Институтъ инженеровъ путей сообщенія
Императора Николая II.

МАТЕРІАЛЫ

ДЛЯ

ПРОЕКТИРОВАНІЯ ВОДОСНАБЖЕНІЙ

ЖЕЛѢЗНОДОРОЖНЫХЪ СТАНЦІЙ.

ВЫПУСКЪ I.

Составилъ инж. п. с. **Н. Н Геніевъ.**

МОСКВА.
Типо-лит. В. Рихтеръ, Тверская, Мамоновскій пер, соб домъ.
1916.

О г л а в л е н і е.

Глава I. Опредѣленіе суточнаго расхода воды на станціи.

§ I. Поѣздной расходъ воды.....2

§ 2. Опредѣленіе расхода воды воинскимъ поѣздомъ на перегонахъ II

§ 3. Опредѣленіе расхода воды товарнымъ поѣздомъ на перегонахъ I2

§ 4. Разсчетъ расхода воды товарнымъ поѣздомъ по виртуальной длинѣ перегона I4

§ 5. Расходъ воды на маневры, резервы, промывку паровозовъ, на потребности мастерскихъ и живущихъ на станціи и проч. I7

§ 6. Примѣры опредѣленія суточнаго расхода воды на станціи 26

Глава II. Напорный водопроводъ.

§ 7. Разсчетъ напорнаго водопрвода .. 29

§ 8. Примѣры разсчета напорнаго водопровода съ тепловымъ оборудованіемъ водокачки 37

§ 9. Примѣръ разсчета напорнаго водопровода съ паровымъ оборудованіемъ водокачки 40

§IO. Экономическій разсчетъ напорнаго водопровода 45

§II. Укладка и испытаніе всасывающаго трубопровода 51
§I2. О расчетѣ утолщенныхъ стѣнокъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ ..58
Глава III. Водоемныя зданія и ихъ оборудованія.
§I3. Баки водоемныхъ зданій. Опредѣленіе ихъ емкости 6I
§I4. Устройство желѣзныхъ баковъ и разсчетъ прочности ихъ 62
§I5. Опорныя кольца желѣзныхъ цилиндрическихъ баковъ 66
§I6. Желѣзные баки по системѣ Интце -83
§I7. Примѣръ разсчета желѣзнаго бака Интце 83
§I8. Цилиндрическіе желѣзобетонные баки водоемныхъ зданій 93
§I9. Желѣзобетонные баки Интце I02
§20. Кирпичныя водоемныя зданія III
§2I. Желѣзобетонныя водоемныя зданія II4
§22. Разсчетъ прочности водоемнаго зданія I25
§23. Примѣръ разсчета кирпичнаго водоемнаго зданія I28
§24. Разсчетъ желѣзобетонныхъ водоемныхъ зданій I38
§25. Оборудованіе водоемныхъ зданій I45
§26. Водонапорные резервуары I58

§27. Примѣръ разсчета желѣзобетоннаго водонапорнаго резервуара 160
§28. Водонапорные резервуары значительной емкости 171
Глава IV. Разводящіе водопроводы.
§29. Общее начертаніе разводящей сѣти 177
§30. Водоразборные краны разводящей станціонной сѣти 180
§31. Разсчетъ разводящей сѣти желѣзнодорожной станціи 207
§32. Нѣкоторыя формулы, необходимыя для разсчета разводящей сѣти ... 220
§33. Примѣръ разсчета разводящей сѣти желѣзнодорожной станціи 229
§34. Нѣкоторыя детали разводящей сѣти 247
Глава V. Различные вопросы.
§35. Сущность пневматическаго водоснабженія 249
§36. Пневматическое водоснабженіе съ перемѣннымъ давленіемъ 251
§37. Пневматическое водоснабженіе съ постояннымъ давленіемъ 254
§38. Примѣры пневматическихъ водоснабженій 259
§39. Водопріемныя устройства изъ рѣкъ 265
§40. Водосливныя плотины для цѣлей водоснабженія 275

Г Л А В А I.

Опредѣленіе суточнаго расхода воды на станціи.

Общій суточный расходъ воды на станціи опредѣляется по формулѣ

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6,$$

гдѣ q_1 - расходъ воды на поѣздныя потребности т е на наполненіе или пополненіе тендеровъ паровозовъ обращающихся поѣздовъ,

q_2 - расходъ воды на маневровые паровозы,

q_3 - расходъ воды на потребности паровозныхъ депо и мастерскихъ при нихъ,

q_4 - расходъ воды на потребности живущихъ при станціи,

q_5 - расходъ воды на потребности перевозимыхъ войскъ,

q_6 - расходъ воды для различныхъ спеціальныхъ устройствъ на станціи, какъ то: главныя мастерскія, заводы (газовые, шпалопропиточные, рельсообрѣзные и проч.), на водопои скота, на промывку вагоновъ изъ-подъ скота и т.д.

Опредѣленіе величинъ перечисленныхъ расходовъ воды на станціи и составляетъ предметъ настоящей главы.

§ I Поѣздной расходъ воды

При постройкѣ новыхъ желѣзныхъ дорогъ поѣздной расходъ воды опредѣляется по воинскому движенію При этомъ, согласно § 78 техническихъ условій для проектированія и сооруженія магистральныхъ желѣзныхъ дорогъ, количество воды, которое должно быть доставлено въ теченіе сутокъ станціей водоснабженія, собственно для потребности поѣздовъ, должно быть слѣдующее:

а). на станціяхъ промежуточныхъ съ коренными или оборотными депо - не менѣе объема 40 тендеровъ емкостью каждый въ 500 куб футовъ,

б). на станціяхъ конечныхъ - не менѣе объема 20-ти тендеровъ той же емкооти,

в) на прочихъ промежуточныхъ станціяхъ - не менѣе того количества, которое потребно для пополненія сорока тендерами израсходованной ими воды на пройденныхъ, смежныхъ со станціей перегонахъ, въ предположеніи пропуска одного промежуточнаго водоснабженія въ каждомъ направленіи (порча или ремонтъ его); при этомъ расходъ воды воинскимъ поѣздомъ вычисляется по таблицѣ, приложенной къ § 77 техническихъ условій и указываемой ниже. Кромѣ того, при разсчетѣ промежуточныхъ водоснабженій предполагается, что при отходѣ поѣздовъ съ конечныхъ станцій и со станцій съ депо тендера паровозовъ

вполнѣ наполнени водою.

Если при устройствѣ водоснабженій станцій строящихся дорогъ не приходится принимать во вниманіе коммерческаго движенія (вслѣдствіе того, что въ первые годы эксплоатаціи оно будетъ завѣдомо слабѣе воинскаго, равнаго 20 парамъ), то при переустройствахъ или развитіяхъ водоснабженій существующихъ дорогъ необходимо разсматривать и коммерческое движеніе (товарные поѣзда). Дѣйствительно, коммерческія перевозки нерѣдко превышаютъ размѣры наибольшихъ воинскихъ перевозокъ. Поэтому въ такихъ случаяхъ необходимо кромѣ разсчета суточнаго расхода воды, составленнаго для наибольшаго воинскаго движенія, производить также подробный разсчетъ станціоннаго суточнаго расхода воды при ожидаемомъ въ теченіе ближайшаго десятилѣтія наибольшемъ коммерческомъ движеніи (Циркуляръ Управленія желѣзныхъ дорогъ № 1586 отъ 22 января 1915 года)

Размѣры водопроводныхъ устройствъ должны быть опредѣлены по тому изъ упомянутыхъ двухъ расходовъ который окажется больше.

При коммерческомъ движеніи поѣздной суточный расходъ воды опредѣляется слѣдующимъ образомъ:

а). на станціяхъ съ хорошимъ или оборотнымъ паровознымъ депо онъ равенъ емкости паровозныхъ тендеровъ всѣхъ выходящихъ въ теченіе сутокъ съ этихъ

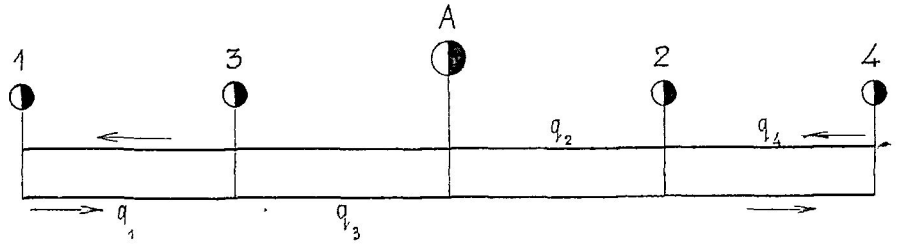
станціи поѣздовъ и

б). на прочихъ станціяхъ съ водоснабженіями - равенъ количеству воды, требующемуся для пополненія тендеровъ всѣхъ проходящихъ поѣздовъ водою, т.е равенъ количеству воды, израсходованной тендерами на пройденныхъ перегонахъ.

Вышеизложенное выразимъ формулами

I Пусть имѣется промежуточная станція А (Фиг.I), черезъ которую всѣ поѣзда, какъ товарные, такъ и пассажирскіе слѣдуютъ безъ смѣны паровозовъ. Сосѣдними для А станціями съ водоснабженіемъ являются: въ одномъ направленіи движенія поѣздовъ станціи 1 и 3, а въ другомъ - станціи 2 и 4.

Фиг 1



Число поѣздовъ, обращающихся на данномъ участкъ дороги въ періоды наиболѣе интенсивнаго коммерческаго движенія въ сутки равно:

а). товарныхъ - въ четномъ направленіи (А-1) N'

въ нечетномъ .....n';

б) пассажирскихъ - въ четномъ направленіи....N",

пассажирскихъ - въ нечетномъ направленіи...n''

При этомъ, для товарныхъ - объемъ паровозныхъ тендеровъ пустъ равенъ v' и расходы воды каждымъ поѣздомъ на смежныхъ со станціей А перегонахъ равны q'_1, q'_2, q'_3 и q'_4. Также для пассажирскихъ поѣздовъ - объемъ тендеровъ v'' и расходы воды - q''_1, q''_2, q''_3 и q''_4. Тогда суточный поѣздной расходъ воды на станціи А для такъ называемаго „наибольшаго коммерческаго графика" будетъ:

$$W_K = N'(q'_1+q'_3) + n'(q'_2+q'_4) + N''(q''_1+q''_3) + n''(q''_2+q''_4). \quad (I)$$

Пусть затѣмъ во время воинскаго движенія обращаются, кромъ поѣздовъ товарныхъ и пассажирскихъ, еще и воинскіе, а именно:

а). воинскихъ - въ четномъ направленіи . . . N_B

въ нечетномъ „ . . . . n_B,

для которыхъ расходы воды - $q^в_1$, $q^в_2$, $q^в_3$ и $q^в_4$ и объемъ тендера v_B.

б). товарныхъ - въ четномъ направленіи . . . . N'_B

въ нечетномъ „ . . . n'_B

в). пассажирскихъ - въ четномъ направленіи . . N''_B

въ нечетномъ „ . . n''_B

Тогда суточный поѣздной расходъ воды на станц А для наибольшаго воинскаго графика будетъ выражаться по формулѣ:

$$W_B = N_B(q^в_1+q^в_3) + n_B(q^в_2+q^в_3) + N'_B(q'_1+q'_3) + n'_B(q'_2+q'_4) +$$
$$+ N''_B(q''_1+q''_3) + n''_B(q''_2+q''_4) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (?)$$

Для вновь сооружаемыхъ дорогъ поѣздной расходъ воды опредѣляется, какъ сказано выше, по наибольшему воинскому движенію въ 20 паръ воинскихъ поѣздовъ въ сутки. Тогда въ форм.(2) $N'_в = n'_в = N''_в = n''_в = 0$, $N_в = n_в = 20$ и формула принимаетъ видъ

$$W = 20(q_1^в + q_2^в + q_3^в + q_4^в) = 20\sum_{i=1}^{i=4} q_i \quad \ldots (3).$$

II. Если на промежуточной станціи А имѣется депо, гдѣ происходитъ смѣна паровозовъ всѣхъ товарныхъ и воинскихъ поѣздовъ, пассажирскіе же слѣдуютъ черезъ станцію безъ смѣны паровозовъ, то суточный поѣздной расходъ для „наибольшаго коммерческаго графика"

$$W_к = (N' + n').v' + N''(q''_1+q''_3) + n''(q''_2+q''_4) \quad \ldots (4).$$

и для наибольшаго воинскаго графика

$$W_в = (N_в + n_в)v_в + (N'_в + n'_в)v' + N''_в(q''_1+q''_3) + n''_в(q''_2+q''_4)$$

Для вновь сооружаемыхъ желѣзныхъ дорогъ, какъ и въ предыдущемъ случаѣ

$$W = (20 + 20)v_в = 40v_в \quad \ldots (5).$$

III. Если, наконецъ, станція А будетъ оконечной и движеніе поѣздовъ будетъ лишь въ направленіи А–2–4 ...(четномъ), тогда:

$$W_к = N' \times v' + N'' \times v'' \quad \ldots (6).$$

и $$W_з = N_в \times v_в + N'_в v' + N''_в \times v'' \quad \ldots (7).$$

Для вновь сооружаемыхъ дорогъ, какъ и въ предыдущихъ случаяхъ,

$$W = 20 \times v_в$$

ТАБЛИЦА №1

Расходовъ воды воинскимъ поѣздомъ на дѣйствительную поѣздо-версту при различныхъ уклонахъ пути

Фиктивные уклоны (въ тысячныхъ)	Подъемы										Площадка	Спуски						
	9,79	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7
Расходъ воды $\frac{\text{куб. фут}}{\text{дѣйств. верст}}$	14,97	13,86	12,68	11,55	10,53	9,54	8,63	7,80	7,03	6,45	5,96	5,43	4,44	3,45	2,45	1,46	0,51	0

ТАБЛИЦА №2

Радіусъ кривизны (сажен)	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	500	600	700	750	800	900	1000	2000
Подъемы l_1 (въ тысячн.)	10,13	5,43	3,67	2,82	2,27	1,90	1,64	1,28	1,05	0,89	0,77	0,61	0,51	0,43	0,40	0,38	0,33	0,30	0,15

ТАБЛИЦА

для исчисленія расхода воды Вонинскимъ при различныхъ фиктивныхъ уклонахъ

Радіусы саж	Обозначеніе коэффиціент.	Дѣйствительные подъемы (въ тысячныхъ)							
		8	7	6	5	4	3	2	1
300	i_ϕ	9,05	8,05	7,05	6,05	5,05	4,05	3,05	2,05
	φ	27,86	25,48	23,21	21,16	19,18	17,35	15,68	14,13
350	i_ϕ	8,89	7,89	6,89	5,89	4,89	3,89	2,89	1,89
	φ	27,48	25,11	22,88	20,84	18,88	17,08	15,43	13,93
400	i_ϕ	8,77	7,77	6,77	5,77	4,77	3,77	2,77	1,77
	φ	27,18	24,84	22,64	20,60	18,66	16,88	15,25	13,79
500	i_ϕ	8,61	7,61	6,61	5,61	4,61	3,61	2,61	1,61
	φ	26,80	24,48	22,30	20,29	18,37	16,61	15,00	13,61
600	i_ϕ	8,51	7,51	6,51	5,51	4,51	3,51	2,51	1,51
	φ	26,56	24,25	22,10	20,09	18,19	16,45	14,85	13,49
700	i_ϕ	8,43	7,43	6,43	5,43	4,43	3,43	2,43	1,43
	φ	26,38	24,07	21,94	19,93	18,04	16,31	14,72	13,40
750	i_ϕ	8,40	7,40	6,40	5,40	4,40	3,40	2,40	0,40
	φ	26,30	24,00	21,88	19,87	17,90	16,26	14,68	12,31
800	i_ϕ	8,38	7,38	6,38	5,38	4,38	3,38	2,38	1,38
	φ	26,26	23,96	21,83	19,83	17,95	16,23	14,65	13,34
900	i_ϕ	8,33	7,33	6,33	5,33	4,33	3,33	2,33	1,33
	φ	26,14	23,85	21,73	19,73	17,86	16,15	14,57	13,28
1000	i_ϕ	8,30	7,30	6,30	5,30	4,30	3,30	2,30	1,30
	φ	26,06	23,78	21,67	19,67	17,81	16,10	14,52	13,25
2000	i_ϕ	8,15	7,15	6,15	5,15	4,15	3,15	2,15	1,15
	φ	25,71	23,44	21,37	19,38	17,53	15,85	14,29	13,07
Прямая	i_ϕ	8,00	7,00	6,00	5,00	4,00	3,00	2,00	1,00
	φ	25,36	23,10	21,06	19,08	17,26	15,60	14,06	12,90

№3.

Подъздомъ на перегонахъ между станціями магистральныхъ желѣзныхъ дорогъ.

Площадка	Дѣйствительные спуски (въ тысячныхъ)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1,05	0,05	0,95	1,95	2,95	3,95	4,95	5,95	6,95
12,96	11,97	10,91	8,98	7,00	5,00	3,02	1,11	0,05
0,89	0,11	1,11	2,11	3,11	4,11	5,11	6,11	7,11
12,79	11,80	10,64	8,66	6,68	4,68	2,71	0,91	0
0,77	0,23	1,23	2,23	3,23	4,23	5,23	6,23	7,23
12,67	11,68	10,40	8,42	6,44	4,44	2,48	0,79	0
0,61	0,39	1,39	2,39	3,39	4,39	5,39	6,39	7,39
12,52	11,51	10,09	8,11	6,12	4,13	2,18	0,62	0
0,51	0,49	1,49	2,49	3,49	4,49	5,49	6,49	7,49
12,42	11,40	9,89	7,91	5,92	3,93	1,99	0,52	0
0,43	0,57	1,57	2,57	3,57	4,57	5,57	6,57	7,57
12,34	11,32	9,73	7,75	5,76	3,77	1,84	0,44	0
0,40	0,60	1,60	2,60	3,60	4,60	5,60	6,60	7,60
12,31	11,28	9,67	7,69	5,70	3,71	1,78	0,41	0
0,38	0,62	1,62	2,62	3,62	4,62	5,62	6,62	7,62
12,29	11,26	9,63	7,65	5,66	3,67	1,74	0,39	0
0,33	0,67	1,67	2,67	3,67	4,67	5,67	6,67	7,67
12,24	11,21	9,53	7,55	5,56	3,57	1,65	0,34	0
0,30	0,70	1,70	2,70	3,70	4,70	5,70	6,70	7,70
12,21	11,18	9,47	7,49	5,50	3,51	1,59	0,31	0
0,15	0,85	1,85	2,85	3,85	4,85	5,85	6,85	7,85
12,07	11,02	9,18	7,20	5,20	3,22	1,30	0,15	0
0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
11,92	10,86	8,80	6,90	4,90	2,92	1,02	0	0

ТАБЛИЦА №4.

$\frac{L_n \varphi_n}{1000}$	φ_n	$\frac{\text{уклонъ}}{\text{кривая}}$	L_n	$\frac{\text{уклонъ}}{\text{кривая}}$	φ_n	$\frac{L_n \varphi_n}{1000}$
1	2	3	4	5	6	7
Станція А.			——	Станція В.		
27,21	11,92	$\frac{0}{\infty}$	2282,99	$\frac{0}{\infty}$	11,92	27,21
0,57	14,[illegible]	$\frac{+2}{\infty}$	[illegible]	$\frac{-2}{\infty}$	8,80	0,35
7,27	15,60	$\frac{+3}{\infty}$	466,00	$\frac{-3}{\infty}$	6,90	3,22
1,73	17,26	$\frac{+4}{\infty}$	100,00	$\frac{-4}{\infty}$	4,90	0,49
14,74	21,06	$\frac{+6}{\infty}$	699,86	$\frac{-6}{\infty}$	1,02	0,71
0,58	2,92	$\frac{-5}{\infty}$	200,00	$\frac{+5}{\infty}$	19,08	3,82
0,96	1,02	$\frac{-6}{\infty}$	938,42	$\frac{+6}{\infty}$	21,06	19,76
2,62	23,21	$\frac{+6}{}$	112,75	$\frac{-6}{300}$	3,02	0,34
0,24	3,02	$\frac{-6}{300}$	79,67	$\frac{+6}{300}$	23,21	1,85
3,01	12,52	$\frac{0}{500}$	240,81	$\frac{0}{500}$	12,52	3,01
0,82	22,30	$\frac{+6}{500}$	36,99	$\frac{-6}{500}$	2,18	0,08
1,22	12,21	$\frac{0}{1000}$	99,55	$\frac{0}{1000}$	12,21	1,22
0,87	14,52	$\frac{+2}{1000}$	59,70	$\frac{-2}{1000}$	9,47	0,56
0,92	21,67	$\frac{+6}{1000}$	42,40	$\frac{-6}{1000}$	1,59	0,07
0,04	1,59	$\frac{-6}{1000}$	22,91	$\frac{+6}{1000}$	21,67	0,50
$\sum$ 62,80			$\sum$ 5422,35			$\sum$ 63,19

Разсмотримъ теперь, какъ опредѣляются расходы воды q_1, q_2, ... q_i товарными и воинскими поѣздами.

§ 2 Опредѣленіе расхода воды воинскимъ поѣздомъ на перегонахъ

Расходъ водн воинскимъ поѣздомъ на вверсту пути опредѣляется по таблицѣ № I-см.стр.7- (прведенной въ приложеніи къ § 77 техническихъ условій проектированіи и сооруженія магистралей) .

Указанный въ этой таблицѣ фиктивный уклонъ i находится изъ равенства

$$i_{\varphi} = i_1 \pm i_2 ,$$

гдѣ $+i_2$ . ... дѣиствительный подъемъ,

$-i_2$ ..... дѣиствительный спускъ

i_1 .... подъемъ, эквивалентный вліянію кривой, величина котораго соотвѣтственно радіусу R кривой выбирается изъ таблицы № 2-см стр 7.

Для удобства и ускоренія разсчетовъ въ таблицѣ № 3-см.стр.8н9- приведены расходы воды воинскимъ поѣздомъ φ куб.фут. при пробѣгѣ I000 саженъ пути, для наиболѣе употребительнихъ уклоновъ

$$i = 0{,}00I - 0{,}008$$

и радіусовъ кривихъ

R = 300 - 2000 саженъ, а также фиктивные уклоны i_{φ} .

Такъ, напримѣръ, въ этой таблицѣ для R = 700 сж.

и для дѣйствительнаго подъема въ 5 тысячныхъ дано i_φ= 5,43 тысячныхъ, что получено прибавленіемъ къ 5 тысячнымъ величины 0,43 , соотвѣтствующей радіусу R = 700 саж. изъ таблицы № 2.

Примѣрный подсчетъ расхода воды воинскимъ поѣздомъ приведенъ въ таблицѣ № 4-см.стр.I0-. Въ графахъ 3-ей и 5-ой ея указаны данныя профиля и плана участковъ пути въ направленіи отъ станціи А къ станціи В и обратно; въ графѣ 4-ой приведены длины L_n этихъ участковъ пути въ саженяхъ. Расходы воды φ_n куб. фут. на I000 пог. саж., взятые изъ таблицы № 3, показаны въ графахъ 2 и 6. Наконецъ, графы I и 7 заключаютъ въ себѣ произведенія $\frac{L_n \times \varphi_n}{1000}$, суммы каковыхъ 62,80 куб. фут. и 63,I9 куб. фут. даютъ расходы воды воинскимъ поѣздомъ между станціями въ томъ и другомъ направленіяхъ.

§ 3. Опредѣленіе расхода воды товарнымъ поѣздомъ на перегонахъ.

Расходъ воды товарнымъ поѣздомъ, на основаніи Циркуляра Управленія желѣзныхъ дорогъ отъ 22 января I9I5 года за № I586/I6/6, долженъ быть исчисляемъ по даннымъ изъ опытовъ надъ типами паровозовъ, показаннымъ въ видѣ кривыхъ линіи на изданныхъ подъ руководствомъ проф. Ю.В. Ломоносова „паспортахъ" (таблицахъ главнѣйшихъ результатовъ

опытовъ) Для опредѣленія расхода воды согласно этого циркуляра нужно:

а) вычислить время хода товарнаго поѣзда наибольшаго на данномъ участкѣ дороги состава по перегонамъ, исходя изъ кривой силы тяги паровоза при опредѣленной паропроизводительности котла Z (килограммовъ съ одного кв. метра поверхности нагрѣва въ часъ), каковая паропроизводительность должна быть сообразована съ качествомъ топлива, употребляемаго для паровововъ. Напримѣръ, для среднихъ сортовъ угля Z равно около 25 килограмм. для товарныхъ поѣздовъ и около 35 килограмм. - для пассажирскихъ поѣздовъ;

б) вычесть изъ полученнаго времени хода то время, которое поѣздъ пробѣгаетъ безъ пара, т.е. при закрытомъ регуляторѣ;

в) полученную разность, выраженную въ часахъ, помножить на вначеніе Z и на число квадрат. метровъ наружной поверхности нагрѣва котла даннаго паровоза и

г) полученное значеніе въ килограмм. расхода пара на I поѣздъ для опредѣленія расхода воды надо увеличить на I0 %.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда поѣздной расходъ воды требуется опредѣлить по типу паровоза, для котораго опытныхъ данныхъ не имѣется, требуется поль-

зоваться имѣющимися данными опытовъ надъ паровозами наиболѣе подходящаго къ данному случаю типа

Вычисленіе времени хода поѣзда какъ наиболѣе существенная часть задачи спредѣленія для него расхода пара и воды составляетъ предметъ специальныхъ тяговыхъ разсчетовъ", а потому здѣсь и разсматривается.

Подробныя по сему указанія можно найти въ книгѣ проф Ломоносова „Тяговые разсчеты".

§ 4 Разсчетъ расхода воды товарнымъ поѣздомъ по виртуальной длинѣ перегона.

Расходъ воды товарнымъ поѣздомъ на какомъ-либо перегонѣ между станціями можетъ быть опредѣленъ также по виртуальной длинѣ перегона и по количеству воды, которое расходуется паровозомъ на одну виртуальную поѣздо-версту. Виртуальная длина перегона опредѣляется по извѣстной Министерской формулѣ

$$l = l_0 + l_n'(1+\alpha_1) + l_n''(1+\alpha_2) + l_n'''(1+\alpha_3) + \ldots\ldots + l_c + l_k'\beta_1 + l_k''\beta_2 + l_k'''\beta_3 + \ldots\ldots\ldots,$$

гдѣ

l - виртуальная длина перегона для какого-либо опредѣленнаго направленія движенія поѣздовъ,

l_0 - общая длина горизонтальныхъ участковъ на данномъ перегонѣ,

$l_n', l_n'', l_n''' \ldots$ - длины участковъ пути съ раз-

личными подъемами i', i'', i''' . ...,

l_0 - общая длина скатовъ,

l'_k; l''_k, l'''_k ...., - длины криволинейныхъ участковъ съ радіусами соотвѣтственно R', R'', R'' ...

α_1, α_2, α_3 ..... - коеффиціенты, имѣющіе значенія въ зависимости отъ величины подъемовъ и опредѣляемые по формулѣ

$$\alpha = i\left(\frac{122 + 0{,}077\,i}{371 + 1{,}21\,i}\right)$$

β_1, β_2, β_3 ..... - коеффиціенты, значеніе которыхъ зависитъ отъ сопротивленія движенію поѣзда на кривыхъ радіусовъ R' R'', R'''...: ихъ опредѣляютъ, замѣняя сопротивленіе въ кривыхъ сопротивленіями на эквивалентныхъ подъемахъ, величина которыхъ исчисляется по формулѣ

$$i_1 = 21\left(\frac{4d}{R} + \frac{2{,}1d^2}{21}\right);$$

здѣсь: i_1 - число тысячныхъ подъема,

d = 1.78 саж. - разстояніе между крайними неподвижными осями товарнаго вагона,

R - радіусъ данной кривой въ сажен.

Протяженіе спусковъ съ уклонами, бо̀льшимъ 0,003 вовсе исключается при разсчетѣ, съ уклонами же до 0,003 включительно уменьшается согласно соотвѣтственнаго коеффиціента подъема. Коеффиціен-

ты α и β для обычно встрѣчающихся подъемовъ и радіусовъ приводятся въ слѣдующихъ таблицахъ №№ 5 и 6.

ТАБЛИЦА №5

коеффиціентовъ α, соотвѣтствующихъ различнымъ подъемамъ.

Подъемы	Коефф.α	Подъемы	Коефф.α	Подъемы	Коефф.α
0,001	0,3280	0,004	1.3017	0,007	2,2605
0,0015	0,4911	0,0045	1,4623	0,0075	2,4186
0,002	0 6543	0,005	1,6229	0,008	2,5768
0,0025	0,8165	0,0055	1,7327	0,0085	2,7341
0,003	0,9788	0,006	1,9425	0,0090	2,8915
0,0035	1,1402	0,0065	2,1015	0,010	3,0480

ТАБЛИЦА №6

коеффиціентовъ β, соотвѣтствующихъ кривымъ различныхъ радіусовъ и подъемовъ, эквивалентныхъ по сопротивленіямъ этимъ кривымъ.

Радіусъ R кривой саж.	Число тысячн. эквивал. подъема	β	Радіусъ R кривой саж.	Число тысячн. эквивал. подъема	β
250	1,2651	0,4138	600	0,4996	0,1641
300	1,0367	0,3340	700	0,4200	0,1448
350	0,8792	0,2884	800	0,3713	0,1304
400	0,7632	0,2504	900	0,3291	0,1193
450	0,6742	0,2212	1000	0,2958	0,1106
500	0,6039	0,1982	1200	0,1956	0,0843

Количество воды на одну виртуальную поѣздо-версту назначается въ зависимости отъ трудности профиля дороги, отъ величины состава поѣздовъ и проч. Обычно оно берется въ 5-6 куб. футовъ. Въ техническихъ условіяхъ сооруженія желѣзныхъ дорогъ, внстроенныхъ за послѣдніе годы, чаще всего принимался расходъ воды на поѣздо-версту въ 4-5-6 куб.фут. Исключеніе составляетъ Сибирская жел.дорога, гдѣ расходъ воды назначался въ 7-9 куб.фут.,а на горныхъ участкахъ даже болѣе , до 9-11 куб.фут.

§ 5. Расходъ воды на маневры, резервы, промывку паровозовъ, на потребности мастерскихъ и живущихъ на станціи и проч.

При разсчетахъ водоснабженій станціи строящихся дорогъ принимаютъ согласно § 78 техническихъ условій проектированія и сооруженія магистралей, что количество воды въ сутки, назначаемое на маневры, резервы и промывку паровозовъ, а равно на потребности мастерскихъ и живущихъ на станціяхъ, должно составлять: 1). на станціяхъ съ коренными депо по 10 куб. саженей, 2). на станціяхъ съ оборотными депо по 4 куб.саж. и 3). на всѣхъ прочихъ станціяхъ [собственно на маневры и потребности служащихъ] по 1 куб.саж. 5769.

При переустройотвахъ или усиленіяхъ водоснабженій станцій уже эксплоатируемыхъ дорогъ эти нормы являются недостаточными, малыми, почему приходится производить подробный разсчетъ перечисленнхъ расходовъ воды примѣнительно къ дѣйствительно наблюдавшимся и къ даннымъ опыта.

А. Расходъ воды на маневровые паровозы.

Расходъ воды на маневры зависитъ отъ числа работающихъ на станціи маневровыхъ паровозовъ и количества воды, идущаго на каждый изъ нихъ.

Число маневровыхъ паровозовъ зависитъ отъ характера станціи, интенсивности ея работы и въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ можетъ быть опредѣлено съ достаточной степенью точности.

Суточное же количество воды, идущее на одинъ маневровый паровозъ, принимается слѣдующимъ:

а). для 4-хъ оснаго паровоза - 3,5 куб.саж.

б). для 3-хъ " " - 2,5 " "

в). для 2-хъ " " - I,5 " "

Иногда принимаютъ, что на одинъ паровозо-часъ маневровъ расходуется 20,00 куб.фут. воды; отсюда уже опредѣляется общій суточный расходъ для всѣхъ маневровыхъ паровозовъ по формулѣ

$$Q = N \times n \times 20 \text{ куб.фут.},$$

гдѣ: N - число работающихъ на станціи маневровыхъ паровозовъ, n-число часовъ работы маневроваго

паровоза въ сутки.

Б. Расходъ воды на промывку паровозовъ и на другія потребности депо.

Промывка паровозовъ или точнѣе промывка паровозныхъ котловъ производится съ цѣлью удалять со стѣнокъ ихъ накипь, которая вслѣдствіе своей твердости называется также котельнымъ камнемъ. Накипь образуютъ воды, содержащія сѣрнокислыя и двууглекислыя соли кальція и магнія, - жесткія воды. Накипь обладаетъ дурной теплопроводностью, а это свойство накипи вызываетъ значительное поглощеніе расходуемаго тепла металломъ безъ передачи его водѣ и ,слѣдовательно, вызываетъ перерасходъ топлива для паровозовъ. До сихъ поръ еще не выяснены окончательно размѣры этого перерасхода, зависящаго не только отъ толщины слоя накипи, но и отъ состава послѣдней. Имѣющіяся по сему вопросу данныя вообще не многочисленны и рѣзко противорѣчатъ другъ другу.

Такъ слой накипи въ 1,5 м/м. толщиной вызываетъ перерасходъ топлива по Вильсону въ 15 %, а по Wenchenridg'у въ 9,5 %. Слой накипи въ 2м/м. по однимъ изслѣдованіямъ увеличиваетъ расходъ топлива до 45 %, тогда какъ для 3 м/м. -аго слоя перерасходъ указывается по другимъ изслѣдованіямъ, въ 41, 5 % и даже въ 2,5 %. Для слоя накипи въ 5 м/м. перерасходъ дается и въ 2,5 % и въ 56,3 % и т.д.

По опытамъ инж. Коншина на Владикавказской жел. дор. жесткія воды вызываютъ перерасходъ топлива до 30-40 %. Кромѣ вліянія на перерасходъ топлива накипь очень вредно отзывается и на самыхъ котлахъ, являясь изоляторомъ между водою и котельными стѣнками, отчего послѣднія накаливаются до красна, огневая коробка, дымовыя трубы коробятся, трескаются, образуются течи - вообще котлы изнашиваютъ.

Для удаленія изъ парового котла накипи и дѣлается періодически промывка его водою съ отбиваніемъ накипи скребками[+)]

[+)] ПРИМѢЧАНІЕ. Такъ какъ продолжительность промывки котла составляетъ нѣсколько часовъ, то такой продолжительный простой паровозовъ подъ промывкой непосредственно вліяетъ на уменьшеніе производительной службы. Взамѣнъ находящихся подъ промывкой паровозовъ для выполненія необходимой работы перевозки грузовъ, пассажировъ, для производства маневровъ и проч. должны имѣться на дорогѣ другіе добавочные паровозы; съ увеличеніемъ же числа паровозовъ необходимо имѣть большую площадь депо, мастерскихъ, имѣть большій штатъ служащихъ и вообще нести дополнительные расходы, какъ единовременные на первоначальныя устройства, такъ и ежегодные -на эксплоатацію. Указавъ вредныя послѣдствія накипи, не разбирая ихъ подробно, замѣтимъ, что этотъ вредъ настолько великъ, что необходимо долженъ былъ повести къ мысли объ исправленіи жесткихъ водъ, къ мѣрамъ ихъ умягченія. Въ настоящее время исключительно раціональными способами очистки жесткихъ водъ признаются только два, которые могутъ быть примѣнены до поступленія воды въ паровой котелъ, а именно:
1. химическая очистка съ примѣненіемъ по возможности и не сложныхъ, и дешевыхъ реактивовъ и
2. Дистилляція воды.

Производство промывки будетъ описано далѣе въ главѣ IV, § 30.

Суточный расходъ воды на промывку паровозовъ зависитъ отъ числа промываемыхъ въ депо данной станціи за сутки паровозовъ и количества воды, идущаго на промывку одного паровоза. Послѣднее по заключенію 20-го съѣзда инженеровъ Сл.Тяги колеблется въ предѣлахъ отъ 2 до 2,5 куб.саж. Что же касается числа промываемыхъ паровозовъ, то таковое опредѣляется въ зависимости отъ числа работающихъ во время наиболѣе интенсивнаго движенія поѣздовъ на данномъ участкѣ дороги паровозовъ, протяженія участка и допускаемаго пробѣга между двумя послѣдовательными промывками. Величина пробѣга зависитъ главнымъ образомъ отъ степени жесткости воды источниковъ станціонныхъ водоснабженій и на разныхъ дорогахъ колеблется въ широкихъ предѣлахъ отъ 600 до 2000 верстъ. Въ слѣдующей таблицѣ № 7-ой приведены величины этого пробѣга, по даннымъ анкеты Постояннаго Бюро Водопроводныхъ и Санитарно-Техническихъ Съѣздовъ (1910 г.) см. стр.22.

Цифры, показанныя въ скобкахъ, означаютъ низшій и высшій предѣлы величинъ пробѣга.

Маневровые паровозы промываются примѣрно черезъ каждыя двѣ недѣли ихъ работы.

Кромѣ количества воды, идущаго собственно на

промывку паровозовъ, на другія потребности депо слѣдуетъ, по заключенію 20-го Съѣзда инженеровъ СлТяги, полагать расходъ воды изъ разсчета по $\frac{1}{2}$ куб.саж. въ сутки на каждое стойло.

Т А Б Л И Ц А № 7

№№ порядка	Названіе дорогъ	Пробѣгъ между 2-мя промывками въ верстахъ	
I	Баскунчакская		I400
2	Екатерининская	(670-I500)	I035
3	Забайкальская	(600-I300)	950
4	Винд.-Рыбинская Моск.Сѣть		I000
5	Моск.-Казанская	(I200-I565)	I382
6	М.Кіево-Воронеж.		I250
7	М.Курско-Нижегор.	(I500-2000)	I750
8	Пермская	(I200-I800)	I500
9	Привиолинскія	(I000-I500)	I250
I0	Рязано-Уральская	(600-I000)	800
II	Самаро-Златоуст.	(800-I200)	I000
I2	Сызрано-Вяземск.	(I000-I500)	I250
I3	Сѣверо-Западныя	(II00-I600)	I350

В. Расходъ воды на потребности мастерскихъ.

Расходъ воды для техническихъ и хозяйственныхъ нуждъ мастерскихъ можетъ быть опредѣленъ въ за-

висимости отъ машиннаго оборудованія ихъ, равмѣровъ производства, числа рабочихъ и ироч.

Кромѣ того водопроводныя устройства главныхъ мастерскихъ должны, согласно требованія[+] Управленія желѣзныхъ дорогъ, обезпечивать возможность получать при пожарѣ изъ пожарныхъ кранонъ около 200 вед. въ минуту въ видѣ четырехъ струй.

Такимъ образомъ для противопожарныхъ цѣлей должна быть обезпечена подача къ мастерскимъ воды въ количествѣ (200×60) : 800 = 15 куб.саж. въ часъ.

Въ случаѣ устройства одной общей водопроводной сѣти для станціи и мастерскихъ, должна быть, согласно того же циркуляра, обезпечена возможность полученія во время пожара кромѣ противопожарнаго количества воды (200 ведеръ въ минуту) также не менѣе количества воды, требующейся для удовлетворенія потребностей въ водѣ для поѣздныхъ паровозовъ, исчисленнаго для случая наибольшаго на данномъ участкѣ дороги движенія (коммерческаго или воинскаго).

Г. Расходъ воды на потребности живущихъ на станціи.

Количество воды, расходуемое жителемъ станціи, очень разнообразно и зависитъ отъ степени оборудованія квартиръ санитарными приборами (ваннами,

---

[+] Циркуляръ № 19945/9782/272 отъ 15/17 іюля 1913 г., приведенный въ концѣ книги.

душами ит.п.отъ допустимости стирки бѣлья на дому и проч. Согласно спеціально производившихся наблюденій въ жиломъ домѣ съ ваннами расходъ воды на одного человѣка въ сутки составляетъ 7-8 ведеръ . 20-ый Съѣздъ инженеровъ Сл.Тяги далъ заключеніе о необходимости считать расходъ на одного жителя станціи въ 0,0I куб.саж. или около 8 ведеръ въ сутки. Такимъ образомъ расходъ воды станціоннымъ жителемъ равенъ расходу воды, приходящемуся на одного жителя въ большихъ городахъ.

Кромѣ того большими потребителями воды на станціяхъ являются:

I. П а с с а ж и р с к і я з д а н і я, гдѣ расходъ воды на мытье половъ въ залахъ, багажныхъ отдѣленіяхъ, конторахъ и вестибюляхъ, на уборныя, на кухни ресторановъ, а также на питье пассажировъ и служащихъ колеблется въ зависимости отъ класса станціи отъ сотенъ ведеръ и до нѣсколькихъ тысячъ ведеръ въ сутки.

Для приблизительнаго опредѣленія этого суточнаго расхода можно принять:

для пассажирскиха зданіи	III класса..	I00-500 вед.
" " "	II класса..	500-I000 " "
" " "	I класса..	I000-5000 " "

2. Д е ж у р н ы я п о м ѣ щ е н і я для паровозныхъ и кондукторскихъ бригадъ, гдѣ сотни ведеръ

тратятся на умыванье, души и проч. и

З. б а н и, п р а ч е ш н ы я, б о л ь н и ц ы и др., также съ большими расходами воды+).

Д. Расходъ воды на потребности перевозимыхъ войскъ.

Согласно § 78 техническихъ условій для магистральныхъ жел.дор. количество воды, назначаемое для потребности перевозимыхъ войскъ должно составлять въ сутки -а) по 2,50 куб.саж на конечныхъ станціяхъ и на станціяхъ съ перевозными депо и - б) по I куб. саж. на прочихъ станціяхъ.

Е. Расходъ воды на различныя спепіальныя устройства.

Расходъ воды въ мастерскихъ и заводахъ можетъ быть опредѣленъ только въ зависимости отъ ихъ оборудованія машинами, отъ числа рабочихъ и т.п. и какихъ-либо среднихъ нормъ указать не представляется возможнымъ.

Ж. Расходъ воды на промывку вагоновъ изъ-подъ скота.

Можно полагать, что на промывку одного вагона

+) При опредѣленіи количества воды, потребнаго для станціонной бани можно руководствоваться слѣдующими даннами: а) средняя продолжительность мытья одного посѣтителя равна примѣрно часу, б) на мытье одного посѣтителя тратится I0-I5 ведеръ, г) для ванны съ промываніемъ ея - 30-40 ведеръ, д) для одного душа расходуется 30-50 ведеръ въ часъ, въ зависимости отъ конструкціи душа.

расходуется около 30-40 ведеръ воды или въ среднемъ -35 ведеръ. Такое же ,примѣрно, количество воды расходуется на промывку двухъ рѣшетокъ, закрывающихъ двери вагона. Такимъ образомъ, если суточное число прибывающихъ на станцію вагоновъ изъ подъ скота равно N, то общій расходъ воды составитъ $2N \times 35 = 70 \times N$ ведеръ

§6. Примѣры опредѣленія суточнаго расхода воды на станціи.

А. Пусть требуется опредѣлить суточный расходъ воды на промежуточной станціи съ кореннымъ депо, въ которомъ происходитъ смѣна всѣхъ паровозовъ всѣхъ проходящихъ станцію поѣздовъ.

Общій расходъ выразится по формулѣ

$Q = \underset{\text{для поѣздовъ}}{Q_1} + \underset{\text{на маневры}}{Q_2} + \underset{\text{на промывку паровозовъ}}{Q_3} + \underset{\text{для потребностей депо}}{Q_4} + \underset{\text{для нуждъ перевозимыхъ воискъ}}{Q_5} + \underset{\text{на потребности жителей и проч.}}{Q_6}$

Каждый изъ этихъ расходовъ опредѣлится въ свою очередь слѣдующими формулами.

$Q_1 = (n + n_1) \cdot q_1$, гдѣ n - число поѣздовъ въ одномъ направленіи движенія, n_1 - въ обратномъ направленіи, q_1 - емкость паровозныхъ тендеровъ.

При $n = n_1 = 20$ и $q_1 = 450$ куб.фут.

$$Q_1 = \frac{2 \times 20 \times 450}{343} = 52{,}48 \text{ куб.саж.}$$

$Q_2 = q_2 \times b_2$, гдѣ b_2 - число маневровыхъ паровозовъ

q_2 - расходъ воды на одинъ маневровый царовозъ;

при $b_2 = 4$ и $q_2 = 3$ куб.саж. $Q_2 = 4 \times 3 = 12$ куб.саж.

$Q_3 = b_3 \times q_3$, гдѣ b_3 - число промываемыхъ въ сутки паровозовъ,

q_3 - расходъ воды на промывку одного паровоза;

при $b_3 = 3$ и $q_2 = 2$ куб.саж. $Q_3 = 3 \times 2 = 6$ куб.саж.

$Q_4 = b_4 \times q_4$, гдѣ b_4 -число стойлъ въ паровозномъ депо,

q_4 - расходъ воды на каждое паровозное стойло;

при $b_4 = 12$ и $q_4 = 0{,}50$ куб.саж. $Q_4 = 12 \times 0{,}5 = 6$ куб.сж.

Q_5 - согласно § 78 техническихъ условій для магистральныхъ желѣзныхъ дорогъ примемъ, какъ для станціи съ кореннымъ депо, равнымъ 2,50 куб.саж.

Q_6 опредѣлимъ по слѣдующему подсчету:

а) для пассажирскаго зданія 500 вед./сутки ∞ 0,7 кб.сж.

б) на баню около 2 куб.саж., считая, что въ день пользуются ею до 150 человѣкъ, расходуя каждый по 10-15 ведеръ,

в) на потребности 300 жителей станціи, полагая на каждаго изъ нихъ по 8 ведеръ или на всѣхъ $300 \times 8 =$ $= 2400$ ведеръ ∞ 3 куб.саж.

Тогда $Q_6 = 0{,}7 + 2 + 3 = 5{,}7$ куб.саж.

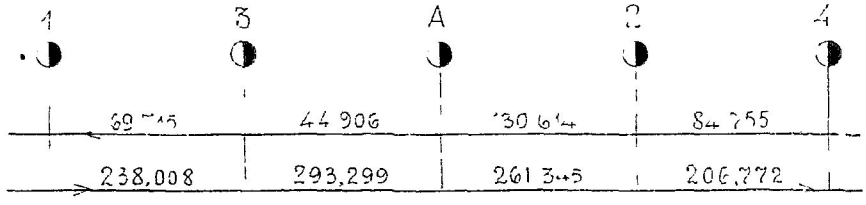
Такимъ образомъ наибольшій разсчетный суточный расходъ воды на разсматриваемой станціи составитъ

$Q = 52,48 + 12 + 6 + 6 + 2,50 + 5,7 = 84,68$ куб.сж.

$\sim$ 68000 ведеръ.

Б. Опредѣлимъ теперь суточный расходъ воды на промежуточной станціи вновь строящейся дороги. Пусть на фиг.2 показана схема смежныхъ со станціей А перегоновъ и расходы воды однимъ воинскимъ поѣздомъ для обоихъ направленій движенія въ куб. футахъ.

Фиг 2



Примѣчаніе — 1,3 А 2 и 4 — станціи съ водоснабженіями

1. Поѣздной расходъ воды на 20 паръ воинскихъ поѣздовъ, въ предположеніи прекращенія водоснабженій на станціяхъ 3 и 2 сосѣднихъ со стан. А.

$$Q_1 = 20 \times [84,755 + 130,614 + 238,008 + 293,299] \frac{1}{343} =$$

$= 43,55$ куб.саж.

2. Расходы воды на маневры и потребности живущихъ на станціи согласно техническихъ условій для магистралей $Q_2 = 1,00$ куб.саж.

3. Расходъ воды на потребности перевозимыхъ войскъ, согласно техническихъ условій для маги-

стралей $Q_3 = 1{,}00$ куб.саж.

Полный разсчетный суточный расходъ воды на станціи $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 43{,}55 + 1{,}00 + 1{,}00 =$
$= 45{,}55$ куб.саж. или около 36500 ведеръ.

ГЛАВА II

Напорные водопроводы.

§7. Разсчетъ напорнаго водопровода.

Въ общемъ случаѣ разсчетъ напорнаго водопровода заключается въ опредѣленіи діаметра его трубъ и мощности механическаго оборудованія водокачки по условію наименьшей стоимости, какъ первоначальнаго устройства, такъ и послѣдующей эксплоатаціи. Согласно § 82 техническихъ условій для магистральныхъ желѣзныхъ дорогъ діаметръ нагнетательной линіи долженъ быть не менѣе 4" при условіи, что суточная подача воды не превосходитъ 40 куб.саж.

Разсмотримъ сначала разсчетъ напорнаго водопровода при заданномъ діаметрѣ его трубъ. Этотъ разсчетъ сводится къ опредѣленію а) часового и секумднаго расходовъ воды. б) секундной скорости движенія воды въ трубахъ, в) полнаго прводолѣваемаго насосомъ напора при движеніи воды отъ пріемнаго клапана до бака водоемнаго зданія и г) мощ-

ности машинъ водокачки.

а) Часовой расходъ воды опредѣляется въ зависимости отъ суточнаго расхода воды на станціи и числа часовъ работы водокачки въ сутки. Послѣднее принимается равнымъ I8, въ случаѣ установки одного комплекта оборудованія и - 24, при условіи одновременной установки двухъ комплектовъ оборудованія (два насоса съ двумя для нихъ двигателями).

б) Если Q_0 - часовой расходъ водн въ куб. саж., то секундная скорость движенія воды въ фут. по по трубамъ діам. d будетъ

$$v = \frac{Q_0 \times 343 \times 4}{3600 \times \pi \times d^2} = \alpha Q_0$$

Для употребительныхъ діаметровъ напорныхъ трубъ 4" - I2" значенія коэффиціента α приведены въ таблицѣ № 8.

Т А Б Л И Ц А № 8.

d дюйм.	4	5	6	7	8	9	I0	I2
α для орт.	I,094	0,699	0,485	0,357	0,273	0,216	0,I75	0,I2I

в) Полный преодолѣваемый напоръ слогается: I) изъ геометрической высоты подъема воды, т.е. разности отмѣтокъ горизонта низкихъ воды источника водоснабженія и верха бака водоемнаго зданія и 2) изъ потери напора на сопротивленія. Эта потеря въ

свою очередь слогается изъ потерь во всасывающей линіи, при проходѣ воды черезъ насосъ, и въ нагнетательной линіи.

Потеря напора во всасывающей и нагнетательной линіяхъ опредѣляется по извѣстной формулѣ

$$h = 1{,}1 \frac{l \times q^2 \, l}{\gamma \times d^5}$$

гдѣ l - длина трубъ (въ футахъ),

q - секундный расходъ воды (въ куб.фут.),

$\frac{1}{\gamma}$ - коэффиціентъ тренія,

1,1 - коэффиціентъ, учитывающій приблизительно мѣстныя сопротивленія при проходѣ воды по колѣнамъ, закругленіямъ, черезъ задвижки и проч.

d - діаметръ трубъ (въ футахъ); обычно діаметръ всасывающихъ трубъ принимается на 1 или 2 дюйма болѣе діаметра нагнетательныхъ трубъ.

Въ слѣдующей таблицѣ № 9 приведены значенія $\frac{l}{\gamma} \times \frac{1}{d^5}$ для d = 4 - 12", при $\frac{1}{\gamma}$ по Дюпюи = 0,000762 (для фут.) См. стр. 32.

Потеря воды при проходѣ черезъ насосъ принимается обыкновенно равной $4\zeta\frac{v^2}{2g}$, при чемъ ζ берется отъ 6,1 до 1,4; v - скорость движенія воды во всасывающихъ трубахъ.

г) Опредѣленіе мощности механическаго оборудованія

водокачки разсмотримъ для случаевъ парового и теплового (двигателями внутренняго сгоранія) оборудованія.

ТАБЛИЦА № 9.

d		$\frac{I}{\gamma} \times \frac{1}{d^5}$	d		$\frac{I}{\gamma} \times \frac{I}{d^5}$
дюйм.	фут.		дюйм.	фут.	
4	0,333	0,185166	8	0,667	0,005787
5	0,417	0,060680	9	0 750	0,003211
6	0,500	0,024384	I0	0,833	0,001896
7	0.583	0,011282	I2	I,000	0,000762

Мощность теплового двигателя.

Если обовначить черезъ:

q - часовую подачу воды насосомъ въ куб. саж.,

Δ - вѣсъ I куб. саж. воды, равный 593 пуд.,

H - общій преодолѣваемый напоръ въ футахъ,

3600 - коэффиціентъ перехода съ часовой работы на секундную,

I5 - коэффиціентъ перехода съ работы въ пудо-футахъ на работу въ лошадин.силахъ,

η_1 - коэффиціентъ полезнаго дѣиствія насоса, зависящій отъ типа и конструкціи его,

η_2 - коэффиціентъ полезнаго дѣйствія передачи отъ насоса къ двигателю, зависящій отъ типа ея.

число эффективныхъ силъ двигателя N опредѣлится по формулѣ $$N = \frac{q \times \Delta \times H}{\eta_1 \times \eta_2 \times 3600 \times 15}$$

напримѣръ $\eta_1 = \eta_2 = 0,8$ и $\Delta = 593$

$$N = 0,0171 \times q \times H.$$

Размѣры насоса и скорость поршней.

Пусть насосъ будетъ приводный, сдвоенный, типа „Вортингтонъ".

Діаметръ цилиндра обозначимъ черезъ .. D

длину хода - черезъ L

Обозначая коэффиціентъ наполненія водяного цилиндра насоса черезъ η, найдемъ по извѣстной часовой подачѣ воды q число двойныхъ ходовъ въ минуту $$n = \frac{(q \times 7^3) \times 12^2 \times 12}{\eta \times 60 \times \frac{\pi D^2}{4} \times L \times 2 \times 2}$$

или $$n = \frac{q \times 343 \times 1728}{\eta \times 60 \times \frac{\pi D^2}{4} \times L \times 2 \times 2}$$

Обыкновенно принимаютъ $\eta = 0,90$

Тогда $n = 3495,5 \times \frac{q}{D^2 \times L}$, при чемъ L и D - выражаются въ дюймахъ, а q - въ куб. саж. Разсчетное число оборотовъ принимается не болѣе 100, чаще же менѣе, примѣрно 70 - 90.

Скорость поршней v найдется по формулѣ

$$v = \frac{2 \times n \times L}{60 \times 12}$$, при чемъ L выражается въ дюймахъ, а v - въ футахъ. Для насосовъ Вортингтона скорость поршня принимается въ пре-

дѣлахъ отъ I,00 до 2,50 фут. въ секунду.

Паровое оборудованіе.

Разсмотримъ теперь разсчетъ мощности парового оборудованія водокачки, а именно размѣровъ сдвоеннаго насоса Вортингтона и парового котла.

Размѣры насоса пусть будутъ:

Діаметръ паровыхъ цилиндровъ ... D_n дюймовъ

діаметръ водяныхъ „ „ ... $D_в$ „

длина хода ..... L „

Діаметръ паровыхъ цилиндровъ назначается приблизительно въ I,5 разъ болѣе діаметра водяныхъ, т.е. $D_n = 1{,}5\ D_в$.

