашмя; устроенные вверху люки служатъ для ввода ма-

теріала. Въ Парижѣ толщина крестовыхъ сводовъ при отверстіяхъ 12,5 и 13,5 фут. равна только 3 дм. Столь малая толщина могла быть допущена вслѣдствіе незначительности верхняго груза, но подражанія она не заслуживаетъ.

Колонны должны получить такой фундаментъ, чтобы передаваемое ими грунту давленіе не превышало безопасное. Прочность сводовъ и колоннъ провѣряется линіей давленія. При мягкомъ грунтѣ бываетъ надобность провести между колоннами по направленію какъ ширины, такъ и длины резервуара обратныя арки, чтобы распредѣлить давленіе колоннъ на возможно большую площадь.

Стѣны получаютъ толщину 2—2½ фут. въ вершинѣ; сѣченіе прямоугольникъ или трапеція; въ послѣднемъ случаѣ наружный скосъ около $\frac{1}{10}$, а внутренній — вертикальный. Въ новѣйшее время, особенно въ случаѣ бетонныхъ стѣнъ, имъ часто даютъ форму линіи давленія, образованной равнодѣйствующими изъ распора свода, вѣса кладки и напора земли. Послѣдній въ пропитанномъ во-



Черт. 138.

дой грунтѣ замѣняютъ давленіемъ воды. Такой резервуаръ представленъ въ поперечномъ разрѣзѣ на черт. 138.

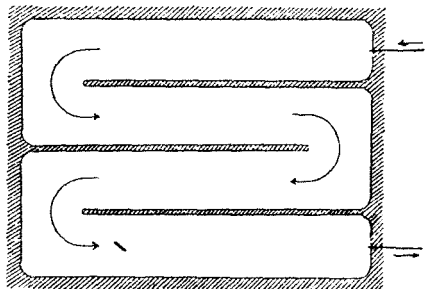
Постройку резервуара начинаютъ съ изготовленія бетоннаго дна, которое идетъ непрерывно черезъ всю занимаемую резервуаромъ площадь, и на немъ возводятъ стѣны и колонны. Для облегченія полного опорожненія дно получаетъ наклонъ къ спускному проводу, находящемуся у одной изъ внѣшнихъ стѣнъ.

Особенное вниманіе должно быть обращено на непроницаемость стѣнъ и дна; въ этомъ отношеніи самымъ лучшимъ средствомъ оказалась штукатурка цементнымъ растворомъ, исполняемая слѣдующимъ образомъ. Послѣ предварительной очистки внутреннихъ поверхностей стѣнъ и дна, покрываютъ ихъ двумя или тремя слоями цементнаго раствора (1 ч. портландъ цемента + 1½—2 ч. песку) толщиной 3—5 миллиметровъ каждый; каждый слой выравниваютъ линейкой и растираютъ деревянными дощечками; къ раствору прибавляютъ для увеличенія плотности немного жирной извести въ видѣ молока. Затѣмъ наносятъ на стѣнѣ четвертый тонкій слой чистаго цемента, который выравниваютъ войлочными плитками. Дно, когда оно еще влажное, натираютъ цементнымъ порошкомъ или покрываютъ асфальтомъ. Эти работы должны исполнять только опытные рабочіе.

Въ Англіи и Америкѣ, для достиженія непроницаемости, окружаютъ стѣнки снаружи слоемъ жирной глины, или что лучше, перемѣшанной

на половину съ пескомъ, или гравіемъ и пескомъ. Этотъ способъ былъ употребленъ и въ Варшавѣ; глину заготавливаютъ такимъ же образомъ, какъ при производствѣ кирпича; она наносится слоями, выравнивается и трамбуется. Кладка въ этомъ случаѣ имѣетъ главнымъ образомъ цѣлью образовать внутри ровную и для воды нечувствительную поверхность.

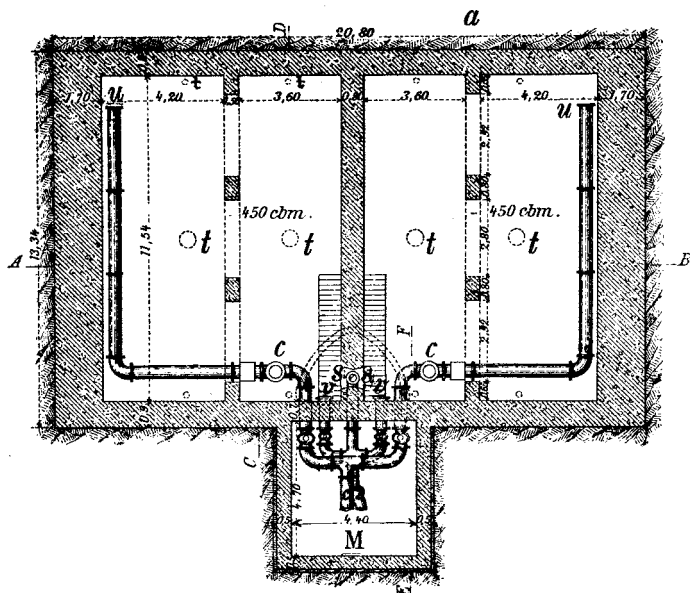
Приводъ и отводъ воды должны находиться на противоположныхъ концахъ резервуара, чтобы проходимый водой путь отъ приводнаго устья къ отводному былъ по возможности большой, такъ какъ движеніе воды значительно содѣйствуетъ сохраненію ея свѣжести. Весьма цѣлесообразно устройство, представленное въ планѣ на чер. 139. Задвижки, посредствомъ которыхъ регулируется приводъ, отводъ и спускъ должны помѣщаться въ одной общей, легко доступной и хорошо освѣщенной камерѣ; также нужно предусмотрѣть возможность входа въ резервуаръ и возобновленія въ немъ воздуха; для послѣдней цѣли устраиваютъ въ сводѣ достаточное число вентиляціонныхъ отверстій съ вертикальными трубками, оканчивающимися немного выше поверхности насыпи для того, чтобы въ нихъ не могли попадать мелкія животныя, какъ: лягушки, мыши и др. Въ резервуарѣ должна быть совершенная темнота, потому что свѣтъ содѣйствуетъ развитію водорослей.



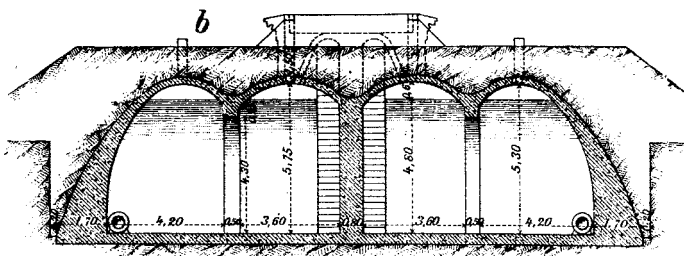
Черт. 139.

Въ новѣйшее время строятъ резервуары также изъ желѣзо-бетона. Всего чаще изготовляютъ по способу Монье своды; хотя толщина послѣднихъ меньше чѣмъ толщина сводовъ изъ обыкновеннаго бетона, но крѣпость ихъ больше, потому что помѣщенное въ бетонной массѣ желѣзо устраняетъ возможность образованія трещинъ вслѣдствіе напр. мороза, или другой причины. Изъ желѣзо-бетона строятъ также цѣлые резервуары; обыкновенно ихъ дѣлаютъ тогда въ планѣ круглыми и перекрываютъ купольными сводами. Такъ какъ стѣнки изъ этого матеріала могутъ сопротивляться большимъ растягивающимъ силамъ, то изъ него строятъ и баки (фильтры въ New-Jersey, стр. 169 и др.).

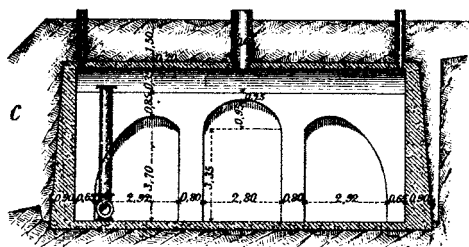
Примѣръ небольшого запаснаго резервуара представленъ на черт. 140; *a*—планъ; *b*—разрѣзъ по *AB* (продольный); *c*—поперечный разрѣзъ по *CD*; *d*—разрѣзъ по *EF* черезъ камеру задвижекъ. Резервуаръ имѣетъ 2 отдѣленія, емкостью каждое въ 36.500 ведеръ (450 куб. мтр.). Весь резервуаръ изъ бетона, на чер. *a* означаетъ: *u*—входъ воды, *s*—переливъ (см. черт. *d*), *v*—выходъ воды, *s*—спускъ, *t*—вентиляціонныя отверстія; на черт. *d*: *c*—переливъ, *M*—камера задвижекъ.



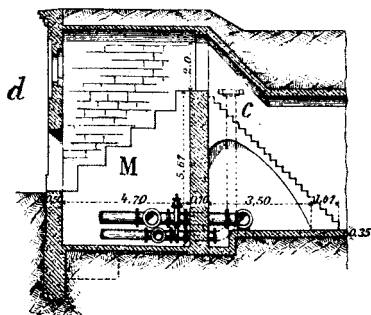
Черт. 140 а.



Черт. 140 б.



Черт. 140 в.



Черт. 140 д.

Водонапорныя колонны и башни.

140. Емкость. Когда вслѣдствіе отсутствія естественной возвышенности приходится располагать резервуаръ выше поверхности земли, то строить башню, и сверху ея помѣщаютъ желѣзный или стальной бакъ. Вслѣдствіе высокой стоимости этихъ сооружений емкость бака въ городахъ средней величины = часто 1 часовому пожарному расходу, а въ большихъ — объему, какой нуженъ для выравниванія работы насосовъ. Эта емкость колеблется въ предѣлахъ отъ 15.000 до 500.000 ведеръ.

Условія выбора мѣста для напорной башни тѣ же, что и для напорнаго резервуара, т. е. для нея подискиваютъ самое высокое мѣсто въ городѣ или въ непосредственной близости его, чтобы по возможности уменьшить высоту башни и длину главной трубы. Послѣднее важно не только въ отношеніи уменьшенія стоимости трубъ, но и потери напора, съ пониженіемъ которой понижается стоимость работы насосовъ.

Напорныя колонны.

141. Полезная емкость колонны. Полезной емкостью колонны можно считать только тотъ объемъ воды, который заключается между ея наивысшимъ и тѣмъ горизонтомъ, ниже котораго уровень не долженъ опустаться для того, чтобы напоръ не былъ ниже требуемаго минимума.

142. Наивыгоднѣйшій діаметръ колонны. Если:

Q — полезная емкость колонны,

H — ея высота до наинизшаго допускаемаго горизонта,

d — діаметръ трубы, и

x — высота полезнаго объема воды, то

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} x$$

$$d^2 x = \frac{4Q}{\pi} = \text{постоянной } C,$$

слѣдовательно

$$d^2 = \frac{C}{x}.$$

Стоимость колонны пропорціональна ея вѣсу, а такъ какъ послѣдній пропорціоналенъ квадрату высоты и квадрату діаметра, то обозначивъ стоимость черезъ S и постоянный коэффициентъ — черезъ C_1 , можно написать:

$$S = C_1 (H + x)^2 \partial^2 = \frac{CC_1 (H + x)^2}{x}$$

$$\frac{\partial S}{\partial x} = CC_1 [2 (H + x) x - (H + x)^2] = 0,$$

откуда

$$H = x$$

и

$$Q = \frac{\pi}{4} \partial^2 H$$

или

$$\partial = \sqrt{\frac{4Q}{\pi H}}.$$

Вся высота колонны была бы $2H$.

143. Силы, дѣйствующія на колонну. Напорная колонна подвергается дѣйствию слѣдующимъ силамъ:

- 1) давленію воды,
- 2) давленію собственнаго вѣса,
- 3) давленію вѣтра
- 4) дѣйствию льда.

Когда колонна окружена стѣнами и, вообще, находится внутри зданія, то обѣ послѣднія силы отпадаютъ.

1) Давленіе воды. Если j — вѣсъ 1 кубич. единицы воды, то на глубинѣ h дѣйствуетъ на 1 квадратную единицу давленіе jg , слѣд. тангенціальное усиліе

$$T = jh \frac{\partial}{2}.$$

При толщинѣ e стѣнки напряженіе на 1 квад. единицу:

$$\sigma_1 = \frac{jh\partial}{2e}.$$

Если за единицы примемъ килограммы и сантиметры, то $j = 0,001$ (вѣсъ 1 куб. см. въ кил.), и тогда:

$$\sigma_1 = \frac{0,001 h\partial}{2e} \dots \dots \dots (64)$$

2) Собственный вѣсъ трубы. Обозначимъ этотъ вѣсъ для отрѣзка высотой h , черезъ G , вѣсъ 1 куб. единицы матеріала трубы черезъ j_1 , то съ достаточной точностью:

$$G = \pi de j_1 h$$

и давленіе въ килограммахъ на 1 квадратный сантиметръ

$$= 0,0078.$$

Въ этой формулѣ h нужно брать въ см.; она получена при предположеніи, что 1 куб. мтр. желѣза вѣситъ 7.800 кил. Прибавивъ около 0,15% на накладки, заклепки и проч. произведенное вѣсомъ трубы высотою h напряженіе

$$\sigma_2 = 0,009 h^{\text{см.}} \text{ кил. на 1 кв. см.} \quad (65)$$

3) Давленіе вѣтра. Если w —давленіе вѣтра на 1 квадр. единицу площади, перпендикулярной къ его направленію, то давленіе на трубу высотою h :

$$W = \frac{1}{2} w \delta h.$$

Моментъ въ нижнемъ сѣченіи для цилиндрической трубы

$$M = \left(\frac{1}{2} w \delta h \right) \frac{h}{2} = \frac{w \delta h^2}{4}.$$

Произведенное этимъ моментомъ напряженіе въ волокнѣ, отстоящемъ отъ нейтральной оси въ разстояніи v : $\sigma_3 = \frac{Mv}{J}$. Для крайняго волокна $v = r$, и съ достаточной точностью $\frac{J}{r} = \frac{2J}{\delta} = 0,8 \delta^2 e$, поэтому напряженіе

$$\sigma_3 = \frac{w \delta h^2}{4} \cdot \frac{1}{0,8 \delta^2 e} = \frac{w h^2}{3,2 \delta e} \quad (66)$$

Въ этой формулѣ $w = 180—300$ килогр. на 1 квадр. метръ; послѣднее число дѣйствительно для совсѣмъ открытаго мѣста.

144. Дѣйствіе льда. Когда труба не защищена отъ мороза, то дѣйствіе льда можетъ быть для нея весьма опаснымъ. Во время строгой зимы можетъ образоваться внутри тяжелый цилиндръ льда; при повышеніи температуры этотъ цилиндръ отдѣлится отъ поверхности соприкасанія, вслѣдствіе чего кольцевое пространство между льдомъ и стѣнкой заполнится водою, которая, замерзая при слѣдующемъ морозѣ, можетъ разорвать трубу. Другое опасное дѣйствіе льда состоитъ въ томъ, что послѣ того, какъ ледяной цилиндръ образовался и горизонтъ воды въ трубѣ по какой нибудь причинѣ опустился значительно внизъ, при оттепели этотъ цилиндръ своимъ паденіемъ въ воду произведетъ сильный гидравлическій ударъ; также быстрое наполненіе трубы, въ которой вода понизилась, можетъ разорвать ледяную кору, что тоже будетъ сопровождаться внезапнымъ ударомъ и сотрясеніемъ. Всѣ эти дѣйствія льда ускользаютъ отъ вычисленія, и они были причиной разрушенія не одной колонны. Поэтому въ холодномъ климатѣ труба всегда должна быть защищена отъ дѣйствія мороза.

145. Толщина стѣнки трубы. Когда труба защищена отъ вѣтра и мороза, то на глубинѣ h напряженіе стѣнки по (64) и (65)

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{0,001 h d}{2e} + 0,009 h \quad . \quad . \quad . \quad (67)$$

Это напряженіе не должно быть больше прочнаго напряженія k матеріала. Для литого желѣза можно поставить $k = 800-900$ кил. на 1 кв. см.

Вертикальные швы устраиваютъ обыкновенно такимъ образомъ, что полезная площадь $= 0,6-0,7$ полной площади сѣченія листа; для опредѣленія толщины стѣнки имѣемъ поэтому формулу:

$$k \leq \frac{0,001 h d}{2 \cdot 0,6e} + 0,009 h,$$

откуда:

$$e \leq \frac{0,001 h d}{1,2 (k - 0,009 h)} \quad . \quad . \quad . \quad (68)$$

Напр. для $d=1$ метр. $= 100$ см., $h=10$ метр. $= 1000$ см. и $k=800$,

$$e \leq \frac{0,001 \cdot 1000 \cdot 100}{1,2 (800 - 0,009 \cdot 1000)} = 0,11 \text{ см.} = 1,1 \text{ мм.}$$

Для безопасности прибавляютъ къ теоретической толщинѣ 3—5 мм.

Толщина стѣнки въ вершинѣ не должна быть меньше 5 миллиметровъ, а въ широкихъ колоннахъ—не меньше 8 мм. Листы толще 26 или 30 мм. не должны быть употребляемы.

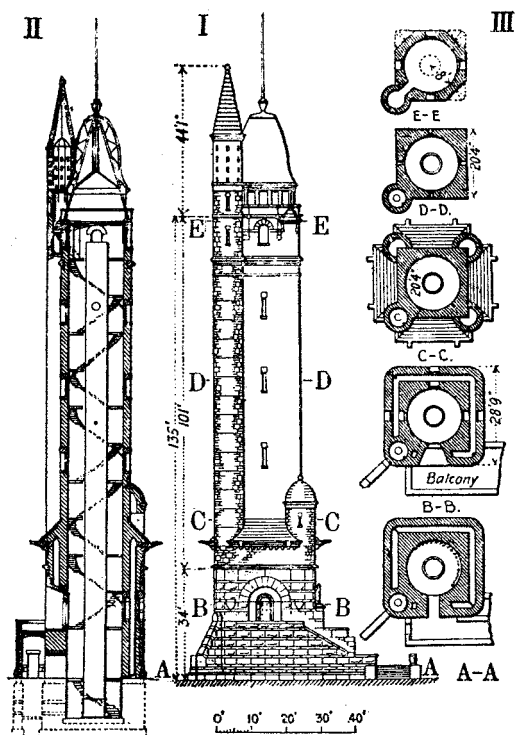
146. Практическая высота колонны. Не всегда бываетъ возможно дать колоннѣ найденную выше наиболѣе выгодную высоту $H=x$, потому что при большомъ H можетъ получиться слишкомъ большая высота колонны. и вслѣдствіе того значительная разница крайнихъ значеній напоровъ и высокая стоимость работы насосовъ. Принимая все это во вниманіе, получается что наиболѣе экономичная высота для обыкновенныхъ случаевъ (H отъ 50—100 фут.) измѣняется въ предѣлахъ отъ $\frac{3}{4}H$ до $\frac{1}{2}H$.

Для $H=0$ наиболѣе экономичная высота $x=25-30$ фут.

147. Склепываніе. Для напорныхъ колоннъ употребляютъ листы длиною отъ 2,5 до 3 метровъ и шириной 1,5 метр., которые соединяютъ между собою такимъ образомъ, что они образуютъ попеременно то внутренний, то внѣшній цилиндръ. Особенно важно устройство вертикальныхъ швовъ, такъ какъ вліяніе ихъ на стоимость и прочность трубы имѣть преобладающее значеніе. Всего чаще строятъ швы въ нахлестку, но когда

вление чистаго свѣченія листа равнялось сопротивленію заклепокъ. Въ верхней части, гдѣ листы мало напряжены, достаточно устраивать соединеніе въ 1 рядъ заклепокъ, затѣмъ — до толщины листовъ въ 22 или 25 мм. — въ 2 ряда, а при толщинѣ болѣе 25 мм. — въ 3 ряда.

Горизонтальные стыки устраиваютъ въ нахлестку съ 1 рядомъ заклепокъ, которыхъ разстояніе м. с. дѣлають = 3 діамтр. Всѣ швы должны быть хорошо прочеканены, чтобы въ трубѣ нигдѣ не было пропускающаго воду мѣста.



Черт. 144.

зомъ, чтобы сопротивленіе одного болта равнялось сопротивленію четырехъ или пяти заклепокъ. Когда это условіе даетъ слишкомъ много болтовъ, то употребляютъ болѣе толстые болты, и соединяютъ ихъ съ трубой помощью приклепанныхъ къ послѣдней двойныхъ уголковъ, между которыми болты продолжаютъ до ихъ верхнихъ концовъ, и здѣсь соединяются съ ними крѣпкими гайками (черт. 142). Съ кладкой анкерные болты соединяются обыкновеннымъ образомъ посредствомъ анкерныхъ плитъ.

Для входа воды въ напорную колонну и выхода изъ нея служить обыкновенно одна и та же труба. Она проходитъ черезъ сводчатое от-

Дно составляется изъ листовъ съ радіальными швами съ накладками, и концентрическими въ нахлестку. Дно соединяется съ стѣнкой трубы уголками снаружи, или снаружи и внутри, двумя рядами заклепокъ. При установкѣ трубы нужно обратить особое вниманіе на правильный видъ и положеніе верхней плоскости фундамента, на которой будетъ лежать дно трубы.

Фундаментъ изготовляютъ обыкновенно изъ бетона. Труба соединяется съ фундаментомъ помощью анкерныхъ болтовъ, проходящихъ черезъ наружныя полки нижнихъ уголковъ, соединенныхъ съ ней, какъ выше было сказано, двумя рядами заклепокъ. Диаметръ болтовъ опредѣляютъ обыкновенно такимъ обра-

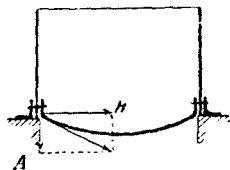
верстie въ фундаментѣ, поворачивается въ немъ вверхъ и входитъ въ трубу черезъ дно, въ которой продолжается на 1 или 2 фута выше дна. На черт. 143 изображены детали устройства въ West-Arlington (Baltimore); черт. *a*: *t* — входная труба, *p* — переливъ; черт. *b* представляет часть дна съ переливной трубой въ увеличенномъ масштабѣ; *r* — спускъ.

Для защиты находящейся въ колоннѣ воды отъ мороза ее окружають каменными или деревянными стѣнами, покрытыми крышей. Толщина каменныхъ стѣнъ внизу, смотря по высотѣ колонны, $2\frac{1}{2}$ — 4 фута, а сверху — $2\frac{1}{2}$ фута. На черт. 144 изображена напорная колонна, построенная возлѣ насосной станціи; I — видъ колонны; II — вертикальный разрѣзъ; III — горизонтальные разрѣзы по линіямъ (идя снизу вверхъ) *AA*, *BB*, *CC*, *DD* и *EE*. Въ передней узкой башенкѣ помѣщена переливная труба діаметромъ 2 дм., соединенная съ главной въ двухъ мѣстахъ на двухъ разныхъ высотахъ. Пользуясь нижнимъ или верхнимъ переливомъ можно уменьшать и увеличивать напоръ въ трубной сѣти.

Водонапорныя башни.

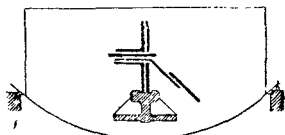
148. Устройство баковъ. Напорныя колонны регулируютъ только напоръ, поэтому насосы должны работать переменнѣйшей силой, соответственно колебаніямъ расхода въ разные часы дня. Это неудобство устраняется отъ части или совершенно посредствомъ бака, расположеннаго въ особой башнѣ, называемой водонапорной башней. Такъ какъ стоимость такой башни съ увеличеніемъ размѣровъ бака увеличивается очень значительно, то емкость послѣдняго обыкновенно не превышаетъ 5 или 6 часового расхода.

До начала 70-хъ годовъ строили баки съ плоскимъ дномъ. Ихъ устанавливали на ряды желѣзныхъ балокъ, соединенныхъ между собою поперечными балочками въ разстояніяхъ около 1 метра между собою. Такая конструкція имѣла то неудобство, что дно было снизу недоступно для осмотра и починки, и стоимость бака была высока. Въ виду того баки съ плоскимъ дномъ оставили, и перешли къ цилиндрическимъ бакамъ со сферическимъ дномъ, примыкающимъ къ вертикальной стѣнкѣ подъ тупымъ угломъ (черт. 145). Но и эта конструкція оказалась не совсѣмъ удовлетворительной, вслѣдствіе горизонтальныхъ силъ *H*, дѣйствующихъ на опорное кольцо. Эти силы стремятся оторвать дно отъ стѣнки, производить прогибы въ послѣдней, и бываютъ причиной перемѣщеній кольца на опорѣ, проявляющихся во время наполненія и опорожненія бака. Вслѣдствіе того старались сдѣлать бакъ по возможности независимымъ

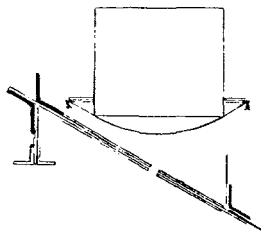


Черт. 145.

отъ опоры, и подвѣшивали его къ опорному кольцу посредствомъ наклоннаго кольца изъ котельнаго желѣза, представляющаго отрѣзокъ усѣченнаго конуса, своей большой окружностью соединеннаго съ опорнымъ кольцомъ помощью горизонтальнаго фланца, а нижней съ сферическимъ

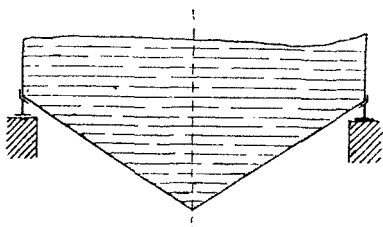


Черт. 146.

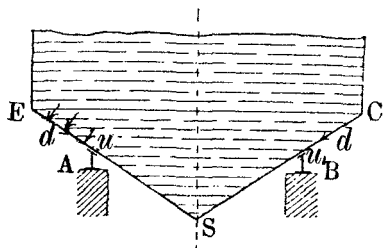


Черт. 147.

дномъ (черт. 146). Или кольцу давали видъ многоугольника съ прямолинейными сторонами, и сплошной конусъ подвѣса замѣняли раскосной конструкціей (черт. 147). Но и эти устройства, вслѣдствіе трудности правильнаго



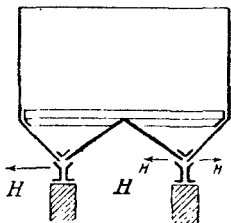
Черт. 148.



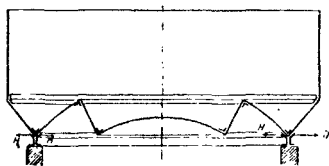
Черт. 149.

и прочнаго изготовленія ихъ, не получили большого распространенія.

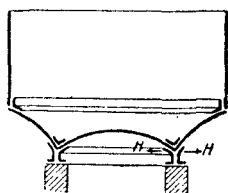
Коническое дно (черт. 148) легче изготовить чѣмъ сферическое, потому что листы получаютъ изгибъ только по одному направленію, но оно



Черт. 150.



Черт. 151.

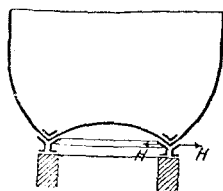


Черт. 152.

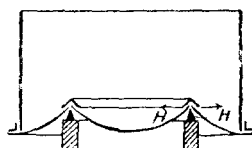
выходить тяжелѣе вслѣдствіе болѣе значительныхъ напряженій и болѣе поверхности. Когда опорное кольцо расположено въ серединѣ конуса (черт. 149), то коническое дно выгоднѣе сферическаго вслѣдствіе мень-

шаго діаметра опорныхъ стѣнъ; часть дна выше кольца сжимается, а такъ какъ давленіемъ воды она натянута, то сжатіе ея невозможно. Такое устройство впервые было предложено профессоромъ Инце.

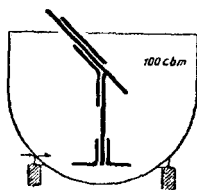
Если нижнюю висячую часть конуса повернемъ около горизонтальной оси на 180° (черт. 150), то при извѣстныхъ отношеніяхъ опорное кольцо



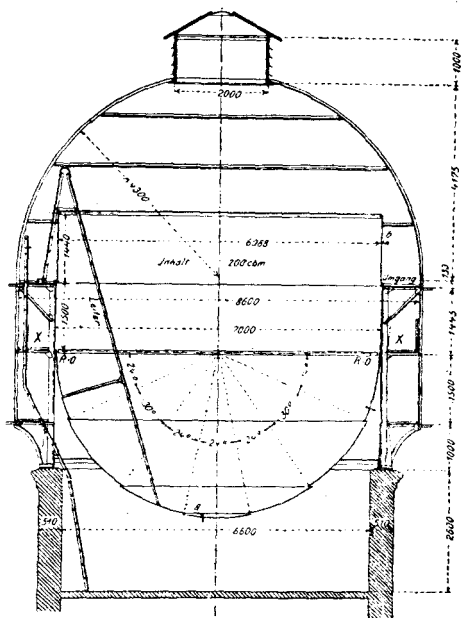
Черт. 153.



Черт. 154.



Черт. 155.



Черт. 156.

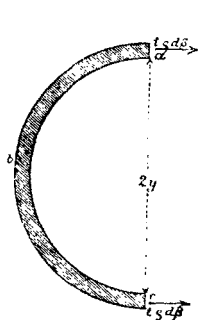
можетъ быть совсѣмъ освобождено отъ горизонтальныхъ силъ. Особая форма баковъ этого рода, употребляемая при большихъ размѣрахъ, представлена на черт. 151.

Другія формы баковъ Инце изображены на чертежахъ 150—154; онѣ вызваны главнымъ образомъ стремленіемъ лучшаго использованія пространства и улучшенія соединений дна. Форма черт. 154 отличается отсутствіемъ кольца между дномъ и стѣнкой.

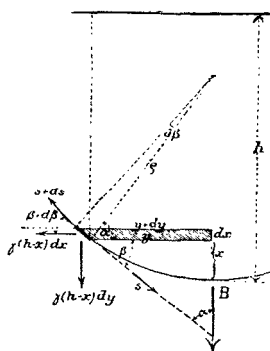
Конструкціи Инде тоже имѣютъ нѣкоторыя неудобства. Главныя изъ нихъ слѣдующія: трудность изготовленія опорныхъ и внутреннихъ колець, неодинаковыя формы листовъ образующихъ дно, и проявленіе сжимающихъ силъ въ нѣкоторыхъ частяхъ, требующихъ вслѣдствіе того добавочныхъ скрѣпленій.

Дальнѣйшее усовершенствованіе конструкціи баковъ состояло въ устраненіи угловъ перелома и образованіи плавнаго перехода стѣнки въ дно (черт. 155). Но эта форма требуетъ устройства опорнаго кольца, вслѣдствіе горизонтальныхъ силъ, дѣйствующихъ на опорахъ по направленію противоположному центру бака. Поэтому проф. Barkhausen передаетъ грузъ цилиндрическихъ баковъ, дно которыхъ имѣетъ форму полушара, стойкамъ изъ корытнаго или углового желѣза, приклепаннымъ къ цилиндрической стѣнкѣ снаружи. Стойки опираются нижними концами на кладку или на желѣзное строеніе (черт. 156). Для лучшей передачи вертикальнаго груза стойкамъ цилиндрическая стѣнка скрѣплена внизу наружнымъ кольцомъ изъ корытнаго желѣза, служащимъ обыкновенно галлереей для обхода кругомъ бака. Верхній край бака скрѣпляютъ уголками.

149. Расчетъ бака. Мы предполагаемъ, что дно представляетъ произвольную поверхность вращенія (черт. 157). Въ разстояніи $= x$ отъ наименьшей точки дна проведемъ горизонтальный разрѣзъ, и обозначимъ через s —тангенціальную направленную по меридіану силу натяженія, отнесенную къ 1-цѣ длины периметра горизонтальнаго сѣченія (параллели поверхности вращенія), то разложивъ s на вертикальную и горизонтальную составляющія, будетъ:



Черт. 157a.



Черт. 157b.

$$v = s \cdot \sin \beta = s \cdot \cos \alpha,$$

поэтому полное вертикальное сопротивленіе сѣченія =

$$s \cdot \cos \alpha \cdot 2\pi y.$$

На отрѣзанную часть дна дѣйствуетъ вѣсъ воды:

$$W = j \cdot \pi y^2 (h - x) + j \cdot \int_0^x \pi y^2 dx \quad . \quad . \quad . \quad (69)$$

(j —удѣльный вѣсъ воды).

Изъ условія равновѣсія по вертикальному направленію слѣдуетъ, пренебрегая незначительнымъ сравнительно вѣсомъ дна:

$$s \cdot 2\pi y \cos \alpha = j\pi y^2 (h - x) + j\pi \int_0^x y^2 dx,$$

откуда

$$s = \frac{j}{2\cos \alpha} \left[(h - x) y + \frac{1}{y} \int_0^x y^2 dx \right] \quad . \quad . \quad . \quad (70)$$

Проведемъ другое горизонтальное сѣченіе на dx выше перваго; оба сѣченія отсѣкутъ поясъ безконечно малой высоты dx . Разрѣжемъ этотъ поясъ меридіальной плоскостью на 2 половины (черт. 157а) и составимъ условіе равновѣсія для силъ этой полузоны, взятыхъ по горизонтальному направленію, перпендикулярно къ меридіональному сѣченію ac . Дѣйствующей силой является давленіе воды. Площадь проекціи полузоны на $ac = 2y dx$, слѣдовательно дѣйствующее на нее перпендикулярно къ ac горизонтальное давленіе воды $p = j(h - x) 2y dx$. Эта сила направлена отъ центра влѣво.

Силами сопротивленія суть: а) сопротивленіе нижняго сѣченія полузоны, б) сопротивленіе ея верхняго сѣченія, и с) сопротивленіе меридіональныхъ сѣченій a и c . Опредѣлимъ горизонтальныя слагающія этихъ сопротивленій, перпендикулярныя къ ac .

а) Горизонтальная слагающая натяженія $s = s \cos \beta$; по направленію перпендикулярному къ ac она $= s \cos \beta \cdot \cos \varphi$, слѣдовательно равнодѣйствующая всѣхъ горизонтальныхъ натяженій, дѣйствующихъ на нижнее сѣченіе полузоны.

$$H = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} s \cos \beta \cdot \cos \varphi \cdot y d\varphi = ys \cos \beta \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos \varphi d\varphi = 2ys \cos \beta.$$

б) Для верхней полуокружности эта сила $= H + dH$, поэтому равнодѣйствующая натяженій обоихъ горизонтальныхъ сѣченій полузоны abc , перпендикулярныхъ къ $ac = (H + dH) - H = dH$, т. е. $= d(s \cdot \cos \beta \cdot 2y)$; она направлена въ ту же сторону, что p .

с) Горизонтальное натяженіе меридіальнаго сѣченія, перпендикулярное къ ac , отнесенное къ единицѣ длины, означимъ черезъ t . Если ρ — радіусъ кривизны меридіональнаго сѣченія разсматриваемой полузоны, и $d\beta$ — его центральный уголъ, то длина одного сѣченія $= \rho d\beta$, слѣдовательно его натяженіе $= t \rho d\beta$, и равнодѣйствующая натяженій обоихъ

болоидъ; тогда его объемъ, т. е.

$$\int_0^x \pi y^2 dx = \pi y^2 \frac{x}{2},$$

и по (69)

$$W = j\pi y^2 (h - x) + j\pi y^2 \frac{x}{2} = j\pi y^2 \left(h - \frac{x}{2} \right)$$

$$s \cos \alpha \cdot 2\pi y = j\pi y^2 \left(h - \frac{x}{2} \right),$$

т. е.

$$s = \frac{jy}{2\cos \alpha} \cdot \left(h - \frac{x}{2} \right)$$

и вслѣдствіе $y = r \cos \alpha$,

$$s = \frac{jr}{2} \left(h - \frac{x}{2} \right) \dots \dots \dots (74)$$

Если:

δ — толщина дна, и

k — прочное сопротивленіе его матеріала,

то должно:

$$s \leq k \cdot \delta,$$

откуда

$$\delta = \frac{s}{k} = \frac{jr}{4k} (2h - x) \dots \dots \dots (75)$$

Къ полученной по этой формулѣ величинѣ δ прибавляютъ 3—5 мм.

Наибольшаго значенія достигаетъ s въ наинизшей точкѣ дна, въ которой оно $= \frac{jr h}{2}$.

Горизонтальныя слагающія натяженій s производятъ въ сѣченіи опорнаго кольца, котораго радіусъ r , тангенціальное усиліе $T = h \cdot r = s \cdot \cos \beta \cdot r$, а вертикальное давленіе, передаваемое кольцомъ стѣнамъ = вѣсу бака и находящейся въ немъ воды. Если этотъ вѣсъ обозначимъ черезъ G , то изъ условія равновѣсія слѣдуетъ:

$$G = s \cdot \sin \beta \cdot 2r \pi,$$

поэтому

$$\frac{T}{G} = \frac{sr \cos \beta}{sr 2\pi \sin \beta},$$

откуда

$$T = \frac{G}{2\pi r \operatorname{tg} \beta} \dots \dots \dots (76)$$

Это уравнение показываетъ, что T уменьшается, когда β увеличивается; когда дно представляетъ полушаръ, то $T = 0$.

Такъ какъ опорное кольцо горизонтальными силами сжимается, то его можно изготовлять изъ чугуна.

2) Дно представляетъ шаровую поверхность, приближающуюся къ полушару. Этотъ случай отличается отъ предыдущаго тѣмъ, что шаровая поверхность не можетъ быть замѣнена параболической.

Если радиусъ шара означимъ черезъ r , то въ формулахъ (71) и (72) нужно поставить: $\rho = r$; тогда будетъ:

$$\left. \begin{aligned} s &= j(h-x) \frac{r}{2} + j \frac{x^2}{2y^2} r^2 - j \frac{x^3}{6y^2} r \\ t &= j(h-x)r - s \end{aligned} \right\} \dots \dots (77)$$

и такъ какъ:

$$x = r(1 - \cos \beta), \quad y = r \sin \alpha,$$

то предыдущія уравненія, послѣ соответственныхъ приведеній, получаютъ видъ:

$$\left. \begin{aligned} s &= jr \left[\frac{h-r}{2} + r \frac{1 - \cos^3 \beta}{3 - \sin^2 \beta} \right] \\ t &= jr \left[\frac{h-r}{2} + \frac{r}{2} \left(2 \sin \alpha - \frac{1}{1 + \sin \alpha} \right) \right] \end{aligned} \right\} \dots \dots (78)$$

Для $x = 0$ s и t достигаютъ максимума, и по (77):

$$s_{max} = t_{max} = \frac{jrh}{2} \dots \dots \dots (79)$$

Для $x = r$, y тоже $= r$, слѣдовательно для верхняго края полушара по (77):

$$\left. \begin{aligned} s' &= j \frac{r}{2} \left(h - \frac{r}{3} \right) \\ t' &= j \frac{r}{2} \left(h - \frac{5}{3} r \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (80)$$

Чтобы натяженіе s не было отрицательно, должно $h \geq \frac{r}{3}$. t будетъ всегда положительно, т. е. растяженіе, когда $h \geq \frac{5}{3} r$; очевидно, что въ этомъ случаѣ и s положительно.

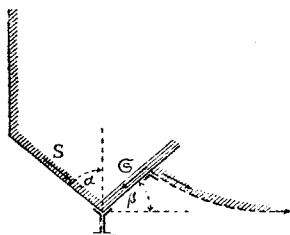
Когда дно бака полушаръ и $h = \frac{5}{3} r$, то высота его цилиндрической части $= \frac{2}{3} r$; объемъ этого цилиндра $= \frac{2}{3} r \cdot r^2 \pi = \frac{2}{3} r^3 \pi$, а объемъ полушара $=$ тоже $\frac{2}{3} r^3 \pi$, т. е. объемъ цилиндра $=$ объему дна. Поэтому емкость этого бака ($h = \frac{5}{3} r$):

$$\left. \begin{aligned} s &= j \frac{l}{2f} y \left(H - \frac{2}{3} x \right) \\ t &= j \frac{l}{f} y (H - x) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (82)$$

s достигает максимума для $x = \frac{3}{4} H$, а t — для $x = \frac{1}{2} H$ *).

Толщина стѣнки получается приблизительно на 40% бѣльшая, чѣмъ для полушара.

4. Дно по системѣ Инце (черт. 159). Дно Инце замѣнимъ полнымъ конусомъ (черт. 159), и обозначимъ вѣсь полного бака, котораго дно этотъ конусъ, черезъ G , то по (71) и (72) получимъ:



Черт. 159.

$$\left. \begin{aligned} S &= \frac{G}{2y \pi \cos \alpha} \frac{jy \left(H - \frac{2}{3} x \right)}{2 \cos \alpha} \\ T &= \frac{j (H - x) y}{\cos \alpha} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (83)$$

Сила T противодействуетъ смятію конической стѣнки.

Силы контрконуса:

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{S} &= j \left(h + \frac{x}{2} \right) \frac{r}{2} \\ \mathfrak{T} &= j (h + x) r - \mathfrak{S} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (84)$$

Легко узнать, что усилія s и t наружной конической части дна Инце равны S и T .

Чтобы опорное кольцо подвергалось одному только вертикальному давленію, должно

$$S \sin \alpha = \mathfrak{S} \cos \beta,$$

т. е.

$$\cos \beta = \frac{S}{\mathfrak{S}} \sin \alpha.$$

Толщина сферического дна вычисляется по формуламъ (78) — (80), для соединенія его съ конусомъ достаточны угольники шириной полокъ 100—150 мм.

Для бака черт. 141 (съ обратнымъ внутреннимъ конусомъ):

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{S}_1 &= j \frac{\left(h + \frac{2}{3} x \right)}{2 \sin \beta} y \\ \mathfrak{T}_1 &= j \frac{(h + x) y}{\sin \beta} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (85)$$

*) l — длина производящей конуса.

Изъ этихъ формулъ видно, что $\mathcal{E}_1$ почти вдвое больше $\mathcal{E}_1$.

Толщина e цилиндрической стѣнки бака опредѣлена уравненіемъ (68), по которому:

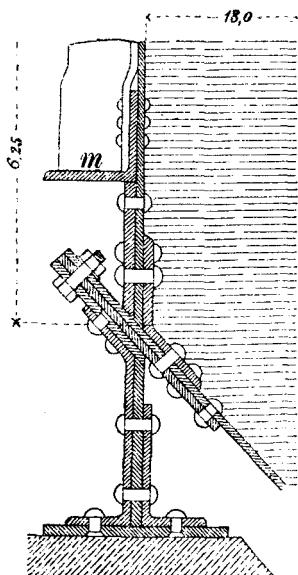
$$e \cong \frac{0,001 h d}{1,2 (k - 0,009 h)}.$$

Къ полученной по этой формулѣ толщинѣ прибавляютъ 0,3—0,5 сантиметра.

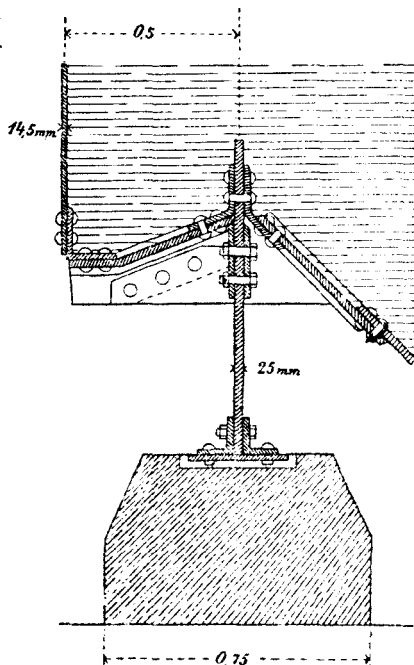
Толщину у самого верхняго края не дѣлаютъ менѣе 6 мм. (но въ Chaillot она = только 3 мм.)

Если по оси бака помѣщаютъ лѣстницу и строить для нея цилиндръ, проходящій черезъ дно, то въ окружности пересѣченія усилія увеличиваются почти вдвое.

151. Конструкція баковъ. Баки изготовляютъ такимъ же образомъ какъ и напорныя колонны, поэтому правила, данныя выше для колоннъ по отношенію склепыванія листовъ и проч., дѣйствительны и для баковъ. На черт. 160 и 161 показаны спо-



Черт. 160.



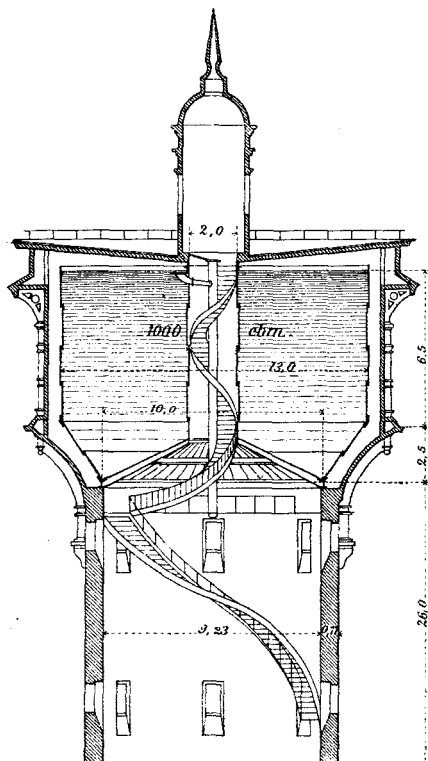
Черт. 161.

собы соединеній дна съ цилиндрической стѣнкой и опорнымъ кольцомъ: черт. 160 сферическое дно; черт. 161 дно Инце.

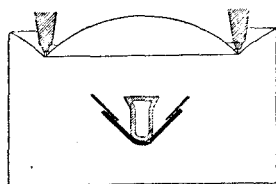
Черт. 162 представляетъ верхнюю часть водонапорной башни города

Сегедина (въ Венгріи). Дно состоитъ изъ двухъ противоположныхъ конусовъ, изъ которыхъ внутренній несетъ лѣстницу съ окружающимъ ее цилиндромъ. Емкость бака 1000 куб. метр. (81 308 ведеръ); размѣры на чертежѣ выражаютъ метры.

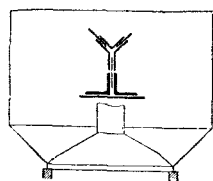
Черт. 163—165 представляютъ разныя формы баковъ Инце. Въ конструкціи черт. 164 нужно верхней части кольца дать такую форму, чтобы кольцо остраго ребра дна могло быть составлено изъ уголковъ безъ из-



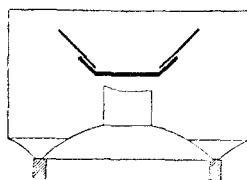
Черт. 162.



Черт. 163.



Черт. 164.



Черт. 165.

мѣненія ихъ нормальнаго угла, т. е. безъ перегиба полокъ. Изготовленіе плотнаго соединенія въ этомъ углѣ, при которомъ вода не могла бы просачиваться въ опорное кольцо, представляетъ большія затрудненія. Гораздо легче исполняется плоское опорное ребро, изображенное на черт. 165.

Дно въ видѣ полушара представляетъ то удобство, что всѣ листы могутъ получить требуемый видъ въ одной и той же формѣ. Пояса, нужные для соединенія бака съ стойками (по способу Баркгаузена) могутъ быть изготовляемы изъ обыкновенныхъ уголковъ; для стоекъ оказалось наиболѣе удобнымъ швеллерное желѣзо,

Емкость бака может быть определена слѣдующимъ образомъ. Обозначимъ черезъ:

q — объем воды, который должен находиться в резервуарѣ постоянно;

$p_1, p_2 \dots$ — объемы количеств, притекающих в разные часы дня (суток),

$s_1, s_2 \dots$ — объемы стекающих въ тѣ же часы количествъ,

то послѣ n -го часа должно быть исполнено условіе:

$$q \supseteq (p_1 + p_2 + \dots + p_n) - (s_1 + s_2 + \dots + s_n)$$

или короче:

[illegible]

Если бы для некоторого часа, напр. для r -го, это условие не было удовлетворено, то означив максимальное значение разности (86) через δ , наименьшая емкость резервуара была бы определена наибольшим значением следующих разностей, в которых $z = q + \delta$ означает нужный запас в резервуаре:

$$\begin{array}{l} (z + p_1) - s_1 \\ (z + \sum_1^2 p) - \sum_1^2 s \\ z + \sum_1^3 p - \sum_1^3 s \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ z + \sum_1^n p - \sum_1^n s \end{array}$$

Пространство подъ бакомъ разбиваютъ на этажи, въ которыхъ устанавливаютъ машины (внизу), устраиваютъ склады, квартиры и пр., но иногда изъ гигиеническихъ соображеній оставляютъ его пустымъ. Для сообщенія между этажами и бакомъ устраиваютъ лѣстницу.

Стѣны, окружающія бакъ, несутъ только крышу, поэтому ихъ толщина можетъ быть ограничена. Онѣ могутъ быть выполнены изъ легкаго матеріала, какъ напр. дерева; такъ какъ онѣ должны защищать воду отъ мороза, то при употребленіи кирпича ихъ дѣлаютъ въ 2 или 2½, кирпича. Между стѣной и бакомъ долженъ быть проходъ шириной не менѣе 2 ф.; если къ этому прибавимъ около 12 дм. на ширину опоры бака, получаемъ толщину стѣны непосредственно подъ бакомъ = $24 + 28 + 12 = 64$ дм. Немного ниже опоръ снаружи можно срезать стѣну до толщины 58 дм. и даже—до 4 кирпичей.

Въ здѣшнемъ климатѣ крыша должна быть теплая, поэтому устраи-
ваютъ ее обыкновенно по желѣзнымъ стропиламъ, къ которымъ подве-

шивают теплый потолок; также употребляют покрытие деревяннымъ цементомъ *). Для удобства осмотра разстояніе отъ бака до потолка не должно быть менѣе 6 или 7 фут.

Бакъ получаетъ слѣдующія трубы:

1) Трубу, приводящую къ нему воду отъ насосовъ или прямо отъ источниковъ; она обыкновенно входитъ въ бакъ сверху и не проходитъ черезъ дно, но поднимается вдоль бака снаружи и вверху поворачивается внизъ въ видѣ обратной буквы U.

2) Отводную трубу, начинающуюся внутри бака немного выше дна. Эта труба не должна быть подвѣшена ко дну, чтобы не производила на него давленія и своимъ вѣсомъ его не нагружала.

3) Переливную трубу, которой верхній воронкообразный конецъ находится на высотѣ предполагаемаго наивысшаго уровня воды въ бакѣ. Часто она входитъ въ сточную трубу, отводящую дождевую воду изъ крыши.

4) Спускную трубу, начинающуюся у наинизшей точки дна; посредствомъ ея можно спустить изъ резервуара всю воду;

Нерѣдко приводная труба служить уже отводной, такъ что въ бакъ поступаетъ только разность между притекающимъ къ нему и въ тоже время стекающимъ въ городъ количествомъ. Такіе баки называютъ уравнивательными, въ различіе отъ баковъ, вмѣщающихъ въ себѣ большой запасъ и получающихъ вслѣдствіе того особую отводную трубу, называемыхъ распределительными.

Задвижки всѣхъ трубъ помѣщаются въ общей камерѣ, устроенной въ нижней части башни: переливная труба не получаетъ задвижки, такъ какъ она должна оставаться всегда открытой.

ГЛАВА VIII.

Водопроводная сѣть.

152. Обыкновенный и пожарный расходъ. По отношенію къ устройству водопроводной сѣти потребление воды въ городъ распадается на 2 разряда:

1) ежедневный расходъ на обыкновенныя потребности: хозяйственныя, коммерческія и публичныя; его будемъ называть «обыкновеннымъ или хозяйственнымъ расходомъ»

и 2) расходъ на тушеніе пожаровъ или «пожарный расходъ».

*) На опалубкѣ, толщиной 2,5—3,5 сант., насыпаютъ слой мелкаго песка или золы, толщиной 2—3 мм., на него—4 слоя бумаги, смазанной деревяннымъ цементомъ, затѣмъ—слой мелкаго песка толщиной 1,5 см., послѣ—слой грубаго гравія 6—10 см., который покрываютъ хорошо перемѣтой глиной. Деревянную опалубку можно замѣнить плитками Монье, волнистымъ желѣзомъ и др.

Оба эти расхода отличаются одинъ отъ другого существенно; между тѣмъ какъ первый распредѣляется почти по всему пространству города, повторяется въ извѣстномъ порядкѣ ежедневно распредѣляясь въ разные часы дня по нѣкоторому вообще мало измѣняющемуся правилу, второй ограничивается малой площадью, требуетъ большого количества воды въ короткое сравнительно время и имѣетъ случайный характеръ. Первый обуславливаетъ широкое распредѣленіе небольшихъ количествъ, а второй—сосредоточеніе большого количества на маломъ пространствѣ.

Проектированіе сѣти должно быть исполнено со всевозможной тщательностью, чтобы нецѣлесообразнымъ распредѣленіемъ трубъ не были увеличены бесполезно расходы по устройству ея, имѣя въ виду, что стоимость сѣти составляетъ главную статью въ смѣтѣ водопроводнаго проекта. Въ цѣли по возможности удобной доставки воды всѣмъ жителямъ располагаютъ трубы по всѣмъ заселеннымъ улицамъ и переулкамъ и принимаютъ во вниманіе будущія (проектированныя) въ томъ отношеніи, что при постепенномъ заселеніи ихъ расходъ воды будетъ увеличиваться.

Къ водопроводной сѣти, кромѣ трубъ, принадлежатъ гидранты (пожарные краны), задвижки, водоразборные колодцы, фонтаны и т. д.

153. Напоръ въ сѣти.

Различаютъ обыкновенный и пожарный напоръ.

а) Обыкновенный напоръ. Этотъ напоръ опредѣляется наибольшей высотой зданій, такъ какъ вода должна подниматься до самыхъ верхнихъ этажей. Предѣльная высота строеній въ разныхъ городахъ различна, но она рѣдко превышаетъ: въ большихъ городахъ 12 саж. и въ среднихъ—8 саж. Въ зависимости отъ этой высоты и потери напора въ трубѣ, соединяющей уличную трубу съ подъемной и потери въ подъемной (въ которой вода поднимается въ верхніе этажи), получено, что свободная высота обыкновеннаго напора въ уличной трубѣ не должна быть меньше: въ жилыхъ участкахъ: 45—70 фут., въ торговыхъ и промышленныхъ: 70—118 фут.

б) Пожарный напоръ. Въ малыхъ городахъ представляетъ большое удобство возможность тушенія пожаровъ непосредственно гидрантами, безъ употребленія пожарныхъ насосовъ; послѣдніе служатъ тогда только запасомъ на случай особенно большого пожара. При доставкѣ воды насосами въ трубахъ и въ этомъ случаѣ поддерживается только хозяйственный напоръ; во время пожара разобщаютъ запасный резервуаръ отъ провода и повышаютъ работу насосовъ такъ, чтобы у гидрантовъ имѣлся пожарный напоръ. Держать воду постоянно подъ пожарнымъ напоромъ можно безъ чрезмернаго увеличенія стоимости только въ такихъ городахъ, въ которыхъ зданія, требующія высокаго напора, находятся въ низкой мѣстности, а на возвышенныхъ расположены только жилые дома.

Малый напоръ, при доставкѣ воды насосами, можетъ дать большое сбереженіе, поэтому водопроводы, въ которыхъ вода находится постоянно подъ пожарнымъ напоромъ, экономически весьма невыгодны.

Противопожарные водопроводы очень распространены въ Америкѣ, но и тамъ въ большихъ городахъ напоръ въ сѣти не превышаетъ 60—90 фут., а для тушенія пожаровъ употребляютъ пожарные насосы, берущіе воду изъ гидрантовъ. Американская практика показала, что было бы очень невыгодно держать воду въ большомъ городѣ постоянно подъ пожарнымъ напоромъ, а повышать его во время пожара признано непрактичнымъ.

Если система гравитационная и источникъ находится на достаточной высотѣ, то проводъ съ постояннымъ пожарнымъ напоромъ можетъ оказаться выгоднымъ; пожарные насосы въ этомъ случаѣ могутъ потребоваться только для центральной, наиболѣе густо заселенной части, на высокихъ мѣстахъ и въ случаѣ необыкновенно большого пожара.

При тушеніи пожара непосредственно гидрантами напоръ въ уличной трубѣ и разстояніе гидрантовъ между собою должны быть опредѣлены такъ, чтобы расходъ воды значительной части пожарныхъ струй равнялся:

въ жилыхъ участкахъ	50—60	ведеръ въ минуту,
а въ торговыхъ и промышленныхъ	75—80	» » »

Для этого нужны слѣдующія высоты напора у гидрантовъ:

въ жилыхъ участкахъ	140 фут.,
въ промышленныхъ	160 »

На практикѣ эти напоры встрѣчаются всего чаще, но желательна, гдѣ только возможно, высота напора 180—230 фут. (5—7 атмосферъ).

При тушеніи пожара посредствомъ пожарныхъ насосовъ величина напора опредѣляется условіемъ, чтобы гидрантъ былъ въ состояніи снабжать насосы непрерывно достаточнымъ количествомъ воды, безъ всасыванія ея насосами, а для этого обыкновенный напоръ всегда достаточенъ (большое пониженіе напора въ проводѣ можетъ произойти вслѣдствіе усиленнаго расхода воды въ другихъ мѣстахъ).

Слишкомъ высокій напоръ въ сѣти невыгоденъ не только въ отношеніи стоимости подъема воды, но также потому, что онъ требуетъ тяжелыхъ трубъ и увеличиваетъ опасность разрыва. Вслѣдствіе того крайнимъ допускаемымъ максимумомъ давленія въ трубѣ считаютъ 300 фут. (9 атмосферъ); обыкновенно оно не больше 200 фут. При болѣе значительной высотѣ требуемаго напора дѣлать городъ въ вертикальномъ направленіи на зоны.

154. Число пожарныхъ струй. Въ слѣдующемъ мы предполагаемъ струи выбрасывающія въ минуту:

въ жилыхъ участкахъ 50—60 ведеръ.
а въ промышленныхъ и торговыхъ участкахъ 75—80 »

Число нужныхъ одновременно пожарныхъ струй измѣняется съ величиной города, характеромъ зданій, густотой населенія, шириной улицъ и т. д. Если это число обозначимъ черезъ n и число жителей въ тысячахъ—черезъ x , то по Kuichling'y:

$$n = 2,8 \sqrt{x}. \quad (I)$$

Такъ, напр., для города, котораго число жителей = 50 000, $x = 50$, поэтому

$$n = 2,8 \sqrt{50} = 20.$$

Если бы мы взяли $n = 2,0 \sqrt{x}$, то для $x = 50$ получили бы $n = 14$, т. е. въ зависимости отъ мѣстныхъ условий для города въ 50 000 жителей нужно проектировать отъ 14 до 20 одновременныхъ пожарныхъ струй. Идущій отъ запаснаго резервуара проводъ долженъ получить такіе размѣры, чтобы кромѣ обыкновеннаго онъ могъ провести соответствующее этому числу струй количество воды.

При опредѣленіи числа n можно пользоваться также слѣдующей таблицей:

Т а б л и ц а XIX.

Число жителей.	Число нужныхъ одновременно пожарныхъ струй n .	Число жителей.	Число нужныхъ одновременно пожарныхъ струй n .
1 000	2—3	60 000	15—22
4 000	4—7	100 000	18—30
5 000	4—8	150 000	25—34
10 000	6—12	180 000	30—38
20 000	8—15	200 000	30—40
40 000	12—18	250 000	40—44
50 000	14—20	300 000	44—48

Числа n этой таблицы выражаютъ полное количество струй, нужныхъ одновременно для всего города и относятся къ городамъ средняго характера.

Число струй, нужныхъ одновременно въ одномъ и томъ же мѣстѣ, отъ котораго зависитъ наибольшее разстояніе гидрантовъ (между собою),

опредѣляется по слѣдующимъ даннымъ:

для отдѣльныхъ строеній въ участкахъ слабо населенныхъ: 2—3,

въ очень богатыхъ участкахъ и для особенно большихъ зданій: $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ всѣхъ струй участка.

При выборѣ числа струй нужно, особенно въ небольшихъ городахъ, принимать во вниманіе характеръ города. Такъ, напр., для города въ 6 000 жителей съ мало развитой промышленностью, четырехъ или пяти струй будетъ вполне достаточно, между тѣмъ, если благосостояніе этого города зависитъ отъ двухъ или трехъ обширныхъ заводовъ, потребуется вдвое болѣе количество.

155. Расположеніе гидрантовъ. Расположеніе гидрантовъ должно быть опредѣлено въ зависимости отъ указанныхъ въ предыдущей статьѣ условій относительно числа струй. Гидранты бываютъ одиночные, двойные, тройные и т. д., смотря по числу отростковъ, къ которымъ привертываются пожарные рукава, т. е. по числу доставляемыхъ ими одновременно струй. Для большинства случаевъ оказались наиболѣе удобными двойные гидранты, но въ густо населенныхъ промышленныхъ участкахъ слѣдуетъ устраивать тройные и четвертные. Въ мѣстахъ, гдѣ одновременно можетъ понадобиться большое число струй, устраиваютъ иногда цистерны, въ которыя впускаютъ воду широкими трубами.

Въ слѣдующей таблицѣ XX приведены (по Фриману) *) потери напора въ пожарномъ рукавѣ при разныхъ напорахъ у наконечника.

Потеря напора въ самомъ гидрантѣ, согласно произведеннымъ въ Америкѣ опытамъ, равняется 2—5 футовъ; при отсутствіи внезапныхъ измѣненій направленія струи въ гидрантѣ и употребленіи не слишкомъ узкихъ наконечниковъ эта потеря меньше.

Если обозначимъ черезъ:

H — высоту напора у гидранта,

h — высоту свободного напора у наконечника пожарнаго рукава,

l — длину пожарнаго рукава,

f — высоту потери напора на единицу длины рукава,

то легко узнать, что должно:

$$H = lf + h$$

и слѣдовательно

$$l = \frac{H - h}{f} \dots \dots \dots (87)$$

Помощью таблицы XX узнаемъ, что для расхода гидранта = 50 ведеръ въ минуту, нуженъ у гидранта напоръ $h = 70'$; въ рукавѣ съ нако-

*) Transactions of the Americ. Soc. of Civil. Eng. 1889, XXI, p. 303.

Т а б л и ц а XX.

Напоръ у наконечника. Фут. Ведр.		Диаметръ наконечника 1 дюймъ.					Диаметръ наконечника 1 1/8 дюйма.					Диаметръ наконечника 1 1/4 дюйма.				
		Расходъ въ минуту.					Расходъ въ минуту.					Расходъ въ минуту.				
		Потери напора на 100 фут. длины пожарнаго рукава.					Потери напора на 100 фут. длины пожарнаго рукава.					Потери напора на 100 фут. длины рукава.				
		Вертикальная высота хорошей струи.					Вертикальная высота хорошей струи.					Вертикальная высота хорошей струи.				
		Максимальное горизонтальное разстояние хорошей струи.					Максимальное горизонтальное разстояние хорошей струи.					Максимальное горизонтальное разстояние хорошей струи.				
		Горизонтальное разстояние крайней капли отъ наконечника.					Горизонтальное разстояние крайней капли отъ наконечника.					Горизонтальное разстояние крайней капли отъ наконечника.				
		Ф у т о в ь					Ф у т о в ь.					Ф у т о в ь.				
45	41	11,5	35	37	77		52	16,5	36	38	80	65	28	37	40	83
70	50	16,2	51	47	109		63	28	52	50	115	79	44	53	54	119
90	57	23,0	64	55	133		74	38	65	59	142	92	58	67	63	148
115	64	25	73	61	152		83	46	75	66	162	102	71	77	70	169
134	70	35	79	67	167		90	55	83	72	178	112	85	85	76	186
160	76	39	85	72	179		97	65	88	77	191	121	100	91	81	200
185	82	46	89	76	189		103	74	92	81	203	129	113	95	85	213
210	86	50	92	80	197		110	80	96	85	214	137	127	99	90	225
230	90	58	96	83	205		116	92	99	89	224	144	143	101	93	236

нечникомъ въ 1 дюймъ потеря напора $f = 0,17$ фут. на каждый футъ, поэтому при $H = 160$ фут. наибольшая длина рукава, по (87):

$$l = \frac{160 - 115}{0,25} = 180 \text{ фут.}$$

Для 1 1/8 дюймового наконечника при расходѣ = 64 ведра въ минуту таблица XX даетъ: $h = 70'$ и $f = 0,28'$, поэтому

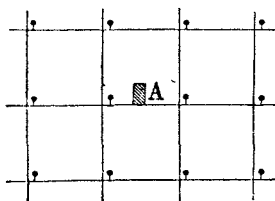
$$l = \frac{160 - 70}{0,28} = 322 \text{ фут.}$$

Эти расчеты показываютъ, что гидранты нужно разставлять такъ, чтобы ни одна линія пожарнаго рукава не превышала 500 или 600 футовъ, причемъ по крайней мѣрѣ половина нужныхъ струй не должна быть длиннѣе 250—350 фут. (смотря по напору у гидранта). Эти разстоянія не могутъ быть увеличены и при употребленіи пожарныхъ насосовъ. Въ крайнихъ, наиболѣе отдаленныхъ частяхъ города достаточны двойные гидранты.

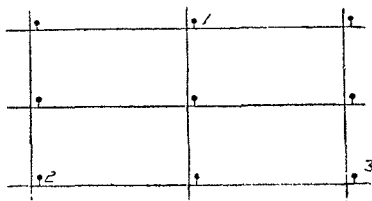
Гидранты слѣдуетъ располагать на перекресткахъ улицъ, потому что тогда къ нимъ будетъ доступъ съ 4-хъ или болѣе сторонъ. Въ городахъ средней величины можно при такомъ расположеніи имѣть во всякомъ мѣстѣ требуемое число струй, но въ большихъ городахъ бываютъ нужны гидранты и въ промежуткахъ между перекрестками.

Если кварталы представляютъ квадраты со стороною 250—300 фут., и въ каждомъ перекресткѣ улицъ будетъ устроенъ двойной гидрантъ (черт. 166), то для тушенія пожара въ *A* можно будетъ пользоваться восемью гидрантами при максимальной длинѣ рукава = 450', которые будутъ давать 16 пожарныхъ струй. Чтобы о томъ убѣдиться, нужно только изъ центра *A* описать окружность радіусомъ = 450 фут. и сосчитать заключенные въ этой окружности гидранты.

Такимъ же образомъ узнаемъ, что пожаръ на углу улицы можно тушить 13-ю гидрантами, но 8 изъ нихъ потребуютъ рукавовъ длиною



Черт. 166.



Черт. 167.

600 фут. Если размѣры кварталовъ 600 и 300 фут. (черт. 167), то при максимальной длинѣ рукавовъ 600 фут. двойные гидранты дадутъ 8 струй: если бы было достаточно 4-хъ, то $\frac{1}{4}$ гидрантовъ могла бы быть пропущена и достаточно было бы ставить ихъ только въ каждомъ третьемъ углу, такъ что напр. на черт. 167 въ углахъ 1, 2 и 3 не было бы гидрантовъ. По этимъ примѣрамъ легко опредѣлить въ каждомъ данномъ случаѣ такое разстояніе гидрантовъ, при которомъ во всякомъ мѣстѣ будетъ имѣться требуемое число пожарныхъ струй.

156. Общія правила устройства водопроводной сѣти. Въ водопроводной сѣти можно различать слѣдующіе 3 разряда трубъ:

- 1) Магистралы или главные трубы, которыхъ діаметры наибольшіе, доставляющія воду всей сѣти или отдѣльной самостоятельной части ея.
- 2) Приводныя трубы, получающія воду непосредственно отъ магистралы.
- 3) Разводныя или узкія трубы, не имѣющія отвѣтвленій.

Кромѣ приводныхъ трубъ, отвѣтвляющихся непосредственно отъ магистралы, называемыхъ трубами перваго порядка, въ сѣти имѣются иногда приводныя трубы втораго порядка отвѣтвляющіяся отъ трубъ перваго порядка, и т. д.

Диаметръ магистрали отъ начала къ концу уменьшается, соотвѣтственно ея уменьшающемуся расходу воды; діаметры приводныхъ трубъ тоже могутъ уменьшаться, но въ большинствѣ случаевъ они бываютъ постоянны, діаметръ узкой трубы постояненъ на всемъ протяженіи ея.

Длинные и узкіе участки получаютъ одну магистраль постепенно уменьшающагося діаметра, пересекающую участокъ въ направленіи длины его по возможности пополамъ. Отъ магистрали отвѣтвляются приводныя, а отъ послѣднихъ—узкія трубы. Къ узкимъ участкамъ принадлежатъ напр. участки 1 и 3 на черт. 170.

Въ широкихъ участкахъ (обыкновенный случай въ большихъ городахъ) полезно устраивать магистрали черезъ каждыя 400 или 450 саж., а между ними помѣщать въ улицахъ и переулкахъ приводныя и узкія трубы. Магистрали должны быть рассчитаны на пожарный и обыкновенный расходъ, а узкія—на одинъ только пожарный расходъ, стараясь потерю напора сдѣлать какъ можно меньшей. Приводныя трубы требуютъ, смотря по обстоятельствамъ и величинѣ снабжаемой ими площади, расчета на пожарный и обыкновенный, или на одинъ только пожарный расходъ. Сѣтъ слѣдуетъ проектировать такимъ образомъ, чтобы приводныя трубы могли получать воду съ обоихъ концовъ, потому что тогда одна труба замѣняетъ 2 равныя ей трубы, т. е. она можетъ доставить двойное количество воды при одной и той же потерѣ напора, или такоежъ количество какъ одна труба съ потерей напора почти въ 4 раза меньшей, чѣмъ когда она получаетъ воду только съ одного конца. По тойже причинѣ полезно соединять помощію добавочныхъ трубъ проводы смежныхъ участковъ и тогда, когда условія правильной доставки воды потребителямъ въ этомъ соединеніи не нуждаются, потому что при такомъ устройствѣ каждый участокъ можетъ быть обслуживаемъ съ разныхъ концовъ, и между ними будетъ возможно взаимодействіе (см. напр. участки 1 и 2 на черт. 161 соединенные между собою 8 дюймовой добавочной трубой, тоже: участки 8 и 9, и др.).

Узкія трубы могутъ получать воду съ одного только конца, но гдѣ возможно слѣдуетъ и къ узкимъ трубамъ устраивать притокъ съ двухъ концовъ.

157. Діаметры главныхъ и приводныхъ трубъ (какъ продольныхъ, такъ и поперечныхъ) зависятъ въ значительной степени отъ числа требуемыхъ отъ нихъ одновременно пожарныхъ струй. Для малыхъ городовъ, и для окраинныхъ участковъ большихъ городовъ пригодны 6 дюймовыя поперечныя трубы, между которыми въ промежуткахъ черезъ 4 до 6 кварталовъ, смотря по мѣстнымъ условіямъ, помѣщаются 8, 10 или 12 дюймовыя; для проводовъ воды къ гидрантамъ желательно не употреблять трубъ діаметра меньшаго 6 дюйм. Въ густо застроенныхъ кварталахъ считаютъ выгоднымъ употреблять для поперечныхъ улицъ 8 дюйм., а для

продольных—6 дюйм., и помѣщать въ небольшихъ промежуткахъ, черезъ 3 или 4 квартала, 12 или 16 дюймовыя трубы. Для снабженія большихъ площадей бываютъ нужны 24, 36 и даже 48 дюйм., которыя прибавляютъ къ системѣ отъ времени до времени по мѣрѣ, какъ потребность въ городѣ увеличивается, и вслѣдствіе увеличеннаго расхода напоръ дѣлается недостаточнымъ. Онѣ должны быть соединены съ главнымъ проводомъ и помѣщены въ такихъ мѣстахъ, гдѣ недостатокъ напора дѣлается особенно чувствительнымъ.

158. Опредѣленіе максимальнаго расхода для разныхъ участковъ. Чтобы было возможно исполнить расчетъ распредѣлительной сѣти необходимо знать максимальный расходъ какъ всего города, такъ и отдѣльныхъ участковъ, съ включеніемъ вѣроятнаго будущаго прироста. Городъ дѣлать на сравнительно большіе участки, съ населеніемъ, въ среднемъ, 3—4000 въ каждомъ, соотвѣтственно главнымъ артеріямъ движенія, по которымъ пройдутъ магистрали, затѣмъ для меньшихъ трубъ опредѣляютъ подучастки (кварталы) и т. д.

Процентъ будущаго прироста населенія для разныхъ участковъ вообще неодинаковъ, и зависитъ отъ мѣстныхъ обстоятельствъ. Обыкновенно исполнѣ достаточно строить водопроводъ на 15 или 20 лѣтъ, такъ какъ при расширеніи города широкія трубы могутъ быть удлиняемы безъ затрудненія, и не рѣдко имѣется возможность укладывать ихъ впоследствии въ такихъ мѣстахъ, въ которыхъ проводовъ совсѣмъ нѣтъ. Хотя 2 или 3 трубы дороже эквивалентной имъ одной, но въ водопроводахъ замѣна нѣсколькихъ трубъ, уложенныхъ въ извѣстныхъ между собою разстояніяхъ, одной, оказывается практически неудобной, вслѣдствіе невыгоднаго въ послѣднемъ случаѣ распредѣленія напора. Въ малыхъ городахъ, которыхъ пожарный расходъ сравнительно небольшой, и съ увеличеніемъ населенія увеличивается незначительно, нѣкоторое увеличеніе діаметра можетъ увеличить пригодность провода на большое число лѣтъ, и въ нихъ слѣдуетъ строить водопроводъ на 25 или 30 лѣтъ.

Способъ опредѣленія максимальнаго обыкновеннаго расхода уясненъ въ № 32 и 33. Большое вліяніе на величину діаметра трубы имѣетъ пожарный расходъ. Если будемъ опредѣлять число струй по формулѣ Kuichling'a, то напр. городъ въ 1000 жителей долженъ бы получить $2,8\sqrt{1} = 2,8$ струй. При расходѣ струи = 80 ведеръ въ минуту, пожарный расходъ будетъ $= 2,8 \times 80 = 224$ ведра въ минуту. Принявъ для хозяйственнаго расхода 8 ведеръ на человѣка въ сутки, требуется въ часы максимальнаго разбора на человѣка въ минуту $\frac{24 \cdot 8}{24 \cdot 60} = \frac{1}{75}$ ведра, и на 1000 жителей $— \frac{1000}{75} = 13\frac{2}{3}$ ведеръ въ минуту. Пожарный расходъ $= 224$ вед. въ минуту, т. е. онъ почти въ 18 разъ больше обыкновен-

наго. Если бы, согласно сдѣланному въ № 33 предложенію мы уменьшили его въ 5 разъ и взяли вмѣсто 224 только 40 ведеръ, то и тогда онъ превышалъ бы обыкновенный расходъ болѣе чѣмъ въ 3 раза. Для болѣе населенныхъ городовъ это отношеніе будетъ меньше, но все таки—довольно значительно.

По указанному здѣсь способу нужно опредѣлить особо расходъ какъ для всего города, такъ и для каждаго отдѣльнаго участка. При соединеніи двухъ или болѣе участковъ въ одинъ пожарный, расходъ долженъ быть опредѣленъ въ зависимости отъ населенія соединеннаго участка, а не въ видѣ суммы расходовъ, полученныхъ для составляющихъ его отдѣльныхъ участковъ.

159. Экономическая скорость для пожарнаго расхода воды. При расчетѣ сѣти трубъ важное значеніе имѣетъ наиболѣе выгодная скорость во время тушенія пожара. Такъ какъ эта скорость зависитъ въ значительной степени отъ системы пожарнаго снабженія, то нужно различать слѣдующіе 4 случая:

- 1) Насосная система съ постояннымъ пожарнымъ напоромъ.
- 2) Насосная система съ хозяйственнымъ напоромъ, повышаемымъ во время пожара до высоты пожарнаго напора.
- 3) Гравитаціонная система съ пожарнымъ напоромъ.
- 4) Насосная или гравитаціонная система съ хозяйственнымъ напоромъ и тушеніемъ пожаровъ посредствомъ пожарныхъ насосовъ.

Разсмотримъ каждый изъ этихъ случаевъ подробно.

а) Насосная система съ постояннымъ пожарнымъ напоромъ.

Высота напора у насосной станціи въ этомъ случаѣ опредѣлена минимальной высотой пожарнаго напора у гидранта и наибольшей потерей напора въ сѣти. Такъ какъ въ послѣдней дѣйствуетъ постоянно высокій напоръ, то для возможнаго уменьшенія потери не слѣдуетъ употреблять высокихъ скоростей или малыхъ діаметровъ. Наиболѣе выгодная скорость получается слѣдующимъ образомъ.

При употребленіи формулы Flamant (формула (27) стр. 41) имѣемъ для старыхъ трубъ, выразивъ діаметръ d не въ футахъ, но въ дюймахъ:

$$v = 76,28 \left(\frac{d}{12} \right)^{3/4} J^{1/4} = 13 d^{3/4} J^{1/4} \dots \dots \dots (27)$$

Изъ этого уравненія получаемъ:

$$J = 0,013 \frac{v^{5/4}}{d^{3/4}}.$$

Высота напора у насосовъ зависитъ отъ пожарнаго расхода Q_1 , и

такъ какъ

$$Q_1 = v \frac{\pi}{4} \left(\frac{\partial}{12} \right)^2$$

гдѣ v = скорость въ футахъ, то

$$J = 0,0113 \left(\frac{4 \cdot 12^2}{\pi} \right)^{7/4} \frac{Q_1^{7/4}}{\partial^{7/2} \partial^{7/4}}$$

т. е.

$$J = 103,2 \frac{Q_1^{7/4}}{\partial^{10,4}}$$

или, практически,

$$J = \frac{100 Q_1^{7/4}}{\partial^{10,4}} = \frac{1000 Q_1^{1,75}}{\partial^{4,75}} \dots \dots \dots (88)$$

Стоимость одного фута уложенной на мѣстѣ трубы, согласно практическимъ даннымъ, можетъ быть выражена формулою:

$$s = k + 2a\partial^{1,55} \dots \dots \dots (89)$$

гдѣ a — стоимость одного фунта чугуна, и k — практическій коэффициентъ, выражающій ту часть стоимости, которая не зависитъ отъ діаметра.