Число оборотовъ и скорость поршней опредѣляются по выше приведеннымъ формуламъ.

Пусть теперь H - общій преодолѣваемый насосомъ напоръ въ футахъ.

Такъ какъ высота столба воды въ 33,9 фут. соотвѣтствуетъ одной атмосферѣ, то давленіе воды на поршни насоса при его движеніи, выраженное въ атмосферахъ будетъ: $\frac{H}{33,9} = p'$ атм.

При діаметрахъ цилиндровъ $D_в$ и D_n давленіе пара на поршни паровыхъ цилиндровъ теоретически должно быть равно: $p'' = p' \times \frac{D_в^2}{D_n^2} = p''$ атм.

Добавляя 25% на преодолѣніе вредныхъ сопротивленій въ паровыхъ и водяныхъ цилиндрахъ насоса и принимая упругость исходящаго пара равной I,2 атм.

найдемъ, что для движенія насоса абсолютное давленіе пара въ цилиндрѣ должно быть:

$$p''' = 1{,}25 \times p'' + 1{,}20 \text{ атм.}$$

Абсолютное же давленіе пара въ котлѣ должно быть

$$p_0 = \frac{p''' + 0{,}50}{0{,}90} \text{ атм.}$$

Опредѣлимъ теперь поверхность нагрѣва котла, для чего найдемъ сначала расходъ пара насосомъ.

Расходъ пара для двухъ цилиндровъ въ часъ въ килограммахъ опредѣляется по формулѣ:

$$R = (1 + \sigma) \times 0{,}36 \times 2 \times \mathcal{F} \times v \times \gamma \left[\frac{l_1}{l} + m - \frac{q}{p}\left(\frac{l_2}{l} + m\right)\right]$$

(См. Справочная книга Hütte, ч.I стр. 711)

гдѣ:

γ = вѣсъ въ килограммахъ одного куб.метра пара при давленіи p''',

$\mathcal{F}$ = площадь поршня парового цилиндра въ квадратн. сантиметрахъ,

v = скорость поршня, выраженная въ метрахъ въ секунду,

σ = опытный коэффиціентъ, принимаемый равнымъ 0,10 ;

$p = p'''$ = абсолютное давленіе пара при впускѣ (въ цилиндрѣ) въ атм.,

q = 1,2 атм. = абсолютное давленіе исходящаго пара,

$\frac{l_1}{l}$ = 1,00 - начало расширенія пара,

$\frac{l_2}{l}$ = 0,05 - начало сжатія пара,

$m = 0,15$ - вредное пространство.

Расходъ пара можно опредѣлить также по эмпирической формулѣ инженера В.Г. Шухова:

$$R = к \times \frac{N \times p_0}{p_0 - p_1}$$ килогр. въ часъ,

гдѣ N - работа, расходуемая насосомъ, въ лошадиныхъ силахъ,

p_0 - давленіе пара въ котлѣ,

p_1 - потеря давленія, принимаемая равной 2,50 атм.

к - коэффиціентъ, получающій разныя значенія, а именно:

для $N < 8$ Нр..... к = 25 килогр.

$8 < N < 15$ Нр..... к = 22,5 „

$N > 15$ Нр..... к = 20

Съ одного квадратнаго метра поверхности нагрѣва паровой котелъ даетъ $q_0 = 12 - 20$ килогр. пара въ зависимости отъ конструкціи котла и интенсивности его топки или въ среднемъ около 15 килогр.

Такимъ образомъ необходимая поверхность нагрѣва котла водовачки опредѣлится по формулѣ:

$$\Omega = \frac{R}{q_0}$$

Абсолютнымъ давленіемъ пара въ котлѣ p_0 и поверхностью нагрѣва Ω опредѣлятся размѣры котла.

Разсмотримъ разсчетъ напорнаго водопровода теперь на какомъ-либо частномъ примѣрѣ.

§ 8. Примѣръ разсчета напорнаго водопровода съ тепловымъ оборудованіемъ водокачки.

Такой разсчетъ на практикѣ проектированія желѣзнодорожныхъ водоснабженій принято излагать въ слѣдующеи формѣ.

Данныя для разсчета

I. Длина водопровода.

Согласно плана и профиля напорной линіи длина послѣдней [отъ точки пересѣченія осей напорной и всасывающей линій въ водоемномъ зданіи до центра напорной линіи въ водоемномъ зданіи]

..... ℓ_1 = 1113,30 сж.

Прибавляя сюда

I). длину вертикальныхъ частей всасывающей линіи

..... = 2,39 сж.

2). длину горизонтальныхъ частеи всасывающей линіи [отъ центра вертикальной трубы всасывающей линіи въ пріемномъ колодцѣ до точки пересѣченія осей всасывающей и напорной линій въ водоподъемномъ зданіи] ..... = 7,90 сж.

3). длину вертикальныхъ частей напорной линіи въ водоподъемномъ зданіи ..... 1,52 сж.

4). длину вертикальныхъ частей напорной линіи въ водо емномъ зданіи ..... 7,75 сж.

получимъ, что вся длина водопровода =1132,86 сж,

Въ томъ числѣ

а) всасывающихъ трубъ ..... 10,29 сж.

б) напорныхъ трубъ ..... 1122,57 сж.

II. Геометрическая высота подъема воды.

Отмѣтка земляного полотна станціонной площадки равна ..... 63,25 сж.

Прибавляя къ ней

1. толщину балластнаго слоя ... 0,18 сж.
2. высоту рельса ..... 0,06 сж.
3. высоту водоемнаго зданія отъ уровня головки рельса до низа бака .. 4,50 сж.
4. высоту бака ..... 1,85 сж.

получимъ, что верхъ бака будетъ на отмѣткѣ ..... 69,84 сж.

Горизонтъ же самыхъ низкихъ водъ въ источникѣ водоснабженія находится на отмѣткѣ 54,45 сж.

Слѣдовательно наибольшая геометрическая высота подъема воды будетъ равна ..... 15,39 сж.

III. Расходъ воды и діаметры трубъ.

Наибольшій суточный расходъ воды на станціи $Q = 35,61$ куб.саж.; поэтому согласно требованій § 82 техническихъ условій проектированія и сооруженія магистральныхъ жел.дорогъ внутренній діаметръ d_1 нагнетательныхъ трубъ принимаемъ равнымъ 4 дюймамъ; всасывающія же трубы примемъ діаметромъ $d_2 = 5$ дюймамъ.

IV. Количество воды, подаваемое водопроводомъ.

При оборудованіи водокачки однимъ насосомъ послѣдній долженъ работать не свыше I8 часовъ въ сутки. Поэтому часовая подача воды насосомъ должна быть

$$q = \frac{35,6I}{I8} = \infty\ 2 \text{ куб.саж.}$$

Соотвѣтственно сему скорости движенія воды въ трубахъ согласно таблицы № 8

въ нагнетательныхъ ..... I,094 × 2 = 2,I9 фут./сек.

во всасывающихъ ..... 0,699 × 2 = I,4 фут./сек.

V. Давленіе воды на поршни насосовъ.

Потери напора при движеніи воды по трубамъ (по Дюпюи)

всасывающимъ ....$I,I \times \left(\frac{2\times343}{3600}\right)^2 \times \frac{I0,29 \times 7 \times 0,000762}{0,4I7^5} =$

$= 0,05$ сж.

нагнетательнымъ..$I,I \times \left(\frac{2\times343}{3600}\right)^2 \frac{II22,57\times7\times0,000762}{0,333^5} =$

$= I4,06$ сж.

Геометрическая высота подъема воды ... I5,39сж.

Всего насосъ долженъ преодолѣвать напоръ

$H = 29,50$ сж.

или $29,5 \times 7 = 206,5$ фут.

VI. Мощность двигателя.

Принимая коэффиціентъ полезнаго дѣйствія насоса = 0,8 и коэффиціентъ полезнаго дѣйствія передачи отъ насоса къ тепловому двигателю 0,8 найдемъ, что число лошадиныхъ силъ двигателя должно быть равно

$$N = \frac{2 \times 593 \times 29,5 \times 7}{0,8 \times 0,8 \times 3600 \times 15} = 9,5 \text{ л.с.}$$

Примемъ двигатель въ 10 лошад.силъ.

§ 9. Примѣръ разсчета напорнаго водопровода съ паровымъ оборудованіемъ водокачки.

Данныя для разсчета:

отмѣтка низкаго горизонта воды въ источникѣ водоснабженія 78,85

отмѣтка горизонта всасыванія насоса .. 81,27

длина всасывающихъ трубъ ..... 9,42 сж.

отмѣтка верха бака водоемнаго зданія..107,90

геометрическая высота всасыванія .....

.....81,27 - 78,85= 2,42 сж.

геометрическая высота нагнетанія .....

.....107,90 - 81,27 = 26,63 сж.

длина нагнетательныхъ трубъ ....

.....2247,47 сж. ∞ 2240 сж.

часовая подача воды насосомъ 3 куб.саж.∞2400 вед.

Для опредѣленія потери напора въ трубахъ возьмемъ формулу $$h = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

при чемъ коэффиціентъ λ примемъ по Дарси

$$\lambda = \left(0,91989 + \frac{0,0005078}{d}\right)\sigma$$

здѣсь d - діаметръ трубъ въ метрахъ,

σ - коэффиціентъ, значеніе котораго зависитъ отъ состоянія внутреннихъ стѣнокъ трубъ;

для трубъ старыхъ, бывшихъ въ употребленіи $\delta =$ $= 1,5$; для новыхъ трубъ $\delta = 1$.

Діаметръ нагнетательныхъ трубъ примемъ $5'' = 0,125$ метра. Тогда

$$\lambda = \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{0,125}\right) \times 1,5 = 0,03568$$

Скорость воды въ нагнетательныхъ трубахъ

$$v = \frac{3 \times 343 \times 4 \times 144}{\pi \times 5^2 \times 3600} = 2,09 \text{ фут.} = 0,63 \text{ мтр.}$$

$$l = 2247,47 \text{ сж.} = 4795,16 \text{ мтр.}$$

При этихъ данныхъ потеря напора въ нагнетательныхъ трубахъ

$$h = 0,035568 \times \left(\frac{4795,16}{0,125} \times \frac{0,63^2}{2 \times 9,81}\right) = 27,21 \text{ мтр.} = 12,753 \text{ сж.}$$

Діаметръ всасывающихъ трубъ примемъ на $1''$ болѣе діаметра нагнетательныхъ трубъ, т.е. $6'' = 0,150$ мтр.

Скорость воды $v' = \frac{0,63 \times 5^2}{6^2} = 0,44$ мтр.

$$\lambda = \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{0,150}\right) \times 1,5 = 0,03484$$

Потеря напора при длинѣ трубъ 9,42 сж. = 20,102 м.

$$h' = 0,03484 \times \left(\frac{20,102}{0,150} \times \frac{0,44^2}{2 \times 9,81}\right) = 0,046 \text{ мтр.} = 0,021 \text{ сж.}$$

Прочія потери напора - при прохожденіи воды черезъ пріемный клапанъ, при входѣ и выходѣ изъ насоса,

Слѣдовательно полная потеря напора

$H' = 12{,}753 + 0{,}021 + 0{,}50 = 13{,}274$ саж.

Прикладывая къ послѣдней:

а) геометрическую высоту всасыванія ... 2,42 сж.

б) „ „ нагнетанія ... 26,63 сж.

найдемъ полный преодолѣваемый насосомъ напоръ въ 42,324 сж.

Давленіе воды на поршни насоса въ атмосферахъ будетъ: $N = \frac{42{,}324 \times 7}{33{,}9} = 8{,}74$ атмосф.

Насосъ примемъ системы Вортингтона размѣрами $7\frac{1}{2}'' \times 4\frac{1}{2}'' \times 10''$. При такихъ размѣрахъ, при часовой подачѣ воды въ 3 куб.саж. и коэффиціентѣ наполненія 0,90 число двойныхъ ходовъ поршней въ минуту будетъ

$$n = \frac{3 \times 343 \times 1728}{\frac{\pi \times 4{,}5^2}{4} \times 10 \times 0{,}9 \times 2 \times 2 \times 60} = 52$$

Скорость поршня

$$v = \frac{2 \times 10 \times 52}{60 \times 12} = 1{,}44 \text{ фут.} = 0{,}44 \text{ мтр.}/\text{сек.}$$

Такъ какъ діаметръ водяныхъ цилиндровъ взятъ $4\frac{1}{2}''$, а паровыхъ – $7\frac{1}{2}''$, то принимая во вниманіе, что давленіе на поршни водяныхъ цилиндровъ равно 8,74 атм., найдемъ упругость пара въ цилиндрахъ $\frac{8{,}74 \times 4{,}5^2}{7{,}5} = 3{,}146$ атм.

Прибавляя сюда на преодолѣніе вредныхъ сопротивленій около 25% и принимая упругость исходящаго

пара I,25 атм., получимъ, что для движенія насоса абсолютное давленіе пара должно быть

$$3,I46 + 0,785 + I,25 = 5,I8 \text{ атм.}$$

Расходъ пара найдемъ по ранѣе приведенной формулѣ:

$$P = (I + 0,I)\times 3600\times 2\times 0,0286\times 0,44\times 2,7I \times \left[0,9 + 0,I5 - \frac{0,24}{5,2I}(0,05 + 0,I5)\right] = 270,09 \text{ килограмм. въ часъ.}$$

Полагая, что съ одного квадратнаго метра поверхности нагрѣва котла получается I8 килогр. пара въ часъ, найдемъ требуемую площадь нагрѣва

$$\frac{270,09}{I8,00} = I5,005 \text{ кв. метр. } (I6I,52 \text{ кв. фут.})$$

Посмотримъ теперь, не будетъ ли выгоднѣе уложить нагнетательную линію трубами діаметра 6", а не 5", какъ предполагалось въ предыдущемъ разсчетѣ.

Изъ него было найдено, что при 5-тидюймовой нагнетательной линіи полный напоръ равенъ

$$H_5 = 42,32 \text{ сж.} = 296,24 \text{ фут.}$$

Если подсчитать полный напоръ при условіи укладки 6" трубъ, то онъ окажется равнымъ

$$H_6 = 34,97 \text{ сж.} = 244,79 \text{ фут.}$$

Работа, выраженная въ лошадиныхъ силахъ, затрачиваемая на подачу 3 куб.саж. воды въ часъ будетъ

$$R_5 = \frac{Q\times\gamma\times H_5}{3600\times I5} \quad \text{и} \quad R_6 = \frac{Q\times\gamma\times H_6}{3600\times I5}$$

Разность работъ, т.е. излишекъ затрачиваемой работы въ случаѣ укладки трубъ меньшаго діаметра соста-

витъ $R_э = \frac{Q \times \gamma}{3600 \times 15} (H_5 - H_6) = 1{,}78$

$Q = 3$ куб.саж., $\gamma = 600$ пд., $H_5 - H_6 =$
$= 296{,}24 - 244{,}79 = 51{,}45$ фт., 15 есть коэффиціентъ перехода отъ работы въ пудофутахъ на работу, выраженную въ лошадиныхъ силахъ.

Расходъ пара для насосовъ Вортингтона выбранной системы составляетъ 30 килогр. Наибольшее число часовъ работы насоса въ сутки (разсчетное) равно 15. Тогда излишній расходъ пара въ сутки

$$q = 1{,}78 \times 30 \times 15 = 801 \text{ килогр.}$$

Принимая для топлива дрова, найдемъ излишній расходъ дровъ, допуская трехкратную испаряемость ихъ

$$\frac{801}{3} = 267 \text{ килогр.} = 16{,}3 \text{ пд.}$$

При вѣсѣ 1 куб.саж. березовыхъ дровъ въ 200 пуд. и стоимости ея на мѣстѣ (водокачки) въ 10 рублей опредѣлимъ стоимость пуда дровъ въ 5 коп.

Слѣдовательно годичный перерасходъ на топливо въ случаѣ укладки 5-тидюймовыхъ трубъ составитъ

$$365 \times 16{,}3 \times 5 = 294 \text{ руб. } 75 \text{ коп.}$$

Съ другой стороны укладка нагнетательной линіи 6" трубами вызоветъ единовременный перерасходъ въ $2240 \times 2{,}05 = 4600$ рублей,

гдѣ 2,05 есть разность (въ рубляхъ) стоимости укладки 1 пог.сажени трубъ $d = 6"$ и $d = 5"$.

Считая на амортизацію капитала (въ теченіе

15 лѣтъ) .... 306 рублей и %% на затраченный капиталъ въ 230 рублей, найдемъ ежегодный расходъ въ 536 рублей > 294 руб. 75 коп.

Такимъ образомъ при данныхъ условіяхъ выгоднѣе уложить трубы діаметромъ въ 5"; необходимо при этомъ замѣтить, что сумма 536 рублей есть величина вполнѣ опредѣленная, между тѣмъ какъ сумма 294,75 рублей, характеризующая перерасходъ топлива выведена въ предположеніи, что водокачка будетъ работать круглый годъ по 15 часовъ, что соотвѣтствуетъ наибольшему движенію поѣздовъ наибольшаго состава. Въ дѣйствительности среднее за годъ число часовъ работы водокачки будетъ менѣе принятаго въ разсчетѣ (15-ти).

Надо также замѣтить, что при другомъ соотношеніи цѣнъ на водопроводныя трубы и на топливо могутъ получиться и обратные результаты, т.е. можетъ представиться болѣе выгодной укладка трубъ большаго діаметра.

§ 10. Экономическій разсчетъ напорнаго водопровода.

Съ увеличеніемъ діаметра нагнетательныхъ трубъ уменьшается сопротивленіе движенію по нимъ воды, а поэтому мощность машинъ водокачки и расходъ топлива для машинъ также уменьшаются; но за то стоимость трубъ увеличивается.

Поэтому разсчетъ напорнаго водопровода необходимо рпоизводить экономическимъ способомъ, стремясь къ тому, чтобы первоначальная стоимость устройства водопровода (стоимость трубъ и механическаго оборудованія водокачки) и стоимость дальнѣйшей эксплоатаціи (расходъ топлива) были бы наименьшими. Такимъ образомъ экономическими факторами являются I) стоимость водопроводныхъ трубъ, 2) стоимость оборудованія водокачки и 3) стоимость топлива, потребляемаго машинами.

Разсмотримъ, какъ выражаются эти стоимости.

I. Стоимость укладки водопроводныхъ трубъ діаметра D можетъ быть выражена различными формулами, въ видѣ: I) четырехчлена $S = a+bD+cD^2+eD^3$ гдѣ a, b, c и e - численные коэффиціенты, выражающіе стоимость земляныхъ работъ по вырытію канавъ, стоимость самыхъ трубъ, работы и матеріаловъ по задѣлкѣ ихъ стыковъ; 2) трехчлена: $a + bD + cD^2$; 3) двучлена $a + bD$ и 4) въ видѣ одночлена bD.

Въ желѣзнодорожной практикѣ часто пользуются двучленной формулой, полагая для выраженія стоимости I пог.сажени трубопровода въ рубляхъ, $b=2$ и $a = I - 3$+) (въ обычныхъ нормальныхъ условіяхъ грунта).

+) по цѣнамъ, бывшимъ до воины

II. Стоимость машиннаго оборудованія обыкновенно полагается прямо пропорціональной его мощности.

Такимъ образомъ $S_2 = \varphi \times N$

гдѣ N - мощность машины въ лошадиныхъ силахъ,

φ - коэффиціентъ стоимости одной силы, считая доставку, монтажъ и проч., а также и стоимость занимаемаго помѣщенія.

III. Стоимость эксплоатаціи водокачки за годъ можетъ быть выражена формулой

$$R = 365 \times n \times \frac{\sigma}{100} \times N \text{ рублей}$$

гдѣ: n - среднее за годъ число часовъ работы машинъ въ сутки,

σ - стоимость одной силы въ копейкахъ, т.е. коэффиціентъ, представляющій стоимость топлива, смазки и т.д. на работу машины въ одну лошадиную силу въ теченіе одного часа.

Если теперь обозначимъ черезъ S_3 капитализированную стоимость эксплоатаціи водокачки, то принимая p годовыхъ процентовъ на капиталъ, можемъ написать, что

$$S_3 = \frac{100}{p} \times 365 \times \frac{n}{100} \times \sigma \times N = \frac{365}{p} \times n \times \sigma \times N$$

На основаніи вышеизложеннаго выведемъ теперь экономическую формулу для опредѣленія наивыгоднѣйшаго діаметра напорнаго водопровода при тепловыхъ двигателяхъ на водокачкѣ.

Пусть длина водопровода ..... L фут.

діаметръ трубъ его ..... D фут.

Геометрическая высота подъема воды, слагающаяся изъ высоты всасыванія и высоты нагнетанія H фут. Потеря напора при движеніи воды по трубопроводу длиною L фут., діам.D фут., опредѣлится по извѣстной изъ гидравлики формулѣ

$$h = \frac{q^2 \times L}{\gamma \times D^5} \text{ фут.}$$

при чемъ q - секундный расходъ воды въ куб.фут. Обыкновенно задается часовая подача воды насосомъ водокачки въ куб.саж., т.е. расходъ воды въ куб. саж. въ часъ Q.

Тогда $$q = \frac{Q \times 343}{3600} = 0,0953.Q \text{ куб.фут.}$$

и

$$h = \frac{0,00908 \times Q^2 \times L}{\gamma \times D^5}$$

Мощность двигателя водокачки, согласно ранѣе выведенной формулы, при коэффиціентахъ полезнаго дѣйствія насоса 0,8 и передачи отъ насоса къ двигателю также 0,8 , должна быть равна

$$N = 0,0171 \times Q (H + h)$$

Стоимость же двигателя водокачки будетъ

$$S_2 = \beta \times N = \beta \times 0,0171 \times Q \times (H + h)$$

Если стоимость I пог.саж. водопроводныхъ трубъ обозначить черезъ $(a + bD)$ рублей, то стоимость I пог.фута выразится черезъ $(a + bD) \times 0,143$ рубл.,

а полная стоимость трубопровода длиною L фут. будетъ равна $S_1 = (a + bD) \times 0,143\ L$ рубл.

Для того, чтобы устройство водопровода было наивыгоднѣйшее, необходимо, чтобы

$$S_1 + S_2 + S_3 = S$$

было наименьшимъ. Послѣднее уравненіе можно переписать въ такомъ видѣ:

$$S = (a + bD) \times 0,143 \times L + \varphi N + \frac{365}{p} \times n \times 6 \times N$$

Для отысканія діаметра D . соотвѣтствующаго *minimum'* у S , надо приравнять нулю первую производную выраженія S по D . При этомъ

$$\frac{dN}{dD} = 0,0171 \times Q \times \frac{dh}{dD}$$

Входящій въ выраженіе h коэффиціентъ $\frac{1}{\gamma}$ будемъ для упрощенія полагать постояннымъ, не зависящимъ отъ діаметра трубъ, напр. по Дюпюи, Фаннингу и др.

Тогда:

$$\frac{dN}{dD} = -0,0171 \times Q \times 0,00908 \times \frac{Q^2 L \times 5}{\gamma \times D^6} =$$

$$= -0,0855\ \frac{Q^3 L}{\gamma \times D^6} \times 0,00908$$

При этихъ данныхъ

$$\frac{dS}{dD} = b \times 0,143 \times L - 0,000776 \times \frac{Q^3 L}{\gamma} \left(\varphi + \frac{365}{p} \times n \times 6\right)$$

или

$$0,143 \times b \times L - 0,000776 \times \frac{Q^3 L}{\gamma \times D^6} \left(\varphi + \frac{365}{p} n 6\right) = 0$$

$$D = \sqrt[6]{0,000776 \left(\varphi + \frac{365}{p} n 6\right) \times \frac{Q^3}{0,143 \times b \times \gamma}}$$

1 - 2

Откуда, полагая p=5, $b=3,43$ и $\frac{1}{\gamma} = 0,000762$ (по Дюпюи), получимъ

$$D = \sqrt[6]{1200 \times 10^{-9} \times (\phi + 73 \times n \times \sigma) \times Q^3} =$$

$$= \sqrt[6]{1200 \times 10^{-9} \times (\phi + 73 n \sigma)} \times \sqrt{Q}$$

или окончательно

$$D = 0,1031 \sqrt[6]{\phi + 73 n \sigma} \times \sqrt{Q}$$

Напомнимъ, что здѣсь:

D – діаметръ трубъ нагнетательныхъ въ футахъ,

ϕ – стоимость одной силы двигателя въ рубляхъ,

n – число часовъ работы водокачки въ сутки,

σ – стоимость одной часо-силы въ копейкахъ,

Q – расходъ воды, выраженный въ куб.саж. въ часъ

Численный примѣръ.

Пусть $\phi = 300$ руб., $n = 20$, $\sigma = 5$ коп. и

$Q = 2$ куб.саж. ∞ 3200 ведеръ; тогда

$$D = \sqrt[6]{300 + 7300} \times 0,1129 \times 1,414 =$$

$= 0,63$ фут. $= \infty 8''$.

Замѣтимъ, что при другомъ выраженіи для D въ зависимости отъ діаметра нагнетательныхъ трубъ D или отъ D и отъ скорости движенія по трубамъ воды v получатся другія формулы для наивыгоднѣйшаго діаметра. Въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ весь предыдущій подсчетъ для получе-

нія формулы наивыгоднѣйшаго діаметра легко можетъ быть продѣланъ трафаретно изложенному.

§ II. Укладка и начертаніе всасывающихъ и напорныхъ трубопроводовъ.

Вообще направленіе трубъ въ планѣ должно выбираться по прямому направленію, кратчайшему между водопріемникомъ, водокачкой и водоемнымъ зданіемъ.

Обычно неизбѣжны отклоненія отъ этого направленія при обходѣ встрѣчающихся препятствій въ видѣ длинныхъ глубокихъ болотъ, овраговъ и т.п. Для такихъ случаевъ допускаются отклоненія отъ прямолинейнаго направленія водопровода, но при условіи, чтобы всѣ повороты послѣдняго дѣлались при посредствѣ укладки трубъ по кривой, изъ существующихъ въ сортаментѣ фасонныхъ частей. Направленіе водопроводныхъ линій въ продольномъ профилѣ обусловливаются:

I) глубиною заложенія трубъ въ грунтѣ въ зависимости отъ его промерзаемости въ данной мѣстности и

2) требованіемъ минимальнаго количества земляныхъ работъ по вырытію канавъ. Здѣсь также части отклоненія отъ прямолинейнаго направленія, каковыя необходимо дѣлать кривыми большихъ радіусовъ напр. въ I00 саженъ. или, въ крайнемъ случаѣ, помощью особыхъ фасонныхъ частей, такъ назыв. отводовъ, дающихъ уголъ изгиба 135^{0} и др.

Всасывающая ли[illegible] между водопріемникомъ и насосомъ водокачки [illegible] на быть располагаема прямолинейно съ однообр[illegible] и по возможности большимъ подъемомъ къ водокачкѣ, способствующимъ правильному и легкому выдѣленію воздуха изъ воды и предотвращающимъ образованіе такъ называемыхъ воздушныхъ мѣшковъ, о[illegible] для работы насоса.

На[illegible] на быть раздѣлена на ремонтные участки та[illegible] образомъ, что длина каждаго изъ этихъ участковъ получалась около одной версты (при[illegible]) [illegible] концамъ этихъ участковъ располагаются смотровые колодцы; въ нихъ помѣщаются задвижки и особые потрубки, имѣющіе приспособленіе (отрост[illegible]) [illegible] [illegible]ческой пробы участка:

Дабы у[illegible], насколько исправна нагнетательная линія на изслѣдуемомъ участкѣ, запираютъ въ обоихъ смотровыхъ колодцахъ по концамъ участка задвижки и соединяютъ имѣющееся приспособленіе съ гидравлическимъ прессомъ. Примѣръ такого "ремонтнаго" смотроваго колодца показанъ на черт.I [см. чертежи въ концѣ текста] . Въ повышенныхъ точкахъ напорнаго трубопровода въ обезпеченіе правильнаго удаленія [illegible] скапливающагося въ этихъ точкахъ воздуха, увеличивающаго сопротивленія движенію воды, устанавливаются въ колодцахъ воздушные вантузы. На черт.2 показанъ автоматически дѣйству-

ющій воздушный вантузъ. Онъ состоитъ изъ чугуннаго колокола съ фланцемъ въ нижней части съ чугунной крышкой и деревяннаго, покрытаго кожей или полаго эбонитоваго шара А. Въ крышкѣ вантуза ввернута бронзовая пробка съ коническимъ отверстіемъ В для выхода воздуха, защищеннымъ чугуннымъ колпачкомъ съ нѣсколькими отверстіями. Когда воздуха въ колоколѣ нѣтъ, плавающій въ водѣ шаръ давленіемъ воды плотно прижимается къ верхней чаоти колокола и закрываетъ коническое отверстіе въ крышкѣ. Какъ только воздухъ войдетъ въ колоколъ и горизонтъ воды въ немъ понизится, шаръ опустится и откроетъ коническое отверстіе, а воздухъ выйдетъ наружу въ колодецъ. Послѣ этого горизонтъ воды въ колоколѣ поднимется и шаръ закроетъ выходное отверстіе для воздуха.

Для возможности осмотра или ремонта вантузъ можетъ быть отдѣленъ отъ нагнетательной линіи вентилемъ С, надъ которнмъ, для предохраненія вышеуказанныхъ отверстіи отъ засоренія, устанавливается рѣшетка D . Для присоединенія вантуза къ нагнетательнымъ трубамъ на послѣднихъ устанавливается тройникъ съ фланцемъ.

Въ пониженныхъ точкахъ напорнаго трубопровода устанавливаются осадочные вантузы для удаленія изъ водн нѣкотораго количества содержащихся въ

ней взвѣшенныхъ веществъ, скапливающихся въ этихъ пониженныхъ точкахъ. Установка осадочнаго вантуза въ колодцѣ показана на черт. 3. Водопроводныя трубы укладываются раструбомъ на встрѣчу рабочему давленію воды, дабы оно не разстраивало стыковъ Въ тѣхъ случаяхъ, когда трубы не могутъ быть уложены на глубину, соотвѣтствующую глубинѣ промерзанія данной мѣстности, она можетъ быть уменьшена, но лишь при соблюденіи предохранительныхъ мѣръ для утепленія трубъ, каковы ,напримѣръ, слѣдующія: трубы обертываются войлокомъ, затѣмъ осмаливаются по войлоку, окружаются деревяннымъ ящикомъ, заполненнымъ золой, опилками, мхомъ и др. нетеплопроводнымъ матеріаломъ или надъ трубами возводится насыпь такой высоты и ширины, чтобы наименьшее разстояніе отъ боковой поверхности насыпи до верха трубъ обезпечивало ихъ непромерзаемость. На случай осадки насыпи должны имѣть запасъ въ зависимости отъ качества грунта, но никакъ не менѣе 10% отъ ихъ высоты. Ширина насыпи по верху 0,50 - 0,75 саж. Въ мягкихъ и сырыхъ грунтахъ подъ каждымъ стыкомъ и серединою трубы укладываются деревянныя осмоленныя подкладки изъ досокъ (размѣрами ,напримѣръ, - толщиною въ $1\frac{1}{2}$ вершка, длиною въ 6 вершковъ) . По болоту трубы укладываются на деревянныхъ прогонахъ изъ 5 вершк. лѣса,

врубленныхъ въ спаренныя сваи, обычно четырехвершковыя, забитыя на разстояніи около 0,75 саж. одна отъ другой. Послѣ укладки трубъ на прогонахъ онѣ покрываются земляной насыпью. Трубы должны лежать на прогонахъ всею своею длиною, для чего прогонъ долженъ быть подтесанъ въ видѣ желоба, а для раструбовъ должны дѣлаться соотвѣтственныя вырубки. При укладкѣ трубъ по болоту съ успѣхомъ можетъ примѣняться гибкій стыкъ инженера Жибо.

Стыкъ Жибо состоитъ изъ слѣдующихъ четырехъ частей (черт. 4) :

I. чугуннаго центральнаго кольца А, которое равномѣрно покрываетъ во всѣхъ частяхъ оба конца соединяемыхъ трубъ $\mathcal{F}, \mathcal{F}$, входящихъ въ это кольцо; такъ какъ работа кольца А ничѣмъ не отличается отъ работы трубъ, то ему придается толщина стѣнокъ такая же, какъ и стѣнкамъ соединяемыхъ трубъ. Иногда по концамъ этого кольца съ внутренней стороны дѣлаютъ небольшія, (около I м./м.) утолщенія, внутренній діаметръ кольца принимается на 5 м./м. болѣе наружнаго діаметра соединяемыхъ трубъ; по длинѣ кольцо А дѣлается отъ 60 до II0 м./м. ;

2. двухъ каучуковыхъ колецъ В-В, вулканизированныхъ, прямоугольнаго сѣченія; внутренній діаметръ этихъ колецъ дѣлается нѣсколько менѣе наружнаго діаметра трубъ;

3. двухъ чугунныхъ колецъ C-C, которыя плотно обхватываютъ оба каучуковыхъ кольца B-B и прижимаютъ ихъ къ центральному кольцу A; подъ вліяніемъ этого нажатія прямоугольное очченіе каучуковыхъ колецъ принимаетъ видъ трапеціи; по окружности колецъ C-C дѣлаются проушины для болтовъ D -D , стягивающихъ кольца; смотря по діаметру колецъ число проушинъ бываетъ отъ 2 до 8;

4. изъ болтовъ D -D , стягивающихъ нажимныя кольца стыка; число этихъ болтовъ измѣняется съ увеличеніемъ діаметра соединяемыхъ трубъ.

При трубахъ d = 50-75 м/м. употребляютъ 2 болта,

„ „ d =100-150 м/м. „ 3 „

„ „ d =175-300 м/м. „ 4 „

Стыкъ системы Жибо, благодаря эластичности входящей въ составъ его резины, обезпечиваетъ небольшую игру по всѣмъ направленіямъ.

Укладка трубъ со стыками Жибо производится быстро и по своей простотѣ не требуетъ спеціальныхъ укладчиковъ, а потому можетъ быть выполняема всякимъ рабочимъ. Работу ведутъ такимъ образомъ: на звенья трубъ, приготовленныхъ къ укладкѣ и положенныхъ каждое на 2-3 подкладки изъ плаотинъ, надѣваютъ части стыка и, сдѣлавъ на трубахъ отмѣтки мѣломъ въ равныхъ разстояніяхъ отъ концовъ, устанавливаютъ среднее центральное кольцо сере-

диною противъ стыка и придвигаютъ каучуковня кольца; къ каучуковымъ кольцамъ прикладываются наружныя чугунныя нажимныя кольца, которыя и стягиваются затѣмъ болтами. Въ тѣхъ случаяхъ, когда трубопроводъ дѣлаетъ крутые изгибы, приходится употреблять колѣна; эти послѣднія соединяются съ прилегающими къ нимъ трубами помощью фланцевъ. Послѣ укладки и испытанія трубопровода, передъ зарытіемъ канавъ каждый стыкъ обмазываютъ жидкой асфальтовой мастикой для предохраненія отъ окисленія желѣзныхъ и чугунныхъ частей его. Водопроводныя трубы при употребленіи стыка Жибо должны быть гладкими безъ раструбовъ или фланцевъ на концахъ. Это упрощаетъ отливку и понижаетъ стоимость самыхъ трубъ.

Примѣръ примѣненія стыковъ Жибо находимъ въ напорной линій водоснабженія станціи Неклочь Болотое-Полоцкой линіи Николаевской жел.дороги. Напорныя трубы при проходѣ по болотистымъ участкамъ были уложены первоначально на брусчатыхъ деревянныхъ лежняхъ, поддерживаемыхъ черезъ каждую сажень парными сваями. Надъ трубопроводомъ была затѣмъ возведена насыпь. Ввиду постоянныхъ просадокъ насыпи и происходящихъ при этомъ поломокъ раструбныхъ трубъ была произведена перекладка напорной линіи съ примѣненіемъ стыковъ системы Жибо.

Стыки Жибо желательно также примѣнять и для раз-

водящихъ водопроводовъ на станціяхъ, въ тѣхъ случаяхъ, когда можно ожидать подвижки стыковъ въ неустойчивыхъ грунтахъ, такъ какъ ремонтъ и исправленіе водопроводныхъ линій, уложенныхъ подъ путями, обходится всегда очень дорого.

§ I2. О разсчетѣ утолщенныхъ стѣнокъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ.

Въ желѣзнодорожныхъ водоснабженіяхъ примѣняются чугунныя трубы Нормальнаго Метрическаго Сортамента, выработаннаго комиссіей V-го Русскаго Водопроводнаго Съѣзда, но только для водопроводовъ съ внутреннимъ давленіемъ, не превышающимъ I0 атмосферъ. Для водопроводовъ съ большимъ внутреннимъ давленіемъ толщина стѣнокъ трубъ должна быть болѣе указанной въ сортаментѣ и опредѣлена разсчетомъ по той или иной формулѣ. Наибольшимъ въ желѣзнодорожной практикѣ распространеніемъ пользуется формула Баха -

$$\delta = r\left(\sqrt{\frac{R + 0{,}4p}{R - 1{,}3p}} - 1\right)$$

Здѣсь

δ - толщина стѣнки въ сантиметрахъ,

p - внутреннее давленіе въ атмосферахъ (или килогр. на квадр. сантиметръ),

r - внутренній радіусъ трубы (въ сант.),

R - прочное сопротивленіе, допускаемое для чугуна водопроводныхъ трубъ.

Въ слѣдующей таблицѣ № I0 приведены значенія

$$\frac{\delta}{\zeta} = \sqrt{\frac{R + 0{,}4p}{R - 1{,}3}} - 1$$

для значеній p отъ II до 20 атмосферъ и для R = 200 килогр. на квадр.сант.

Т А Б Л И Ц А № I0.

P атмосф.	Знач.	P атмосф.	Знач.
II,00	I,048	I5,00	I,070
II,50	I,052	I5,50	I,07I0
I2,00	I,0536	I6,00	I,0730
I2,50	I,056	I6,50	I,0757
I3,00	I,0583	I7,00	I,078I
I3,50	I,06I0	I7,50	I,08I0
I4,00	I,0634	I8,00	I,0832
I4,50	I,0660		

Въ тѣхъ случаяхъ, когда приходится поднимать воду на высоту значительную по очень длинному водопроводу, когда давленіе въ трубахъ достигаетъ также очень большой величины, вмѣсто утолщенныхъ чугунныхъ трубъ примѣняютъ иногда трубы изъ очень прочныхъ сортовъ стали, изготовляемыхъ безъ шва, по способу Mannesmann. Для характеристики прочности матеріала такихъ трубъ укажемъ, что на опытной станціи въ Шарлотенбургѣ была установлена прочность матеріала на растяженіе въ 8000-8600

килогр. на квадр. сантим., при удлиненіи въ 24-17%. Поэтому толщина стѣнокъ такихъ трубъ можетъ быть значительно меньше, чѣмъ для трубъ чугунныхъ.

Для трубъ діаметромъ отъ 100 до 200 миллим. она можетъ быть отъ 3,75 до 6,50 мм. хотя обыкновенно ее увеличиваютъ до 8,75 - 16,50 мм.,чѣмъ разумѣется стоимость трубъ соотвѣтственно увеличивается. Полезная длина трубъ не всегда дѣлается одинаковой и бываетъ отъ 4 до 7 метровъ, но въ случаѣ надобности можетъ быть еще увеличена.

Защита такихъ трубъ отъ ржавчины производится асфальтировкою въ горячемъ состояніи внутри и снаружи, иногда еще обкладнваніемъ наружной стороны полосами грубаго холста, джутовой лентой, пропитáнной смѣсью гудрона и асфальта.

Трубы эти вслѣдствіе своего значительнаго сопротивленія годны для устройства водопроводовъ могущихъ подвергаться движенію и скольженію - въ гористыхъ мѣстностяхъ, въ насыпныхъ грунтахъ и т.д.

Такія трубы были примѣненн въ Россіи при постройкѣ водопровода желѣзнодорожной линіи Одесса-Бахмачъ, на безводномъ участкѣ Вознесенскъ-Одесса.

Г Л А В А III.

ВОДОЕМНЫЯ ЗДАНІЯ И ИХЪ ОБОРУДОВАНІЕ.

§ I3. Баки водоемныхъ зданій

О п р е д ѣ л е н і е е м к о с т и б а к о в ъ в о д о е м н ы х ъ з д а н і й.

Согласно § 80 техническихъ условій для магистральныхъ жел.дорогъ водоемныя зданія должны вмѣщать одинъ или нѣсколько баковъ общей емкостью не менѣе 8 куб.саж. Общій подъемъ баковъ на каждой станціи съ водоснабженіемъ долженъ быть не менѣе $\frac{1}{4}$ полнаго суточнаго поѣзднаго расхода воды.

На станціяхъ съ большими мастерскими одинъ изъ баковъ долженъ быть предоставленъ въ исключительное пользованіе мастерскихъ. Надо также замѣтить, что если для мастерскихъ устраивается противопожарный водопроводъ, то особый противопожарный запасъ воды долженъ обезпечивать непрерывность дѣйствія 4-хъ пожарныхъ кранновъ, дающихъ по 45-50 ведеръ воды въ минуту, въ теченіе времени, необходимаго для приведенія въ дѣйствіе насоса водокачки, которымъ во время пожара подается вода и во всякомъ случаѣ запасъ этотъ долженъ быть не менѣе I5-20 куб.саж.

П р и м ѣ р ъ. Пусть на какой-либо промежуточной станціи суточный расходъ воды на 20 паръ воинскихъ поѣздовъ, принимая во вниманіе порчу двухъ

сосѣднихъ водоснабженій, составитъ 47,36 куб.саж. Тогда емкость баковъ водоемнаго зданія должна быть не менѣе 47,36 : 4 = II,84 куб.саж. Принимаемъ бакъ объема I2 куб.саж., что болѣе II,84 куб.саж.

§ I4. Устройство желѣзныхъ баковъ и разсчетъ прочности ихъ.

Разсмотримъ употребительные типы баковъ: I). со сферическимъ дномъ и 2). по системѣ Интце.

I. Баки (черт.5) устраиваются изъ хорошо прокатанныхъ листовъ литого желѣза. Высота цилиндрической части H составляетъ въ наиболѣе употребительныхъ бакахъ 0,6-0,7 отъ діаметра D . Наименьшая затрата матеріала на бакъ достигается теоретически для цилиндра при $H=\frac{D}{2}$; въ этомъ случаѣ

$$D = \sqrt[3]{\frac{8\times Q}{\pi}} = 1{,}316\sqrt[3]{Q}$$

Стрѣла сферическаго днища составляетъ обыкновенно $\frac{1}{8} - \frac{1}{9}$ діаметра бака. Цилиндрическая часть бака составляется изъ 2-3 и болѣе звеньевъ, поясовъ одинаковой, рѣже различной высоты. Общая высота ихъ дѣлается болѣе высшаго горизонта стоянія воды примѣрно на I00-I50 мм. Днище составляется изъ круглаго сплошного листа толщиною δ_{ℓ_1}, и нѣсколькихъ отдѣльныхъ секторовъ толщиною δ_{ℓ}.

Всѣ вертикальные и горизонтальные швы бака дѣ-

лаются въ нахлестку съ однимъ рядомъ заклепокъ.

Цилиндрическая часть соединяется съ провѣснымъ днищемъ посредствомъ спеціальнаго косого уголка К По внѣшней окружности верхняго пояса бака приклепывается для жесткости уголокъ $К_1$. Всѣ отверстія въ днищѣ бака для пропуска трубопроводовъ дѣлаются въ упомянутомъ центральномъ кругломъ листѣ.

Такое расположеніе даетъ возможность производить на заводѣ, а не на мѣстѣ работъ все относящееся къ сборкѣ и пригонкѣ фасонныхъ частей трубопроводовъ, соприкасающихся съ днищемъ. Части резервуаровъ обычно доставляются на мѣсто обыкновенно отдѣльными частями въ неокрашенномъ видѣ. Послѣ окончательной сборки, постановки и испытанія баки очищаются отъ ржавчины и затѣмъ окрашиваются желѣзнымъ сурикомъ въ вареномъ маслѣ не менѣе двухъ разъ изнутри и снаружи.

Испытаніе баковъ производится наполненіемъ ихъ водою въ продолженіе не менѣе сутокъ. Швы и заклепки баковъ при этомъ не должны обнаруживать ни течи, ни сырости. Непроницаемость баковъ должна достигаться исключительно правильностью сборки и тщательностью зачеканки. Употребленіе всякаго рода замазокъ или другихъ средствъ для увеличенія непроницаемости швовъ ни въ коемъ случаѣ не можетъ быть допускаемо.

Въ слѣдующей таблицѣ № II приводятся данныя о размѣрахъ встрѣчающихся баковъ нѣкоторыхъ емкостей.

Т А Б Л И Ц А № II

Объемъ бака куб. саж.	Средній діаметръ D м.	Высота цилиндр. части H м.	Стрѣла f метр.	Высота поясовъ			Толщина поясовъ м/м.			Толщина дна м/м.	
				h_1	h_2	h_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_f	δ_{f_1}
8	5,182	3,658	0,610	1,247	1,247	1,247	4	4	5	6	8
9	5,185	4,270	0,600	1,440	1,450	1,445	3	4	5	8	8
12	6,08	4,160	0,755	1,415	1,415	1,416	4	5	6	8	8

Что касается вѣса бака, то таковой составляетъ около $\frac{1}{15} - \frac{1}{17}$ отъ вѣса заключающейся въ бакѣ воды.

Разсчетъ бака

Разсчетъ прочности цилиндрическаго бака со сферическимъ днищемъ разсмотримъ на какомъ-либо частномъ примѣрѣ, а именно на бакѣ объемомъ 12 куб. саж. размѣры котораго указаны въ приведенной выше таблицѣ № II.

Высота стоянія воды въ бакѣ на 0,12 метра ниже верха бака. При разсчетѣ будемъ полагать что горизонтъ воды совпадаетъ съ верхомъ бака.

Количество воды въ бакѣ при этомъ будетъ:

$$Q = \frac{\pi H D^2}{4} + \frac{I \pi \ell^2 (3R - \ell)}{6} = \frac{3,14 \times 4,16 \times 6,08^2}{4} +$$

$$+ \frac{I}{6} \times 3,14 \times 0,755^2 \times (3 \times 6,5 - 0,755) = 120,76 + 5,61 =$$

$$= 126,37 \text{ куб. метр.}$$

Толщина пояса цилиндрической части, низъ котораго находится на глубинѣ h отъ уровня воды, опредѣлится по формулѣ

$$\delta = \delta_1 + \frac{\Delta \times h \times D}{2 \times R_z \times 100^2}$$

гдѣ δ – искомая толщина стѣнки въ миллиметр.

R – допускаемое напряженіе на сжатіе и растяженіе для желѣза, принимаемое обычно въ 750 $\frac{\text{кил.}}{\text{кв.сант.}}$

D – діаметръ бака въ метрахъ,

h – высота погруженія (подъ горизонтомъ воды въ бакѣ) низа разсматриваемаго пояса стѣнки въ миллиметр.

δ_1 – величина въ предѣлахъ отъ 2 до 5 милл., обыкновенно добавляемая на изнашиваніе стѣнокъ бака ржавчиной, ослабленіе заклепками и проч. Примемъ далѣе $\delta_1 = 3$ мм.

Такимъ образомъ

для I-го пояса (верхняго), при $h = 1,415$ метр. $= 1415$ м/м.

$$\delta_1 = \frac{1000 \times 1415 \times 6,08}{2 \times 750 \times 10000} + 3,0 = 3,58 \text{ м/м.}$$

принято $\delta_1 = 4$ м/м. $> 3,58$ м>м.

для 2-го пояса

$$\delta_2 = \frac{1000\times(1415 + 1415)\times 6,08}{2\times 750\times 10000} + 3,0 =$$

$$= 4,16 \text{ м/м.}$$

принято $\delta_2 = 5$ м/м. $> 4,16$ м/м.

для 3-го пояса

$$\delta_3 = \frac{1000\times(1415 + 1415 + 1416)+6,08}{2\times 750\times 10000} +$$

$$+ 3,0 = 4,74 \text{ м/м.}$$

принято $\delta_3 = 6$ м/м. $> 4,74$ м/м.

наибольшая толщина днища въ нижней точкѣ его опредѣляется по формулѣ

$$\delta = \delta_1 + \frac{\Delta\times H_0\, R}{2\times R_2}$$

гдѣ R_2 - допускаемое напряженіе для желѣза =

$$= 750 \frac{\text{кил.}}{\text{кв.сант.}},$$

Δ - вѣсъ 1 куб. метра воды = 1000 килогр.,

H_0 - полная высота воды въ бакѣ,

R - радіусъ кривизны днища,

$\delta_1 = 2,5 - 5$ миллиметр.

При $R = 6,5$ метр., $H_0 = 4,16 + 0,755 = 4,915$ м.

$$\delta = 3 + \frac{1000\times 6,50\times 4,915}{2\times 750\times 10} = 3 + 2,13 =$$

$$= 5,13 \text{ м/м.}$$

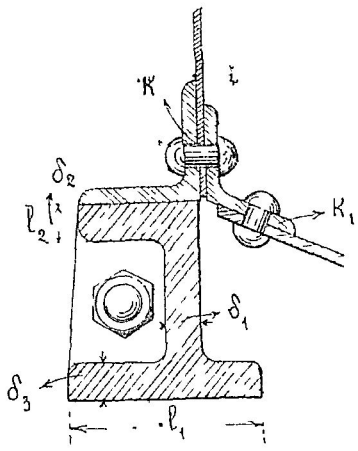
Принято 8 мм. $> 5,13$ м/м.

§ 15. <u>Опорныя части желѣзныхъ цилиндрическихъ баковъ</u>.

1. Опорныя части для баковъ со сферическимъ днищемъ. Весьма употребительный типъ опоръ для

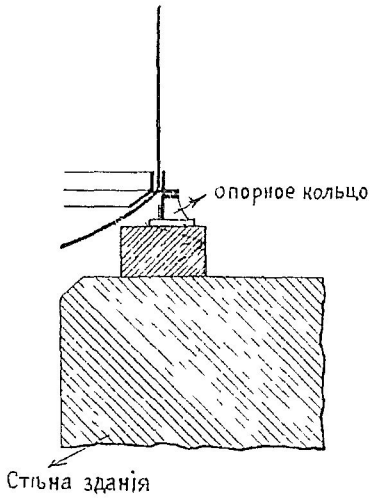
такихъ баковъ показанъ на фиг. 4 и 5. Опора со-

Фиг.4.



стоитъ изъ чугуннаго кольца, которое принимаетъ давленіе отъ бака и передаетъ егопосредствомъ каменнаго кольца на кирпичную кладку стѣнъ водоемнаго зданія. Чугунное кольцо состоитъ по длинѣ изъ отдѣльныхъ частей, соединенныхъ между собою болтами. Бакъ опирается на чугунное кольцо полкой уголка к, приклепываемаго къ цилиндрической части бака снаружи на общихъ заклепкахъ съ внутреннимъ косымъ уголкомъ к . Приведемъ для примѣра разсчетъ такой опоры

Фиг.5.



для бака емкостью на 12 куб.саж., для какового бака ранѣе были указаны всѣ размѣры и приведенъ разсчетъ прочности.

а . <u>Необходимая площадь поперечнаго сѣченія</u> чугуннаго кольца (netto) въ кв. сантим. можетъ быть опредѣлена по формулѣ:

$$\Omega = \frac{D\,(Q_0 + Q')\cos\alpha}{2 \times R_2}$$

гдѣ:

R_2 - прочное сопротивленіе чугуна на сжатіе въ кил.на кв.сант.,обычно принимаемое въ 600,

D - діаметръ кольца или приблизительно діаметръ цилиндрической части бака,

$(Q_0 + Q')\cos\alpha = S$ - горизонтальная сила на пог.метръ окружности діаметра D ,

$Q_0 = \frac{P_0}{3\pi\alpha}$ - гдѣ P_0-вѣсъ цилиндрической части бака, также отнесенный къ I пог. метру окружности діам. D ,

$$Q' = \frac{\Delta \times R}{2}\left[H + \left(\frac{2f}{D}\right)^2\left(R - \frac{f}{3}\right)\right] + \frac{G}{\Pi D}$$

при чемъ:

Δ - вѣсъ I куб.метра воды, равный I000 килогр.

R - радіусъ кривизны сферическаго днища,

H - общая высота воды до низа цилиндрической части бака,

f - стрѣла сферическаго днища,

G - Собственный вѣсъ сферическаго днища,

α - уголъ, tg котораго опредѣляется изъ равенства $tg\alpha = \frac{f}{\frac{1}{2}D}$

Для бака на I2 куб.саженей:

D = 6,08 м., H=4,I6 м., f=0,757м.и R=6,50 м.

Вѣсъ воды ∞ I26400 килогр..

Вѣсъ цилиндрической части бака:

$$\frac{4+5+6}{3} \times 3,14\times6,08\times4,16\times7850\times0,001 = 3080 \text{ кгр.}$$

или, прибавляя 20% на швы, уголки жесткости, заклепочныя головки и проч.:

$$1,2 \times 3080 = \infty 3700 \text{ килогр.}$$

Вѣсъ сферическаго днища:

$$1,2\times2\times3,14\times6,5\times0,755\times8\times0,001\times7850 = 2360 \text{ килогр.}$$

Тогда

$$Q' = \frac{1000\times6,5}{2}\left[4,16+\left(\frac{2\ 0,755}{6,08}\right)^2\left(6,5-\frac{0,755}{3}\right)\right]+\frac{2360}{3,14\times6,08} =$$

$$= 148I5 \ \frac{\text{кил.}}{\text{пог.метръ}}$$

или на одинъ пог.сант. окружности діам. D :

$$Q' = I48,I5 \ \frac{\text{кил.}}{\text{пог.сант.}}$$

$$tg\alpha = \frac{0,755}{3,04} = 0,248 \ ; \quad Sin\alpha = 0,242 \ ; \ Cos\alpha = 0,970$$

Тогда $$Q_0 = \frac{3700}{3,14\times6,08\times0,242} = 804 \text{ килогр.}$$

$S_1 = (148I5 + 804)\ 0,97 = I5I50$ килогр. на I пог. метръ или $I5I,5 \ \frac{\text{кил.}}{\text{пог.сант.}}$

Тогда $$\mathfrak{P} = \frac{I5I,5\times608}{2\times600} = \infty 77 \text{ кв. сант.}$$

Въ дѣйствительности приняты слѣдующіе размѣры кольца: толщина стѣнки $\delta_1 = 2$ сант., полная высота кольца I5 сант., ширина нижней полки $b_1 = I6,3$ сант. и толщина ея 2,7 сант., ширина верхней полки $b_2 = 9$ сант. и толщина ея 2,6 см.

При этихъ размѣрахъ площадь поперечнаго сѣченія кольца составитъ:

$$\Omega = 15\times2 + 9\times2{,}6 - 2{,}6\times2 + 16{,}3\times2{,}7 - 2{,}7\times2 =$$

$$= 86{,}81 \text{ кв. сантим.},$$

что болѣе найденнаго 77 кв. сант.