Пусть

b — годовая стоимость перекачиванія 1 куб. фута въ секунду на 1 футъ высоты,

p — проценты на затраченный капиталъ plus проценты погашенія трубной линіи,

то полная годовая стоимость K трубы и перекачиванія, по отношенію къ 1-му футу трубы, будетъ, принимая во вниманіе что эта стоимость зависитъ отъ обыкновеннаго годового расхода Q , такъ какъ пожарный годовой расходъ Q_1 составляетъ только незначительную долю всего годового расхода:

$$K = bJQ + sp = bJQ + pk + 2ap\partial^{1,55}.$$

Для минимума стоимости производная этого уравненія по ∂ (такъ какъ ∂ есть функція скорости v) должна равняться 0, т. е.:

$$\frac{\partial K}{\partial \partial} = - \frac{100 bQ Q_1^{1,75} \cdot 4,75 \partial^{3,75}}{\partial^{9,5}} + 2ap \cdot 1,55 \partial^{0,55} = 0$$

$$\frac{475 bQ Q_1^{1,75}}{\partial^{3,75}} = 3,1 ap \partial^{0,55}$$

$$\frac{475 b}{3,1} \cdot \frac{Q Q_1^{1,75}}{ap} = \partial^{6,3}$$

$$\partial = 153^{\frac{1}{6,3}} \left(\frac{bQ}{ap} \right)^{\frac{7}{6,3}} Q_1^{\frac{1,75}{6,3}}$$

или

$$\partial = 2,22 \left(\frac{bQ}{ap} \right)^{0,16} Q_1^{0,28} \dots \dots \dots (90)$$

Для $Q = Q_1$ последнее уравнение даетъ:

$$\begin{aligned} \partial &= 2,22 \left(\frac{b}{ap} \right)^{0,16} Q^{0,44} \\ \partial^{0,44} &= (2,22)^{\frac{1}{0,44}} \left(\frac{b}{ap} \right)^{\frac{0,16}{0,44}} Q \dots \dots \dots (91) \end{aligned}$$

Для опредѣленія наиболѣе выгодной скорости имѣемъ:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\pi}{4} \left(\frac{\partial}{12} \right)^2 v \\ v &= \frac{4 \cdot 12^2}{\pi} \cdot \frac{Q}{\partial^2} \end{aligned}$$

и подставивъ для Q значеніе изъ (91):

$$v = \frac{4 \cdot 12^2}{\pi} \cdot \frac{\partial^{\frac{1}{0,44}}}{(2,22)^{\frac{1}{0,44}} \left(\frac{b}{ap} \right)^{\frac{0,04}{0,11}}} = 29,93 \partial^{0,27} \left(\frac{ap}{b} \right)^{0,36}$$

или, круглымъ числомъ,

$$v = 30 \partial^{0,27} \left(\frac{ap}{b} \right)^{0,36} \dots \dots \dots (92)$$

Это уравненіе опредѣляетъ экономическую скорость для хозяйственнаго снабженія *). Чтобы получить экономическую скорость для пожарнаго напора напомнимъ уравненіе (90) такъ:

$$\partial = 2,22 \left(\frac{b}{ap} \cdot \frac{Q}{Q_1} \right)^{0,16} Q_1^{0,44}.$$

Последнее уравненіе отличается отъ уравненія (91) только тѣмъ, что дробь въ скобкахъ получила множителя $\frac{Q}{Q_1}$, а внѣ скобки буква Q замѣнена буквой Q_1 ; поэтому легко узнать безъ дальнѣйшаго вывода, принявъ во вниманіе уравненіе (92), что экономическая скорость для пожарнаго напора:

$$v' = 30 \partial^{0,27} \left(\frac{ap}{b} \cdot \frac{Q_1}{Q} \right)^{0,36} \dots \dots \dots (93)$$

*) См. стр. и табл. на стр.

Изъ этого уравненія слѣдуетъ, что экономическая скорость для пожарнаго напора = экономической скорости для хозяйственнаго расхода, умноженной на отношеніе $\frac{Q_1^{0,36}}{Q^{0,36}}$, или, приблизительно, на $\sqrt[3]{\frac{Q_1}{Q}}$, т. е. на кубическій корень отношенія максимальнаго расхода къ обыкновенному. Для малыхъ участковъ Q_1 можетъ превышать Q въ 40 и болѣе разъ, но для большихъ это отношеніе значительно меньше.

Чтобы можно было видѣть въ какомъ отношеніи измѣняется экономическая пожарная скорость съ измѣненіемъ отношенія $\frac{Q_1}{Q}$, приведена слѣдующая таблица, вычисленная по формулѣ (93) при слѣдующихъ предположеніяхъ:

Стоимость 1 фунта чугуна: $a = 1$, процентъ съ капитала = 4, на погашеніе = 1, т. е., $p = 5$.

Таблица XXI экономическихъ пожарныхъ скоростей въ футахъ.

Диаметръ трубы въ дюймахъ.	О т н о ш е н і е: $Q_1 : Q$.				
	2	4	10	25	50
6	2,3	3,0	4,2	5,8	7,4
8	2,5	3,2	4,5	6,2	8,0
10	2,7	3,4	4,7	6,6	8,5
12	2,8	3,6	5,0	7,0	—
16	3,0	3,9	5,4	—	—

Для діаметровъ болѣе 16 дюйм. отношеніе $Q_1 : Q$ почти = 1, такъ что экономическая пожарная скорость только немногимъ больше экономической хозяйственной скорости. Для другихъ значеній a или r нужно данную въ этой таблицѣ скорость v умножить на $a^{0,36}$ или $\left(\frac{r}{5}\right)^{0,36}$.

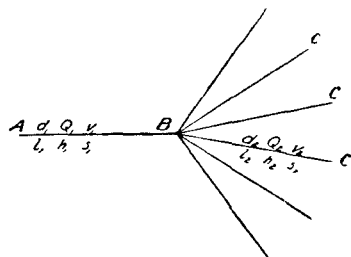
2) Насосная система съ хозяйственнымъ напоромъ, повышаемымъ при тушеніи пожара до высоты пожарнаго напора.

Сѣть въ этомъ случаѣ должна быть устроена такъ, чтобы она давала экономическую скорость для хозяйственнаго напора, опредѣленную уравненіемъ (92) и наиболѣе выгодную скорость во время пожара (уравненіе 93). Такъ какъ обоимъ этимъ условіямъ одновременно въ малыхъ городахъ удовлетворить не всегда возможно, то надо стараться сѣти, рассчитанной на экономическую хозяйственную скорость, дать такое устройство, чтобы пожарная скорость и соответствующій ей напоръ не превышали практическихъ предѣловъ.

Слишкомъ высокій напоръ невыгоденъ, такъ какъ онъ требуетъ большой толщины стѣнокъ, поэтому высота пожарнаго напора въ начальной

точкѣ провода не должна превышать 280 или 300 футовъ; при этомъ напорѣ и высотѣ напора у гидрантовъ = 180 — 230 фут. скорость въ трубахъ будетъ весьма близка къ экономической. Такъ какъ $v' > v$, то для удовлетворенія уравненію (93) можетъ оказаться нужнымъ діаметры нѣкоторыхъ изъ болѣе широкихъ трубъ, рассчитанныхъ на хозяйственную скорость, уменьшить; діаметры узкихъ трубъ останутся безъ измѣненія.

3) Гравитаціонная система съ пожарнымъ напоромъ. Этотъ случай отличается отъ перваго тѣмъ, что высота напора въ начальной точкѣ провода здѣсь постоянная и не можетъ быть увеличена. Когда свободная высота напора, т. е. разность между полной высотой напора и максимальной потерей небольшая и въ какомъ нибудь мѣстѣ для пожарнаго напора не достаточна, то увеличеніе ея можетъ быть достигнуто посредствомъ увеличенія діаметра трубъ, но если послѣднее потребуетъ большихъ добавочныхъ расходовъ, то можетъ оказаться болѣе выгоднымъ употребить для тушенія пожарные насосы, которые впрочемъ всегда необходимо имѣть въ запасѣ на случай необыкновенно большого пожара.



Черт. 168.

Когда извѣстна потеря напора между запаснымъ резервуаромъ A и данной точкой C города (черт. 168), то важное значеніе имѣетъ задача: опредѣлить правильное распредѣленіе этой потери между широкими и узкими трубами.

Пусть d_1, Q_1, v_1, l_1, h_1 и J_1 (соотвѣтственно): діаметръ, расходъ, скорость, длина, потеря напора и гидравлическое паденіе для главной трубы AB , и d_2, Q_2, v_2, l_2, h_2 и J_2 — тѣ же величины для каждой изъ узкихъ трубъ BC , n — число вѣтвей и h — полная (данная) потеря напора отъ A до C , то

$$h = h_1 + h_2. \quad (94)$$

Полная стоимость системы, по формулѣ (89):

$$K = k(l_1 + nl_2) + 2a(l_1 d_1^{1.55} + nl_2 d_2^{1.55}).$$

Формула (88) даетъ:

$$d = \frac{100^{0.79} Q^{0.79}}{J^{0.79}} = \frac{100^{0.21} Q^{0.37}}{J^{0.21}}$$

и такъ какъ

$$J = \frac{h}{l}$$

$$\partial^{1,55} = \frac{100^{0,325} Q^{0,57} l^{0,325}}{h^{0,325}}$$

$$K = k(l_1 + nl_2) + 2a \left(\frac{l_1^{1,325} Q_1^{0,57}}{h_1^{0,325}} + \frac{nQ_2^{0,57} l_2^{1,325}}{h_2^{0,325}} \right). \quad (95)$$

Дифференціаль уравненія (94) (такъ какъ h —величина постоянная):

$$0 = \partial h_1 + \partial h_2.$$

Если производную уравненія (95) поставимъ = 0 и примемъ во вниманіе, что $\partial h_1 = -\partial h_2$, то получимъ:

$$\frac{Q_1^{0,57} l_1^{1,325}}{h_1^{1,325}} = \frac{nQ_2^{0,57} l_2^{1,325}}{h_2^{1,325}}$$

или, поставивъ $\frac{h_1}{l_1} = J_1$, $\frac{h_2}{l_2} = J_2$,

$$\frac{Q_1^{0,57}}{J_1^{0,325}} = \frac{nQ_2^{0,57}}{J_2^{0,325}},$$

откуда, экономическое отношеніе гидравлическихъ паденій вдоль AB и BC :

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{1}{n^{0,75}} \cdot \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^{0,43}$$

и съ достаточной для практики точностью:

$$\frac{J_1}{J_2} = \left(\frac{Q_1}{n^2 Q_2} \right)^{0,4}. \quad (96)$$

Когда $Q_1 = nQ_2$, т. е. когда во время пожара всѣ вѣтви AC доставляютъ одинаковое количество воды, то

$$\frac{J_1}{J_2} = \left(\frac{1}{n} \right)^{0,4}, \quad (97)$$

т. е. гидравлическія паденія въ трубахъ AB и BC должны относиться $1:n^{0,4}$. Когда напр. одна труба развѣтвляется на 8 другихъ, то отношеніе паденія должно равняться $1:8^{0,4} = 1:2,3$.

Если $Q_2 = mQ_1$ и діаметры всѣхъ m вѣтвей равны, то по (96) $(Q_2 = \frac{Q_1}{m})$:

$$\frac{J_1}{J_2} = \left(\frac{m}{n^2} \right)^{0,4}. \quad (98)$$

Такъ для $m = 3$:

$$\frac{J_1}{J_2} = \left(\frac{3}{8^2} \right)^{0,4} = 1:3,4.$$

Поэтому, напр., при полном падении $J = \frac{1}{350}$ имѣли бы:

$$J_1 = \frac{1}{1540}, \quad J_2 = \frac{1}{453} = \frac{3,4}{1540}.$$

Изъ этого примѣра видно, что во время пожара большая часть потери напора происходитъ въ узкихъ трубахъ.

4) Насосная или гравитационная система съ хозяйственнымъ напоромъ. Высота напора въ этомъ случаѣ опредѣлена условіемъ, что трубы и гидранты должны во время пожара доставлять пожарнымъ насосамъ максимальный пожарный расходъ воды безъ всасыванія. Задача однородна съ предыдущимъ случаемъ.

160. Потеря напора въ разводящихъ (узкихъ) трубахъ. Для облегченія выбора діаметровъ разводящихъ трубъ полезно составить таблицу потерь напора въ трубахъ разныхъ діаметровъ, происходящихъ при доставкѣ разнаго числа струй опредѣленнаго количества воды. На стр. 226 помѣщена такая таблица, составленная помощью диаграммы черт. 49 при предположеніи, что расходъ одной пожарной струи = 80 ведеръ въ минуту; потери напора выражены въ футахъ по отношенію къ 1000 фут. длины.

Изъ этой таблицы легко узнать, что при данномъ числѣ струй выборъ будетъ ограниченъ вообще двумя или тремя діаметрами, потому что съ измѣненіемъ діаметра черезъ 2 дюйма (какъ принято въ таблицѣ), потеря напора сильно измѣняется. Обыкновеннымъ расходомъ для трубъ, снабжающихъ небольшую площадь, можно пренебрегать, а болѣе значительные хозяйственные расходы слѣдуетъ замѣнять эквивалентнымъ числомъ пожарныхъ струй, потому что тогда и для широкихъ трубъ можно будетъ пользоваться предыдущей таблицей.

Если бы, напр., требовалось по разсматриваемой трубѣ провести 8 струй, то можно бы употребить діаметры 10, 12, 14 и 16 дюймовъ. Но 10-дюймовая труба даетъ очень большую потерю напора (43 фута на 1000 фут.), а 16-дюймовая — можетъ представлять высокую стоимость вслѣдствіе большого діаметра, и для выбора остаются діаметры 12 и 14 дм. Потери напора въ послѣднихъ равны (соотвѣтственно) 10,5 и 5 фут. на 1000 фут.; при малой длинѣ трубы и большомъ запасѣ напора будетъ заслуживать предпочтенія труба 12 дм., а въ противномъ случаѣ — 14 дм. Но при ограниченной высотѣ свободнаго напора можетъ оказаться нужнымъ взять 16 дм., что будетъ выгоднѣе и тогда, когда хозяйственный расходъ мало отличается отъ пожарнаго, такъ что обусловленное послѣднимъ увеличеніе діаметра незначительно. Такимъ же образомъ узнаемъ, что для 6 струй нужно взять трубу 10 или 12 дюймовъ, для 5 струй — 12 или 14 дм. и т. д.

Т а б л и ц а XXII.

Число попарныхъ струй, по 80 веревъ въ минуту.	Діаметръ трубы въ дюймахъ.															
	4		6		8		10		12		14		16		20	
	Скорость.	Потеря напора.	Скорость.	Потеря напора.	Скорость.	Потеря напора.	Скорость.	Потеря напора.	Скорость.	Потеря напора.	Скорость.	Потеря напора.	Скорость.	Потеря напора.	Скорость.	Потеря напора.
1	6,4	5,0	2,9	7,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	5,8	2,5	3,2	6,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	8,6	5,2	4,9	12,8	3,1	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	6,5	22	4,2	7,4	2,8	3,2	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	7,9	32	5,1	10,9	3,5	4,5	2,6	2,2	—	—	—	—
6	—	—	—	—	9,6	43	6,2	15	4,2	6,1	3,0	3,1	2,4	1,6	—	—
8	—	—	—	—	—	—	8,2	25	5,7	10,5	4,2	5,0	3,2	2,7	—	—
10	—	—	—	—	—	—	10,2	37	7,1	15,4	5,2	7,3	4,0	3,9	2,6	1,4
12	—	—	—	—	—	—	—	—	8,6	22	6,3	10,2	4,8	5,3	3,1	1,9
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,4	17	6,4	9,0	4,1	3,2
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,0	13	5,1	4,7
25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,5	7,0
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,8	9,5
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,0
																6,5
																4,5
																2,3
																3,1
																0,9

Таблица XXII составлена для притока воды съ одного только конца, но ею можно пользоваться и для притока съ двухъ концовъ, принявъ число струй равнымъ половинѣ дѣйствительнаго числа; такъ напр., при надобности 10 струй, въ таблицѣ дѣйствительны числа, данныя для 5 струй и т. д.

Часто бываетъ нужно опредѣлить діаметръ одной трубы, которая давала бы такую же потерю напора, какъ нѣсколько трубъ другихъ діаметровъ. Въ слѣдующей таблицѣ приведены относительныя числа расходовъ трубъ разныхъ діаметровъ, соотвѣствующихъ одной и той же потерѣ напора; за единицу принять расходъ трубы діаметра 4 дм.

Т а б л и ц а XXIII.

Діаметръ трубы, въ дюймахъ . . .	4	6	8	10	12	14	16	20	24	30	36
Относительный расходъ воды . . .	1	3	6,5	12	20	30	43	80	130	235	390

Изъ этой таблицы видно, что при одинаковой потерѣ напора, напр., 14 дюймовая труба доставитъ такое же количество воды, какъ 30 трубъ въ 4 дм., или—12 трубъ въ 10 дм., также, что трубу въ 14 дм. можно замѣнить слѣдующими 6 трубами: одной въ 10 дм., двумя въ 8 дм., одной въ 6 дм. и двумя въ 4 дм.

161. Задачи относительно движенія воды въ сложномъ проводѣ. При проектированіи сѣти приходится часто сталкиваться съ слѣдующими задачами:

а) Определить потерю напора въ трубѣ переменнаго діаметра.

б) Определить потерю напора между двумя данными точками для двухъ или болѣе трубъ.

Обѣ эти задачи рѣшаются легко помощью уравненій, приведенныхъ въ главѣ I (напорные проводы), но практически рѣшеніе упрощается посредствомъ опредѣленія такой одной трубы, которая по отношенію къ потерѣ напора была бы эквивалентна данной комбинаціи трубъ.

Задача а). Данная труба состоитъ изъ частей, длиной $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$, которыхъ діаметры (соотвѣтственно) $d_1, d_2, d_3 \dots d_n$; вся длина ея $L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n$. Определить діаметръ d такой трубы, которая при той же длинѣ L давала бы такую же потерю напора, какъ и данная труба.

Задаемся произвольнымъ, по данной трубѣ болѣе или менѣе соотвѣствующимъ расходомъ q . Опредѣляемъ для каждой изъ частей $l_1, l_2 \dots$ соотвѣствующую ей потерю $h_1, h_2 \dots$ въ зависимости отъ расхода q и діаметра $d_1, d_2 \dots$; полная потеря будетъ:

$$H = h_1 + h_2 + \dots + h_n.$$

Для расхода q и потери напора H (или паденія $\frac{H}{L}$) находимъ діаметръ d , который будетъ искомымъ.

Примѣръ. Определить діаметръ трубы длиною 1600 фут., которой потеря напора точно такая, какъ въ трубѣ, состоящей изъ слѣдующихъ 3-хъ частей:

$$d = 4 \text{ дм. на протяженіи } l = 300 \text{ фут.,}$$

$$d = 6 \text{ » » » } l = 500 \text{ »}$$

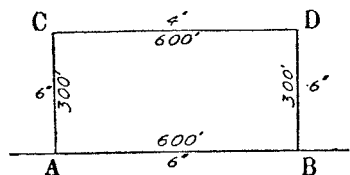
$$d = 8 \text{ » » » } l = 800 \text{ »}$$

Задача рѣшается легко помощью діаграммы (черт. 49). Задаемся какимъ нибудь расходомъ такъ, чтобы скорость въ этихъ трубахъ заключалась въ практическихъ предѣлахъ. При употребленіи діаграммы (черт. 49) этими предѣлами суть 0,7 и 10 фут. въ секунду. Возьмемъ $q = 0,9$ куб. фут., получаемъ помощью этой діаграммы слѣдующія потери h напора:

для $d=4$ дм. и $h=120$ фт. на 1000 фт.; на 300 фт. $= 120 \cdot 0,3 = 36$ фт.,
 » $d=6$ » » $h=17$ » » 1000 » » 500 » $= 17 \cdot 0,5 = 8,5$ »
 » $d=8$ » » $h=4,5$ » » 1000 » » 800 » $= 4,5 \cdot 0,8 = 3,6$ »

Всего $H=48,1$ фт.

Вся потеря напора въ данной трубѣ, которой длина 1600 футовъ, $H=48,1$ фут.; по отношенію къ 1000 фут. это составитъ $\frac{48,1}{1600} \cdot 1000 = 30$ фут. Помощью діаграммы получаемъ, что діаметръ трубы, которой потеря напора при расходѣ 0,9 куб. фут. въ сек. $= 30$ фут. на 1000 фут., равняется 5,3 дюйм. Этотъ діаметръ можетъ быть употребленъ для трубы AB длиною 1600 фут. при всѣхъ расчетахъ, въ которые будетъ входить вся труба AB .



Черт. 169.

Задача б). Определить діаметръ трубы AB , эквивалентной по отношенію къ потерѣ напора 4-мъ трубамъ: AC , CD , DB и AB (черт. 169), которыхъ длины (соотвѣтственно) l_1 , l_2 , l_3 и l_4 , а діаметры: d_1 , d_2 , d_3 и d_4 .

Сначала опредѣляемъ, такимъ же образомъ какъ въ предыдущемъ случаѣ, діаметръ d_a трубы длиной $l_1 + l_2 + l_3$, эквивалентной трубамъ $AC + CD + DB$.

Задавшись какимъ нибудь расходомъ q , находимъ:

для трубы AC въ зависимости отъ q и d_1 потерю h_1 на длину l_1 ,
 » » CD » » » q и d_2 » h_2 » » l_2 ,
 » » DB » » » q и d_3 » h_3 » » l_3 .

Полная потеря $h = h_1 + h_2 + h_3$; опредѣляемъ для потери h и расхода q діаметръ d_a .

Теперь имѣемъ систему двухъ трубъ: трубу $ACDB$ діаметра d_a и трубу AB діаметра d_4 . Потеря напора должна быть одинакова какъ по линіи $ACDB$, такъ и линіи AB . Задаемъя нѣкоторой потерей p , будемъ имѣть:

гидравлическое паденіе для $ACDB$: $i_1 = \frac{p}{l_1 + l_2 + l_3}$,

и » » » AB : $i_4 = \frac{p}{l_4}$.

Опредѣляемъ:

для паденія i_1 и діаметра d_a : расходъ q_1 ,

» » i_4 » » d_4 : расходъ q_4 .

Полный расходъ:

$$Q = q_1 + q_4.$$

Паденіе эквивалентной трубы $= \frac{p}{l_4} = i_4$. Находимъ для расхода Q и паденія i_4 діаметръ d . Теперь можно данный четырехугольникъ $ACDBA$ замѣнить трубой AB діаметра d .

Примѣръ. Опредѣлить діаметръ трубы, эквивалентной прямоугольнику $ACDBA$, составленному изъ колѣнъ, которыхъ діаметры и длины указаны на черт. 169 (принимая во вниманіе однѣ только потери отъ тренія).

Рѣшимъ эту задачу помощью діаграммы черт. 49. Опредѣлимъ сначала діаметръ трубы, эквивалентной части $ACDB$. Положимъ напр., $q = 0,5$ куб. фут., получаемъ:

$$\text{для } d = 4 \text{ дм.}, \quad l = 600 \text{ фут.}, \quad h = \frac{42}{1000} \cdot 600 = 25,2 \text{ фут.},$$

$$\text{» } d = 6 \text{ » } \quad l = 600 \text{ » } \quad h = \frac{6,5}{1000} \cdot 600 = 3,9 \text{ »}$$

$$\text{Итого} \quad . \quad . \quad h = 29,1 \text{ фут.}$$

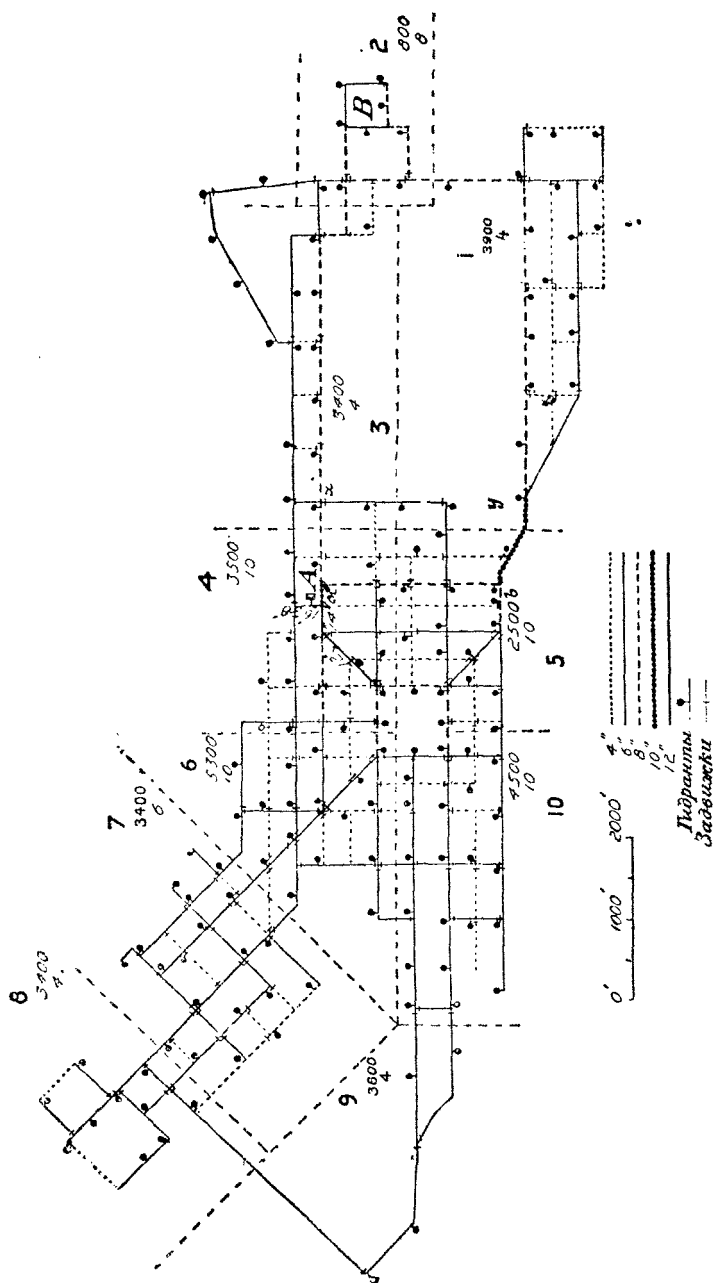
Для $h = 29$ фут. и $q = 0,5$ куб. фут. діаграмма даетъ $d = 4,5$ дм.

Теперь замѣняемъ данныя трубы AC , CD и DB трубой $ACDB$ постоянного діаметра 4,5 дм.

Потеря напора отъ A до B по окольному пути $ACDB$ должна быть = потерѣ по прямому пути AB . Задаемся какойнибудь потерей p ; положимъ напр., $p = 24$ фут., т. е. принимаемъ, что потеря напора какъ въ ломанной трубѣ $ACDB$ діаметра 4,5 дм., такъ и въ прямой AB діаметра 6 дм. равняется 24 фут. и опредѣляемъ соотвѣтствующіе той и другой расходы воды. Для прямого пути AB имѣемъ: $d = 6$ дм., $l = 600$ фут., потеря напора на 600 ф. = 24 ф., поэтому на 1 000 ф. $h = \frac{24}{600} \cdot 1000 = 40$ фут. Этой потерѣ соотвѣтствуетъ расходъ $q_1 = 1,5$ куб. фут. въ секунду. Для трубы $ACDB$ $d = 4,5$ дм., $l = 600 + 300 + 300 = 1200$ фут., и потеря напора = 24 фут., слѣдовательно, потеря напора на 1 000 фут. = $\frac{24}{1200} \cdot 1000 = 20$ фут. Эта потеря даетъ для трубы 4,5 дм. расходъ $q_2 = 0,45$ куб. фут. въ сек. Полный расходъ прямоугольника $ACDBA$: $q = q_1 + q_2 = 1,5 + 0,45 = 1,95$ куб. фут. Діаметръ трубы, которой расходъ 1,95 куб. фут. и потеря напора 40 фут. на 1 000 (т. е. 24 фут. на 600 фут.) равняется около 6,8 дм.

Если бы отъ A до B вода проходила по тремъ или болѣе трубамъ, то ходъ рѣшенія былъ бы такой же, какъ въ предыдущемъ случаѣ, въ которомъ было принято движеніе по двумъ трубамъ: AB и $ACDB$. Когда длина всѣхъ трубъ одинакова, то относительные расходы опредѣляются проще помощью таблицы XXIII.

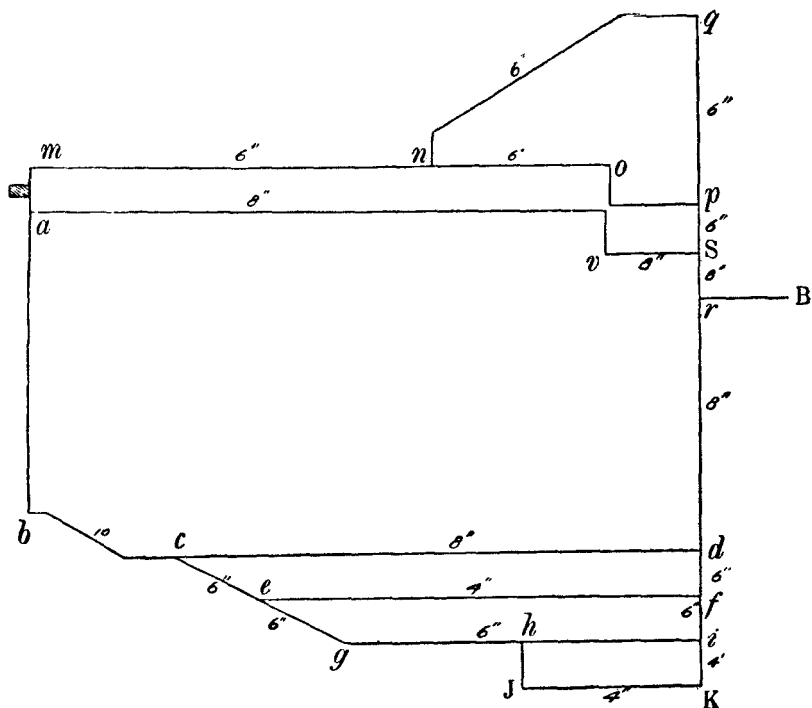
На практикѣ задача бываетъ обыкновенно сложнѣе рассмотрѣнной



Черт. 170.

здѣсь, такъ какъ между *A* и *B* могутъ быть поперечныя и другія трубы,

которыя измѣняютъ направленіе теченія неопредѣленнымъ вообще образомъ. Въ такомъ случаѣ дѣлають по отношенію къ направленію теченія предположенія, кажушіяся наиболѣе вѣроятными и элиминируютъ нѣкоторыя изъ поперечныхъ узкихъ трубъ для того, чтобы получить по возможности простую систему. Дѣлая предположенія касательно относительнаго движенія въ разныхъ линіяхъ нужно имѣть въ виду очень большое



Черт. 171.

вліяніе діаметра и сравнительно незначительное вліяніе длины. Эти вліянія выражаются приблизительно величинами $\delta^{1/2}$ и $l^{1/2}$ (по формулѣ (21):

$$Q = \left(\frac{h}{0.35} \right)^{1/2} \cdot \frac{\delta^{1/2}}{l^{1/2}}.$$

Для уясненія способа рѣшенія сложной задачи опредѣлимъ (приблизительно) потерю напора отъ насосной станціи А (черт. 170) до точки В, въ которой требуется 8 пожарныхъ струй.

Сдѣлаемъ сначала расчетъ безъ включенія хозяйственнаго расхода и чтобы упростить и сдѣлать возможнымъ рѣшеніе, пропустимъ нѣкоторыя менѣе важныя (узкія и короткія) поперечныя трубы. Данный планъ получить вслѣдствіе того видъ черт. 171; всѣ трубы между *ab* и *xy*, на черт. 170, замѣнимъ на черт. 171 эквивалентной трубой діаметра 12 дм.

Для рѣшенія задачи опредѣлимъ діаметръ такой трубы, которая была бы эквивалентна данной системѣ. Потеря напора въ этой эквивалентной трубѣ будетъ требуемая.

Эквивалентная труба получится слѣдующимъ образомъ: Начинаемъ съ 4 угольника $hjk\bar{h}$, и опредѣляемъ для него эквивалентную трубу hi (задача б). Такъ какъ діаметръ трубы $hjk\bar{h}$ постоянный, то задаемся нѣкоторой общей потерей p для hi и $hjk\bar{h}$. Если обозначимъ діаметръ и длину: для трубы hi черезъ d_1 и l_1 , а для трубы $hjk\bar{h}$ черезъ d_2 и l_2 , то для hi гидравлическое паденіе $= \frac{p}{l_1}$, а для $hjk\bar{h} = \frac{p}{l_2}$; опредѣляемъ расходъ g_1 , соотвѣтствующій d_1 и $\frac{p}{l_1}$, и расходъ g_2 для d_2 и $\frac{p}{l_2}$, послѣ чего находимъ діаметръ d такой трубы hi , которая при расходѣ $q_1 + q_2$ имѣла бы паденіе $\frac{p}{l_1}$. Обозначимъ этотъ діаметръ черезъ d_a ; прямоугольникъ $hjk\bar{h}$ можно теперь замѣнить одной трубой hi діаметра d_a .

Въ подлежащемъ случаѣ

$$d_1 = 6 \text{ дм. } l_1 = 1\,200 \text{ фут.}$$

$$d_2 = 4 \text{ дм. } l_2 = 1\,800 \text{ фут.}$$

Принимаемъ $p = 24$ ф., получаемъ по отношенію къ 1 000 футамъ:

$$J_1 = \frac{p}{l_1} = \frac{24}{1\,200} \cdot 1\,000 = 20$$

$$J_2 = \frac{p}{l_2} = \frac{24}{1\,800} \cdot 1\,000 = 13,3$$

Для $J_1 = 20$ и $d_1 = 6$ діаграмма даетъ: $q_1 = 1,0$ куб. ф. для $J_2 = 13,3$ и $d_2 = 4$, $q_2 = 0,24$

$$q_1 + q_2 = 1,24 \text{ куб. фут.}$$

Такъ какъ $hi = 1\,200$, то для $l = 1\,200$ и $q = 1,24$ діаметръ $d = 6,5$ дм.

Теперь опредѣляемъ эквивалентную для трубы egh , который $d = 6$ дм. и $l = 1\,870$ фут., — + трубы hi , который $d = 6,5$ д. и $l = 1\,200$, — + трубы if при $d = 6$ д. и $l = 300$ ф. (задача а). Получаемъ при $l = 3\,370$ $d = 6,7$.

Затѣмъ замѣняемъ эту эквивалентную трубу $eghf$ и трубу ef эквивалентной трубой ef , послѣ чего можно уничтожить $eghf$, и т. д. Дальнѣйшій ходъ расчета виденъ изъ слѣдующей таблицы XXIV.

Изъ этого расчета слѣдуетъ, что система abl эквивалентна одной трубѣ діаметра 9,4 дм., которой длина 7 880 фут., а система asl — одной трубѣ діаметра 9,2 дм. длиной 5 100 фт. Объёмъ этимъ трубамъ эквивалентна труба, которой діаметръ 11,3 дм. и длина 5 100 фт. Потеря

Т а б л и ц а XXIV.

Л И Н И Я.	Диаметръ.	Длина.	Эквивалентная труба.		
			Линія.	Диаметръ.	Длина.
<i>hi</i>	6	1200	}	<i>hi</i>	1200
<i>hjk</i>	4	1800			
<i>egh</i>	6	1870	}	<i>ehf</i>	3370
Эквив. <i>hi</i>	6,5	1200			
<i>if</i>	6	300			
Эквив. <i>ehf</i>	6,2	3370	}	<i>ef</i>	3000
<i>ef</i>	4	3000			
<i>ce</i>	6	370	}	<i>cefd</i>	3670
Эквив. <i>cf</i>	6,7	3000			
<i>fd</i>	6	300			
<i>cd</i>	8	3600	}	<i>cd</i>	3600
Эквив. <i>cefd</i>	6,5	3670			
<i>ab</i>	12	1800	}	<i>abl</i>	7880
<i>bs</i>	10	980			
Эквив. <i>cd</i>	9,5	3600			
<i>dl</i>	8	1500			
<i>nqr</i>	6	3300	}	<i>np</i>	2100
<i>nor</i>	6	2100			
<i>amn</i>	6	3000	}	<i>ans</i>	5400
Эквив. <i>np</i>	7,4	2100			
<i>ps</i>	6	300			
Эквив. <i>ans</i>	6,4	5400	}	<i>as</i>	4800
<i>ars</i>	8	4800			
Эквив. <i>as</i>	9,3	4800	}	<i>asl</i>	5100
<i>sl</i>	8	300			
Эквив. <i>abl</i>	9,4	7880	}	<i>al</i>	5100
Эквив. <i>asl</i>	9,2	5100			

напора въ послѣдней для 8 струй по 80 ведеръ (34 куб. фут.) въ минуту = 13,6 фут. на 1000 фут., слѣдовательно полная потеря = около 70 фут. Количество воды, проводимое системой *abl* равняется расходу трубы діаметра 9,4 дм. и длиной 7880 фут. при потерѣ напора 70 фут., оно = около 277 вед. въ минуту; количество проводимое другой системой = 340 вед. въ мин.

При этомъ расчетѣ не было принято во вниманіе хозяйственный расходъ. Такъ какъ послѣдній, отнесенный къ 1 минутѣ, сравнительно съ пожарнымъ весьма незначителенъ, то при опредѣленіи потери напора имъ въ большинствѣ случаевъ можно пренебрегать. Происходящее отъ прибавки хозяйственного расхода увеличеніе потери напора будетъ вообще незначительно, и можетъ быть допускаемо безъ неудобствъ тѣмъ болѣе, что оно будетъ имѣть мѣсто только во время пожара. Проверка на хозяйственный расходъ можетъ оказаться нужной только при гравитацион-

ной системѣ съ постояннымъ хозяйственнымъ напоромъ; расчетъ сѣти въ этомъ послѣднемъ случаѣ уясненъ примѣромъ ниже.

162. Расчетъ трубной сѣти. Для расчета трубной сѣти необходимо имѣть точный планъ города (въ масштабѣ не меньшемъ 50 или 40 саж. въ дюймѣ), на которомъ должны быть нанесены всѣ улицы и переулки, какъ существующія такъ и проектированныя. Ширину улицъ на этомъ планѣ, для большей ясности, наносятъ иногда въ увеличенномъ масштабѣ.

Непрерывныя площади, ограничennыя со всѣхъ сторонъ улицами, или частью улицами и частью естественными границами, называютъ кварталами. Въ каждомъ кварталѣ на планѣ пишутъ число его населенія, увеличенное на соотвѣтственный процентъ прироста; это число можетъ быть опредѣлено только приблизительно въ зависимости отъ настоящей густоты населенія, рода его занятій и степени развитія торговли и промышленности въ разныхъ участкахъ. Обыкновенно кромѣ числа населенія вписываютъ внутри каждого квартала его максимальный расходъ воды. Распределение этого расхода по улицамъ опредѣлено границами владѣній; опредѣливъ полный расходъ улицы представляютъ себѣ его распределеннымъ вдоль улицы равномерно. Употребляемый иногда способъ распределенія расхода по улицамъ помощью биссектрисъ образуемыхъ улицами угловъ неправиленъ, и приводитъ къ невѣрнымъ результатамъ.

Общее правило для опредѣленія цифръ максимальнаго расхода въ разныхъ мѣстахъ, не можетъ быть дано, такъ какъ оно зависитъ отъ особыхъ условій города. Торговые кварталы и центральныя части города требуютъ большого количества воды для многоэтажныхъ зданій, магазиновъ, торговыхъ надобностей, подъемныхъ машинъ, разнаго рода двигателей, прачешныхъ, огнетушителей и т. д. Здѣсь всегда нужны широкія магистрали. Въ обыкновенныхъ жилахъ участкахъ нужны менѣе широкія магистрали, но и здѣсь кромѣ обыкновеннаго расхода воды нужно принимать во вниманіе расходъ на поливку улицъ, площадей и садовъ, и имѣть въ виду будущій приростъ населенія. Характеръ жилыхъ кварталовъ бываетъ весьма различенъ; такъ одни застроены густо небольшими зданіями, а другіе, хотя застроены рѣдко, но дома заняты богатыми жильцами, расходующими много воды; кромѣ того, вслѣдствіе высокой стоимости зданій, противопожарныя условія требуютъ большого количества воды.

Между этими двумя крайностями заключаются предмѣстья, жидко заселенныя жителями средняго класса, съ умѣренными, но постоянно увеличивающимися требованіями, съ банями, садами и т. д. Такимъ образомъ видимъ, что вообще всѣ классы жилыхъ кварталовъ требуютъ обильнаго снабженія водою.

Наиболѣе точныя указанія относительно густоты населенія даютъ періодическія переписи жителей, и статистическія записи. Согласно практическимъ даннымъ можно приблизительно принимать на одного жителя:

а) Для очень густо застроенныхъ кварталовъ съ узкими улицами (какъ напр. въ центральныхъ частяхъ большихъ городовъ), 2—3 кв. саж.

б) Для центральныхъ частей городовъ съ населеніемъ 100 000 и болѣе, 4—6 кв. саж.

в) Для среднихъ городовъ: въ центральной части 8—9 кв. саж., а въ передмѣстьяхъ 10—15 кв. саж.

г) Въ малыхъ городахъ: 20 кв. саж. и болѣе (на окраинахъ до 150 и 200 кв. саж.).