б). Необходимая толщина δ_1 стѣнки чугуннаго кольца опредѣлится по формулѣ:

$$\delta_1 = \frac{P_1}{R_2}$$

гдѣ $P_1 = (Q_0 + Q')Sn\alpha$. Такъ какъ $Q_0 + Q' =$ $= 14815 + 804 = 15619$ и $Sn\alpha = 0{,}242$, то

$P_1 = 15619 \times 0{,}242 = 3780$ килогр./пог.метръ $=$

$= 37{,}80$ килогр./пог.сант. и $\delta_1 = \frac{37{,}80}{600} =$

$= \infty\ 0{,}06$ сант.

Принято 2 сантиметра.

в). Необходимая ширина подошвы кольца b_1 опредѣлится по допускаемому прочному сопротивленію на сжатіе подкольцевого камня изъ формулы:

$$b_1 = \frac{p_1 + p'}{R_2}$$

гдѣ p_1 – опредѣлено выше,

p' – вѣсъ 1 пог. сант. кольца

R_2 – допускаемое сопротивленіе на сжатіе подкольцевого камня.

$p' = \infty\ 86{,}81 \times 1 \times 7850 \times (0{,}01)^3 = 0{,}68$ кил./пог.сант.

или прибавляя 20 % на ребра и скрѣпленія

$p' = 1{,}2 \times 0{,}68 = 0{,}82$ кил./пог.сант.

Полагая $R_2 = 10$ кил./кв.сант., найдемъ:

$$b_1 = \frac{0{,}82 + 37{,}80}{10} = 3{,}86$$

Принято 16,3 сант. > 3,86 сант.

г. Подкольцевой камень.

Размѣры камня: ширина 32 сант., толщина 20 см.

Вѣсъ камня на 1 пог. сант. длины его

$$p_2 = 32 \times 20 \times 1 \times 2400 \times 0{,}01^3 = 1{,}54 \text{ килогр.}$$

Доотаточность ширины камня провѣряется по допускаемому давленію на кирпичную кладку стѣнъ водоемнаго зданія (6 кил./см.^{2})

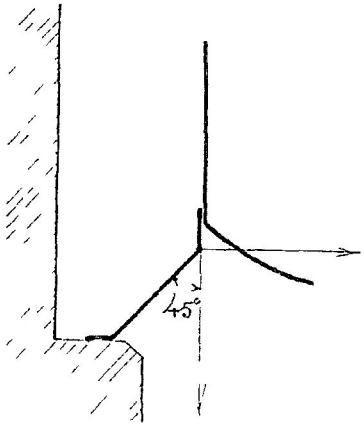
$$b \geq \frac{p_1 + p' + p_2}{6} \quad \text{или} \quad b \geq \frac{37{,}8 + 0{,}82 + 1{,}54}{6}$$

Отсюда: $b \geq 6{,}7$ сант. Принято 32 сантим.

На черт. 6 показана опора, примѣненная для цилиндрическихъ баковъ со сферическими днищами на станціяхъ Сѣвер-Донецкой, Тюмень-Омской и др. жел.дорогъ. Опорное кольцо состоитъ изъ листа зажатаго по концамъ между тупыми (косыми) уголками m. Листъ усиленъ уголками жесткости Ж. Для прохода черезъ кольцо въ немъ по окружности его устраивается нѣсколько (3 - 4) люковъ. Кольцо опирается на стѣнки зданія черезъ прокладъ-

ное кольцо. Такъ, для баковъ емкостью на 8 куб. саж. на Сѣверо-Донецкой жел.дор. приняты слѣдующіе размѣры такой опоры: толщина листа 5 м/м., по всей окружности листа поставлено I2 парныхъ уголковъ жесткости 50 × 50 × 6 м/м. Нижніе и верхніе косые уголки m взяты размѣромъ I00 × I00 × I0 м/м. Два верхнихъ уголка, входящихъ въ составъ опорнаго кольца, взяты 90×60×6. Ширина подкладного желѣзнаго листа I20 м/м., толщина его 25 м/м. Въ опорномъ кольцѣ устроено три люка эллиптической формы - два большихъ 650 × 5I0 м/м. и одинъ малый 300 × 350 м/м. Высота опоры h отъ 640 до 750 м/м. для разныхъ случаевъ . Приведемъ для примѣра разсчетъ такой опоры для бака емкостью на I9 куб.саженей (фиг. 6).

Ф и г. 6.



Листъ кольца толщиной 8 м/м., уголки жесткости 50×50×6 , косые уголки 90×90×I0.

Вѣсъ бака ....I3000 кгр.

Вѣсъ воды въ бакѣ ..... I93770 кгр.

Вѣсъ кольца ...2650 „

Такимъ образомъ полное вертикальное давленіе

на опорное кольцо.

$$Q = 13000 + 193770 + 2650 = 209420 \text{ килогр.}$$

Сила Q разложится на двѣ составляющія. Одна изъ нихъ $Q_1 = \frac{Q}{\cos 45^\circ} = Q\sqrt{2} = 295282$ килогр.,

которая будетъ сжимать кольцо по образующей. Другая – $Q_2 = 0 = 209420$ килогр. будетъ разрывать кольцо.

Средній діаметръ кольца $D = 7170$ м/м.

Средняя площадь его сѣченія $\omega = 1800$ кв.сант.

Дѣйствительное напряженіе на сжатіе

$$\sigma = \frac{295282}{1800} = 164 \text{ кил./кв.сант.}$$

Допускаемое при пяти кратномъ запасѣ прочности противъ выпучиванія

$$R = \frac{4}{5} \times \frac{\pi^2 \times E \times J}{F \times l^2} = \frac{4}{5} \times \frac{3,14^2 \times 2150000 \times 0,8^3}{0,8 \times 66^2 \times 12} = 208 \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$$

Напряженіе кольца на растяженіе будетъ

$$\sigma_1 = \frac{Q_2}{2F} = \frac{209420}{2(4 \times 17,1 + 0,8 \times 66)} = 430 \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$$

что менѣе допускаемаго 1000 кил. на кв.сантим.

При прочномъ сопротивленіи кладки въ 7,5 кил.на кв, сантим., площадь основанія опорнаго кольца опредѣляется изъ уравненія :

$$\pi \times D \times b \times R_2 = 209420 \text{ килгр.}$$

Отсюда необходимая ширина кольца будетъ

$$b = \frac{209420}{\pi \times D \times R_2} = \frac{209420}{3,14 \times 764 \times 7,5} = \infty 12 \text{ сант.}$$

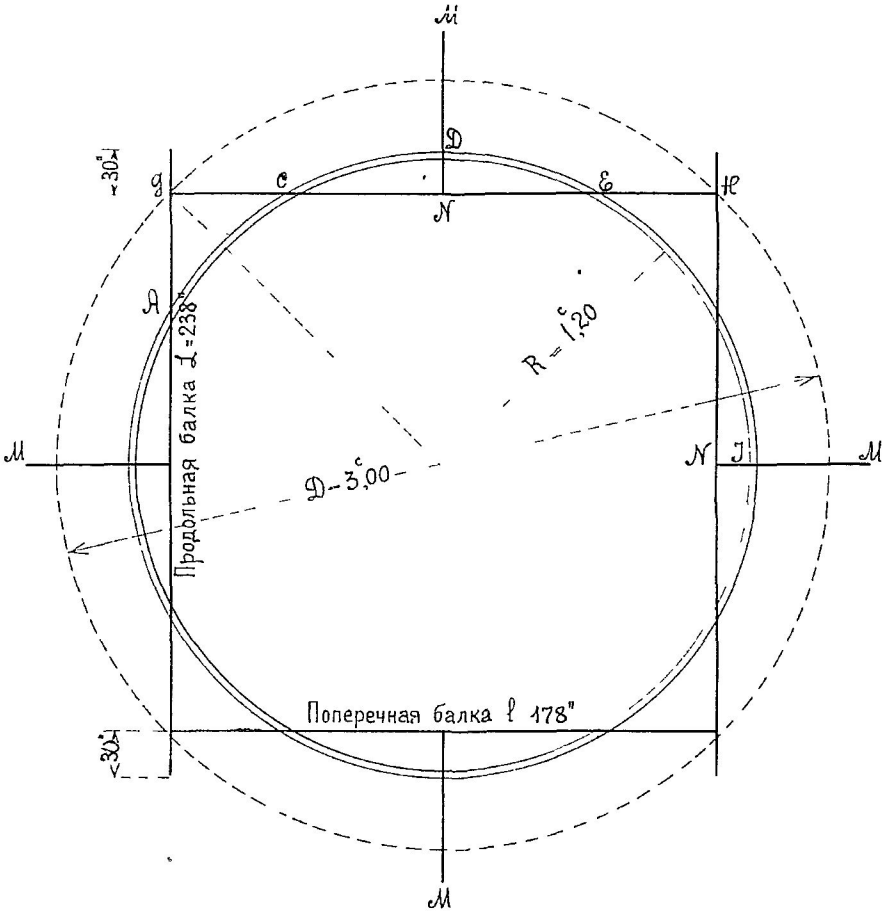
На черт. 7 показано устройство опоры для цилиндрическаго бака со сферическимъ днищемъ, примѣненное на нѣкоторыхъ станціяхъ Армавиръ-Туапсинской, Московско-Казанской и др. жел.дорогъ. Бакъ опирается на уступы стѣнъ водоемнаго зданія посредствомъ металлическихъ, двутавроваго сѣченія, ногъ, приклепанныхъ къ стѣнкамъ самого бака. Каждая изъ ногъ устанавливается на чугунную опорную подушку. Для прохода кругомъ бака устраивается деревянная площадка. Укажемъ размѣры ногъ для бака емкостью на 9 куб.саж.: число ногъ равно I2, высота ихъ h около 3000 м/м., сѣченіе каждой ноги состоитъ изъ четырехъ уголковъ 70×70×9 м/м., и листа толщиной I0 м/м., съ измѣняющейся по длинѣ ноги высотой.

Вѣсъ ноги около I2 пуд., вѣсъ подушки около 5,5 пудовъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ опорное кольцо желѣзнаго бака устанавливается на желѣзныя балки, задѣлываемыя въ стѣны водоемнаго зданія. Опишемъ для примѣра этого типа устройство, примѣненное въ водоснабженіи станціи Ѳеодосійскаго порта. Устройство балокъ здѣсь слѣдующее (фиг. 7) :
въ кругъ діаметромъ 3 саж.,равнымъ внутреннему діаметру водоемнаго зданія, вписанъ квадратъ, двѣ параллельныя стороны котораго представляютъ

собой двѣ продольныхъ балки; одинъ конецъ каждой продольной балки задѣланъ наглухо, другой же – представляетъ собой подвижную опору. Между продольнми балками по направленію двухъ остальныхъ сторонъ квадрата идутъ поперечныя балки, прикрѣпленныя наглухо къ первымъ. Съ наружной стороны

Ф и г. 7.



квадрата къ каждой изъ продольныхъ, а равно къ каждой изъ поперечныхъ балокъ, посредиив подъ прямымъ угломъ примыкаетъ діаметральная балочка, одинъ конецъ которой опирается на кладку, а дру-

гой скрѣпленъ наглухо съ желѣзной опорой кольца. Каждая изъ четырехъ діаметральныхъ балочекъ въкладкѣ стѣнъ зданія имѣетъ подвижную опору. Приведемъ вкратцѣ разсчетъ этихъ желѣзныхъ укрѣпленій бака. Данныя:

длина діаметральной балочки MN = 69 дюйм.;

NJ = 0,14 саж.= 11 $\frac{3}{4}$"; ND = 12" ;

AB = BC = 0,38 сж.; CD = DE = 0,56 саж.;

CN = NE = 0,54 сж.; GC = EK = 0,52 саж.

Вѣсъ бака съ водой 6000 пуд.

Длина окружности бака равна $\pi \times 2,4 = 7,536$ сж.

Вѣсъ части бака отъ A до C составляетъ:

$$\frac{0,76}{7,536} \times 6000 = 606 \text{ пуд.}$$

Вѣсъ части бака CD = ∞ 447 пуд.

На точку C передается давленіе

$$p_1 = \frac{1}{2}(606 + 447) = 526 \text{ пуд.,}$$

въ точку J $p_2 = 448$ пуд.

а). Разсчетъ желѣзнаго кольца.

Наибольшій пролетъ кольца между точками A и C равенъ 0,76 саж.= 64". Нагрузка на этотъ участокъ кольца 606 пуд.; это давленіе распредѣляется равномѣрно по длинѣ l = 64". Наибольшій изгибающій моментъ:

$$M = \frac{p l^2}{8} = \frac{606 \times 64}{8} = 4848 \text{ пд.дюйм.}$$

Необходимый моментъ сопротивленія

$$W = \frac{M}{R} = \frac{4848}{275} = 17{,}6 \text{ дм}^3.$$

Высота кольца взята въ 20", дабы днище бака возвышалось надъ продольными и поперечными балками на 18", каковой зазоръ необходимъ при ремонтахъ и осмотрахъ днища.

Опредѣлимъ толщину стѣнки кольца по наибольшему перерѣзывающему усилію $P = 526$ пуд. (допуская напряженіе на скалываніе желѣза $R = 155 \frac{\text{пд.}}{\text{дм}^2}$)

$$\delta = \frac{5}{4} \times \frac{P}{h \times R} = \frac{5 \times 526}{4 \times 0{,}85 \times 20 \times 155} = \infty \frac{1}{4}"$$

Для большей жесткости стѣнки кольца, толщина листа принята въ $\frac{3"}{8}$.

Моментъ сопротивленія листа $20" \times \frac{3"}{8}$ будетъ

$$\frac{3}{8} \times \frac{20^3}{12 \times 10} = 20 \text{ дм}^3.$$

Слѣдовательно, уже одинъ вертикальный листъ удовлетворяетъ на изгибъ съ запасомъ. Для приданія жесткости кольцу, внизу съ наружной его стороны поставленъ уголокъ $3" \times 3" \times \frac{3"}{8}$. Такои же уголокъ поставленъ вверху кольца какъ для его жесткости, такъ и для принятія давленія отъ бака.

Полныи вѣсъ кольца, съ заклепками, стыковыми накладками и проч. составляетъ 68,60 пуд.

б). Разсчетъ поперечной балки.

Схема нагрузокъ на поперечныя балки показана на фиг. 8. Отъ вѣса кольца на поперечную балку нагрузка:

въ точкѣ C : $\frac{0,1\times 68,6 + 0,074\times 68,6}{2} = \sim 6$ пд.

въ точкѣ D : $(0,074\times 68,6) : 2 = 5$ пуд.

Наибольшій моментъ посрединѣ балки :

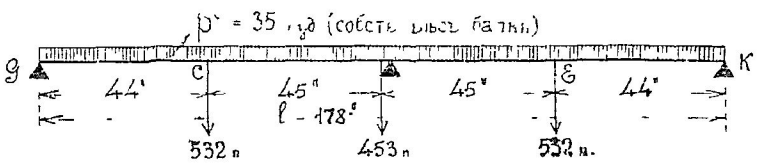
$$M_{max} = \frac{532 + 453}{2}\times 89 - 532\times 45 + \frac{35\times 178}{8} = 44257 \text{ пд.дм.}$$

Высота балки взята въ 24 дюйма.

Толщина стѣнки на скалываніе:

$$\delta = \frac{5\times 775}{4\times 0,85\times 24\times 155} = 0,31'' \sim \frac{3''}{8}$$

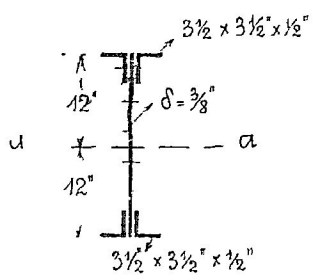
Ф и г . 8



Сѣченіе балки имѣетъ видъ по фиг.9. Моментъ инерціи J_{netto} относительно неитральной оси

$$J = 2129 \text{ дм.}^4$$

Ф и г. 9.



Наибольшее напряженіе матеріала $n = \frac{44257\times 12}{2129} =$

$$= 250 \frac{\text{пд.}}{\text{дм.}^2} < 275.$$

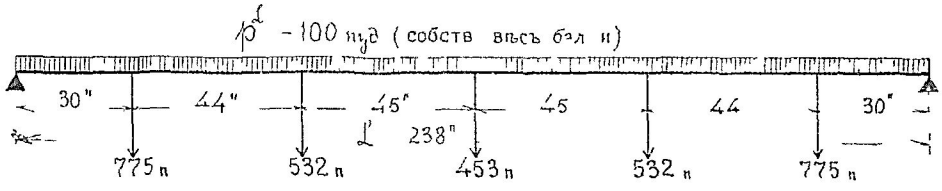
Въ точкахъ C и E поставлено съ каждой стороны балки по одному уголку жесткости $3" \times 3" \times \frac{3"}{8}$. Каждый конецъ балки прикрѣпленъ къ продольной балкѣ двумя уголками $5" \times 3\frac{1"}{2} \times \frac{7"}{16}$. Въ точкѣ D съ наружной стороны балки поставлено два уголка $5" \times 3\frac{1"}{2} \times \frac{3"}{8}$, для прикрѣпленія діаметральной балки, а съ внутренней стороны два уголка $3" \times 3" \times \frac{3"}{8}$ для жесткости стѣнки. Кромѣ того въ точкахъ G и F на верху балки наклепаны два листа $8" \frac{1"}{2}$ длиною по 28". Верхъ этихъ листовъ лежитъ на одному уровнѣ съ горизонтальными листами продольныхъ балокъ. Вѣсъ поперечной балки 37 пудовъ.

в). Разсчетъ продольной балки.

Собственный вѣсъ балки принятъ $p\ell$ = 100 пд.

Схема нагрузки показана на фиг. 10.

Фиг. 10.



Наибольшій изгибающій моментъ посрединѣ пролета

$$M_{max} = 1533,5 \times 119 - 775 \times 89 - 532 \times 45 + \frac{100 \times 238}{8} =$$

$$= 92546 \text{ пуд. дюйм.}$$

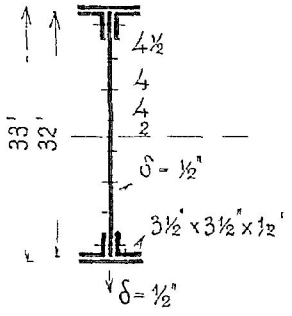
Высота балки принята 32".

Толщина листа на скалываніе: $\delta = \frac{5}{4} \times \frac{1584}{27,2 \times 155} =$

$= 0,47" \backsim \frac{1}{2}"$.

Сѣченіе балки показано на фиг. II.

Ф и г. II.



Моментъ инерціи сѣченія

$J_{netto} = 5529$ дм.⁴

Наибольшее напряженіе при изгибѣ $n = 276$ пуд./дм.²

Горизонтальные листы можно бы прервать на разстояніи 67" отъ средины балки, но для большаго сопротивленія балки листы эти продолжены на 10" за мѣста прикрѣпленія поперечныхъ балокъ. Вѣсъ балки по исчисленію вѣса ея 97 пуд.

г). Разсчетъ опорныхъ частей балокъ.

Давленіе на подушку отъ продольной балки и отолба кладки надъ ней : 2320 пуд.

Допускаемое давленіе на 1 кв.дюймъ камня подъ балкой 6 пуд.; поэтому необходимая площадь подушки = 2320 : 6 = 387 кв.дм. Ширина подушки при ширинѣ пояса балки $b = 8"$ равна $1,75 \times b =$ $= 1,75 \times 8 = 14"$; потому длина ея $= \frac{387}{14} = 28\frac{1}{2}"$.

Толщина подушки опредѣлена по уравненію:

$$M = \frac{2320}{2} \times \frac{14}{4} = \frac{R \times b \times \delta^2}{6} = \frac{84 \times 28,5 \times \delta^2}{6}$$

отсюда $\delta = \sqrt{\frac{4060 \times 6}{84 \times 28,5}} = \infty\ 3"$

Высота заплечниковъ принята въ I".

д . Разсчетъ діаметральной балки.

Собственный вѣсъ балки принятъ въ 6 пуд. Давленіе на балку отъ бака - 453 пуд. Такимъ образомъ нагрузка на балку = 459 пуд. Высота стѣнки для возможности прикрѣпленія ея къ желѣзной балкѣ взята въ I2". Необходимая толщина стѣнки изъ формулы:

$$\delta = \frac{5}{4} \times \frac{459}{0,85 \times 12 \times 155} = \sim 0,36" \sim \frac{3"}{8}$$

Теоретическая длина балки 60". Опорныя сопротивленія равны: A = 367 пд. и B = 92 пд. Наибольшій моментъ для сѣченія въ точкѣ приложенія груза: $M_{max.} = 367 \times 12 = 4404$ пд.дм.

Сѣченіе балки составлено изъ вертикальнаго листа $12" \times \frac{3"}{8}$ и двухъ уголковъ $3" \times 3" \times \frac{3"}{8}$, приклепанныхъ къ верхнему краю листа.

Дѣйствительная длина балки 69". Отъ конца балки на протяженіи 28" поставлены внизу ея два уголка $3" \times 3" \times \frac{3"}{8}$ и къ нимъ прикрѣпленъ листъ $7" \times \frac{3"}{8}$ длиною I8" ; листъ этотъ прикрѣпленъ къ уголкамъ потайными заклепками. Діаметральная балка имѣетъ въ стѣнѣ водоемнаго зданія подвижную опору. Діаметральныя балки, при-

крѣпленныя къ продольнымъ балкамъ, кромѣ удлиненія, могутъ еще перемѣщаться и перпендикулярно своей длинѣ, для чего гнѣздо въ опорной чугунной подушкѣ сдѣлано на $\frac{1}{4}$" шире нижняго пояса балки; что же касается до двухъ діаметральныхъ балокъ, прикрѣпленныхъ къ поперечнымъ балкамъ, то онѣ могутъ только удлиняться. Чугунныя подушки балокъ: ширина около 10" ; высота заплечиковъ $\frac{3}{4}$". Давленіе на подушку 100 пд. Толщина подушки опредѣлена по формулѣ:

$$\delta = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{3p(b-b_1)}{\lambda \times R}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{3\times 100\times(100-7)}{20\times 84}} = \infty 0{,}4"$$

Взято $\delta = 1"$.

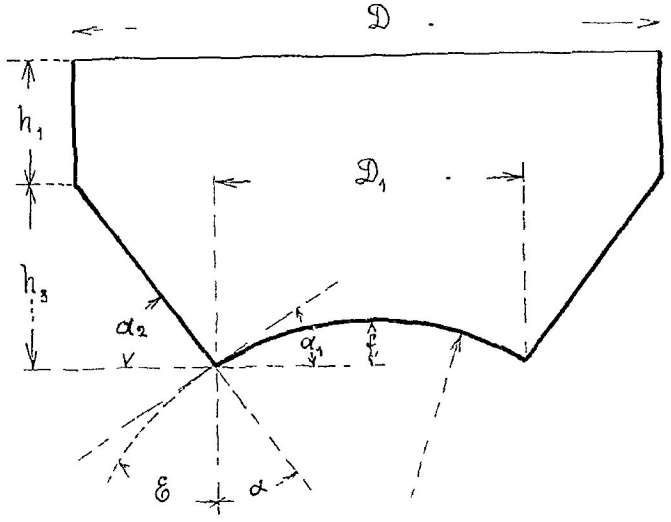
§ 16. Желѣзные баки по системѣ Интце.

Разсмотримъ наиболѣе распространенную въ желѣзнодорожныхъ водоснабженіяхъ форму желѣзныхъ баковъ Интце, показанную на фиг. 12.

Здѣсь верхняя часть - цилиндрическая, средняя - коническая, а днище - сферическое, обращенное выпуклостью кверху. Соотношеніе частей баковъ Интце въ желѣзнодорожныхъ водоснабженіяхъ обычно слѣдующія: отношеніе діаметра опорнаго кольца D_1, къ діаметру цилиндрической части D равно 1:1,5 ; стрѣла подъема сферическаго днища $f = \frac{1}{6} - \frac{1}{8} D_1$, отношеніе высоты цилиндри-

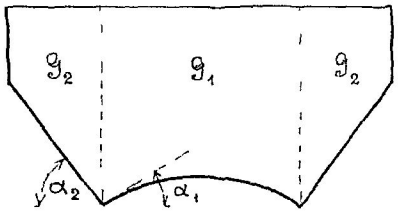
ческой части h_1 къ высотѣ конической части h_3 равно 2,25 : I – 3,2 – I

Фиг. I2.



При проектированіи такихъ баковъ надо стремиться къ тому, чтобы горизонтальная сила, сжимающая и выпучивающая опорное кольцо была по возможности мала. Для этого требуется, чтобы при наполненномъ водой бакѣ (фиг. I3.)

Фиг. I3.



$$g_2 \times ctg\,\alpha_2 = g_1 \times ctg\,\alpha_1$$

§ I7. Примѣръ разсчета желѣзнодорожнаго бака Интце.

Произведемъ для примѣра разсчетъ прочности желѣзнаго бака Интце, объемомъ на 25 куб.саж., при-

мѣненнаго на станціяхъ Восточно-Китаиской жел. дороги.

Геометрическіе размѣры бака:

Діаметръ цилиндрической части бака .. $D = 8,50$мтр.

Высота ..... $h_1 = 3,56$ „

Средняя толщина стѣнокъ ..... $\delta_1 = \frac{3,2+4+4,8}{3} = 4$ м/м

Высота конической части бака ..... $h_3 = 1,50$мтр.

Толщина ..... $\delta_2 = 5,5$ м/м.

Діаметръ опорнаго кольца ..... $D_1 = 5,50$мтр.

Радіусъ кривизны сферич.днища ..... $R = 5,50$ „

Стрѣла подъема ..... $f = 0,70$ „

Толщина ..... $\delta_3 = 5,5$ м/м.

Опредѣлимъ предварительно вѣсъ воды, заключающейся въ бакѣ.

а). Объемъ воды v_1, давящей непосредственно на коническую стѣнку бака можетъ быть опредѣленъ по формулѣ:

$$v_1 = \frac{\pi}{4}\left[D^2 \times h_1 + \frac{h_3}{3}\left(D^2 + D_1^2 + D \times D_1\right) - D_1^2\left(h_1 + h_3\right)\right]$$

подставляя для даннаго случая въ эту формулу $D = 8,5$ м., $h_1 = 3,56$ м., $h_3 = 1,50$ м., $D_1 = 5,5$, найдемъ

$$v_1 = \frac{3,14}{4}\left[8,5^2 \times 3,56 + \frac{1,50}{3}\left(8,5^2 + 5,5^2 + 8,5 \times 5,5\right) - 5,5^2\left(3,56 + 1,50\right)\right] = 140,50 \text{ куб.мтр.}$$

Вѣсъ ея: $G_1 = v_1 \times \gamma = 1000 \times 140,50 = 140500$клгр.

б). Объемъ воды, давящей на сферическое днище

бака опредѣляется по формулѣ

$$v_2 = \frac{\pi \times D^2}{4}(h_1 + h_3) - \frac{1}{3}\pi f^2 (3R - f)$$

Подставляя сюда для нашего случая

$D_1 = 5{,}5$ м., $h_1 = 3{,}56$ м., $h_3 = 1{,}50$ м.,

$f = 0{,}70$ м. и $R = 5{,}5$ м., найдемъ

$$v_2 = \frac{3{,}14 \times 5{,}50^2}{4}(3{,}56 + 1{,}50) - \frac{1}{3} \times 3{,}14 \times 0{,}7^2 \times (3 \times 5{,}5 - 0{,}70) = 111{,}93$$

Вѣсъ ея : $G_2 = v_2 \times \gamma = 1000 \times 111{,}93 = 111930$ кгр.

Полный теоретическій объемъ воды въ бакѣ

$$140{,}50 + 111{,}93 = 252{,}43 \text{ кб.метр.}$$

Полный теоретическій вѣсъ воды въ бакѣ

$$140.500 + 111930 = 252430 \text{ кнлогр.}$$

Толщина цилиндрической стѣнки опредѣляется по ранѣе приведенной формулѣ для цилиндрическихъ баковъ $\delta = \frac{\gamma \times h \times D}{2 \times R_2 \times 100^2}$, гдѣ

δ – искомая толщина стѣнки въ миллиметрахъ,

R_2 – допускаемое напряженіе для желѣза (750 килогр. на кв. сант.),

D – діаметръ цилиндрической части бака въ метрахъ

h – высота погруженія подъ горизонтомъ воды въ бакѣ низа разсматриваемаго пояса стѣнки въ $\frac{м}{м}$.

Полученную изъ формулы толщину стѣнки будемъ увеличивать на 33% для запаса на ослабленіе заклепками и проч.

По высотѣ стѣнку бака разобьемъ на три равныхъ пояса.

Тогда:

Для перваго пояса, полагая, что горизонтъ воды совпадетъ съ верхомъ бака и $h = 3,56:3 = \infty$ I,I9 м. ∞ II90 м/м.

$$\delta_1' = \frac{1000 \times 1190 \times 8,5 \times 1,33}{2 \times 750 \times 100^2} = 0,88 \text{ м/м}, \text{ Принято } 3,2 \frac{\text{м}}{\text{м}}.$$

Для второго пояса, при $h = 2 \times 1190$ м/м.,

$\delta_1'' = 2 \times 0,88 = 1,76$ м/м. Принято 4 $\frac{\text{м}}{\text{м}}$.

Для третьяго пояса, при $h = 3 \times 1190$ м/м.,

$\delta_1''' = 3 \times 0,88 = 2,64$ м/м. Принято 4,8 м/м,

Найдемъ теперь вѣсъ цилиндрической части бака. Онъ будетъ равенъ:

$$G_1' = \pi \times D \times h_1 \times \frac{\delta_1' + \delta_1'' + \delta_1'''}{3} \times \Delta \times 0,001 =$$

$= 3,14 \times 8,5 \times 3,56 \times 4 \times 7850 \times 0,001 = 2983$ килогр.

или по прибавленіи 10 % на швы, заклепочныя головки и проч.

$G_1' = 1,10 \times 2983 = \infty 3280$ килогр.

Коническая часть.

Толщина конической части бака можетъ быть опредѣлена по формулѣ:

$$\delta_2 = \frac{q + q_1'}{\cos\alpha \times R_2} \times 1,33$$

гдѣ: g' – вѣсъ воды, давящей непосредственно на коническую стѣнку бака, отнесенныи къ I пог. сантим. длины окружности опорнаго кольца,

g_1' – вѣсъ цилиндрической части бака, отнесенный къ I пог.сантим. длины окружности опорнаго кольца,

α – уголъ наклона конической стѣнки къ вертикальной линіи.

Входящіе въ формулу вѣса уже опредѣлены.

Такимъ образомъ:

$$g' = \frac{G'}{\pi D_1} = \frac{140.500}{3,14 \times 5,5 \times 100} = \infty 81 \text{ килгр./пог.сант.}$$

$$g_1' = \frac{G_1'}{\pi D_1} = \frac{3280}{3,14 \times 5,5 \times 100} = \infty 2 \text{ килгр./пог.сант.}$$

$$\cos \alpha = \cos 45^\circ = 0,707$$

При этихъ данныхъ:

$$\delta_2 = \frac{81+2}{0,707 \times 750} = 1,33 \times 0,16 \text{ сант.} = 0,21 \text{ сант.} = 2,1 \text{ м/м.}$$

Принято 5,5 м/м.

Сферическое днище.

Толщина сферическаго днища бака опредѣляется по формулѣ:

$$\delta_3 = \frac{\gamma \times R}{2 \times R_2 \times 100^2} \left[(H_0 + f) - \left(\frac{2f}{D_1} \right)^2 \left(R - \frac{f}{3} \right) \right]$$

При чемъ для даннаго олучая имѣемъ: $f = 0,70$ мтр.,

$R = 5,5$ мтр., $D_1 = 5,5$ м.

$H_0 = h_1 + h_3 - f = 3,56 + 1,50 - 0,70 = 4,36$ метр.

Тогда:

$$\delta_3 = \frac{1000\times5,5}{2\times750\times100^2}\left[5,06 - \left(\frac{1,4}{5,5}\right)^2\left(5,50 - \frac{0,70}{3}\right)\right] =$$

= 0,002 метра = 2 м/м.

По прибавленіи 33 % на ослабленіе, получимъ δ_3 = 2,66 м/м. Принято 5,5.

Вѣсъ конической части бака найдемъ по формулѣ:

$$G_1'' = 1,1 \times S \times \delta_2 \times \gamma$$

Гдѣ S - боковая поверхность усѣченнаго конуса, равная $S = \pi\left(\frac{D + D_1}{2}\right)l$, при чемъ

l - образующая конуса, равная

$$l = \sqrt{\left(\frac{D - D_1}{2}\right)^2 + h_3^2} = \sqrt{1,5^2 + 1,5^2} = 2,12 \text{ м.}$$

Такимъ образомъ

$$G_1'' = 1,1\times3,14\times\frac{8,5 + 5,5}{2}\times2,12\times5,5\times7850\times0,001 =$$

= 2214 килогр.

Вѣсъ сферическаго днища

$$G_1''' = 1,1 \times S_1 \times \delta_3 \times \gamma$$

гдѣ S_1 - поверхность сферическаго сегмента, равная $2\times\pi\times R\times f$,

Тогда

$$G_1''' = 1,1\times2\times3,14\times5,5\times0,7\times5,5\times7850\times0,001 =$$

= 1150 килогр.

Опорное кольцо бака находится подъ дѣйствіемъ двухъ силъ (фиг. 14).

S - горизонтальной, сжимающей кольцо и

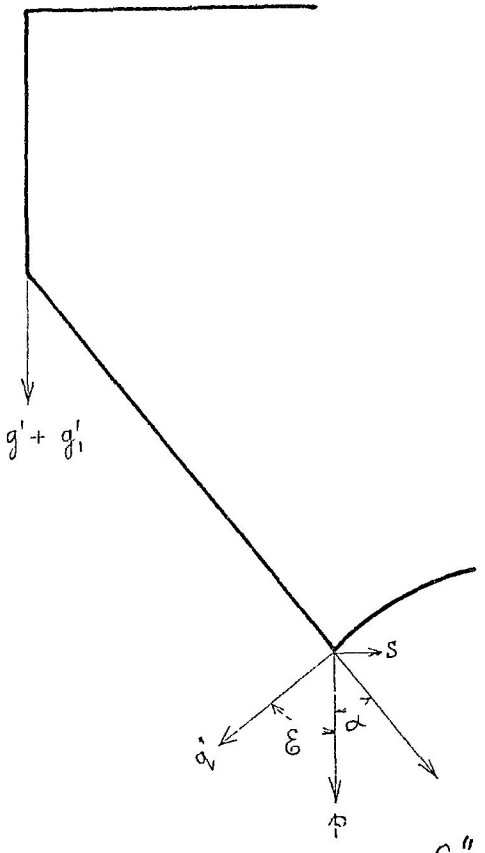
Q - вертикальной, сжимающей кольцо и камен-

ную кладку стѣнъ.

При этомъ

$$S = (g' + g_1' + g_1'') \times \frac{I}{\cos\alpha} \times \sin\alpha - q' \sin\varepsilon$$

Ф и г. I4.



Значенія g' и g_1' – указаны ранѣе.

g_1'' – вѣсъ конической части бака, отнесенный къ I пог.сантим. длины окружности опорнаго кольца и равная

$$g_1'' = \frac{G_1''}{\pi D_1} = \frac{2214}{3,14 \times 5,5 \times 100} =$$

$$= 1,3 \text{ килгр.}/\text{пог.сант.}$$

Тогда:

$$g' + g_1' + g_1'' = 81 + 2 + 1,13 =$$

$$84,3 \text{ килгр.}/\text{пог.сант.}$$

Величина силы q' равна

$$q' = g'' + g''' = \frac{G''}{\pi D_1 \cos\varepsilon} + \frac{G_1'''}{\pi D_1 \cos\varepsilon}$$

гдѣ G'' – вѣсъ воды, давящей на сферическое днище, равный по предыдущему 111930 килогр.

G_1''' – вѣсъ сферическаго днища, равный 1150 килогр.

Тогда:

$$q' = \frac{111930 + 1150}{3,14 \times 5,5 \times 100 \times \cos\varepsilon} = \frac{66}{\cos\varepsilon} \text{ килгр.}/\text{пог.сант.}$$

Такимъ образомъ:

$$S = 84{,}3\,tg\alpha - 66\,tg\varepsilon$$

$\alpha = 45^\circ$; $\varepsilon = 90^\circ - \alpha = 45^\circ$; $tg\alpha = tg\varepsilon = 1$.

$$S = 84{,}3 - 66 = 18{,}3 \text{ килогр./пог.сант.}$$

Вертикальная сила p равна

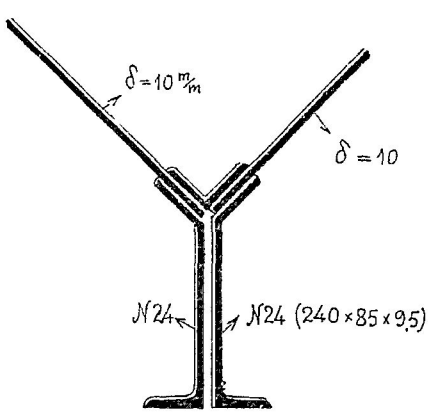
$$p = (q + q_1' + q_1'')\frac{cs\alpha}{cs\alpha} + q'cs\varepsilon = q + q_1' + q_1'' + q'' + q_1'''$$

т.е. равна полному вѣсу бака съ водой, отнесенному къ единицѣ длины окружности опорнаго кольца, т.е.

$$p = 84{,}3 + 66 = 150{,}30 \text{ килогр./пог.сант.}$$

Сѣченіе опорнаго кольца (фиг. 15.) примемъ состоящимъ изъ двухъ швеллеровъ № 18 (180×70×8).

Ф и г. 15.



Верхнія полки швеллеровъ - косыя, для приклепки къ нимъ листовъ конической и сферическої частей бака. Кромѣ того внутри бака для лучшаго перекрытія швовъ помѣщаемъ еще одинъ уголокъ; послѣдній при разсчетѣ прочности кольца во вниманіе

не принимается.

Площадь сѣченія кольца

$\omega_{brutto} = 2 \times 29,26 = 58,52$ кв.сант.

Полагая ослабленіе сѣченія заклепочными отверстіями въ 20 % , получимъ: $\omega_{netto} = 0,8\ 58,52 =$

$= 46,82$ кв.сант.

Необходимая же площадь сѣченія кольца по формулѣ

$$\omega = \frac{S \times D_1}{2 \times R_2}$$

при $S = 18,3$ килгр./пог.сант., $D_1 = 550$ сант. и $R_2 = 750$ кил. на кв.сант.

$$\omega_{netto} = \frac{18,3 \times 550}{2 \times 750} = 6,71 \text{ кв.сант.} < 46,82 \text{ кв.сант.}$$

Кромѣ того, дабы опорное кольцо не подвергалось выпучиванію, необходимо по Буссинеску (См. Mütte часть II, стр. 155, изд. 1905 г.), чтобы

$$S < \frac{3}{6} \times \frac{\mathcal{E} \times J \times 8}{D_1^3}$$

гдѣ J - моментъ инерціи сѣченія кольца въ сант.^{4} относительно вертикальной оси, проходящей черезъ центръ тяжести сѣченія.

6 - степень надежности, принимаемая обычно равной отъ 2 до 3.

$\mathcal{E}$ - модуль упругости желѣза въ кил./см.^{2}, равный 2100000.

D_1 - діаметръ кольца въ сант. = 550 сант.

Моментъ инерціи сѣченія относительно вертикаль-

ной оси, предполагая для упрощенія разсчета верхніе полки швеллеровъ прямыми, а не загнутыми

$$J = 2 \times 239,6 = 479,2 \text{ см}^4.$$

При этихъ условіяхъ степень надежности кольца на выпучиваніе опредѣлится по формулѣ

$$\sigma = \frac{3 \times E \times J \times 8}{S \times D_1^3} = \frac{3 \times 2100000 \times 479,2 \times 8}{18,3 \times 550^3} < 3$$

Достаточность ширины подошвы опорнаго кольца провѣримъ по допускаемому давленію на подкольцевой камень.

Вѣсъ кольца равенъ на 1 пог.сант.длины его:

$$p_1 = ^{+)} 1,1 \times 2 \times 23 \times \frac{1}{100} = \infty 0,51 \text{ килогр.}$$

Тогда $b \geqq \frac{p + p_1}{R_2}$. При $R_2 = 15$ кил.на кв. сантиметръ $b \geqq \frac{150,30 + 0,51}{15}$,

откуда $b \geqq 10,7$ сант. Принято 14 см.>10,7.

Достаточность ширины подкольцевого камня должна быть провѣрена по допускаемому давленію на кирпичную кладку стѣны.

Размѣрн камня: ширина ..... 0,45 метр.

толщина ..... 0,30 „

Вѣсъ камня на 1 пог.сант. длины его:

$$P_2 = 0,45 \times 0,30 \times 0,01 \times 2400^{++)} = 3,24 \text{ килогр.}$$

+) 10 % прибавляется на заклепочныя головки, накладки и проч.

++) 2400 - вѣсъ 1 куб.метр. песчанника.

Тогда наименьшая ширина камня должна быть

$$b_1 = \frac{p + p_1 + p_2}{R_2} = \frac{p + p_1 + p_2}{6} = \frac{150,3+0,51+3,24}{6} =$$

$$= \frac{154,05}{6} = \sim 26 \text{ см.} < 45.$$

§ 18. Цилиндрическіе желѣзобетонные баки водоемныхъ зданій.

Желѣзобетонные баки устраиваются такъже, какъ и желѣзные, цилиндрическими со сферическими и плоскими днищами и по системѣ Интце. Вслѣдствіе незначительной толщины стѣнокъ и днищъ бетонъ въ послѣднее время составляютъ только изъ песка и портландскаго цемента безъ примѣси гравія или щебня, чтобы обезпечивать надежное заполненіе узкихъ зазоровъ въ формахъ, между которыми отливаются части баковъ, во время забетониванія и тѣмъ предупреждать образованіе раковинъ или пустотъ. Внутреннія поверхности баковъ оштукатуриваются и затираются подъ стальную терку, для достиженія лучшей водонепроницаемости. Цилиндрическіе баки (фиг. 16) устраиваются со сферическими днищами, обращенными выпуклостью кверху.

Въ слѣдующеи таблицѣ № 12 (см. стр. 94.) приведены данныя о существующихъ бакахъ этого типа: размѣры ихъ и вѣса.

Приведемъ для примѣра разсчетъ цилиндрическаго желѣзобетоннаго бака, показаннаго на четр. 7.

Т А Б Л И Ц А № I2.

Объемъ куб. саж.	Высота H метр.	Діам. D метр.	Толщ. стѣнокъ		Толщ. дна м м.	Вѣсъ бака килогр.
			δ_1 м/м.	δ_2 м/м.		
8	3,65	5,28	70	70	I00	22500
I0	3,80	5,84	90	90	I40	35063
II	3,83	6,00	95	95	I50	39570
I3	3,95	6,48	I00	I00	I50	44363

Высота бака H = 5,00 м.; діаметръ D = 4,50 м.

Давленіе воды на поверхность, шириной въ I метръ и высотой H, какъ извѣстно, будетъ равно

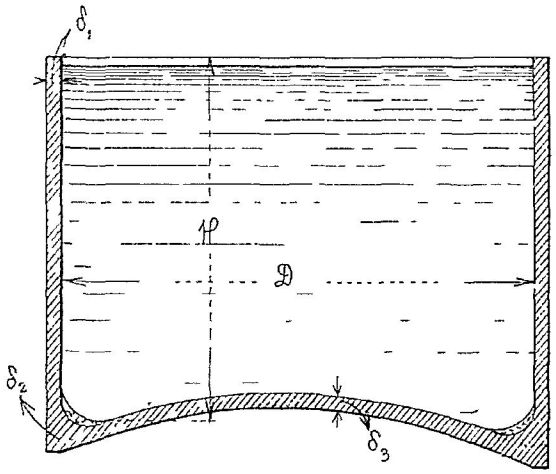
$$p = \frac{H^2}{2} \times \gamma ,$$

а усиліе Z, растягивающее стѣнку, будетъ

$$Z = \frac{H^2}{2} \times \frac{D}{2} \times \gamma$$

Все растягивающее усиліе

Ф и г . I6.



(черт. 8).

пусть будетъ восприниматься только арматурой, закладываемой въ видѣ горизонтальныхъ колецъ въ стѣнкѣ бака. Обозначая черезъ f_e площадь еѣче-

нія кольцевой арматуры по всей высотѣ стѣнки, черезъ R_2 - допускаемое напряженіе желѣза на растяженіе, получимъ

$$z = f_e \times R_2 = \frac{H^2}{2} \times \frac{D}{2} \times \gamma$$

откуда

$$f_e = \frac{H^2}{2} \times \frac{D}{2} \times \frac{\gamma}{R_2}$$

Такъ какъ вѣсъ I куб. метра воды γ = I000 килогр. и R_2 = I000 кил./кв.сант., то

$$f_e = \frac{H^2}{2} \times \frac{D}{2}$$

Возьмемъ всю кольцевую арматуру съ однообразнымъ діаметромъ d = I0 м/м., съ площадью сѣченія f_e = 0,79 кв. сант. Общее число прутьевъ для стѣнки H=5 метр., будетъ

$$n = \frac{D \times H^2}{2 \times 2 \times f_e} = \frac{2.25 \times 5^2}{2 \times 0,79} = 36 \text{ штукъ}$$

Распредѣленіе колецъ проще всего находится графически, какъ усматривается изъ предыдущей формулы, количество арматуры измѣняется въ зависимости отъ высоты H по закону параболы.

Поэтому построимъ параболу, представляющую законъ измѣненія необходимаго количества кольцевой арматуры. Для этого отложимъ прямую BC, любой, но не слишкомъ малой, длины, раздѣлимъ ее на n = 36 равныхъ частей, а нормально къ ней прямую ab = H = 4.5 мтр. Черезъ точки a и c

строимъ параболу общеизвѣстнымъ способомъ. Распредѣленіе арматуры въ стѣнкѣ бака получимъ, проводя изъ каждаго дѣленія по линіи bc прямыя, параллельныя ab до пересѣченія съ кривой и изъ полученныхъ точекъ пересѣченій - прямыя, параллельныя bc до пересѣченія съ ab. Полученные на прямой ab отрѣзки дадутъ разстояніе между кольцами арматуры. Разсмотримъ теперь аналитическій способъ опредѣленія разстояніи между кольцами арматуры цилиндрической стѣнки бака. Обозначая черезъ a разстояніе между кольцами арматуры, черезъ h высоту воды надъ кольцомъ, получимъ

$$2z = 2 \times \frac{D}{2} \times a \times h \times \gamma$$

откуда $z = \frac{D}{2} \times a \times h \times \gamma$, $f_e \times R_2 = \frac{D}{2} \times a \times h \times \gamma$

и ,наконецъ, $$a = \frac{f_e \times R_2}{\frac{D}{2} \times \gamma \times h}$$

При R_2= 1000 кил. на кв.сант. ; γ = 1000 кил. и f_e = 0,79 кв.сант.

$$a = \frac{0,35}{h}$$

Тогда:

для h = 0,50 м. $a = \frac{0,35}{0,50}$ = 0,7 м. = 70 см.

h = 1,00 " $a = \frac{0,35}{1,00}$ = 0,35 " = 35 "

h = 1,50 " $a = \frac{0,35}{1,50}$ = 0,23 " = 23 "

h = 2,00 " $a = \frac{0,35}{2,00}$ = 0,17 " = 17 "

для $h = 2,50$ $\alpha = \frac{0,35}{2,50} = 0,14$ м.= 14 см.

$h = 3,00$ $\alpha = \frac{0,35}{3,00} = 0,12$ м.= 12 см.

$h = 3,50$ $\alpha = \frac{0,35}{3,50} = 0,10$ м.= 10 см.

$h = 4,00$ $\alpha = \frac{0,35}{4,00} = 0,09$ м.= 9 см.

$h = 4,50$ $\alpha = \frac{0,35}{4,50} = 0,08$ м.= 8 см.

$h = 5,00$ $\alpha = \frac{0,35}{5,00} = 0,07$ м.= 7 см.

Въ верхней части стѣнки, гдѣ разсчетныя разстоянія между кольцами арматуры получились равными 17, 23, 35 и 70 см., примемъ для лучшей конструкціи всѣ „α" одинаковыми и равными 17 см. На остальномъ протяженіи стѣнки дѣйствительныя разстоянія приняты равными разсчетнымъ.

Разсмотримъ второй пріемъ разсчета арматуры, когда діаметръ арматуры измѣняется по высотѣ стѣнки, но разстояніе α сохраняется постояннымъ по всей высотѣ.

Пусть α = 10 см. = 0,10 метр.; тогда при γ = 1000 килогр., $\frac{D}{2}$ = 2,25 метр. и R_2 = 1000 $\frac{\text{килогр.}}{\text{кв.сант.}}$ площадь прута арматуры найдется по вышеуказаннымъ формуламъ, т.е.

$$f_e \times 1000 = 2,25 \times 0,1 \times h \times 1000 \quad \text{или}$$

$$f_e = 0,225\, h$$

При h = 1,00 метр., $f_e = 0,225 \times 1 = 0,225$ кв.см. Возьмемъ 10 прутьевъ діаметра 6 м м. съ f_e = $= 0,28 > 0,225$ кв.см.

При h = 2,00 метр. f_e = 0,225×2,0 = 0,45 кв.см.
Возьмемъ I0 прутьевъ діаметра d = 8 м/м. съ f_e =
= 0,50 кв. см. > 0,45

При h = 3,0 метр. f_e = 0,225×3 = 0,675 кв.см.
Возьмемъ I0 прутьевъ діаметра d = I0 м/м. съ f_e =
= 0,79 кв. см. > 0,675

При h = 4,0 метр. f_e = 0,225×4 = 0,90 кв.см.
Возьмемъ I0 прутьевъ діаметра d = II м/м. съ f_e =
= 0,95 кв. см. > 0,90

При h = 5,0 метр. f_e = 0,225×5 = I,I25 кв.см.
Возьмемъ I0 прутьевъ діаметра d = I2 м м. съ f_e =
= I,I3 кв. см. > I,I25 .

Опредѣлимъ теперь прочность бетона на растяженіе, дабы рѣшить вопросъ о достаточности толщины стѣнки и воможности появленія въ стѣнкѣ трещинъ.

Максимальное давленіе на боковую стѣнку и днища равно I000×5 = 5000 килогр.
Соотвѣтствующая этому тангенціальная сила, уравновѣшиваемая сопротивленіемъ стѣнки бака растяженію, будетъ

5000×2,25 = II250 килогр. на одинъ метръ высоты стѣнки.

Въ нижней части при толщинѣ стѣнки въ I0 см. и при I0 прутьяхъ d = I2 м/м. приведенное къ бетону сѣченіе стѣнки будетъ

$$f_в = b \times \delta + [n - 1] \times f_e$$

b = 100 см., δ = 10 см., n = 15 и f_e = 10×1,13 = = 11,30 кв.см.; тогда

$$f_в = 100 \times 10 + 14 \times 11,3 = 1158,2 \text{ кв.см.}$$

Напряженіе бетона на растяженіе

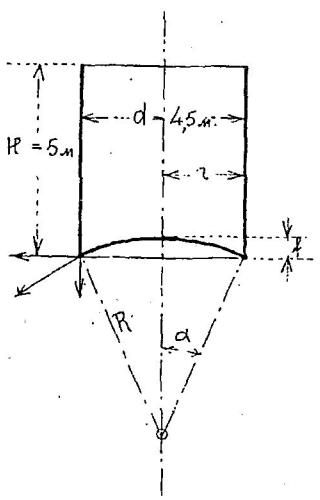
$$\sigma_в = \frac{11250}{1158,2} = \infty 10 \ \frac{\text{килогр.}}{\text{кв.сант.}}$$

что допустимо.

Разсчетъ сферическаго днища.

Разсчетный пролетъ d = 4,5 метр. Стрѣла подъема f = 0,45 метр. R = ∞ 6,00 метр. (Фиг.17)

Фиг.17



Средняя величина собственнаго вѣса днища

$$g = 2400 \left[0,10 + \frac{2}{3}(0,25 - 0,10) \right] = 480 \ \frac{\text{килогр.}}{\text{метр}^2}$$

при чемъ: 0,10 -толщина днища посрединѣ пролета,

0,25 -увеличенная толщина днища у пятъ.

Давленіе воды $p = \infty 5000 \ \frac{\text{килогр.}}{\text{метр}^2}$

Полная нагрузка q = 5480 килогр. на кв. метръ.

Меридіональное и кольцевое сжатіе въ шелыгѣ (по формуламъ Emperger'a См. Томъ IV, стр.546)

100.

$$M = \frac{q \times R}{2} = 5480 \times \frac{6,00}{2} = 16440 \text{ килогр.}$$

напряженіе бетона

$$\sigma_б = \frac{16440}{10 \times 100} = 16,44 \text{ килогр. на кв.сант.}$$

Меридіональное ожатіе въ пятѣ

$$M_1 = \frac{q R^2}{2R - f} = \frac{5480 \times 6^2}{2 \times 6 - 0,45} = \infty \; 17000 \frac{\text{килгр.}}{\text{метръ}}$$

Горизонтальная составляющая :

$$h = M_1 \times \cos\alpha = 17000 \times 0,925 = 15725 \text{ килогр.,}$$

гдѣ $$\cos\alpha = \frac{6,0 - 0,45}{6,00} = 0,925$$

Растягивающее усиліе распорнаго кольца

$$Z = h \times \frac{d}{2} = 15725 \times \frac{4,50}{2} = 35381 \text{ килогр.}$$

Распорное кольцо проектируемъ изъ 6 прутьевъ діаметра 28 м/м. съ общей площадью f_e=37 кв.см. Вмѣсто сего можетъ быть взятъ ,напримѣръ, швеллеръ № 22 (220 × 80 × 9 м/м.) съ площадью сѣченія 38,94 см².

Напряженіе желѣза :

$$\sigma_ж = \frac{35381}{37} = 956 \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2} < 1000 \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$$

Произведемъ еще провѣрку на срѣзываніе бетона по периметру днища:

на пог. метръ окружности приходится -

$$T = q \times \frac{\gamma}{2} = 5480 \times \frac{2,25}{2} = 6165 \text{ килогр.}$$

Напряженіе бетона на срѣзываніе -

$$J = \frac{6165}{100 \times 25} = 2,4 \quad \frac{\text{кил}}{\text{см}^2}$$

Цилиндрическіе желѣзобетонные баки съ плоскимъ днищемъ.

На черт. 9 показанъ такой бакъ емкостью 7,5 кб. саж. Бакъ діаметромъ 3,85 мтр., съ высотой воды 6,38 мтр. Толщина стѣнки : вверху 8 сант., внизу 13 сант. Арматура двойная т.е. у наружнаго и у внутренняго края стѣнки. Разсчетъ ея производится тѣмъ же способомъ, какъ и для разобраннаго выше бака со сферическимъ днищемъ. Вертикальная, распредѣлительная арматура поставлена черезъ 20 сант. $d = \frac{3''}{16}$. Дно бака можетъ быть разсчитано, какъ плита, лежащая на 8 радіальныхъ балкахъ, показанныхъ на чертежѣ башни, т.е. съ пролетомъ.

$$l = \frac{\pi \times D}{2 \times 8} = \frac{\pi \times 3,85}{2 \times 8} = 0,75 \text{ метр.}$$

При нагрузкѣ $p = 6500$ килогр. на пог. метръ, наибольшій изгибающій моментъ

$$M = \frac{6500 \times 0.75^2}{8} = \infty \ 46000 \text{ килогр. сант.}$$

Толщина дна тогда опредѣлится по формулѣ

$$\delta = 0,049 \sqrt{M} = 0,049 \times 46000 = 14 \text{ сант.}$$

Примемъ 15 сантиметровъ.

Площадь арматуры -

$$f_e = 0,0228 \sqrt{46000} = 4,9 \text{ кв. сант.}$$

Возьмемъ 11 прутьевъ $d = \frac{5''}{16}$ (перекрестную

арматуру).

На каждую изъ 8-ми, поддерживающихъ дно радіальныхъ балокъ приходится отъ вѣса бака съ водои нагрузка

$$Q = \frac{99600}{8} = 12450 \text{ килогр.}$$

Наибольшій изгибающій моментъ для балки

$$M = 566500 \text{ килогр.сантим.}$$

Возьмемъ балки двутавроваго профиля № 28 съ моментомъ сопротивленія $W = 547$ см.^{3}

§ 19, Желѣзобетонные баки Интце.

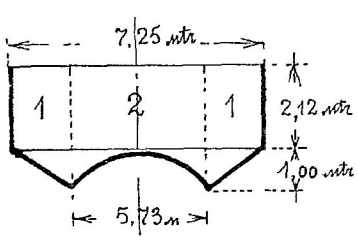
На черт. 10 показанъ такои бакъ емкостью на 11,00 куб.саж. (Черт. см. позади текста).

Всѣ размѣры бака показаны на чертежѣ.

Разсчетъ цилиндрической стѣнки этихъ баковъ таковъ же, какъ и для баковъ, разсмотрѣнныхъ выше.

Приведемъ для примѣра полнын разсчетъ бака, показаннаго на фиг. 18. , разсмотрѣвъ и цилиндрическую часть, указавъ только нѣсколько иной методъ разсчета ея, примѣняемын на практикѣ.

Ф и г. 18.



Геометрическіе размѣры показанн отдѣльно на фиг. 18 .

Полнын объемъ бака - $v = v_1 + v_2$, при чемъ

$$V_1 = \frac{\pi}{4} \times 7,25 \times 2,12 + \frac{\pi}{4}\left\{7,25^2 + 5,73^2 + 5,73 \times 7,25\right\}\frac{1,00}{3} -$$

$$- \frac{\pi \times 5,73^2}{4} \times 3,12 = 40,33 \text{ куб.метр.}$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \times 5,73^2 \times 3,12 - \frac{\pi \times 1,0}{6}\left(3 \times \frac{5,73^2}{4} + 1,0^2\right) =$$

$$= 67,02 \text{ куб.метр.}$$

$$V = 40,33 + 67,02 = 107,35 \text{ куб.метр.} = \infty 11 \text{ кб.саж.}$$

Цилиндрическая часть.

Давленіе на 1 кв. сант. на глубинѣ 1,12 мтр. отъ поверхности воды равно 0,112 кил. Если для запаса прочности полагать, что это давленіе сохраняется по всей высотѣ пояса, то считая среднюю толщину стѣнки равной 10 сант., найдемъ по формулѣ Ламэ наибольшее напряженіе растяженія:

$$+P_{max} = \frac{0,112 \times 372,5^2 + 362,5^2}{372,5^2 - 362,5^2} = 3,8 \ \frac{\text{кил}}{\text{см}^2}$$

$$+P_{min} = \frac{0,112 \times 2 \times 362,5^2}{372,5^2 - 362,5^2} = 3,66 \ \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$$

Напряженія эти допустимы для бетона на растяженіе, однако ставимъ кольцевую арматуру, разсчитывая ее на полное разрывающее усиліе, равно при указанномъ выше допущеніи въ запасъ прочности

$$T = 0,112 \times \frac{725}{2} \times 100 = 4060 \text{ кил.на 1 пог.м.высотн.}$$

или на высоту 1,12 метра

$$T = 1,12 \times 4060 = 4550 \text{ килогр.}$$

Ставимъ у наружнаго и внутренняго краевъ стѣнки

арматуру изъ I8+) колецъ d= $\frac{5''}{I6}$ съ площадью 8,9I см². , такъ что напряженіе желѣза будетъ равно $б_ж = \frac{4550}{8,9I} = 5II,00$ кил.на кв.см.

Нижній поясъ цилиндрической части бака высотою въ I,00 метр. разсчитываемъ по наибольшему внутреннему давленію 0,2I2 кил. на кв.см.

При средней толщинѣ стѣнки этого пояса въ I3,50 сантим. имѣемъ аналогично предыдущему по формулѣ Ламэ для напряженіи величины:

$$P_{max} = \frac{0,2I2 \times 376^2 + 362,5^2}{376^2 - 362,5^2} = 5,6 \text{ кил.на кв.см.}$$

$$P_{min} = \frac{0,2I2 \times 2 \times 362,5^2}{376^2 - 362,5^2} = 5,4 \text{ кил. на кв.см.}$$

Далѣе

$$T = \frac{0,2I2 \times 725 \times I00}{2} = 7685 \text{ килогр.}$$

Ставимъ двойную кольцевую арматуру изъ 22+) штукъ прутьевъ d = $\frac{5''}{I6}$ съ площадью I0,88 кв.см. Тогда напряженіе желѣза

$$б_ж = \frac{7685}{I0,88} = 703,00 \text{ кил. на кв.см.}$$

Достаточность принятой толщины стѣнокъ кромѣ полной допускаемости полученныхъ значеніи P_{max} для бетона можетъ быть обосновано и слѣдующими соображеніями.

Принимая модуль упругости бетона на растяженіе равнымъ 56000 кил. на кв.см., а для желѣза 2I00000 кил. на кв.см., получимъ отношеніе мо-

+) Въ дѣйствительности поставлено 24 прута.

++) Въ дѣйствительности поставлено 22 прута.

дулей упругости равнымъ $\frac{2100000}{56000} = 37,5$

Значитъ приведенная площадь бетона на растяженіе при ширинѣ стѣнки въ 100 см. и толщинѣ d равна $F_{прив.} = 100d + 37,5 f_e$

Полагая, что площадь желѣза составляетъ к% отъ площади сѣченія бетона, получимъ

$$F_{прив.} = 100d + 37,5 \times \frac{100d \times к}{100} = 100d \left(1 + 0,375к\right)$$

Все усиліе предполагалось воспринимающимся желѣзомъ. Тогда $P = б_e \times f_e = б \times d \times к$

Такимъ образомъ приведенное напряженіе бетона равно $б_б = \frac{P}{F_{прив.}} = \frac{б_e \times d \times к}{100d(1+0,375к)} = \frac{б_e \times к}{100d(1+0,375к)}$

Допуская для $б_б = 6 \frac{кил.}{см^2}$ и для $б_e = 750 \frac{кил.}{см^2}$, получимъ $6 = \frac{7,5\ к}{1 + 0,375к}$, откуда к = 1,14%

Такимъ образомъ требуемая толщина стѣнки

$$d = \frac{f_e}{к} = \frac{10,88}{1,14} = 9,6 \text{ см.} < 13,5 \text{ м/м.}$$
(въ среднемъ)

Коническая часть $tg\alpha = \frac{1}{0,76} = 1,315$, $\angle\alpha = 52^\circ 45'$.

kmnm - нормальное коническое круговое сѣченіе.

Радіусъ параллельнаго круга (см. фиг.19 на стр.106)

$$mn = (ON - y) \times tg\ 37^\circ 15'$$

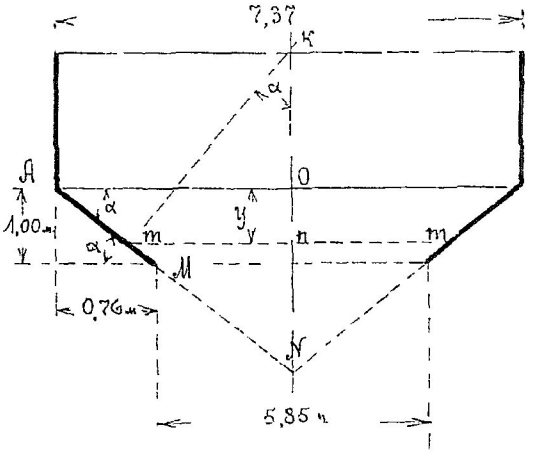
$$ON = \frac{7,37}{2} \times tg\ 52^\circ 45' = 4,84 \text{ метр.}$$

Тогда $mn = (4,84 - y) \times 0,76$

$$mк = \varrho = \frac{mn}{\sin 52^\circ 45'} = (4,84 - y) \times 0,95$$

По этимъ даннымъ опредѣлимъ напряженіе, разрывающее коническую часть бака по образующей:

Фиг.19.



$$\frac{P}{Q} = \frac{y(2{,}12 + y)}{\delta};$$

$$P_1 = \frac{\gamma \times Q}{\delta}(2{,}12 + y)$$

$$= \frac{1000 \times 0{,}95}{0{,}12} \times$$

$$\times (2{,}12 + y)(4{,}84 - y) =$$

$$= 7920(2{,}12+y)(4{,}84-y)$$

Производная

$$\frac{dP_1}{dy} = (4{,}84 - y) -$$

$$-(2{,}12 + y) = 0,$$

откуда $y = 1{,}36$ м.

Такимъ образомъ наибольшее напряженіе лежитъ за данными предѣлами. Напряженіе по сѣченію M :

$$P = 7920 \times 3{,}12 \times 3{,}84 = 94881 \frac{\text{кил.}}{\text{метр}^2} = 9{,}488 \text{ кил.}$$

на кв.см.. Полное разрывающее усиліе по образующей выразится:

$$T = \int_0^1 \frac{p_1 \delta \, dy}{\operatorname{Sn} \alpha} = \frac{7920 \times 0{,}12}{\operatorname{Sn} 52^\circ 45'} \int_0^1 (2{,}12+y)(4{,}82-y)\, dy =$$

$$= 1200 \int_0^1 (2{,}12+y)(484-y)\, dy =$$

$$= 1200 \int_0^1 10{,}26y + 1{,}36y^2 - \frac{y^3}{3} = 1200 \times 1129 =$$

$$= 13548 \text{ килогр.}$$

Ставимъ кольцевую арматуру изъ 24 колецъ діаметра $\frac{3''}{8}$ съ площадью сѣченія 17,08 кв.сант. Напряженіе желѣза при этомъ будетъ

$$\sigma_e = \frac{13548}{17{,}08} = 792 \text{ килогр. на см.}^2$$

Арматура эта ставится по длинѣ $\frac{1}{\operatorname{Sn} 52^\circ 45'} = 126$м.

Значитъ на I пог. метръ приходится площадь сѣченія арматуры $\frac{17,08}{1,26}$ = 13,5 кв.сант. Отсюда на основаніи вышеизложеннаго необходимая толщина стѣнки должна быть

$$\frac{13,5}{1,14} = 11,8 \text{ сант.} < 12 \text{ сант. принятыхъ.}$$

Напряженіе, разрывающее коническую часть по параллельнымъ кругамъ и, значитъ, имѣющее направленіе образующей конуса, выражается слѣдующей формулой

$$P_2 = \frac{\gamma}{\delta \times \cos\alpha} + \frac{1}{r} \cdot \int_0^r x\,(2,12+4,84-x\,tg\alpha).dx$$

или $$P_2 = \frac{\gamma}{\delta \times \cos\alpha} \left\{ 3,48\,r - \frac{r^2}{3} tg\alpha \right\} =$$

$$= \frac{\gamma \times r}{3\delta \times \cos\alpha} \left\{ 10,44 - (4,84 - y) \right\} \text{ или}$$

$$P_2 = \frac{\gamma \times 0,76}{3\delta \times \cos\alpha} (4,84-y)(5,60+y) = 2650(4,84-y)(5,60+y)$$

Максимумъ P_2 лежитъ внѣ данныхъ предѣловъ, почему опредѣляемъ напряженіе въ точкахъ A и M.

Для точки A $y = o$ и $P_2 = 2650 \times 4,84 \times 5,60 =$

$$= 71500 \frac{\text{кил.}}{\text{метр}^2} =$$

$$= 7,15 \text{ килогр. на кв.см.}$$

Для точки M $y = 1$, $P_2 = 2650 \times 3,84 \times 6,60 =$

$$= 67000 \frac{\text{кил.}}{\text{метр}^2} =$$

$$= 6,70 \text{ кил. на кв.см.}$$

По напряженію P_2 опредѣляемъ меридіанальную арматуру слѣдующимъ образомъ:

$$P_e = 6_e \times f_e = \pi \times 7,37 \times 0,12 \times 71500 = 198000 \text{ килогр.}$$

$$f_e = \frac{198000}{1000} = 198 \text{ кв. сант.}$$

Ставимъ 400 прутьевъ діаметра $\frac{5"}{16}$ въ два ряда по всей окружности. На I пог. метръ приходится такимъ образомъ площадь сѣченія желѣза

$$f_e = \frac{198}{\pi \times 7{,}37} = 8{,}6 \text{ кв. сант.}$$

Значитъ толщина бетона должна быть

$$\delta = \frac{8{,}6}{0{,}775} = 11{,}1 \text{ сант.} < 12 \text{ см.принят.}$$

Здѣсь 0,775 -величина к при $\sigma_b = 6 \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$ и $\sigma_e = 1000 \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$ Усиліе $P_e = 198000$ килогр.дастъ вертикальную слагающую

$$p_2 = 198000 \times Sn\,\alpha = 198000 \times Sn\,52^\circ 45' = 158000 \text{ кгр.}$$

По этому усилію назначаемъ вертикальную арматуру въ цилиндрической части бака, ставя по окружности 320 прутьевъ діам. $\frac{5"}{16}$ въ два ряда къ наружной и внутренней сторонѣ стѣнки бака.

Горизонтальная слагающая усилія P_2 равна:

$$Q_{h_2} = 198000 . \cos\alpha = 120000 \text{ килогр.,что даетъ}$$

равномѣрное сжимающее давленіе на I пог.метръ

$$q_{h_2} = \frac{120000}{\pi \times 7{,}37} = 5200 \frac{\text{кил.}}{\text{метръ}} = 52 \frac{\text{кил.}}{\text{см.}}$$

Задаваясь степенью надежности $\delta = 2$, найдемъ необходимую жесткость желѣзнаго кольца, введеннаго въ стѣнку бака, при переходѣ отъ цилиндрической части бака къ конической его части, по формулѣ

$$q_{h_2} \times 2 = \frac{3 \times \mathcal{E} \times J}{R^3}$$

(См. Тимощенко, Сопротивленіе матеріаловъ, 461).

Отсюда $2 \times 52 = \frac{3 \times 2100000 \times J \times 8}{737^3}$

и требуемый моментъ инерціи сѣченія кольца найдется равнымъ $J = 833$ сант.^{4}

Возьмемъ 4 уголка размѣрами $3\frac{1}{2}'' \times 3\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{8}''$ съ моментомъ инерціи $J = 964$ см.^{4} и съ площадью сѣченія $4 \times 17,13 - 2 \times 0,95 \times 1,6 = 65,48$ см.^{2}

Тогда напряженіе желѣза:

$$\sigma_e = \frac{q_2 R}{65,48} = \frac{5200 \times 7,37}{2 \times 65,48} = \frac{19200}{65,48} = 295 \ \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$$

Сферическое днище.

$f = 1,00$ метр., $L = 5,85$ метр.,

$$R = \frac{\frac{L^2}{4} + f^2}{2f} = 4,77 \text{ метр.}$$

Въ запасъ прочности полагаемъ, что давленіе постоянно и равно

$$\gamma(2,12 + 1,00) = 3120 \ \frac{\text{кил.}}{\text{метр}^2} = 0,312 \ \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$$

Принимая толщину днища въ 12 сант., найдемъ собственный вѣсъ 1 кв. метра сферическаго днища равнымъ $0,12 \times 2400 = 288$ килогр., или 0,0288 килограммовъ на кв. сант. Такимъ образомъ $p = 3408 \ \frac{\text{кил.}}{\text{мт}^2}$

Составляющія въ направленіи радіуса сферы и касательной къ меридіану въ зависимости отъ центральнаго угла θ равны

$$P = -3408 . \cos\theta \quad \text{и} \quad Q = +3408 \sin\theta .$$

Тогда усиліе на единицу длины по параллельному

кругу равно по Тимощенко

$$T_1 = - Rp\left(\frac{1 - \cos\theta}{\sin^2\theta}\right) = - Rp\alpha$$

Усиліе по меридіану, отнесенное къ единицѣ длины $T_2 = -Rp\left(\cos\theta - \frac{1 - \cos\theta}{\sin^2\theta}\right) = - Rp\beta$

Численныя значенія коэффиціентовъ α и β для различныхъ угловъ θ и усилій T_1 и T_2 даны въ слѣдующеи таблицѣ № I3.

Т А Б Л И Ц А № I3.

θ	α	β	T_1	T_2
0°	0,500	0,500	- 8I28	- 8I28
7,5°	0,503	0,488	- 8I77	- 7933
I5°	0,5I0	0,454	- 8290	- 738I
22,5°	0,520	0,404	- 8452	- 657I
30°	0,536	0,330	- 87I2	- 537I
37,5°	0,555	0,238	- 9020	- 3876

Такимъ образомъ наибольшее напряженіе сжатія равно $\frac{9020}{I00 \times I2} = 7,5$ $\frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$, что вполнѣ допустимо для бетона. Тѣмъ не менѣе ставимъ арматуру:

I). меридіанальную изъ I2 прутьевъ діам. $\frac{3"}{I6}$ на пог. метръ и 2). кольцевую изъ 8 прутьевъ діаметра $\frac{3"}{I6}$, доводя это количество въ вершинѣ до I2 прутьевъ діам. $\frac{3"}{I6}$.

Благодаря разности объемовъ v_1 и v_2 въ мѣстѣ перехода отъ конической части бака къ сферическому днищу появляется сила сжатія, равная

$$D = (v_1 ctg\alpha - v_2 ctg\alpha_2)\times\gamma$$

По предыдущему:

$$\alpha = 52^\circ 45' \quad ctg\alpha = 0,76$$

$$\alpha_2 = 37^\circ 30' \quad ctg\alpha_2 = 1,30$$

$v_1 = 40,33$ метр.^{3} и $v_2 = 67,02$ метр.^{3}

Тогда $D = 1000\,(40,33\times 0,76 - 67,02\times 1,30) =$

$= 56476$ килогр. или на 1 пог. метръ

$$D = \frac{56476}{\pi\times 5,85} = 3100 \text{ килогр.} = 31 \frac{\text{кил.}}{\text{см.}}$$

Принимая степень надежности равной 3 , найдемъ необхлдимый моментъ инерціи сѣченія въ мѣстѣ перехода отъ сферической части бака къ конической

$$3\times 31 = \frac{3\times 2100000\times J\times 8}{5,85^3}\ ;\ \text{отсюда}\ J = 390 \text{ см.}^4$$

Принято сѣченіе изъ 4-хъ уголковъ $3''\times 3''\times\frac{3''}{8}$ и вертикальнаго листа $7''\times\frac{3''}{16}$.

§ 20. Кирпичныя водоемныя зданія.

Въ кирпичномъ водоемномъ зданіи изъ кирпича выводится обязательно только нижняя часть его отъ поверхности земли до опорнаго кольца подъ бакомъ. Верхняя же часть, окружающая бакъ, называемая также шатромъ, иногда въ цѣляхъ удешевленія первоначальнаго устроиства дѣлается изъ дерева.

Если верхняя часть зданія - шатеръ - каменная, то толщина стѣнъ ея должна быть опредѣлена сообразно съ климатическими условіями мѣстности;

на сѣверѣ во избѣжаніе промерзанія толщину ея принимаютъ въ $2\frac{1}{2}$ кирпича. Если же она деревянная, то для той же цѣли она должна быть сдѣлана въ видѣ сруба, хорошо прокопченнаго, обшита и подъ обшивкой обита воилокомъ. Кровля также должна состоять изъ двухъ рядовъ досокъ съ прокладкои хорошаго воилока.

Иногда верхніе шатры дѣлаются не изъ бревенчатыхъ срубовъ, а изъ обшивки въ нѣсколько рядовъ досокъ съ прокладкой воилока. Такая конструкція была примѣнена между прочимъ для водоемныхъ зданіи Восточно-Китаиской жел.дороги стѣнки шатра были сдѣланы изъ обшивки въ 2 или 3 ряда полутора и двухдюймовыхъ досокъ съ прокладкой воилока. Почти также были сдѣланы и крыши зданій, сверху только покрытыя оцинкованнымъ желѣзомъ. Для водоемныхъ зданій западной части той же дороги, гдѣ температура зимой бываетъ очень низкой, обшивка была сдѣлана изъ четырехъ рядовъ досокъ, двухъ рядовъ войлока и воздушнаго прослойка между средними досками.

Общая конструкція зданія обусловливается главнымъ образомъ системой бака, въ немъ заключеннаго, На черт. II показано типовое,желѣзнодорожное водоемное зданіе съ цилиндрическимъ бакомъ, имѣющимъ сферическое днище. Въ планѣ зда-

ніе имѣетъ видъ правильнаго многоугольника (съ 6 - 8) сторонами или круга. Иногда внутреннее и наружное очертаніе стѣнъ - несимметричны: такъ наружное очертаніе можетъ быть правильнымъ многоугольникомъ, внутреннее - кругомъ. Верхній шатеръ - деревянный, срубленный изъ 5 $\frac{1}{2}$ - 6 вершковаго лѣса (обычно сосноваго), съ обдѣлкой бревенъ подъ одну скобу, со вставкой шиповъ и съ оконопаткой съ обѣихъ сторонъ. Въ виду значительныхъ нагрузокъ на стѣны и фундаментъ зданія на нихъ должно быть обращаемо серьезное вниманіе. На грунтахъ не особенно плотныхъ часто основаніе устраиваютъ въ видѣ сплошной бетонной плиты. Для возможности прохода вокругъ бака, разстояніе между стѣнкой его и стѣнкой шатра дѣлается не менѣе аршина. Внутри зданія устраивается сухой колодецъ для напорныхъ и разводящихъ трубъ; для пропуска ихъ черезъ стѣнные фундаменты, въ поолѣднихъ дѣлаются арки. Типовая схема каменнаго желѣзнодорожнаго водоемнаго зданія съ бакомъ Интце показана на черт. 12. Для уменьшенія количества кладки зданіе устраивается круглымъ, соотвѣтственно опорному кольцуводяного бака. Стѣны - наклонныя для увеличенія площади основанія. Наружная обшивка вокругъ бака - болѣе легкой конструкціи, напримѣръ, деревянной и опирается на выступы стѣнъ.

Кромѣ того обшивка соединяется съ цилиндрической частью бака помощью горизонтальныхъ связей d. На черт. I3 показано для примѣра водоемное зданіе съ бакомъ по системѣ Баркгаузена емкостью на 300 куб. метр., построенное на пассажирской станціи въ Лейпцигѣ. Чаще баки Баркгаузена дѣлаются открытыми съ цилиндрической частью и одной нижней сферической частью при томъ такъ, что объемъ цилиндрической части равенъ объему полусферы.

§ 2I. Желѣзобетонныя водоемныя зданія.

Встрѣчающіяся на желѣзнодорожныхъ станціяхъ желѣзобетонныя водоемныя зданія можно раздѣлить на два главнѣйшихъ типа: къ первому принадлежать водоемныя зданія, такъ сказать, смѣшанной конструкціи, гдѣ стѣны зданія возводятся изъ бетонныхъ пустотѣлыхъ камней, а собственно желѣзобетонными являются только водяные баки, перекрытія, колонны и другія части. Ко второму-принадлежатъ водоемныя зданія, возводимыя цѣликомъ изъ желѣзобетона.

На черт. I4 показано водоемное зданіе перваго типа восьмиугольное въ планѣ, съ верхнимъ круглымъ шатромъ, перекрытымъ конической купольной крышей. Нижняя часть зданія состоитъ изъ 8 расположенныхъ по угламъ его желѣзобетонныхъ ко-

лоннъ съ заполненіемъ промежутковъ между ними пустотѣлыми бетонными камнями. Верхній шатеръ сдѣланъ изъ желѣзобетона и поставленъ на консоли колоннъ. Зданіе имѣетъ четыре этажа; въ третьемъ и четвертомъ помѣщены водяные баки. Для сообщенія между этажами имѣется лѣстница, которая въ первомъ этажѣ состоитъ изъ желѣзобетонныхъ маршей, устроенныхъ вдоль стѣнъ ; въ остальныхъ этажахъ лѣстница - винтовая, желѣзная, шириной около 0,75 саж., проходящая по оси башни черезъ баки.

Для характеристики главнѣйшихъ размѣровъ частей зданія далѣе приводятся данныя для случая, когда объемы баковъ верхняго - V_1 = 10 куб.саж., нижняго - V_2 = 8,00 куб.саж., возвышенія баковъ надъ уровнемъ земли верхняго h_1 = 7,00 саж., нижняго h_5 = 4,50 саж.

Толщина стѣнъ : 50 сантиметровъ на высоту до 3 м. отъ уровня земли, а далѣе до шатра 36 сантим.

Колонны: прямоугольнаго сѣченія, которое имѣетъ на высоту до 3 метровъ отъ уровня земли размѣры 70 × 65 сант., а далѣе до шатра размѣры 60 × 65 см.; арматура колоннъ по всей ихъ высотѣ однообразна и состоитъ изъ четырехъ стержней діаметра $\frac{1}{2}$", съ хомутами, расположенными черезъ 40 сантим. Въ плоскости этажныхъ перекрытій колонны связаны между собой желѣзобетонными распорками.

Консоли : высотой 95 сантим.,съ арматурой изъ трехъ стержней $d = \frac{3}{4}"$ и 7 хомутами $d = \frac{1}{4}"$.

Междуэтажное перекрытіе между I и 2 этажами состоитъ изъ плиты толщиной I0 сантим., имѣющей арматуру въ видѣ I0 прутьевъ $d = \frac{5}{8}"$ на пог.метр., главныхъ крайнихъ поперечныхъ балокъ, а также двухъ продольныхъ, связывающихъ главныя балки съ колоннами. Средняя поперечная балка является вспомогательной, несущей лѣстницу.

Сѣченія балокъ 45 × 20 сант и 30 × 20 сантим.

Распорки между колоннами въ плоскости этого перекрытія состоятъ изъ балокъ высотой 30 сант., съ арматуруой изъ 4 прутьевъ діам. $\frac{1}{2}"$.

Перекрытіе между 2-мъ и 3- ьимъ этажами служитъ поломъ для постановки нижняго бака; оно состоитъ изъ желѣзобетонной плиты толщиной I0 сантим. и балокъ - главныхъ, расположенныхъ близъ лѣстничнаго проема въ бакѣ,и вспомогательныхъ, по наружному обводу бака. Главныя балки имѣютъ сѣченіе высотой 67 сантим. и шириной 24 сантим.; арматура ихъ состоитъ изъ 5 стержней $d = I"$ и 5 стержнеи $d = \frac{7}{8}"$. Вспомогательныя балки высотой 30 сантим., шириной 20 сант., съ арматурой въ видѣ 6 стержней, изъ которыхъ 4 имѣютъ $d = \frac{3}{4}"$ и два $\frac{7}{8}"$. Распорки между колоннами въ плоскости этого перекрытія состоятъ изъ балокъ высотой 30 сант., съ арматурой въ видѣ 4 прутьевъ $d = \frac{1}{2}"$. Голь-

цо подъ верхнимъ бакомъ представляетъ собой желѣзобетонную балку шириной 40 сант., высотой 50 сант., съ арматурои изъ 5 прутьевъ d = $\frac{3}{4}$". Верхній матеръ зданія состоитъ изъ 2 - хъ желѣзобетонныхъ стѣнокъ съ воздушнымъ въ 26 сантим. прослойкомъ между ними. Толщина наружной стѣнки 8 сантим., внутренней - 6 сантим. Арматура каждои стѣнки состоитъ изъ горизонтальныхъ колецъ d = $\frac{1}{4}$" въ количествѣ 6 штукъ на пог. метръ и вертикальныхъ d = $\frac{1}{4}$" въ количествѣ 3 шт. на пог.м. Крыша представляетъ желѣзобетонную плиту толщиной 6 сант., съ арматурой въ видѣ горизонтальныхъ прутьевъ d = $\frac{1}{4}$" въ количествѣ 6 шт. на 1 пог метръ. Крыша покрыта пробковыми плитами толщиной 4 сантим. и сверхъ того толемъ. Каждый этажъ зданія освѣщается 4 - мя окнами; въ нижнемъ этажѣ вмѣсто одного изъ нихъ устроена двухстворчатая дверь Для затепленія верхняго этажа въ основаніи свѣтового фонаря крыши поставленъ горизонтальный оконныи переплетъ.

Колонны и полы оштукатурены цементнымъ растворомъ 1 : 3.

Стѣны ихъ изъ пустотѣлыхъ камней также расшиты такимъ растворомъ. Существеннымъ недостаткомъ разсмотрѣннаго типа водоемнаго зданія является устроиство лѣстницы внутри баковъ. Помимо неу-

добствъ прохода по такимъ лѣстницамъ здѣсь имѣются лишнія поверхности баковъ, соприкасающіяся съ водой, а слѣдовательно и большая опасность утечки воды при недостаточно внимательномъ надзорѣ за водонепроницаемостью бетонныхъ стѣнокъ. Этотъ недостатокъ устраненъ въ водоемномъ зданіи, показанномъ на черт. 15.

Стѣны устроены изъ бетонныхъ пустотѣлыхъ, радіально - лекальныхъ камней, при чемъ въ камни заложена вертикальная и горизонтальная арматура изъ круглыхъ желѣзныхъ стержней. Верхній бакъ по системѣ Интце опирается на кладку стѣнъ черезъ кольцевую желѣзобетонную балку. Нижній бакъ цилиндрическій опирается помощью радіальныхъ желѣзобетонныхъ балокъ на кладку стѣнъ и спеціально установленную желѣзобетонную колонну съ круглымъ бутовымъ фундаментомъ подъ ней. Будка изъ пустотѣлыхъ бетонныхъ камней, устроенная вокругъ верхняго бака, поддерживается желѣзобетонными консолями. Будка перекрыта шатровой желѣзобетонной многогранной крышей, имѣющей свѣтовой фонарь. Междуэтажныя перекрытія - желѣзобетонныя; между ними по стѣнкамъ зданія устраивается винтовая лѣстница. Бутовые фундаменты стѣнъ зданія и средней колонны поставлены на общую круглую бетонную подушку.

Приведемъ для характеристики зданія главнѣйшіе размѣры нѣкоторыхъ ея частей для случая, когда верхній бакъ имѣетъ объемъ II,00 куб.саж. и расположенъ на высотѣ I0,0 саж. отъ уровня земли, а нижній бакъ объемомъ 8,00 куб.саж. поставленъ на высотѣ 6,50 саж. Внутренніе діаметры зданія понизу (у поверхности земли) d = 7,25 мтр., поверху (у опорнаго кольца верхняго бака) d = 5,35 мтр. Толщина стѣнъ на высотѣ до 5 мтр. отъ уровня земли e_1 = 0,56 мтр., на высотѣ отъ 5,0 до II,5 мтр. e_2 = 0,52 мтр., на высотѣ отъ II,5 до I8,7 мтр. e_3 = 0,46 мтр. и далѣе e_4 = 0,40 м. Колонна, проходящая посрединѣ зданія, имѣетъ сѣченіе въ видѣ правильнаго восьмиугольника; діаметръ описаннаго около него круга въ нижнемъ этажѣ (на высотѣ до 7 метр. отъ уровня земли) равенъ 0,70 мтр., а во второмъ этажѣ 0,65 мтр. Арматура колонны однообразна по всей высотѣ и состоитъ изъ 8 продольныхъ стержней діам. $\frac{7}{8}$". Каждый изъ I2 кронштейновъ, поддерживающихъ верхній шатеръ зданія, имѣетъ прямоугольное сѣченіе высотой 45 сантим., шириной 30 сантим. съ двойной симметричной арматурой; общее число стержней сѣченія 2 x 5 = I0 шт., діаметръ ихъ равенъ $\frac{7}{8}$". Фундаменты подъ наружную стѣну и колонну поставлены на общую бетонную плиту: глубина зало-

женія послѣдней 2,5 мтр.. толщина 70 сант., діаметръ 10,50 метр.

На черт.16 показано желѣзобетонное водоемное зданіе съ двумя желѣзобетонными баками.

Каждый бакъ поддерживается своей башней, стѣнки которой составляютъ непосредственное продолженіе стѣнокъ бака. Меньшая изъ башенъ поставлена внутри большей концентрически съ послѣдней. Кольцевое пространство между башнями служитъ для образованія воздушной прослойки, необходимой для огражденія внутренности зданія отъ промерзанія; въ немъ же помѣщается лѣстница для прохода въ этажи башни и верхній шатеръ. Лѣстница, направленная по винтовой поверхности, не препятствуетъ нѣкоторому взаимному перемѣщенію стѣнокъ при температурныхъ колебаніяхъ, перекрытіе же, сдѣланное въ уровнѣ днища нижняго бака, представляя собой жесткую діафрагму, могло бы препятствовать температурнымъ перемѣщеніямъ стѣнки башни, если бы было связано съ нею неразрывно. Во избѣжаніе такого распирающаго дѣйствія названнаго перекрытія, оно устроено такъ, что опирается своимъ периметромъ свободно на наружную стѣнку, снабженную соотвѣтственнымъ выступомъ.

Шатеръ башни и купольное его перекрытіе - двойное съ замкнутымъ воздушнымъ прослойкомъ. Вну-

тренность верхняго бака освѣщается круглымъ стекляннымъ фонаремъ, устроеннымъ въ крышѣ и, кромѣ того, имѣется люкъ для возможности выхода на поверхность крыши на случай ремонта.

Такія водоемныя зданія получаются очень изящными и красивыми. Но этотъ типъ страдаетъ тѣмъ существеннымъ недостаткомъ, что при немъ не представляется возможнымъ раціональное наращеніе въ будущемъ башни съ подъемкой баковъ для увеличенія напора въ разводящей водопроводной сѣти, такъ какъ здѣсь стѣнки башни составляютъ одно цѣлое со стѣнками баковъ.

Водоемныя зданія этого типа являются весьма распространенными на желѣзнодорожныхъ станціяхъ. Для характеристики этого типа укажемъ главнѣйшіе размѣры водоемнаго зданія съ двумя баками, изъ которыхъ верхній имѣетъ объемъ 11 куб саж. и днищего расположено на высотѣ 8 саж. отъ уровня земли, а нижній емкостью 7 $\frac{1}{4}$ куб.саж. поставленъ на высотѣ 4.5 саженъ. Внутренняя башня имѣетъ діаметръ, равный діаметру верхняго бака, а именно 6,20 метр.; толщина ея стѣнокъ 150 м/м., а арматура въ видѣ горизонтальныхъ колецъ d = 6 м/м. поставленныхъ черезъ 100 м/м. и вертикальныхъ стояковъ d = 7 м/м. черезъ 150 м/м. На высотѣ около 1 метра отъ уровня земли стѣнка по-

лучаетъ утолщеніе до 150 м/м. Внутренняя башня имѣетъ d = 4,20 метр., толщину стѣнокъ въ 100 миллиметровъ съ арматурой такой же, какъ и для внѣшней башни.

Шатеръ вокругъ верхняго бака имѣетъ внутренній діаметръ около 8,20 мтр.; такимъ образомъ промежутокъ между внутренней поверхностью стѣнки шатра и наружной поверхносью бака равенъ 1,0 м. Стѣнки шатра - двоинмя съ воздушнымъ прослойкомъ въ 100 м/м. между ними; толщина каждой стѣнки - 50 м/м., арматура состоитъ изъ горизонтальныхъ колецъ d = 5 м/м. - черезъ 100 м/м. и вертикальныхъ стояковъ d = 7 м/м. - черезъ 150 м/м.

Куполное перекрытіе шатра состоитъ изъ 2 - хъ плитъ съ воздушнымъ прослойкомъ въ 100 м/м. между ними. Толщина наружной плиты - 75 м/м., арматура изъ колецъ d = 5,6 и 8 м/м. черезъ 100 м/м. и радіальныхъ стержней d = 7 м/м. черезъ 100 м/м. Внутренняя плита имѣетъ толщину 60 м/м. и почти такую же арматуру, какъ и внѣшняя.

Консольная стѣнка, поддерживающая шатеръ, имѣетъ толщину 80 м/м. и арматуру, состоящую изъ двойныхъ горизонтальныхъ колецъ d = 7 м/м., поставленныхъ черезъ 100 м/м. и двойныхъ стояковъ d = 7 м/м. черезъ 150 м/м. Внутренняя и наружная стѣнки зданія поставлены на общеи желѣзобетон-

ной плитѣ, шириной въ 2 метра; толщина плиты 210 м/м.; арматура ея состоитъ изъ 10 миллиметровыхъ стержней черезъ 80 м/м. другъ отъ друга.

На черт. 17 показано желѣзобетонное водоемное зданіе съ желѣзнымъ бакомъ Интце, построенное на ст. Plochingen Германскихъ жел.дор. Емкость бака 250 куб.метр., а геометрическіе его размѣры слѣдующіе: діаметръ цилиндрической части 8,40 мтр., высота цилиндрической части 4,20 мтр., высота конической части 1,30 мтр. и діаметръ опорнаго кольца около 5,7 мтр. Бакъ поддерживается 8-ью желѣзобетонными колоннами, размѣрами въ сѣченіи 35 × 35 сантим. Эти колонны связаны тонкой желѣзобетонной круглой стѣнкой толщиной 10 сантим., наружнымъ діаметромъ 6,10 мтр. Высота стѣнки до низа опорнаго кольца бака составляетъ 13,20 мтр.

Шатеръ, устроенный вокругъ бака, и металлическая крыша зданія поддерживается 8-ью наружными колоннами сѣченія 75 × 75 сантим. Колонны, какъ внѣшнія такъ и внутреннія поставлены на общей сплошной желѣзобетонной плитѣ. Внутренняя кольцевая стѣна раздѣлена на 4 этажа желѣзобетонными ребристыми перекрытіями съ плитами толщиной 12 сант. Перекрытія опираются на балки, положенныя на внутреннія колонны. Нижній этажъ

уширенъ тѣмъ, что между наружными колоннами устроено заполненіе изъ кирпича. Образованныя этимъ помѣщенія предназначены для временныхъ пребываній служебнаго персонала, находящагося вблизи отъ зданія паровознаго депо. Здѣсь также имѣются уборныя, кладовыя и проч. Высота водоемнаго зданія отъ уровня земли до верха патра, окружающаго бакъ, составляетъ 19,20 мтр., а полная высота, считая до верха шпиля зданія, составляетъ 29,97 мтр. Глубина заложенія фундамента (до низа бетонной плиты) равна 3,41 мтр.

Интересный примѣръ использованія водоемнаго зданія находимъ въ зданіи мастерскихъ въ Opladen (на Германскихъ жел. дорогахъ, показанномъ на черт. 18. Водоемное зданіе кирпичное съ бакомъ Интце емкостью на 300 куб. метр. Внутренній діаметръ зданія (у поверхности земли) 9,54 метр., верхній же у опорнаго кольца бака 6,18 мтр. Въ трехъ этажахъ зданія помѣщены ванны и души для рабочихъ мастерскихъ; въ первомъ и второмъ этажахъ устроено по 8 отдѣленій съ душами; въ третьемъ - 6 отдѣленій съ душами и ваннами. Для подогрѣванія воды и для подачи горячей воды къ ваннамъ и душамъ въ нижнемъ этажѣ установленъ паровой котелъ, а по другимъ этажамъ устроена соотвѣтственная сѣть трубопроводовъ. Большой

діаметръ зданія позволилъ устроить удобныя лѣстницы для подъема въ этажи башни, что крайне важно для временныхъ посѣтителей.

§ 22. Разсчетъ прочности водоемнаго зданія .

Разсчетъ водоемнаго зданія состоитъ въ провѣркѣ достаточности запроектированныхъ размѣровъ его въ отношеніи устоичивости. на опрокидываніе и скольженіе, прочности кладки, давленія на грунтъ и глубины его заложенія фундамента. Повѣрка производится для нѣсколькихъ сѣченій по высотѣ.

Въ каждомъ сѣченіи возникаютъ напряженія

$$max.\ z_1 = \frac{-\sum P}{\Omega} - \frac{Mz}{J}$$

$$min.\ z_2 = \frac{-\sum P}{\Omega} + \frac{Mz}{J}$$

гдѣ $\sum P$ - равнодѣйствующая всѣхъ силъ, дѣйствующихъ въ данномъ сѣченіи,

M - моментъ отъ внѣцентреннаго приложенія равнодѣйствующей силъ и равный $\sum P \times C$, гдѣ C - разстояніе точки приложенія равнодѣйствующей отъ центра тяжести сѣченія.

Ω - площадь сѣченія *netto* , т.е. площадь сѣченія зданія за вычетомъ площади оконныхъ и дверныхъ проемовъ

J – моментъ инерціи сѣченія зданія *netto*

Z – разстояніе наиболѣе удаленнаго сжатаго или вытянутаго волокна сѣченія отъ неитральной его оси.

Коэффиціентъ устойчивости на опрокидываніе около наружнаго ребра стѣны зданія въ какомъ-либо сѣченіи равенъ

$$K_1 = \frac{R_1 \times \gamma}{\vartheta \times v},$$

гдѣ R_1 – равнодѣйствующая вертикальныхъ силъ для разсматриваемаго сѣченія. При исчисленіи ея необходимо предполагать случай бака безъ воды, т.е. случай болѣе невыгодный;

γ – плечо силы R относительно наружнаго ребра сѣченія,

ϑ – горизонтальная сила вѣтра, дѣйствующая на часть зданія, лежащую выше разсматриваемаго сѣченія, она равна $\omega \times \varphi \times v_0$, при чемъ

v_0 – давленіе вѣтра на 1 кв. единицу плоскости, перпендикулярной къ направленію его дѣйствія ; обычно принимаютъ $v_0 = 50$ пуд. на одну кв.саж.

Входящій въ формулу коэффиціентъ φ получаетъ различныя значенія въ зависимости отъ формы во-

доемнаго зданія.

Такъ для случая кругового цилиндра, ось котораго нормальна къ направленію вѣтра $\varphi = 0{,}667 - 0{,}785$. Тогда:

$$v = (0{,}667 - 0{,}785) \times v_0 \times d \times h$$, при чемъ d - діаметръ, h - высота цилиндра, а $d \times h$ - означаетъ проекцію боковой поверхности цилиндра на плоскость, нормальную къ направленію вѣтра.

Для случая правильной восьмигранной призмы, ось которой перпендикулярна къ направленію вѣтра, $\varphi = 0{,}707 - 0{,}826$ и $v = (0{,}707-0{,}826) \times v_0 \times d \times h$ при чемъ d - діаметръ круга, вписаннаго въ основаніе, h - высота призмы.

Для случая правильной шестигранной призмы

$\varphi = 0{,}75-0{,}866$ и $v = (0{,}75-0{,}866) \times v_0 \times d \times h$

Коэффиціентъ устоичивости на скольженіе въ какомъ-либо сѣченій равенъ:

$$k_2 = \frac{R_1 \times f}{v}$$

гдѣ f - коэффиціентъ тренія; для случая тренія каменной кладки по кладкѣ f принимается равнымъ 0,75.

Допускаемыми прочными сопротивленіями на сжатіе кирпичной кладки стѣнъ водоемныхъ зданіи обычно принимаются :

для кладки около баковъ и подъ ихъ опорными частями ..... 6 $\frac{кил.}{см^2}$

для кладки въ средней части зданія .... 7,5 "

для кладки въ нижней части зданія .....9,00 "

На растяженіе допускаютъ около $\frac{1}{10}$ прочнаго сопротивленія на сжатіе, т.е. 0,6 , 0,75 и 0,9 $\frac{килгр.}{кв.см.}$

Глубина заложенія фундамента водоемнаго зданія опредѣляется или по формулѣ Янковскаго или, что бываетъ чаще, по формулѣ Паукера; послѣдняя имѣетъ видъ

$$H = m \times h \times tg^4\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right),$$ гдѣ

φ - уголъ естественнаго откоса грунта,

h - давленіе на грунтъ отъ зданія, выраженное столбомъ земли, вѣсъ котораго равенъ давленію,

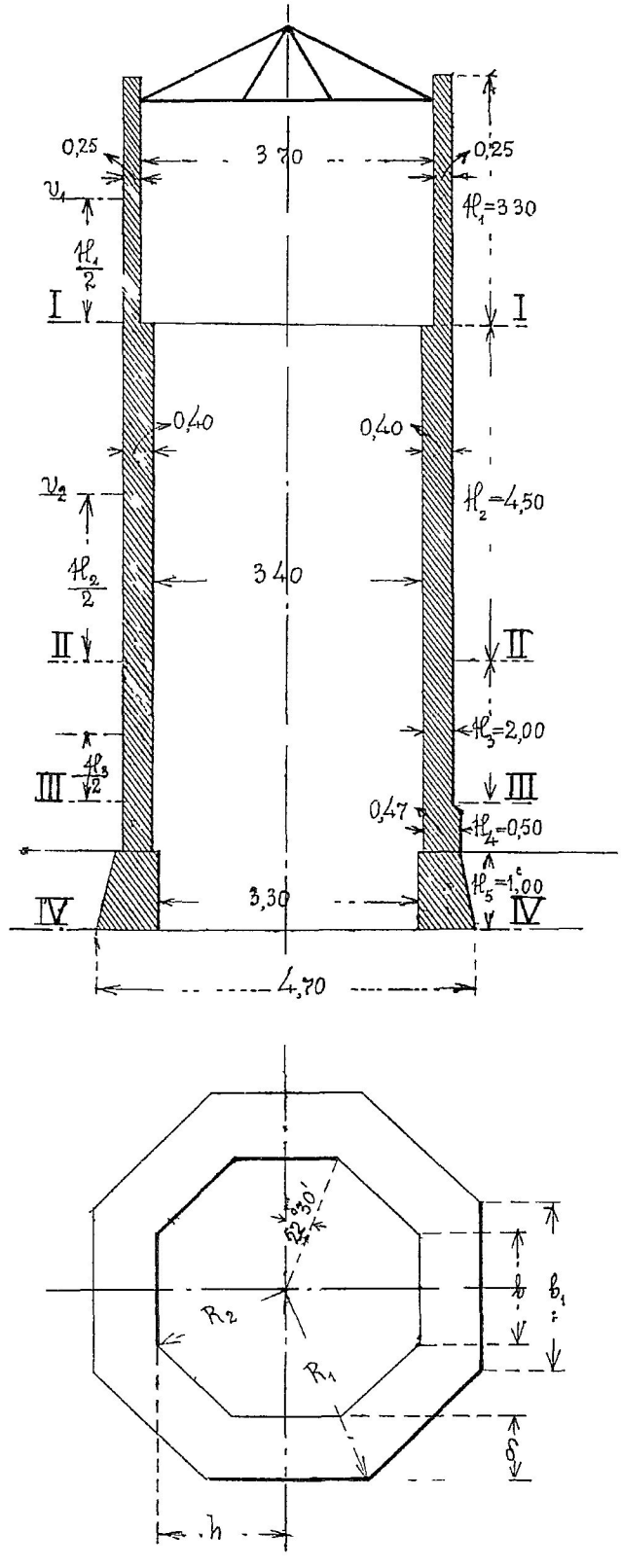
m - коэффиціентъ устоичивости, принимаемый равнымъ 2 - 3.

§ 23. Примѣръ разсчета кирпичнаго водоемнаго зданія.

Приведемъ примѣръ разсчета кирпичнаго водоемнаго зданія обычнаго типа съ высотой расположенія бака надъ уровнемъ земли въ 7 саж. при объемѣ бака въ 12 куб.саж. Схема зданія и размѣры его отдѣльныхъ частей показаны на фиг. 20.

Провѣримъ устоичивость и прочность стѣнъ для

Фиг. 20.



Лит. Рихтера

Листъ 9.

четырехъ сѣченій, взятыхъ

1). въ плоскости опорнаго кольца бака (I - I)

2). въ плоскости оконныхъ проемовъ (II - II)

3). въ плоскости верха цоколя (III - III)

4). въ плоскости подошвы фундамента (IV - IV)

Сѣченіе (I - I). Вертикальныя силы:

1). Полагая вѣсъ кровли со стропилами и нагрузкой отъ снѣга $q_1 = 15 \frac{\text{пуд.}}{\text{кв.саж.}}$ наклонной поверхности, найдемъ полный вѣсъ

$$P_1' = q_1 \Omega = q_1 \times 8 \times b \times \frac{l}{2}$$

гдѣ $b = 2h \times \operatorname{tg} 22^\circ,5 = 0,8284\,h = 0,8284 \times \frac{3,7}{2} =$

$= 1,53$ саж.

$$l = \sqrt{1,85^2 + 0,7^2} = 1,98 \sim 2,00 \text{ саж.}$$

Тогда $P' = 15 \times 8 \times 1,58 \times 1,0 = 183,60$ пуд.

2). Вѣсъ кладки стѣны толщиной въ 2 кирпича (0,25 саж.), высотой 3,30 саж., при вѣсѣ 1кб. саж. кладки $q_2 = 1000$ пуд.

$$P'' = q_2 \times \Omega \times \Pi = q_2 \times H \times 8 \left[\frac{b_1 \times (h + \delta)}{2} - \frac{bh}{2} \right] =$$

$$= 3313,6 \times H \times \delta \ (2h + \delta)$$

Подставляя $\delta = 0,25$ с. $H = 3,30$ с. и $2h = 3,70$ с найдемъ:

$$P'' = 3313,6 \times 3,30 \times 0,25 \times [3,70 + 0,25] = 10798,19$$

Полное вертикальное давленіе

$$P_1 = P' + P'' = 10981,79 \text{ пд.}$$

Горизонтальная сила давленія вѣтра : принимаемъ

давленіе вѣтра на I кв. саж. плоскости, перпендикулярной къ направленію его дѣйствія

$$v_0 = 50 \ \frac{\text{пуд.}}{\text{саж.}^2}$$

Для правильной восьмиугольной призмы, ось которой перпендикулярна къ направленію дѣйствія вѣтра, наибольшее давленіе

$$v = 0,707 \times \omega \times v_0 = 35,35\ \omega$$

Отсюда $v_1 = 35,35 \times 3,3 \times 4,2 = 489,951$ пд.

Коэффиціентъ устоичивости противъ опрокидыванія

$$k_1 = \frac{10981,79 \times 2,10}{489,951 \times 1,65} = \infty\ 28$$

Коэффиціентъ устоичивости противъ скольженія кладки по кладкѣ 0,75

$$k_2 = \frac{10981,79 \times 0,75}{489,951} = \infty\ 17$$

Наибольшее напряженіе кладки въ $\frac{\text{пуд.}}{\text{дм.}^2}$

$$\sigma_{max} = \frac{P_1}{7056 \times \Omega_1} \times \left[1 + \frac{\Omega_1 z}{W_1}\right]$$

$\Omega_1 = 3,313 \times 0,25 \times [3,7 + 0,25] = 3,272$ саж.

$$z_1 = \frac{v_1 \times \frac{H_1}{2}}{P_1} = \frac{469,951 \times 1,65}{10981,79} = 0,074 \text{ саж.}$$

Моментъ инерціи сѣченія

$$J = \frac{1 + 2\sqrt{2}}{6} \times \left(R_1^4 - R_2^4\right)$$

гдѣ R_1 – радіусъ круга, описаннаго около наружнаго восьмиугольника,

R_2 - радіусъ круга, описаннаго около внутренняго восьмиугольника

Моментъ сопротивленія сѣченія

$$W = 0,6906\left(R_1^3 - R_2^3\right)$$

при этомъ

$$R_1 = \frac{h+\delta}{\cos 22^\circ 30'} = \frac{2,10}{0,92388} = 2,27 \text{ саж.}$$

$$R_2 = \frac{h}{\cos 22^\circ 30'} = \frac{1,85}{0,92388} = \infty\ 2,00 \text{ саж.}$$

$$W_1 = 0,6906\ (2,27^3 - 2,00^3) = 2,553 \text{ саж.}^3$$

Наибольшее напряженіе кладки

$$\sigma_{max} = \frac{10981,79}{7056 \times 3,272}\left[1 + \frac{0,074 \times 3,272}{2,553}\right] = 0,52 \frac{\text{пуд.}}{\text{дм.}^2} <$$

$$< 2,50 \frac{\text{пуд.}}{\text{дм.}^2}$$

Сѣченіе (II - II). Вертикальныя силы

Давленіе отъ вышележащей части P_1 = 10981,79 пд.

Вѣсъ воды въ бакѣ ..... 7200 пд.

Вѣсъ бака и опорныхъ его частей 540 пд.

Вѣсъ кладки стѣнъ зданія между сѣченіями (I - I) и (II - II)

$$3313,6 \times H_2 \delta\ (2h + \delta) = 3313,6 \times 4,5 \times 0,40 \times (3,4 + 0,4) =$$

$$= 22665,02 \text{ пуд.}$$

Равнодѣйствующая вертикальныхъ силъ

$$P_2 = 10981,79 + 7200 + 540 + 22665,02 =$$

$$= 41386,81 \text{ пуд.}$$

Горизонтальная сила давленія вѣтра

$$V_2 = 35,35 \times 4,5 \times 4,2 = 668,115 \text{ пуд.}$$

Коэффиціентъ устойчивости на опрокидываніе при пустомъ бакѣ

$$k_1 = \frac{(4I386,8I - 7200) \times 2,10}{489,95I \times 6,I5 + 668,II5 \times 2,25} = \infty I5$$

Коэффиціентъ устойчивости на опрокидываніе

$$k_2 = \frac{(4I386,8I - 7200) \times 0,75}{489,95I + 668,II5} = \infty 22$$

Наибольшее напряженіе кладки

$$\sigma_{max} = \frac{P_2}{7056 \times \Omega_2} \times \left[I + \frac{Z_2 \Omega_2}{W_2} \right]$$

$$\Omega_{brutto} = 3,3I36 \times 0,40 \times (3,40 + 0,40) = 5,037 \text{ сж.}^2$$

$$Z_2 = \frac{V_1 \left(\frac{H_1}{2} + H_2 \right) + V_2 \times \frac{H_2}{2}}{P_2} = \frac{489,95I \times 6,I5 + 668,II5 \times 2,25}{4I386,8I} =$$

$$= 0,I09 \text{ саж.}$$

Моментъ сопротивленія сѣченія

$$W_2 = 0,6906 \left(R_1^3 - R_2^3 \right)$$

При

$$R_1 = \frac{2,I0}{0,92388} = 2,27 \text{ сж.} \quad \text{и} \quad R_2 = \frac{I,70}{0,92388} = I,84 \text{ сж.}$$

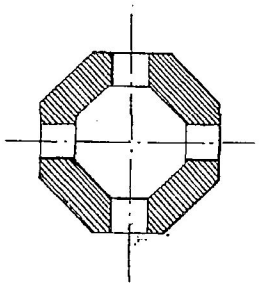
$$W_{2\,brutto} = 0,6906 \left(2,27^3 - I,84^3 \right) = 3,776 \text{ саж.}^3$$

Сѣченіе ослаблено четырьмя оконнными проемами, размѣрами въ планѣ $0,50 \times 0,40$ саж. (см. фиг. 2I на стр. I34).