Задавшись, согласно условіямъ участка, числомъ квадратныхъ сажень s на жителя, получаемъ приблизительно число жителей, соответствующее какой нибудь площади этого участка, посредствомъ раздѣленія площади на s . Принявъ (по указаніямъ главы II) опредѣленное число ведеръ на жителя въ сутки, и умноживъ это число на населеніе площади, получимъ соответствующій ей средній хозяйственный расходъ W въ сутки. Максимальный часовой расходъ = приблизительно 2,4 разъ взятому среднему часовому расходу, т. е. $\frac{2,4 W}{24} = 0,1 W$, максимальный расходъ въ минуту = $\frac{0,1 W}{60}$, а максимальный (хозяйственный) расходъ въ секунду:

$$Q = \frac{0,1 W}{3\ 600} = 0,0000278 W \dots\dots\dots (99)$$

На планѣ наносимъ въ каждомъ кварталѣ, кромѣ числа жителей, его максимальный расходъ въ секунду, число нужныхъ одновременно пожарныхъ струй и расходъ струи въ минуту, а также минимальную требуемую высоту напора у гидрантовъ, отнесенную какъ къ постоянной горизонтальной плоскости, такъ и поверхности земли.

Въ цѣли удобнаго контроля утечки воды дѣлятъ городъ на участки такъ, чтобы населеніе участка по возможности не выходило изъ предѣловъ 3 000 до 5 000, и для cadaго участка проектируютъ самостоятельную сѣть. За предѣлы участковъ принимаютъ, гдѣ возможно, существующія въ натурѣ границы.

Главную трубу или магистраль проводимъ по главной улицѣ соответственнаго участка; въ ровной мѣстности желательно провести магистраль по такой улицѣ, которая дѣлитъ участокъ на приблизительно равныя половины, такъ какъ тогда длины приводныхъ трубъ будутъ меньшія. Въ неровной мѣстности слѣдуетъ располагать магистраль по наиболѣе возвышенной улицѣ, такъ что съ нея вода будетъ стекать въ болѣе низкія мѣста.

Когда магистраль вычерчена определяемъ положеніе разводныхъ (узкихъ) трубъ (не имѣющихъ отвлѣтленій); діаметры этихъ трубъ зависятъ отъ числа одновременныхъ пожарныхъ струй, нужныхъ для снабжаемой трубой площади (это число можетъ быть определено по формулѣ (38) (см. также № 152); хозяйственнымъ расходомъ для разводныхъ трубъ можно пренебрегать.

Теперь можно определить положеніе приводныхъ трубъ (магистралей низшаго порядка), питающихъ узкія, и соединеніе ихъ съ главной магистралію участка и съ приводными трубами другихъ участковъ. Діаметры приводныхъ трубъ должны быть определены въ зависимости отъ пожарнаго и хозяйственнаго расхода. Задавшись максимальнымъ числомъ струй въ разныхъ точкахъ, можно будетъ определить потерю напора между гидрантами и началомъ провода, и эта потеря не должна превышать допускаемаго предѣла. Для достиженія возможно большой экономіи полезно пользоваться указаніями № 159.

Когда площадь участка узкая, то исполненіе расчетовъ не представляетъ затрудненія, но съ увеличеніемъ ширины увеличивается сложность расчета. Если, какъ это обыкновенно бываетъ, трубы въ широкихъ участкахъ могутъ получать воду съ обоихъ концовъ, то расчетъ можетъ быть только грубо приближенный, и для возможности исполненія его вообще, нужны нѣкоторыя предположенія. Задача немного упрощается иногда тѣмъ обстоятельствомъ, что широкую систему исполняютъ обыкновенно не сразу, но постепенно, такъ что дѣйствительная потеря напора въ исполненной ранѣе части можетъ быть проверена помощью непосредственнаго измѣренія.

163. Расчетъ діаметра. Если:

Q — максимальное количество воды протекающее въ секунду черезъ данное сѣченіе трубы, въ куб. метр.,

J — гидравлическое паденіе, т. е. отношеніе потери напора h къ соотвѣтственной длинѣ l ,

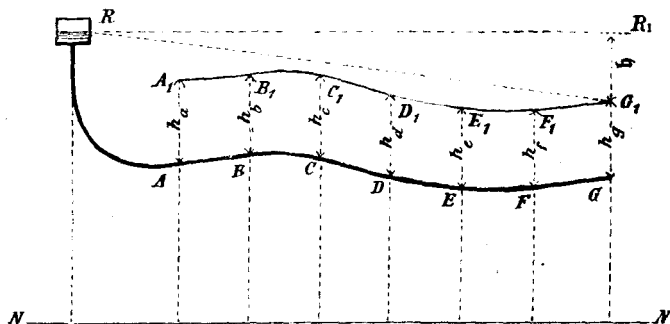
то по (20) діаметръ трубы въ метрахъ:

$$d = 1,45 \sqrt[5]{\frac{Q^2}{c^2 J}} \quad (20)$$

По (17)
$$c = \frac{100V\sqrt{d}}{2b + \sqrt{d}} \quad (17)$$

Количество Q = максимальному расходу, соотвѣтствующему площади, снабжаемой трубой и всѣми ея отвлѣтленіями. Когда извѣстны границы отдѣльныхъ владѣній и направленія теченія, то эта площадь, а слѣдовательно и количество Q , можетъ быть легко определено.

Паденіе J опредѣляется всего проще графически. Положимъ что мѣсто запаснаго резервуара и его высота даны условіями мѣстности. На планѣ наносимъ линію главной трубы, которую продолжаемъ до запаснаго резервуара B , и строимъ ея продольный профиль. Пусть: A, B, C ,



Черт. 172.

D, E, F, G (черт. 172)—важнѣйшія точки этого профиля (отвѣтвленія боковыхъ улицъ и проч.); $h_a, h_b, h_c \dots$ нужны въ этихъ точкахъ минимальныя высоты напора,

RR_1 — горизонталь, проведенная черезъ низшіи уровень воды въ резервуарѣ, и

RG_1 — прямая, соединяющая точку этого уровня съ крайней напорной точкой прохода,

то гидравлическое паденіе J дано уклономъ прямой RG_1 , т. е. тангенсомъ ея угла наклоненія къ горизонту. Такъ какъ J въ этомъ случаѣ постоянно для всего протяженія RAG трубы, то формулу (20) можно написать такъ:

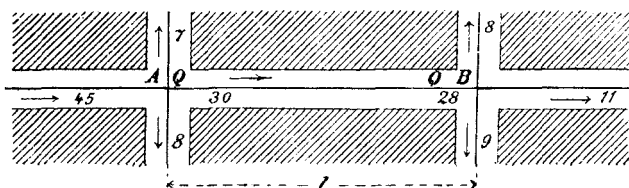
$$d = k \sqrt[5]{\frac{Q^2}{c^2}} \dots \dots \dots (100)$$

въ которой

$$k = \frac{1,45}{\sqrt[5]{J}} \text{ — постоянная.}$$

Вычисленіе діаметра по уравненію (100) усложняется тѣмъ, что коэффициентъ c зависитъ отъ діаметра, который требуется еще опредѣлить, рѣшеніе этого уравненія исполняется, поэтому, по способу приближенія, какъ уяснено въ № 22. Проще цѣль достигается при метрическихъ мѣрахъ—помощію діаграммы Баумейстера (черт. 47), а при футовыхъ—посредствомъ діаграммы черт. 49.

Радиусы трубъ измѣняютъ только въ точкахъ отвѣтвленій, въ которыхъ расходъ сильно мѣняется. Но рассматривая напр. часть AB между



Черт. 173.

двумя точками отвѣтвленій (черт. 173) видимъ что вслѣдствіе отдачи воды въ зданія расходъ уменьшается уже по пути AB . Если:

Q — количество воды протекающее черезъ сѣченіе A , и

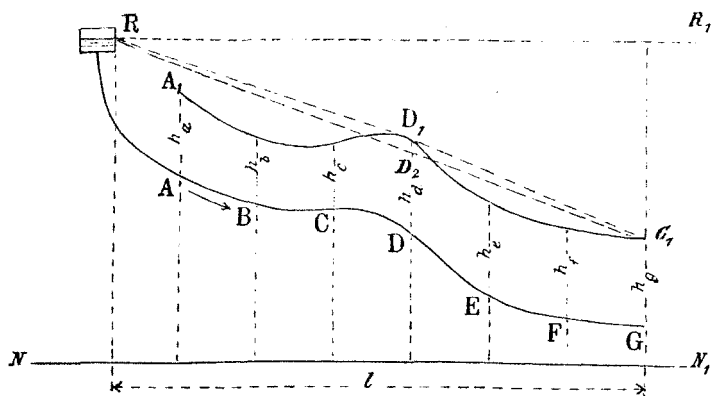
q — количество расходуемое по пути AB

то предполагая, что послѣднее распредѣляется вдоль AB равномерно, потеря напора на протяженіи $l = AB$, по Dupuit:

$$h' = \frac{l}{\delta^5} \left(\frac{Q - 0,45 q}{20} \right)^2 \quad \dots \quad (101)$$

Черезъ сѣченіе B будетъ протекать количество $Q_1 = Q - q$.

Гидравлическое паденіе можетъ быть принято постояннымъ на всемъ протяженіи трубы только въ случаѣ, когда, какъ это принято на черт. 172,



Черт. 174.

прямая RG , не пересѣкаетъ линію $A_1B_1C_1D_1E_1F_1G_1$. Въ противномъ случаѣ, представленномъ на черт. 174 расчетное паденіе J будетъ для верхней части AD трубы дано прямой RD_1 , а для нижней — прямой D_1G_1 .

По указанному здѣсь способу исполняется расчетъ и боковыхъ вѣт-

вей (приводныхъ трубъ). При томъ можетъ оказаться, что для полученія достаточнаго напора въ какой нибудь изъ этихъ вѣтвей, проходящей по возвышенной мѣстности, нужно напорную линію въ соотвѣтственной точкѣ поднять, что можетъ потребовать измѣненіе паденія J .

Полученные этимъ расчетомъ діаметры округляются по слѣдующимъ правиламъ:

1) Для удовлетворенія пожарнымъ цѣлямъ не употребляютъ трубы діаметра меньшаго 3 дм. (8 сантиметр.), а въ большихъ городахъ онъ не долженъ быть меньше 4 дм. (10 см.).

2) Изъ практическихъ соображеній измѣняютъ діаметры черезъ опредѣленные промежутки, соотвѣтственно нормамъ заводовъ, изготовляющихъ чугунныя трубы. Чтобы не увеличивать потери напора слѣдуетъ округлять всегда вверхъ.

3) Потери напора, происходящія въ мѣстахъ отвѣтвленій отъ измѣненія направленія теченія, а также — вслѣдствіе измѣненія діаметровъ, сравнительно съ потерями отъ тренія, столь незначительны, что ими пренебрегаютъ.

Что касается коэффиціента b въ формулѣ (17), то не слѣдуетъ брать его слишкомъ малымъ. При чистой грунтовой водѣ можно причислить чугунныя трубы къ 4-й ($b = 0,27$, таблица I), а при рѣчной — къ 6-й степени шорховатости ($b = 0,45$), но водопроводнымъ трубамъ всего лучше соотвѣтствуетъ 5-я степень, т. е. $b = 0,35$.

Когда высота запаснаго резервуара неизвѣстна, т. е. условіями мѣстности не дана, то опредѣливъ по предыдущему напорную линію $A, B, C, D, \dots$ (черт. 172), для наиболѣе возвышенной и наиболѣе длинной линіи (требующей наибольшей высоты напора) проводимъ изъ наинизшей точки G , линію G, R такъ, чтобы ея паденіе было заключено въ предѣлахъ, встрѣчаемыхъ въ лучшихъ существующихъ водопроводахъ, за которые можно принять 3 — 6‰ и чтобы она не пересѣкала напорную линію A, B, C, D, E, F, G_1 .

164. Расчетъ разводныхъ (узкихъ) трубъ. Вслѣдствіе незначительности хозяйственнаго расхода сравнительно съ пожарнымъ, можно первымъ при расчетѣ узкихъ трубъ пренебрегать.

Мы здѣсь имѣемъ въ виду только широкіе участки, потому что расчетъ въ узкихъ исполняется по изложеннымъ въ предыдущихъ правилахъ.

Въ широкомъ участкѣ сѣтъ состоитъ изъ широкихъ трубъ, расположенныхъ въ большихъ разстояніяхъ, раздѣленныхъ на меньшія помѣщенными между ними въ промежуточныхъ улицахъ и переулкахъ узкими трубами. При правильной формѣ кварталовъ сѣтъ будетъ имѣть приблизительно видъ, изображенный на черт. 175, на которомъ узкія трубы представлены тонкими, а широкія — утолщенными линіями. Такъ какъ

г) Гидранты расположены такъ, что при максимальномъ разстояніи 600 фут. отъ *A* могутъ доставить въ *A* 20 струй.

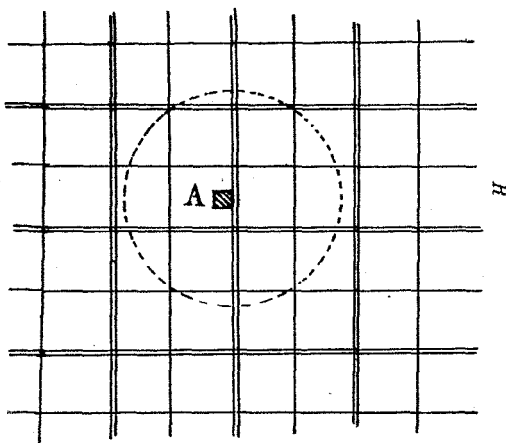
Опишемъ изъ *A* радіусомъ = 600 фут. окружность, видимъ, что она пересѣкаетъ 14 линий трубъ. Можно приблизительно принять, что всѣ эти 14 трубъ доставляютъ воду пожару въ *A* независимо отъ способа размѣщенія гидрантовъ. Въ среднемъ одна труба дастъ $\frac{20}{14} = 1,5$ струй; если расходъ одной струи = 77 ведеръ въ минуту, то пожарный расходъ одной трубы = $1,5 \times 77 = 116$ вед. въ минуту = 0,8 куб. фут. въ секунду. Принявъ діаметръ узкихъ трубъ = 4 дм. получимъ при предположеніи, что каждая труба даетъ одинаковое количество воды (помощью діаграммы черт. 49), потерю напора = 100 фут. на 1 000 фут. (гидравлическое паденіе $\frac{1}{10}$). Такъ какъ столь большая потеря не можетъ быть допущена, то беремъ діаметръ 6 дм., для котораго потеря напора = 15 на 1 000 ($J = \text{около } \frac{1}{67} = 0,015$). Предположеніе равнаго расхода каждой изъ 14 трубъ будетъ приблизительно вѣрно для малой площади, находящейся внутри пространства, ограниченного широкими трубами.

Если бы въ *A* требовалось 30 струй, то при той же окружности каждая изъ пересѣченныхъ ею трубъ должна бы давать $\frac{30}{14} = 2,1$ струй, т. е. 1,2 куб. фут. въ сек. (162 ведра въ мин.); при этомъ расходъ потеря въ 6-дюймовой трубѣ = 30 на 1 000 ($J = \frac{1}{33}$).

Эта потеря слишкомъ значительна, поэтому даемъ сѣти такое устройство, чтобы въ одномъ направленіи лежали 6 дюймовыя, а въ другомъ — 8 дюймовыя трубы. Окружность на черт. 174 пересѣкаетъ 6 вертикальныхъ и 8 горизонтальныхъ трубъ; если для 8 дюймовыхъ возьмемъ меньшее число, то ихъ нужно уложить по вертикальному направленію и окружность пересѣчетъ тогда 6 восьмидюймовыхъ и 8 шестидюймовыхъ трубъ. Изъ таблицы XXIII получаемъ, что относительный расходъ воды шести 8 дюймовыхъ трубъ = $6,5 \times 6 = 39$, онѣ, поэтому, равномѣрны $\frac{39}{3} = 13$ шестидюймовымъ трубамъ, т. е. система равномѣрна 13 + 8 = 21 шестидюймовой трубѣ; расходъ одной такой трубы будетъ опредѣленъ $\frac{30}{21} = 1,5$ струями и потеря напора понизится до 15 на 1 000.

Такіе же результаты получились бы и при расположеніи черт. 177. въ которомъ какъ по вертикальному, такъ и горизонтальному направленію 8-дюймовыя трубы чередуются съ 6-дюймовыми. Если бы въ *A* требовалось болѣе 30 струй, то можно бы всѣ трубы сдѣлать 8 дюймовыми или — чередовать 8 дюймовыя съ 10 дюймовыми и т. д. Устройство будетъ вообще дешевле, если вмѣсто увеличенія діаметровъ всѣхъ трубъ употребимъ 1 или 2 широкія трубы, по длинны узкихъ трубъ не должны

быть слишкомъ значительны для расположенныхъ на нихъ гидрантовъ, число которыхъ опредѣлено нужнымъ числомъ струй. Потеря напора въ каждомъ изъ этихъ случаевъ опредѣляется (приблизительно) по способу, указанному, для черт. 175.



Черт. 177.

Для облегченія выбора диаметровъ трубъ и расположенія ихъ въ планѣ при данномъ числѣ пожарныхъ струй составлена слѣдующая таблица, въ которой приведены приблизительныя числа струй, соответствующія разнымъ расположеніямъ трубъ, при потерѣ напора около 23 фут. на первыхъ 1 000 фут. длины, примакающей къ центрально расположенному гидранту; для дру-

гихъ гидрантовъ, которыхъ кругъ дѣйствія пересѣкаетъ широкія трубы, потеря будетъ меньше.

Таблица XXV.—Приблизительное число пожарныхъ струй, соответствующее потерѣ напора = 23 фут. на первыхъ 1 000 фут.

Размѣры кварталовъ.	РАСПОЛОЖЕНІЕ ТРУБЪ.	Число струй.
300 фут. на 300 фут.	Всѣ трубы 4 дюймовыя	9
	4 дюйма вдоль, 6 поперекъ	18
	Всѣ по 6 дм.	25
	6 и 8 дм.	40
	Всѣ по 8 дм.	60
	6 и 10 дм.	65
300 и 600 фут.	Всѣ по 4 дм.	6
	4 и 6 дм.	10
	Всѣ по 6 дм.	20
	6 и 8 дм.	25
	Всѣ по 8 дм.	40
	6 и 10 дм.	40
	6 и 12 дм.	50

При предѣльномъ гидравлическомъ паденіи меньшемъ 0,023 и числа пожарныхъ струй будутъ соотвѣтственно меньше; при болѣе значительномъ паденіи число пожарныхъ струй было бы больше, но повышать паденіе выше 0,023 невыгодно и только въ крайнемъ случаѣ оно можетъ быть увеличено до 0,03.

165. Расчетъ широкихъ трубъ. Магистралы и приводныя трубы нужно рассчитать на пожарный и хозяйственный расходъ.

Если бы не было хозяйственного расхода и только одинъ пожарный, то для опредѣленія положенія и діаметровъ приводныхъ трубъ были бы дѣйствительны тѣ же правила, какія изложены въ предыдущемъ для узкихъ трубъ, т. е. наиболѣе правильная система состояла бы изъ сѣти трубъ постояннаго діаметра, окруженной трубами большого діаметра, для того чтобы по периметру давленіе было одинаково. Вода могла бы быть тогда сосредоточена для пожарныхъ цѣлей съ наименьшей потерей напора и кромѣ этихъ окружныхъ трубъ не были бы нужны никакія другія широкія трубы. Но вслѣдствіе необходимости включить въ расчетъ и хозяйственный расходъ, который отъ начальной точки провода по направлению къ конечной постепенно уменьшается, нужны трубы уменьшающихся въ томъ же направленіи діаметровъ. При проектированіи послѣднихъ должна быть принята во вниманіе возможность исключенія изъ дѣйствія одной изъ главныхъ трубъ во время пожара, а узкимъ трубамъ нужно дать такое устройство, чтобы онѣ могли получать воду съ обоихъ концовъ.

Способъ проектированія широкихъ трубъ уяснимъ примѣромъ. Пусть *AB* и *BC* (черт. 175)—крайнія трубы одного изъ широкихъ участков и *DA* — магистраль, получающая воду со стороны *D*. Планъ города представляетъ кварталы, длиной 600 и шириной 300 фут. Черезъ каждыя 1800 фут. въ томъ и другомъ направленіи предположено укладывать широкія трубы; между каждыми двумя широкими трубами помѣщены параллельно *DA* пять, а перпендикулярно къ *DA* — двѣ линіи узкихъ трубъ, которыхъ діаметръ въ зависимости отъ нужнаго въ одной точкѣ числа струй принять = 6 дм. Требуется опредѣлить (приблизительно) діаметры широкихъ трубъ *EG*, *EB*, *BH* и *HG* и потерю напора между *D* и точкой *Z* отдѣленія *EBHG*, наиболѣе удаленнаго отъ *D*. при предположеніи, что вблизи *Z* нужны 20 пожарныхъ струй по 77 ведеръ, т. е. 1540 ведеръ или 670 куб. фут. въ минуту и кромѣ того—120 ведеръ (52 куб. фут.) въ минуту для хозяйственныхъ цѣлей. Последнее число получено слѣдующимъ образомъ. Отдѣленіе занимаетъ площадь около 66 120 кв. саж.; при предположеніи, что въ зависимости отъ густоты населенія соотвѣтствуютъ одному жителю 6 кв. саж., населеніе отдѣленія = $\frac{66\ 120}{6} = 11\ 020$ человѣкъ. Принявъ на человѣка въ сутки 6,5 ве-

дерь, максимальный расход на человѣка въ часъ будетъ $\frac{6,5}{24} \cdot 2,4 = 0,65$ вед., слѣдовательно, максимальный расходъ въ минуту для всего отдѣленія $= \frac{11\,020 \times 0,65}{60} = 120$ ведеръ.

Пренебрегая для узкихъ трубъ хозяйственнымъ расходомъ (который въ часы максимальнаго расхода составляетъ только $\frac{120}{1\,540} = 0,08$ -ю часть пожарнаго), получаемъ по таблицѣ XXV потерю напора 23 фута на 1 000 фут. Линія *ЕВ* питаетъ 5 шестидюймовыхъ трубъ, изъ которыхъ 3 могутъ понадобиться во время пожара для доставки около 6 струй (по 2 на трубу); труба *ЕВ* должна поэтому доставить 6 струй; чтобы потеря напора не была очень большая, а также для удовлетворенія условію наименьшей стоимости (№ 157), по таблицѣ XXII получаемъ, что діаметръ ея долженъ равняться около 12 дм. Поэтому ставимъ вдоль *ЕВ* трубу діаметра 12 дм. и такой же діаметръ даемъ трубѣ *ВН*.

Можно принять, что труба *ГН* должна доставлять столько же или даже немного больше струй, чѣмъ труба *ЕВ*, т. е. не менѣе 6 струй; часть этихъ струй будетъ доставлена 6 дюймовыми трубами, находящимися между *ГН* и *ЖК*, но *ГН* должна отчасти снабжать и трубу *ВН*. Таблица XXIII показываетъ, что 5 шестидюймовыхъ трубъ почти равномѣрны одной 10-дюймовой (отношеніе ихъ $= 15:12$), діаметръ трубы *ГН* долженъ быть, слѣдовательно, немного больше 10 дм.; беремъ 12 дм.

Такимъ образомъ получено, что отдѣленіе *ЕВНГ* окружено 12-дюймовыми трубами.

Такъ какъ всѣ трубы сѣти могутъ получать воду съ обоихъ концовъ, то количество воды, доставляемое каждой изъ широкихъ трубъ, трудно опредѣлить, потому что оно зависитъ отъ относительнаго напора въ разныхъ мѣстахъ, который, вслѣдствіе хозяйственнаго разбора, вообще постоянно мѣняется. Приблизительно потеря напора отъ *D* до *Z* получится слѣдующимъ образомъ:

Если возьмемъ напр. участокъ *FJKH*, состоящій изъ двухъ отдѣленій, то видимъ, что онъ имѣетъ 10 продольныхъ и 4 поперечныхъ, всего 14 шестидюймовыхъ и 3 продольныхъ + 2 поперечныхъ, т. е. пять 12-дюймовыхъ трубъ. Изъ таблицы XXIII получаемъ, что 6-дюймовыя трубы равномѣрны $14 \times 3 = 42$, а 12-дюймовыя — $5 \times 20 = 100$ четырехдюймовымъ трубамъ; отношеніе расхода тѣхъ и другихъ $= \frac{42}{100} =$ около $\frac{1}{2}$, т. е. при принятомъ на черт. 166 устройствѣ, узкія трубы могутъ доставить около половины того количества, что широкія (исключая широкія трубы вблизи *D*, которыхъ діаметры больше 12 дм.). Мы можемъ, поэтому, проектировать широкія трубы такъ, чтобы: а) онѣ доставляли $\frac{2}{3}$ всего требуемаго количества, принявъ въ то же время, для удовлетворенія возможнымъ случайностямъ, что одна изъ широкихъ трубъ, доставляющая

воду одному отдѣленію, находится въ бездѣйствіи, или б) широкія трубы доставляютъ все требуемое количество, а узкія служатъ только запасомъ. Въ томъ и другомъ случаѣ приближительная потеря отъ D до Z можетъ быть опредѣлена подобнымъ образомъ, какъ было уяснено въ предыдущемъ №, для узкихъ трубъ, а именно: проводимъ линіи $ab, cd \dots$ въ такомъ направленіи, чтобы онѣ по возможности точно представляли для широкихъ трубъ линіи равнаго давленія (эти линіи замѣняютъ здѣсь окружность чертежа 176). Такъ какъ при направленіи воды къ точкѣ Z пойдетъ по трубамъ справа DA гораздо большее количество, чѣмъ по трубамъ слѣва DA , то потеря напора въ послѣднихъ будетъ меньше, вслѣдствіе чего кривыя влѣво поднимаются, и, вообще, не продолжаются слѣва $E'L'$, потому что мало вѣроятно, чтобы къ Z притекала вода изъ широкихъ трубъ, находящихся слѣва $E'L'$. Записываемъ число и размѣры широкихъ трубъ, пересѣченныхъ каждой изъ равнонапорныхъ линій $ab, cd, ef \dots$ и дѣйствуемъ слѣдующимъ образомъ:

Линія ab пересѣкаетъ четыре 12-дюймовыя трубы, которыя должны доставить воду отсѣченной ею площади $abBA$. Изъ чертежа получаемъ, что площадь $abBA =$ около $1\frac{3}{4}$ отдѣленій, равныхъ EH ; такъ какъ хозяйственный расходъ одного отдѣленія $= 120$ вед., то для площади $abBA$ онъ $= 120 \times 1\frac{3}{4} = 210$ вед. Сѣченію ab соответствуетъ такимъ образомъ расходъ $210 + 1540 = 1750$. Двѣ трети этого расхода, т. е. 1167 ведеръ, должны доставить 4 широкія трубы, изъ которыхъ оставивъ одну для запаса, будутъ во время пожара въ дѣйствіи три, поэтому расходъ одной трубы $= \frac{1167}{3} = 389$ ведеръ въ минуту, или 2,7 куб. фут. въ секунду. Діаграмма черт. 49 даетъ для этого расхода при $d = 12$ дм. потерю 5 фут. на 1000.

Площадь, заключенная между ab и $cd =$ почти точно $2\frac{3}{4}$ отдѣленій, поэтому ея хозяйственный расходъ $= 120 \times 2\frac{3}{4} = 330$ вед. въ мин., черезъ сѣченіе cd протекаютъ, слѣдовательно. $330 + 1750 = 2180$ вед. въ мин. $\frac{2}{3}$ этого количества $= 1453$ вед. должны провести широкія трубы, пересѣченные въ F и J ; расходъ одной трубы будетъ $\frac{1453}{4} = 363$ ведра въ мин. $=$ около 2,7 куб. фут. въ сек. Этому расходу соответствуетъ потеря около 4,5 фут. на 1000.

Такимъ же образомъ получаемъ, что для сѣченія ef расходъ $= 2700$ вед.; $\frac{2}{3}$ этого расхода $= 1800$ вед.; при 4-хъ трубахъ въ дѣйствіи расходъ одной трубы $= \frac{1800}{4} = 450$ вед. въ мин. $= 3.3$ куб. фут. въ сек. и потеря напора 5.5 фут. на 1000.

Дальше по направленію къ D можно принять, что все количество проходить по одной 20-дюймовой и одной 16-дюймовой трубѣ. что даетъ потерю около 5 фут.

Черезъ 24-дюймовую трубу проходить въ минуту 2770 вед.=20 кб. фут. въ сек.; потеря напора 6 фут. на 1000.

Теперь можно опредѣлить величины потерь напора между сѣченіями ab , cd , ef ..., въ зависимости отъ среднихъ разстояній этихъ сѣченій. Такъ какъ длина каждаго изъ малыхъ прямоугольниковъ, представляющихъ кварталы города, равна 600 фут., а ширина 300 фут., то разстояніе между ab и cd , въ среднемъ, =1800 фут. Для ab потеря напора на 1000 = 5 ф., а для cd — 4,5 ф., слѣдовательно, между ab и cd потеря въ среднемъ = $\frac{5+4,5}{2}$ = 4,8 фут. на 1000 фут., и на 1800 фут. она = $4,8 \times 1,8$ = 8,64 фут. Средняя потеря между cd и ef = $\frac{4,5+5,5}{2}$ = 5,0 фут. на 1000; разстояніе между cd и ef тоже 1800 фут., поэтому потеря отъ cd до ef (приблизительно) = $5,0 \times 1,8$ = 9,0 фут.

Между ef и gh разстояніе = 900 фут., средняя потеря = $\frac{5,5+5,0}{2}$ = 5,25 фут. на 1000, и на 900 ф. — 4,73 ф.; отъ gh до D (l =800 ф.) потеря=4,4 фут. Если къ этому прибавимъ потерю въ 6-дюймовой трубѣ (около 23 фут.), то получимъ, что полная потеря отъ D до Z ,

$$H = 8,64 + 9,0 + 4,73 + 4,4 + 23,0 = 49,77$$

или круглымъ числомъ

$$H = 50 \text{ фут.}$$

Если бы резервуаръ былъ устроенъ въ A или выше A , то почти всѣ 12-дюймовыя трубы могли бы быть уменьшены до 10 или 8 дм., а нѣкоторыя изъ нихъ—можетъ даже до 6 дм. Расходъ трубъ уменьшился бы почти на половину и потеря напора была бы значительно меньше. Но тогда магистраль на всемъ протяженіи DA должна бы получить діаметръ 20 дм.

Уясненный въ предыдущемъ примѣрѣ способъ проектированія широкой сѣти трубъ можетъ быть примѣняемъ и для такихъ участковъ, кварталы которыхъ не представляютъ правильныхъ фигуръ; этотъ примѣръ можетъ служить образцомъ во всѣхъ случаяхъ, когда успѣшному противодействию пожарамъ придается большое значеніе.

Примѣръ. На черт. 170 представленъ планъ сѣти трубъ для города, котораго населеніе, увеличенное на приростъ 20 лѣтъ, равняется 32 300 человекъ. Городъ раздѣленъ на 10 участковъ въ зависимости отъ главныхъ артерій и мѣстныхъ условій; въ участкѣ № 2 находятся большіе заводы; участокъ № 9 малое предмѣстье. Изъ написанныхъ на планѣ возлѣ каждаго номера участка чиселъ верхнее выражаетъ будущее населеніе участка, а нижнее — число пужныхъ для него одновременно пожарныхъ струй по 50 ведеръ въ минуту. Результаты расчета приведены

въ слѣдующей таблицѣ XXVI. Для хозяйственного расхода принято въ среднемъ 6 ведеръ въ сутки на человѣка, или $\frac{6}{24} = \frac{1}{4}$ ведра въ часъ. Максимальный часовой расходъ въ 2,4 разъ больше среднего, т. е. $= 2,4 \times \frac{1}{4} = 0,6$ и въ минуту: $\frac{0,6}{60} = 0,01$ вед.

Диаметры трубъ опредѣлены при условіи, чтобы въ наиболѣе удаленномъ гидрантѣ потеря напора не превышала 90 фут.; пожарный напоръ у насосной станціи А принять = 270 фут. (8 атмосферъ). Мѣстность ровная.

Т а б л и ц а XXVI.

№ участка.	Будущее населеніе участковъ.	Максимальный хозяйственный расходъ въ минуту. ВЕДРА.	Число пожарныхъ струй.	Максимальный пожарный расходъ въ минуту. ВЕДРА.	Полный максимальный расходъ въ минуту. ВЕДРА.
1	3 900	39	4	200	239
2	800	8	8	400	408
3	3 400	34	4	200	234
4	3 500	35	6	300	335
5	2 500	25	6	300	325
6	5 300	53	10	500	553
7	3 400	34	6	300	334
8	3 400	34	4	200	234
9	1 600	16	4	200	216
10	4 500	45	6	300	345
Весь городъ.	32 300	323	16	800	1 123

Кромѣ принятаго на планѣ черт. 170 способа распредѣленія трубъ возможны другіе варианты, не менѣе, а можетъ быть и болѣе выгодныя. Наиболѣе выгодное распредѣленіе въ каждомъ данномъ случаѣ можетъ быть найдено только опытнымъ путемъ.

Другой способъ опредѣленія диаметровъ трубъ сѣти уясненъ въ примѣрѣ № 167.

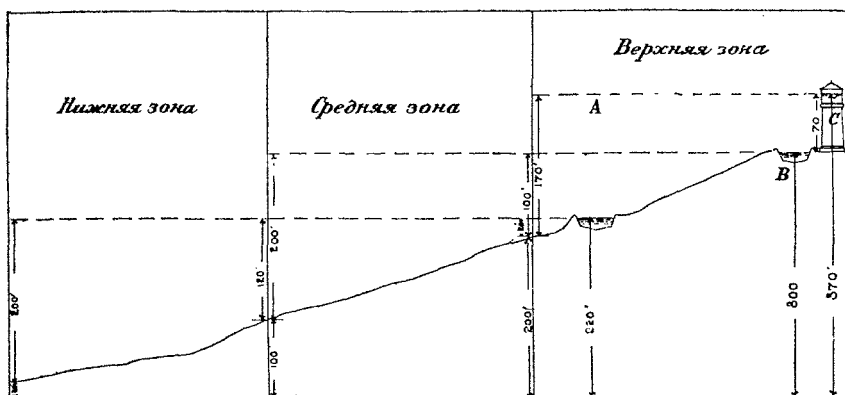
Водонапорныя зоны.

166. Высота зоны. Съ увеличеніемъ давленія въ сѣти увеличивается вѣсъ, а съ вѣсомъ—стоимость трубъ и опасность разрыва ихъ. Практика установила, что статическій напоръ въ трубахъ не долженъ превышать 300 фут. (около 9 атмосферъ); такая высота напора можетъ быть допускаема для большихъ городовъ; въ городахъ средней величины полезно

считать за максимумъ статической высоты напора 200 фут. (№ 153). При болѣе значительной высотѣ требуемаго напора дѣлать городъ въ вертикальномъ направленіи на зоны (пояса); максимальная высота зоны определена разностью между наибольшей высотой статическаго и наименьшей гидравлическаго напора. Для большихъ городовъ этими предѣлами можно считать 300 и 200 фут., а для средних—200 и 100 фут. (№ 153), такъ что въ обоихъ случаяхъ получаемъ для высоты зоны около 100 фут.

Устройство сѣти при раздѣленіи города на зоны можетъ быть различно:

1) Каждая зона можетъ представлять независимую сѣть съ отдѣльной насосной станціей, или даже—съ отдѣльнымъ источникомъ снабженія, или



Черт. 178.

2) насосы верхней зоны берутъ воду изъ резервуара нижней зоны, или
3) устроена одна общая насосная станція для всѣхъ зонъ.

При гравитационной системѣ раздѣленіе на зоны устраиваютъ часто такимъ образомъ, что нижняя зона получаетъ воду самотекомъ, а верхняя снабжается насосами. Наболѣе цѣлесообразное дѣйствіе опредѣляется главнымъ образомъ стоимостью устройства и эксплуатаціи насосной системы. Для малыхъ городовъ самостоятельныя насосныя станціи въ каждой зонѣ вообще не экономичны и въ нихъ выгоднѣе устроить одну общую насосную станцію, а при небольшой разности напоровъ можно даже попеременно пользоваться одними и тѣми же насосами для разныхъ зонъ. Во всѣхъ случаяхъ зоны должны быть соединены между собою такимъ образомъ, чтобы въ случаѣ надобности и особенно въ цѣли тушенія пожаровъ, можно было и въ нижнихъ зонахъ пользоваться запасомъ воды верхнихъ зонъ.

На черт. 178 представленъ продольный профиль магистрали, требующей раздѣленія на 3 зоны, такъ какъ разность высотъ = 280 фут. Высота нижней зоны, которая наболѣе густо заселена, въ цѣли получения

по возможности высокаго гидравлическаго напора, принята = 80 фут., а высоты средней и верхней зонъ—по 100 фут. Статическая высота напора для первыхъ двухъ зонъ взята = 200 фут. по отношенію къ наинижней точкѣ; въ наивысшей точкѣ нижней зоны она = $200 - 80 = 120$ ф., а въ наивысшей точкѣ средней $200 - 100 = 100$ фут.; нижняя зона снабжается резервуаромъ А, а средняя—резервуаромъ В; для верхней зоны построена башня С съ бакомъ, въ которомъ горизонтъ воды выпяется надъ поверхностью земли на 70 фут.; такая высота оказалась достаточной вслѣдствіе малой густоты населенія этой зоны.

Въ слѣдующемъ примѣрѣ принято, что городъ расположенъ на неровной мѣстности, и вслѣдствіе большой разности высотъ раздѣленъ на 2 зоны. Для снабженія нижней зоны служить запасный резервуаръ; онъ помѣщенъ въ верхней зонѣ на такой высотѣ, что во всѣхъ точкахъ нижней зоны вода получается съ достаточнымъ напоромъ. Для регулированія напора въ верхней зонѣ построена напорная башня, бакъ которой долженъ вмѣщать 5 — 6-часовой расходъ. Рядомъ съ резервуаромъ нижней зоны помѣщена насосная станція; насосы берутъ воду изъ этого резервуара и гонятъ ее въ бакъ, изъ котораго она переходитъ въ магистраль верхней зоны; труба, соединяющая насосы съ бакомъ отдаетъ уже по пути воду пересѣченнымъ ею мѣстностямъ. Когда верхняя зона очень мала, то башня можетъ быть замѣнена напорной колонной.

167. Примѣръ расчета распределительной сѣти при раздѣленіи города на зоны. Населеніе города 60 000; въ зависимости отъ топографическихъ условій онъ раздѣленъ на 2 зоны такъ, что населеніе верхней зоны 40 000, а нижней — 20 000.

Принимаемъ на человѣка въ сутки 9 ведеръ; нижняя зона потребуетъ $40\,000 \times 9 = 360\,000$, а верхняя — 180 000 ведеръ.

Емкость резервуара нижней зоны дѣлаемъ равной ея суточному расходу, т. е. 360 000 вед. или 156 456 кб. фут. Рядомъ съ этимъ резервуаромъ проектируемъ насосную станцію для накачиванія воды въ напорную башню верхней зоны. Доставку воды въ башню устраиваемъ такъ, чтобы во время остановки машинъ ночью объемъ воды въ бакѣ былъ не меньше половины его емкости и чтобы во все остальное время бакъ по возможности оставался полнымъ.

Емкость бака принята = 6-часовому расходу: такъ какъ населеніе верхней зоны = 20 000, то полезный объемъ бака = $\frac{20\,000 \times 9}{24} = 75\,000$ вед. = 32 590 кб. фут.

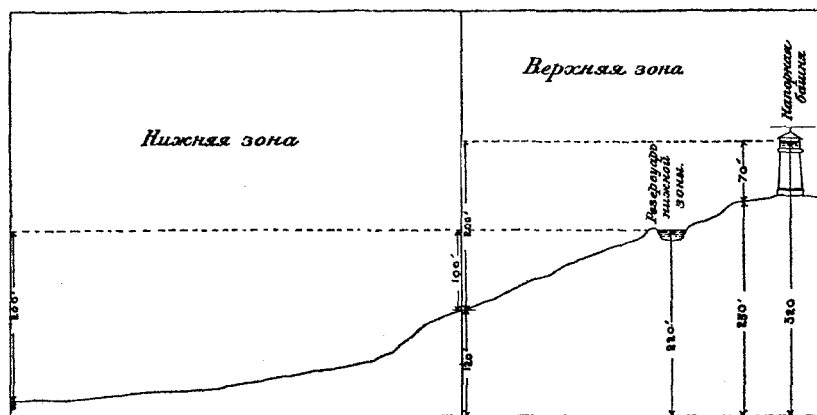
Густота населенія. Въ торговыхъ участкахъ населеніе состоитъ изъ постоянныхъ содержателей лавокъ и магазиновъ и прочихъ постоянныхъ жителей. Въ жилыхъ участкахъ наиболѣе густо населенные кварталы тѣ, которые примыкаютъ къ центральнымъ и торговымъ; чѣмъ дальше отъ

центра, тѣмъ меньше густота населенія; жилые кварталы состоятельныхъ жителей находятся въ верхней зонѣ.

Согласно статистическимъ даннымъ принимаемъ на одного жителя:

Въ густо населенной центральной части: 7 кв. саж.; въ торговыхъ и промышленныхъ участкахъ (включая боковыя улицы и площади): 12 кв. саж.; въ наиболѣе удаленныхъ отъ центра предмѣстьяхъ: 40 до 100 кв. саж.

Водопроводные участки. Городъ дѣлимъ на участки съ населеніемъ около 3 000 каждый; число участковъ будетъ, поэтому 20, изъ



Черт. 179.

которыхъ 13 находятся въ нижней, а 7 — въ верхней зонѣ. Площади отдѣльныхъ участковъ приблизительно слѣдующія:

въ наиболѣе густо населенныхъ участкахъ: $3\,000 \times 7 = 21\,000$ кв. саж.,
въ торговыхъ и промышленныхъ участкахъ: $3\,000 \times 12 = 36\,000$ кв. саж.,
въ предмѣстьяхъ: $3\,000 \times 40 = 120\,000$ кв. саж. и больше.

Для каждаго участка проектируемъ самостоятельную сѣть, имѣющую сообщеніе съ главной магистралію *MN* (черт. 180) въ одной только точкѣ *M*; на отвѣтвленіи между *M* и *h*, въ точкѣ *z*, помѣщаемъ водомѣръ Вентури (№ 25).

На черт. 179 представленъ продольный профиль главной магистраліи. Вертикальное разстояніе наивысшей точки отъ наинизшей въ нижней зонѣ принято $= 100$ фут.; резервуаръ этой зоны устроенъ на 100 фут. выше наивысшей точки ея, такъ что статическій напоръ нижней зоны заключенъ въ предѣлахъ 100—200 фут.

Для верхней зоны разность высотъ крайнихъ точекъ $= 250 - 120 = 130$ фут., а напорная башня проектирована на мѣстности, которая на 10 фут. выше наивысшей точки зоны и высота ея сдѣлана $= 60$ фут.

Въ наивысшей точкѣ этой зоны статическій напоръ $= 60 + 10 = 70$ фут., а въ наинизшей: $130 + 10 + 60 = 200$ фут. Высота верхней зоны могла быть взята больше высоты нижней вслѣдствіе ея меньшей густоты населенія, такъ какъ наиболѣе густо населенные кварталы находятся въ нижней зонѣ.

Главная магистраль. Исходящая отъ источниковъ главная магистраль проведена кратчайшей улицей къ резервуару нижней зоны, а отъ послѣдняго — къ насосному зданію, соединенному нагнетательной трубой съ бакомъ напорной башни.

Магистраль нижней зоны. Разстояніе резервуара нижней зоны отъ центра участка $= 3$ версты $= 10\,500$ фут. Максимальный часовой расходъ принимаемъ равнымъ двойному часовому расходу, т. е. на одного жителя $\frac{2 \times 9}{24} = \frac{3}{4}$ и для всего участка: $\frac{3}{4} \cdot 40\,000 = 30\,000$ ведеръ или $13\,050$ куб. фут., слѣдовательно, въ секунду (круглымъ числомъ) $3,7$ куб. фут.

Высота напора въ наивысшей точкѣ зоны $= 100$ фут., а въ наинизшей — 200 фут., въ среднемъ: $\frac{200 + 100}{2} = 150$ фут. Если примемъ, что въ часы максимальнаго расхода потеря напора должна равняться 25% послѣдняго, т. е. $150 \times 0,25 = 38$ фут. на $10\,500$ фут., то для $1\,000$ фут. она $= 3,6$ фут. Помощью діаграммы черт. 49 получаемъ, что для расхода $3,7$ куб. фут., при потерѣ напора $3,6$ фут. нужна труба діаметра 15 дм. Этотъ діаметръ получить магистраль на протяженіи отъ резервуара до перваго отвлѣченія, а затѣмъ онъ уменьшается соотвѣтственно уменьшенію расхода. Уменьшеніе происходитъ въ каждой точкѣ, въ которой съ магистралью соединена съѣзъ соотвѣтственнаго участка и мы предполагаемъ, что другихъ отвлѣченій магистраль не имѣетъ. Такихъ точекъ магистраль нижней зоны имѣетъ 13 , соотвѣтственно числу ея водопроводныхъ участковъ.

Первое уменьшеніе до 14 дм. сдѣлано послѣ отвлѣченія трубы перваго участка, затѣмъ этотъ діаметръ сохраненъ постояннымъ до центра города, такъ какъ важно имѣть въ центрѣ трубу съ большимъ запасомъ. Вслѣдствіе послѣдняго обстоятельства отъ магистрали въ 14 дм. отвлѣчаются приводныя трубы (магистралі 2-го порядка) участковъ $2, 3, 4, 5, 6, 7$ и 8 .

Такъ какъ число всѣхъ участковъ нижней зоны 13 , то послѣ снабженія восьми участковъ остается еще доставить воду пяти участкамъ; нужное для нихъ количество воды $= 5 \cdot \frac{3,7}{13} = 1,423$ куб. фут. въ сек. При томъ же гидравлическомъ паденіи, что прежде, т. е. $3,6$ фут. на $1\,000$, діаграмма черт. 49 даетъ $d > 10$ дм.; вслѣдствіе важности центральныхъ участковъ и такъ какъ діаметръ 11 дм. рѣдко употребляется, беремъ $d = 12$ дм. и этотъ діаметръ оставляемъ для участковъ 9 и 10 , вслѣдствіе ихъ высокаго положенія. Участки 11 и 12 находятся въ низкой

мѣстности, поэтому діаметръ соотвѣтствующей имъ части магистрали опредѣляемъ въ зависимости отъ расхода, который здѣсь $= \frac{3,7}{13} \cdot 3 = 0,854$ кб. фут. При предположеніи прежняго гидравлическаго паденія (3,6 на 1 000) діаграмма черт. 49 даетъ для расхода 0,854 кб. фут. въ сек., $d > 8$ дм.; беремъ $d = 9$ дм. Отъ этой 9-дюймовой магистрали отвѣтвляется и труба участка 13, послѣ чего достаточенъ діаметръ 7 дм.

Магистраль верхней зоны. Эта магистраль питаетъ участки 14 до 20; такъ какъ населеніе верхней зоны равно половинѣ нижней, то расходъ ея магистрали $= \frac{3,7}{2} = 1,85$ кб. фут. въ секунду.

Изъ черт. 179 видно, что средняя высота напора въ этой зонѣ $= \frac{70+200}{2} = 135$ фут.; разстояніе отъ напорной башни до центра зоны $=$ около $2\frac{1}{4}$ верстъ. Потерю напора въ магистрали примемъ опять $= 25\%$ средняго напора, т. е. $\frac{135}{4} = 4,32$ ф. на длину $2\frac{1}{4}$ версты или 7 880 ф., слѣдовательно, по отношенію къ 1 000 фут. — 4,32 фут. Для расхода 1,85 кб. фут. при потерѣ 4,32 фут. на 1 000 діаграмма черт. 49 даетъ $d > 11$ дм.; беремъ 12 дм.

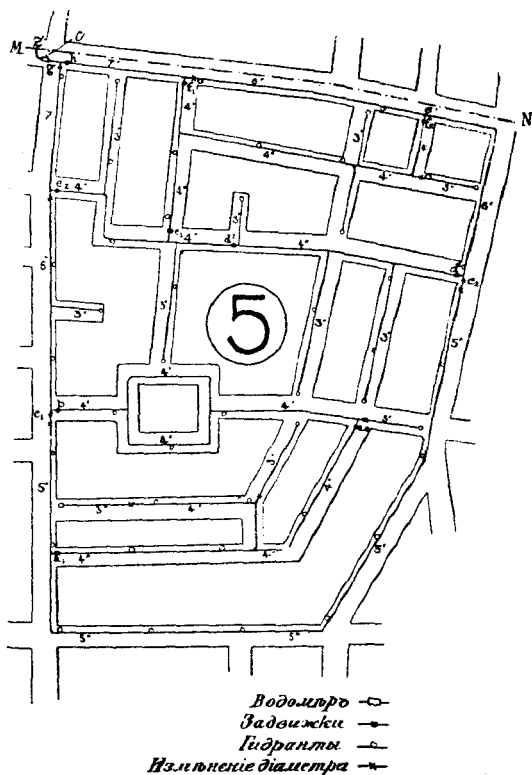
Сейчасъ послѣ выхода изъ башни магистраль развѣтвляется влѣво и вправо, причемъ лѣвая питаетъ 4, а правая — 3 водопроводныхъ участка; расчетные расходы этихъ участковъ, поэтому, $= \frac{4}{7} \cdot 1,85$ и $\frac{3}{7} \cdot 1,85$; такимъ же образомъ какъ прежде, получаемъ для лѣвой вѣтви $d = 10$ дм. и для правой — $d = 9$ дм. Діаметръ лѣвой уменьшается затѣмъ до 8 и 6 дм., а правой — до 8, 7 и 6 дм.

Приводныя и разводныя трубы. Максимальный расходъ воды въ нижней зонѣ 3,7 кб. фут. въ секунду; такъ какъ эта зона раздѣлена на 13 почти одинаковыхъ участковъ, то расходъ одной зоны $= \frac{3,7}{13} = 0,28$ кб. фут. въ сек. При томъ же гидравлическомъ паденіи, что прежде, т. е. 3,6 фут. на 1 000, діаграмма черт. 49 даетъ $d = 5,5$ дм., т. е. $d = 6$ дм. Минимальный діаметръ главныхъ приводныхъ трубъ (магистралей второго порядка) равенъ, слѣдовательно, 6 дм., но для наиболѣе важныхъ центральныхъ участковъ и для тѣхъ, которые расположены на возвышенныхъ мѣстахъ, беремъ $d = 7$ дм. Въ данномъ случаѣ центральными участками суть: участки 3, 4, 5, 6, 9, 10 и 13, а возвышенными: участки 1, 4, 5 и 9; въ прочихъ участкахъ $d = 6$ дм.

Въ верхней зонѣ 7 дюймовъ принято только для участковъ 14 и 15, занимающихъ самыя высокія положенія; въ прочихъ участкахъ этой зоны главные приводныя трубы 6-дюймовыя.

Для уясненія устройства сѣти въ участкахъ разсмотримъ участокъ 5 болѣе подробно (черт. 180). Діаметръ приводной трубы, согласно предыдущему, взять $= 7$ дм.: она отвѣтвляется отъ главной магистрали *MN*

въ точкѣ z ; между z и g помѣщенъ водомѣръ Вентури (№ 25) (указанный маленькимъ прямоугольничкомъ v); кромѣ точки z съѣзъ этого участка не имѣетъ съ главной магистралію MN никакого другого сообщенія. Семидюймовая труба направляется отъ g внизъ и вправо до первыхъ точекъ отвлѣтленія e_2 и f_1 ; такое устройство принято съ той цѣлью, чтобы въ случаѣ надобности можно было снабжать весь участокъ одной только вѣтвью gf_1 или — вѣтвью ge_2 . Отъ e_2 до c_1 и отъ f_1 до c_2 діаметръ трубы = 6 дм., а затѣмъ на всемъ протяженіи между c_1 и c_2 , окружающемъ этотъ участокъ, $d = 5$ дм. Діаметръ меньшій 5 дм. для приводныхъ трубъ употреблять не слѣдуетъ.



Черт. 180.

Діаметры разводныхъ трубъ внутри участка приняты равными 4 и 3 дм., причемъ 3 дм. взято для тѣхъ трубъ, отъ которыхъ не выходятъ никакія отвлѣтленія. Рассчитывать разводныя трубы такъ же подробно, какъ приводныя, при принятой величинѣ участковъ было бы излишне. Когда участокъ длинный и узкій, то питающая его труба рассчитывается такимъ же образомъ, какъ главная магистраль.

Три дюйма нужно считать какъ крайнее минимумъ діаметра, потому, что уже и этотъ размѣръ не всегда бываетъ достаточенъ для тушенія пожаровъ; кромѣ того при меньшемъ діаметрѣ трубы быстро засоряются. Такъ какъ разница въ стоимости трубъ въ 3 и 4 дм. небольшая, то лучше діаметръ 3 дм. для трубъ сѣти совсѣмъ не употреблять.

Распределительную сѣть слѣдуетъ всегда устраивать по круговой системѣ, т. е. такъ, чтобы трубы могли получать воду съ двухъ концовъ. Какъ выше было сказано, круговая система лучше обезпечиваетъ непрерывность доставки воды, застаиваніе воды менѣе возможно и количество, которое можетъ доставить одна труба, увеличивается вдвое, что весьма полезно въ пожарномъ отношеніи. На черт. 171 только 3-дюймовыя трубы

не имѣютъ циркуляціи. Задвижки на этомъ чертежѣ указаны черными, а гидранты—бѣлыми кружками. Диаметры гидрантовъ $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ дм.; гидрантъ діаметра 2 дм. на 3-дюймовой трубѣ можетъ дать въ минуту при имѣющемся въ разсматриваемой сѣти напорѣ, отъ 20 до 35 ведеръ (смотря по высотѣ напора). Возлѣ особенно большихъ зданій ставятъ иногда гидранты исключительно большихъ размѣровъ, получающіе воду непосредственно изъ магистралей. Въ болѣе значительныхъ городахъ и 3-дюймовыя трубы, на которыхъ устроены гидранты, должны получать воду съ двухъ концовъ.

Задвижки внутри участковъ имѣютъ двоякую цѣль: 1) возможность выключенія небольшой длины провода, ограниченной двумя смежными задвижками, напр., въ случаѣ порчи трубы; это не представитъ никакого неудобства при системѣ циркуляціи, дающей возможность пускать воду съ другого конца, когда одинъ конецъ закрыть и 2) задвижки облегчаютъ контроль относительно разбрасыванія или утечки воды, такъ какъ помощью ихъ можно участокъ разбить на нѣсколько отдѣльныхъ секцій.

На послѣднее обстоятельство нужно обратить вниманіе уже при проектированіи сѣти и распредѣлять задвижки такъ, чтобы сѣть была раздѣлена ими на рядъ секцій, изъ которыхъ каждая для цѣлей чистки или починки могла бы быть исключена изъ дѣйствія независимо отъ остальной части сѣти. На чертежѣ 171 трубная сѣть разбита задвижками на 8 секцій. Когда хотятъ опредѣлить величину утечки воды и мѣсто гдѣ она происходитъ, то снабжаютъ водомѣръ чистой бумагой, пускаютъ его часовой механизмъ и черезъ извѣстные, предварительно условленные, равныя промежутки времени закрываютъ постепенно задвижки, начиная съ наиболѣе удаленной отъ водомѣра. Въ участкѣ 5 закрыванія будутъ слѣдовать въ такомъ порядкѣ: 1) задвижка a_1 ; 2) задвижка b ; 3) задвижки c_1 и c_2 ; 4) задвижки d_1 и d_2 ; 5) задвижки e_1 и e_2 ; 6) задвижки f_1 и f_2 ; 7) задвижка g ; 8) задвижка h .

Тѣ номера закрываній, при которыхъ замѣчается утечка воды, записываются особо и подвергаются затѣмъ подробному изслѣдованію.

ГЛАВА IX.

Т р у б ы.

168. Матеріалъ. Достоинство трубъ опредѣляется ихъ крѣпостью, дешевизной и долговѣчностью. Относительное значеніе этихъ свойствъ бываетъ въ разныхъ случаяхъ различно, и отъ него зависитъ главнымъ образомъ выборъ матеріала.

Водопроводныя трубы изготовляютъ изъ различныхъ матеріаловъ: чугуна, желѣза, стали, дерева, цемента, гончарной глины, свинца, толя и

др. Для трубъ малыхъ и среднихъ діаметровъ, для отвѣтвленій и фасонныхъ частей вообще, наиболѣе удобнымъ матеріаломъ является чугуны, а для трубъ большихъ діаметровъ, при большихъ напорахъ, въ мѣстахъ трудно доступныхъ для осмотра, гдѣ трубы подвергаются сотрясеніямъ, толчкамъ, изгибу, и гдѣ требуется легковѣсный проводъ—сталь. При очень низкихъ напорахъ выгодны гончарныя трубы. Деревянныя трубы въ случаѣ, когда вода не назначается для питья и приготовленія кушанья, могутъ быть употребляемы при низкихъ давленіяхъ въ мѣстахъ подверженныхъ перемѣнамъ температуры, и тамъ, гдѣ по ограниченности средствъ металлическія трубы вслѣдствіе ихъ высокой стоимости недоступны.

169. Внѣшнія силы. Водопроводныя трубы подвергаются дѣйствію слѣдующихъ силъ:

- 1) Внутреннему давленію или напору воды;
- 2) Внѣшнему давленію земли или воды;
- 3) Силамъ обусловленнымъ перемѣнами температуры, и
- 4) Ударамъ и сотрясеніямъ при перевозкѣ, нагрузкѣ и выгрузкѣ.

170. Напоръ воды. Трубы подвергаются статическому и динамическому напору воды. Статическій напоръ образуется ночью во время отсутствія разбора, а гидравлическій зависитъ отъ разныхъ внѣшнихъ причинъ, какъ: скорости воды, длины трубы, продолжительности времени закрыванія задвижекъ, крановъ и гидрантовъ и т. д.

При всякомъ уменьшеніи скорости вслѣдствіе закрыванія задвижки происходитъ гидравлическій ударъ, сила котораго пропорціональна длинѣ трубы и скорости воды, и обратно пропорціональна продолжительности закрыванія (№ 26). Въ трубахъ малыхъ діаметровъ давленіе отъ гидравлическаго удара можетъ достигнуть 7 атмосферъ; въ широкихъ трубахъ безъ отвѣтвленій съ предохранительными клапанами, при осторожномъ обращеніи съ замыкающими приборами, оно можетъ быть сдѣлано вполнѣ безопаснымъ, особенно для стальныхъ и деревянныхъ трубъ. Такъ напр., въ трубѣ діаметромъ 48 дюйм., которой длина 6 верстъ, при продолжительности закрыванія 60 секундъ, давленіе отъ гидравлическаго удара не достигаетъ 1 атмосферы.

171. Гидравлическое паденіе. Построимъ продольный профиль главной трубы; проведемъ на высотѣ горизонта воды въ резервуарѣ, прямую линію, и отложимъ отъ нея внизъ въ разныхъ точкахъ высоты потерь напора, соотвѣтствующія находящимся подъ ними вертикально точкамъ трубы, происходящія на протяженіи отъ резервуара до этихъ точекъ, то соединеніемъ опредѣленныхъ такимъ образомъ точекъ получимъ линію потеряннаго напора. Эту линію будемъ называть гидравлическимъ паденіемъ или короче: «паденіемъ трубы».

Когда труба прямая и диаметр ея постоянный, то линия паденія представляет наклонную прямую, которой наклонъ тѣмъ меньше, чѣмъ меньше скорость воды. Напоръ въ трубѣ измѣряется вертикальнымъ разстояніемъ ея оси отъ линіи паденія; если труба параллельна послѣдней, то дѣйствующее внутри ея давленіе постоянно, а когда она горизонтальна, то во время движенія воды давленіе въ трубѣ тѣмъ меньше, чѣмъ дальше разсматриваемое сѣченіе отстоитъ отъ ея начала. Для покойной воды линія паденія горизонтальна; ее будемъ называть статической, а наклонную линію паденія — динамической. Такъ какъ потеря напора пропорціональна квадрату скорости то слѣдуетъ, что всякой скорости соотвѣтствуетъ особый наклонъ линіи паденія, который увеличивается вмѣстѣ съ увеличеніемъ скорости.

Если отложимъ отъ оси трубы вверхъ тѣ высоты напора, которыя въ соотвѣтственныхъ точкахъ требуются, то соединеніе полученныхъ точекъ дастъ линію нужныхъ напоровъ, которую будемъ называть напорной линіей». Когда линія паденія выше напорной линіи, то дѣйствующій въ трубѣ напоръ больше требуемаго, а когда она ниже, то напоръ въ трубѣ недостаточенъ. Совпаденіе обѣихъ линій даетъ наиболѣе дешевый проводъ удовлетворяющій практическимъ требованіямъ.

Если проводъ въ его конечной точкѣ замкнуть, вслѣдствіе чего движеніе воды въ немъ можетъ останавливаться (напр. ночью, во время отсутствія разбора), то трубу нужно рассчитывать въ зависимости отъ статической линіи паденія, а когда этотъ конецъ открыть такъ что вода всегда имѣетъ свободный выходъ, то напоръ можно измѣрять отъ динамической линіи паденія. При большой длинѣ провода въ послѣднемъ случаѣ можетъ быть получено большое сбереженіе въ стоимости провода; на практикѣ оно достигается часто помощію малыхъ баковъ или переливовъ, устроенныхъ въ тѣхъ мѣстахъ, въ которыхъ ось трубы достигаетъ линіи паденія. Каждую часть трубы между двумя такими мѣстами можно рассчитывать на динамическую линію паденія, но тогда труба на всемъ своемъ протяженіи, за исключеніемъ наиболѣе возвышенной точки, не должна имѣть ни одного замыкающаго прибора. Сбереженіе получится и при расчетѣ на статическую линію давленія, такъ какъ напоръ будетъ измѣряться отъ горизонта непосредственно предыдущаго перелива или бака; статическая линія паденія будетъ состоять изъ столькихъ горизонтальныхъ линій, сколько участковъ образовано переливами или баками. Возможно также смѣшанное устройство, по которому для однихъ участковъ дѣйствительна статическая, а для другихъ — динамическая линія паденія.

172. Напоръ земли и воды. Давленіе земли и наружное давленіе воды дѣйствуютъ въ сторону противоположную внутреннему давленію воды:

между тѣмъ какъ послѣднее растягиваетъ трубу, первыя стремятся ее смять. Давленіе земли можетъ быть опаснымъ для порожнихъ трубъ большого діаметра, т. е. ночью, и въ часы чересмѣрно большого расхода напр. во время пожара—при очень большой глубинѣ заложения трубы.

Важное значеніе наружное давленіе воды можетъ получить для трубъ, укладываемыхъ на днѣ глубокихъ рѣкъ и озеръ, для всасывающихъ трубъ насосовъ, и для трубъ въ пловучемъ грунтѣ. При расчетѣ такихъ трубъ на наружное давленіе не должно быть принимаемо во вниманіе внутреннее давленіе, такъ какъ оно можетъ отсутствовать.

Для чугунныхъ трубъ, при глубинѣ заложения до 15 фт. нѣтъ надобности принимать въ расчетъ давленіе верхняго грунта; широкія стальные трубы, которыхъ стѣнки сравнительно тонки, скрѣпляютъ для увеличенія сопротивленія внѣшнему давленію обручами изъ полосового желѣза, или обдѣлываютъ ихъ слоемъ бетона. При тщательномъ уплотненіи матеріала вокругъ трубы во время засыпки, можно обходиться безъ обрuchей.

173. Перемѣны температуры. Напряженія отъ размѣнъ температуры могутъ имѣть значеніе для непогруженныхъ клепаныхъ трубъ изъ желѣза или стали.

Если обозначимъ черезъ:

E —модуль упругости матеріала трубъ,

и α —коэффициентъ его линейнаго расширенія,

то напряженіе σ , произведенное измѣненіемъ температуры на t градусовъ:

$$\sigma = E\alpha t.$$

Можно принять: $\alpha = 0,000012$, и $E = 2000000$ клгр.-сантиметр.

Если напр. $t = 50^\circ$, то

$$\sigma = 2000000 \cdot 0,000012 \cdot 50 = 1200 \text{ килограммовъ на 1 кв. сантим.}$$

174. Напряженія обусловленные ударами и сотрясеніями, происходящими при перевозкѣ и укладкѣ принимаются во вниманіе посредствомъ практикой выработанныхъ коэффициентовъ увеличенія толщины стѣнокъ.

175. Крепость цилиндрическихъ трубъ.

Если обозначимъ черезъ:

d —внутренній діаметръ трубы,

δ —толщину ея стѣнки

σ —напряженіе матеріала при растяженіи

p —внутреннее, и

P —внѣшнее давленіе,

то для продольнаго сѣченія трубы. длиною = единицѣ (1-му см. или 1-му дюйму) дѣйствительно уравненіе:

$$dp - (d + 2\delta) P = 2\delta \cdot \sigma$$

откуда

$$\delta = \frac{\partial}{2} \cdot \frac{p-P}{\sigma+P} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (102)$$

Когда P сравнительно съ p очень мало, то

$$\delta = \frac{\partial}{2} \cdot \frac{p}{\sigma} \quad \text{и} \quad \sigma = \frac{\partial}{2} \cdot \frac{p}{\delta} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (103)$$

Въ этихъ формулахъ не приняты во вниманіе упругость трубы и неодинаковость напряженій въ элементахъ сѣченія, отстоящихъ въ разныхъ разстояніяхъ отъ центра или оси трубы, онѣ поэтому дѣйствительны для трубъ, которыхъ толщина стѣнокъ сравнительно съ діаметромъ очень мала. Болѣе точно:

$$\delta = \frac{\partial}{2} \left(\sqrt{\frac{\sigma + 0,4 p}{\sigma - 1,3 p}} - 1 \right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (104)$$

Изъ этой формулы получаемъ:

$$\sigma = \frac{1,3 \left(1 + \frac{2\delta}{\partial} \right)^2 + 0,4}{\left(1 + \frac{2\delta}{\partial} \right)^2 - 1} \cdot p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (105)$$

$$p = \frac{\left(1 + \frac{2\delta}{\partial} \right)^2 - 1}{1,3 \left(1 + \frac{2\delta}{\partial} \right)^2 + 0,4} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (106)$$

Для трубъ, подвергающихся внутреннему и внѣшнему давленію $p =$ — разности обоихъ давленій. Напряжение σ не должно быть больше прочнаго или допускаемаго напряженія k , т. е. должно:

$$\sigma \leq k.$$

Для трубъ, на которыя дѣйствуетъ одно только давленіе, по Баху.

$$\delta = \frac{\partial}{2} \left(\sqrt{\frac{1}{1 - 1,7 \frac{P}{k_1}}} - 1 \right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (107)$$

гдѣ k_1 — прочное напряженіе при давленіи.

Чугунныя трубы.

176. Толщина стѣнки. Чугунъ, вслѣдствіе его крѣпости, прочности, долговѣчности, дешевизны и легкости, съ которой ему можно придавать произвольную форму, является, наиболѣе пригоднымъ матеріаломъ для

водопроводныхъ трубъ. Диаметръ чугунныхъ трубъ достигаетъ 6 фт., а длина 12 фт.

Чугунныя трубы рассчитываютъ на 10 кратную прочность, и къ полученной толщинѣ стѣнки прибавляютъ практическую величину для тѣхъ силъ, которыя въ расчетной формулѣ не приняты во вниманіе. Для трубъ берутъ сѣрый чугунъ, котораго крѣность при растяженіи = 1000 — 1800 кил. на 1 кв. см. (16300—29000 фунтовъ на 1 кв. дм.); посредствомъ прибавки алюминія эта крѣность можетъ быть увеличена до 2400, и даже до 3000 кил. на кв. см. Максимальное давленіе p въ водопроводныхъ трубахъ колеблется въ предѣлахъ отъ 40 до 80 кил. на 1 кв. см. (4—8 атмосферъ, 60—130 ф. на 1 кв. дм.).

При 10 кратной прочности получаются по формулѣ (102) практически выполнимыя толщины δ при діаметрахъ $d \geq 300 - 400$ мм. (11½ — 15 дм.); для давленій большихъ 8 атмосферъ этотъ предѣлъ ниже, а для меньшихъ выше. Такъ какъ діаметры водопроводныхъ трубъ обыкновенно меньше 16 дм., (400 мм.), то предпочитаютъ рассчитывать ихъ по эмпирическимъ формуламъ, составленнымъ на основаніи опытовъ практики. Наиболѣе употребительны слѣдующія (δ и d въ миллиметрахъ, p въ атмосферахъ):

Глазговъ (Англія):

$$\left. \begin{array}{l} \text{Для } p \leq 5 \text{ атмосферъ} \\ \delta = 5,7 + 0,0218 d \\ \text{Для } p > 5 \text{ атмосферъ} \\ \delta = 5,7 + 0,00312 d (p + 2) \end{array} \right\} \dots \dots \dots (108)$$

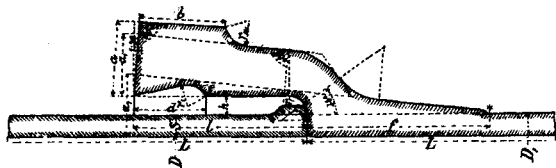
Шмидтъ (Германія):

$$\left. \begin{array}{l} \text{Для } p \leq 6 \text{ атмосферъ:} \\ \delta = 7 + 0,02 d \\ \text{Для } p > 6 \text{ атмосферъ:} \\ \delta = 7 + 0,00333 d \cdot p \end{array} \right\} \dots \dots \dots (109)$$

Въ Германіи пользуются часто составленными «союзомъ германскихъ специалистовъ газоваго и водопроводнаго дѣла» нормальными таблицами для чугунныхъ трубъ. При пересмотрѣ этихъ таблицъ въ 1882 г. оставлены прежде установленные внѣшніе діаметры, для того, чтобы при отливкѣ можно было пользоваться существовавшими въ это время моделями, и при измѣненіи толщины стѣнки измѣнили только внутренній діаметръ. Нормальныя толщины стѣнокъ могутъ быть выражены при-

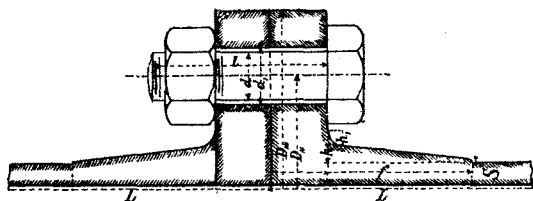
струкція раструба предложенная Коммисіей Русскихъ водопроводныхъ сѣздовъ; здѣсь же изображенъ хвостовой конецъ трубы съ окаймляющимъ его утолщеніемъ, называемымъ буртомъ (черт. а).

Черт. 182 представляетъ конструцію фланцевого соединенія.



Черт. 181.

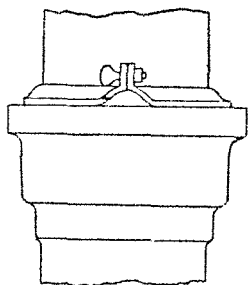
Для соединенія трубъ съ раструбами хвостовой конецъ одной трубы вдвигается возможно плотнѣе въ раструбъ предыдущей; въ кольцеобразный зазоръ плотно вгоняется пеньковая прядь, а остающееся



Черт. 182.

конусообразное пространство глубиной d (черт. 181) заливается свинцомъ.

Для этого нагруженный конецъ муфты обмазываютъ глиной, въ которой оставляютъ 2 отверстія; черезъ одно раструбъ заливаютъ расплавленнымъ свинцомъ, а другое служитъ для выхода воздуха. Обмазку глиной въ Англіи замѣняютъ часто металлическимъ бугелемъ (чер. 183). Для заливки употребляютъ ложку съ носикомъ или приборъ Никольсона (черт. 184), состоящій изъ металлическаго сосуда, въ днѣ котораго сдѣлано небольшое отверстіе, закрытое вентилемъ, который можно поднимать и опускать посредствомъ вертикальнаго стержня непосредственно

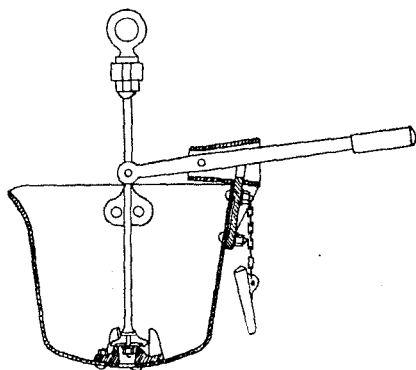


Черт. 183.

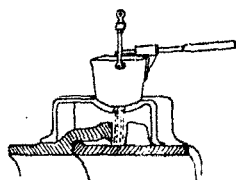
или помощью рычага. Въ этомъ сосудѣ свинецъ расплавляютъ, ставятъ его падъ стыкомъ какъ показано на черт. 185 и поднимаютъ вентиль. Когда свинецъ остынетъ то его обравниваютъ и расчеканиваютъ особымъ зубиломъ.

На черт. 186 представлено нѣсколько формъ раструбовъ, употребляемыхъ въ американскихъ городахъ. Большинство изъ нихъ снабжено внутри желобкомъ для укрѣпленія положенія свинца.

На черт. 187 изображенъ раструбъ Германскаго нормальнаго сорта-мента; утолщеніе внутри раструба имѣетъ цѣлью облегчить центрирование трубы, а уширеніе трубы въ томъ мѣстѣ, гдѣ начинается раструбъ, сдѣлано для того что-



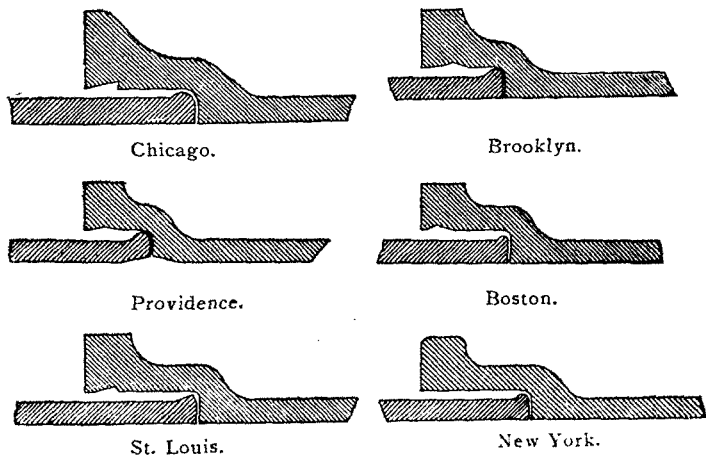
Черт. 184.



Черт. 185.

бы при косомъ положеніи трубы вытекающая изъ хвостового конца вода не ударяла въ выступъ раструба. Труба не имѣетъ ни желобка въ раструбѣ, ни бурта на хвостовомъ концѣ.

Соединеніе раструбами обладаетъ небольшою подвижностью, оно дѣлаетъ возможнымъ образовывать криволинейные проводы помощью прямо-

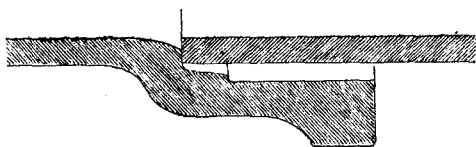


Черт. 186.

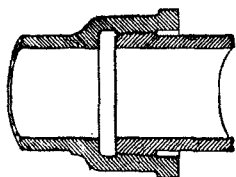
линейныхъ трубъ; такъ помощью трубъ діаметромъ 4—8 дм. можно устраивать кривыя радіуса до 250 фут., а діаметромъ 36 дм.—радіуса до 500 фт.

Въ нѣкоторыхъ городахъ Англіи и Америки употребляютъ слегка конически просверленные и отточенные раструбы (черт. 188). Хвостовой конецъ тщательно отточенъ соответственно формѣ раструба; помощью деревянной бабы его плотно вгоняють въ раструбъ безъ всякаго заполнения, но иногда остающійся снаружи кольцевой промежутокъ заполняютъ цементомъ. Эта конструкція можетъ быть употребляема только для трубъ, укладываемыхъ на такой глубинѣ, что онѣ не подвергаются перемѣнамъ температуры, потому что въ противномъ случаѣ плотность соединенія можетъ быть нарушена.

Въ Yarmouth (Ярмътъ, Америка) замѣняли свинецъ деревянными клинами, вырѣзанными изъ хорошо просушенныхъ сосновыхъ трубъ. Сое-



Черт. 187.



Черт. 188.

диненіе оказалось вполне цѣлесообразнымъ послѣ 45 лѣтняго существованія, вслѣдствіе чего въ нѣкоторыхъ городахъ Америки оно вытѣснило свинцовыя заполнения.

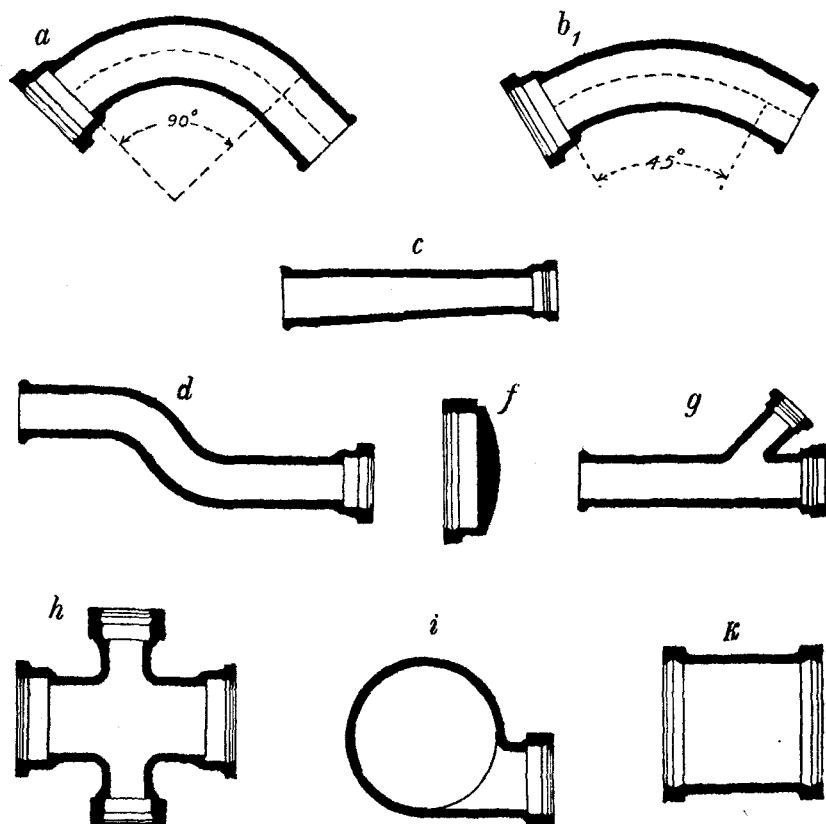
Флянцевое соединеніе примѣняется въ круто наклоненныхъ и вертикальныхъ частяхъ провода, и гдѣ предвидится надобность въ разборкѣ его. Для плотности помѣщаютъ между флянцами кольца изъ картона, пропитаннаго деревяннымъ масломъ или изъ древесной массы, а въ мѣстахъ, гдѣ проводъ подвергается сотрясеніямъ — изъ хорошаго кавчука. Кромѣ того употребляютъ мѣдныя кольца, волнистыя прокладки и др.

178. Фасонныя части проводовъ. Въ практикѣ встрѣчаются всего чаще слѣдующія фасонныя части (черт. 189):

- a*—колѣно—раструбъ для поворотовъ на 90°;
- b*—тоже, для поворотовъ на 45°;
- c*—переходъ, соединяющій трубы различныхъ діаметровъ;
- d*—колѣно для соединенія параллельныхъ трубъ,
- f*—колпаки для закрыванія концовъ;
- g*—тройникъ съ острымъ угломъ;
- h*—крестовина для прямоугольнаго пересѣченія трубъ;
- i*—выпускъ—раструбъ, для выпуска воды изъ трубы,
- k*—двойной раструбъ, для соединенія гладкихъ концовъ трубъ.