Площадь отверстій $= 4 \times 0,50 \times 0,40 = 0,80 \text{ сж.}^2$

$\Omega_{2\,netto} = 5,037 - 0,80 = 4,237$ сажъ.^{2}

Ф и г.2I.



Моментъ инерціи проемовъ

$$J = 2\left[\frac{0,5\times0,4^3}{I2} + 0,5\times0,4\times I,9^2\right] + \frac{2\times0,5\times0,4^3}{I2} = I,4547 \text{ сажъ.}^4$$

Моментъ сопротивленія проемовъ

$$W = \frac{I,4547}{2,27} = 0,64I \text{ сажъ.}^3$$

Моментъ сопротивленія сѣченія *netto*

$$W_{2\,netto} = 3,776 - 0,64I = 3,I35 \text{ сажъ.}^3$$

Слѣдовательно

$$\sigma_{max} = \frac{4I386,8I}{7056\times4,237}\times\left[I + \frac{0,I09\times4,237}{3,I35}\right] =$$

$$= I,66 \ \frac{\text{пуд.}}{\text{дм.}^2} < 2,50 \ \frac{\text{пуд.}}{\text{дм.}^2}$$

<u>Сѣченіе (III - III).</u> Вертикальныя силы:

Давленіе отъ вышележащей части $P_2 = 4I386,8I$ пд.

Вѣсъ кладки стѣнъ зданія между сѣченіями (II -II) и (III - III)

$$33I3,6\times2\times0,4\times3.8 = I0073,34 \text{ пд.}$$

Равнодѣйствующая вертикальныхъ силъ

$$P_3 = 4I386,8I + I0073,34 = 5I460,I5 \text{ пуд.}$$

Горизонтальная сила давленія вѣтра

$$v_3 = 35,35\times2\times4,2 = 296,94 \text{ пуд.}$$

Коэффиціентъ устойчивости на опрокидываніе

$$K_1 = \frac{(51460,15 - 7200) \times 2,10}{489,951 \times 8,15 + 668,115 \times 4,25 + 296,94 \times 1,0} > 2$$

Коэффиціентъ устойчивости на скольженіе

$$K_2 = \frac{(51460,15 - 7200) \times 0,75}{489,951 + 668,115 + 296,94} > 2$$

Наибольшее напряженіе кладки

$$\sigma_{max} = \frac{P_3}{7056 \times \Omega_3} \times \left[1 + \frac{Z_3 \Omega_2}{W_3}\right]$$

$$\Omega_3 = \Omega_{2\,brutto} = 5,037 \text{ сам.}^2$$

$$Z_3 = \frac{v_1 \left[\frac{H_1}{2} + H_2 + H_3\right] + v_2 \left[\frac{H_2}{2} + H_3\right] + v_3 \times \frac{H_3}{2}}{P_3} =$$

$$= \frac{489,951 \times 8,15 + 668,115 \times 4,25 + 296,94 \times 1}{51460,15} =$$

$$= 0,138 \text{ сам.}$$

$$W_3 = W_{2\,brutto} = 3,776 \text{ сам.}^3$$

Наибольшее напряженіе кладки

$$\sigma_{max} = \frac{51460,15}{7056 \times 5,037} \times \left[1 + \frac{0,138 \times 5,037}{3,776}\right] = \text{см. сл. стр.}$$

$$= 1,72 \ \frac{\text{пуд.}}{\text{дм}^2} \ < \ 2,50 \ \frac{\text{пуд.}}{\text{дм}^2}$$

Сѣченіе (IV - IV). Фундаментъ.

Вертикальныя силы. Давленіе отъ сѣченія (III-III) $P_3 = 51460,15$ пуд.

Вѣсъ кладки стѣнъ между сѣченіями (III-III) и уровнемъ земли

$$p = 3313,6 \times 0,5 \times 0,47 \times [3,4 + 0,47] =$$

$$= 3013,55 \text{ пуд.}$$

Вѣсъ фундамента при средней его толщинѣ

$$\frac{0,7 + 0,57}{2} = 0,635 \text{ сж.}$$

$p = 3313,6 \times 1 \times 0,635 \times [3,4 + 0,635] = 8490,19$ пд.

Равнодѣйствующая вертикальныхъ силъ

$P_4 = 51460,15 + 3013,55 + 8490,19 = 62963,89$ пд.

Давленіе вѣтра на часть зданія между сѣченіемъ (III-III) и уровнемъ земли

$$U_4 = 35,35 \times 0,5 \times 4,2 = 74,235 \text{ пуд.}$$

Точка приложенія равнодѣйствующей всѣхъ силъ

$$Z_4 = 0,148$$

Моментъ сопротивленія сѣченія

$$W_4 = 0,6906 \ (R_1^3 - R_2)$$

при

$$R_1 = \frac{2,35}{0,92388} = 2,54 \text{ сж.}, \quad R_2 = \frac{1,65}{0,92388} = 1,79$$

$$W_ч = 0{,}6906\,(2{,}54^3 - 1{,}79^3) = 7{,}356 \text{ ох.}^3$$

Площадь сѣченія

$$\Omega_ч = 3{,}3136 \times 0{,}7 \times [3{,}3 + 0{,}7] = 9{,}278 \text{ сх.}^2$$

Наибольшее давленіе на грунтъ, не принимая во вниманіе отпора земли и давленія послѣдней.

$$\sigma_{max} = \frac{P_ч}{7056 \times \Omega_ч} \times \left[1 + \frac{Z_ч \Omega_ч}{W_ч}\right] =$$

$$= \frac{62963{,}89}{7056 \times 9{,}278} \times \left[1 + \frac{0{,}148 \times 9{,}278}{7{,}356}\right] =$$

$$= 1{,}13 \frac{\text{пуд.}}{\text{дм.}^2}$$

Для того, чтобы не происходило выпираніе грунта изъ подъ подошвы основанія при глубинѣ заложенія H, должно быть соблюдено по Паукеру слѣдующее неравенство

$$H > H' \cdot tg^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$$

гдѣ φ – уголъ естественнаго откоса, принимаемый въ 35°,

H' – высота земляной призмы, производящей то же давленіе на грунтъ, что и данное сооруженіе.

$$H' = \frac{\Sigma P}{\Omega \cdot \Delta}, \text{ при чемъ}$$

Δ – вѣсъ единицы объема призмы.

$\Sigma P = 62963{,}89$ пд., $\Omega = 9{,}278 \times 49$ фут.^{2},

$\Delta = \frac{900}{343}$ (вѣсъ 1 куб. фута земли)

Тогда

$$H' = \frac{62963{,}89 \times 343}{900} = 52{,}63$$

$$tg^2\left(45^\circ - \frac{35}{2}\right) = 0{,}073 \quad \text{и} \quad H > 52{,}63 \times 0{,}073 > 3{,}84 \text{ фут.}$$

Принято H = I сах. = 7 фут.

Коэффиціентъ устойчивости $m = \frac{7}{3{,}84} = 1{,}82$

§ 24. Разсчетъ желѣзобетонныхъ водоемныхъ зданій.

Разсчетъ водоемныхъ зданій со стѣнами изъ пустотѣлыхъ камней, типа, изображеннаго на чертежахъ I4 и I5, таковъ же, какъ и для водоемныхъ зданій кирпичныхъ. Разсчетъ же желѣзобетонныхъ баковъ, устанавливаемыхъ въ нихъ, приведенъ въ §§ I8 и I9.

Здѣсь мы остановимся на разсмотрѣніи въ общихъ чертахъ разсчета стѣнокъ желѣзобетоннаго водоемнаго зданія по черт I6.

Внутренняя башня подвержена слѣдующей нагрузкѣ:

А. Постоянной, которая слагается изъ -

а). вѣса нижняго водяного бака

б). собственнаго вѣса башни

в). вѣса перекрытій внутренней башни

г). вѣса кольцевыхъ перекрытій

д). вѣса лѣстницы, устраиваемой въ кольцевомъ пространствѣ.

Б. Временной, которая слагается изъ -

а). вѣса воды въ нижнемъ бакѣ,

б). временной нагрузки перекрытій внутренней башни,

в). временной нагрузки кольцевыхъ перекрытій.

Внѣшняя башня подвержена слѣдующей нагрузкѣ:

А. Постоянной, которая слагается изъ -

а). вѣса верхняго водяного бака,

б). вѣса крыши зданія,

в). вѣса стѣнокъ шатра, сдѣланнаго вокругъ бака, и пола шатра,

г). вѣса консолей, поддерживающихъ шатеръ,

д). вѣса лѣстницы въ кольцевомъ пространствѣ,

е). вѣса кольцевыхъ перекрытій

и Б. Временной, которая слагается изъ

а). вѣса воды въ верхнемъ бакѣ,

б). временной нагрузки кольцевыхъ перекрытій,

в). нагрузки отъ вѣтра, дѣйствующаго на крышу, шатеръ и стѣнку башни.

Повѣрка прочности стѣнъ наружной башни.

Пусть въ какомъ - либо горизонтальномъ сѣченіи зданія имѣемъ для наружной башни:

Равнодѣйствующая вертикальныхъ силъ $R_к$

Изгибающій моментъ отъ силы вѣтра M

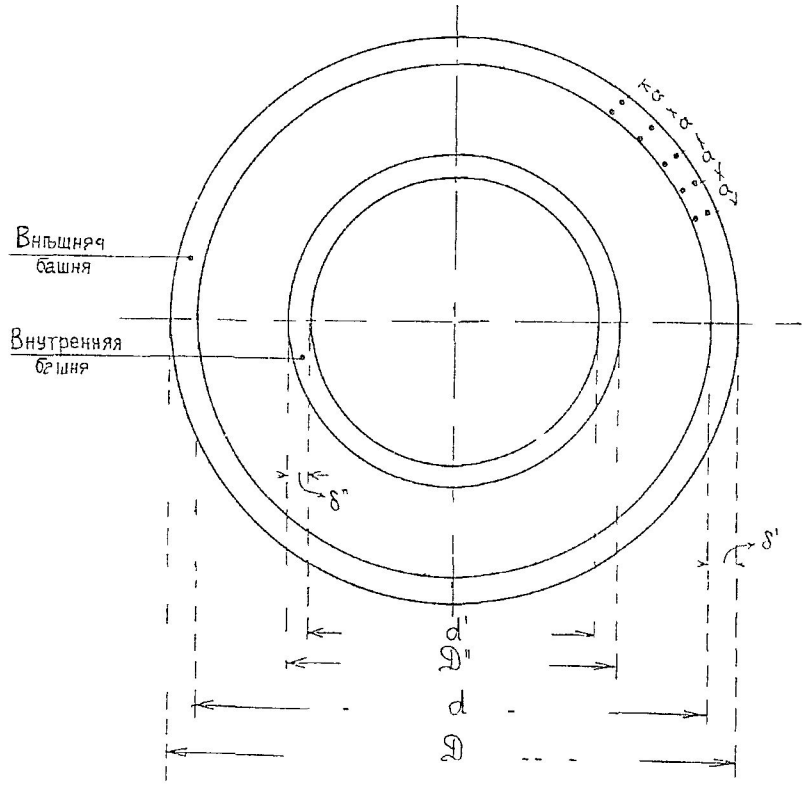
Приведенная къ бетону площадь сѣченія стѣнки ..... $F_к$

Моментъ инерціи сѣченія ..... $J_н$

Моментъ сопротивленія сѣченія ..... $W_н$

Если при этомъ (фиг 22.) вертикальная арматура стѣнки состоитъ изъ двухъ рядовъ стержней діаметра m м/м., поставленныхъ черезъ a м/м.

Ф и г. 22.



ось отъ оси, то площадь арматуры на I пог.мтр. по длинѣ окружности стѣнки

$$f = 2 \times \omega \times \frac{100}{m},$$

при чемъ ω - площадь сѣченія I прута.

Тогда:

$$F_н = \frac{\pi}{4}\left[D^2 - d^2\right] + (n - 1) \times f \times \pi \times d_1$$

гдѣ: $n = 15$ и $d_1 = \frac{D + d}{2}$

$$J_н = \frac{\pi}{64}\left[D^4 - d^4\right] + 14 \times \frac{F_н}{2} \times z_1^2 + 14 \times \frac{F_н}{2} \times z_2^2$$

или приближенно, но съ достаточной точностью

$$J_н = \frac{\pi}{4}\left(D^4 - d^4\right) \quad \text{и} \quad W_н = \frac{J_н}{\frac{D}{2}}$$

Тогда напряженіе бетона

$$max.\,б_в = \frac{R_н}{F_н} + \frac{M}{W_н}$$

$$min\ б_в = \frac{R_н}{F_н} - \frac{M}{W_н}$$

Обыкновенно для запаса прочности арматура въ разсчетъ не принимается.

Тогда:

$$F_н = \frac{\pi}{4}\left(D^2 - d^2\right) \quad \text{и} \quad W_н = \frac{\frac{\pi}{64}\left(D^4 - d^4\right)}{\frac{D}{2}}$$

Повѣрка прочности внутренней стѣнки.

Такъ же, какъ и для наружной стѣнки, имѣемъ

$$max\,б_в = \frac{R_в}{F_в}, \text{ при чемъ } F_в = \frac{\pi}{4}\left(D'^2 - d'^2\right),$$

безъ учета работы арматуры.

Напримѣръ для водоемнаго зданія на 12 куб.саж. съ верхнимъ бакомъ, емкостью на 8 куб.саж., расположеннымъ на уровнѣ 8,00 саж. отъ поверхности земли и съ нижнимъ бакомъ $V = 4$ кб.саж., распо-

ложеннымъ на высотѣ 4,50 саж.,размѣры башни въ нижнемъ сѣченіи:

$D = 534$ сант., $d = 514$ см., $\delta' = 10$ см.

$D' = 330$ " , $d' = 322$ см., $\delta'' = 8$ см.

Для наружной стѣнки

$R_н = 288115$ килогр., $M = 21680156$ клгр.см.

$$F_н = \frac{3{,}14}{4}\left[534^2 - 514^2\right] = \infty\ 3{,}14 \times 5{,}24 \times 10 \text{ кв.сант.}$$

$$J_н = \frac{3{,}14}{64}\left[534^2 - 514^2\right] = 564926098 \text{ см.}^4$$

Напряженіе бетона

$$\max \sigma_в = \frac{288115}{3{,}14 \times 5{,}24 \times 10} + \frac{21680156 \times 267}{564926098} = 17{,}4 + 10{,}3 =$$

$$= 27{,}7 \ \frac{\text{кил}}{\text{см.}^2}$$

$$\min \sigma_в = 17{,}4 - 10{,}3 = 7{,}1 \ \frac{\text{килограм.}}{\text{на кв.см.}}$$

Такимъ образомъ въ стѣнкѣ возникаютъ только сжимающія напряженія, при чемъ величина ихъ будетъ въ дѣйствительности еще менѣе вычисленныхъ, такъ какъ часть напряженій, вызываемыхъ горизонтальной силой давленія вѣтра, будетъ восприниматься внутренней стѣнкой между тѣмъ, какъ мы разсматривали наружную стѣнку, какъ стоящую отдѣльно.

Въ стѣну заложена арматура изъ двухъ вертикальныхъ рядовъ прутьевъ $d = \frac{3''}{16}$, поставленныхъ на разстояніи ось отъ оси $a = 100$ м/м.

и распредѣлительные горизонтальные прутья въ видѣ колецъ $d = \frac{3}{8}''$ на взаимномъ разстояніи въ 150 м/м.

Для внутренней стѣнки

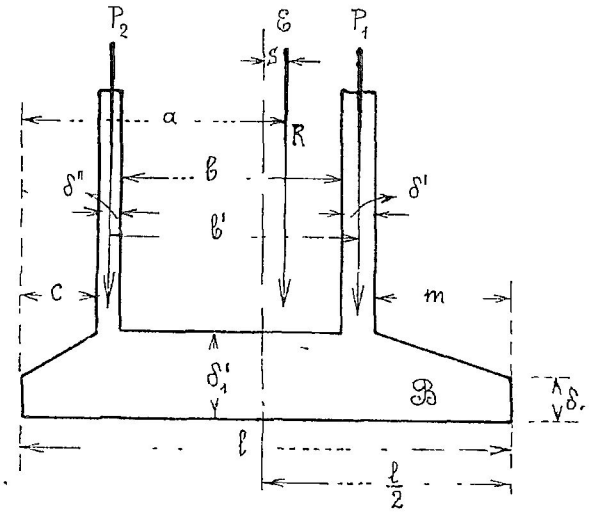
$R_в$ = 96411 клгр., D' = 330 см., d' = 322 см. и δ'' = 8 см.

$$max\ \sigma_в = \frac{96411}{0{,}7854(330^2 - 322^2)} = 11{,}8 \text{ кил.на кв.см.}$$

Давленіе на грунтъ и опорное кольцо

Давленіе на грунтъ отъ внутренней и внѣшней башенъ зданія передается черезъ опорное кольцо. Разсмотримъ 1 пог.метръ такого кольца. Нагрузка на него отъ наружной башни при полномъ ея загруженіи вертикальными силами (фиг. 23.)

Ф и г. 23.



$$P_1 = \frac{R_н}{\pi\left(\frac{D+d}{2}\right)} \text{ килгр.}$$

на пог. метр.кольца.

Тоже отъ внутренней башни

$$P_2 = \frac{R_в}{\pi\left(\frac{D'+d'}{2}\right)} \text{ килгр.}$$

на пог. метръ.

Кромѣ вертикальныхъ силъ необходимо учесть и давленіе вѣтра, наиболь-

шая величина котораго на 1 пог.метръ наружной стѣнки равно P_1' килогр.

Равнодѣйствующая $R = P_1 + P_2 + P_1'$ килогр.

Разстояніе точки ея приложенія отъ внутренней грани плиты.

$$a = c + \frac{\delta''}{2} + \frac{(p_1 + p_1')\times b'}{R} \text{ метр.},$$

что даетъ внѣцентренность давленія на подошву

$$\varepsilon = \frac{l}{2} - a = \varepsilon \text{ метр}$$

Давленіе на грунтъ

$$\max \eta = \frac{R}{l \times 100}\left(1 + \frac{6\times\varepsilon}{l}\right) \text{ килогр.на кв. см.}$$

Напримѣръ, для той же башни съ баками емкостью на 12 куб.саж.

$P_1 = 18347 \frac{\text{килогр.}}{\text{пог.м.}}$; $P_2 = 9565 \frac{\text{килогр.}}{\text{пог.м.}}$

$p_1' = 12700 \frac{\text{килогр.}}{\text{пог.м.}}$

$p_1 + p_1' = 18347 + 12700 = 31047 \frac{\text{килогр.}}{\text{пог.м.}}$

$R = 40612 \frac{\text{килогр.}}{\text{пог.м.}}$

$$a = 0{,}36 + \frac{31047 \times 1{,}005}{40612} = 1{,}13 \text{ метр.}$$

$$\varepsilon = \frac{2{,}10}{2} - 1{,}13 = -0{,}08 \text{ мтр.}$$

и давленіе на грунтъ

$$\max \eta = \frac{40612}{210 \times 100}\left(1 + \frac{6 \times 0{,}08}{2{,}10}\right) = 2{,}38 \frac{\text{килогр.}}{\text{кв.сант.}}$$

Фундаментное кольцо .

Выступающую часть фундаментной плиты разсматриваемъ какъ консоль, нагруженную равномѣрно нагрузкой

$$p = max\,h \frac{кил}{см^2} = max\,h \times 100^2 \text{ килгр. на кв. метръ}$$

Наибольшій изгибающій моментъ

$$M = \frac{p \times m^2}{2}$$

Напримѣръ, для разсматриваемой нами водонапорной башни

$$p = 23800 \text{ кил. на кв. метръ}$$

$$M = \frac{23800 \times 0{,}67^2}{2} \times 100 = 535000 \text{ килгр.см.}$$

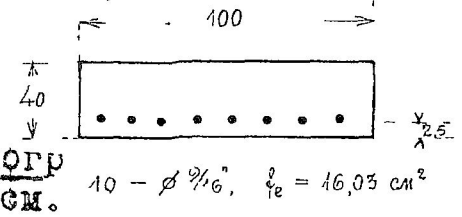
Сѣченіе кольца показано на фиг. 24.

$$x = \frac{15 \times 16{,}03}{100} \times \left(\sqrt{1 + \frac{2 \times 100 \times 37{,}5}{15 \times 16{,}03}} - 1 \right) = 11{,}2 \text{ см.}$$

Напряженіе бетона

$$\sigma_b = \frac{535000 \times 2}{100 \times 11{,}2 \times \left(37{,}5 - \frac{11{,}2}{3}\right)} = 28{,}3 \frac{\text{килогр.}}{\text{кв.см.}}$$

Фиг 24



Напряженіе желѣза

$$\sigma_e = \frac{535000}{16{,}03 \times \left(37{,}5 - \frac{11{,}2}{3}\right)} = 988 \frac{\text{килогр}}{\text{кв.см.}}$$

§ 25. Оборудованіе водоемныхъ зданій.

А. Опишемъ сначала расположеніе трубопроводовъ

въ водоемномъ зданіи съ однимъ бакомъ. Схема расположенія показана на черт. 19. въ двухъ разрѣзахъ и планѣ. Зданіе оборудовано трубами нагнетательными, разводящими и сливными. Эти трубопроводы называются также стояками. Всѣ отверстія для пропуска трубъ черезъ днище бака, въ томъ случаѣ, если бакъ желѣзный, желательно дѣлать въ центральномъ листѣ днища. Такое расположеніе даетъ возможность производить все относящееся къ сборкѣ и пригонкѣ фасонныхъ частей стояковъ, соприкасающихся съ днищемъ бака, не на мѣстѣ работъ, а на заводѣ, выполняющемъ металлическія части.

Всѣ трубопроводы желательно дѣлать съ раструбными соединеніями, чтобы имѣть возможность на мѣстѣ работъ придать опредѣленнымъ частямъ требуемую длину. Только мѣста соединенія стояковъ съ днищемъ бака и съ задвижками дѣлаются фланцевыми.

Нагнетательныя трубы располагаются въ видѣ стояка съ діаметромъ, равнымъ діаметру трубъ нагнетательной линіи, и входящаго въ водоемное зданіе колѣномъ № 18, имѣющимъ прилитую фундаментную плиту съ ребрами и фундаментными болтами. Далѣе стоякъ идетъ черезъ днище бака и заканчивается сливнымъ колѣномъ № 22. Въ виду

происходящаго при наполненіи бака водою прогиба днища его возможенъ изломъ стояка; во избѣжаніе этого на стоякѣ устанавливается сальниковый аппаратъ (дилятаціонный приборъ) № 20. Онъ необходимъ также для регулированія удлиненій и укороченій трубъ при температурныхъ колебаніяхъ и для смягченія передачи ударовъ напорныхъ трубъ на днище бака во время подачи воды насосомъ съ водокачки.

Тройникъ № I7 предназначенъ для соединенія напорнаго стояка съ разводящимъ на случай промывки напорной линіи водою изъ бака. Это соединеніе даетъ также возможность производить накачиваніе воды насосомъ непосредственно въ разводящую станціонную сѣть, минуя водоемное зданіе. Для этого выливное колѣно напорнаго стояка закрывается глухимъ фланцемъ, открывается задвижка № I5 на соединеніе стояковъ и задвижка на разводящей линіи.

Сливныя трубы. Назначеніе ихъ состоитъ въ отводѣ избытка воды при наполненіи бака выше извѣстнаго предѣльнаго уровня. Сливной стоякъ начинается въ бакѣ воронкой № 3I, располагаемой на уровнѣ предѣльнаго горизонта воды, на нѣсколько сантиметровъ (обычно 6 - 8) ниже края бака. На сливной трубѣ также, какъ и на напорной устанав-

ливается сальникъ № 20 ; внизу сливная труба входитъ въ колѣно съ подставкой № 18, отъ котораго дѣлается выпускъ наружу водоемнаго зданія въ станціонный водостокъ. Посредствомъ колѣна № 19 и тройника № 17 къ сливному стояку присоединяются грязевыя трубы. Назначеніе послѣднихъ - удалять скапливающіяся на днѣ бака осадки. Для выпуска грязи служитъ задвижка № 16.

Разводящія трубы. Разводящія трубы подходятъ къ водоемному зданію съ двухъ сторонъ и соединяются общимъ тройникомъ № 4, имѣющимъ фундаментную плиту съ ребрами и болтами, отъ котораго идетъ стоякъ къ баку. Разводной стоякъ заканчивается въ нижней части бака желѣзной оцинкованной дырчатой сѣткой № 1. Послѣдняя должна нѣсколько возвышаться надъ днищемъ бака, дабы не допускать въ разводящія трубы частицъ песку, мути и вообще грязи, каковыя обыкновенно осаждаются на днѣ бака.

Отъ разводного стояка сдѣланъ отвѣтвленіе къ наружному водоразборному крану К помощью желѣзныхъ газовыхъ трубъ малаго діаметра (напримѣръ, колѣнчатаго I $\frac{1}{2}$") . Кранъ открывается посредствомъ колѣнчатаго рычага; на одномъ концѣ рычага имѣется противовѣсъ, держащій кранъ постоянно закрытымъ; другое же колѣно рычага соеди-

нено посредствомъ желѣзнаго стержня съ рукояткой, выведенной наружу зданія и служащей для открыванія крана.

Кромѣ разсмотрѣнныхъ стояковъ къ оборудованію водоемныхъ зданій относятся:

а). Нагрѣвательный приборъ съ необходимыми для него трубами.

Для поддержанія въ водоемномъ зданіи достаточно высокой температуры, обусловливающей незамерзаемость въ бакахъ воды, въ нижнемъ этажѣ располагается печь обычно ребристая; дымовая труба отъ этой печи діаметромъ около 5" проходитъ черезъ баки въ трубчатыхъ кожухахъ діаметромъ ∞ 8", въ предупрежденіе возможнаго перегоранія ея и заливанія въ послѣднемъ случаѣ водоемнаго зданія водой изъ баковъ. Во избѣжаніе большого давленія дымовой трубы на крышу печи труба подвѣшивается на вантахъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ (у крыши и у поясовъ верхнихъ этажей).

б). Поплавковая сигнализація. Для указанія горизонта стоянія воды въ бакѣ устраивается поплавковая сигнализація. Положеніе горизонта воды показываетъ стрѣлка на рейкѣ, соотвѣтственнымъ образомъ раздѣленной и укрѣпленной на стѣнѣ водоемнаго зданія. Стрѣлка прикрѣпляется къ грузу, подвѣшиваемому на желѣзнои цѣпочкѣ, на другомъ

концѣ которой въ бакѣ подвѣшивается мѣдный клепанный поплавокъ. Цѣпь перекидывается черезъ чугунный блокъ, укрѣпленний помощью желѣзнаго кронштейна къ стѣнкѣ бака. Въ предѣлахъ послѣдняго цѣпочка располагается въ спеціально устанавливаемой желѣзной трубѣ діаметра примѣрно I $\frac{1}{2}$" и пропускается черезъ днище бака.

в). Сигнализація на водокачку устраивается обычно автоматической, электрической. Въ дополненіе къ описанному поплавковому водомѣру въ зданіи водокачки устанавливается приборъ со звонкомъ, обращающимъ вниманіе машиниста на указанія стрѣлки водомѣра въ водоемномъ зданіи. Между обоими приборами устраивается проводъ для тока. Стрѣлка прибора въ водокачкѣ дѣлаетъ три показанія: I)„ Есть" - когда бакъ наполненъ водои, 2). „ Качай" - когда уровень воды въ бакѣ понизился до установленнаго предѣльнаго уровня и 3). „ Довольно" - когда остается подать въ бакъ небольшое количество воды. Послѣдній сигналъ очень важенъ машинисту водокачки для возможности правильно регулировать отопленіе парового котла.

г). Лѣстницы водяныхъ баковъ. Каждый бакъ водоемнаго зданія долженъ быть снабженъ лѣстницей для возможности спуска внутрь баковъ при

ихъ осмотрахъ, очисткахъ, ремонтахъ и проч. Лѣстницы обыкновенно желѣзныя, въ видѣ стремянокъ, шириной около 40 сантим.

Оборудованіе водоемныхъ зданій съ двумя баками.

Общимъ правиломъ для оборудованія водоемнаго зданія съ двумя баками должна быть возмсжность одновременной ихъ работы, а также работы каждаго изъ баковъ порознь, независимо одинъ отъ другого.

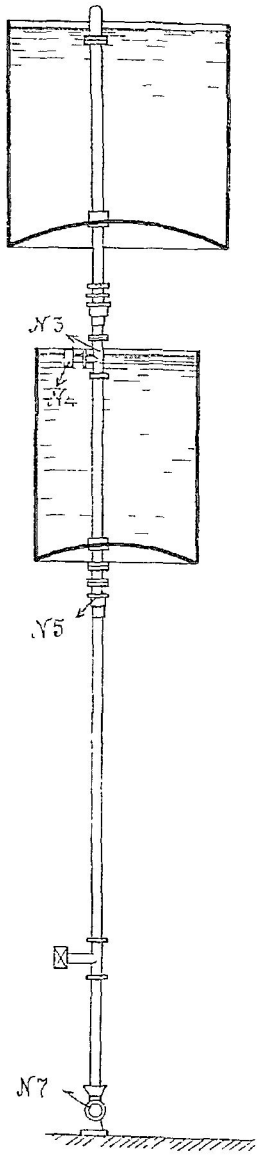
Напорныя трубы (фиг. 25) располагаются въ видѣ стояка, проходящаго черезъ днища обоихъ баковъ, и заканчивающагося сливнымъ колѣномъ № I. Тройникъ № 3 ведетъ къ автоматическому клапану № 4, закрывающемуся при наполненіи нижняго бака и открывающемуся при пониженіи уровня воды. Тройникъ № 6 предназначается для соединенія съ разводящимъ стоякомъ на случай промывки нагнетательной линіи водой изъ баковъ.

Такимъ образомъ представляется возможнымъ производить :

I). наполненіе водой обоихъ баковъ, при чемъ сначала производится наполненіе нижняго бака до предѣльнаго уровня, а затѣмъ, по закрытіи автоматическаго клапана, наполненіе верхняго бака;

2) наполненіе водой одного верхняго бака, для чего автоматическій клапанъ закрывается отъ

Ф и г. 25



руки;

3) наполненіе водой одного нижняго бака, для чего автоматическій клапанъ ставится въ соотвѣтственное положеніе.

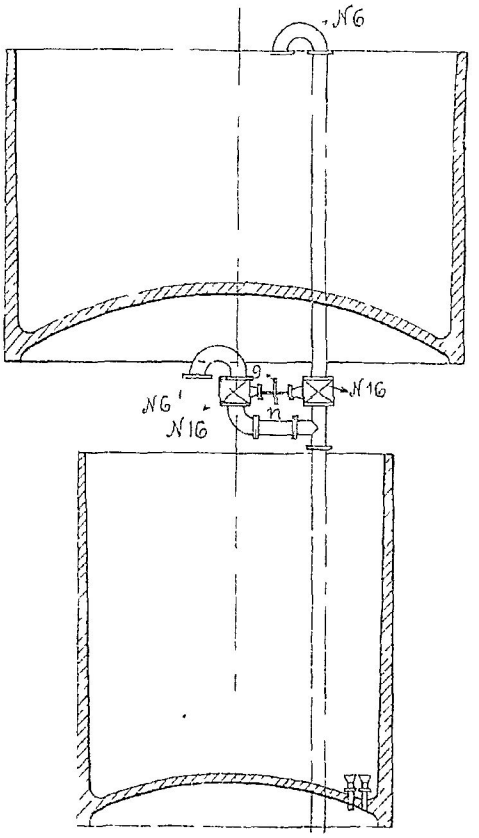
Иногда подача воды изъ напорнаго стояка въ баки производится по слѣдующей схемѣ:

Между верхомъ нижняго бака и днищемъ верхняго бака на стоякѣ ставится тройникъ № 8, къ одному фланцу котораго прикрѣплена задвижка № 5, а къ другому привернуто колѣно, имѣющее другую задвижку № 5 и выливное колѣно № 6, помощью котораго вода можетъ поступать изъ стояка въ нижній бакъ (см. фиг. 26 на стр. I53).

Задвижки № I6 соединяются особымъ аппаратомъ, констуированнымъ

такъ, чтобы при открытіи одной задвижки, автоматически и одновременно запиралась другая и обратно. Такое устройство имѣетъ своей цѣлью не допустить одновременнаго запиранія обѣихъ задвижекъ, черезъ которыя вода подается въ баки, и тѣмъ предотвратить возможность порчи трубъ и насосовъ. Для сего клинья задвижекъ № 16 соединяются въ одно цѣлое съ винтомъ; втулка маховичка о представляетъ собой гайку для этого винта и можетъ имѣть только вращательное движеніе; при вращеніи маховичка, втулка, вращаясь въ свою очередь, заставляетъ винтъ двигаться поступательно к слѣдовательно, производить закрываніе одной задвижки и въ то же время открываніе другой; такимъ образомъ, вода изъ на-

Фиг. 26.



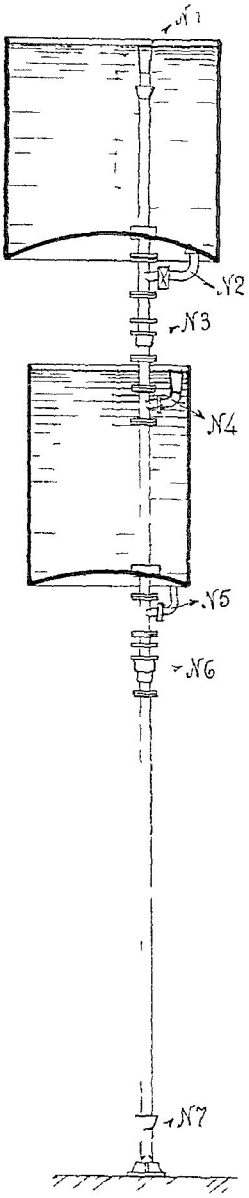
порныхъ линій всегда будетъ имѣть свободный выходъ въ тотъ или иной бакъ.

Сливныя и грязевыя трубы.

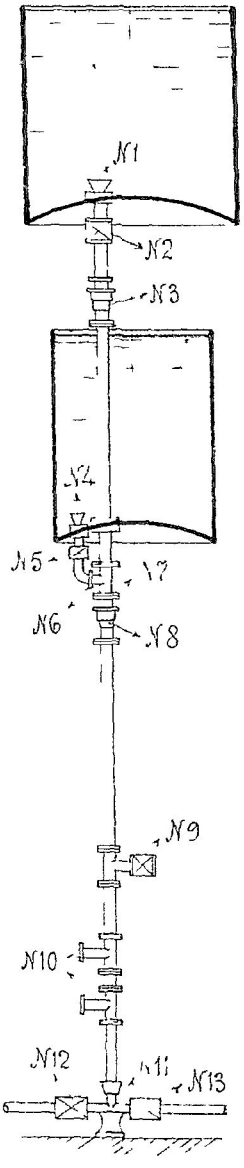
Сливная труба (фиг. 27) заканчивается въ верхнемъ бакѣ воронкой № 1; воронка нижняго бака № 4 присоединяется посредствомъ колѣна и тройника. Обѣ воронки располагаются на уровнѣ предѣльнаго положенія воды, на 80 м/м. ниже края бака.

Грязевыя трубы посредствомъ колѣна и тройника присоединяются къ стояку сливной трубы; для выска грязи имѣ-

Фиг. 27.



Фиг. 29.



ются соотвѣтствующія задвижки №№ 2 и 5. Работа сливныхъ трубъ происходитъ такимъ образомъ:

I) при работѣ обоихъ баковъ вода, послѣ наполненія нижняго бака и закрытія автоматическаго клапана, станетъ поступать въ верхній бакъ; при достиженія уровня верхней воронки, излишекъ воды будетъ переливаться въ сливную трубу.

2) при работѣ одного верхняго бака излишняя вода будетъ сливаться въ сливную трубу черезъ воронку № I, а при работѣ одного нижняго бака черезъ воронку № 4.

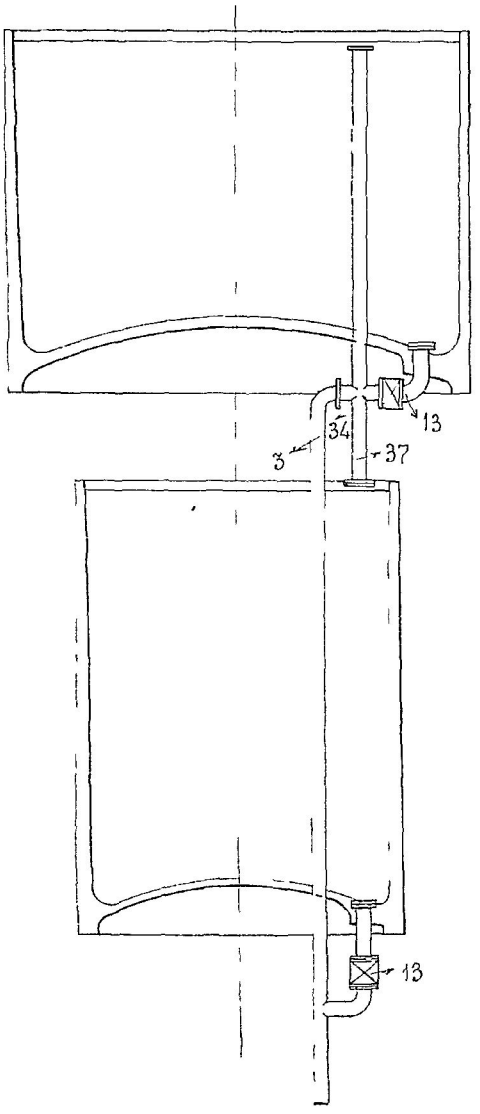
Нерѣдко устройство сливныхъ и грязевыхъ трубъ дѣлается также по слѣдующей схемѣ. Оси сливныхъ стояковъ (фиг. 28 см. стр. I56) располагаются на такомъ взаимномъ разстояніи, чтобы имѣть возможность соединить оба стояка, когда это потребуется , помощью приставного колѣна № 3. Работа трубъ происходитъ при этомъ такъ:

а). при работѣ обоихъ баковъ излишне поступающая въ верхній бакъ вода переливается по сливному стояку черезъ нижнее отверстіе крестовины № 34 и патрубка № 37 въ нижній бакъ, а послѣ наполненія его излишекъ поступающей воды вытекаетъ наружу по сливному стояку а.

б). при работѣ одного нижняго бака слѣдуетъ привернуть къ патрубку и крестовинѣ глухіе фланцы и

тогда излишекъ воды будетъ удаляться по стояку а

Ф и г. 28



в). при работѣ одного верхняго бака надлежитъ вставить на мѣсто приставное колѣно № 3 и заглушить отверстіе патрубка № 37.

г). спускъ грязи производится открываніемъ задвижки № I3.

Возводящія трубы. (фиг. 29, см. стр. I54).

Возводящая труба проходитъ черезъ оба бака и въ верхнемъ бакѣ заканчивается дырчатой, желѣзной, оцинкованной сѣткой № I. Въ сѣткѣ № 4, забирающей воду изъ нижняго бака, дѣлается отъ стояка отводъ, на которомъ устанавливаетсязадвижка отъ нижняго бака № 5 и обратный клапанъ № 6, необходимый при совмѣстной ра-

ботѣ обоихъ баковъ. На разводящей трубѣ устанавливаются 3 тройника: два тройника № 10 для промывки напорныхъ линій или подачи воды въ разводящую сѣть станціи, минуя баки, и одинъ тройникъ № 9 для отвѣтвленія къ наружному водоразборному крану.

Работа при этомъ происходитъ слѣдующимъ образомъ:

1) при работѣ обоихъ баковъ вода будетъ поступать въ сѣть сначала изъ верхняго бака, въ виду большаго напора, при чемъ поступленію ея въ нижній бакъ будетъ препятствовать обратный клапанъ. Послѣдній начнетъ автоматически пропускать воду изъ нижняго бака при опорожненіи верхняго или выключеніи послѣдняго посредствомъ задвижки № 3.;

2) при работѣ одного верхняго бака должна быть закрыта задвижка отъ нижняго бака;

3) при работѣ одного нижняго бака должна быть закрыта задвижка отъ верхняго бака

4) при промывкѣ нагнетательной линіи закрываются задвижки на разводящей сѣти и открывается задвижка, соединяющая напорный и разводной стояки.

Прочее оборудованіе водоемнаго зданія съ двумя баками отопленіе, сигнализація и т.д. таково же, какъ и въ зданіяхъ съ однимъ бакомъ.

§ 26. Водонапорные резервуары .

На станціяхъ, находящихся на косогорахъ, а также у подошвы холмовъ или горъ, съ подъемомъ послѣднихъ въ нѣсколько саженъ надъ головой релвсовъ, взамѣнъ водоемныхъ зданій могутъ устраиваться водонапорные резервуары съ расположеніемъ ихъ днищъ на отмѣткѣ, зависящей отъ требуемаго напора въ разводящей водопроводной сѣти станціи. При этомъ достигаются: 1) удешевленіе стоимости устройства, 2) быстрота и упрощеніе исполненія работъ, 3) долговѣчность сооруженія и 4) удешевленіе содержанія сооруженія въ исправности.

Выгода замѣны водоемнаго зданія водонапорнымъ резервуаромъ имѣетъ, однако, свой предѣлъ. Чѣмъ дальше отъ станціи находится холмъ или гора достаточной высоты, тѣмъ болѣе удлиняется прокладка трубъ нагнетательной - отъ водокачки къ резервуару и разводящей - отъ резервуара къ водоразборнымъ кранамъ. Значеніе упомянутаго предѣла зависитъ отъ соотношенія въ каждомъ данномъ случаѣ цѣнъ на трубы, строительные матеріалы, рабочія руки и проч.

Резервуары строятся каменными или желѣзобетонными и представляютъ собой водоемы съ непроницаемыми днищами и стѣнками, съ вмѣстимостью, ко-

торая должна быть опредѣляема точно также, какъ и емкость баковъ водоемныхъ зданій. Въ зависимости отъ вмѣстимости резервуары устраиваются одиночными и двойными. На черт. 20 показанъ двойной желѣзобетонный водонапорный резервуаръ; онъ состоитъ изъ двухъ баковъ, соединенныхъ между собой колодцемъ, въ которомъ помѣщаются задвижки для управленія трубами и другая водопроводная арматура. Баки образованы вращеніемъ полукруга около вертикальной оси. Днище бака представляетъ собой обратный куполъ сострѣлой около 1/10 діаметра бака понизу. Въ вершинѣ купола сдѣлано углубленіе для удаленія остатка воды. Въ центрѣ купола каждаго бака устроенъ свѣтовой люкъ съ вентиляціонной трубой. Для предупрежденія замерзанія воды въ зимнее время и нагрѣванія лѣтомъ резервуаръ обсыпанъ слоемъ земли, толщиной въ шелыгѣ перекрытія около аршина и на линіи горизонта воды около полутора аршинъ. Ниже земля спускается полуторнымъ откосомъ. Стѣны бака опираются на фундаментное кольцо; послѣднее должно передавать вѣсъ земляной засыпки и бака съ водой на грунтъ. Желѣзобетонное днище бака уложено на слой тощаго бетона 1:5:8 толщиной 15 см., подъ которымъ уплотненъ и выравненъ грунтъ. Вслѣдствіе незначительной толщины частей

бака, бетонъ составленъ исключительно изъ песка и портландскаго цемента безъ примѣси гравія или щебня, дабы обезпечить надежное заполненіе узкихъ зазоровъ между формами, служащими для бетонированія и предупредить образованіе раковинъ или пустотъ.

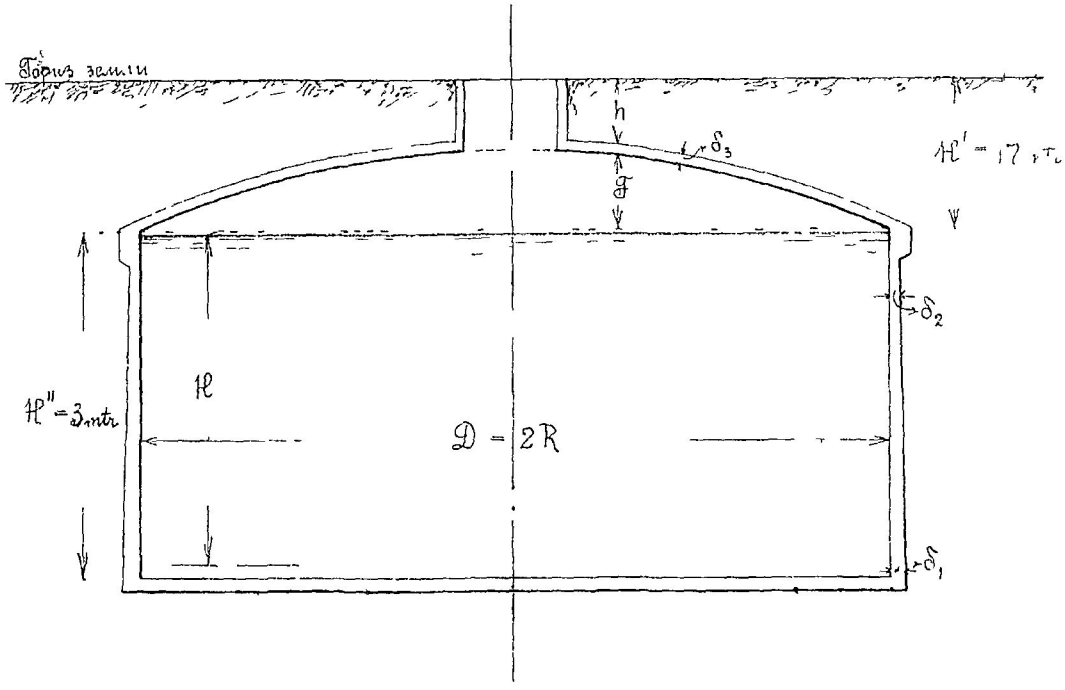
Оборудованіе водонапорныхъ резервуаровъ.

Также какъ и въ водоемныхъ зданіяхъ, въ водонапорныхъ резервуарахъ располагаются слѣдующія трубы: нагнетательныя отъ водокачки, разводящія къ водоразборнымъ кранамъ станціи и сливныя для спуска излишней воды при переполненіи резервуаровъ. Для пропуска всѣхъ этихъ трубъ черезъ стѣнки резервуаровъ, въ нихъ во время производства работъ задѣлываются спеціальные фасонные фланцевые патрубки, при чемъ поверхность послѣднихъ въ мѣстахъ соприкосновенія съ бетономъ не асфальтируется. Расположеніе трубопроводовъ и задвижекъ на нихъ должно допускать какъ совмѣстную работу обоихъ резервуаровъ, такъ и работу отдѣльно каждаго изъ нихъ, независимо отъ другого.

§ 27. Примѣръ разсчета водонапорнаго резервуара.

Приведемъ примѣръ разсчета желѣзобетоннаго резервуара емкостью на 10 кб.саж., показаннаго на

Фиг. 30.



Геометрическіе элементы резервуара слѣдующіе:

Діаметръ резервуара ..... D = 2R = 6,50 м.

Полезная глубина воды ... H = 2,95 метр.

Радіусъ внутренней поверхности купольнаго покрытія r = 7,73 метр.

Емкость резервуара при этихъ размѣрахъ составитъ

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times H}{4} = \frac{\pi \times 6,5^2 \times 2,95}{4} = 97,7 \text{ кб.м.} \approx 10 \text{ кб.саж.}$$

Разсчетъ стѣнокъ резервуара.

Разсчетъ прочности цилиндрической части резервуара долженъ быть производимъ въ двухъ предположеніяхъ: I) что резервуаръ опорожненъ и находится подъ дѣйствіемъ давленія земли снаружи и 2) что резервуаръ наполненъ водой и не обсыпанъ землей.

I. Давленіе земли на I кв. сантим. поверхности цилиндрической стѣнки на глубинѣ h сантим. отъ поверхности земли опредѣляется по формулѣ:

$$e = 0{,}001 \times \Delta \times h \times tg\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \frac{\text{килогр.}}{\text{на кв.см.}}$$

гдѣ Δ – вѣсъ I куб.сантим. земли,

φ – уголъ естественнаго откоса ея.

Принимая, какъ это обычно дѣлается

$\Delta = 1{,}65$ $\varphi = 30^\circ$ и $tg\left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right) = 0.335$

найдемъ

$$e = 1{,}65 \times h \times 0{,}001 \times 0{,}335 = 0{,}00055h \frac{\text{кил.на}}{\text{кв. см.}}$$

Напряженіе бетона на сжатіе, пренебрегая сопротивленіемъ арматуры, найдемъ по формулѣ

$$\sigma_b = \frac{e \times R}{\delta} = 0{,}00055 \times 325 \times \frac{h}{\delta} = 0{,}179 \times \frac{h}{\delta}$$

откуда

$$\delta \geq \frac{0{,}179\,h}{30} = \sim 0{,}0006\,h$$

при чемъ 30 – допускаемое напряженіе бетона на

сжатіе;

при $h = H' + H'' = 170 + 300 = 470$ см.(у днища резервуара).

$$\delta_1 \geq 0{,}0006 \times 470 \geq 2{,}82 \text{ см.}$$

Принято $\delta_1 = 10$ см. $> 2{,}82$ см.

При $h = H' = 170$ см.

$$\delta_2 \geq 0{,}0006 \times 170 \geq 1{,}02$$

Принято $\delta_2 = 8$ см. $> 1{,}02$ см.

Въ случаѣ наполненія водой резервуара, незасыпаннаго землею, разсчетъ производится въ предположеніи, что всѣ растягивающія усилія воспринимаются только арматурой, уложенной кольцами. Разсчетъ этотъ производится совершенно такъ же, какъ и для желѣзобетонныхъ цилиндрическихъ баковъ водоемныхъ зданіи (см. ранѣе).

Въ данномъ случаѣ кольцевая арматура расположена слѣдующимъ образомъ.

На глубинѣ до 0,9 метра положена арматура изъ прутьевъ діаметра $\frac{5''}{16}$, при разстояніи между прутьями въ 15 сантим.

Далѣе уложена арматура изъ прутьевъ діам. $\frac{3''}{8}$, при этомъ :

на глубинѣ до 1,35 мтр. разстояніе между прутьями ..... $a = 12{,}5$ см.

" " " 1,83 мтр. " " $a = 11$ "

" " " 2,13 мтр. " " $a = 9$ "

на глубинѣ до 2,69 м. разстояніе между прутьями ..... a = 7,5 см.

" " " 2,95 " " " a = 7 "

Для выясненія вопроса о возможности появленія трещинъ въ стѣнкахъ резервуара должно быть опредѣлено напряженіе бетона на растяженіе при совмѣстной его работѣ съ желѣзомъ.

Величина растягивающаго усилія въ поясѣ стѣнки высотои a сантим., находящемся на глубинѣ отъ поверхности воды, опредѣляется по формулѣ:

$$Z = \frac{h \times R \times a}{1000} \quad \text{килогр.}$$

Этому усилію сопротивляется площадь бетона $\delta \times a$, при чемъ δ - толщина стѣнки въ сантим., a равно разстоянію между кольцами арматуры.

Напряженіе бетона будетъ

$$\sigma_b = \frac{Z}{\delta \times a + 15 \times f_e}$$

гдѣ f_e - площадь кольцевой арматуры разсматриваемаго пояса.

Напряженіе желѣза

$$\sigma_e = 15 \times \sigma_b$$

Такъ, напримѣръ, для глубины h = 295 см. , гдѣ

a = 7 см. и δ = 10 см.

$a \times \delta$ = 70 см., площ. прута d = $\frac{3}{8}$",

f_e = 0,7118 см.^{2}, $15 \times f_e = 15 \times 0,7118 = \sim 10,7$ см.^{2},

$a \times \delta + 15 f_e = 70 + 10,7 = 80,7$ см.^{2}, $Z = 672$ кил.,

$\sigma_b = 8,3 \frac{\text{кил.}}{\text{см.}^2}$ и $\sigma_e = 15 \times 8,3 = 125 \frac{\text{кил.}}{\text{см.}^2}$

Разсчетъ купольнаго перекрытія .

Средній радіусъ купола равенъ:

$$R_0 = 7,73 + 0,04 = 7,77 \text{ мтр.}$$

$$L = 6,50 + 0,08 = 6,58 \text{ "}$$

$$h = 7,77 - \sqrt{7,77^2 - \frac{6,58^2}{4}} = 0,73 \text{ м.}$$

Нагрузки .

Постоянная нагрузка:

Собственный вѣсъ I кв. метр. купола при толщинѣ его въ 8 сант.

$$g = 0,08 \times 2400 = 192 \text{ килогр.}$$

Земляная засыпка купола

$$1 \times 1650 = 1650 \text{ килогр.}$$

Временная нагрузка (отъ снѣга, вѣтра и проч.)

150 килогр.

всего $p = 1992$ килогр.

Принимаемъ $p = 2000 \frac{\text{килогр.}}{\text{на кв. см.}}$

Разсчетъ произведемъ по формуламъ, указаннымъ въ Handbuch für Eisenbetonbau (II изд., V т. стр. 385 и далѣе).

Нагрузку принимаемъ равномѣрно распредѣленною по горизонтальной проекціи купола.

Напряженіе по направленію меридіана $M = -\frac{pr}{2}$

Напряженіе въ горизонтальномъ направленіи

$$S = \frac{p\left(r^2 - 4rx + 2x^2\right)}{2r}$$

гдѣ r - радіусъ купола

x - высота соотвѣтственнаго шарового сегмента, въ основаніи котораго опредѣляется напряженіе:

а) въ вершинѣ купола -

$$S = M = \frac{pr}{2} = \frac{2000 \times 7,77}{2} = 7770 \text{ кил.метр.}$$

б) у опорнаго кольца при $x = 0,73$ м.

$$M = \frac{2000 \times 7,77}{2} = 7770 \text{ кил.метр.}$$

$$S = \frac{2000 \times \left(7,77^2 - 4 \times 7,77 \times 0,73 + 2 \times 0,73^2\right)}{2 \times 7,73} = \sim 5000 \text{клгр.}$$

Напряженіе купола не принимая во вниманіе напряженія арматуры:

напряженія, вызываемыя слагающей M -

въ ключѣ $\frac{7770}{100 \times \delta_3} = \frac{7770}{100 \times 8} = 9,70 \frac{\text{килогр.}}{\text{сантим}^2}$

въ пятѣ $\frac{7770}{100 \times \delta_3} = \frac{7770}{100 \times 8} = 9,70 \frac{\text{килогр.}}{\text{сантим}^2}$

напряженія, вызываемыя слагающей S -

въ ключѣ $\frac{7770}{100 \times 8} = 9,7 \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$

въ пятѣ $\frac{5000}{100 \times 8} = 6,3 \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$

Несмотря на допустимыя для бетона напряженія въ запасѣ прочности закладывается перекрестная арматура по 7 прутьевъ $d = \frac{1}{4}''$ на пог. метръ.