Большіе города составляютъ часто собственные нормальные типы фа-

сонных частей, обыкновенно отличающиеся от заводскихъ, но малымъ городамъ выгоднѣе пользоваться болѣе дешевыми готовыми фасонами. При проектированіи особыхъ фасонныхъ частей не слѣдуетъ упускать изъ виду, что стоимость ихъ, по вѣсу, почти вдвое больше стоимости прямыхъ трубъ, съ ихъ вѣсомъ нужно быть, поэтому, по возможности



Черт. 189.

экономнымъ; стѣнки ихъ получаютъ такую толщину какъ и стѣнки соответственныхъ прямыхъ трубъ, но число типовъ для разныхъ напоровъ бываетъ меньше.

179. Матеріалъ чугуновыхъ трубъ. Для водопроводныхъ трубъ и фасонныхъ частей нужно брать чугунъ свѣтлосѣрый мелкозернистый, въ изломѣ однородный, мягкій, безъ признаковъ плѣнь, раковинъ и т. п., вообще; матеріалъ долженъ быть самаго высокаго качества. Обыкновенно требуютъ, чтобы пробный брусокъ прямоугольнаго сѣченія въ 50 и 25 мм.,

длиной 1200 мм., положенный узкою гранью на 2 призматическія опоры съ разстояніемъ въ 1 мтр. между ними, выдержалъ безъ излома сосредоточенный въ его серединѣ покойный грузъ въ 1200 килогр., при стрѣлкѣ прогиба не болѣе 10 мм. Это требованіе обезпечиваетъ крѣпость и гибкость; часто испытываютъ чугуны и на растяженіе, и тогда требуютъ чтобы сопротивленіе было не меньше 1200—1260 кил. на 1 квадр. сантиметр.

180. Отливка трубъ. Водопроводныя трубы отливаютъ въ стоячемъ положеніи, раструбомъ внизъ. Формовка и отливка требуютъ большой точности, но не смотря на все стараніе всегда получается много браку. Такъ какъ на заводахъ нерѣдко стараются скрыть изъяны замазкой, то отливка должна производиться при постоянномъ контролѣ заказчика. Никакая задѣлка отверстій пробками не должна быть допускаема; особенно важно чтобы внутри трубы были гладкія, такъ какъ внутреннія шероховатости, происходящія не рѣдко отъ сжатія недостаточно крѣпкой сердцевины модели, увеличиваютъ сопротивленіе движенію воды.

Послѣ отливки труба должна остывать оставаясь въ формѣ, для избѣжанія неравномѣрныхъ сжатій. Когда труба вынута ее нужно немедленно очистить отъ песка помощью проволочной или дрѹгого рода щетки, и затѣмъ провѣрить ея форму и толщину стѣнки. Мѣстныя уменьшенія толщины стѣнокъ противъ нормальной допускаются до 20%; уменьшеніе толщины стѣнки на одной сторонѣ трубы по всей ея длинѣ должно быть не болѣе 10% толщины стѣнки. Уменьшеніе внутреннихъ діаметровъ трубъ противъ нормальныхъ не должно быть болѣе величинъ, полученныхъ по слѣдующей формулѣ: $0,1\sqrt{\delta} + 1$ мм. (δ —діаметръ трубы въ мм.). На каждой трубѣ должно быть отлито число и годъ отливки, и названіе завода.

181. Предохраненіе трубъ отъ ржавчины. Для предохраненія трубъ отъ ржавчинъ ихъ покрываютъ смолистыми веществами. Всего чаще примѣняютъ составъ д-ра Angus Smith, изобрѣтенный имъ въ 1849 г., состоящій изъ 84% каменноугольной смолы, 4% резины и 12% смѣси льняного масла съ бургунской смолой. Составъ нагревается до 150° Цельзія; до той же температуры нагреваютъ трубу, и опускаютъ ее въ горячій составъ. Иногда погружаютъ холодныя трубы и оставляютъ ихъ въ смолѣ до тѣхъ поръ, пока онѣ не нагреются до ея температуры. Когда желаютъ имѣть толстое покрытіе, то повторяютъ погруженіе. Послѣ охлажденія покрытіе должно быть твердое, гибкое и гладкое, и при ударахъ молоткомъ не должно отставать. Чтобы получились хорошіе результаты трубы предварительно должны быть хорошо очищены отъ сора и ржавчинъ. Труба должна быть сплошь покрыта составомъ, и всякое поврежденіе покрытія во время перевозки или укладки нужно немедленно

исправить асфальтомъ или смолой. Составъ Ангэсъ Смитза оказался значительно прочнѣе асфальта. Асфальтировку исполняютъ такимъ образомъ что нагрѣваютъ трубы до температуры $150—180^{\circ}$ Ц., погружаютъ ихъ въ кипящую асфальтовую массу, оставляютъ въ ней 10 — 25 минутъ, послѣ чего вынимаютъ и держатъ ихъ нѣкоторое время въ вертикальномъ положеніи, чтобы лишняя асфальтовая масса стекала. Большія трубы смазываютъ кистью.

182. Гидравлическая проба. Приготовленные такимъ образомъ трубы подвергаются гидравлической пробѣ на внутреннее давленіе, которое по нормальнымъ техническимъ условіямъ Комиссіи Русскихъ водопроводныхъ сѣздовъ должно быть:

при діаметрахъ 50—150 мм. въ 30 атмосферъ,

» » 175—300 » » 25 »

» » выше 300 » » 20 »

для фасонныхъ частей 15 атмосферъ.

Во время нахожденія подъ давленіемъ какъ трубы, такъ и фасонныя части подвергаются легкимъ ударамъ стального молотка вѣсомъ около 2 фунтовъ. Продолжительность давленія до 5 минутъ.

Послѣ пробы каждая труба взвѣшивается и вѣсъ ея пишется на трубѣ отчетливо краской. Такъ какъ невозможно достигнуть при отливкѣ установленнаго вѣса точно, то допускается недовѣсъ противъ нормальнаго вѣса до 5%. Болѣе легкія трубы бракуются, а болѣе тяжелыя приписываются, но излишекъ вѣса не вознаграждается. Вѣсъ отлитыхъ фасонныхъ частей можетъ быть менѣе нормальнаго не болѣе какъ на 10%.

183. Долговѣчность чугунныхъ трубъ. Продолжительность службы чугунныхъ водопроводныхъ трубъ еще точно не установлена. Особенно вредное вліяніе на долговѣчность имѣетъ разѣданіе (corrosion), которое кромѣ того уменьшаетъ живое сѣченіе трубы. Быстрота разѣданія зависитъ въ значительной степени отъ характера воды и въ этомъ отношеніи наиболѣе вредны воды, содержащія много свободной углекислоты. Внутри трубы появляются пятна, содержащія главнымъ образомъ окись желѣза, нѣкоторое количество извести, кремнезема и органическія вещества. Толщина этихъ пятенъ достигаетъ 1 дм., а діаметръ — $1\frac{1}{2}$ —2 дм. Въ основаніи cadaго пятна есть мѣсто, въ которомъ желѣзо столь разѣдено, что его можно рѣзать ножомъ. Такія пятна образуются въ мѣстахъ, гдѣ покрытіе чугуна было неудовлетворительно: непокрытое мѣсто величиной въ точку достаточно для образованія пятна. По теоріи разѣданія находящаяся въ водѣ свободная углекислота образуетъ съ чугуномъ карбонатъ желѣза, который вслѣдствіе окисленія находящимся въ водѣ кислородомъ, переходитъ въ желѣзный гидратъ. Такимъ образомъ угле-

кислота дѣлается свободной, вслѣдствіе чего можетъ вновь дѣйствовать на желѣзо и образуетъ пятно. Снаружи трубы разѣданіе въ значительной степени зависитъ отъ характера почвы и въ этомъ отношеніи особенно вредны зола и подобныя ей вещества.

Практика показала, что хорошо покрытыя трубы послѣ 40 и даже 50 лѣтъ, оставались совершенно невредимы; въ другихъ случаяхъ, особенно при мягкой водѣ, начало разѣданія было замѣтно уже черезъ нѣсколько лѣтъ послѣ укладки. Обыкновенно даже въ хорошо покрытыхъ трубахъ бываютъ замѣтны признаки разѣданія послѣ 10 или 15 лѣтъ; въ большинствѣ случаевъ оно, достигнувъ нѣкоторой величины, распространялось чрезвычайно медленно. На основаніи опытовъ, можно утверждать, что тщательно покрытыя трубы могутъ служить не менѣе 50 лѣтъ.

184. Желѣзныя и стальные трубы. Желѣзныя клепанныя трубы употребляются въ мѣстахъ, гдѣ трубы подвергаются сотрясеніямъ, а сварочныя — въ домовыхъ водопроводахъ.

Такъ какъ желѣзо и сталь обладаютъ бѣльшей крѣпостью и упругостью чѣмъ чугуны, то желѣзныя и стальные трубы значительно легче чугунныхъ и потому болѣе удобны для перевозки и укладки. Стальные фасонныя части и стальные трубы малаго діаметра, вслѣдствіе трудности изготовленія, не употребляются. Заклепки, которыми трубы склепаны, уменьшаютъ живое сѣченіе, поэтому стальная труба можетъ провести только 85% того количества воды, какое проводитъ чугунная одинаковаго съ ней діаметра.

Стальные трубы особенно пригодны для длинныхъ проводовъ при отсутствіи развѣтвленій или маломъ количествѣ ихъ, и для большихъ напоровъ, по вслѣдствіе меньшей толщины стѣнокъ онѣ разѣдаются водой быстрѣе и потому долговѣчность ихъ меньше долговѣчности чугунныхъ трубъ.

Стальные трубы совсѣмъ вытѣснили желѣзныя, хотя нѣкоторые опыты показали, что разѣданіе дѣйствуетъ на сталь сильнѣе, чѣмъ на желѣзо. Для трубъ берутъ мягкую сталь, которой крѣпость около 4 200 кил. на 1 кв. см., предѣлъ упругости равенъ половинѣ крѣпости, удлиненіе 22—25% и суженіе 50%. Хорошее качество матеріала необходимо для сопротивленія сотрясеніямъ при перевозкѣ, укладкѣ, пробивкѣ, проковкѣ и чеканкѣ.

Толщина стѣнокъ можетъ быть вычислена по формулѣ (103):

$$t = \frac{(p + p_0)}{k} \cdot \frac{\partial}{2} \dots \dots \dots (114)$$

въ которой

p — максимальное статическое давленіе на квадратную единицу,
 p_0 — тоже, гидравлическое давленіе,

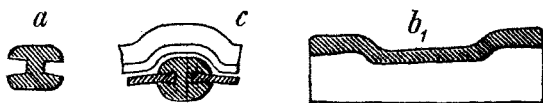
k — прочное сопротивленіе на 1 кв. единицу, и
 d — діаметръ трубы.

Прочное сопротивленіе k зависитъ отъ способа изготовленія. Если труба клепанная, то продольные швы обыкновенно двойные; полезная площадь = 60—70% полной. Прочное сопротивленіе k , отнесенное къ полезной площади, 15 000 фунтовъ на 1 кв. дм. (920 кил. на 1 кв. см.); полной площади это соответствуетъ около 10 000 фунт. на кв. дм. Очень широкія трубы получаютъ тройные швы и тогда полезная площадь = 75% полной. Къ расчетной толщинѣ t прибавляютъ 1,6 мм. ($1/16$ дм.).

Примѣръ расчета стальной трубы. Максимальное давленіе $p=230$ фунт., а гидравлическое — $p_0=80$ фунт. на кв. дм.; діаметръ $d=30$ дм. По (114):

$$t = \frac{230 + 80}{10\,000} \cdot \frac{30}{2} + \frac{1}{16} = 0,528 \text{ дм.} = 13,4 \text{ мм.}$$

185. Соединенія стальныхъ трубъ. Отдѣльные звенья имѣютъ длину 12—15 фут.; ихъ соединяютъ между собою помощью свинчиванія, или посредствомъ раструбовъ, которые иногда бываютъ чугунные, или — склепываніемъ. Клепанная соединенія необходимо хорошо чеканить и подвергать гидравлической пробѣ. Діаметръ заклепокъ обыкновенно равенъ двойной толщинѣ листовъ, но не больше 28 мм.; разстояніе между заклепками опредѣляютъ по общимъ правиламъ.



Черт. 190.

Въ новѣйшее время въ Австраліи продольные клепанные швы замѣнили представленнымъ на черт. 190 соединеніемъ. Продольные края стальныхъ листовъ немного расклепываютъ, вдвигаютъ ихъ въ пазы стержня a и послѣдній сжимаютъ гидравлическимъ прессомъ. Послѣ подвергаютъ трубы испытанію и неплотныя мѣста исправляютъ прессомъ. Изготовленные такимъ образомъ швы дешевле клепанныхъ; опыты проф. Unwin'a показали, что крѣпость ихъ равняется крѣпости листовъ, а сопротивленіе движенію воды, вслѣдствіе отсутствія внутреннихъ выступовъ меньше. На стыкахъ эти трубы соединяютъ помощью короткихъ втулокъ съ раструбами на обоихъ концахъ; на черт. b представлена часть продольнаго разрѣза такой втулки, которая у стержня a получаетъ соотвѣтственную выпуклость (черт. c). Стыки уплотняются паклей и свинцомъ.

Широкое распространеніе въ водопроводномъ дѣлѣ получили также не имѣющія швовъ трубы Маннесмана, которымъ вслѣдствіе ихъ большой

крѣпости и упругости при перевозкѣ на большія разстоянія часто отдаютъ предпочтеніе передъ чугунными.

Для стальныхъ трубъ употребляютъ обыкновенно чугунныя фасонныя части.

186. Покрытіе стальныхъ трубъ. Лучшимъ покрытіемъ для стальныхъ трубъ оказался асфальтъ, который нагрѣваютъ до $150\text{—}180^{\circ}\text{Ц.}$ и опускаютъ въ него предварительно хорошо очищенную трубу; когда асфальтовый слой остынетъ, то повторяютъ это дѣйствіе. Въ Америкѣ, гдѣ стальные трубы очень распространены, предложено нѣсколько разныхъ другихъ способовъ покрытія, которые однако не оказали особыхъ преимуществъ передъ асфальтовымъ.

Большое вниманіе должно быть обращено на то, чтобы во время перевозки и проч. покрытіе не было повреждено, такъ какъ голое мѣсто для этихъ трубъ еще болѣе вредно, чѣмъ для чугунныхъ. Всякое, хотя бы незначительное поврежденіе покрытія должно быть немедленно исправлено.

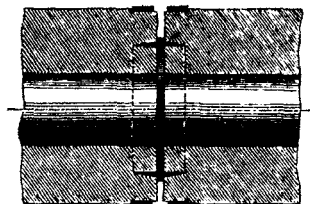
187. Долговѣчность стальныхъ трубъ. По Фриману при возобновленіи окраски черезъ каждые 10 лѣтъ, стальные трубы могутъ служить не менѣе 50 лѣтъ, но вообще ихъ долговѣчность немного меньше долговѣчности чугунныхъ трубъ, главнымъ образомъ вслѣдствіе дѣйствія развѣданія, которое здѣсь, по причинѣ меньшей толщины стѣнокъ, является особенно вреднымъ.

188. Деревянные трубы. Въ первые годы сооруженія водопроводовъ употребляли почти исключительно деревянные трубы, но затѣмъ ихъ вытѣснили чугунныя. Въ новѣйшее время въ мѣстностяхъ, гдѣ дерево дешевое, а доставка чугунныхъ трубъ обходится дорого, возвращаются при ограниченнхъ средствахъ къ деревяннымъ трубамъ, которыя кромѣ того представляютъ тѣ удобства, что онѣ не подвержены, какъ чугунныя трубы, развѣданію, ржавчинѣ, переѣмамъ температуры, представляютъ малое сопротивленіе движенію воды и защищаютъ воду отъ холода и тепла. Но дерево можетъ быть выгоднымъ только при низкихъ напорахъ, среднихъ размѣрахъ и когда вода проводится для промышленныхъ цѣлей, т. е. не назначается для нитя и приготовленія кушанья, такъ какъ оно значительно содѣйствуетъ размноженію бактерій.

Наиболѣе пригодное дерево для трубъ: сосна и красная ель. Узкія трубы изготовляютъ сверленіемъ; для увеличенія сопротивленія напору воды ихъ скрѣпляютъ полосовымъ желѣзомъ, которымъ обвиваютъ ее спирально по всей длинѣ и покрываютъ смолистымъ веществомъ. Длины отдѣльныхъ трубъ около 8 фут., а діаметръ — отъ 2 до 17 дм. Развѣтвленія устраиваютъ обыкновенно помощью фасонныхъ чугунныхъ частей, имѣющихъ длинныя муфты, въ которыя деревянной бабой вгоняютъ концы деревянныхъ трубъ.

На черт. 191 представлено прямолинейное соединеніе трубъ помощью желѣзнаго кольца; концы трубъ, для предупрежденія ихъ разщепленія, скрѣплены желѣзными обручами.

Трубы большихъ діаметровъ (1—9 фут.) изготовляютъ въ видѣ длинныхъ бочекъ прямо въ томъ рѣѣ, въ которомъ онѣ должны лежать. Толщина и ширина досокъ равны (соотвѣтственно) 1 и 4 дм., до $2\frac{1}{2}$ и 8 дм. Для обручей берутъ мягкую сталь; ихъ взаимныя разстоянія и размѣры поперечнаго сѣченія опредѣляютъ расчетомъ. Разстояніе обручей при небольшихъ напорахъ не должно быть больше 10 или 12 дм., потому что въ противномъ случаѣ могутъ получиться недостаточно плотные швы; при большихъ напорахъ оно должно быть соотвѣтственно меньше.



Черт. 191.

Расчетъ обручей. Натяженіе обруча зависитъ отъ слѣдующихъ силъ:

- 1) отъ первоначальнаго натяженія, которое необходимо для достиженія плотности швовъ,
- 2) отъ напора воды
- и 3) отъ силы разбуханія дерева.

Такъ какъ для трубъ употребляютъ болѣе или менѣе просушенныя доски, то отъ воды онѣ разбухаютъ. Сила разбуханія, по Неппу, измѣняется въ предѣлахъ 20—200 фунтовъ на 1 кв. дм.: въ водопроводныхъ трубахъ она среднимъ числомъ = 100 фунт.

Если:

p — давленіе воды на 1 кв. единицу стѣнки трубы,

r — внутренній радіусъ трубы,

t — толщина ея стѣнки,

d — давленіе на квадратную единицу, произведенное разбуханіемъ

и e — разстояніе обручей,

то соотвѣтствующее одному обручу тангенціальное усиліе: отъ давленія воды = pre , а отъ разбуханія = det , поэтому, пренебрегая незначительнымъ сравнительно первоначальнымъ натяженіемъ, полное натяженіе обруча

$$N = pre + det,$$

откуда, разстояніе обручей

$$e = \frac{N}{pr + dt} \quad (115)$$

и для $d = 100$ фунт.:

$$e = \frac{N}{pr + 100t} \quad (116)$$

Пусть:

K — прочное сопротивление матеріала обруча при растяженіи
и f — площадь его поперечнаго сѣченія,
то должно:

$$N \cong Kf. \quad (117)$$

Натяженіе обруча производить на доски трубы давленіе, которое не должно быть больше безопаснаго давленія ихъ матеріала. Если обозначимъ черезъ:

b — ширину соприкасанія обруча со стѣнкой трубы

и k — прочное напряженіе дерева,

то безопасное давленіе на единицу длины обруча $= k \cdot b \cdot 1$, и, слѣдовательно, его натяженіе:

$$T = kb (r + t).$$

Поэтому, условіе прочности:

$$T \cong N,$$

т. е.

$$kb (r + t) = Kf,$$

откуда

$$f = \frac{k}{K} \cdot b (r + t). \quad (118)$$

Сопротивленіе дерева сжатію (крѣпость) $= 1\,000 - 2\,000$ фунт. на 1 кв. дм. (70 — 140 килограмм. на 1 кв. см.), а прочное сопротивленіе 600—750 фунт. и среднимъ числомъ:

$$k = 650 \text{ фунт. на 1 кв. дм.}$$

Отношеніе $\frac{k}{K}$ съ достаточной точностью $= \frac{1}{20}$, такъ что:

$$f = \frac{b (r + t)}{20}. \quad (119)$$

Когда обручи изготовлены изъ круглаго желѣза, то, согласно опытамъ, b приблизительно равно радіусу ρ сѣченія обруча; такъ какъ въ этомъ случаѣ $f = \pi \rho^2$, то по (119):

$$\pi \rho^2 = \rho \frac{(r + t)}{20},$$

откуда

$$\rho = \frac{r + t}{20 \pi}$$

или, практически точно:

$$\rho = \frac{r + t}{60}. \quad (120)$$

Примѣръ. Радиусъ трубы $r = 12$ дм., толщина стѣнки $t = 1\frac{3}{8}$ дм.
Радиусъ сѣченія круглаго обруча, по (119):

$$\rho = \frac{12 + 1\frac{3}{8}}{60} = \frac{107}{480} \approx \frac{1}{4} \text{ дм.}$$

Площадь сѣченія обруча:

$$f = \pi \rho^2 = 3,14 \cdot \frac{1}{16} \approx 0,2 \text{ кв. дм.}$$

Для $k = 650$ фунт. на 1 кв. дм. и $K = 20k$ будетъ:

$$K = 13\,000,$$

слѣдовательно, по (117):

$$N = 13\,000 \times 0,2 = 2\,600 \text{ фунт.}$$

и по (116), для $p = 2$ атмосфер. = 33 фунт.:

$$e = \frac{2\,600}{33 \cdot 12 + 100 \cdot \frac{11}{8}} = \frac{20\,800}{4\,268} = 4,875 \text{ дм.}$$

или, круглымъ числомъ:

$$e = 5 \text{ дюйм.}$$

Для широкихъ трубъ и большихъ напоровъ можно величиной dt сравнительно съ $p \cdot r$ пренебрегать и опредѣлять разстояніе обручей по формулѣ:

$$e = \frac{N}{pr} \dots \dots \dots (121)$$

Концы обручей соединяють между собою помощью чугунныхъ или стальныхъ башмаковъ. Форма послѣднихъ зависитъ отъ діаметра трубы: она должна быть опредѣлена такъ, чтобы и на концы обручей дѣйствовало только осевое натяженіе. На черт. 192а представленъ башмакъ изъ ковкаго чугуна, а на черт. 192b — изъ желѣза:

a — видъ сверху,

b — разрѣзъ по ad ,

c — видъ снизу,

d — разрѣзъ по AA ,

e — разрѣзъ по BB ,

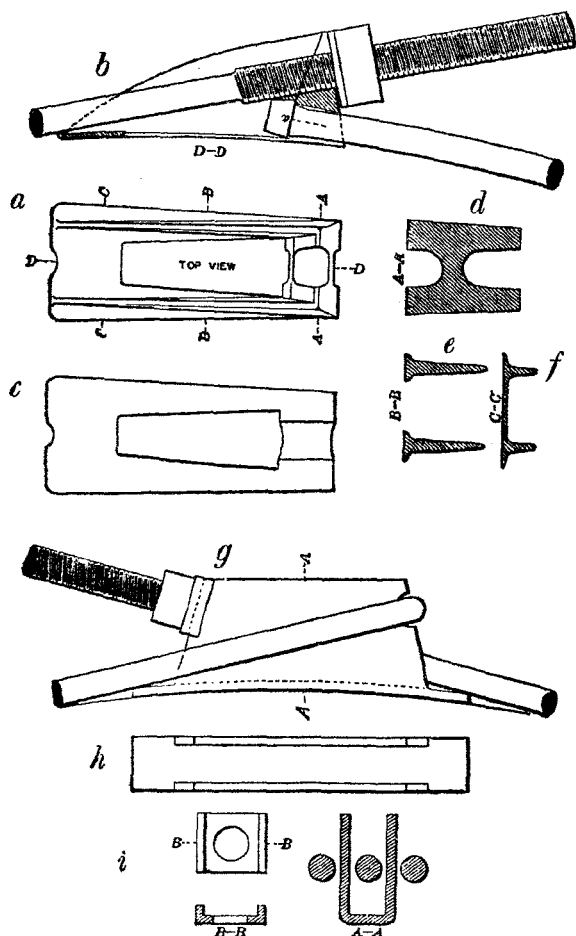
f — разрѣзъ по CC .

Чертежи g , h и i изображаютъ детали желѣзнаго башмака.

Долговѣчность деревянныхъ трубъ зависитъ главнымъ образомъ отъ долговѣчности обручей: такъ какъ насыщенное водой дерево можетъ

служить почти вѣчно, то труба никогда не должна оставаться безъ воды. Сверленные трубы оказывались послѣ 60—70 лѣтъ совершенно невредимыми. Долговѣчность досчатыхъ трубъ, вслѣдствіе ихъ сравнительной новосты, еще не опредѣлена, но уже теперь извѣстно, что она не меньше

долговѣчности хорошихъ стальныхъ трубъ. При изготовленіи деревянныхъ трубъ нужно обратить особое вниманіе на качество дерева и на хорошее покрытие обручей асфальтомъ.



Черт. 192.

Керамиковый проводъ вдвое дешевле чугуннаго, его долговѣчность значительно превышаетъ долговѣчность послѣдняго и при правильномъ устройствѣ соединений обладаетъ большой плотностью. Въ Америкѣ ихъ подвергаютъ пробѣ на внутреннее давленіе до 3 атмосферъ.

190. Цементныя трубы употребляютъ при движеніи воды самотекомъ: при помѣщеніи въ цементъ желѣзнаго каркаса онѣ могутъ сопротивляться

189. Гончарныя (керамиковыя) трубы. Когда вода движется самотекомъ, а также при низкихъ напорахъ (1 или 1½ атмосферы) употребляютъ иногда гончарныя трубы. Въ Америкѣ эти трубы встрѣчаются довольно часто; въ Флоренсѣ длина керамикового провода превышаетъ 10 верстъ, а въ Little Falls она=8,5 верстъ; въ Oakland по гончарной трубѣ проведена соленая вода для орошенія улицъ. Трубы соединяютъ между собою глубокими раструбами, которыя заполняютъ пеньковой пряждю, смоченною въ растворѣ изъ поргланскаго цемента и замазываютъ слоемъ того же раствора толщиной 1½ дм.

и небольшому напору воды. Ими пользуются часто для отвода сточных водъ; въ Парижѣ для этой цѣли построенъ большой длины проводъ изъ тонкихъ стальныхъ трубъ, покрытыхъ внутри и снаружи слоемъ цемента, укрѣпленныхъ погруженной въ этотъ слой желѣзной сѣткой. Подобныя трубы употребляли и въ Америкѣ, но онѣ оказались недолговѣчными, вслѣдствіе трудности предупрежденія поврежденія цементнаго покрытия, а въ поврежденномъ мѣстѣ желѣзо быстро разъѣдается. Такія трубы служили не дольше 10 лѣтъ.

191. Домовые проводы. Для проводовъ въ частныхъ владѣніяхъ и внутри зданій примѣняютъ чугунныя, желѣзныя и свинцовыя трубы.

Чугунныя трубы употребляютъ только для большихъ расходовъ воды. Наименьшій діаметръ чугунныхъ трубъ 30 мм., между тѣмъ для проводовъ внутри зданій часто достаточно 10—16 мм.; кромѣ того вслѣдствіе большой толщины стѣнокъ чугунныя трубы выходятъ очень тяжелыми. Желѣзныя трубы значительно дешевле свинцовыхъ, но сильно ржавѣютъ; образующіяся внутри шипки ржавчины могутъ совсѣмъ закупорить трубу. Непригодными оказались и оцинкованныя или гальванизированныя трубы, вслѣдствіе быстрой порчи водой цинковаго покрытия.

Желѣзныя трубы соединяютъ муфтами съ винтовыми нарѣзками, или помощью особыхъ муфтъ, изготовленныхъ изъ короткихъ кусковъ трубы соответственнаго діаметра. Для болѣе плотной дѣлаютъ нарѣзку слегка конической. На стальныхъ трубахъ нарѣзка не можетъ быть устроена вслѣдствіе тонкости стѣнокъ и потому въ домовыхъ проводахъ стальные трубы не употребляются.

Внутри зданій обыкновенно отдаютъ предпочтеніе свинцовымъ трубамъ; онѣ гибки, легко изгибаются по разнымъ направленіямъ, соединенія исполняются просто, вслѣдствіе гладкости представляютъ водѣ малое сопротивленіе и очень долговѣчны. Свинцовыя трубы не ржавѣютъ; онѣ покрываются тонкой пленкой окиси, которая защищаетъ ихъ отъ дальнѣйшаго окисленія. Эти трубы выдавливаютъ прессомъ черезъ кольцеобразное отверстіе, что даетъ возможность получать ихъ очень длинными. Для защиты отъ разъѣданія, а также изъ гигиеническихъ соображеній покрываютъ трубы внутри свинцовыми бѣлилами, фосфорнокислымъ натрономъ, сѣрнистымъ кальціемъ, сѣрнистымъ калиемъ и т. д.

Нѣкоторыя воды растворяютъ свинецъ въ такихъ количествахъ, что при внутреннемъ потребленіи могутъ вызвать признаки отравленія. Произведенныя въ этомъ отношеніи изслѣдованія показали, что главную причину растворенія въ водѣ свинца составляютъ кислородъ и углекислота, а эти вещества содержатся въ большомъ количествѣ въ мягкой водѣ. Чѣмъ больше вода содержитъ растворенныхъ твердыхъ веществъ, чѣмъ выше ея степень жесткости, тѣмъ труднѣе она растворяетъ свинецъ. Вола,

содержащая въ 100 000 частяхъ 0,05 частей свинца должна считаться ядовитой. Для уничтоженія вреднаго дѣйствія свинцовыхъ трубъ покрываютъ ихъ выше приведенными составами, но наиболѣе вѣрнымъ средствомъ оказалось покрытіе оловянной оболочкой Натоп'а; распространенію этого покрытія мѣшаетъ высокая стоимость. Употреблявшееся прежде въ Америкѣ покрытіе цементомъ оказалось непрактичнымъ вслѣдствіе быстрой порчи.

192. Опредѣленіе діаметра главной трубы. Когда извѣстна полная потеря напора или гидравлическое паденіе, то для даннаго секунднаго расхода Q діаметръ провода и скорость теченія получаютъ легко по формуламъ, приведеннымъ въ № 22. Если вода не вполне чистая и содержитъ иловатыя вещества, то для предупрежденія засоренія трубы осадками, скорость не должна быть меньше 2—2½ фут.; но и при чистой водѣ меньшая скорость не желательна, потому что при малой скорости получаютъ слишкомъ большіе діаметры трубъ, увеличивающіе стоимость водопровода. Когда вода накачивается насосами, то всегда имѣется возможность произвести въ трубѣ такую скорость, какая соотвѣтствуетъ наиболѣе экономичному діаметру.

Измѣненіе величины діаметра не имѣетъ вообще вліянія на стоимость насосовъ, а небольшое измѣненіе напора измѣняетъ только количество нужнаго топлива и увеличиваетъ расходы незначительно. Но въ случаѣ очень длиннаго провода или проводовъ съ нѣсколькими насосными станціями, измѣненіе діаметра трубы измѣняетъ почти всѣ статьи расхода; такъ какъ такой случай встрѣчается въ практикѣ довольно часто, то полезно знать хотя бы приблизительно экономичныя скорости, соотвѣтствующія разнымъ діаметрамъ. Для чугунныхъ трубъ уравненіе такой скорости дано формулою (92):

$$v = 30 \delta^{0,27} \left(\frac{ap}{b} \right)^{0,36}, \quad (92)$$

въ которой означаетъ:

v — скорость въ футахъ въ секунду,

δ — діаметръ трубы въ дюймахъ,

a — стоимость 1 фунта чугуна,

p — годовые проценты на затраченный капиталъ, увеличенные на проценты погашенія трубоной лѣнѣи,

b — годовая стоимость накачиванія 1 куб. фут. въ секунду на 1 футъ высоты.

Стоимость b опредѣляютъ обыкновенно въ зависимости отъ стоимости подъема 100 000 куб. фут. на 1 футъ. Эта стоимость въ разныхъ мѣстахъ различна, но стоимость добавочнаго подъема, отъ которой и зависитъ экономичная скорость, рѣдко превышаетъ 2 или 3 копѣйки за 100 000 куб.

фут. подъема на 1 ф.; при больших количествах поднимаемой воды она часто не превышает 1 коп.

Если продолжительность времени работы насосов $= t$ секунд, то при подъемъ въ каждую секунду 1 куб. фута число поднятыхъ кубическихъ футовъ будетъ $= t$. Обозначивъ стоимость подъема 100 000 куб. фут. на 1 футъ въ копѣйкахъ черезъ n получимъ, что для t кубическихъ футовъ эта стоимость будетъ:

$$b = \left(\frac{t}{100\,000} \right) n.$$

Примѣръ. Определить экономичную скорость при слѣдующихъ данныхъ:

Стоимость одного фунта трубы: 1 копѣйка, доходъ съ капитала — 4 процента; на погашеніе трубной линіи положенъ 1%, поэтому $p = \frac{4}{100} + \frac{1}{100} = \frac{5}{100}$ копѣекъ. Стоимость подъема 100 000 куб. фут. на 1 футъ: $n = 2$ коп.; діаметръ трубы $d = 8$ дм. Насосы работают непрерывно и равномерно въ теченіи цѣлыхъ сутокъ, т. е. $t = 60.60.24.365 = 31\,536\,000$ секундъ въ годъ.

Логарифмъ уравненія (92):

$$tg\,v = lg\,30 + 0,27\,lg\,d + 0,36\,(lg\,ap - lg\,b).$$

По (122):

$$b = \frac{31\,536\,000}{100\,000} \cdot 2 = 630,7.$$

Подставимъ данныя значенія:

$$\begin{aligned} lg\,v &= lg\,30 + 0,27\,lg\,8 + 0,36\,(lg\,5 - lg\,100.630,7) = \\ &= 1,47712 + 0,27.0,90309 + 0,36\,(0,69897 - 4,79983) = 0,24464, \\ \text{т. е.} \quad v &= 1,76 \text{ фут. въ сек.} \end{aligned}$$

Указаннымъ здѣсь способомъ вычислена слѣдующая таблица:

Т а б л и ц а XXVIII.

Стоимость подъема 100.000 куб. фут. на 1 фут. высоты n	Діаметръ трубъ, дюймы.									
	4	6	8	12	16	24	30	36	48	60
Наиболѣе экономичная скорость въ футахъ въ секунду.										
1 коп. . . .	1,87	2,09	2,25	2,52	2,72	3,03	3,22	3,38	3,66	3,88
2 „ . . .	1,46	1,63	1,76	1,96	2,12	2,36	2,51	2,64	2,85	3,03
4 „ . . .	1,14	1,27	1,37	1,53	1,65	1,84	1,96	2,06	2,22	2,36
6 „ . . .	0,98	1,09	1,18	1,32	1,43	1,59	1,69	1,78	1,92	2,04

Для других стоимостей трубы нужно числа этой таблицы умножить на $a^{0.36}$, а для других значений процентов—на $\left(\frac{p}{5}\right)^{0.36}$. Так напр. если 1 фунтъ трубы стоит $1\frac{1}{4}$ копѣйки, то множитель $= 1,25^{0.36} = 1,08$, а если $1\frac{1}{2}$ коп., то онъ $= 1,15$.

Когда насосы работают неравномѣрно, то экономичная скорость будетъ немного больше приведенныхъ въ таблицѣ значений. Полная стоимость подъема въ годъ $= bJQ$, гдѣ J — гидравлическое паденіе и Q — накачиваемое въ секунду количество. Если напр. насосы работают въ теченіи только половины сутокъ съ расходомъ Q въ секунду и полная годовая стоимость $= S$, то, такъ какъ $S = bJQ$, будетъ: $b = \frac{S}{JQ}$. Стоимость b будетъ, слѣдовательно, меньше, чѣмъ она была бы, если бы при той же полной стоимости S насосы работали непрерывно, доставляя въ каждую секунду $\frac{Q}{2}$. Чтобы въ этомъ случаѣ получить v было бы нужно данныя въ таблицѣ значенія умножить на $2^{0.36}$, т. е. на 1,28.

Для стальныхъ и вообще—трубъ изъ другого матеріала стоимость будетъ другая, но измѣненіе стоимости трубъ съ діаметромъ будетъ пропорціонально почти такое же, какъ и для чугунныхъ, такъ что значеніе экономической скорости и въ этомъ случаѣ получится съ достаточнымъ приближеніемъ по формулѣ (92).

Когда въ разныхъ участкахъ трубы напоръ не одинаковъ и разница ея напоровъ значительна, то наиболѣе выгодная скорость будетъ для разныхъ участковъ различна; ея наибольшее значеніе будетъ соответствовать наибольшему напору.

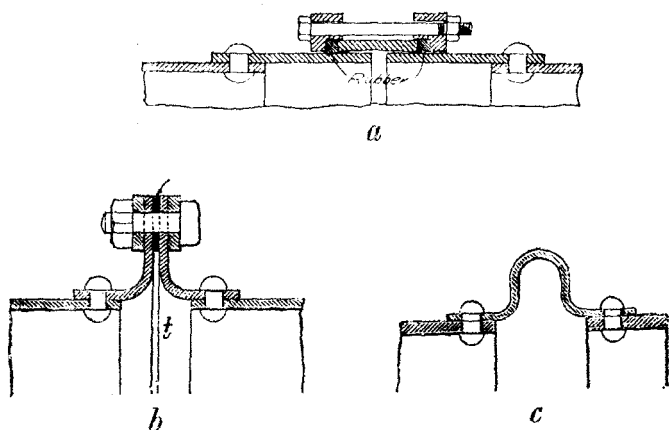
193. Особыя части водопроводовъ и прочія детали. Когда труба не покрыта достаточно толстымъ слоемъ земли (напр. при переводѣ черезъ мость и т. д.), то бываетъ нужно принимать мѣры противъ вреднаго дѣйствія, производимаго измѣненіями температуры. Чугунныя трубы съ раструбами и свинцовыми соединеніями допускаютъ нѣкоторую подвижность, для нихъ термическія мѣры могутъ понадобиться только при большой длинѣ открытой части провода, но такихъ длинъ при большихъ діаметрахъ нужно всегда избѣгать, вслѣдствіе большой стоимости и несовершенной надежности расширительныхъ соединеній. На черт. 193 *a*, *b* и *c* показаны 3 разныхъ рода такихъ соединеній для большихъ діаметровъ. Соединеніе черт. *a* получило широкое примѣненіе въ Парижѣ; изображенныя на черт. *b* и *c* конструкціи состоятъ цѣликомъ изъ металла (*t* — прокладка свинцоваго листа).

194. Входныя шахты. Для широкихъ проводовъ входныя шахты нужны въ разстояніяхъ отъ 500 до 2000 футовъ, главнымъ образомъ въ низшихъ точкахъ и въ мѣстахъ пересѣченій проводовъ. Ихъ дѣлаютъ часто

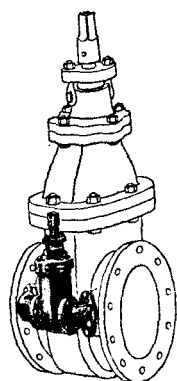
чугунными овальнаго сѣченія, котораго одна ось 12—14 дм., а другая—18—20 дм. и прикрѣпляютъ къ чугуннымъ фланцамъ болтами.

Для промывки трубъ служатъ устраиваемые въ наинизшихъ точкахъ выпуски (черт. 180?) и снабженные выпускными кранами распределительные ящики, располагаемые въ мѣстахъ перекрещиваній трубъ.

195. Задвижки (закрывающіе приборы). Главное условіе, которому должны удовлетворять задвижки, это плотность закрыванія. Во избѣжаніе

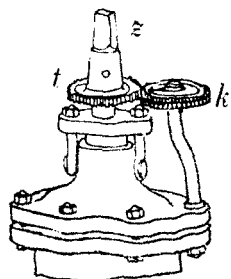


Черт. 193.



Черт. 194.