Разсчетъ опорнаго кольца купола.

Растягивающее усиліе

$$Z = M \cdot \frac{\zeta - x}{\zeta} \cdot y = \frac{7770 \times (7,77 - 0,73)}{7,77} \times \frac{6,58}{2} = 23000 \text{ кил.}$$

Требуемая площадь сѣченія арматуры

$$f_e = \frac{23000}{1000} = 23 \text{ кв.сантим.}$$

Принято :

6 прутьевъ $d = \frac{7}{8}''$, съ площадью $6 \times 3,87 = 23,22 \text{ см.}^2 > 23.$

Разсчетъ днища резервуара .

Разсчетъ прочности днища производятъ въ двухъ предположеніяхъ 1) на давленіе грунтовой воды на него снизу при опорожненномъ резервуарѣ. Если наибольшая высота и стояніе грунтовой воды относительно днища равна h' метр., то гидростатическое давленіе на днище равно:

$$p' = 1\,01 \times h' \ \frac{\text{килогр.}}{\text{на кв.см.}}$$

этой силѣ противодѣйствуетъ вѣсъ днища; при толщинѣ его δ сантим. сила противодѣйствія равна

$$p'' = \delta \times 2,4 \times 0,001 = 0,0024\ \delta \ \frac{\text{килограммъ}}{\text{на кв.сант.}}$$

Такимъ образомъ сила, выпирающая дно резервуара вверхъ, равна

$$p = p' - p'' = \left(0,1 \times h' - 0,0024 \times \delta\right) \frac{\text{килограммъ}}{\text{на кв.сант.}}$$

Чаще приходится дѣлать повѣрку прочности днища въ другомъ предположеніи, а именно считая днище равномѣрно-нагруженнымъ противодавленіемъ грунта отъ собственнаго вѣса пустого резервуара и вѣса земляной засыпки.

Произведемъ разсчетъ, принимая второе предположеніе.

Вѣсъ земли, приходящійся на куполъ резервуара

$$P_1 = \gamma \times v$$

при чемъ $v = H' \times \frac{\pi \times D^2}{4} - \frac{1}{3} \times \pi \times F^2 \left(3\tau - F\right)$

при $H' = 1,7$ м., $D = 6,5$ м., $F = 0,7$ м. и $\tau = 7,73$ м.

$$v = 1,7 \times 3,14 \times \frac{6,5^2}{4} - \frac{1}{3} \times 3,14 \times 0,7^2 \left(3 \times 7,73 - 0,7\right) =$$

$= \sim 45$ куб.метр.

При вѣсѣ земли въ 1685 кил. въ куб. метрѣ

$$P_1 = 1685 \times 45 = 75825 \text{ клгр.}$$

Вѣсъ цилиндрической части резервуара

$$P_2 = 2400 \times \pi \times D \times H'' \times \left(\frac{\delta_1 + \delta_2}{2}\right) = 2400 \times 3,14 \times 6,5 \times 3 \times 0,09 =$$

$= 13188$ килогр.

Вѣсъ купола резервуара

$$P_3 = 2400 \times \delta_3 \times 2\pi \times 2 \times F = 2400 \times 0,08 \times 2 \times 3,14 \times 7,73 \times 0,7 =$$
$= 6528$ килогр.

Полная нагрузка

$$P = p_1 + p_2 + p_3 = 95541 \text{ килогр.}$$

На одинъ кв. сантим. днища приходится нагрузка

$$p = 0,58 \ \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}.$$

Для круглаго диска радіуса R толщиной δ, подверженнаго равномѣрному давленію $p \ \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$ наибольшее напряженіе посрединѣ диска равно по Баху:

$$\sigma_{max} = \varphi \times \frac{R^2}{\delta^2} \times p \ ,$$

при чемъ φ - принимается отъ 0,80 до I,2 въ зависимости отъ прочности задѣлки диска по периметру.

Принимая для φ среднее значеніе и имѣя въ виду, что для прямоугольнаго сѣченія шириной I, высотой δ

$$\sigma = \frac{M \times 6}{\delta^2}$$

найдемъ, что

$$M = \frac{p \times R^2}{6}$$

при $p = 0,58 \ \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$ и $R = 325$ см.

$$M = 0,58 \times \frac{325^2}{6} = 10210 \text{ кил.сантим.}$$

Днище резервуара проектировано въ видѣ желѣзобетонной плиты толщиной I0 см. съ арматурой изъ прутьевъ діам. $\frac{I''}{4}$ по II шт. на I пог.метръ.

Тогда

$$h' = h - a = 8,7 \text{ см.}$$

$$b = 100 \text{ сантим.}$$

$$f_e = 3,49 \text{ сантим.}$$

Положеніе нейтральной оси

$$x = \frac{n \times f_e}{b} \times \left(\sqrt{1 + \frac{2 \times b \times h'}{n \times f_e}} - 1 \right) =$$

$$= \frac{15 \times 3,49}{100} \times \left(\sqrt{1 + \frac{2 \times 100 \times 8,7}{15 \times 3,49}} - 1 \right) =$$

$$= 2,59 \text{ см.}$$

Напряженіе бетона

$$\sigma_b = \frac{2M}{b \times x \times \left(h' - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2 \times 10210}{100 \times 2,59 \times \left(8,7 - \frac{2,59}{3}\right)} =$$

$$= \sim 10 \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}.$$

$$\sigma_e = \frac{M}{f_e \left(h' - \frac{x}{3}\right)} = \frac{10210}{3,49 \times \left(8,7 - \frac{2,59}{3}\right)} =$$

$$= \sim 400 \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}.$$

Давленіе на грунтъ.

Общая нагрузка, передаваемая резервуаромъ на грунтъ, составляется 1) изъ собственнаго вѣса, 2) изъ вѣса воды и 3) изъ вѣса земляной засыпки.

Вѣсъ засыпки по предыдущему равенъ 75825 кил.

Вѣсъ цилиндрической части резервуара и его ку-

пола равенъ 19716 килогр.

Вѣсъ днища резервуара равенъ

$$\frac{\pi \times D^2}{4} \times \delta \times 2400 = \frac{3,14 \times 6,5}{4} \times 0,10 \times 2400 =$$

$$= 33,18 \times 0,1 \times 2400 = 7993 \text{ килогр.}$$

Полная нагрузка на грунтъ безъ вѣса воды

$$P' = 75825 + 19716 + 7993 = 103534 \text{ килогр.}$$

Вѣсъ воды въ резервуарѣ будетъ:

$$3,14 \times \frac{6,5^2}{4} \times 2,95 \times 1000 = 33,18 \times 2,95 \times 1000 = 97881 \text{ кил.}$$

Давленіе на грунтъ

$$P = 103534 + 97881 = 201415 \text{ килогр.}$$

Давленіе на 1 кв.сант. грунта

$$n = \frac{201415}{33,18 \times 10000} = 0,61 \ \frac{\text{кил.}}{\text{см}^2}$$

§ 28. Водонапорные резервуары значительной емкости.

Резервуары разсмотрѣннаго типа, но значительно большей емкости примѣняются при проведеніи желѣзныхъ дорогъ по безводнымъ мѣстностямъ, когда устройство для каждой станціи самостоятельнаго водоснабженія не представляется возможнымъ за отсутствіемъ достаточнаго числа надежныхъ и не слишкомъ удаленныхъ источниковъ. Въ подобныхъ случаяхъ приходится прибѣгать къ слѣдующей схемѣ водоснабженія безводнаго участка дороги: на одной изъ

станцій въ началѣ участка устраивается водоснабженіе съ большимъ водоемомъ на нѣсколько десятковъ или сотенъ куб. саженъ; изъ него вода или направляется самотекомъ или перекачивается насосами на другія станціи по трубопроводамъ,укладываемымъ вдоль полотна дороги, на которыхъ также строятся водонапорные резервуары. Водоемы въ началѣ линіи и въ серединѣ ея дѣлаются значительно большаго размѣра сравнительно съ остальными и служатъ такимъ образомъ запасными водохранилищами для всей сѣти.

Такая схема водоснабженія принята напримѣръ на Александрополь - Эриванской жел.дорогѣ, Оренбургъ - Ташкентской, на линіи Одесса - Бахмачъ и др.

Резервуары устраиваются желѣзобетонными, круглыми, съ купольными (черт 21.) или плоскими ребристыми перекрытіями (черт.22.) резервуары обычно двоиные.

Обѣ половины соединяются между собой регулирующей камерой, въ которой помѣщаются нагнетательныя, всасывающія или вмѣсто нихъ разводящія , спускныя и сливныя трубы, съ соотвѣтствующими задвижками для управленія ихъ дѣйствіемъ. Иногда надъ регуляціонной камерой устраивается небольшая будка, деревянная или кирпичная, въ

которой помѣщаются маховики отъ задвижекъ, находящихся въ регуляціонной камерѣ. На черт. 23. въ планѣ показана регуляціонная камера съ трубопроводами изъ задвижками. При сильныхъ морозахъ соединительныя трубы въ регуляціонной камерѣ могутъ замерзнуть; для устраненія этой опасности въ камерѣ устанавливается печь (часто круглая, желѣзная). Внутри резервуары оштукатуриваются цементнымъ растворомъ толщиной слоя $\frac{3}{4}$" - 1", съ затиркой штукатурки, желѣзненіемъ ея, а иногда и съ флюатированіемъ дна и боковыхъ стѣнокъ во избѣжаніе просачиванія воды. Для осмотра и очистки резервуаровъ въ каждомъ изъ нихъ въ покрытіи устраиваются лазы, черезъ которые до днищъ опускаются желѣзныя лѣстницы. Отверстія лазовъ укрѣпляются по периметру угловымъ желѣзомъ, къ которому придѣлываются петли запирающихся на замокъ люковъ.

Каждый изъ резервуаровъ снабжается одной или нѣсколькими вентиляціонными трубами; послѣднія прикрываются чугунными на болтахъ колпаками, предупреждающими случайное или умышленное попаденіе въ резервуары постороннихъ предметовъ. Для общей характеристики укажемъ главные размѣры цилиндрическихъ резервуаровъ, построенныхъ на ст. Илларіоново-Екатерининской жел. дороги

(двухъ резервуаровъ по)

Емкость каждого резервуара ..... 68 куб.

Внутренній діаметръ у дна .....D_1 = 18,7 м.

" " у пятъ свода ... D_2 = 14,1 "

Толщина цилиндрическихъ стѣнъ у дна.....40 см.

" " " у пятъ свода 20 "

Высота цилиндрическихъ стѣнъ отъ

обрѣза фундамента до пятъ свода ..... 5,05 м.

Высота слоя воды въ резервуарѣ.....4,50 "

Радіусъ очертанія внутренней поверхности

купола .....14,10"

Стрѣла подъема свода .....1,90"

Толщина свода ..... 12 см.

Для укрѣпленія свода устроено 18 радіальныхъ реберъ въ видѣ желѣзобетонныхъ балокъ, размѣры которыхъ: у лѣка резервуара h = 20 см., b = 18 см. и у пятъ свода h = 40 см., b = 18 см.

Фундаментъ подъ всей окружностью цилиндрическихъ стѣнъ имѣетъ размѣры: h = 50 см., ширину 80 см.

Дно резервуара устроено съ уклономъ въ 0,05 м. отъ периметра стѣнъ къ выпускной трубѣ, имѣетъ толщину 0,2 м. и укрѣплено 9 продольными и 3 поперечными балками сѣченіемъ 0,4× 0,2 метра.

Въ стѣну резервуара заложены горизонтальныя кольца изъ круглаго желѣза слѣдующимъ образомъ:

на протяженіи I - го метра отъ дна	5	ко - лецъ	$d=\frac{7}{8}$ дюйма
	ж5	"	$d=\frac{3}{4}$ "
на протяженіи 2 - го метра	I0	"	$d=\frac{5}{8}$ "
" " 3 - го "	I0	"	$d=\frac{I}{2}$ "
" " 4 - го "	I0	"	$d=\frac{3}{8}$ "
" " 5 - го "	5	"	$d=1\frac{1}{8}$ "
	ж6	"	d=I,0"
итого.....	2I	кольцо.	

Во всю высоту стѣнъ каждаго резервуара заложены вертикальные прутья $d=\frac{I7}{32}$ дюйма черезъ каждые 0,I0 метр.; всего 446 шт. вертикальныхъ прутьевъ.

Въ куполѣ резервуара заложены горизонтальныя кольца изъ круглаго желѣза слѣдующимъ образомъ:

на протяженіи I-го метра длины вертикальнаго сѣченія свода, начиная отъ его пятъ -	I0	ко- лецъ	d=I,0"
на протяженіи 2-го метра	I0	"	$d=\frac{7}{8}$"
" " 3-го "	I0	"	$d=\frac{3}{4}$"
" " 4-го "	I0	"	$d=\frac{5}{8}$"
" " 5-го "	I0	"	$d=\frac{9}{16}$"
" " 6-го "	I0	"	$d=\frac{I}{2}$"
" " 7-го "	9	"	$d=\frac{I}{2}$"
и Iфонарн.			d=I,0
итого.....	70	колецъ.	

По направленію вертикальныхъ сѣченій купола черезъ каждые 0,10 метр. горизонтальныхъ сѣченій купола заложены круглые желѣзные прутья $d=\frac{1}{2}''$.

Въ стѣнахъ люка заложено 12 горизонтальныхъ колецъ изъ желѣза $d=\frac{5}{8}''$ и 30 вертикальныхъ прутьевъ $d=\frac{5}{16}''$

Въ каждомъ изъ 15 радіальныхъ реберъ купола заложено по 4 продольныхъ прута изъ круглаго желѣза $d=\frac{7}{8}''$.

Въ днище резервуара заложена сѣтка изъ круглыхъ прутьевъ $d=\frac{5}{16}''$, расположенныхъ въ разстояніи 0,10 метр. другъ отъ друга и, кромѣ того, въ нижней части каждаго ребра, усиляющаго дно, заложено по 4 прута $d=\frac{3}{4}''$.

Въ фундаментѣ подъ стѣнами резервуара заложены горизонтальныя кольца въ двухъ плоскостяхъ въ уровнѣ сѣтки дна резервуара 6 колецъ $d=\frac{5}{16}''$ и въ разстояніи одного дюйма отъ низа фундамента 6 колецъ изъ круглаго желѣза $d=\frac{7}{8}''$.

ГЛАВА IV.

РАЗВОДЯЩІЕ ВОДОПРОВОДЫ.

§ 29. Общее начертаніе разводящей сѣти.

Общее начертаніе разводящей сѣти желѣзнодорожнои станціи опредѣляется I) мѣсторасположеніемъ водоемнаго зданія и водоразборныхъ крановъ т.е. мѣстъ потребленія воды и 2) расположеніемъ различныхъ сооруженіи какъ гражданскихъ (жилые дома, пассажирское зданіе, паровозное депо ит.д.) такъ и искусственныхъ (поворотные круги, вѣсовые помосты и т.п.) ,такъ какъ къ первымъ надо подвести воду, а вторыя необходимо обойти; кромѣ того слѣдуетъ стремиться избѣгать по возможности излишнихъ пересѣченій водопроводныхъ трубъ со станціонными путями, такъ какъ иначе при всякихъ ремонтахъ или перекладкахъ трубъ придется устраивать дорого стоящія укрѣпленныя траншеи, дабы производить работы безъ перерыва движенія поѣздовъ. Мѣста установки крановъ опредѣляются характеромъ послѣднихъ. Что же касается расположенія водоемнаго зданія, то таковое: I) не должно препятствовать въ будущемъ развитію станціонныхъ путей 2) должно быть достаточно удалено отъ ближайшаго станціоннаго пути, чтобы сотрясенія грунта, происходящія отъ прохода поѣздовъ, не оказывали вліянія на прочность стѣнъ зданія и

3) должно отвѣчать наивыгоднѣйшему распредѣленію воды по разводящимъ трубамъ.

Для соблюденія первыхъ двухъ уловій по техническимъ условіямъ для проектированія магистралеи требуется, чтобы разстояніе водоемнаго зданія отъ ближайшаго станціоннаго пути было не менѣе 7 саженъ. Въ большинствѣ случаевъ разводящая сѣть желѣзнодорожныхъ станцій имѣетъ видъ разомкнутыхъ развѣтленныхъ водопроводовъ, состоящихъ изъ магистралей и примыкающихъ къ нимъ отдѣльныхъ вѣтвей, идущихъ къ водоразборнымъ кранамъ. Въ болѣе рѣдкихъ случаяхъ, напримѣръ, при устроиствѣ противопожарныхъ водопроводовъ главныхъ мастерскихъ, большихъ товарныхъ складовъ и, вообще, большихъ станцій разводящая сѣть имѣетъ сомкнутое кольцевое очертаніе.

Разводящая сѣть, устроенная по кольцевой системѣ, имѣетъ значительныя преимущества передъ не сомкнутымъ расположеніемъ водопроводныхъ линій въ слѣдующихъ отношеніяхъ. При развѣтленныхъ водопроводахъ діаметръ каждой вѣтви долженъ опредѣляться по наибольшему расходу воды, при чемъ даже при увеличеніи діаметра трубъ, которое, какъ само собой разумѣется, не можетъ быть весьма большимъ, въ отдѣльныхъ пунктахъ разбора воды при большомъ ея расходѣ получаются значительныя

потери напора. При кольцевой сѣти вода распредѣляется по всѣмъ линіямъ водопровода и къ каждому пункту расхода подходитъ съ двухъ сторонъ, вслѣдствіе чего расходъ воды по каждой отдѣльной линіи водопровода уменьшается почти вдвое противъ расхода въ конечномъ пунктѣ и потери напора въ сѣти значительно понижается. Эти же условія способствуютъ выравниванію напора во всѣхъ пунктахъ сѣти и для выбора мѣста расположенія водоемнаго зданія представляется бо̀льшій просторъ. Высота самаго зданія получается при этомъ меньшей. Кромѣ того при кольцевой системѣ сѣти неравномѣрность въ движеніи воды и чрезмѣрное увеличеніе ея расхода въ какой-либо одной части сѣти не такъ легко возможны, такъ какъ вода, смотря по расходу ея, движется потрубамъ въ ту или другую сторону и слѣдовательно всегда по линіи наименьшаго сопротивленія къ мѣсту случайнаго наибольшаго расхода.

Несомкнутой разводящей сѣти присущъ еще слѣдующій существенный недостатокъ, который не имѣетъ мѣста при кольцевой сѣти: въ оконечныхъ частяхъ отдѣльныхъ вѣтвей, особенно, если въ нихъ не бываетъ постояннаго разбора воды, происходитъ застаиваніе воды и отложеніе въ трубахъ несомыхъ водой механическихъ примѣсей, вслѣдствіе чего

трубопроводы могутъ скоро засариваться; при кольцевой же сѣти по всѣмъ трубамъ происходитъ постоянная циркуляція воды, такъ какъ разборъ ея въ какой бы то ни было точкѣ обязательно вызываетъ движеніе воды, хотя бы относительно и слабое во всей сѣти, вслѣдствіе чего кольцевая сѣть постоянно сама собой промывается. Наконецъ, кольцевое расположеніе сѣти трубъ даетъ возможность съ удобствомъ выключать изъ нея любой ея участокъ, напримѣръ, для ремонта или передѣлки безъ прекращенія снабженія водой далѣе лежащихъ участковъ сѣти.

§ 30. Водоразборные краны разводящей станціонной сѣти.

На территоріяхъ желѣзнодорожныхъ станцій устанавливаются слѣдующіе водоразборные краны:

I) путевыя гидравлическія колонны, служащія для пополненія тендеровъ проходящихъ станцію съ поѣздами паровозовъ или для наполненія тендеровъ паровозовъ, отправляющихся съ данной станціи.

2) гидранты паровозныхъ депо, служащіе для промывки паровозныхъ котловъ отъ образующихся на стѣнкахъ ихъ накипи,

3) краны для поенія перевозимаго скота ,

4) краны для набора воды въ вагоны парового отопленія пассажирскихъ поѣздовъ,

5) наружные водоразборные краны для пользованія станціонныхъ жителей, а иногда и народонаселенія прилежащаго къ станціи поселка.

6) пожарные краны,

7) домовые внутренніе водоразборные краны,

8) различные краны спеціальнаго назначенія: въ мастерскихъ, на станціонныхъ заводахъ (шпалопр-питочныхъ, газовыхъ, рельсообрѣзныхъ и проч.) для промывки и дезинфекціи вагоновъ и т.д.

Разсмотримъ теперь типы перечисленныхъ крановъ, а также выяснимъ тѣ условія, которыми опредѣляются секундныя производительности крановъ. Попутно приведемъ тѣ нормы этихъ производительностей, которыя установлены имѣющимися распоряженіями Министерства Путей Сообщенія.

I°. Путевая гидравлическая колонна

Конструкція путевыхъ гидравлическихъ колоннъ очень разнообразна и все время подвергается различнаго рода измѣненіямъ. Для примѣра опишемъ колонну, показанную на черт. 24, довольно употребительнаго типа. Колонна состоитъ изъ восходящей трубы a, установленной въ чугунномъ кожухѣ, обогрѣваемомъ въ зимнее время печкой П, горизонтальнаго наливного рукава b, прикрѣпленнаго къ трубѣ a помощью фланца и поддерживающей

струны b. Во избѣжаніе разбрызгиванія воды въ концѣ рукава подвѣшена желѣзная воронка. Для возможности поворачиванія сливного рукава въ сторону каждаго изъ двухъ путей, между которыми колонна установлена, имѣются стальные шарики ки c. Для облегченія вращенія восходящая труба движется въ сальникахъ S. Поворачиваніе восходящей трубы и сливного рукава происходитъ помощью цѣпи. Во избѣжаніе гидравлическихъ ударовъ при входѣ воды въ колонну передъ запорнымъ ея вентилемъ устанавливается воздушный колпакъ K; вмѣсто послѣдняго иногда ставится предохранительный клапанъ. Къ фундаменту гидравлическій кранъ прикрѣпляется болтами, закладываемыми въ кладку. Для входа въ шахту фундамента на случай какого-либо осмотра или ремонта нижней части крана устраивается люкъ, закрываемый чугунной или деревянной крышкой.

На колоннѣ устанавливается фонарь съ цвѣтными сигнализаціонными стеклами. Колонна окрашивается масляной краской въ темносѣрый цвѣтъ, а водоразборный рукавъ въ ярко красный. Вылетъ рукава колонны l и возвышеніе его выливного отверстія надъ уровнемъ головки рельса пути h должны быть удобны для наливанія воды въ тендеръ паровоза. Въ существующихъ типахъ l колеблется

отъ 1800 до 3100 м/м., а $\underline{h}$ равно около 3600 м/м.

Кромѣ гидравлическихъ колоннъ свободно стоящихъ или путевыхъ встрѣчаются на желѣзнодорожныхъ станціяхъ стѣнные краны для набора воды паровозами. Они укрѣпляются непосредственно на стѣнахъ водоемныхъ зданій и состоятъ изъ короткой трубы, снабженной однимъ или двумя шарнирами и могущей поворачиваться въ горизонтальной плоскости въ положеніе перпендикулярное къ оси пути. При построикахъ въ послѣдніе годы новыхъ линій стѣнные краны уже не употребляются.

Что касается расположенія колоннъ на станціяхъ, то таковое въ общемъ дѣлается согласно слѣдующихъ правилъ:

а). на станціяхъ проходныхъ гидравлическія колонны полезно располагать -

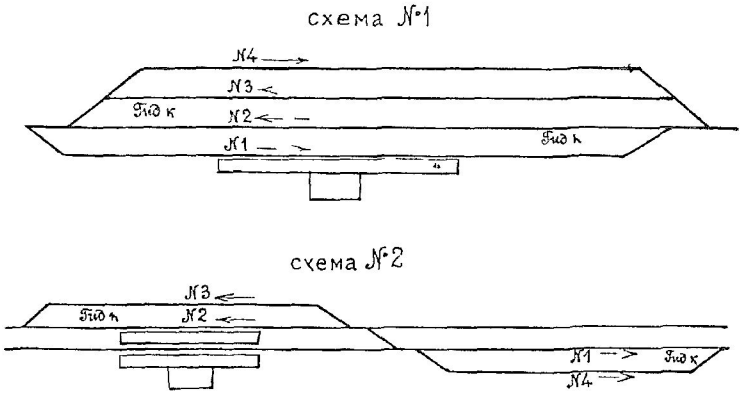
α) при схемѣ путей по фиг. 31 одну въ междопутьи 1-го и 2-го путей, а вторую въ междопутьи путей 2-го и 3-го;

β) при схемѣ путей по фиг. 31 одну въ междопутьи 1-го и 4-го путей, а вторую въ междопутьи 2-го и 3-го и притомъ въ такомъ разстояніи отъ предѣльнаго столбика стрѣлки, чтобы первый паровозъ(въ случаѣ движенія двоиной тягой) при наборѣ водн вторымъ паровозомъ не выходилъ за предѣль-

ный столбикъ.

б). на проходныхъ станціяхъ, расположенныхъ на площадкахъ, раздѣляющихъ перегонъ со сплошнымъ подъемомъ, когда работа паровоза по одному изъ направленій незначительна, а по другому ожидается, наоборотъ, усиленная, гидравлическія колонны слѣдуетъ располагать со стороны сего послѣдняго направленія и съ такимъ разсчетомъ, чтобы оба паровоза поѣзда, идущаго двоиной тягой, могли бы одновременно запасаться водой.

Фиг. 31.



в). на линіяхъ, гдѣ имѣются въ обращеніи курьерскіе и скорые поѣзда, когда отцѣпка паровоза для снабженія водой можетъ вызвать задержку въ отправленіи и тѣмъ нарушить пра-

вильность движенія всѣхъ поѣздовъ для снабженія паровозовъ водой необходимо устанавливать еще двѣ колонны въ междопутьи I-го и 2-го путей, располагая ихъ съ такимъ разсчетомъ, чтобы остановившійся пассажирскій поѣздъ безъ отцѣпки паровоза могъ сейчасъ же послѣ остановки набирать воду.

г). на станціяхъ, гдѣ товарные паровозы смѣняются, гидравлическія колонны устанавливаются между пассажирскими путями исключительно для снабженія водой паровозовъ пассажирскихъ поѣздовъ, а потому мѣста ихъ установки должны совпадать съ мѣстомъ остановки паровозовъ пассажирскихъ поѣздовъ.

д). на станціяхъ, гдѣ происходитъ смѣна какъ товарныхъ, такъ и пассажирскихъ паровозовъ установки гидравлическихъ колоннъ у путей пріема поѣздовъ не требуется. На дорогахъ первостепеннаго значенія на каждой станціи или разъѣздѣ съ водоснабженіемъ должно быть не менѣе двухъ гидравлическихъ колоннъ по одному для каждаго направленія движенія; кромѣ того при паровозныхъ зданіяхъ должно быть не менѣе одной колонны.

Необходимый секундный расходъ воды изъ гидравлической колонны опредѣляется въ зависимости

I) отъ количества воды, требующейся для наполненія или пополненія паровознаго тендера и

2) отъ времени, въ теченіе котораго это наполненіе или пополненіе должно быть произведено.

Такимъ образомъ расходъ воды изъ колонны, обслуживающей наполняющіеся парвозы

$$q_1 = \frac{v_1}{t_1}$$, гдѣ

v_1 - емкость тендеровъ, обращающихся на данномъ участкѣ дороги паровозовъ

t_1 - время наполненія тендера

Секундная же подача воды колонной, обслуживающей проходящіе мимо станціи паровозы $q_2 = \frac{v_2}{t_2}$, гдѣ

t_2 - время пополненія тендера ,

v_2 - количество волы, требующееся для пополненія и равное количеству воды, израсходованному поѣздомъ на предыдущихъ относительно данной станціи перегонахъ, въ предположеніи пропуска одного промежуточнаго водоснабженія (по случаю порчи или ремонта).

Время пополненія тендера t_2 въ свою очередь равно $t_2 = \tau_1 - \tau_2$, при чемъ

τ_1 - время стоянки поѣзда на станціи,

τ_2 - время, необходимое на отцѣпъ и прицѣпъ паровоза, пробѣгъ его отъ поѣзда до колонны и обратно, а также на всѣ манипуляціи по отпиранію и запиранію колонны. Это время слѣдуетъ полагать не менѣе 3-4 минутъ для пассажирскихъ поѣздовъ и не менѣе

8-12 минутъ для товарныхъ.

Согласно § 82 техническихъ условій проектированія магистралей, діаметръ разводящаго водопровода, идущаго къ путевой колоннѣ, долженъ быть не менѣе 6" при длинѣ водопровода не болѣе 300 саженъ; при большей длинѣ діаметръ трубъ увеличивается до 7" и ,наконецъ, въ тѣхъ случаяхъ, когда длина этого водопровода превышаетъ 500 саженъ, діаметръ трубъ долженъ быть опредѣленъ съ такимъ разсчетомъ, чтобы колонна давала въ секунду не менѣе 0,50 куб.фут.

Если такая норма бываетъ достаточна въ первые годы эксплоатаціи вновь выстроенной дороги, то для станціи уже работающихъ дорогъ, съ сильно развитымъ движеніемъ, она оказывается часто малой, особенно если принять во вниманіе наблюдаемое за послѣднія годы стремленіе желѣзныхъ дорогъ увеличивать разстоянія между пунктами водоснабженій и ,слѣдовательно, емкости паровозныхъ тендеровъ.

Между тѣмъ производительность гидравлическихъ колоннъ оказываетъ значительное вліяніе на продолжительность стоянки поѣздовъ, на коммерческую скорость движенія поѣздовъ, оборотъ подвижного состава и бригадъ и т.д., а по сему имѣетъ громадное значеніе. Можно считать установившимся

взглядъ на необходимость наличія на станціяхъ интенсивно работающихъ дорогъ весьма производительныхъ гидравлическихъ колоннъ, которыя наполняли бы тендеръ въ теченіе не болѣе 5 минутъ.

На заграничныхъ желѣзныхъ дорогахъ производительность путевыхъ гидравлическихъ колоннъ - - громадная. Такъ на французскихъ желѣзныхъ дорогахъ время наполненія парвознаго тендера колеблется отъ 2 до 5 минутъ. На германскихъ жел. дорогахъ встрѣчаются колонны, подающія 10 куб. метр. воды въ 1 минуту.

2°. Гидрантъ паровозныхъ депо .

Онъ представляетъ собой кранъ подземнаго типа (черт. 25) діаметра 4-5 дюймовъ, располагаемый между стойлами и могущій обслуживать одновременно два паровоза (черт. 26). На практикѣ однако пользуются каждымъ гидрантомъ для одного паровоза. Назначеніе гидрантовъ заключается въ подачѣ воды для промывки стѣнокъ паровозныхъ котловъ отъ образующейся на нихъ накипи. Необходимое секундное количество воды, псдаваемое гидрантомъ, можетъ быть приблизительно опредѣлено по количеству воды, идущей на промывку одного паровоза и по времени, въ теченіе котораго эта промывка продолжается. Количество промывочной воды на одинъ паровозъ было указано

ранѣе равнымъ 2,00 - 2,50 куб.саж. Продолжительность самой промывки составляетъ, за вычетомъ времени перерывовъ въ производствѣ ея, примѣрно два часа. Такимъ образомъ секундное количество воды составляетъ для одного гидранта отъ (2,5×343):(2×3600)= 0,12 кб.фут. до(2×343):(2×3600)= = 0,10 куб.фут. Этимъ однако не увеличивается тотъ напоръ, съ которымъ вода должна быть подаваема въ котелъ.

Опредѣленіе этого напора и ,вообще, точный разсчетъ необходимаго эффекта дѣиствія гидранта можетъ быть сдѣлано въ зависимости отъ примѣняемаго въ каждомъ данномъ случаѣ вида промывки холодной или горячей.

А. Холодная промывка.

При холодной промывкѣ паровознаго котла къ верхней части гидранта, имѣющей отростки съ рѣзьбой, навертывается двухдюимовый пеньковый прорезиненный рукавъ длиной около 5 саженъ, съ брандспойтомъ на концѣ. Изъ этого брандспойта вода и направляется въ котелъ подъ напоромъ и сбиваетъ со стѣнокъ его накипь. Такимъ образомъ въ разсматриваемомъ способѣ промывки роль гидранта вполнѣ сходна съ ролью пожарнаго крана при тушеніи пожара. Поэтому разсчетъ гидранта при холодной промывкѣ тотъ же, что и для пожарнаго крана.

Можно считать установившимся взглядъ, что для надлежащей промывки паровознаго котла т.е. возможно болѣе полнаго отбиванія отъ стѣнокъ его не успѣвшей отвердѣть накипи, вода должна подаваться съ большой силой. Вполнѣ удовлетворительные результаты получаются при напорѣ въ 4-5 атмосферъ; при давленіи въ 3 атмосферы промывка - только удовлетворительная; еще меньшіе напоры уже не достаточны. Однако такіе значительные напоры въ разводящихъ водопроводахъ желѣзнодорожныхъ станцій, какъ 5-3 атмосф., встрѣчаются покарѣдко, такъ какъ они требуютъ наличія или высокихъ водоемныхъ зданій высотой въ 25-15 сах., или пневматическихъ установокъ съ соотвѣтственнымъ давленіемъ въ водяныхъ и воздушныхъ баттареяхъ . При отсутствіи указанныхъ напоровъ, для холодной промывки паровознаго котла, вода въ послѣдній перекачивается изъ водопроводной сѣти спеціально устанавливаемымъ въ депо насосомъ, получающимъ паръ или изъ отдѣльныхъ котловъ или изъ котловъ машиннаго отдѣленія депо. Роль разводящаго водопровода въ этомъ случаѣ заключается въ подачѣ ко всасывающей трубѣ насоса воды въ количествѣ, соотвѣтствующемъ его производительности. Производительность же подобныхъ насосовъ составля-

етъ около 1000 ведеръ воды въ часъ.

Б. Горячая промывка.

При холодной промывкѣ простой паровоза въ депо очень продолжителенъ, равенъ 36-40 часамъ, при чемъ громадный промежутокъ времени требуется для полнаго охлажденія паровознаго котла. Горячая же промывка продолжается въ теченіе 8-10 часовъ; такимъ образомъ она значительно сокращаетъ простой парвозовъ, уменьшаетъ процентъ одновременно изъятыхъ изъ службы паровозовъ, вслѣдствіе чего сокращается количество дѣйствующихъ на данномъ участкѣ дороги паровозовъ и при усиленіи движенія возможно замедленіе роста инвентарнаго числа паровозовъ. Кромѣ того при горячей промывкѣ котелъ не подвергается полному охлажденію благодаря чему лучше сохраняются дымогарныя трубы, связи и швы.

Видовъ горячей промывки существуетъ нѣсколько, и сущность каждаго изъ нихъ заключается въ томъ, что нагрѣтая въ томъ или иномъ резервуарѣ вода перекачивается въ паровозный котелъ особымъ насосомъ. Детальное опредѣленіе необходимаго эффекта дѣйствія водопроводной сѣти при горячей промывкѣ можетъ быть сдѣлано только въ зависимости отъ примѣняющагося въ каждомъ данномъ случаѣ вида этои промывки.

Для примѣра опишемъ горячую промывку по способу

Витенберга - Шильгана, получающую благодаря своей простотѣ очень быстрое распространеніе на русскихъ и заграничныхъ жел.дорогахъ. Горячая промывка паровозныхъ котловъ по упомянутому способу производится такъ.

Подлежащій промывкѣ паровозъ, послѣ набора имъ воды и топлива, становится въ спеціально предназначенное для промывокъ стойло-депо. Изъ котла черезъ инжекторы весь паръ спускается въ тендерный бакъ, отчего вода въ тендерѣ нагрѣвается примѣрно до 70° С. Такой спускъ пара продолжается около 2 часовъ. Какъ только давленіе въ котлѣ спустится до нуля, открываютъ въ паровомъ пространствѣ котла какое-нибудь изъ имѣющихся отверстій и черезъ это отверстіе осторожно впускаютъ въ котелъ изъ разводящаго водопровода помощью рукава холодную воду для охлажденія котла и находящейся въ котлѣ воды примѣрно до 62° С . Одновременно съ подачей въ котелъ холодной воды открываютъ спускной кранъ и во все время охлажденія котловой воды наблюдаютъ по водомѣрному стеклу за тѣмъ, чтобы уровень воды въ котлѣ оставался постояннымъ, регулируя для этого притокъ холодной воды и впускъ изъ котла горячей воды. Охлажденіе воды въ котлѣ продолжается около 30 минутъ.

Холодная вода впускается въ котелъ не сплошной струей, а черезъ воронку съ сѣткой для большаго разбрызгиванія. По окончаніи впуска въ котелъ холодной воды т.е. когда температура воды въ котлѣ опустится до 62 С, открываютъ всѣ промывательные люки и пробки котла, выпускаютъ изъ котла всю воду и начинаютъ промывать котелъ горячей водой изъ тендера.

Для этого опускаютъ въ тендеръ желѣзную трубу съ придѣланнымъ къ ней резиновымъ рукавомъ, присоединяютъ этотъ рукавъ къ всасывающему вентилю промывательнаго насоса, къ нагнетательному вентилю насоса присоединяютъ промывательный рукавъ съ наконечникомъ, пускаютъ въ дѣйствіе насосъ и приступаютъ собственно къ промывкѣ котла. Струю горячей воды направляютъ во всѣ доступныя мѣста котла, производя одновременно съ этимъ соскабливаніе крючками осѣвшей въ котлѣ грязи и накипи.

Такая промывка производится въ теченіе около одного часа. Послѣ этого производится осмотръ котла и ,если требуется,дополнительная промывка нѣкоторыхъ отдѣльныхъ мѣстъ, послѣ чего ставятъ на мѣсто всѣ люки, пробки и наполняютъ котелъ оставшейся въ тендерѣ горячей водой.

При возникновеніи пожара въ депо, гидранты

должны служить для тушенія пожара; такимъ образомъ эффектъ дѣйствія гидрантовъ долженъ быть провѣряемъ въ этомъ отношеніи такъ же, какъ это дѣлается для пожарныхъ кранновъ. Въ виду сего новѣйшіе типы нарвозныхъ гидрантовъ сходны съ пожарными кранами и обычно дѣлаются такъ же какъ пожарные краны Московскаго Городского водопровода . На черт.26 показанъ такой гидрантъ. Въ верхней своей части онъ имѣетъ бронзовый наконечникъ (№ 6), снабженный рѣзьбой, на который могутъ быть навертываемы, смотря по надобности, или крышка (№ 2) или же стендеръ.

Въ послѣднемъ случаѣ для поддержанія отвернутой крышки служитъ хомутъ X съ цѣпью, укрѣпленной другимъ концомъ на самомъ гидрантѣ. Для впуска въ гидрантъ воды изъ разводящей сѣти, а также для прекращенія подачи воды служитъ чугунный шарообразный клапанъ (№ 8), имѣющій резиновое кольцо, которое при восходящемъ движеніи шарообразнаго клапана можетъ быть плотно прижато къ прокладкѣ (№ 13), заложенной въ нижней части гидранта; поступательное движеніе шарообразному клапану дается помощью непосредственно съ нимъ скрѣпленнаго винта съ прямоугольной нарѣзкой (№ 14); получая вращеніе отъ стержня (№ 18), при посредствѣ соединительной муфты (№ 5)

винтъ, смотря по направленію своего вращенія въ неподвижномъ стаканѣ (№ 7), имѣетъ движеніе, поднимающее или же опускающее клапанъ; такъ какъ при запираніи гидранта въ верхней его части остается вода, которая въ зимнее время могла бы при своемъ замерзаніи разрушить гидрантъ, то имѣется приспособленіе, помощью котораго вода изъ гидранта при его запир аніи автоматически выпускается Для этой цѣли въ стѣнкѣ гидранта дѣлается отверстіе, которое при запертомъ гидрантѣ вполнѣ открыто и даетъ водѣ возможность вытекать, при открытіи же гидранта это отверстіе автоматически закрывается скользящей вмѣстѣ съ винтомъ (№ I4) задвижкой; вода изъ упомянутаго отверстія стекаетъ въ тотъ колодецъ, гдѣ устанавливается гидрантъ, а изъ колодца уже отводится въ водосточную сѣть станціи.

Стендеръ (черт. 27) представляетъ собой цилиндръ- - трубу, внутри которой имѣется скалка; отъ послѣдней и получаетъ вращательное движеніе упомянутый выше стержень гидранта (№ I8). Вода, поступающая изъ разводящей сѣти черезъ гидрантъ въ стендеръ, можетъ быть направляема въ два отростка его, для чего служатъ располагаемые у этихъ отростковъ бронзовые клапаны; поступательное движеніе послѣднимъ сообщается винтами, на верхніе

концы которыхъ насаживаются рукоятки.

Означенные отростки стендера снабжаются рѣзьбою для навертыванія на нихъ или крышекъ или же соединительныхъ гаекъ съ рукавами, помощью которыхъ вода подается или для промывки паровозовъ или для тушенія пожара.

Описанный гидрантъ обычно дѣлается діаметромъ 5 дюймовъ; онъ устанавливается въ каменномъ колодцѣ, размѣрами 0,50×0,50 саж. въ планѣ.

3° Кранъ для поенія скота (черт. 28).

Кранъ подземнаго типа, устанавливаемый въ круглом бетонномъ (діаметр. 0,50 саж.) или деревянномъ прямоугольномъ колодцѣ. Деталь клапанной коробки показана отдѣльно на черт. 29, откуда понятно все устройство.

Въ верхней своей части кранъ имѣетъ отростки съ рѣзьбой, на которые навертываются пеньковые прорезиненные рукава, діаметра около 2". Этими рукавами вода и подается или въ водопойныя корыта, устанавливаемыя на полу вагоновъ, или въ ведра и послѣдними подносится къ вагонамъ. Разстояніе между смежными кранами обычно дѣлаютъ кратными длинѣ вагона.

Секундная производительность крана

$$q_з = \frac{U_з}{t_з}$$

гдѣ $t_з$ - время, въ теченіе котораго кранъ долженъ подать объемъ воды $v_з$. Оно, очевидно, равно продолжительности стоянки поѣзда на станціи, за вычетомъ времени, необходимаго на всѣ приготовленія вагоновъ, и приспособленія крановъ къ водопою, а также на самый процессъ поенія скота

$v_з = N \times n \times q_0$, при чемъ

N - число вагоновъ, обслуживаемое однимъ краномъ,

n - число головъ скота въ вагонѣ, равное въ зависимости отъ категоріи крупности скота 8-14,

q_0 - количество воды, идущее на поеніе одной головы.

При разсчетахъ q_0 слѣдуетъ принимать во вниманіе крупность скота и число его поенія въ теченіе сутокъ и притомъ брать болѣе невыгодный случай. Въ предположеніи, что скотъ поится дважды въ теченіе сутокъ, на одинъ разъ и на одну голову слѣдуетъ полагать не менѣе 3-4 ведеръ, съ запасомъ на расплескиваніе, которое при обычномъ торопливомъ, а потому и небрежномъ обращеніи съ кранами бываетъ довольно значительнымъ.

Такимъ образомъ, напримѣръ, при N = 4, n =10,

q_0 = 4 вд. и $t_з$ = 10 мин., найдемъ, что

$$q_з = \frac{4 \times 10 \times 4}{10} = 16 \text{ вед.въ минуту}$$

4.° Пожарные краны.

Пожарные краны, устанавливаемые на территоріяхъ желѣзнодорожныхъ станцій, не отличаются отъ пожарныхъ крановъ въ городахъ. Остановимся нѣсколько подробнѣе на вопросѣ о необходимомъ эффектѣ дѣйствія пожарныхъ крановъ на станціяхъ.

Для успѣшнаго тушенія пожара струя, выбрасываемая изъ наконечника брандспойта должна быть во первыхъ полноводна, а во вторыхъ достаточно мощна, дабы съ силой ударяться о горящіе предметы. Обыкновенно принимаютъ, что струя воды должна давать около 45-50 ведеръ въ минуту (0,33-0,36 куб.фут. въ секунду) и подниматься выше конька крыши горящаго зданія на 1-3 сажен. Такая же норма установлена, напримѣръ, Управленіемъ желѣзныхъ дорогъ для разсчета и проектированія главныхъ (паровозныхъ и вагонныхъ) мастерскихъ, а именно требуется, чтобы водопроводныя устройства обезпечивали возможность полученія при пожарѣ у главнѣйшихъ, наиболѣе цѣнныхъ и огнеопасныхъ сооруженій изъ ближайшихъ къ нимъ пожарныхъ крановъ около 200 ведеръ воды въ минуту, въ видѣ 4-хъ струй, выбрасываемыхъ изъ наконеч-

никовъ пожарныхъ рукавовъ подъ угломъ 60-70 градусовъ къ горизонту на высоту 1-2 саженъ выше конька крыши горящаго зданія. При этомъ предполагается, что наконечниковъ дѣйствуютъ стоя на землѣ, что длина звена пожарнаго рукава не менѣе 10 саженъ и что изъ одного пожарнаго крана можетъ быть получено не болѣе 2-хъ пожарныхъ струй.

Выполнить такія нормы удается только при наличіи очень высокихъ водоемныхъ зданій или съ установкой спеціальнаго пожарнаго насоса, нагнетающаго воду въ разводящую сѣть подъ значительнымъ напоромъ, или, наконецъ, помощью пневматическихъ устройствъ съ большимъ давленіемъ въ резервуарахъ

При наличіи низкихъ водоемныхъ зданій на станціяхъ пожарные краны не всегда могутъ давать многоводную струю, такъ какъ количество выбрасываемой изъ наконечниковъ брандспойтовъ воды находится въ строгомъ соотвѣтствіи съ высотой боя.

Такъ,напримѣръ, для полученія струи высотой около 4 саж., необходимой для тушенія горящаго одноэтажнаго зданія, требуется имѣть напоръ у наконечника брандспойта не менѣе 35 фут., что при употребительномъ діаметрѣ пожарныхъ рукавовъ 24" длиной 10 саж. соотвѣтствуетъ необходимо-

му напору въкранахъ:

при наконечникѣ въ $\frac{7}{8}$" $H_1 = 38$ фут. ∞ 5,4 саж.

" " " I" $H = 41,3$ " ∞ 6 "

" " " $I\frac{1}{8}$" $H = 45,6$ " ∞ 6,5 "

Количества выбрасываемой воды при этомъ будутъ

при наконечникѣ въ $\frac{7}{8}$" $Q = 27$ $\frac{\text{ведеръ}}{\text{минуту}}$

" " " I" $Q = 35$ "

" " " $I\frac{1}{8}$" $Q = 45$ "

Отсюда видно:

I) что при малыхъ напорахъ въ разводящей сѣти станціи не всегда возможно получить струю требуемой высоты и полноводности; иногда приходится ограничиваться наличіемъ струи, хотя и болѣе высокой, чѣмъ горящее зданіе, но дающей воды менѣе нормы 45-50 ведеръ/минуту

2) при наличіи на станціяхъ водоемныхъ зданій съ малой высотой расположенія баковъ получить удаленнаго отъ башни крана струю воды, достаточную для тушенія даже одноэтажнаго зданія не представляется возможнымъ.

Въ подобныхъ случаяхъ приходится прибѣгать къ особымъ противопожарнымъ мѣрамъ, какъ,напримѣръ, къ ручнымъ пожарнымъ насосамъ, получающимъ воду

изъ спеціально устраиваемыхъ близъ огнеопасныхъ сооруженій (товарныхъ платформъ, пакгаузовъ и т.п.) водоемовъ въ видѣ подземныхъ колодцевъ; при этомъ размѣры разводящей сѣти станціи должны быть достаточны для того, чтобы подавать въ означенные водоемы количества воды, соотвѣтствующія производительности ручныхъ пожарныхъ насосовъ.

5°. Пожарно-водоразборные краны.

Описанные краны устанавливаются при огнеопасныхъ дорогихъ сооруженіяхъ, при жилыхъ же домахъ станціи эти краны всегда соединяются въ конструкціи своей съ кранами для ведернаго или бочечнаго разбора воды. Такая пожарно-водоразборная колонка показана на черт.30. Какъ видно изъ чертежа, кранъ устанавливается въ колодцѣ. Для управленія дѣйствіемъ пожарнаго крана служитъ рукоятка a, сообщающая вращательное движеніе стержню, имѣющему въ нижней части на рѣзку. При вращательномъ движеніи стержня въ опредѣленномъ направленіи поднимается клапанъ въ коробкѣ K, и дается доступъ водѣ изъ разводящей станціонной сѣти въ трубку $б$. Къ фланцу верхняго конца этой трубы привернутъ патрубокъ C съ пожарной рѣзьбой. На рѣзьбу этого патрубка навертывается или крышка или свертная гайка пожарнаго рукава. Для того, чтобы въ трубѣ $в$ при закрытіи пожар-

наго крана не могла оставаться вода, устраивается автоматическое приспособленіе, помощью котораго эта вода выпускается въ колодецъ и далѣе въ водосточную сѣть станціи. Приспособленіе это состоитъ изъ золотника, помѣщающагося въ коробкѣ K_1, открывающаго отверстіе для выпуска воды изъ корпуса крана, когда послѣдній закрытъ и обратно, закрывающаго выпускное отверстіе, когда кранъ открытъ для работы.

Для управленія дѣйствіемъ собственно водо-разборнаго крана служитъ рычагъ, имѣющій опору въ надземной чугунной колонкѣ крана. Дѣйствіемъ особой пружины, помѣщающейся въ колонкѣ, рычагъ этотъ обычно поднятъ; при желаніи же получить воду рычагъ надо опустить, что въ свою очередь поведетъ къ опусканію клапана въ коробкѣ-цилиндрѣ K_2 и открытію доступа воды изъ разводящаго водопровода въ трубу n и затѣмъ къ выливному отверстію колонки. При закрытіи крана, которое совершается разъ на рычагъ не дѣйствуетъ сила, клапанъ въ коробкѣ K_2 автоматически поднимается и присосетъ воду изъ трубы n, чѣмъ будетъ устранено замерзаніе здѣсь воды.

6°. Кранъ для набора воды въ вагоны парового отопленія пассажирскихъ поѣздовъ

имѣетъ то же устройство, что и кранъ для поенія

скота. Схема установки его показана на черт. 31. Кранъ подземнаго типа $d = 2''$ съ привертываемымъ къ верхней части его двухдюймовымъ рукавомъ длиною около 5 саж., который протаскивается черезъ окно вагона и подаетъ воду въ водяной бачекъ А.

Секундная производительность крана, находящагося на прмежуточной станціи

$$q = \frac{v}{t}$$

гдѣ v - объемъ водяного бачка

t - время пополненія бака, которое равно продолжительности стоянки поѣзда. За вычетомъ времени, необходимаго на приготовленіе крана къ дѣйствію. Ввиду расположенія этихъ крановъ на пассажирскихъ платформахъ, манипуляціи съ кранами съ одной стороны стѣсняютъ проходящихъ пассажировъ, а съ другой стороны и сами затрудняются ими; поэтому время t необходимо назначать по возможности малымъ. Если принять употребительный объемъ бачка примѣрно въ 120 куб.фут., то при $t = 6$ мин., получимъ необходимый расходъ воды изъ крана

$$q = \frac{120}{6 \times 60} = 0{,}33 \frac{\text{кб.фут.}}{\text{секунд.}}$$

7°. Домовые водоразборные краны.

Сюда принадлежатъ краны ваннъ, кухонъ, умываленъ, краны вокзальныхъ ресторановъ, бань и проч. Устройство домовыхъ водопроводовъ въ станціонныхъ зданіяхъ въ общемъ не отличается отъ устройства такихъ же водопроводовъ въ домахъ городовъ. При разсчетахъ разводящихъ водопроводовъ станцій приходится назначать тѣ свободные напоры, которые необходимо имѣть въ трубахъ наружной водопроводной сѣти при вводахъ ихъ въ дома, т.е. у наружныхъ стѣнъ зданій. Указанія о необходимомъ хозяйственномъ напорѣ въ сѣти можно найти въ трудахъ многихъ водопроводныхъ дѣятелей. Въ данномъ случаѣ наиболѣе удобны опредѣленія напора въ зависимости отъ высоты зданія. Такъ по Bürkli для того, чтобы вода вытекала изъ труновъ верхнихъ этажей съ достаточной притомъ скоростью высота напора должна быть болѣе высоты дома на 3 метра. По Люгеру высота напора въ сѣти въ часы наибольшаго разбора воды достаточна для домоваго водопровода въ томъ случаѣ, если она на 4-10 м. болѣе высоты наивысшаго крана дома при условіи конечно, что діаметры внутреннихъ водопроводныхъ трубъ будутъ находится въ соотвѣтствіи съ числомъ обслуживаемыхъ ими труновъ и не будутъ очень малыми. Указанный избытокъ напора долженъ

быть выбранъ тѣмъ большимъ, чѣмъ больше этажей находится въ снабжаемомъ водои домѣ.

Иногда полагаютъ достаточнымъ проектировать высоту напора въ $1\frac{1}{2}$ раза больше самой высокой точки, до которои вода должна быть подана.

При наличіи небольшихъ напоровъ въ разводящихъ желѣзнодорожныхъ водопроводахъ вода иногда не достигаетъ даже вторыхъ этажей станціонныхъ зданій. Въ подобныхъ случаяхъ прибѣгаютъ къ установкѣ въ чердачныхъ помѣщеніяхъ зданій баковъ. въ которые вода перекачивается изъ сѣти насосами, а изъ баковъ уже поступаетъ къ домовымъ разборнымъ кранамъ самотекомъ.

Ранѣе въ главѣ объ опредѣленіи суточнаго расхода воды на станціи было указано, что расходъ воды жителемъ станціи равенъ расходу воды на I жителя въ большихъ городахъ. Однако, приложеніе къ опредѣленію секундныхъ расходовъ воды по домовымъ отвѣтвленіямъ желѣзнодорожныхъ водопроводовъ тѣхъ же основаній, какія принимаются при разсчетахъ городскихъ водопроводовъ далеко не всегда возможно. Дѣйствительно, полагая, напримѣръ, среднее народонаселеніе квартиры въ 5 человѣкъ, суточное количество воды на одного человѣка въ 8 ведеръ и наибольшій часовой расходъ воды равнымъ двойному среднему, мы получили бы

расходъ воды по отвѣтвленію, питающему обособленно расположенный на территоріи станціи домъ въ I этажъ и 2 квартиры (постоянно встрѣчающійся въ дѣйствительности случаи)

$$q = \frac{2 \times 5 \times 8 \times 2}{24} = \infty 7 \ \frac{\text{вед.}}{\text{часъ}} \text{ или около } \frac{\text{I ведра}}{\text{I0 минуту}}$$

Этотъ расходъ крайне незначителенъ и не соотвѣтствуетъ дѣйствительности, такъ какъ уже одинъ К.Н. домовый кранъ долженъ, понятно, подавать большее количество воды.

Поэтому при назначеніи разсчетныхъ количествъ воды, протекающихъ по отдѣльнымъ линіямъ сѣти, идущимъ къ рѣдко стоящимъ станціоннымъ домамъ, приходится задаваться числомъ одновременно дѣйствующимъ въ каждой квартирѣ кранонъ и расходомъ воды изъ нихъ.

Такъ съ достаточнымъ запасомъ можно полагать, что въ каждой квартирѣ одновременно отвернты два крана, при чемъ каждый изъ нихъ долженъ давать по одному ведру воды въ минуту. Это соотвѣтствуетъ секундному расходу воды по отвѣтвленію, идущему къ дому въ двѣ квартиры

$$q = \frac{2 \times 2 \times 2}{60} = \frac{\text{I}}{\text{I5}} \text{ ведра} = 0{,}03 \text{ куб.фут.}$$

Въ тѣхъ случаяхъ, однако, когда домовыя отвѣтвленія питаютъ цѣлый рядъ зданій, проходятъ

какъ бы по улицѣ, количества протекающей воды могутъ быть опредѣлены такъ же, какъ для городскихъ уличныхъ водопроводныхъ трубъ.

Что касается общественныхъ зданій - вокзаловъ, бань, прачешныхъ и т.п., то секундные расходы воды по отвѣтвленіямъ разводящей сѣти, идущимъ къ нимъ, должны быть опредѣлены въ зависимости отъ количества имѣющихся въ этихъ зданіяхъ разборныхъ кранова, вѣроятнаго числа одновременно дѣйствующихъ кранова и требуемой скорости подачи воды.

§ 31. Разсчетъ разводящей сѣти желѣзнодорожной станціи.

Разсчетъ разводящей водопроводной сѣти желѣзнодорожной станціи въ общемъ случаѣ состоитъ въ опредѣленіи наивыгоднѣйшихъ діаметровъ ея трубъ и величины напора (возвышенія бака водоемнаго зданія или водонапоранго резервуара) по заданной секундной производительности водоразборныхъ кранова.

Въ болѣе простыхъ случаяхъ, когда, напримѣръ, техническими условіями постройки дороги назначаются высоты водоемныхъ зданій, разсчетъ сводится къ опредѣленію діаметровъ трубъ, необходимыхъ для полученія заданнаго эффекта дѣйствія кранова.

Наконецъ, когда при усиленіяхъ уже работающихъ водоснабженій приходится производить повѣрочные разсчеты сѣти, задача можетъ состоять въ опредѣленіи секундныхъ расходовъ крановъ по извѣстнымъ діаметрамъ имѣющихся трубъ и напору.

Разсмотримъ послѣдовательно вопросы:

а) о секундной производительности крановъ,

б) о числѣ одновременно дѣйствующихъ на сѣти крановъ,

в) о разсчетномъ напорѣ въ сѣти и

г) о разсчетѣ разомкнутой разводящей сѣти, каковая обычно примѣняется на станціяхъ.

а. Секундная производительность крановъ.

Необходимый эффектъ дѣйствія различныхъ водоразборныхъ крановъ, обычно устанавливаемыхъ на территоріи желѣзнодорожныхъ станцій, а также нормы, установленныя по сему распоряженіями Министерства Путей Сообщенія, указаны въ предыдущемъ параграфѣ.

б. Число одновременно дѣйствующихъ крановъ.

Наибольшая обезпеченность водоснабженія станціи будетъ конечно въ томъ случаѣ, когда всѣ, находящіеся на разводящей сѣти, краны могутъ работать одновременно съ полной производительно-

стью отъ нихъ требуемой.

Подобное условіе оказывается однако очень тяжелымъ и потому нѣсколько смягчается. Такъ, напримѣръ бываетъ возможно въ періоды наибольшаго разбора воды паровозами изъ гидравлическихъ колоннъ допустить уменьшеніе скорости подачи воды внутренними кранами жилыхъ домовъ. Во время тушенія пожара также можетъ быть допущено пониженіе эффекта дѣйствія прочихъ разборныхъ кранонъ или даже полное прекращеніе подачи воды нѣкоторыми изъ нихъ. Въ видѣ характеристики сказаннаго можно привести циркуляръ Управленія желѣзныхъ дорогъ, касающіися нормъ разсчета противопожарныхъ водопроводовъ главныхъ мастерскихъ.*)

Согласно него, въ случаѣ устройства одной общей для техническихъ и пожарныхъ нуждъ разводящей сѣти, должна быть обезпечена возможность полученія во время пожара кромѣ противопожариаго количества воды въ видѣ четырехъ струй также не менѣе 50% того количества, которое требуется для удовлетворенія потребностей въ видѣ поѣздныхъ паровозовъ, исчисленной для случая наибольшаго на дорогѣ движенія коммерческаго или воинскаго.

Въ каждомъ случаѣ разсчетное число одновременно дѣйствующихъ кранонъ устанавливается въ зави-

*) онъ приводится въ концѣ книги.

симости отъ характера станціи, отъ степени важности крановъ и вообще мѣстныхъ условій.

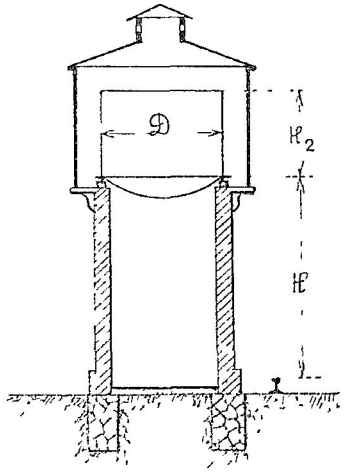
в. Разсчетный напоръ.

Вполнѣ точному разсчету разводящей сѣти соотвѣтствуетъ введеніе въ него перемѣннаго напора, происходящаго вслѣдствіе колебаній горизонта воды въ бакѣ водоемнаго зданія.

Для случая дѣйствія одного только какого-либо крана этотъ разсчетъ не представляетъ собой затрудненій. Онъ значительно усложняется при разсчетѣ развѣтленной сѣти съ очень многими работающими на ней одновременно кранами и въ то же время не имѣетъ практическаго значенія, такъ какъ установленіе начальнаго разсчетнаго горизонта истеченія воды изъ бака будетъ всегда произвольнымъ.

Въ виду сего разсчетный напоръ принимается постояннымъ и опредѣляется слѣдующими способами:

Фиг. 32.



I) Пусть (фиг.32)

H - разстояніе отъ дна бака отъ дна при бакахъ съ плоскимъ дномъ и отъ низа цилиндрической части при бакахъ со сферическимъ днищемъ или по системѣ Интце

до головки рельса гл. пути,

h_i - разстояніе выливного отверстія крана до того же уровня,

D - діаметръ цилиндрической части бака

v - объемъ водн, который долженъ быть данъ краномъ за извѣстный промежутокъ времени

Тогда послѣ подачи краномъ всего количества горизонтъ водн въ бакѣ понизится на

$$h' = \frac{v}{(\pi D^2 : 4)} = \frac{4v}{\pi D^2}$$

Наиболѣе невыгодный случаи будетъ тотъ, когда истеченіе воды начнется при возвышеніи горизонта воды надъ внливнымъ отверстіемъ крана, равнымъ

$$H_o = H - h_i + h',$$

а закончится при $H - h_i$

Тогда разсчетный напоръ

$$H_i = \frac{I}{2} \times \left[\sqrt{H_o} + \sqrt{H - h_i} \right]$$

или приближенно

$$H_i = H - h_i + \frac{2v}{\pi D^2}$$

2). Указанный спооообъ опредѣленія средняго напора однако неудобенъ при разсчетѣ одновременнаго дѣйствія нѣсколькяхъ при томъ весьма разнохарактерныхъ крановъ, находящихся на разводящей сѣти, такъ какъ время T работы каждаго изъ такихъ

кранов бываетъ вообще различнымъ, а потому и заданіе напередъ объема воды V и трудно и гадательно.

Поэтому иногда постоянный разсчетный напоръ опредѣляется возвышеніемъ средняго горизонта воды въ бакѣ надъ выливнымъ отверстіемъ того или другого крана т.е.

$$H_i = H - h_i + \frac{H_2}{2}$$

гдѣ H_2 - высота бака,

H и h_i - имѣютъ вышеуказанныя значенія в). для запаса въ проектируемыхъ сооруженіяхъ разсчетный напоръ принимается равнымъ возвышенію дна бака надъ выливнымъ отверстіемъ крана, т.е.

$$H_i = H - h_i$$

г. Опредѣленіе діаметровъ трубъ сѣти и высоты напора.

Задача нахожденія діаметровъ трубъ сѣти и высоты напора по производительности кранов или, что тоже по расходамъ воды для этихъ трубъ является, какъ извѣстно, неопредѣленной, такъ какъ возможно безконечное число комбинацій величинъ напора и діаметровъ трубъ, при которыхъ эффектъ дѣйствія кранов будетъ удовлетворять заданному. Введеніе условія, чтобы діаметры трубъ и высота напора были бы наивыгоднѣйшими

т.е. отвѣчали бы наименьшей стоимости какъ первоначальнаго устройства, такъ и дальнѣйшей эксплоатаціи дѣлаетъ задачу вполнѣ опредѣленной.

Съ увеличеніемъ высоты напора т.е. высоты расположенія бака водоемнаго зданія надъ станціонной площадкой, уменьшаются діаметры трубъ сѣти и сокращается стоимость ея укладки, но зато возрастаетъ стоимость устройства водоемнаго зданія, приходится увеличивать мощность двигателей водокачки и требуется большій расходъ топлива для подачи воды на большую высоту. Такимъ образомъ, экономическими факторами являются : а) стоимость водопроводныхъ трубъ и ихъ укладки, б) стоимость оборудованія водокачки, в) стоимость расхода топлива и г) стоимость водоемнаго зданія. О первыхъ трехъ стоимостяхъ было сказано при разсмотрѣніи экономическаго разсчета нагнетательнаго водопровода. Что же касается стоимости водоемнаго зданія, то ее обычно выражаютъ въ видѣ двучлена

$$S = A + BH \text{ , гдѣ}$$

A и B - коэффиціенты, представляющіе: первый - стоимость фундамента, крыши, бака и др.частей, совершенно или почти независимыхъ отъ высоты H, и второй - приходящуюся на пог. единицу высоты H стоимость стѣнъ, лѣстницъ, перекрытій и др. частей, представляющихъ собой функцію отъ H.

Составленіе какой-либо одной экономической формулы для опредѣленія діаметровъ трубъ развѣтленной разводящей сѣти станціи возможно только съ упрощеніями отдѣльныхъ выраженій стоимостеи частей водопровода, а также на основаніи извѣстнихъ допущеній за счетъ точности разсчета. Суммарное вліяніе всѣхъ измѣненій и допущеній на точность разсчета можетъ быть однако очень велико и даже повести къ неправильному выбору діаметровъ трубъ.

Съ другой стороны всегда бываетъ важно знать, какова же будетъ общая стоимость устройства водопровода при различныхъ комбинаціяхъ діаметровъ трубъ и высотъ водоемнаго зданія иначе говоря нужна финансовая картина, какъ сооруженія водопровода, такъ и эксплоатаціи его при этихъ комбинаціяхъ.

Такимъ образомъ при разсчетѣ разводящей сѣти желѣзнодорожной станціи желательно производить рядъ параллельныхъ сравнительныхъ подсчетовъ діаметровъ трубъ, задаваясь различными высотами расположенія баковъ водоемныхъ зданій.

Если при разсчетахъ городскихъ водопроводовъ, такіе сравнительные подсчеты трудно выполнимы, благодаря громадному протяженію сѣти и очень значительному числу возможныхъ комбинаціи, то

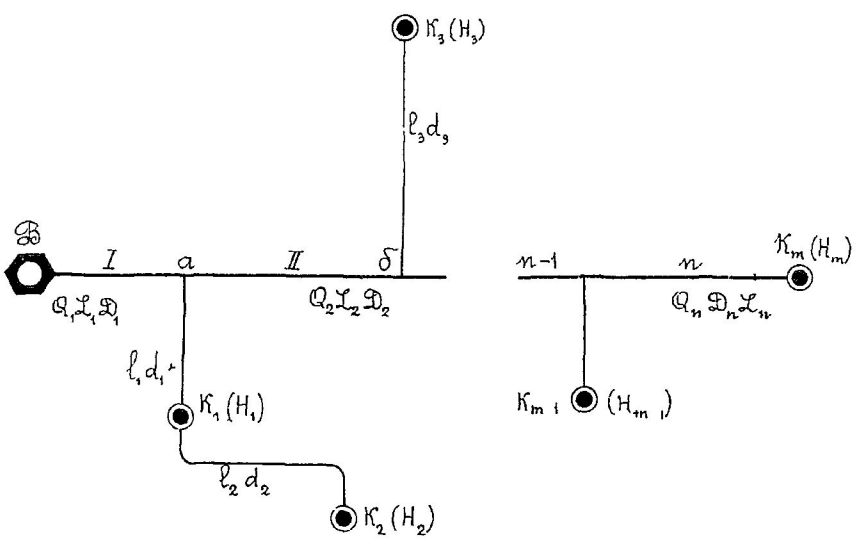
при проектированіи станціонной сѣти это просто, вслѣдствіе сравнительно малаго масштаба устройствъ.

Кромѣ того производство такихъ сравнительныхъ подъсчетовъ несложно и удобно тѣмъ, что разъ въ сѣти предположенъ извѣстный напоръ, то наивыгоднѣйшій діаметръ любой водопроводной линіи найдется по способу Грасхофа, какъ пропорціональный кубическому корню изъ расхода воды для нея т.е.

$$D_i = \alpha \sqrt[3]{q_i}$$

Пусть дѣиствйтельно имѣется водоемное зданіе или какой-либо иной источникъ напора въ точкѣ В и разводящая сѣть въ видѣ магистральной линіи I-II....n , съ отвѣтвленіями въ точкахъ а,б,...На сѣти находится рядъ водоразборныхъ крановъ $К_1, К_2 \ldots К_m$ расходы воды изъ которыхъ заданы и должны быть $q_1, q_2 \ldots q_m$ фиг.33.

Ф и г. 33.



Даны также длины всѣхъ участковъ сѣти – L_1, L_2 ..... L_i, l_1, l_2, ... l_i, кромѣ того извѣстны возвышенія вливныхъ отверстій крановъ надъ головкой рельса гл. пути h_i. Тогда по извѣстнымъ q_i легко найти расходы воды по всѣмъ трубамъ сѣти.

Токъ для трубы I -ой: $Q_1 = \sum_{i=1}^{i=m} q_i$

т.е. расходу воды по всей сѣти.

Для трубы II -ой: $Q_2 = \sum_{i=3}^{i=m} q_i$ и т.д.

Для послѣдней трубы: $Q_n = q_m$,

т.е. расходу воды изъ послѣдняго крана K_m.

Зададимся какимъ-либо возвышеніемъ дна бака надъ уровнемъ головки рельса гл.пути, наприм., H'. Тогда по заданнымъ отмѣткамъ вливныхъ отверстій крановъ h_i будутъ извѣстны и пониженія этихъ отверстій относительно дна бака – H_1, H_2 ..... H_m.

Тогда діаметръ послѣдней трубы магистрали опредѣлится по формулѣ

$$D_n = \alpha \sqrt[3]{Q_n}$$

при чемъ коэффиціентъ α равенъ

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{1}{\gamma \cdot H_m} \sum_{i=1}^{i=m} L_i \times Q_i^{\frac{1}{3}}}$$

При этомъ входящее подъ знакъ корня суммированіе

$L_i \times Q_i^{\frac{1}{3}}$ должно быть распространено только на трубы разсчитываемой линіи т.е. В – K_m.

Указатель формулы для D_n и α выведенъ въ предположеніи, что коэффиціентъ $\frac{1}{\gamma}$ постояненъ, не зависитъ ни отъ діаметра трубы, ни отъ скорости движенія воды по трубамъ.

Постоянныя значенія для $\frac{1}{\gamma}$ даютъ Дюпюи, Фаннингъ, Бирдморъ и др.

Такъ по Дюпюи

$\frac{1}{\gamma} = 0{,}0025$ для вычисленій въ метрическихъ мѣрахъ и

$\frac{1}{\gamma} = 0{,}000762$ для вычисленій въ футахъ.

Діаметръ первой трубы I опредѣляется такимъ же образомъ по выраженію

$$D_1 = \sqrt[3]{Q_1} \sqrt[5]{\frac{I}{\gamma \cdot H_m} \sum_{i=1}^{i=m} L_i Q_i^{\frac{1}{3}}},$$

при чемъ суммированіе опять таки распространяется на всѣ трубы линіи В – K_m, а H_m опять равно возвышенію напорнаго горизонта воды въ бакѣ надъ выливнымъ отверстіемъ послѣдняго крана K_m.

Разсчитанные діаметры трубъ должны быть округлены до имѣющихся въ сортаментѣ; по выбраннымъ D и извѣстнымъ расходамъ воды опредѣлятся потери напора и давленія въ точкахъ отвѣтвленій, узлахъ а, б ...; послѣ этого должны быть найде-

ны и діаметры трубъ отвѣтвленій, сложныхъ и одиночныхъ Сложными называютъ отвѣтвленія, имѣющія двѣ и болѣе точекъ разбора воды, одиночными - одинъ пунктъ разбора. Если обозначить потерю напора по трубамъ магистрали отъ водоемнаго зданія до узла $(n-1)$, отъ котораго имѣется одиночное отвѣтвленіе съ краномъ К на концѣ черезъ Z, то очевидно діаметръ труоъ этого отвѣтвленія опредѣлится по формулѣ

$$D = \sqrt[5]{\frac{Q_{n-1}\, l_{n-1}}{\gamma\,(H_{n-1} - Z)}}$$

Что же касается разсчета сложнаго отвѣтвленія, то надо замѣтить, что каждое такое отвѣтвленіе представляетъ собой или только магистральную линію какъ напримѣръ отвѣтвленіе въ узлѣ а. или магистральную линію съ одиночными отвѣтвленіями.

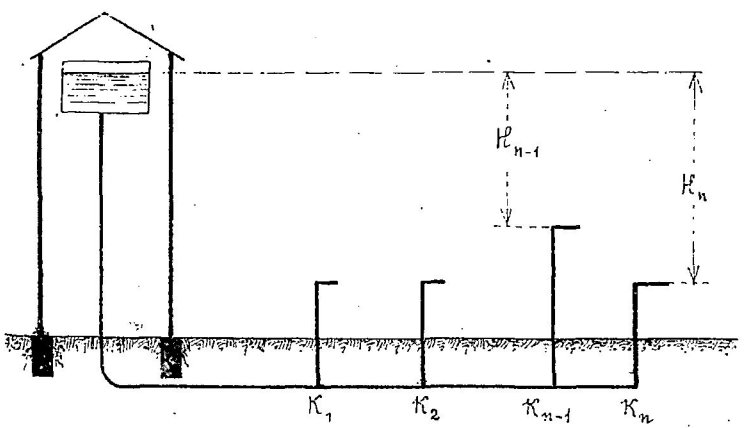
Поэтому разсчетъ сложныхъ отвѣтвленій легко производится по вышесказанному. Для поясненія изложеннаго ниже будетъ приведенъ подробный примѣръ разсчета желѣзнодорожнаго водопровода по способу Грасгофа.

Замѣтимъ, что при примѣненіи метода Грасгофа къ разсчету разводящихъ водопроводовъ желѣзнодорожныхъ станцій съ разнообразными возвышеніями

выливныхъ отверстій крановъ относительно напорнаго горизонта воды, при выборѣ магистралей надо обращать особое вниманіе на высоты расположенія относительно напоранго горизонта воды выливныхъ отверстій крановъ, находящихся на ней, такъ какъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ неправильный выборъ магистрали можетъ повести къ преумышленнымъ, а слѣдовательно и неправильнымъ діаметрамъ трубъ.

Въ самомъ дѣлѣ пусть напримѣръ за магистраль (фиг. 34) принята линія K_1, K_2..... K_n съ находящимся на концѣ ея краномъ K_n, для котораго

Фиг. 34.



возвышеніе напорнаго горизонта воды равно H_n. Возможны случаи, когда H_{n-1} для предыдущаго крана магистрали K_{n-1} будетъ настолько меньше H_n, что за магистраль придется принять линію $K_1, K_2 \ldots K_{n-1}$ а участокъ $K_{n-1} K_n$ разсматривать какъ отвѣтвленіе.

Такая неопредѣленность въ выборѣ магистрали неудобна только при разсчетахъ городскихъ водопроводовъ; при проектированіи же разводящей сѣти желѣзнодорожной станціи это избѣгается довольно просто и только въ нѣкоторыхъ случаяхъ требуются предварительные разсчеты

§ 32. Нѣкоторыя формулы, необходимыя для разсчета разводящей сѣти.

А. Для опредѣленія потери напора при движеніи воды по пеньковымъ или резиновымъ рукавамъ существуютъ формулы Фаннинга, Ясюковича, Зимина и Карельскихъ.

Укажемъ первыя двѣ, какъ наиболѣе употребительныя

I. Формула Фаннинга.

$$h = f \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{L}{D},$$

гдѣ v - скорость движенія воды въ $\frac{\text{метр}}{\text{сек.}}$,

g - ускореніе силы тяжести въ $\frac{\text{метр.}}{\text{сек}^2}$,

D - діаметръ рукава въ метрахъ,

L - длина его въ метрахъ,

f - коэффиціентъ тренія, имѣющій различныя значенія, въ зависимости отъ матеріала рукава и скорости движенія воды, приводимыя въ слѣд. табл.:

Сортъ рукава	Секундная скорость движенія воды въ метр.			
	4	6	I0	I5
Пеньковый, непрорезиненный	0,038	0,038	0,037	0,035
Пеньковый, грубопрорезиненный	0,030	0,030	0,030	0,030
Пеньковый, хорошо прорезиненный	0,024	0,023	0,022	0,019

Эту формулу, какъ извѣстно, легко привести къ виду

$$h = \frac{Q^2 \times L}{\gamma \times D^5}$$

при этомъ съ достаточной точностью можно принять $\frac{1}{\gamma}$ постояннымъ и равнымъ въ среднемъ для вычисленіи въ футовыхъ мѣрахъ:

а) для пеньковыхъ, непрорезиненныхъ рукавовъ ..... $\frac{1}{\gamma} = 0,00095$

б) для пеньковыхъ, грубо - прорезиненныхъ рукавовъ ..... $\frac{1}{\gamma} = 0,000755$

в) для пеньковыхъ, хорошо прорезин. рукавовъ ..... $\frac{1}{\gamma} = 0,00060$

2). Формула проф. М. Ясюковича, предложенная имъ какъ на основаніи его опытовъ, такъ и опытовъ инженера Фримана:

$$i = \frac{\dots \times Q^{1,9}}{D^{5,25}}$$

гдѣ Q - расходъ воды въ $\frac{\text{литрахъ}}{\text{минуту}}$

D - діаметръ рукава въ м/м.

i - гидравлическій уклонъ,

K - коэффиціентъ, получающій различныя значенія, а именно:

для резиновыхъ рукавовъ ..... $K = 2000$

для пеньковыхъ рукавовъ ..... $K = 5000$

для пеньковыхъ рукавовъ,
выложенныхъ резиной ..... $K = 3000$

В). Формулы для опредѣленія высоты пожарной струи даются обыкновенно въ предположеніи, что струя - вертикальна Между тѣмъ въ дѣйствительности при тушеніи пожара примѣняются струи, бьющія подъ угломъ къ горизонту

Изъ формулы для разсчета вертикальныхъ струй укажемъ на формулы Bach'a и Люгера

I). Формула Bach'a имѣетъ видъ

$$h = \frac{H}{\alpha + \beta H + \gamma H^2}$$

гдѣ h - дѣйствительная высота вертикальной струи въ воздухѣ.

H - напоръ у входа въ наконечникъ брандспойта;

α, β, γ - коэффиціенты, получающіе различныя значенія, въ зависимости отъ формы наконечника.

Для уширяющагося короткаго наконечника

$\alpha = I$; $\beta = 0,0II578$ и $\gamma = 0,00058I85$

Для длиннаго коническаго наконечника

$\alpha = I,0453$, $\beta = 0,000373$ и $\gamma = 0,000859$

Для короткаго коническаго наконечника

$\alpha = I,0I62$ $\beta = 0,007I07$ и $\gamma = 0,000406$

2). Формула Люгера:

$$h = \frac{H}{I + \varphi H}$$

гдѣ H - высота напора,

h - высота поднятія струи въ воздухѣ,

φ - эмпирическій коэффиціентъ, зависящій отъ діаметра выходного отверстія брандспойта d и равный для вычисленія въ метрическихъ мѣрахъ

$$\varphi = \frac{0,00025}{d + I000 d^3}$$

По изслѣдованіямъ проф. Ясюковича изъ всѣхъ формулъ, предложенныхъ для опредѣленія высоты струй формула Люгера является самой правильной. Эта формула часто примѣняется при разсчетахъ городскихъ водопроводовъ.

Что же касается наклонной пожарной струи, то надо замѣтить, что аналитическій вопросъ о траэкторіи струи, бьющей подъ какимъ-либо угломъ къ горизонту въ газообразной средѣ, до сего времени

еще не разрѣшенъ.

Эмпирическихъ формулъ, разрѣшающихъ этотъ вопросъ, также еще не предложено. Ввиду этого приходится при разсчетахъ пользоваться опытными данными различныхъ экспериментаторовъ. При этомъ необходимо обращать серьезное вниманіе на свойство выбрасываемой изъ наконечника брандспойта струи распыляться и при опредѣленіи высоты и дальнобойности струи принимать во вниманіе только среднюю плотную часть ея, такъ называемый „Отволъ", состоящую изъ капель большого размѣра и являющуюся при тушеніи пожара наиболѣе существенной

При разсчетахъ удобнѣе соединять опредѣленіе потерь напора въ рукавѣ, наконечникѣ, брандспойтѣ и въ воздухѣ въ одно и пользоваться таблицами, составленными такъ, чтобы онѣ прямо указывали тотъ напоръ, который необходимъ въ пожарномъ кранѣ для полученія пожарной струи опредѣленной высоты при выбранныхъ или заданныхъ діаметрахъ рукава и наконечника брандспойта.

Въ слѣдующихъ трехъ таблицахъ (см. стр. 225, 226 и 227) и приведены всѣ упомянутыя данныя для употребительныхъ діаметровъ наконечниковъ брандспойтовъ въ $\frac{7}{8}$", 1" и 1$\frac{1}{8}$" и діаметровъ по-

I. Наконечникъ $d = \frac{7}{8}''$, рукавъ $d = 2\frac{1}{2}''$

Средняя высота вертикальной струи	Высота наклонной струи		Количество выбрасываемой водн въ ведрахъ въ минуту.	Необходимый напоръ въ кранѣ при длинѣ пожарнаго рукава.					
				50 фут.		100 фут.		200 фут.	
	Наклонъ къ горизонту 60°-70°	Наклонъ 32°		Пеньковый рукавъ	Пеньковый прорезиненный	Пеньковый рукавъ	Пеньковый прорезиненный	Пеньковый рукавъ	Пеньковый прорезиненный
21	18	21	22	27,6	25,3	30	25,3	36,9	30
31	26	27	27	39,2	36,9	43,8	39,2	53	43,8
41	34	33	31	53	50,7	60	53	71,5	57,7
51	42	38	35	67	62,3	73,8	66,9	90	71,5
61	49	42	38	80	76,1	90	78,4	108,4	87,7

II . Наконечникъ d = I", руканъ d = 2 $\frac{I"}{2}$

Средняя высота вертикальной струи	Высота наклонной струи		Количество выбрасываемой воды въ ведрахъ въ минуту	Необходимый напоръ въ кранѣ при длинѣ пожарнаго рукава.					
				50 фут.		I00 фут.		200 фут.	
	Наклонъ къ горизонту 60°-70°	Наклонъ 32°		Пеньковый рукавъ	Пеньковый прорезиненный	Пеньковый руканъ	Пеньковый прорезиненный	Пеньковый рукавъ	Пеньковый прорезиненный
2I	I8	2I	29	30	27,6	34,6	27,6	46,I	32.3
32	26	30	35	43,8	39,6	53	43,8	66.9	50,7
43	35	37	4I	60	53	69,2	57,7	90	66,9
53	43	42	45	73,8	66,9	87,7	7I,5	II3	83
63	5I	47	50	87,7	78.4	I03,8	85.3	I36,I	99.2

III. Наконечникъ $d = I\frac{I''}{8}$, рукавъ $d = 2\frac{I''}{2}$

Средняя высота вертикальной струи	Высота наклонной струи		Количество израсходованной воды въ ведрахъ въ минуту	Необходимый напоръ въ кранѣ при длинѣ пожарнаго крана.					
				50 фут.		I00 фут.		200 фут.	
	Наклонъ къ горизонту 60°-70°	Наклонъ 32°		Пеньковый рукавъ	Пеньковый прорезиненный	Пеньковый рукавъ	Пеньковый прорезиненный	Пеньковый рукавъ	Пеньковый прорезиненный
22	I8	22	37	34,6	27,6	4I,5	32,3	60	39,2
32	27	3I	45	50,7	43,8	62.3	48,4	87,7	60.0
43	36	38	52	66,9	57.7	83	64,6	II7,6	78,4
54	44	44	58	33,0	7I.5	I03,8	80,7	I47,6	99,2

жарныхъ рукавовъ въ 2 $\frac{1}{2}$", для струй небольшихъ высотъ, которыя особенно нужны при проектированіи водопроводовъ желѣзнодорожныхъ станцій.

Способъ пользованія этими таблицами будетъ указанъ далѣе, въ примѣрѣ разсчета разводящей сѣти.

Остановимся еще на вопросѣ о наибольшей допускаемой скорости движенія воды въ трубахъ желѣзнодорожныхъ водопроводовъ. Какъ извѣстно, при опредѣленіи діаметровъ трубъ разводящей сѣти кромѣ условія наивыгодности ихъ діаметровъ, должно быть соблюдено и второе условіе, а именно, чтобы скорость движенія воды въ трубахъ не превосходила допускаемой предѣльной величины, при которой не происходитъ разстройства стыковыхъ соединеній разрыва трубъ, истиранія внутренней асфальтированной поверхности трубъ, очень большихъ гидравлическихъ ударовъ и проч. Этой предѣльной скоростью для городскихъ водопроводовъ обычно считаютъ скорость около 5 фут. въ секунду.

Для противопожарныхъ водопроводовъ желѣзнодорожныхъ мастерскихъ во избѣжаніе чрезмѣрнаго увеличенія діаметровъ трубъ, допускаютъ большую скорость движенія воды по трубамъ до 10 фут. въ секунду ввиду сравнительно рѣдкой повторяемости и непродолжительности противопожарной работы во-

допровода. Принимая во вниманіе, что и работа разводящей водопроводной сѣти всякой желѣзнодорожной станціи съ полной интенсивностью происходить не постоянно, а только періодически съ болѣе или менѣе значительными перерывами, можно повысить указанный выше предѣлъ секундной скорости движенія воды (5 фут.) и положить его равнымъ среднему ариѳметическому изъ 2-хъ предѣловъ въ 5 и 10 фут., т.е. назначить

$$v_{max} = \frac{5 + 10}{2} = 7{,}5 \text{ фут.}$$

Существующіе разводящіе водопроводы желѣзнодорожныхъ станцій съ высокими водоемными зданіями и одновременно съ небольшими діаметрами трубъ, показываютъ, что вышеуказанная скорость движенія воды въ 7,5 фут. могла бы быть признана какъ допустимая наибольшая

§ 33. Примѣръ разсчета разводящей сѣти желѣзнодорожной станціи.

Пусть на фиг.35*) показана схема разводящей водопроводной сѣти желѣзнодорожной станціи съ находящимися на ней тремя гидравлическими колоннами № I, № 2, № 3, изъ которыхъ колонна № I служитъ для набора воды паровозами товарныхъ поѣздовъ, а колонны № 2 и № 3 для пополненія водой тендеровъ паровозовъ, проходящихъ съ пассажирскими

*) См. стр. 232

поѣздами мимо станціи, кромѣ того на сѣти находятся: деповскіе гидранты №№ I0 - I4, кранъ для набора воды въ ванни парового топленія пассажирскихъ поѣздовъ № 4, краны для поенія скота №№ 6 - 9, наружный водоразборный кранъ № 5, находящійся на предвокзальной площадкѣ и пожарные краны №№ I5 и I6, расположенные близъ пакгаузовъ.

Водоемное зданіе находится въ точкѣ В близъ депо.

Пусть требуется опредѣлить наивыгоднѣйшіе діаметры трубъ сѣти для заданнаго возвышенія бака водоемнаго зданія надъ головкой рельса главнаго пути въ I0 саженъ. Разсчетъ сѣти произведемъ въ слѣдующихъ трехъ предположеніяхъ, имѣющихъ мѣсто въ дѣйствительности:

I). въ предположеніи одновременнаго дѣйствія гидравлическихъ колоннъ № I и № 3, крана для набора воды въ вагоны парового отопленія пассажирскихъ поѣздовъ № 4 и наружнаго водоразборнаго крана № 5. Такое предположеніе соотвѣтствуетъ моменту стоянки пассажирскаго поѣзда на станціи и набора воды товарнымъ паровозомъ.

2). одновременнаго дѣйствія гидравлической колонны № I, крановъ для поенія скота №№ 6 - 9, двухъ гидрантовъ въ депо №№ I3 и I4 (случай стоянки поѣзда со скотомъ, смѣны парвоза этого

поѣзда и промывка двухъ паровозовъ)и

3). одновременнаго дѣйствія двухъ пожарныхъ кранонъ № I5 и № I6, одной гидравлической колонны № 2 и крана для набора воды въ вагоны парового отопленія № 4.

Раньше чѣмъ приступить къ разсчету сѣти назначимъ секундныя производительности всѣхъ крановъ и опредѣлимъ пониженія выливныхъ отверстій крановъ H_i относительно дна бака водоемнаго зданія.

Гидравлическія колонны.

При возвышеніи выливного отверстія колонны надъ уровнемъ рельса главнаго пути h_i = II,8 фут., разсчетное возвышеніе напорнаго горизонта воды надъ выливнымъ отверстіемъ будетъ

$$H_1 = H_2 = H_3 = 10 \times 7 - 11{,}8 = 58.2 \text{ фут.}$$

Секундныя производительности всѣхъ колоннъ назначимъ равными

$$q_1 = q_2 = q_3 = 0{,}75 \text{ куб. фут. въ секунду}$$

Краны для поенія скота.

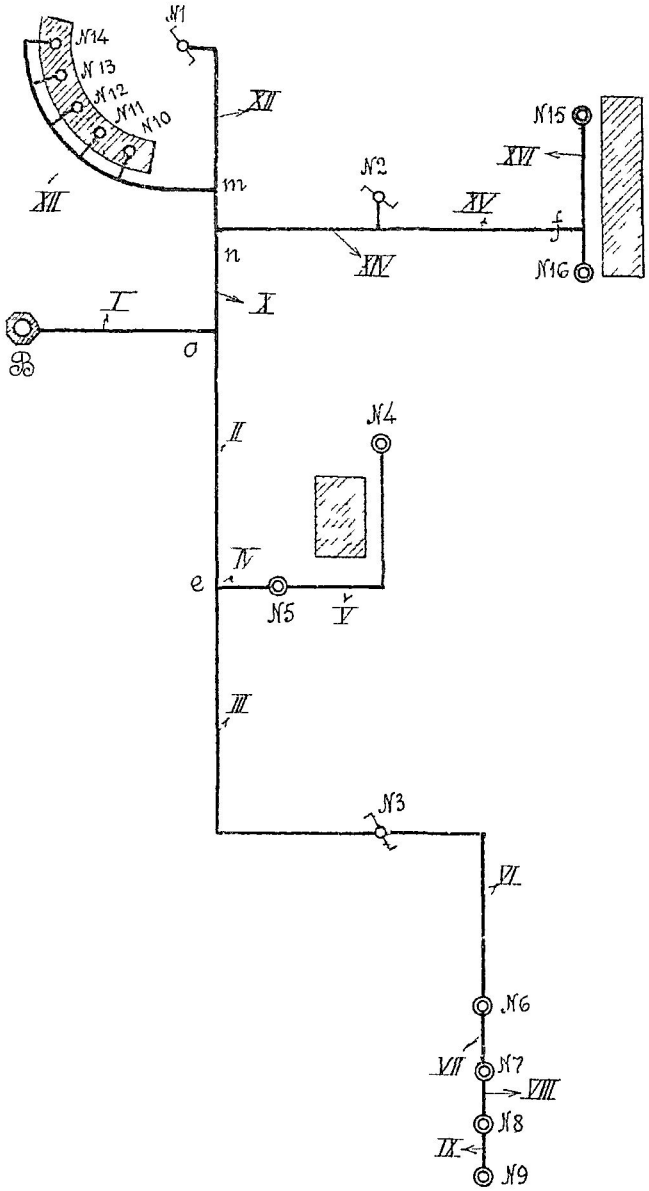
При назначеніи производительности крановъ предположимъ, что каждый изъ нихъ обслуживаетъ четыре вагона, нагруженныхъ въ среднемъ по I0 головъ крупнаго скота. Для поенія каждой головы положимъ 3 ведра и время поенія=I0 минутамъ. При этихъ условіяхъ расходъ воды изъ каждаго крана долженъ быть

$$\frac{4 \times 10 \times 3}{10} = 12 \text{ ведеръ въ минуту}$$

или

$$q_6 = q_7 = q_8 = q_9 = 0,10 \text{ куб.фут. въ секунду}$$

Фиг. 35.



Возвышеніе водопоинаго корыта въ вагонѣ, куда подается вода изъ крана помощью наливного рукава, надъ уровнемъ рельсовъ равно 5 фут. Наливной рукавъ пеньковый хорошо прорезиненный длиной 10 саж., діаметромъ 2 дюйма .

Потеря напора при движеніи воды по такому рукаву

$$h = 0{,}0006 \times \frac{0{,}10^2 \times 70}{0{,}1667^5} = 3{,}27 \text{ фут.}$$

Кранъ для набора воды въ вагоны парового отопленія пассажирскихъ поѣздовъ.

Пусть объемъ водяного бачка вагона парового отопленія

$$U = 100 \text{ куб.фут.}$$

и время наполненія бачка

$$t = 5 \text{ минут.}$$

Тогда необходимая секундная подача воды краномъ должна быть равна:

$$q = \frac{100}{60 \times 5} = 0{,}17 \text{ кб.фут.} \backsim 0{,}15 \text{ кб.фут.}$$

Наливной рукавъ пеньковый, хорошо прорезиненный, длиной 5 саж., діаметр. 2 дюйма .

Потеря напора при движеніи воды по такому рукаву

$$h = \frac{0{,}0006 \times 0{,}15^2 \times 35}{0{,}1667} = 4{,}07 \text{ фут.}$$

Возвышеніе верха водяного бачка вагона надъ уровнемъ рельсовъ принято равнымъ 8.00 фут.

Наружный водоразборный кранъ № 5.

Производительность его назначимъ равной половинѣ нормальной производительности пожарнаго крана т.е. около 25 ведеръ въ минуту или 0.I5 куб.фут. въ секунду. Возвышеніе напорнаго расчетнаго горизонта воды въ бакѣ надъ выливнымъ отверстіемъ крана примемъ въ 4 фута.

Пожарные краны.

Они расположены, какъ сказано ранѣе, у пакгаузовъ. Высота послѣднихъ до конька крыши составляетъ 3,25 саж. Поэтому высота струи воды, подаваемой краномъ, должна быть не менѣе 3,25 + I,00 = 4,25 саж. или 29,75 ≈ 30 фут. Каждый кранъ снабженъ на концѣ пеньковымъ прорезиненнымъ рукавомъ діаметра 2 $\frac{I}{2}$", длиной I0 саж. или 70 фут., съ брандспойтомъ діам. въ $\frac{7}{8}$".

Необходимый въ пожарномъ кранѣ для полученія струи высотой 30 фут., наклоненной подъ 60° - 70° къ горизонту, напоръ найдемъ изъ таблицы, помѣщенной на странхцѣ 225 по олѣдующему разсчету:

Напоръ, необходимый при длинѣ рукава въ 50 фт.

$$h' = \frac{50,7 + 36,9}{2} = 43,8 \text{ фут.}$$

Напоръ, необходимый при длинѣ рукава въ 100 фт.

$$h'' = \frac{53,0 + 39,2}{2} = 46,10 \text{ фут.}$$

Напоръ, необходимый при длинѣ рукава въ 70 фут.

$$h = 43,8 + (46,1 - 43,8) \times \frac{20}{50} = 44,7 \text{ фут.}$$

Количество воды, подаваемое изъ наконечника брандспойта, будетъ при этомъ равно

$$\frac{27 + 31}{2} = 29 \text{ ведеръ въ минуту}$$

или ∞ 0,21 куб.фут въ секунду.

Гидранты паровознаго депо.

Промывка паровозовъ въ депо - горячая. При этомъ вода изъ разводящей сѣти подается въ особый резервуаръ. расположенный на уровнѣ головки рельса гл.пути станціи, подогрѣвается въ этомъ резервуарѣ, а изъ него уже перекачивается особымъ насосомъ въ подлежащій промывкѣ паровозный котелъ.

Для промывки одного паровоза пусть требуется подать 0,40 куб.фут.водн въ секунду.

Кромѣ того требуется провѣрить достаточность діаметровъ трубъ, идущихъ къ паровозному депо, въ предположеніи, что гидрантами пользуются для тушенія пожаровъ депо. Въ этомъ случаѣ къ гидранту привертывается пеньковый прорезиненный рукавъ

$d = 2\frac{1}{2}$", длиной 10 саж., съ брандспойтомъ въ $7\frac{7}{8}$"

Высоту депо до конька крыши примемъ въ 4.5 сж.

Высота наклонной струи должна быть 4.5+1,0=5,5с. или около 38 фут. Изъ таблицы на стр. 225 найдемъ, что при этихъ условіяхъ напоръ въ гидрантѣ долженъ быть не менѣе:

$$H = \frac{62,3 + 50,7}{2} + \left[\frac{66,9 + 53}{2} - \frac{62,3 + 50,7}{2}\right] \times \frac{20}{50} =$$

= 57,9 фут.

Количество же воды, выбрасываемое изъ наконечника брандспойта составитъ

$$q = \frac{35 + 31}{2} = 33$$ ведра въ минуту или

0,24 куб.фут. въ секунду.

I-ое предположеніе: одновременное дѣйствіе крановъ №№ 1,3,4 и 5.

Примемъ за магистраль линію Ва№ 3, идущую отъ водоемнаго зданія до гидравлической колонны № 3.

Расходы воды по трубамъ будутъ:

на участкѣ (I) Ва:

$q_1 = 2 \times 0,75 + 0,15 + 0.20 = 1,85$ куб.фут.

на участкѣ (II) ае:

$q_2 = 0,75 + 0,15 + 0,20 = 1,10$ куб. фут.

на участкѣ (III) е№ 3:

$q_3 = 0,75$ куб. фут.

Длины участковъ положимъ равными:

длина участка Ва (I) $l_1 = 160$ фут.

" " ае (II) $l_2 = 400$ фут.

" " ежз (III) $l_3 = 700$ фут.

Опредѣлимъ членъ (α), входящій въ формулу

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{I}{\gamma H_m} \sum_{i=1}^{i=m} \left(Q_i^{\frac{1}{3}} \cdot L_i\right)}$$

при чемъ суммированіе должно быть распространено на трубы магистрали I, II, III, а H_m взято для гидравлической колонны № 3 т.е.

$$H_m = H - 11{,}8 \text{ фут.}$$

$$\sum Q_i^{\frac{1}{3}} L_i = 160 \sqrt[3]{1{,}85} + 400 \sqrt[3]{1{,}10} + 700 \sqrt[3]{0{,}75} =$$

$$= 160 \times 1{,}227 + 400 \times 1{,}032 + 700 \times 0{,}9086 = 196.320 +$$

$$+ 412.800 + 636{,}020 = 1245{,}140$$

Принимая теперь заданное возвышеніе бака надъ уровнемъ рельса гл.пути равнымъ

$$H = 10 \text{ саж.} = 70 \text{ фут.}, \text{ найдемъ}$$

$$H_m = 70 - 11{,}8 = 58{,}2 \text{ фут.}$$

Коэффиціентъ $\frac{1}{\gamma}$ примемъ для упрощенія разсчетовъ постояннымъ независящимъ отъ діаметра по трубамъ, по Дюпюи, а именно:

$\frac{1}{\gamma} = 0{,}000762$ (для вычисленій въ футовыхъ мѣрахъ)

Тогда

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{0{,}000762 \times 1245{,}140}{58{,}2}} = \sqrt[5]{\frac{0{,}9488}{58{,}2}} =$$

$$= \sqrt[5]{0{,}0163} = 0.439$$

Діаметры трубъ магистрали должны быть равны:

на участкѣ I $d_1 = 0.489 \times 1,227 = 0,539$ ф. $\backsim 7"$

" " II $d_2 = 0.439 \times 1,032 = 0.453$ " $\backsim 6"$

" " III $d_3 = 0,439 \times 0,9086 = 0,399$ " $\backsim 5"$

Найдемъ потери напора на участкахъ I, II, III; онѣ будутъ

$$h_1 = \frac{q_1^2 \times l_1}{\gamma d_1^5} = 1,85^2 \times 160 \times 0,011282 = 6,18 \text{ фут.}$$

$$h_2 = 1,10^2 \times 400 \times 0,024384 = 11,80 \text{ фут.}$$

$$h_3 = 0,75 \times 700 \times 0,060680 = 23.89 \text{ фут.}$$

Опредѣлимъ теперь діаметры трубъ на участкахъ IV (отъ узла до крана № 5) и V (отъ крана № 5 до крана № 4).

Принимаемъ линію IV - V за магистраль.

Тогда

$$H_m = (70 - 6,18 - 11,80 - 8,0 - 4,07)^{*} \text{ фут.} =$$

$$= 39.95 \text{ фут.}$$

Расходъ воды по трубамъ IV: $q_4 = 0,15 \times 2 = 0,30$ куб.фт.

" " " " V: $q_5 = 0,15$ куб.фут.

Длина участка IV: $l_4 = 100$ фут.

" " V: $l_5 = 120$ фут.

$$\sum(q_i^3 . L_i) = 100 \sqrt[3]{0,30} + 120 \sqrt[3]{0,15} = 100 \times 0,67 +$$

$$+ 120 \times 0,53 = 130,6$$

---

*) напомнимъ, что 8 фут. есть возвышеніе бачка вагона отопленія надъ уровнемъ рельсовъ, а 4,07 фут. - потеря напора въ наливномъ рукавѣ.

Тогда

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{0,000762 \times 130,6}{39,95}} = \sqrt[5]{\frac{0,0995}{39.95}} =$$

$$= \sqrt[5]{0,00249} = 0,3015$$

При этомъ діаметры трубъ будутъ:

$d_4 = 0,3015 \times 0,67 = 0,202$ фут. $\backsim$ 3"

$d_5 = 0,3015 \times 0.53 = 0,19$ " $\backsim$ 3"

2-ое предположеніе-одновременное дѣйствіе крановъ №№ 1,6,7.8.9.13 и 14.

Примемъ за магистраль линію В - № 9, отъ водоемнаго зданія до послѣдняго водопоинаго крана № 9.

Расходы воды по трубамъ будутъ:

на участкѣ В а

$q_1 = 0,75 + 2 \times 0,40 + 4 \times 0,10 = 1.95$ кб.фт.въ секунду

на участкѣ а № 6 :

$q_2 = 4 \times 0.10 = 0,40$ кб.фут. въ секунду

на участкѣ № 6 - № 7 :

$q_3 = 3 \times 0.10 = 0,30$ кб.фут. / секунду

на участкѣ № 7 - № 8 :

$q_4 = 2 \times 0,10 = 0,20$ кб.фут. / секунду

на участкѣ № 8 - № 9 :

$q_5 = 0,10$ куб. фут. / секунду

на участкѣ а - m ;

$q_6 = 0,75 + 2 \times 0,40 = 1.55$ кб.фут. / секунду

на участкѣ m - № 2 :

$$q_7 = 0{,}75 \text{ куб.фут.} / \text{секунду}$$

на участкѣ m - № I3 :

$$q_8 = 0{,}80 \text{ куб.фут.} / \text{секунду}$$

на участкѣ № I3 - № I4 :

$$q_9 = 0{,}40 \text{ куб. фут.} / \text{секунду}$$

Длины участковъ положимъ равными:

В α (I) = I60 фут.;

α № 6 (II + III + VI) = 400 + 700 + VI = II00 ф.+

+ VI = II00 + 300 = I400 фут.

№ 6 - № 7 = VII = I30 фут.

№ 7 - № 8 = VIII = I30 фут.,

№ 8 - № 9 = IX = I30 фут.,

α - m (X) = 350 фут.,

m - № I (XI) = 250 фут.,

m - № I4 (XII) = 200 фут.

№ I4 - № I3 = 30,00 фут.

Разсмотримъ сперва линію В - № 9, состоящую изъ участковъ I.II.III.VI,VII,VIII и IX. Для первыхъ трехъ участковъ будемъ принимать діаметры трубъ, полученные изъ разсчета сѣти по первому предположенію (которое даетъ болѣе невыгодный случай).

Тогда при возвышеніи бака водоемнаго зданія H = I0 саж. = 70 фут., получимъ слѣдующія потери напора для разсматриваемаго случая.

Потеря напора на участкѣ I: d=7", q=I,95 $\frac{\text{кб.фт.}}{\text{секун.}}$

$$h_1 = \frac{q^2 l}{\gamma \cdot d^5} = I,95^2 \times I60 \times 0,0II282 = 6,86 \text{ фут.}$$

Потеря напора на участкѣ II : d=6", q=0,40 $\frac{\text{кб.фт.}}{\text{секун.}}$

$$h_2 = \frac{q^2 l}{\gamma d^5} = 0,40^2 \times 400 \times 0,024384 = I,56 \text{ фут.}$$

Потеря напора на участкѣ III: d=5", q=0,40 $\frac{\text{кб.фт.}}{\text{секун.}}$

$$h_3 = \frac{q^2 l}{\gamma \cdot d^5} = 0,40^2 \times 700 \times 0,060680 = 6,80 \text{ фут.}$$

Потеря напора на участкахъ I,II и III т.е, отъ водоемнаго зданія до колонны № 3:

$$\sum h = 6,86 + I.56 + 6,80 = I5,22 \text{ фут.}$$

Такимъ образомъ возвышеніе напорнаго горизонта воды надъ уровнемъ головки рельса въ точкѣ № 3 (у колонны) составитъ :

$$H' = 70 - I5,22 = 54,78 \text{ фут.}$$

Для участка № 3 - № 9 найдемъ выраженіе

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{I}{\gamma \cdot H_m} \sum_{i=1}^{i=m} Q_i^3 L_i}$$

при чемъ суммированіе должно быть распространено на линіи № 3 - № 6, № 6 - № 7, № 7 - № 8 и № 8 - № 9 , а H_m должно быть взято для послѣдняго водопойнаго крана № 9 т.е.

$$H_m = 54,78 - 5,00 - 3,27 = 46,51$$ *)

Тогда:

$$\sum Q_i^{\frac{1}{3}} L_i = 300 \sqrt[3]{0,40} + 130 \sqrt[3]{0,30} + 130 \sqrt[3]{0,20} +$$

$$+ 130 \sqrt[3]{0,10} = 300 \times 0,737 + 130 \times 0,67 +$$

$$+ 130 \times 0,585 + 130 \times 0,464 = 444,57$$

При этихъ данныхъ

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{0,000762 \times 444,57}{46,51}} = \sqrt[5]{\frac{0,3388}{46,51}} =$$

$$= \sqrt[5]{0,00719} = 0,373$$

Тогда діаметры трубъ на разсматриваемыхъ участкахъ будутъ:

на учаоткѣ VI ; $d_6 = 0,373 \times 0,737 = 0,275 \sim 4"$

" " VII : $d_7 = 0,373 \times 0,670 = 0.2499' \sim 3"$

" " VIII : $d_8 = 0,373 \times 0,585 = 0,218' \sim 3"$

" " IX : $d_9 = 0,373 \times 0,464 = 0,173' \sim 3"$

Перейдемъ теперь къ линіямъ a_m № 14 и a_m №2. Изъ нихъ за магистраль примемъ линію a_m № I т.е. отъ узла a до гидравлической колонны № I.

Для нея потеря напора по линіи B - a равна

$$1,95^2 \times 160 \times 0,011282 = 6,86 \text{ фут.}$$

Тогда $H_m = 70 - 6,86 - 11,8 = 51,34$ фут.

$$\sum Q_i^{\frac{1}{3}} L_i = 350 \sqrt[3]{1,55} + 250 \sqrt[3]{0,75} = 350 \times 1,157 +$$

$$+ 250 \times 0,9086 = 632,20$$

---

*) напомнимъ при этомъ, что 5 фут. есть возвышеніе водопойнаго корыта надъ уровнемъ рельсовъ, а 3,27 фут.- потеря напора въ наливномъ рукавѣ.

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{0,000762 \times 632.20}{5I,34}} = \sqrt[5]{\frac{0,48I7}{5I,34}} =$$

$$= \sqrt[5]{0,00938} = 0,393$$

При этомъ діаметры трубъ будутъ:

на участкѣ $a - m$; $d_{I} = 0,393 \times I,I57 = 0,455$ фут. ∞ 6"

" " m - № I: $d_{II} = 0,393 \times 0,9086 = 0,358$ " ∞ 5"

Потеря напора по линіи $a - m$;

$$h_{II} = I,55^{2} \times 350 \times 0,024384 = 23,60 \text{ фут.}$$

Переходимъ къ линіи m № I3 - № I4 ; для нея имѣемъ: $H_m = 70 - 6,86 - 23,60 = 39,54$ фут.

$$\sum q_i^{\frac{1}{3}} L_i = I70 \sqrt[3]{0,80} + 30 \sqrt[3]{0,40} = I70 \times 0,928 +$$

$$+ 30 \times 0,737 = I79,87$$

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{0,000762 \times I79,87}{39,54}} = \sqrt[5]{\frac{0,I37I}{39,54}} =$$

$$= \sqrt[5]{0,00346} = 0,322$$

Діаметръ трубъ на участкѣ m № I3 :

$$0,322 \times 0,928 = 0,299 \text{ фут.} \infty 4"$$

Діаметръ трубъ на участкѣ № I3 - № I4:

$$0,322 \times 0,737 = 0,237 \text{ фут.} \infty 3"$$

Опредѣлимъ теперь какіе должны быть діаметры трубъ на линіи B - a - m - № I3 - № I4 для случая, когда гидранты №№ I3 и I4 работаютъ, какъ пожарные краны для тушенія пожара въ депо. При этомъ можно допустить, что всѣ прочіе водоразборные краны закрыты и разбора воды изъ нихъ

не производится.