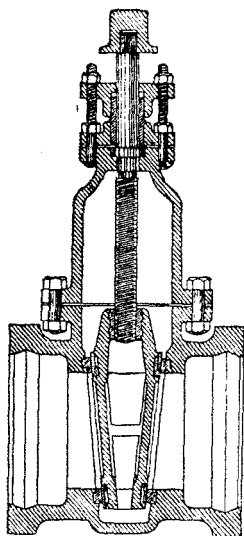
опасныхъ гидравлическихъ ударовъ задвижки должны получить такое устройство, чтобы закрываніе происходило какъ можно медленнѣе. Эта цѣль достигается болѣе или менѣе совершенно помощью винтовыхъ механизмовъ; кромѣ того иногда отверстіе задвижки оканчиваютъ внизу V-образнымъ желобкомъ. Для облегченія открыванія и закрыванія часто соединяютъ раздѣленные задвижкой пространства трубкой съ краномъ. Приступая къ открыванію задвижки сначала открываютъ этотъ кранъ, вслѣдствіе чего давленія выравниваются. Одно изъ такихъ устройствъ показано на черт. 194. На черт. 195 изображенъ приборъ, указывающій положеніе задвижки. Онъ состоитъ изъ двухъ маленькихъ зубчатыхъ колесъ *k*, надетыхъ свободно на вертикальную ось, приделанную къ фланцу коробки задвижки. Эти колеса сѣплены съ зубчатымъ кружкомъ *z*, укрѣпленнымъ неподвижно на продолженіи винтового стержня, котораго гайка нарѣзана въ дискѣ задвижки. Къ нижнему колесу *k* прикрѣпленъ вертикально къ его плоскости штиф-



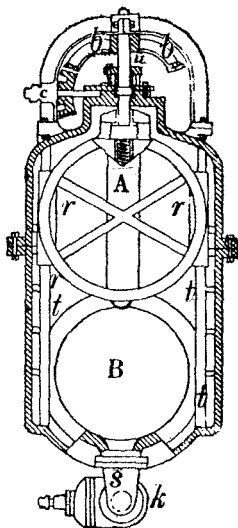
Черт. 195.

тикъ, проходящій черезъ концентрическій прорѣзъ верхняго; число зубцовъ одного изъ этихъ колесъ на 1 больше числа другого. При вращеніи винтового стержня z вращаются оба колеса k и послѣ каждого оборота штифтикъ отстаетъ на 1 зубецъ, вслѣдствіе чего его положеніе относительно черточекъ, намѣченныхъ на верхнемъ колесѣ k , измѣняется.

Стоимость задвижекъ увеличивается значительно съ увеличеніемъ діаметра, поэтому ихъ дѣлаютъ иногда уже трубы. При употребленіи съ обѣихъ сторонъ задвижки коническихъ переходовъ потеря напора отъ суженія отверстія незначительна. Малыя задвижки (діаметромъ до 16 дм.) приводятъ въ движеніе ручнымъ способомъ; для болѣе широкихъ задви-



Черт. 196.



Черт. 197.

жекъ употребляютъ механическія передачи или пользуются напоромъ воды, причемъ цилиндръ прильетъ уже къ коробкѣ. Когда давленіе на задвижку и ея вѣсъ извѣстны, то нужную для движенія силу можно приблизительно вычислить и въ зависимости отъ величины ея опредѣлить, можно ли будетъ обойтись безъ механической силы.

Задвижки нужны главнымъ образомъ во всякой наивысшей и низшей точкѣ трубы. Очень длинный проводъ раздѣляютъ задвижками на части длиной $1\frac{1}{2}$ —2 версты, чтобы въ случаѣ разрыва трубы въ какомъ нибудь мѣстѣ можно было посредствомъ закрытія ближайшей задвижки ограничить распространеніе поврежденія. Способъ размѣщенія задвижекъ въ сѣти уясненъ въ главѣ IX.

Заводы изготовляютъ фабричнымъ образомъ задвижки разныхъ системъ.

На черт. 196 показана задвижка съ клинообразнымъ дискомъ, приводимымъ въ движеніе ручнымъ образомъ. Черт. 197 представляетъ широкую задвижку съ коническимъ заѣмлениемъ. Дискъ *A* направляется въ своемъ движеніи прикрѣпленными къ нему пазами *rr*, скользящими вдоль неподвижныхъ направляющихъ стержней *tt*. Стержень *u* въ нижней части снабженъ нарѣзкой; онъ приводится въ вращеніе коническимъ заѣмлениемъ *cb*; *ss* — уравнильная трубка съ краномъ *k*, соединяющая пространства *B* и *B* коробки.

Малыя задвижки располагаютъ вертикально, а большіе, для уменьшенія глубины, получаютъ часто горизонтальное положеніе.

196. Вантузы. Во всякой вершинѣ изогнутой въ вертикальной плоскости трубы нужны клапаны для выпуска скопляющагося въ ней воздуха, препятствующаго свободному движенію воды и могущаго даже совсѣмъ остановить его. Эти клапаны называютъ вантузами; они имѣютъ цѣлю:

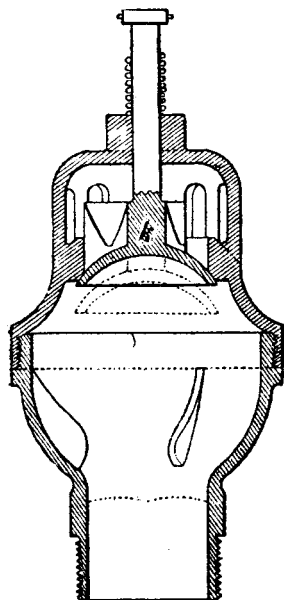
1) выпускать воздухъ изъ трубы во время наполненія,

2) впускать воздухъ въ трубу во время опорожненія какой нибудь части ея и

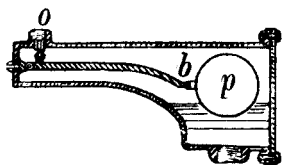
3) выпускать воздухъ, постепенно скопляющійся въ вершинахъ перегибовъ.

Въ настоящее время имѣется много конструкций автоматически дѣйствующихъ вантузовъ. Представленный на черт. 198 вантузъ состоитъ изъ сферическаго клапана *k* съ вертикальнымъ стержнемъ, снабженнымъ пружиной. Клапанъ открывается внизъ; когда въ трубѣ нѣтъ воды, то клапанъ открытъ, но когда при наполненіи вода достигнетъ клапана, то ея волнами и скоростью направляющей къ его отверстію воды онъ, закрывается. Если желаютъ выпустить воду изъ трубы, то нажимаютъ на стержень сверху.

На черт. 199 представлена конструкция автоматическаго вантуза, употребляемаго для выпуска воздуха въ американскихъ водопроводахъ. Когда вслѣдствіе скопленія воздуха въ камерѣ *b* шаровой поплавокъ *p* опустится внизъ, то отверстіе *o* немного откроется и часть воздуха уйдетъ, послѣ чего устремляющаяся къ *o* вода поднимаетъ поплавокъ *p* и закрываетъ отверстіе *o*.



Черт. 198.



Черт. 199.

При большихъ размѣрахъ, для избѣжанія сильныхъ ударовъ во время закрыванія клапана, употребляютъ нѣсколько шаровыхъ поплавковъ разныхъ діаметровъ.

Вантузы прикрѣпляютъ къ трубамъ помощью колѣнъ, снабженныхъ задвижками для того, чтобы при надобности починки можно было ихъ снимать. Въ трубной сѣти вантузами служатъ обыкновенно устроенные въ ея вершинахъ гидранты.

197. Выпуски. На наинизшихъ точкахъ провода устанавливаютъ выпуски съ клапанами (черт. 189*а*), помощью которыхъ можно выпускать воду въ ближайшій каналъ, рѣку или другое удобное мѣсто. Діаметръ клапана или крана = $\frac{1}{3}$ діаметра трубы.

198. Гидранты. Существуютъ 2 главныхъ типа гидрантовъ:

1) гидранты, которыхъ труба выступаетъ на 2—3 фута надъ поверхностью улицы;

2) гидранты, которыхъ труба оканчивается ниже поверхности улицы въ колодцѣ, прикрытомъ сверху чугунной крышкой въ уровнѣ полотна.

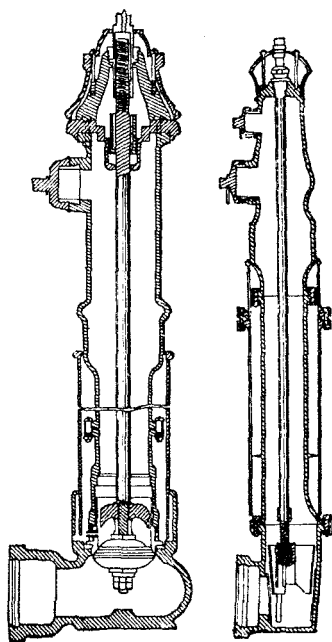
Теперь часто отдають предпочтеніе первому типу, такъ какъ къ выступающимъ вверхъ гидрантамъ легче подходить и легче ими дѣйствовать. Ихъ ставятъ у края тротуара. Гдѣ мѣстомъ стѣснены тамъ ставятъ гидранты второго типа и помѣщаютъ ихъ внутри тротуара или въ самой улицѣ. Въ послѣднемъ случаѣ ихъ можно располагать непосредственно на трубѣ или въ пересѣченіи двухъ трубъ.

Діаметръ колѣна или отрезка, соединяющаго трубу съ гидрантомъ, долженъ быть опредѣленъ въ зависимости отъ числа требуемыхъ отъ него одновременно струй. Для одной струи достаточны 4 дюйма, для двухъ струй нужны 6 дм. и т. д.

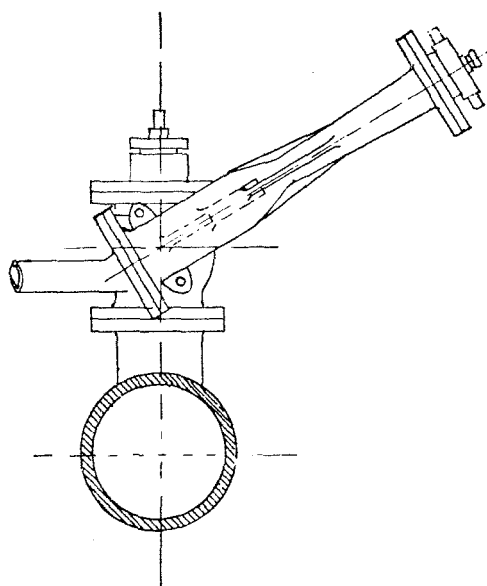
Гидрантъ состоитъ обыкновенно изъ колѣна, соединяющаго его съ водопроводной трубой, изъ вертикальной трубы и помѣщеннаго въ ней вертикальнаго стержня съ горизонтальнымъ или вертикальнымъ клапаномъ. На черт. 200 клапанъ закрываетъ трубу гидранта сверху; при поднятіи клапана онъ закрываетъ устроенное въ стѣнкѣ вертикальной трубы внизу маленькое отверстіе, назначенное для выпуска воды изъ трубы при закрытомъ гидрантѣ. Черт. 201 представляетъ другой типъ гидранта. На черт. 202 показанъ употребляемый въ Англіи инжекторный гидрантъ, въ который, для повышенія давленія, пускаютъ тонкую струю воды, входящейся подъ большимъ напоромъ. Помощью его можно тушить пожары самыхъ высокихъ зданій безъ употребленія насосовъ, изъ гидрантовъ съ самымъ низкимъ напоромъ *).

*) Minutes of Proceedings Inst. Civ. Engineers, vol. XCIV.

Существует много разныхъ конструкцій гидрантовъ; ихъ можно найти въ каталогахъ заводовъ, занимающихся изготовленіемъ водопроводныхъ приборовъ. Въ гидрантѣ всегда должно быть устройство для выпуска воды изъ вертикальной трубы, когда клапанъ закрытъ; этотъ выпускъ долженъ при открытіи клапана закрываться, а при закрытіи — открываться. Спускающую воду спускаютъ въ сточный каналъ или слой крупнаго камня, помѣщенный для этой цѣли вокругъ основанія гидранта. Когда горизонтъ грунтовой воды поднимется выше этого выпуска, то нужно его закупорить пробкой и воду изъ гидранта выкачивать насосомъ. Это особенно важно зи-



Черт. 200 и 201.

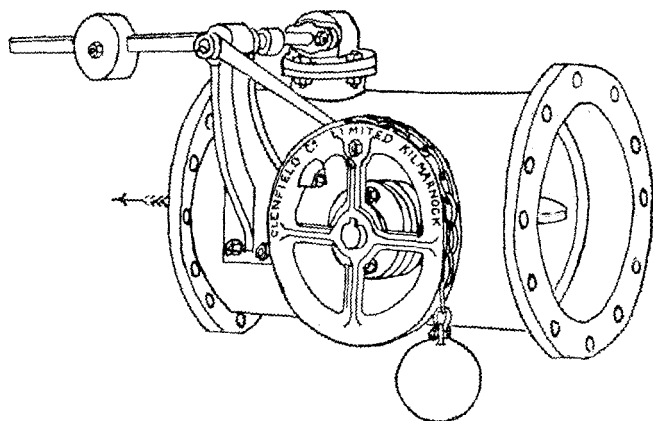


Черт. 202.

мою, потому что остающаяся въ трубѣ вода можетъ при замерзаніи ее разорвать.

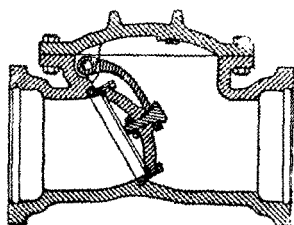
Способъ размѣщенія гидрантовъ по улицамъ уясненъ въ главѣ IX. На которой сторонѣ улицы долженъ быть помѣщенъ гидрантъ можно рѣшить только на мѣстѣ въ зависимости отъ важности зданій, удобства доступа во время пожара и т. д. Обыкновенно ставятъ гидранты на той же сторонѣ улицы, на которой проведены трубы, а гдѣ въ улицѣ уложены 2 трубы, тамъ его соединяють съ болѣе широкой трубой. Гидранты полезно ставить также на глухихъ концахъ трубъ, чтобы предупредить застаиваніе воды.

199. Автоматическіе клапаны (вентили Армстронга). Эти клапаны имѣютъ цѣлю закрывать трубу автоматически, когда скорость воды въ ней по какой нибудь причинѣ (напр. вслѣдствіе поломки или разрыва трубы) превыситъ извѣстный предѣлъ. Онъ состоитъ изъ помѣщенного внутри трубы открытаго клапана, вращающагося около горизонтальной оси (черт. 203). На продолженіи этой оси снаружи трубы укрѣпленъ дискъ, черезъ который перекинута цѣпь, прикрѣпленная однимъ концомъ къ диску,



Черт. 203.

имѣющая на другомъ концѣ грузъ. Дискъ удерживается въ неподвижномъ положеніи запорнымъ крючкомъ. Внутри трубы помѣщено вращающееся крыло, на которое дѣйствуетъ давленіе воды. Когда послѣднее превыситъ нѣкоторый предѣлъ, то крючекъ отодвигается, грузъ приходитъ въ движеніе и закрываетъ трубу. Чтобы закрываніе не было внезапное и не производило гидравлическихъ ударовъ, движеніе груза регулируется гидравлическимъ тормазомъ.



Черт. 204.

200. Захлопки. Ихъ устраиваютъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ требуется сдѣлать невозможнымъ обратное теченіе воды, какъ: у входа трубы въ резервуаръ, въ нижней точкѣ поднимающагося вверхъ длиннаго провода и въ другихъ подобныхъ мѣстахъ. На черт. 204 представлена захлопка для узкой трубы. Когда діаметръ трубы превышаетъ 24 или 30 дм., то помѣщаютъ въ особомъ уширеніи плиту, къ которой придѣлываютъ нѣсколько малыхъ клапановъ. причемъ полная площадь клапановъ должна быть немного больше сѣченія трубы.

201. Регуляторы напора. Лучшими регуляторами напора являются запасные резервуары, напорные баки и открытыя напорныя колонны. Когда потребление воды, какъ это бываетъ въ хозяйственномъ проводѣ, сильно мѣняется, а размѣры колонны ограничены, то для уменьшенія потери отъ переливающейся воды снабжаютъ колонны описанными въ №№ 108 и 109 уравновѣшенными клапанами (черт. 114 и 115). Для той же цѣли употребляютъ также описанный въ № 109 уравновѣшенный клапанъ Burton'a (черт. 116). Флянецъ *a* привинчиваютъ къ трубѣ. На стержень двойного клапана *c* надѣтъ поршень *d*; на послѣдній дѣйствуетъ пружина *p*, сила которой можетъ быть регулирована соотвѣтственно требуемому напору. Пружина дѣйствуетъ на поршень въ сторону противоположную напору воды. До тѣхъ поръ, пока давленія воды и пружины равны, клапанъ находится въ покоѣ, но когда первое превыситъ послѣднее, то клапанъ открывается и равенство давленій восстанавливается. Поршень *d* могъ бы быть замѣненъ гибкой діафрагмой.

Въ мѣстахъ, въ которыхъ гидравлическіе удары могутъ быть особенно опасны, а также на концахъ длинныхъ проводовъ, помѣщаютъ предохранительные клапаны. Это обыкновенные дисковые клапаны съ пружинами, открывающимися наружу. Сила пружины регулируется соотвѣтственно допускаемому максимальному напору. Предохранительные клапаны замѣняютъ воздушные колокола: они заслуживаютъ предпочтенія въ такихъ мѣстахъ, въ которыхъ было бы затруднительно восстанавливать въ колоколѣ происходящую въ немъ потерю воздуха. Предохранительнымъ клапаномъ могъ бы служить и уясненный въ предыдущемъ уравновѣшенный клапанъ, но обыкновенный клапанъ проще и дешевле.

202. Особыя устройства. Въ верхнемъ концѣ гравитаціоннаго провода должна быть помѣщена задвижка и здѣсь полезно устроить водосливъ, указывающій, хотя бы приблизительно, количество поступающей въ проводъ воды. Въ трубномъ проводѣ замѣняютъ водосливъ водомѣромъ (№ 165).

При проведеніи воды подъ каналами, желѣзными дорогами и другими подобными сооружеціями важное значеніе имѣетъ прочность провода. Здѣсь слѣдуетъ употреблять трубы особенно большой крѣпости, гдѣ возможно, стальныя вмѣсто чугунныхъ, изготовлять для нихъ основаніе и окружать слоемъ бетона. Широкія трубы замѣняютъ въ этихъ мѣстахъ соотвѣтственнымъ числомъ узкихъ, съ задвижками на концахъ; въ особо важныхъ случаяхъ помѣщаютъ широкія трубы въ доступныхъ или проходныхъ каналахъ. Рѣки переходятъ сифономъ или мостомъ, а иногда трубы проводятъ по дну рѣки и въ случаѣ быстрого теченія обдѣлываютъ ихъ бетономъ. Въ исключительныхъ случаяхъ строятъ подъ рѣкой тоннель.

Когда желаютъ провести трубу надъ водой въ такомъ мѣстѣ, въ которомъ нѣтъ моста, то строятъ для нея ферму, къ которой ее подвѣши-

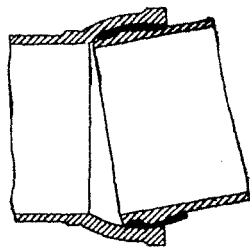
ваютъ или труба образуетъ верхній поясъ фермы. Стальные трубы могутъ при малыхъ пролетахъ сами себя нести; въ стальной трубѣ со стѣнкой толщиной $\frac{1}{4}$ дм., при полномъ наполненіи водою и пролетѣ до 70 фут., максимальное напряженіе не превышаетъ прочнаго. Этотъ пролетъ почти не зависитъ отъ діаметра трубы, но онъ измѣняется съ толщиной стѣнки; при широкихъ трубахъ бываетъ нужно укрѣплять стѣнку вверху (помощью угольника, приклепаннаго къ ней параллельно ея оси), или уменьшать допускаемое напряженіе; поперечные швы тоже должны быть усилены. Для возможности слѣдованія измѣненіямъ температуры предполагаютъ одинъ конецъ трубы на каткахъ и здѣсь помѣщаютъ расширительный приборъ (черт. 191).

Эти трубы нужно защищать отъ дѣйствія мороза. Служація для этого устройства зависятъ отъ діаметра трубы, скорости теченія во время наименьшаго расхода, температуръ воды и воздуха и длины наружной части трубы. Если эта длина небольшая, то въ трубѣ, діаметромъ 2 фута и больше, температура измѣнится очень мало, такъ что въ случаѣ постоянного движенія воды въ трубѣ особыя мѣры для защиты воды отъ мороза рѣдко будутъ нужны. Но для малыхъ трубъ эти мѣры необходимы. Обыкновенно такую трубу помѣщаютъ въ деревянномъ ящикѣ, въ которомъ ее окружаютъ деревянными опилками, войлокомъ, асбестомъ, или другими, дурными проводниками тепла. Хорошіе результаты давала смѣсь алебаstra съ опилками, а еще лучшіе — шерстяные отбросы. Послѣдніе содержатъ небольшое количество жиру, который, разлагаясь, немного нагрѣваетъ трубу, но ихъ нужно возобновлять черезъ каждые пять лѣтъ.

Для укладки трубъ подъ водою употребляютъ разные методы. Въ неширокихъ малыхъ рѣкахъ строятъ перемычки и производятъ работы въ свободномъ отъ воды пространствѣ обыкновеннымъ образомъ. Въ широкихъ, но мелкихъ рѣкахъ, дѣйствуютъ часто слѣдующимъ образомъ: устраиваютъ 2 временныхъ моста въ разстояніи около 5 фут. между собою, поперекъ которыхъ разставляютъ поперечины въ такихъ разстояніяхъ, чтобы каждая отдѣльная труба лежала на двухъ поперечинахъ. На послѣднихъ собираютъ весь погружаемый проводъ придавая его оси видъ профиля дна, послѣ чего наполняютъ его водою, концы закрываютъ герметически кружками и подвергаютъ пробѣ на давленіе до 8 атмосферъ. Затѣмъ помощью домкратовъ проводъ немного приподнимаютъ, удаляютъ поперечины и равномерно опускаютъ его на дно рѣки въ изготовленную землерпаніемъ канаву, подбиваютъ хорошо мелкимъ камнемъ, чтобы труба нигдѣ не была на вѣсу и засыпаютъ канаву. Въ тихой водѣ можно проводъ укладывать прямо на спланированное дно. Гдѣ грунтъ слабъ и можно опасаться осадки, тамъ слѣдуетъ употреблять подвижныя соединенія шарообразными муфтами.

При укладкѣ въ широкой и глубокой рѣкѣ изготовляютъ обыкновенно

проводъ въ нѣсколькихъ частяхъ; каждую часть опускаютъ на назначенное для нея мѣсто на днѣ рѣки, послѣ чего водолазы соединяютъ эти части между собою подводнымъ образомъ. Иногда собираютъ весь проводъ на берегу въ направленіи его оси и затѣмъ въ плавучемъ состояніи передвигаютъ поперекъ рѣки. Проводъ въ этомъ случаѣ долженъ имѣть достаточное число гибкихъ соединений.



Черт. 205.

Одна изъ конструкцій гибкаго соединенія представлена на черт. 205. Для увеличенія плотности стыка нужно трубу, послѣ изготовленія соединенія, немного натянуть.

ГЛАВА X.

Конструкция сѣти.

203. Планъ и профиль. При составленіи проекта водоснабженія долженъ быть изготовленъ планъ въ большомъ масштабѣ. На планѣ нужно нанести точно положеніе трубъ, радіусъ и длину каждого поворота, положеніе и величину угловъ перегиба, положеніе и размѣры замыкающихъ приборовъ и прочихъ принадлежностей сѣти. Разныя сѣченія трубъ и фасонныхъ частей могутъ быть пронумерованы и помѣчены на планѣ соответственными цифрами. Для болѣе важныхъ линій должны быть вычерчены продольные профили.

204. Непрерывность доставки воды. Когда главная труба, ведущая воду отъ источника къ запасному резервуара, одиночная, то при поврежденіи ея доставка воды прекращается на все время, потребное для исправленія. Практика показала, что для небольшихъ трубъ это время можетъ продолжаться 3—4 дня, а для большихъ 10—15 дней. Избѣжать вытекающаго изъ этого неудобства можно двоякимъ образомъ:

1) посредствомъ запасного резервуара, вмѣщающаго такое количество воды, какое нужно на время исправленія; минимальная емкость такого резервуара должна равняться 3—4 суточному расходу;

2) посредствомъ двойного провода.

Последнее средство лучше и дешевле. поэтому употребляется чаще.

Когда проводъ одиночный, то, по крайней мѣрѣ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ исправленіе поврежденной трубы представляетъ большія затрудненія (какъ напр. въ подводныхъ сифонахъ и т. д.), должна быть добавлена вторая труба.

205. Расположеніе въ планѣ. Положеніе трубъ въ улицахъ зависитъ отъ мѣстныхъ условій и отъ положенія существующихъ уже проводовъ: газовыхъ, электрическихъ, телефонныхъ, телеграфныхъ и т. д. Въ широкихъ улицахъ, въ которыхъ лежатъ рельсы конной или электрической дороги, должна быть устроена приводная труба на каждой сторонѣ улицы, въ мѣстѣ свободномъ отъ рельсъ, для того, чтобы отвѣтвленія, выходящія отъ нея къ отдѣльнымъ владѣніямъ, не пересѣкали улицы и не проходили подъ рельсами. Въ неширокой улицѣ, по которой не проведена городская дорога и вообще въ жилыхъ кварталахъ, достаточно устроить одну только распредѣлительную трубу въ разстояніи около 3-хъ футовъ отъ одного изъ тротуаровъ на той сторонѣ улицы, на которой нѣтъ другого рода проводовъ. Когда середина улицы занята сточными каналами, то трубы кладутся въ разстояніи 5—10 фут. отъ середины.

По одной и той же улицѣ трубы должны быть уложены на одной и той же сторонѣ ея.

Приводныя трубы не слѣдуетъ устраивать подъ тротуарами; исключеніе можно допускать въ случаѣ, когда тротуары очень широки. Лучше помѣщать подъ тротуаромъ телефонные и телеграфные провода, такъ какъ ихъ можно укладывать на небольшой глубинѣ и эта глубина можетъ быть меньше, чѣмъ при устройствѣ по серединѣ улицы, гдѣ ее бываетъ нужно увеличивать вслѣдствіе сотрясеній отъ грузнаго движенія. Только когда мостовая устроена на бетонномъ основаніи, выгодно располагать трубы подъ тротуаромъ. Если въ этомъ случаѣ труба уложена подъ мостовой улицы, то при разрывѣ ея, вслѣдствіе большого сопротивленія бетоннаго основанія, значительная часть почвы можетъ быть размыта, прежде чѣмъ разрывъ будетъ замѣченъ и можетъ надѣлать много вреда затопленіемъ сосѣднихъ подваловъ.

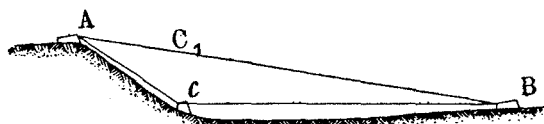
Для магистралей дѣйствительны въ общемъ тѣ же правила, что и для приводныхъ трубъ, но ихъ условія не во всѣхъ отношеніяхъ одинаковы, такъ какъ онѣ обыкновенно не имѣютъ отвѣтвленій. Гдѣ возможно, полезно проводить магистраль по улицамъ, не имѣющимъ мостовыхъ на бетонномъ основаніи.

Слѣдуетъ считать правиломъ, что при отвѣтвленіи узкой трубы отъ широкой, узкая должна получить задвижки на обоихъ концахъ. Въ пересѣченіи широкихъ трубъ полезно устроить задвижку на каждой трубѣ; при пересѣченіи узкихъ трубъ достаточно въ мѣстѣ пересѣченія устроить 2 задвижки, или по одной задвижкѣ на каждой трубѣ для двухъ кварталовъ. Образцомъ расположенія задвижекъ можетъ служить планъ черт. 170.

206. Профиль трубы. Трубный проводъ слѣдуетъ укладывать по возможности параллельно естественной поверхности, потому что тогда глубина нужная для укладки рва будетъ постоянна и количество земляныхъ

работъ наименьшее. На это обстоятельство должно быть обращено вниманіе при выборѣ направленія провода въ планѣ; направленіе нужно выбирать такъ, чтобы напоръ въ трубѣ по возможности меньше отклонялся отъ линіи гидравлическаго паденія. При длинныхъ проводахъ послѣднее условіе не всегда можетъ быть исполнено, какъ это видно напр. изъ представленнаго на черт. 206

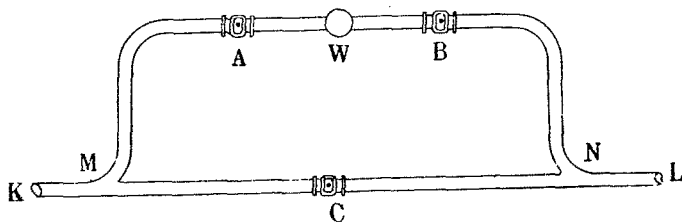
случая. Здѣсь было бы наиболѣе выгодно принять за ось трубы прямую AB и тогда діаметръ трубы былъ бы постоянный; но при большой высотѣ CC_1 потребовались бы для этого



Черт. 206.

слишкомъ дорогія сооруженія, вслѣдствіе чего можетъ оказаться болѣе выгоднымъ устроить въ C водяную камеру и провести воду отъ A къ C по трубѣ AC и затѣмъ къ B — по трубѣ CB . Кривыхъ малыхъ діаметровъ слѣдуетъ избѣгать какъ въ планѣ, такъ и профилѣ, поэтому черезъ глубокіе, но не широкіе овраги, вообще выгоднѣе провести трубу по мосту или акведуку.

207. Учетъ утечки воды. Въ настоящее время считаютъ нужнымъ разбивать распределительную сѣть на участки такъ, чтобы каждый участокъ могъ быть контролированъ особымъ водомѣромъ. Послѣдніе распо-



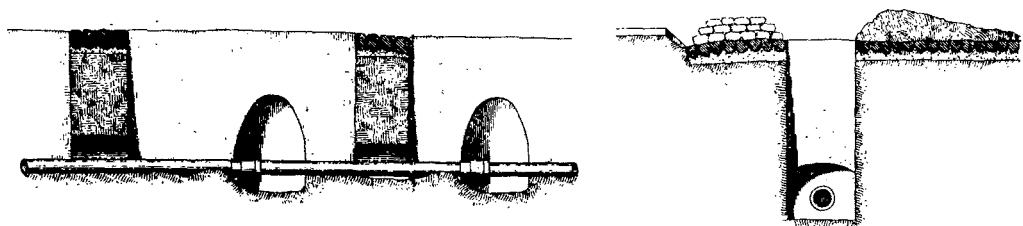
Черт. 207.

лагаютъ на приводной трубѣ участка непосредственно послѣ его отвлѣченія отъ магистрали (примѣръ № 165).

Наиболѣе практичное соединеніе водомѣра представлено на черт. 207. KL — отвлѣтляющаяся отъ магистрали приводная труба; $MABN$ — добавочное колено для водомѣра; W — водомѣръ; A , B и C — задвижки. Если требуется водомѣръ снять для исправленій, то закрываютъ A и B и открываютъ C . Обыкновенно задвижка C открыта, а задвижки A и B закрыты. Когда хотятъ опредѣлить утечку воды, то къ водомѣру прикрѣпляютъ счетный часовой механизмъ, снабженный чистой бумагой, открываютъ A и B , закрываютъ C и пускаютъ механизмъ въ дѣйствіе.

208. Глубина заложения рассмотрѣна въ № 17. Она увеличивается съ суровостью климата, такъ какъ трубы должны быть уложены ниже глубины промерзанія. Между тѣмъ какъ въ тепломъ климатѣ эта глубина=2 или 3 фут., въ сѣверныхъ губерніяхъ она превышаетъ 7 фут. Глубина не меньше 2—3 фут. нужна также для предохраненія трубы отъ вреднаго дѣйствія сотрясеній, производимыхъ уличнымъ движеніемъ и для сохраненія свѣжести воды. Въ здѣшнихъ странахъ глубина заложения не должна быть менѣе 7 фут. Въ песчаномъ грунтѣ глубина должна быть максимальная. Въ широкихъ трубахъ вода не легко замерзаетъ, но и ихъ не слѣдуетъ располагать выше, чтобы находящаяся въ нихъ вода своей теплотой противодѣйствовала замерзанію воды въ узкихъ отвлѣченіяхъ ихъ.

209. Изготовленіе рвовъ для укладки трубъ. Для уменьшенія количества земляныхъ работъ и въ цѣли какъ можно меньшаго стѣсненія движенія по улицамъ, вырываютъ рвы узкіе, съ вертикальными стѣнками,



Черт. 208.

обыкновенно безъ укрѣпленій, оставляя въ случаѣ надобности въ разстояніяхъ 10—20 фут. поперечныя земляныя стѣнки, въ которыхъ для укладки трубъ прокапываютъ внизу отверстія съ сводообразными потолками. Чтобы можно было производить въ рвѣ необходимыя работы, ширина его не должна быть меньше 2 фут. Въ мѣстахъ, гдѣ будутъ находиться раструбы, устраиваютъ нишеобразныя уширенія, чтобы можно было тщательно изготовлять соединенія (черт. 208). Дно рва должно быть совершенно ровное, съ углубленіемъ подъ раструбами, соответственно формѣ послѣднихъ.

Въ мѣстахъ съ слабымъ грунтомъ или гдѣ поверхность земли поднимается выше гидравлической линіи паденія, могутъ понадобиться глубокіе рвы, требующіе укрѣпленія стѣнокъ досками. Въмѣсто деревянныхъ распорокъ употребляютъ тогда часто рычажный колѣнчатый приборъ, изображенный на черт. 209. Онъ состоитъ изъ двухъ колѣнчатыхъ рычаговъ, образующихъ параллелограммъ. Т-образные вертикальные стержни *n* врѣзаются зубчатыми гранями въ обдѣлочныя доски. Винтовой болтъ *s* проходитъ въ *h* черезъ втулку свободно и въ *m* имѣетъ гайку. При вра-

щеніи винта разстояніе *ht* уменьшается и раздвигает стержни *a*. Этот прибор оказался полезнымъ какъ вспомогательное средство и при деревянныхъ распоркахъ, облегчая установку и заклиниваніе деревянныхъ стоекъ и разборку обдѣлки по окончаніи укладки.

Въ скалистомъ грунтѣ и при пересѣченіи старой кладки, трубы нужно класть на слой песка толщиною 3 — 6 дм. Основанія трубы вообще не требуютъ, потому что вѣсъ наполненной водой трубы обыкновенно не больше вѣса вытѣсненной ею земли. Широкія задвижки и прочія тяжелыя части получаютъ основаніе изъ бетона.

Укладку чугунныхъ трубъ начинаютъ обыкновенно задвижкой, или другой специальной частью. Легкія трубы (діаметромъ 6—8 дм.) опускаютъ въ ровъ ручнымъ образомъ помощью канатовъ, а тяжелыя — механическими приборами. Гдѣ возможно производить укладку въ направленіи противъ теченія воды раструбами вверхъ, такъ что вода втекаетъ въ раструбъ и вытекаетъ изъ хвостового конца.

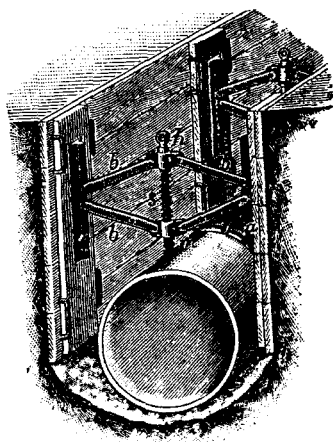
Когда трубы опущены провѣряютъ ихъ concentричность, которую въ случаѣ необходимости исправляютъ помощью деревянныхъ клиньевъ и соединяютъ, для чего сначала вводятъ въ раструбъ пенъковую прядь, затѣмъ расплавленный свинецъ, который немного расчеканиваютъ.

Клепанная трубы изготовляютъ на заводѣ по возможности длинными частями; отдѣльныя части склепываютъ въ ровѣ ручнымъ образомъ, швы чеканятъ и покрываютъ асфальтомъ.

Укладка деревянныхъ трубъ не требуетъ поясненія.

Послѣ укладки участка длиною около 1 000 фут., испытываютъ его гидравлически. Для этого концы закрываютъ специальными кружками, снабженными клапанами и манометрами. Давленіе должно быть не много больше статическаго. Пространство вокругъ трубы нужно хорошо заполнить пескомъ или мелкимъ каменнымъ матеріаломъ, чтобы она нигдѣ не была на вѣсу и послѣ засыпаютъ ровъ сначала пескомъ или мелкимъ гравіемъ, а затѣмъ вынутымъ изъ ровъ матеріаломъ. Засыпку слѣдуетъ производить слоями толщиною 4—6 дм. и каждый слой утрамбовывать; чтобы земля ложилась плотнѣе, она должна быть влажной, но не мокрой.

Для избѣжанія вреднаго вліянія перебѣнъ температуры на стальные трубы, ихъ засыпаютъ уже во время укладки, но для возможности гидравлическаго испытанія оставляютъ концы непокрытыми.



Черт. 209.

210. Оттаиваніе воды въ трубахъ. Случается нерѣдко, что въ трубѣ, уложенной на недостаточной глубинѣ, вода во время сильныхъ морозовъ замерзаетъ. Самымъ лучшимъ средствомъ оттаиванія оказалось нагрѣваніе трубы помощью электрическаго тока. При силѣ тока въ 200 — 300 амперъ съ напряженіемъ 50 вольтъ оттаиваніе домовой трубы требуетъ 20 — 30 минутъ времени. Для большихъ трубъ нуженъ болѣе сильный токъ. Въ одномъ случаѣ для 16-дюймовой трубы длиною 320 фут. употребляли токъ 300 амперъ и 100 вольтъ; оттаиваніе длилось 2 часа.

Токъ берутъ обыкновенно отъ провода электрическаго освѣщенія, трансформируютъ его до требуемаго напряженія, приводятъ къ одному концу замерзшей трубы и отводятъ на другомъ концѣ. Для регулированія тока употребляютъ широкіе желѣзные листы, погруженные въ соляную воду. Гдѣ не возможно пользоваться электричествомъ, тамъ пускаютъ паръ, которымъ въ случаѣ надобности оттаиваютъ и замерзшій грунтъ, а когда труба открыта, то можно употреблять кипятокъ. При маломъ количествѣ льда хорошо дѣйствуетъ и соль.

211. Электролизъ. Въ городахъ, въ которыхъ устроены электрическія дороги съ одиночнымъ троллѣмъ, трубы сильно страдаютъ отъ разѣданія электролизомъ, производимаго возвращающимся къ станціи обратнымъ токомъ. Этотъ токъ долженъ отводиться рельсами, но такъ какъ послѣдніе не изолированы, то часть его передается грунтомъ ближайшимъ трубамъ и другимъ проводникамъ, идущимъ по направленію къ источнику электричества. Токъ движется по трубѣ съ большимъ или меньшимъ сопротивленіемъ, пока не достигнетъ мѣста, въ которомъ потенциалъ рельсъ или другихъ проводниковъ меньше потенциала трубы, какъ это обыкновенно имѣетъ мѣсто вблизи станціи, производящей электричество. Токъ тогда оставляетъ трубу и производитъ въ мѣстѣ выхода разѣдающее электрическое дѣйствіе. Такое дѣйствіе происходитъ только тамъ, гдѣ токъ изъ трубы переходитъ въ грунтъ; при переходѣ изъ грунта въ трубу онъ не имѣетъ на нее никакого вліянія. Сила этого дѣйствія зависитъ отъ силы тока и рода заключающихся въ грунтѣ солей.

Когда движущійся по трубѣ токъ сильный, то разѣданіе появляется и въ соединеніяхъ. Причиной тому является высокое сопротивленіе стыковъ, вслѣдствіе котораго часть тока оставляетъ трубу, переходитъ въ почву или воду, а отсюда—въ слѣдующую трубу. Это послѣднее дѣйствіе менѣе сильно, но для трубъ тоже довольно вредно.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ электролитическое дѣйствіе проявлялось съ такой силой, что трубы дѣлались негодными послѣ 3-хъ или 4-хъ лѣтъ. Вредное дѣйствіе проявлялось уже при незначительномъ напряженіи въ $1\frac{1}{2}$ вольта.

Наиболѣе вѣрнымъ средствомъ противъ этого разѣданія является двой-

ной тролли, при которомъ токъ можетъ возвращаться по особому, для этого специально построенному, проводу. Хорошее дѣйствіе производить также спайка рельсъ на стыкахъ, или тщательное металлическое соединеніе ихъ въ этихъ мѣстахъ. При устройствѣ хорошаго, слабое сопротивление представляющаго соединенія трубъ съ рельсами, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ потенциалъ трубъ выше потенциала рельсъ, токъ оставить трубу не переходя въ грунтъ и слѣдовательно не будетъ имѣть на водопроводъ вреднаго вліянія. Опасные участки могутъ быть опредѣлены помощью вольтметровъ, для чего измѣренія нужно производить при разныхъ условіяхъ и въ разныхъ интервалахъ. Въ опасныхъ участкахъ трубы не должны имѣть соединеній съ рельсами, такъ какъ соединенія въ этихъ мѣстахъ только усиливали бы токи въ трубѣ и слѣдовательно увеличивали бы вредное дѣйствіе электролиза. Соединенія трубъ съ рельсами не устраняютъ электролиза на стыкахъ и даже усиливаютъ его.

П р и б а в л е н и е.

ТАБЛИЦА XXXIX.—Эквивалентныя мѣры и вѣса воды.

Ведра.	Кубическіе футы.	Кубическіе дюймы.	Литры.	Кубическіе метры.	Русскіе фунты.	Американ- скіе галлоны.	Английскіе галлоны.
1	0,4344	750,57	12,299	0,0123	30,0213	3,25	2,707
2,302	1	1728	28,3161	0,028316	69,1098	7,48055	6,23287
0,001332	0,000579	1	0,016387	0,0000164	0,040	0,004329	0,003607
0,08131	0,035316	61,0254	1	0,001	2,44065	0,264179	0,22012
81,317	35,316	61025,4	1000	1	2440,65	264,179	220,12
0,0331	0,01447	25,00	0,40973	0,0004097	1	0,10823	0,090188
0,308	0,13368	231	3,7853	0,003785	9,2386	1	0,83321
0,3695	0,16044	277,274	4,5436	0,004543	11,0880	1,20017	1

ТАБЛИЦА XXX.—Эквивалентныя давленія.

Высота на- пора, футы.	Килогр. на 1 квадр. сантим.	Атмосферы.	Русскіе фунты.		Английскіе (американ- скіе) фунты.	
			На 1 кв. дюймъ.	На 1 кв. футъ.	На 1 кв. дюймъ.	На 1 квадр. футъ.
1	0,03047	0,02945	0,4801	69,134	0,4335	62,396
32,819	1	0,96652	15,755	2268,114	14,225	2047,774
33,86	1,03445	1	16,26	2346,278	14,72	2118,344
2,083	0,06346	0,06134	1	129,963	0,9029	129,9648
0,01446	0,0004397	0,000424	0,006944	1	0,006269	0,9209
2,307	0,07029	0,06794	1,1076	159,077	1	143,947
0,01602	0,000487	0,00047	0,00769	1,1076	0,006939	1

Т а б л и ц а X X X I.

100 мм. на 1 кв. мтр. въ часъ = 0,1 кв. мтр. въ часъ = 2,4 кв. мтр.
въ 24 часа = 8,13 ведеръ въ часъ = 2,57 милліоновъ американскихъ гал-
лоновъ на 1 акръ въ 24 часа,

1 акръ = 4 840 кв. ярдъ = 43 560 кв. фут. = 889 кв. саж. = 4 047 кв.
метр.,

1 ярдъ = 3 фут.,

1 англ. миля = 754,286 саж. = 1,5086 верстъ,

1 кв. англ. миля = 640 акръ = 2,59 кв. километр.,

1 метръ = 3,2809 фут.,

1 футъ = 0,30479 мтр. = 30,479 см.,

1 дюймъ = 2,53995 см.,

1 русск. фунтъ = 409,53 грамм. = 0,40953 килогр.,

1 килогр. = 2,44193 русск. фунт.,

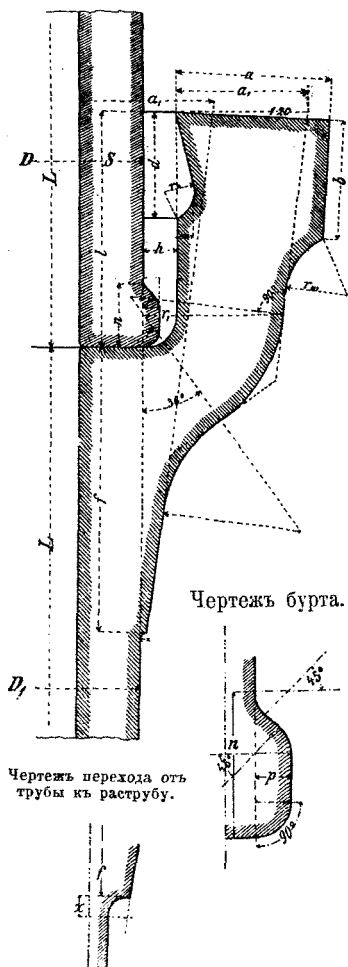
1 америк. гранъ (grain) = $\frac{1}{7000}$ англ. фунт.,

1 граммъ = 15,432 америк. грановъ.



Нормальный метрический сортаментъ.

Конструктивный чертежъ раструба.



$$l = 60 \text{ мм.} + 0,04 D$$

$$f = 60 \text{ мм.} + 0,06 D.$$

$$l + f = 120 \text{ мм.} + 0,10 D.$$

$$\delta = 6,5 \text{ мм.} + 0,02 D \text{ для трубъ, діаметр. отъ 40 до 300 мм.}$$

$$\delta = 6 \text{ мм.} + 0,02 D \text{ для трубъ, діаметромъ отъ 350 до 1200 мм.}$$

$$k = 6 \text{ мм.} + 0,008 D.$$

$$d = 25 \text{ мм.} + 0,02 D.$$

$$a = 24 \text{ мм.} + 0,04 D.$$

$$a_1 = 20 \text{ мм.} + 0,035 D.$$

$$m = 4 \text{ мм.} + 0,003 D.$$

$$b = 30 \text{ мм.} + 0,02 D.$$

$$x = 0,05 \text{ мм.} + 0,002 D \text{ съ округленіемъ до полумилиметра.}$$

$$p = 3 \text{ мм.} + 0,004 D = \frac{k}{2}.$$

$$n = 12 \text{ мм.} + 0,016 D = 4 p = 2 k.$$

$$r_1 = k.$$

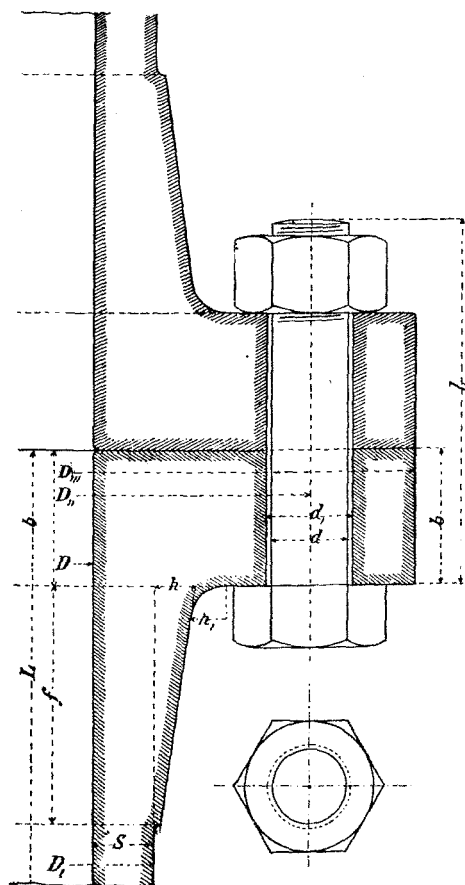
$$r_{II} = 0,25 b.$$

$$r_{III} = 6 \text{ мм.} + 0,02 D.$$

Примѣчаніе.

Всѣ величины выражаются въ миллиметрахъ.

Конструктивный чертежъ фланца.



$$b = 17 \text{ мм.} + 0,04 D.$$

$$f = 50 \text{ мм.} + 0,05 D.$$

$$b + f = 67 \text{ мм.} + 0,09 D.$$

$$\delta = 6,5 \text{ мм.} + 0,02 D \text{ для трубъ диаметромъ отъ 40 до 300 мм.}$$

$$\delta = 6 \text{ мм.} + 0,02 D \text{ для трубъ диаметромъ отъ 350 до 1200 мм.}$$

$$h = 6 \text{ мм.} + 0,01 D.$$

$$h_i = 5 \text{ мм.} + 0,01 D.$$

$$D_1 = D + 13 \text{ мм.} + 0,04 D \text{ для трубъ диаметромъ отъ 40 до 300 мм.}$$

$$D_1 = D + 12 \text{ мм.} + 0,04 D \text{ для трубъ диаметромъ отъ 350 до 1200 мм.}$$

$$D_{1,} = D_1 + 2(h + h_i) + 2d \text{ съ округленіемъ до сантиметра, приче́мъ оно не должно превышать } 0,5 h.$$

$$D_{1,} = D_{1,} + 2(d + h_i).$$

$$d_i = d + (2,5 \text{ мм.} - 3,5 \text{ мм.}).$$

$$l = 37 \text{ мм.} + 0,08 D + 1,1 d \text{ съ округленіемъ до миллиметра.}$$

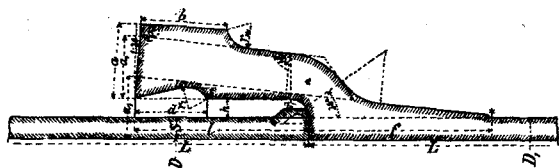
$$x = 0,05 \text{ мм.} + 0,002 D, \text{ съ округленіемъ до полумиллиметра.}$$

Примѣчаніе.

Всѣ величины выражаются въ миллиметрахъ.

Нормальный сортаментъ чугуна

Трубы съ раструб

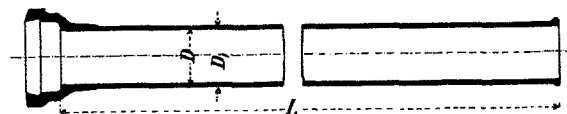


Внутренний диаметр D.	Внешний диаметр D ₁ .	Толщина стѣнокъ S.	Глубина раструба l.	Длина перехода трубы въ раструбъ f.	Толщина свинцовой заливки k.	Толщина раструба въ его концѣ a.	Вспомогательный размеръ для высверливанія раструба a ₁ .	Глубина свинцовой заливки d.	Внутреннее утолщеніе свинцовой заливки m.
миллим.	миллим.	мил.	мил.	миллим.	миллим.	миллим.	миллим.	мил.	миллим.
40	55	7,5	62	63	7	26	21,5	26	4,5
50	65	7,5	62	63	7	26	22	26	4,5
75	91	8,0	63	65	7	27	23	26,5	4,5
100	117	8,5	64	66	7	28	23,5	27	4,5
125	143	9,0	65	67,5	7	29	24,5	27,5	4,5
150	169	9,5	66	69	7,5	30	25,5	28	4,5
(175)	(195)	(10,0)	(67)	(70,5)	(7,5)	(31)	(26)	(28,5)	(5)
200	221	10,5	68	72	7,5	32	27	29	5
(225)	(247)	(11,0)	(69)	(73,5)	(8)	(33)	(28)	(29,5)	(5)
250	273	11,5	70	75	8	34	29	30	5
300	325	12,5	72	78	8,5	36	30,5	31	5
350	376	13	74	81	9	38	32,5	32	5,5
400	428	14	76	84	9	40	34	33	5,5
450	480	15	78	87	9,5	42	36	34	5,5
500	532	16	80	90	10	44	37,5	35	5,5
600	636	18	84	96	11	48	41	37	6
700	740	20	88	102	11,5	52	44,5	39	6,5
(750)	(792)	(21)	(90)	(105)	(12)	(54)	(46)	(40)	(6,5)
800	844	22	92	108	12,5	56	48	41	6,5
900	948	24	96	114	13	60	51,5	43	7
1000	1052	26	100	120	14	64	55	45	7
1200	1260	30	108	132	15,5	72	62	49	7,5

Примѣчаніе. Заключеніе въ скобки диаметровъ трубъ указываетъ на ремонтное упо-

ныхъ водопроводныхъ трубъ.

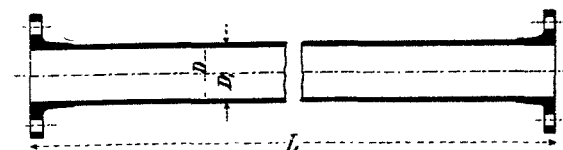
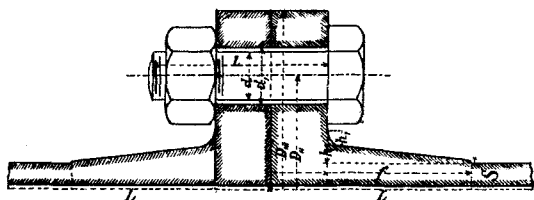
ными соединеніями.



Внутренний диаметр D.	Внутреннее утолщеніе свинцовой заливки m.	Глубина свинцовой заливки d.	Вспомогательный размеръ для высверливанія раструба a ₁ .	Толщина раструба въ его концѣ a.	Толщина свинцовой заливки k.	Длина перехода трубы въ раструбъ f.	Глубина раструба l.	Толщина стѣнокъ S.	Внешний диаметр D ₁ .	Внутренний диаметр D.
миллим.	миллим.	мил.	миллим.	миллим.	миллим.	миллим.	мил.	мил.	миллим.	миллим.
40	4,5	26	21,5	26	7	63	62	7,5	55	40
50	4,5	26	22	26	7	63	62	7,5	65	50
75	4,5	26,5	23	27	7	65	63	8,0	91	75
100	4,5	27	23,5	28	7	66	64	8,5	117	100
125	4,5	27,5	24,5	29	7	67,5	65	9,0	143	125
150	4,5	28	25,5	30	7,5	69	66	9,5	169	150
(175)	(5)	(28,5)	(26)	(31)	(7,5)	(70,5)	(67)	(10,0)	(195)	(175)
200	5	29	27	32	7,5	72	68	10,5	221	200
(225)	(5)	(29,5)	(28)	(33)	(8)	(73,5)	(69)	(11,0)	(247)	(225)
250	5	30	29	34	8	75	70	11,5	273	250
300	5	31	30,5	36	8,5	78	72	12,5	325	300
350	5,5	32	32,5	38	9	81	74	13	376	350
400	5,5	33	34	40	9	84	76	14	428	400
450	5,5	34	36	42	9,5	87	78	15	480	450
500	5,5	35	37,5	44	10	90	80	16	532	500
600	6	37	41	48	11	96	84	18	636	600
700	6,5	39	44,5	52	11,5	102	88	20	740	700
(750)	(6,5)	(40)	(46)	(54)	(12)	(105)	(90)	(21)	(792)	(750)
800	6,5	41	48	56	12,5	108	92	22	844	800
900	7	43	51,5	60	13	114	96	24	948	900
1000	7	45	55	64	14	120	100	26	1052	1000
1200	7,5	49	62	72	15,5	132	108	30	1260	1200

требленіе послѣднихъ.

Трубы съ фланцевыми соединеніями.

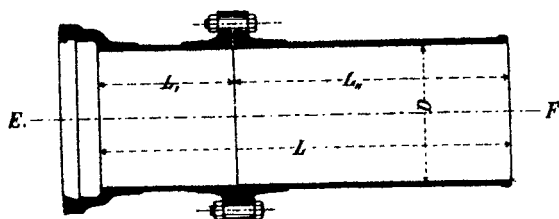


Внутренний диаметр D.	Внешний диаметр D _в .	Толщина стѣны t.	Толщина фланца b.	Длина перехода f.	Высота перехода отъ створа къ фланцу h.	Радиус закругления h'.	Высота пестуна перехода x.	Число болтовъ n.	Диаметръ болта d.	Диаметръ отверстия для болта d'.	Длина болта l.	Диаметръ круга, проходящаго черезъ центры болт. D _н .	Диаметръ фланца D _м .	Строительная длина L.	Трубы безъ фланцевъ. В.	Одного фланца. Б.	Трубы съ двумя фланцами. С.	Погоннаго метра трубы съ двумя фланцами. А.	Внутренний диаметр трубъ D.
миллим.	миллим.	мил.	мил.	миллим.	миллим.	миллим.	миллим.	миллим.	миллим.	мил.	мил.	миллим.	миллим.	миллим.	килограм.	килограм.	килограм.	килограм.	миллим.
40	55	7,5	19	5,1	6,5	5,5	1	4	12,5	15	55	110	150	2000	16,23	2,33	20,89	10,44	40
50	65	7,5	19	5,2	6,5	5,5	1	4	16	19	59	125	165	2000	19,65	2,73	25,11	12,56	50
75	91	8,0	20	5,4	7	6	1	4	16	19	61	150	200	2000	30,25	4,04	38,33	19,17	75
100	117	8,5	21	5,5	7	6	1	4	19	22	66	185	235	3000	63,61	5,48	73,97	24,66	100
125	143	9,0	22	5,6	7,5	6,5	1	8	16	19	65	205	255	3000	82,40	6,23	94,86	31,62	125
150	169	9,5	23	5,8	7,5	6,5	1	8	16	19	67	230	280	3000	103,53	7,38	118,29	39,43	150
(175)	(195)	(10,0)	(24)	(59)	(8)	(7)	(1)	(8)	(19)	(22)	(72)	(265)	(315)	(3000)	(126,40)	(9,34)	(145,08)	(48,36)	(175)
200	221	10,5	25	60	8	7	1	8	19	22	74	290	340	3000	151,02	10,68	172,38	57,46	200
(225)	(247)	(11,0)	(26)	(61)	(8,5)	(7,5)	(1)	(8)	(19)	(22)	(76)	(320)	(370)	(3000)	(177,38)	(12,71)	(202,80)	(67,60)	(225)
250	273	11,5	27	63	8,5	7,5	1	12	19	22	78	345	395	3000	205,47	14,04	233,55	77,85	250
300	325	12,5	29	65	9	8	1,5	12	22	25	85	405	465	3000	266,90	20,25	307,40	102,47	300
350	376	13	31	68	9,5	8,5	1,5	12	22	25	89	460	520	3000	322,42	25,49	373,40	124,46	350
400	428	14	33	70	10	9	1,5	16	22	25	93	510	570	3000	396,00	29,71	455,42	151,81	400
450	480	15	35	73	10,5	9,5	1,5	16	25,5	28,5	101	570	640	3000	476,57	39,31	555,19	185,06	450
500	532	16	37	75	11	10	1,5	16	25,5	28,5	105	625	695	3000	564,09	46,01	656,11	218,70	500
600	636	18	41	80	12	11	2	24	25,5	28,5	113	730	800	3000	760,03	60,91	831,85	293,95	600
700	740	20	45	85	13	12	2	24	28,5	32	125	850	930	3000	983,86	89,07	1162,00	387,33	700
(750)	(792)	(21)	(47)	(88)	(13,5)	(12,5)	(2)	(24)	(28,5)	(32)	(129)	(900)	(980)	(3000)	(1106,23)	(98,40)	(1303,03)	(434,34)	(750)
800	844	22	49	90	14	13	2,5	24	32	35	136	960	1050	3000	1235,57	119,21	1473,97	491,32	800
900	948	24	53	95	15	14	2,5	32	32	35	144	1070	1160	3000	1515,13	146,71	1808,55	602,85	900
1000	1052	26	57	100	16	15	2,5	32	32	35	152	1180	1270	3000	1822,59	180,26	2183,11	727,70	1000
1200	1260	30	65	110	18	17	3	32	38	41	175	1400	1510	3000	2521,13	279,98	3081,09	1027,03	1200

Примѣчаніе. Заключеніе въ скобки диаметровъ трубъ указываетъ на временное упо

ребленіе послѣднихъ.

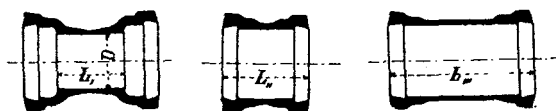
Патрубки-раструбы (Е) и патрубки-фланцы (F).



Внутренний диаметр трубы D.	Длина патрубка Е. L _I	Длина патрубка F. L _{II}	Полная строительная длина L = L _I + L _{II}	Внутренний диаметр трубы D.
(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).
40	150	350	500	40
50	150	350	500	50
75	150	350	500	75
100	150	350	500	100
125	150	350	500	125
150	150	350	500	150
(175)	(250)	(500)	(750)	(175)
200	250	500	750	200
(225)	(250)	(500)	(750)	(225)
250	250	500	750	250
300	250	500	750	300
350	250	500	750	350
400	250	500	750	400
450	250	500	750	450
500	350	650	1000	500
600	350	650	1000	600
700	350	650	1000	700
(750)	(350)	(650)	(1000)	(750)
800	350	650	1000	800
900	450	800	1250	900
1000	450	800	1250	1000
1200	450	800	1250	1200

Примѣчаніе. Заключение въ скобки диаметровъ трубъ указываетъ на временное употребленіе послѣднихъ.

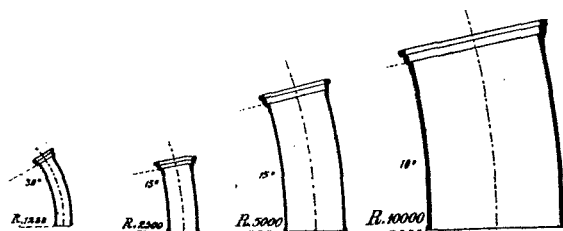
Двойные раструбы (Д), длинная (Мд) и короткія (Мк) муфты.



Внутренній діаметръ трубы. D.	Строит. длина двойного рас- труба L _I	Строит. длина короткой муфты L _{II}	Строит. длина длинной муфты L _{III}	Внутренній діаметръ трубы D.
(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).
40	125	160	260	40
50	125	160	260	50
75	125	160	270	75
100	125	160	270	100
125	125	170	280	125
150	125	170	280	150
(175)	(125)	(170)	(290)	(175)
200	125	170	290	200
(225)	(125)	(180)	(300)	(225)
250	125	180	300	250
300	150	180	310	300
350	150	190	320	350
400	150	190	330	400
450	150	200	340	450
500	150	200	350	500
600	200	210	370	600
700	200	220	390	700
(750)	(200)	(230)	(400)	(750)
800	200	230	410	800
900	200	240	430	900
1000	200	250	450	1000
1200	250	270	490	1200

Примѣчаніе. Заключение въ скобки діаметровъ трубъ указываетъ на временное употребленіе послѣднихъ.

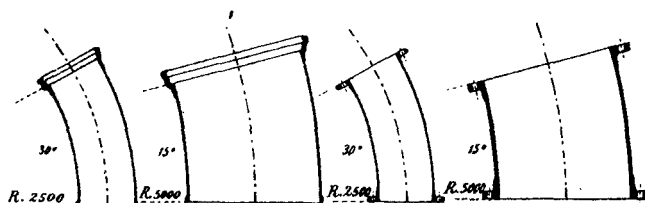
Отводы — раструбы пологіе (Опр).



Внутренний диаметръ трубы D.	Радиусъ оси трубы R	Центральный уголъ α .	Число отво- довъ въ дугѣ 90° n.	Строительная длина трубы L.
(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Градусы).		(Миллиметры).
40	1250	30°	3	655
50	1250	30	3	655
75	1250	30	3	655
100	1250	30	3	655
125	1250	30	3	655
150	2500	15°	6	655
(175)	(2500)	(15)	(6)	(655)
200	2500	15	6	655
(225)	(2500)	(15)	(6)	(655)
250	2500	15	6	655
300	5000	15	6	1310
350	5000	15	6	1310
400	5000	15	6	1310
450	5000	15	6	1310
500	5000	15	6	1310
600	10000	10°	9	1745
700	10000	10	9	1745
(750)	(10000)	(10)	(9)	(1745)
800	10000	10	9	1745
900	10000	10	9	1745
1000	10000	10	9	1745
1200	10000	10	9	1745

Примѣчаніе. Заключеніе въ скобки диаметровъ трубъ указываетъ на временное употребленіе послѣднихъ.

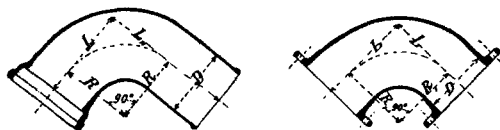
Отводы-раструбы (Окр) и отводы-фланцы (Окф).



Внутренний диаметръ трубъ. D.	Радиусъ оси трубы R.	Центральный уголъ α .	Число отво- довъ въ квадратъ п.	Строительная длина L.
(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Градусы).		(Миллиметры).
300	2500	30	3	1310
350	2500	30	3	1310
400	2500	30	3	1310
450	2500	30	3	1310
500	2500	30	3	1310
600	5000	15	6	1310
700	5000	15	6	1310
(750)	(5000)	(15)	(6)	(1310)
800	5000	15	6	1310
900	5000	15	6	1310
1000	5000	15	6	1310
1200	5000	15	6	1310

Примѣчаніе. Заключение въ скобки диаметровъ трубъ указывать на временное употребленіе послѣднихъ.

Колѣно-раструбъ (Кр), колѣно-фланецъ (Кф).



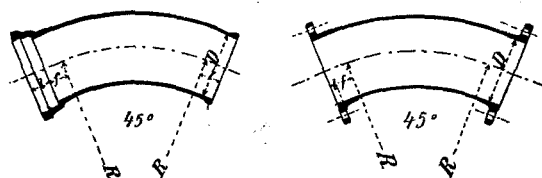
$$L = L_1 = D + 100; R = R_1 = 0,9 D + 35; L_{II} = D + 250.$$

Внутренний діаметръ трубъ D.	Длина вѣтви съ раструбомъ или фланцемъ $L = L_1$	Радіусъ $R = R_1$	Длина вѣтви съ буртомъ L_{II}	Внутренний діаметръ трубъ D.
(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).
40	140	71	290	40
50	150	80	300	50
75	175	102,5	325	75
100	200	125	350	100
125	225	147,5	375	125
150	250	170	400	150
(175)	(275)	(192,5)	(425)	(175)
200	300	215	450	200
(225)	(325)	(237,5)	(475)	(225)
250	350	260	500	250
300	400	305	550	300
350	450	350	600	350
400	500	395	650	400
450	550	440	700	450
500	600	485	750	500
600	700	575	850	600
700	800	665	950	700
(750)	(850)	(710)	(1000)	(750)
800	900	755	1050	800
900	1000	845	1150	900
1000	1100	935	1250	1000
1200	1300	1115	1450	1200

Примѣчаніе 1. Заключение въ скобки діаметровъ трубъ указывать на временное употребленіе послѣднихъ.

Примѣчаніе 2. Всѣ величины въ формулахъ выражаются въ миллиметр.

Полукольно-раструбъ ($1/2$ Кр), полукольно-фланецъ ($1/2$ Кф).



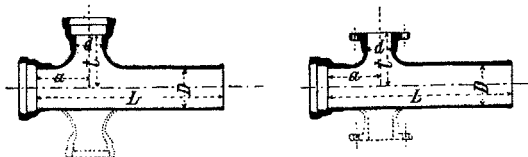
$$R = 2D + 100.$$

Внутренний диаметръ трубы D.	Радиусъ R.	Глубина раструба или фланца l.	Длина пере- хода трубы въ растр. или фланецъ f.	Внутренний диаметръ трубы D.	Для какихъ трубъ.
(Миллим.).	(Миллим.).	(Миллим.).	(Миллим.).	(Миллим.).	
40	280	62	63	40	Для раструбныхъ трубъ.
50	300	62	63	50	
75	350	63	65	75	
100	400	64	66	100	
125	450	65	(67,5)	125	
150	500	66	69	150	
(175)	(550)	(67)	(70,5)	(175)	
200	600	68	72	200	
(225)	(650)	(69)	(73,5)	(225)	
250	700	70	75	250	
300	800	72	78	300	
40	280	19	52	40	Для фланцевыхъ трубъ.
50	300	19	52	50	
75	350	20	54	75	
100	400	21	55	100	
125	450	22	56	125	
150	500	23	58	150	
(175)	(550)	(24)	(59)	(175)	
200	600	25	60	200	
(250)	(650)	(26)	(61)	(225)	
250	700	27	63	250	
300	800	29	65	300	

Примѣчаніе 1. Заключение въ скобки диаметровъ трубъ указываетъ на временное употребленіе послѣднихъ.

Примѣчаніе 2. Всѣ величины въ формулахъ выражаются въ миллиметрахъ

Тройники-раструбы (Трр.), тройники-раструбы съ фланцами (Трф.).



Внутренний диаметр главной трубы D.	Внутренний диаметр отрезка съ раструбамп или съ фланцами d.	Строительная длина главной трубы L.	Расстояние оси отрезка отъ внутренн. поверхности раструба главной трубы a.	Расстояние оси главной трубы отъ внутренн. поверхности раструба или внешн. поверхности фланца.
(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).
50— 75	40— 75	500	150	$t = 0,5 D + 100 + 0,25 d.$
100— 125	50— 125	600	200	
150—(175)	50—(175)	700	200	
200—(225)	50—(225)	800	250	
250— 300	75— 300	900	300	
350	75— 350	1000	350	
400— 500	100— 300	1000	350	
400— 500	350— 500	1250	450	
600— 700	125— 300	1000	350	
600— 700	350— 450	1250	450	
600— 700	500— 700	1500	600	
(750)—1000	150— 400	1250	450	
(750)—1000	450— 600	1500	550	
(750)—1000	700—1000	2000	850	
1200	200— 600	1500	600	
1200	700— 900	2000	800	
1200	1000—1200	2500	1000	

Примѣчаніе:

Заключеніе въ скобки діаметровъ трубъ указываетъ на временное употребленіе послѣднихъ.

Переходы (П).



$$L = 10 (D - d).$$

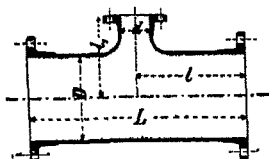
$l = 60 + 0,04 D$ = глубина раструба (см. таблицу III).

Внутренний диаметръ трубъ у бурга D.	Соотвѣтственные внутренніе диаметры трубъ у раструба d.	Строительныя длины L.
(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).
50	40	250
75	40—50	500—250
100	50—75	500—250
125	75—100	500—250
150	100—125	500—250
(175)	(100)—(125)—(150)	(750)—(500)—(250)
200	125—150—(175)	750—500—(250)
(225)	(150)—(175)—(200)	(750)—(500)—(250)
250	150—(175)—200—(225)	1000—(750)—500—(250)
300	200—(225)—250	1000—(750)—500
350	(225)—250—300	(1000)—1000—500
400	250—300—350	1000—1000—500
450	300—350—400	1000—1000—500
500	350—400—450	1000—1000—500
600	400—450—500	1000—1000—1000
700	500—600	1000—1000
(750)	(600—700)	(1000—500)
800	600—700—800	1000—1000—500
900	700—800—900	1000—1000—1000
1000	900—1000	1000—1000
1200	1000	1000

Примѣчаніе 1. Заключеніе въ скобки диаметровъ трубъ указываетъ на временное употребленіе послѣднихъ.

Примѣчаніе 2. Всѣ величины въ формулахъ выражаются въ миллиметрахъ

Тройники-фланцы (Тфф).



Разстояніе оси отростка до
наружной поверхности трубы

$$l = D + 100.$$

Строительная длина

$$L = 2D + 200 = 2l.$$

Длина вѣтви отростка

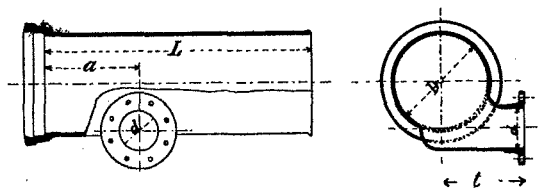
$$l_1 = \frac{D + d}{2} + 100.$$

Внутренній діаметръ главной трубы D.	Внутренній діаметръ отростка d.	Строительная длина главной трубы L.
(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).
50— 75	40— 75	300— 350
100—125	50— 125	400— 450
150—(175)	50—(175)	500—(550)
200—(225)	50—(225)	600—(650)
250— 300	75— 300	700— 800
350	75— 350	900
400— 500	100— 300	1000—1200
400— 500	350— 500	1000—1200
600— 700	125— 300	1400—1600
600— 700	350— 450	1400—1600
600— 700	500— 700	1400—1600
(750)—1000	(150)— 400	(1700)—2200
(750)—1000	(450)— 600	(1700)—2200
(750)—1000	(700)—1000	(1700)—2200
1200	200— 600	2600
1200	700— 900	2600
1200	1000—1200	2600

Примѣчаніе 1. Заключеніе въ скобки діаметровъ трубъ указываетъ на временное употребленіе послѣднихъ.

Примѣчаніе 2. Всѣ величины въ формулахъ выражаются въ миллиметрахъ.

Выпуски-раструбы (Врр) и выпуски-фланцы (Врф).



Внутренний диаметръ глав- ной трубы D.	Внутренний диаметръ отростка d.	Строительная длина глав- ной трубы L.	Разстояние оси отростка отъ внутрен. поверхн. рас- труба главной трубы a.	Разстояние оси главной трубы отъ нижней поверхности фланца t.
(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).	(Миллиметры).
150	100	700	250	$t = 0,5 D + 100 + 0,25 d.$
(175)	(100)	(700)	(250)	
200	125	800	250	
(225)	(125)	(800)	(250)	
250	150	900	300	
300	150	900	300	
350	150	1000	350	
400	200	1000	350	
450	200	1000	350	
500	200	1000	350	
600	300	1000	350	
700	300	1000	350	
(750)	(350)	(1250)	(450)	
800	350	1250	450	
900	350	1250	450	
1000	400	1250	450	
1200	500	1500	500	
				Примѣчаніе: Заключение въ скобки діаметровъ трубъ указываетъ на временное употребленіе послѣднихъ.

Переводы метрическихъ вѣсовъ трубъ съ рас

Трубы съ раструбными соединеніями.									
Внутренній діаметръ трубъ D.		Вѣса въ килограммахъ.				Вѣса въ пудахъ.			
		Трубы безъ раструба и бурга.	Раструба.	Трубы съ раструбомъ и бургомъ.	Погоннаго метра трубы съ раструбомъ и бургомъ.	Трубы безъ раструба и бурга.	Раструба.	Трубы съ раструбомъ и бургомъ.	Погонной са- женя трубы съ раструбомъ и бургомъ.
мм.	дюйм.	килогр.	килогр.	килогр.	килогр.	пуды.	пуды.	пуды.	пуды.
40	1,5	16,23	3,22	19,50	9,75	0,99	0,20	1,19	1,27
50	2	19,65	3,64	23,35	11,68	1,20	0,22	1,43	1,52
75	3	45,37	4,93	50,39	16,77	2,77	0,30	3,08	2,18
100	4	63,02	6,44	69,57	23,19	3,85	0,39	4,25	3,01
125	5	82,41	7,94	90,48	30,16	5,03	0,48	5,52	3,92
150	6	103,54	9,62	113,35	37,78	6,32	0,59	6,92	4,91
(175)	(7)	(126,41)	(11,64)	(138,27)	(46,09)	(7,72)	(0,71)	(8,44)	(5,99)
200	8	151,03	13,67	164,95	54,98	9,22	0,83	10,07	7,15
(225)	(9)	(177,39)	(15,99)	(193,68)	(64,50)	(10,83)	(0,98)	(11,82)	(8,38)
250	10	205,49	17,93	223,75	74,58	12,54	1,09	13,66	9,70
300	12	266,92	23,27	290,67	96,89	16,30	1,42	17,74	12,60
350	14	402,99	29,39	432,95	115,45	24,60	1,78	26,43	15,01
400	16	494,95	35,96	531,62	141,77	30,23	2,20	32,45	18,43
450	18	595,65	43,89	640,40	170,78	36,36	2,68	39,11	22,20
500	20	705,06	52,29	758,35	202,23	43,04	3,19	46,30	26,29
600	24	949,97	73,06	1024,41	273,18	57,99	4,45	62,54	35,51
700	28	1229,73	95,59	1327,22	353,93	75,07	5,83	81,03	46,01
(750)	(30)	(1382,72)	(111,26)	(1496,14)	(398,96)	(84,41)	(6,79)	(91,35)	(51,86)
800	34	1544,36	124,51	1671,30	445,69	94,28	7,60	102,01	57,94
900	38	1894,10	156,57	2053,89	547,70	115,63	9,56	125,39	71,20
1000	40	2278,07	196,45	2478,25	660,87	139,07	12,00	151,30	85,91
1200	48	3151,20	287,31	3444,11	918,43	192,38	17,54	210,26	119,40

Примѣчаніе 1. Заключение въ скобки діаметровъ трубъ указываетъ на временное употре

Примѣчаніе 2. Внутренніе діаметры трубъ въ дюймахъ вычислены приблизительно путемъ

трубными и фланцевыми соединеніями въ пуды.

Трубы съ фланцевыми соединеніями.									
Внутренній діаметръ трубъ D.		Вѣса въ килограммахъ.				Вѣса въ пудахъ.			
		Трубы безъ фланцевъ.	Одного фланца.	Трубы съ двумя флан- цами.	Погоннаго метра трубы съ двумя фланцами.	Трубы безъ фланцевъ.	Одного фланца.	Трубы съ двумя флан- цами.	Погонной са- женя трубы съ двумя флан- цами.
мм.	дюйм.	килогр.	килогр.	килогр.	килогр.	пуды.	пуды.	пуды.	пуды.
16,23	2,33	20,89	10,44	0,99	0,14	1,27	1,36	1,5	40
19,65	2,73	25,11	12,56	1,20	0,17	1,54	1,65	2	50
30,25	4,04	38,83	19,17	1,83	0,22	2,27	2,40	3	75
63,01	5,48	73,07	24,66	3,85	0,33	4,51	3,21	4	100
82,40	6,23	94,86	31,62	5,03	0,38	5,79	4,12	5	125
103,53	7,38	118,39	39,43	6,32	0,45	7,22	5,13	6	150
(126,40)	(9,34)	(145,08)	(48,36)	(7,72)	(0,57)	(8,86)	(6,30)	(7)	(175)
151,02	10,68	172,38	57,46	9,22	0,65	10,52	7,48	8	200
(177,38)	(12,71)	(202,80)	(67,60)	(10,83)	(0,78)	(12,39)	(8,81)	(9)	(225)
205,47	14,04	233,55	77,85	12,54	0,85	14,24	10,13	10	250
266,90	20,25	307,40	102,47	16,30	1,21	18,72	13,31	12	300
322,42	25,49	373,40	124,16	19,68	1,56	22,80	16,21	14	350
396,00	29,71	455,42	151,81	24,18	1,81	27,80	19,77	16	400
476,57	39,31	555,19	185,06	29,09	2,16	33,41	23,75	18	450
564,09	46,01	656,11	218,70	34,43	2,80	40,03	28,89	20	500
760,03	60,91	881,85	293,95	46,39	3,72	53,83	38,27	24	600
983,86	89,07	1162,00	387,33	60,06	4,82	69,70	49,56	28	700
(1106,23)	(98,40)	(1303,03)	(434,34)	(67,53)	(6,01)	(73,55)	(56,56)	(30)	(750)
1235,57	119,21	1473,97	491,32	75,42	7,25	89,92	63,93	34	800
1515,13	146,71	1808,55	602,85	92,50	8,96	110,42	78,51	38	900
1822,59	180,26	2183,11	727,70	111,26	11,00	133,26	94,75	40	1000
2521,13	279,99	3081,09	1027,03	153,90	17,00	188,08	133,72	48	1200

бленіе послѣднихъ.

дѣленія величинъ діаметровъ въ миллиметрахъ на 25, а не на $25,4 = 1$ дюймъ.