Расходъ воды на линіи B a m № I3 :

$$2 \times 0{,}24 = 0{,}48 \text{ куб. фут.}$$

Расходъ воды на линіи № I3 - № I4 : 0,24 кб.фт

Изъ предыдущаго разсчета извѣстно, что линія B-a имѣетъ длину I60 фут. и діаметръ трубъ 7", а линія a - m имѣетъ длину 350 фут. и діаметръ трубъ 6"; наконецъ, длины линіи m № I3 = I70 фут. и № I3 - № 4 - 30 фут.

Потеря напора на линіи B-a

$$h' = 0{,}48^2 \times I60 \times 0{,}0II282 = 0{,}40 \text{ фут.}$$

Потеря напора на линіи a - m

$$h'' = 0{,}48^2 \times 350 \times 0{,}024384 = I{,}60 \text{ фут.}$$

Свободный напоръ въ узлѣ m

$$H = 70 - 0{,}40 - I{,}60 = 68{,}00 \text{ фут.}$$

Для линіи m - № I3 - № I4 получимъ

$$\sum Q_i^{\frac{1}{3}} L_i = I70 \sqrt[3]{0{,}48} + 30 \sqrt[3]{0{,}24} = I70 \times 0{,}78 + 30 \times 0{,}62 = I32{,}6 + I8{,}6$$

$$H_m = 68{,}00 - 57{,}90 \text{ *)} = I0{,}I0$$

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{0{,}000762 \times I5I{,}2}{I0{,}I0}} = 0{,}4I$$

Діаметры трубъ должны быть равны на участкѣ m - № I3

$$d = 0{,}4I \times 0{,}78 = 0{,}32 \text{ фут.} \sim 4"$$

*) напомнимъ, что 57,90 фут. есть тотъ свободный напоръ (вычисленный ранѣе), который необходимо имѣть въ гидрантѣ для подачи послѣднимъ требуемой пожарной струи.

на участкѣ № I3 - № I4

$$d = 0{,}4I \times 0{,}62 = 0{,}254 \text{ фут.} \sim 3''$$

Такимъ образомъ полученные въ предыдущемъ разсчетѣ діаметры трубъ на участкахъ m- № I3 и № I3 - № I4 (4" и 3") могутъ быть оставлены, такъ какъ при этихъ діаметрахъ возможенъ требуемый эффектъ дѣйствія гидрантовъ, какъ пожарныхъ крановъ.

3-ье п р е д п о л о ж е н і е. Одновременное дѣиствіе крановъ №№ 2,4,I5 и I6.

Примемъ за магистраль линію В а п № 2 № I5, идущую отъ водоемнаго зданія до пожарнаго крана № I5.

При работѣ пожарныхъ крановъ № I5 и № I6, расходъ воды изъ гидравлической колонны № 2 можетъ быть уменьшенъ и вмѣсто 0,75 куб.фут.взятъ равнымъ вдвое меньше т.е. около 0,40 куб.фут. въ секунду.

Точно также расходъ воды изъ крана № 4 можетъ быть принятъ равнымъ $\frac{I}{2} \times 0{,}I5 = \sim 0{,}08$ куб.фут.

Расходъ воды изъ каждаго пожарнаго крана, согласнопредыдущаго, равенъ 0,2I куб. фут. въ секун.

При этихъ условіяхъ расходы воды на участкахъ сѣти будутъ:

на участкѣ Ва (I)

$$q_1 = 0{,}40 + 0{,}08 + 2 \times 0{,}2I = 0{,}90 \ \frac{\text{куб.фт.}}{\text{секунд.}}$$

на участкѣ an (X)

$$q_{10} = 0,40 + 2 \times 0,21 = 0,82 \ \frac{\text{куб.фут.}}{\text{секунду}}$$

на участкѣ n № 2 (XIV)

$$q_{14} = 0,40 + 2 \times 0,21 = 0,82 \ \frac{\text{куб.фут.}}{\text{секунду}}$$

на участкѣ № 2 - ℓ (XV)

$$q_{15} = 2 \times 0,21 = 0,42 \ \frac{\text{куб.фут.}}{\text{секунду}}$$

на участкѣ ℓ - № 15 (XVI)

$$q_{16} = 0,21 \ \frac{\text{куб.фут.}}{\text{секунду}}$$

Длины участковъ равны:

Ba = 160 фут., an = 210 фут.

n - № 2 = 130 фут., ℓ № 2 = 200 фут.,

ℓ № 15 = 120 фут.

Потеря напора на участкѣ B - a

$$h' = 0,90^2 \times 160 \times 0,011282 = 1,46 \text{ фут.}$$

Потеря напора на участкѣ a - n

$$h'' = 0,82^2 \times 210 \times 0,024384 = 3,44 \text{ фут.}$$

Свободный напоръ въ узлѣ N равенъ :

$$H = 70,00 - 1,46 - 3,44 = 65,10 \text{ фут.}$$

$$H_m = 65,10 - 44,7 \text{ *)} \text{ фут.} = 20,40 \text{ фут.}$$

$$\sum Q_i^{\frac{1}{3}} L_i = 130 \sqrt[3]{0,82} + 200 \sqrt[3]{0,42} + 120 \sqrt[3]{0,21} =$$

$$= 130 \times 0,96 + 200 \times 0,75 + 120 \times 0,59 = 345,6$$

---

*) напомнимъ, что 44,7 фут.есть тотъ свободный напоръ, который необходимо имѣть въ пожарномъ кранѣ для полученія изъ него струи заданной высоты.

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{0,000762 \times 345,6}{20,40}} = \sqrt[5]{\frac{0,263}{20,40}} =$$

$$= \sqrt[5]{0,0129} = 0,419$$

Діаметры трубъ:

на участкѣ № 2

$$d_{14} = 0,419 \times 0,96 = 0,402 \text{ фут.} \infty 5"$$

на участкѣ № 2 - f

$$d_{15} = 0,419 \times 0,75 = 0,314 \text{ фут.} \infty 4"$$

на участкѣ f - № 15

$$d_{16} = 0,419 \times 0,59 = 0,247 \text{ фут.} \infty 3"$$

§ 34. Нѣкоторня детали разводящей станціонной сѣти.

Направленіе линій.входящихъ въ составъ распредѣлительной водопроводной сѣти, обусловливается главнымъ образомъ мѣсторасположеніемъ водоразборныхъ кранонъ и прокладкой по возможности по мѣстамъ, которня не могутъ быть заняты впослѣдствіи при развитіи станцій и т.д.; при этомъ разводящая сѣть представляется или развѣтленной или сомкнутой кольцевой.

Какъ въ томъ,такъ и въ другомъ случаѣ въ узлахъ сѣти устраиваются смотровые колодцы, въ которыхъ помѣщаются задвижки, дабы имѣть возможность помощью нихъ выключать ту или другую линію для ре-

монта ея при порчѣ или перекладкѣ, или для осмотра безъ перерыва лѣйствія остальной части сѣти.

Присоединеніе задвижекъ, имѣющихъ всегда на концахъ своихъ фланцы, къ раструбнымъ водопроводнымъ трубамъ достигается помощью спеціальныхъ фасонныхъ частей патрубковъ.

На черт. 32 показанъ примѣръ простѣйшаго узла, гдѣ отъ 6" магистрали берется шестидюймовое же отвѣтвленіе. Къ фланцевому тройнику примыкаютъ двѣ 6"-ня задвижки: одна на отвѣтвленіе, другая на магистрали. На черт. 33 показанъ второй примѣръ узла, гдѣ отъ шестидюймовой магистрали взято 3"-ое отвѣтвленіе.

Для защиты сѣти, особенно ея тупиковыхъ конповъ, отъ вліянія гидравлическихъ ударовъ, необходимо устанавливать предохранительные клапаны.

Эти клапаны устанавливаются или въ тупикахъ сѣти или передъ затворами водоразборныхъ кранонъ (какъ напримѣръ на станціяхъ Тюмень-Омской жел.дороги). На черт. 34 показанъ употребительный пружинный предохранительный клапанъ. Онъ устанавливается на водопроводной линіи своимъ нижнимъ фланцемъ; состоитъ изъ цилиндра съ помѣщенной внутри его пружиной N. , калиброван-

ной въ зависимости отъ наибольшаго допускаемаго давленія въ трубахъ.

При превышеніи давленія имѣющійся клапанъ открывается и вода изъ водопроводной сѣти выпускается черезъ боковое отверстіе Ъ въ смотровый колодецъ, а изъ него уже въ водосточную сѣть станціи.

ГЛАВА V.

РАЗЛИЧНЫЕ ВОПРОСЫ

§ 35. Сущность пневматическаго водоснабженія.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда напоръ въ разводящей водопроводной сѣти желѣзнодорожной станціи долженъ быть очень значительнымъ, напримѣръ, въ 4-5 и болѣе атмосферъ (случай противопожарнаго водопровода), то и высота водоемнаго зданія получается очень большой т.е. соотвѣтственно въ 20.25 и болѣе саженъ. Между тѣмъ стоимость водоемнаго зданія возрастаетъ значительно быстрѣе, чѣмъ высота его, а при нѣкоторой предѣльной высотѣ устройство зданія становится уже чрезмѣрно дорогимъ или даже , наконецъ, невыполнимымъ. Кромѣ того устройство высокихъ водоемныхъ зданіи для мѣстностей пограничныхъ или лежащихъ близъ крѣ-

постей является крайне неудобнымъ въ стратегическомъ отношеніи. Поэтому въ подобныхъ случаяхъ бываетъ цѣлесообразно замѣнять напоръ въ разводящей сѣти, получающійся отъ водоемнаго зданія или, что тоже, отъ водяного столба, пневматическимъ давленіемъ, которое поддерживается въ герметически закрытыхъ водянныхъ резервуарахъ при помощи котловъ со сжатымъ воздухомъ, сообщающихся трубопроводами съ водяными резервуарами. Такимъ образомъ, при пневматическомъ водоснабженіи взамѣнъ водоемнаго зданія требуется устроить герметически закрытый водяной бакъ, добавить воздушный резервуаръ, называемый аккумуляторомъ, соединить водяной и воздушный резервуары трубопроводами и кромѣ того установить компрессоръ съ двигателемъ къ нему для нагнетанія воздуха въ аккумуляторъ . Вода изъ источника должна подаваться по напорнымъ трубамъ насосомъ водокачки въ водяной резервуаръ.

Въ пневматическихъ водоснабженіяхъ различаютъ двѣ системы:

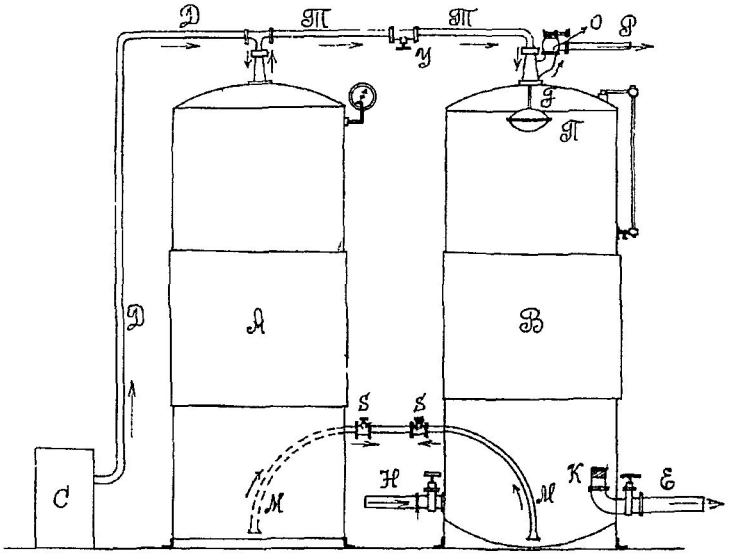
1). Пневматическое водоснабженіе съ перемѣннымъ давленіемъ воздуха.

2). Пневматическое водоснабженіе съ постояннымъ давленіемъ воздуха.

§ 36. Пневматическое водоснабженіе съ перемѣннымъ давленіемъ.

Въ желѣзный закрытый резервуаръ А (фиг. 36), аккумуляторъ, помощью компрессора С накачивается по трубамъ D - D воздухъ до требуемаго давленія. Въ другой также закрытый желѣзный резервуаръ В подается изъ напорной линіи Н вода отъ насоса водокачки. Резервуары А и В соединены между собой трубопроводомъ Т, на которомъ имѣется вентиль У. По наполненіи резервуаровъ водой и воздухомъ простымъ открытіемъ вентиля У,

Фиг. 36.



резервуары сообщаются между собою. Сжатый воздухъ изъ аккумулятора переходитъ въ водяной резервуаръ В и вытѣсняетъ изъ него воду въ трубы Е разводя-

щаго водопровода станціи. Дабы вода изъ резервуара B не ушла вся и не увлекла бы за собой сжатаго воздуха передъ выходомъ воды въ разводящія трубы устанавливается автоматическій клапанъ K, плотно закрывающій входныя отверстія разводящихъ трубъ, какъ только уровень воды въ резервуарѣ B будетъ только немного выше этихъ отверстій. Невозможность же перехода воды изъ резервуара B въ аккумуляторъ A достигается постановкой клапана F съ поплавкомъ П.

Переполненіе котла B водою предупреждается предохранительнымъ клапаномъ C, установленнымъ на холостой трубѣ P, по которой излишне поступающая вода отводится въ водосточную сѣть станціи. По мѣрѣ вытеканія воды изъ водяного резервуара давленіе воздуха какъ въ немъ, такъ и въ соединенномъ съ нимъ аккумуляторѣ понижается, вслѣдствіе расширенія воздуха. Когда же водяной резервуаръ опорожнится настолько, что автоматическій клапанъ K плотно закроетъ выходное отверстіе разводящаго водопровода, то давленіе воздуха въ водяномъ и воздушномъ резервуарахъ при равенствѣ ихъ объемовъ, какъ то обыкновенно и дѣлается, уменьшится противъ первоначально бывшаго давленія примѣрно на половину. При возобновленіи подачи воды изъ водокачки въ резервуаръ B, уро-

вень воды въ немъ начнетъ повышаться, вода начнетъ одновременно вытѣснять воздухъ, перешедшій въ резервуаръ изъ аккумулятора, обратно въ послѣдній, постепенно сжимая его и при полномъ наполненіи котла В, давленіе воздуха въ аккумуляторѣ будетъ доведено почти до первоначальнаго.

Такъ какъ поглащеніе воздуха водой очень мало, утечка воздуха черезъ неплотности швовъ и клапановъ можетъ быть достигнута незначительной, то компрессоръ приводится въ дѣйствіе только при первоначальномъ наполненіи аккумулятора, или же послѣ значительнаго перерыва въ работѣ. Обыкновенная же работа компрессора сводится къ подкачиванію воздуха примѣрно разъ въ мѣсяцъ для пополненія убыли воздуха, обусловливаемой поглащеніемъ водой и утечкой. Изъ сказаннаго усматривается существенный недостатокъ установокъ съ перемѣннымъ давленіемъ: для полученія необходимаго давленія въ разводящей сѣти „ р " станціоннаго водопровода при низшемъ уровнѣ воды въ водяномъ резервуарѣ наибольшее давленіе при заполненныхъ резервуарахъ должно быть „2 р " т.е. въ два раза болѣе требуемаго давленія въ сѣти; поэтому и насосы водокачки необходимо разсчитывать на это наибольшее давленіе 2 р т.е. насосамъ приходится придавать вдвое большую мощность,

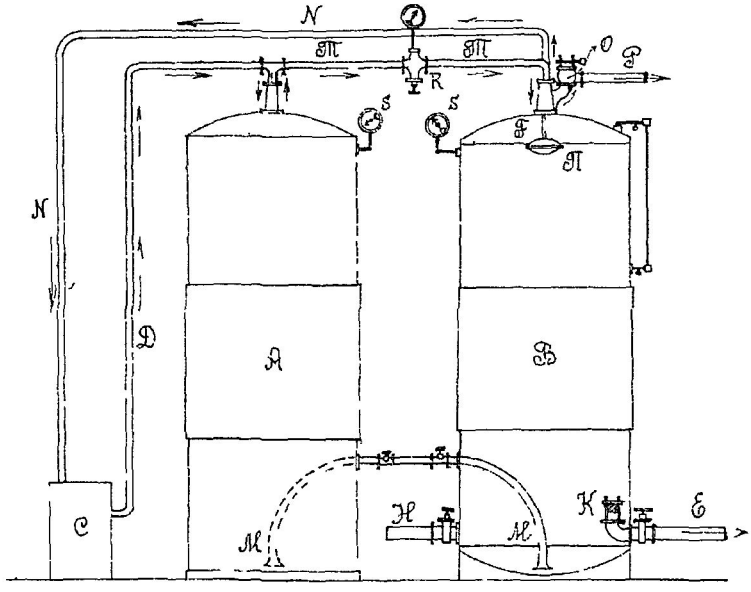
чѣмъ при водоснабженіи съ водоемнымъ зданіемъ. Точно также и при эксплоатапіи водоснабженія приходится подавать воду подъ большимъ давленіемъ, а,слѣдовательно, расходовать больше топлива и смазки для машинъ водокачки. Эти излишніе эксплоатаціонные расходы при большомъ расходѣ воды станціей могутъ достигать значительной величины. Ввиду сего признано, что пневматическія установки съ перемѣннымъ давленіемъ воздуха могутъ оказываться выгодными лишь при небольшихъ суточныхъ расходахъ воды, чтобы не прибѣгать къ установкамъ съ постояннымъ давленіемъ воздуха, такъ какъ послѣднія отличаются большей сложностью.

§ 37. Пневматическое водоснабженіе съ постояннымъ давленіемъ.

Давленіе воздуха въ всдяномъ резервуарѣ при этой системѣ - постоянно. Это достигается установкой на воздушномъ трубопроводѣ соединяющемъ водяной резервуаръ съ аккумуляторомъ, особенно редукціоннаго клапана R . Схема водоснабженія показана на фиг.37. Редукціонный клапанъ устраивается такимъ образомъ, что воздухъ въ водяномъ резервуарѣ можетъ быть только точно опредѣленнаго, постояннаго давленія. Во время работы компрессора воздушный аккумуляторъ наполняется воз-

духомъ, сжатымъ до давленія выше того, которое необходимо имѣть въ водяномъ резервуарѣ При проходѣ черезъ редукціонный клапанъ давленіе воздуха понижается (редуцируется) до вполнѣ опредѣленной величины, подъ которымъ вода и поступаетъ въ разводящую водопроводную сѣть станціи. При паденіи уровня воды въ водяномъ резервуарѣ это опредѣленное давленіе воздуха не мѣняется, такъ какъ редукціонный клапанъ автоматически пропускаетъ изъ аккумулятора именно такое количество воздуха, чтобы давленіе въ водяномъ резервуарѣ было постоянно. При паденіи горизонта воды въ

Фиг. 37.



водяномъ резервуарѣ, въ послѣдній передается вода насосомъ водокачки. Тогда уровень воды поднимается и такъ какъ редукціонный клапанъ не про-

пускаетъ воздухъ изъ водяного резервуара обратно въ аккумуляторъ, происходитъ сжатіе находящагося въ резервуарѣ воздуха, на что указываетъ манометръ S. Надо ,слѣдовательно, дать выходъ воздуху изъ водяного резервуара. Наиболѣе простымъ рѣшеніемъ вопроса была бы постановка предохранительнаго клапана, черезъ который воздухъ изъ резервуара при повышеніи давленія выходилъ бы въ атмосферу. Но этотъ способъ невыгоденъ, такъ какъ вызываетъ постоянную потерю сжатаго воздуха. Ввиду этого стремятся использовать выпускаемый изъ резервуара сжатый воздухъ и компрессоромъ C по трубопроводу N перегоняютъ его обратно въ аккумуляторъ. Слѣдовательно, образующійся въ водоемномъ резервуарѣ излишекъ сжатаго воздуха не теряется, а возвращается обратно зъ аккумуляторъ посредствомъ того же компрессора пневматической установки, который , работая при этой перекачкѣ подъ давленіемъ, значительно облегчаетъ свою работу, а потому и расходуетъ для нея меньше энергіи. Дѣйствіе компрессора при перекачкѣ воздуха должно быть такъ согласовано съ работой насоса водокачки, чтобы воздухъ всасывался изъ водяного резервуара одновременно съ подачею въ послѣдній воды. Изъ вышеизложеннаго ясно, что при пневматическомъ

водоснабженіи съ постояннымъ давленіемъ воздуха компрессоръ долженъ постоянно работать наравнѣ съ дѣйствіемъ насоса водокачки. Ввиду важности въ пневматическихъ водоснабженіяхъ съ постояннымъ давленіемъ редукціоннаго клапана, дадимъ краткое описаніе устройства и дѣйствія этого клапана.

Клапанъ состоитъ изъ кожуха a, въ которомъ помѣщается нерастяжимый стержень h, соединенный въ одно въ верхней части съ клапанной тарелкой i, перекрывающей собою кольцо b, а въ нижней части — съ поршенькомъ g.

Въ поршенекъ g упирается пружина, степень сжатія которой можно произвольно измѣнять, дѣйствуя винтомъ K.

Въ верхней части клапана находится направляющая m для винта n, нижней своей частью слегка упирающагося въ клапанную тарелку i; кромѣ того имѣется манометръ, соединенный съ пространствомъ съ давленіемъ p_2.

Нижній конецъ стержня n устанавливаютъ на такой высотѣ надъ тарелкой i, чтобы не было возможно внезапное и излишне значительное открытіе проходого отверстія для воздуха.

Пространство клапана съ давленіемъ p_1 соединяютъ съ воздушнии аккумуляторами, а пространство съ давленіемъ p_2 съ водянными резервуарами

Дѣйствіе редукціоннаго клапана слѣдующее:

Такъ какъ діаметры тарелки i и поршенька g одинаковы, то, когда тарелка собственнымъ вѣсомъ перекрываетъ кольцо b и давленіе пружины на поршенекъ, а также давленіе p_2 равны нулю, уеилiе p_1 воздуха высокаго давленія не можетъ вывести стержня, тарелки и поршенька g изъ занятаго ими положенія и воздухъ изъ аккумулятора не въ состояніи проникнуть въ водяной бакъ.

Если же, дѣйствуя винтомъ K, будемъ сжимать пружину, то это сжатіе передастся поршню g, который посредствомъ стержня h приподниметъ тарелку i настолько, насколько это позволитъ сдѣлать винтъ n, въ нижній конецъ котораго упрется тарелка. При этомъ воздухъ изъ аккумулятора оъ давленіемъ p_1 будетъ проходить въ водяной бакъ до тѣхъ поръ, пока давленіе въ бакѣ p_2 не уравновѣситъ давленія пружины на поршенекъ g и пока тарелка i подъ дѣйствіемъ собственнаго вѣса не ляжетъ плотно на кольцо b и не закроетъ проходного для воздуха отверстія. Такимъ образомъ, задаваясь большимъ или меньшимъ сжатіемъ пружины, мы можемъ получить въ водяномъ бакѣ опредѣленное давленіе p_2, измѣряемое манометромъ, помѣщеннымъ на самомъ клапанѣ.

Если же почему-либо заданное давленіе въ водя-

номъ бакѣ p_2 понизится сейчасъ же пружинка поднимет стержень h и откроетъ проходное отверстіе до тѣхъ поръ, пока давленіе p_2 вновь не достигнетъ заданной величины и не уравновѣситъ давленія пружины на поршенекъ. Клапанъ можетъ дѣйствовать описаннымъ образомъ только при непремѣнномъ условіи, что $p_1 > p_2$.

На практикѣ для установки клапана на опредѣленное давленіе p_2 поступаютъ такъ:

Приподнявъ нѣсколько винтъ n, дѣйотвуютъ винтомъ К до тѣхъ поръ, пока манометръ на клапанѣ не покажетъ давленія p_2, послѣ чего прекращаютъ дѣйствовать винтомъ К и винтъ n опускаютъ лишь до соприкосновенія съ поднятою тарелкои і, которая вслѣдъ засимъ падаетъ и прекращаетъ дальнѣишій переходъ воздуха изъ аккумулятора въ водяной бакъ.

§ 38. Примѣры пневматичеокихъ водоснабженій.

Опишемъ пневматическую установку на ст. Скаржиско Привислинскихъ жел. дорогъ, устроенное въ 1905 г. первое въ Россіи.

Зданіе пневматической установки - кирпичное, одноэтажное, высотой, считая отъ поверхности земли до карниза, въ 3,25 саж. и площадью по наружному обмѣру около 25 кв. саж.

Оборудованіе зданія состоитъ (черт. 35):

а) изъ двухъ желѣзныхъ цилиндрическихъ котловъ „ аккумуляторовъ" (I и II) діам. 2,3 мтр., высотой 7 мтр. для сжатаго воздуха;

б). изъ двухъ такихъ же по размѣру котловъ (III и IV), представляющихъ собой баки для воды емкостью по 4 куб.саж. каждый;

в) изъ 15 -ти сильнаго нефтяного двигателя (V) для приведенія въ дѣйствіе компрессора (VI) и

г) изъ компрессора (VI) съ часовой производительностью въ 30 куб.мтр. воздуха, сжатаго до давленія въ 5 атмосферъ.

Работа пневматической установки состоитъ въ слѣдующемъ

Въ аккумуляторы при закрытыхъ кранахъ 1.2,3, 4,5 и 6 компрессоромъ нагнетается воздухъ до давленія въ 3 атмосферы, измѣряемаго манометрами 7 и 8.

Одновременно съ симъ насосомъ водокачки по нагнетательнои линіи (B) подается вода въ баки до совершеннаго ихъ наполненія, отмѣчаемаго водоуказательнымъ стекломъ (9) и имѣющимся въ верхней части каждаго бака сигнальнымъ поплавкомъ.

Послѣ наполненія аккумуляторовъ воздухомъ, а баковъ - водою, открываютъ краны 1 и 6, сооб-

щающіе аккумуляторы съ баками. Подъ давленіемъ, переходящаго изъ аккумуляторовъ въ баки сжатаго воздуха вода изъ баковъ вытѣсняется въ разводящія трубы станціоннаго водопровода (С) , отчего уровень ея въ бакахъ и давленіе въ нихъ воздуха по мѣрѣ расхода воды понижается. Такъ какъ емкость баковъ и аккумуляторовъ одинакова, то въ моментъ опорожненія баковъ отъ воды, давленіе въ нихъ воздуха понизится до половины первоначальнаго давленія т.е. до $\frac{3}{2} = 1{,}5$ атмосферъ.

Дабы сжатый воздухъ при опорожненіи баковъ не попалъ въ разводящія трубы, отверстія послѣднихъ внутри баковъ снабжены клапанами съ поплавками, закрывающими эти отверстія при предѣльномъ пониженіи уровня воды въ бакахъ. Одновременно съ расходомъ воды изъ баковъ производится подача въ нихъ воды насосомъ водокачки, при чемъ послѣднюю можно такъ регулировать съ расходомъ, что уровень воды въ бакахъ будетъ держаться почти на одной и той же высотѣ и вода въ разводящую сѣть будетъ поступать подъ опредѣленнымъ и постояннымъ давленіемъ. Когда уровень воды въ бакахъ начнетъ повышаться, то воздухъ изъ баковъ будетъ постепенно переходить обратно въ аккумуляторы. При заполненіи баковъ водой весь воздухъ изъ баковъ перейдетъ въ аккумуляторы и давленіе его вновь до-

стигнетъ первоначальной величины т.е. 3 атм.

Особый клапанъ съ поплавкомъ предохраняетъ аккумуляторы отъ проникновенія въ нихъ воды при переполненіи ею баковъ. Излишнее количество воды вытекаетъ изъ баковъ при этомъ наружу. Такъ какъ растворимость воздуха въ водѣ,уже насыщенной имъ,совсѣмъ ничтожна, а всѣ заклепочныя соединенія, швы и проч. при тщательномъ выполненіи непроницаемы для воздуха,то утери воздуха изъ аккумуляторовъ и баковъ весьма малы. Подкачка воздуха въ аккумуляторы на ст. Скаржиско производится только одинъ разъ въ мѣсяцъ съ затратой на это каждый разъ около I пуда топлива. Для производства первоначальнаго наполненія аккумуляторовъ воздухомъ и ежемѣсячной подкачки въ нихъ воздуха достаточно было бы имѣть на станціи Скаржиско сравнительно малой производительности компрессоръ съ нефтянымъ двигателемъ мощностью около 2 силъ. Большая производительность (3о куб.мтр.въ часъ) и сила (I5 пар.лош.) установленныхъ на станціи Скаржиско компрессора и нефтяного двигателя позволяютъ поднять давленіе въ аккумуляторахъ отъ 0 до 4 атм. въ теченіе 30 минутъ времени и даютъ возможность въ случаѣ пожара работать пневматическимъ устройствомъ съ постояннымъ наибольшимъ рабочимъ давленіемъ воз-

духа въ бакахъ.

Для возможности работы пневматической станціи съ упомянутымъ постояннымъ давленіемъ воздуха въ бакахъ, необходимо, послѣ предварительнаго заполненія баковъ водой и аккумуляторовъ воздухомъ, оставляя краны I и 6 закрытыми, открыть вентили 2,3,4 и 5.

При этомъ воздухъ, направляясь изъ аккумуляторовъ въ баки, пройдетъ черезъ редукціонный вентиль Р.

Устройство описанной пневматической установки обходилось до войны примѣрно въ 20.000 руб. изъ разсчета:

а) Устройство одноэтажнаго каменнаго зданія площадью въ 25 кв.сж.,считая по 200 р. за сж.^{2} 5000 р.

б) 2 аккумулятора и 2 бака для воды емкостью каждый около 3 - 4 куб.саж. .....II000 р.

в) компреосоръ ..... I000 р.

г) нефтяной двигатель ..... 3000 р.

На черт. 36 показанъ схематическій планъ пневматической установки на ст. Калуга Сызрано - Вяземской жел.дороги, гдѣ впервые былъ примѣненъ принципъ двойного оборудованія: I) для техниче - екихъ и хозяйственныхъ нуждъ станціи и 2) для цѣлей противопожарныхъ.

Къ противопожарному оборудованію относятся:

а) 5 водяныхъ резервуаровъ №№ I-2-3-4 и 5 и

б) 4 воздушныхъ аккумулятора №№ II,I2,I3 и I4.

Къ оборудованію для техническихъ и хозяйственныхъ нуждъ:

а) 5 водяныхъ резервуаровъ №№ 6-7-8-9 и I0 и

б) 6 воздушныхъ аккумуляторовъ №№ I5,I6,I7,I8 I9 и 20.

Діаметръ всѣхъ водяныхъ и воздушныхъ котловъ равенъ 2,50 мтр. высота всѣхъ равна 8,00 мтр.

E - нефтяной двигатель мощностью 25 силъ.

D - компрессоръ, часовая производительность его I50 куб.мтр. воздуха, сжатаго до II атмосф.

По 2" трубѣ воздухъ подается отъ компрессора въ аккумуляторы, при чемъ предѣльное давленіе въ хозяйственныхъ аккумуляторахъ - 4 атм., въ пожарныхъ - 9.

Въ водяныхъ пожарныхъ котлахъ установлено помощью редукціоннаго клапана постоянное давленіе въ 4 атмосф.

По 8" нагнетательной трубѣ вода подается въ водянные котлы. При нормальной работѣ разводящей сѣти (отсутствіи пожара) вода идетъ въ нее по I2" трубѣ, при чемъ задвижка №I въ это время открыта. При тушеніи же пожара задвижка № I закрывается, а задвижка № II открывается, тогда вода по обводной трубѣ M (d = 8") подъ по-

жарнымъ давленіемъ въ 4 атм. поступаетъ въ разводящую сѣть. Въ случаѣ необходимости воду изъ нагнетательной линіи можно пустить непосредственно въ разводящую сѣть по трубѣ Р.

А и Б - котлы-водоуказатели; одинъ изъ нихъ соединенъ съ хозяйственной группой водяныхъ котловъ, другой съ пожарной группой.

С - лѣстница, ведущая къ верхнимъ частямъ баковъ А и Б. Экономія въ расходахъ по устройству на ст. Калуга пневматической установки съ давленіемъ въ 4 атм., взамѣнъ водоемнаго зданія соотвѣтственной высоты, т.е. 20 саж., составила около 20%.

§ 39. Водопріемныя устройства изъ рѣкъ.

Въ громадномъ большинствѣ случаевъ водопріемники рѣчныхъ желѣзнодорожныхъ водоснабженій устраиваются по слѣдующей схемѣ.

Въ руслѣ рѣки (фиг.38) устраивается отстойникъ О съ фильтрующей каменной отсыпью для задержанія всѣхъ крупныхъ примѣсей. Изъ отстойника укладывается самотечный трубопроводъ (изъ гончарныхъ, а чаще-чугунныхъ трубъ) къ пріемному колодцу, располагаемому на берегу рѣки. На одномъ концѣ трубъ самотека въ отстойникѣ ставится сѣтка, а на другомъ въ пріемномъ колодцѣ задвижка (такъ называемый

(* См. стр. 279

„дроссель- клапанъ") , закрывая которую можно прекращать притокъ воды въколодецъ на случай очистки его. Сверху колодецъ перекрывается поломъ съ люкомъ, закрываемымъ крышкой. Въ полу оставляются отверстія для пропуска штанги дроссель- клапана и вентиляціонной трубы. Внутри колодца на глубинѣ примѣрно I,00 саж. отъ поверхности земли устраивается площадка для поддержанія колѣнъ всасывающихъ трубъ. Для пропуска этихъ трубъ въ площадкѣ дѣлаются отверстія діаметромъ, зависящимъ отъ діаметра трубъ. Фланцн всасывающихъ трубъ опираются на деревянныя подкладки, перекрывающія эти отверстія. Для пропуска штанги дроссель-клапана и для схода въ нижнюю часть колодца оставляется отверстіе въ площадкѣ между краемъ ея и стѣнкой колодца. При значительной глубинѣ колодца устраивается вторая площадка нѣсколько выше горизонта низкой воды въ колодцѣ. Для сообщенія между верхнимъ поломъи площадками устанавливаются приставныя лѣстницы-стремянки, а для схода еъ нижней площадки въ стѣнкѣ колодца задѣлываются въ шахматномъ порядкѣ желѣзныя скобы или же къ нижней площадкѣ подвѣшивается вертикальная лѣстница, доходящаядо колодца. Надъ колодцемъ устраивается шатеръ съ конической крышей, снабженной отверстіемъ для вытяжной трубы,

которая заканчивается дефлекторомъ. Иногда вверху шатразадѣлывается балка, расположенная надъ всасывающими трубами. Къ этой балкѣ можетъ подвѣшиваться дифференціальный блокъ для подъема всасывающихъ трубъ при осмотрахъ всасывающихъ клапановъ . Послѣдніе, а равно и конецъ самотека должны возвышаться надъ дномъ колодца на 0,50- - 0,40 саж., для возможности откладыванія водой осадковъ. Указавъ на общую схему водопріемниковъ, опишемъ нѣсколько подробнѣе составныя части ихъ, а именно: отстойники, пріемные колодцы и трубопроводы.

Отстойники дѣлаются по преимуществу деревянные, прямоугольные, размѣрами въ планѣ I × 3 саж., изъ шпунтовыхъ досокъ толщиной въ два аршина, причемъ въ передней ихъ стѣнкѣ просверливается нѣсколько рядовъ отверстій(діаметр. около I") для свободнаго доступа воды внутрь. Передъ переднею стѣнкою дѣлается, какъ сказано выше, каменная отсыпь для образованія грубаго фильтра. Для уравновѣшиванія нагрузки отсыпи на стѣнку, такая же отсыпь устраивается и внутри отстойника.

Примѣненіе дерева для водопріемныхъ устройствъ надо признать нерацiональнымъ, почему въ послѣдніе годы взамѣнъ его примѣняется желѣзобетонъ. Такіе отстойники предстаавляютъ собой желѣзобетон-

ные цилиндры, перекрытые сверху желѣзобетонными плитами съ чугунными люками для осмотра . Отстойникъ раздѣляется на двѣ части желѣзобетонною перегородкою, идущей по діаметру колодца до высоты примѣрно въ I,00 саж. надъ низомъ колодца и перегородки имѣютъ небольшую толщину (8-I0 сантим.) и снабжаются горизонтальной и вертикальной арматурой, напримѣръ, изъ прутьевъ діаметромъ $\frac{3}{8}$", положенныхъ въ разстояніяхъ I0 сант. другъ отъ друга. Въ половинѣ цилиндрической стѣнки при набивкѣ стѣнокъ оставляются круглыя дыры діаметромъ 3-4 сантим. для пропуска воды.

Цилиндрическія стѣнки набиваются рядомъ съ мѣстомъ установки и послѣ полнаго затвердѣнія 4-6 недѣль опускаются на мѣсто. Затѣмъ цилиндръ обсыпается со стороны рѣки камнемъ. Камнемъ также заполняется передняя часть цилиндра.

Пріемные колодцы также часто строятся деревянными въ видѣ срубовъ; они имѣютъ два существенныхъ недостатка, а именно : I) вслѣдствіе постоянныхъ колебаній горизонта воды быстро загниваютъ, ухудшаютъ качество воды; ремонтъ загнивающихъ колодцевъ вслѣдствіе относительно далекаго расположенія ихъ отъ станціи обходится дорого и 2) благодаря водонепроницаемости стѣнокъ къ колодцамъ часто притекаетъ вода грунтовая,

а не изъ рѣки; грунтовая же воды, питающія рѣку, нерѣдко сильно минерализованы, большой жесткости, а потому требуютъ умягченія. Ввиду сего за послѣдніе годы начали устраивать каменные колодцы по типу опускныхъ. Они строятся или изъ бутовой кладки, кирпича, или же изъ желѣзобетона.

На черт. 37 показанъ для примѣра желѣзобетонный пріемный колодецъ водоснабженія ст. Туапсе (Армавиръ - Туапсинской жел.дороги). Онъ представляетъ собой цилиндръ внутреннимъ діаметромъ въ I,00 саж., составленный по высотѣ изъ ряда звеньевъ. Нижнее звено для облегченія опусканія имѣетъ увеличенный наружный діаметръ и заканчивается ножомъ изъ котельнаго желѣза. Сверху колодецъ перекрытъ желѣзобетоннымъ поломъ. Внутри колодца устроена желѣзобетонная площадка. Назначеніе пола и площадки указано ранѣе.

Приведемъ главнѣйшіе размѣры описываемаго колодца.

Днище имѣетъ толщину 200 м/м. и перекрестную арматуру изъ прутьевъ $d = \frac{7''}{16}$ въ количествѣ I0 штукъ на I пог.метръ. Высота нижняго кольца 637 м/м. Каждое изъ слѣдующихъ колецъ имѣетъ высоту около I метра, толщину 8 сантим. и арматуру состоящую изъ горизонтальныхъ колецъ $d = \frac{5''}{16}$ съ разстояніями въ I60,I50 I40.I м/м. въ зависи-

мости отъ высоты и вертикальныхъ прутьевъ $d = \frac{5''}{16}$ поставленныхъ на взаимномъ разстояніи въ 120м/м.

Средняя площадка колодца имѣетъ видъ плиты, толщиной 6 сант. Толщина пола въ будкѣ колодца 8сантим. Толщина желѣзобетонныхъ стѣнокъ будки 8 сантим., а крыши 6 сантим. Произведемъ повѣрку толщины стѣнки колодца на боковое давленіе земли. Напоръ земли на 1 кв. сант. боковой поверхности колодца на глубинѣ h сант. отъ верха земляной обсыпки опредѣлится по формулѣ

$$p = \gamma \times h \times \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$$

Для мокраго грунта

$\gamma = \frac{1{,}86}{1000}$ килогр. въ сант.^{3}, $\varphi = 25^\circ$ и $\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 0{,}406$

Тогда для глубины ~ 800 сант., съ каковой уже начинается утолщенное звено, имѣемъ

$$p = \frac{1{,}86}{1000} \times 800 \times 0{,}406 = 0{,}604 \ \frac{\text{кил.}}{\text{см.}^2}$$

Въ кольцѣ колодца высотой $h = 1$ сант., при толщинѣ стѣнки т.е. $\delta = 8$ сант., при среднемъ діаметрѣ $D = 213 + 8 = 221$ см., получимъ сжимающее напряженіе бетона $б$ при наружномъ давленіи p $\frac{\text{килогр.}}{\text{на кв.см}}$

$$б = \frac{p \times D}{2 \times \delta} = \frac{0{,}604 \times 221}{2 \times 8} = 8{,}3 \text{ кил.на кв.см.}$$

т.е. значительно менѣе обычнаго допускаемаго напряженія въ 30 $\frac{кил.}{см^2}$. Составъ бетона въ разсмотрѣнномъ колодцѣ былъ принятъ:

для стѣнокъ колодца и для площадокъ - I:2:3

для шатра и крыши ..... - I:2:4

Прекраснымъ примѣромъ для проектированія водопріемниковъ желѣзнодорожныхъ водоснабженій могутъ служить водопріемники водоснабженія Центральной Электрической станціи Московскаго Городского трамвая на р. Москвѣ. Они представляютъ собой по формѣ береговыя мостовыя опоры съ камерами внутри.

Первый водопріемникъ (черт. 38), продолговатый прямоугольникъ въ планѣ, сложенъ изъ кирпича. Для сопряженія съ берегомъ рѣки снабженъ обратными крыльями. Основаніемъ пріемника служитъ бетонная плита толщиной 0,65 саж., положенная на плотную глину. Для притока воды въ камеру въ передней фасадной стѣнкѣ, сдѣланной съ уклономъ въ $\frac{I}{8}$, имѣется четыре окна, размѣрами въ свѣту 0,57 × 0,43 саж.; верхнія грани ихъ находятся на 0,50 саж. ниже уровня меженнихъ водъ рѣки. Кромѣ этихъ 4 оконъ выше межени расположены два окна по 0,64 × 0,57 саж. для пріема верхнихъ слоевъ воды во время половодья, когда нижніе слои бываютъ особенно загрязнены; въ этотъ періодъ време-

ни нижніе окна закрываются.

Сѣченія оконъ разсчитаны по требуемому притоку воды при умѣренныхъ скоростяхъ ея.

Всѣ окна снабжены рѣшетками для предупрежденія проникапія внутрь камеры крупныхъ предметовъ.

Съ внутренней стороны окна имѣются чугунные щитовые затворы. Послѣдніе приводятся въ движеніе съ верхней площадки пріемника. Затворы помѣщены въ особыхъ направляющихъ рамахъ, по которымъ и двигаются вертикально вдоль стѣны. Для плотнаго примыканія затвора къ рамѣ послѣдняя имѣетъ пазы. Каждый затворъ подвѣшенъ къ двумъ вертикальнымъ тягамъ, пропущеннымъ черезъ направляющіе кронштейны; тяги оканчиваются особыми муфтами съ отверстіями, имѣющими рѣзьбу. Черезъ отверстія муфтъ пропущено по одной штангѣ съ винтовой нарѣзкой; нижній конецъ штанги опирается на неподвижную плиту. При вращеніи штанги ручнымъ ключемъ съ верхней площадки затворъ поднимается по нарѣзкѣ штанги. Для грубой фильтраціи воды задержанія ила, грязи, плавающихъ предметовъ и притягиваемой всасываніемъ рыбы въ камерѣ пріемника поставлены сѣтки. Для возможности очищать сѣтки безъ прекращенія работы водопріемника онѣ сдѣланы двойными, параллельно стоящими, такъ что одинъ рядъ сѣтокъ всегда поднятъ для прочистки,

а другой работаетъ. Сѣтки сдѣланы изъ мѣдной проволоки d = 2 м/м., съ просвѣтами въ 6 м/м., натянутой на прочныя рамы. Рамы поднимаются цѣпями и ручной лебедкой, перемѣщаясь при этомъ въ вертикальныхъ направляющихъ стойкахъ. Дабы вода проходила къ насосамъ исключительно черезъ сѣтки, въ уровнѣ верха ихъ сдѣлано горизонтальное перекрытіе. При очисткѣ камеры отъ грязи, а также при всякихъ ремонтахъ вода удаляется изъ нея посредствомъ спеціально поставленнаго эжектора Кертинга, который можетъ засасывать и жидкую грязь. Камера имѣетъ внутри служебныя лѣстницы для спуска до самаго дна. Пріемникъ облицованъ съ фасада гранитомъ, снабженъ на верху перилами. Гранитомъ же облицованы и обратныя крылья.

2-ои пріемникъ построенъ по тому же типу и отличается отъ перваго лишь меньшими размѣрами (черт. 38) . Передъ устьями всасывающихъ трубъ расположены два ряда мѣдныхъ сѣтокъ съ направляющими стойками. Въ передней стѣнкѣ имѣется три окна сѣченіемъ 0,57 × 0,43 саж. каждое. Верхняго ряда оконъ здѣсь нѣтъ, такъ какъ во время весенникъ высокихъ водъ этотъ водопріемникъ не работаетъ. Окна имѣютъ рѣшетки и чугунные затворы съ подъемными приспособленіями. На черт. 41 показанъ водопріемникъ на рѣкѣ Днѣпрѣ для водоснаженія

ст.Синельниково Екатерининской жел. дороги и ст. Синельниково Курско - Харьковско - Севастопольской жел.дороги.

Водопріемникъ состоитъ изъ двухъ бетонныхъ колодцевъ $К_1$ и $К_2$ діаметромъ I,50 саж., соединенныхъ между собой бетонной галлереей длиной въ 8,20 саж. Колодецъ $К_1$ - пріемный; онъ возвышается надъ дномъ рѣки на 0,80 саж. и весь до дна обложенъ камнемъ, образующимъ грубый фильтръ. У дна колодца,по окружности его,расположено семь оконъ. Вода, проходя черезъ фильтръ и окна, попадаетъ въ колодецъ и черезъ галлерею попадаетъ въ другой колодецъ, дно котораго опущено на 0,37 саж. ниже дна галлерей. Высота колодца до ключа свода - 3,00 саж., такъ что только очень высокая вода рѣки заливаетъ его. Посрединѣ колодца устроена бетонная стѣнка С , верхъ которой находится на уровнѣ дна рѣки у пріемнаго колодца. Стѣнка С дѣлитъ колодецъ на двѣ части: М -для отстаиванія воды и N куда опущены всасывающія трубы. Послѣднія идутъ изъ колодца $К_2$ по особой галлереѣ къ водоподъемному зданію.

Составъ бетона при устройствѣ водопріемника брался (цементъ, песокъ, щебень) :

Для фундамента подъ водопріемникъ 2:7:I4

Для стѣнъ колодцевъ и галлереи I:3:6

Для сводовъ 2:5:8

Цементъ для всѣхъ работъ брался одного размѣра - не свыше $1\frac{1}{2}$ вершковъ.

Для возможности выкачать воду изъ отдѣленія №, колодецъ $К_2$, куда опущены всасывающія трубы, передъ входомъ въ галлерею изъ малаго колодца устроенъ поднимающійся на петляхъ затворъ, отъ котораго къ люку колодца идетъ цѣпь.

§ 40. Водосливныя плотины для цѣлей водоснабженія.

При выборѣ источниковъ для желѣзнодорожныхъ водоснабженій нерѣдко приходится останавливаться на рѣкахъ съ весьма малой глубиной воды, недостаточной для надлежащаго притока ея къ водопріемнымъ сооруженіямъ, или на рѣкахъ съ недостаточнымъ секуднымъ расходомъ воды, почему въ рѣкахъ приходится устраивать пруды - водоемы извѣстнаго запаса. Въ подобныхъ случаяхъ прибѣгаютъ къ устройству плотинъ, которыя въ средней своей части представляютъ водосливы, а послѣдніе сопрягаются съ берегами рѣки помощью дамбъ, обычно земляныхъ, съ откосами, надлежащимъ образомъ укрѣпленными. Водосливы для удешевленія работъ дѣлаются часто деревянными. Укажемъ на нѣкоторые типы существующихъ плотинъ.

На черт. 39 показанъ типъ плотины незначительной высоты, устроенный въ рѣкѣ съ весьма малымъ

слоемъ протекающей воды. Плотина сдѣлана изъ двухъ шпунтовыхъ рядовъ, забитыхъ въ разстояніи 0,50 саж. одинъ отъ другого изъ досокъ толщиной въ 2 вершка. Поверхъшпунтовыхъ рядовъ уложены насадки изъ брусьевъ размѣрами 4×4 верш., соединяющіяся съ маячными сваями шпунтовыхъ рядовъ шипами и желѣзными скобами. Между собой насадки соединены поперечными схватками изъ брусьевъ 4×4 верш., врубленными въ лапу въ насадки. Грунтъ между шпунтовыми рядами вынутъ на глубину до водонепроницаемаго слоя и пространство между ними заполнено глиной съ утрамбовкой до отмѣтки 67,70 ; поверхъ глины насыпанъ слой гравія до отмѣтки 68,15 , а остальной промежутокъ между насадками и схватками замощенъ камнемъ на мху. Въ мѣстахъ соприкасанія мостовой съ насадками и схватками камень прикалывается къ означеннымъ брусьямъ. Мостовая образуетъ лотокъ водослива плотины. Съ верхней стороны плотины сдѣлана земляная отсыпь съ глинянымъ ядромъ, а съ низовой сдѣлана выемка грунта съ заполненіемъ крупнымъ камнемъ въ предупрежденіе размыва. Откосы: земляной отсыпки - двоиной, а глинянаго ядра - одиночный. Кромѣ того русло рѣки съ низовой стороны укрѣплено фашинами. На черт. 40 приведенъ примѣръ плотины болѣе солиднаго типа. Плотина устро-

ена на рѣкѣ Пырѣ, служащей источникомъ водоснабженія ст. Кудьма Московско - Казанской жел.дор. Такъ какъ суточный расходъ въ р.Пнрѣ менѣе наибольшаго расхода воды на станціи, то явилась необходимость въ устройствѣ искусственнаго водоема.

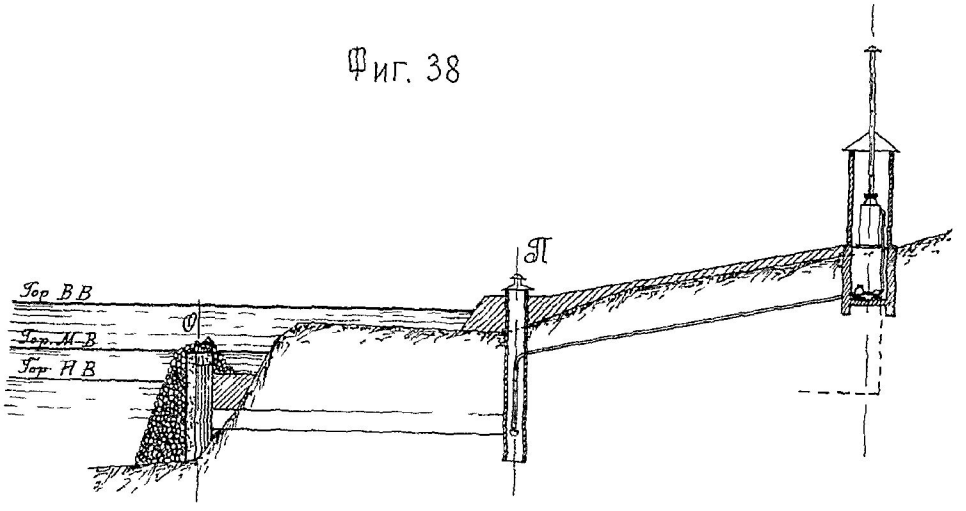
Плотина устроена частью изъ дерева, частью изъ камня. Плотина состоитъ изъ трехъ рядовъ пятивершковыхъ свай, забитыхъ въ продольномъ напра - вленіи: крайніе ряды свай съ разстояніемъ между центрами ихъ въ 0,50 саж., а средній въ I саж., при чемъ разстояніе между осями свайныхъ рядовъ (въ поперечномъ направленіи) равно I,00 саж. Въ поперечномъ же направленіи сваи забиты такимъ образомъ, что одна свая приходится противъ другой. На сваяхъ уложены на шипахъ горизонтальныя насадки размѣрами 5 × 5 верш., въ которыя врублены поперечныя наклонныя схватки размѣрами 5 х 5 верш., связывающія ряды свай между собой. За крайніе ряды свай заложены изнутри пластины изъ 4 верш. лѣса, выбранныя въ четверть, которыя поддерживаютъ насыпанный между рядами свай камень, перемѣшанный съ хрящемъ и гравіемъ. Поверхность этой накидной кладки, выравненная мелкимъ камнемъ еъ расщебенкою и покрытая вровень съ деревянными рамами мостовой изъ грубо-обтесанныхъ крупныхъ камней на мху, служитъ наклоннымъ слив-

нымъ поломъ плотины. Уклонъ этого пола I:4. Слой наносной земли, находящійся между крайними рядами овай, замѣненъ слоемъ глины, толщиной въ 0,25 саж. Во избѣжаніе подмыва основанія со стороны низового ряда свай забитъ по направленію плотины шпунтовый рядъ изъ 2 верш. досокъ, который продолженъ и далѣе, въ откосы береговъ рѣки. Для предупрежденія же фильтрацій воды черезъ плотину съ подпорной стороны забитъ между сваями крайняго ряда шпунтовый рядъ изъ 2 верш. досокъ и сдѣлана земляная отсыпь съ глинянымъ ядромъ и зобомъ. Откосы : ядра - одиночный, зоба - половинный, а отсыпи - двоиной. Откосы отсыпи покрыты дерномъ. Въ концѣ сливного пола въ ложѣ рѣки сдѣлана внемка съ заполненіемъ ея крупнымъ камнемъ въ предупрежденіе размыва.

Съ тою же цѣлью, ниже каменной наброски, забиты сваи изъ 5 верш. лѣса въ разстояніи одной сажени одна отъ другой и забраны пластинами изъ 4 верш. лѣса въ четверть. Сопряженіе плотины съ берегами рѣки сдѣлано слѣдующимъ образомъ: въ откосѣ каждаго берега сдѣлана внемка длиной около 3 $\frac{1}{2}$ саж. и шириной, равной шириѣ плотины. Въ внемку также забиты сваи, продолжены насадки и поставлены наклонныя схватки, послѣ чего все пространство заполнено, какъ и въ самой

плотинѣ, камнемъ до поверхности, совпадающей съ наклонной поверхностью слхвного пола плотины, послѣ чего наснпана съ утрамбовкой земля и выведены земляныя дамбы. Внутри дамбъ заложено глиняное ядро: зобъ этого ядра опущенъ до водонепронхцаемаго грунта. Для лучшаго сопряженія зоба съ откосами долины рѣки, основаніе его сдѣлано уступами. Ширина дамбы поверху въ началѣ 2,00 саж., а затѣмъ переходитъ въ 1,50 саж. Верховые откосы дамбъ и конуса до отмѣтки 40,75 одѣты одиночной мостовой на нху, а низовые откосы и верховые съ отмѣтки 40,75 до верха одернованы.

Фиг. 38



ПРИЛОЖЕНІЕ I.

ВЫПИСКА ИЗЪ ТЕХНИЧЕСКИХЪ УСЛОВІЙ ПРОЕКТИРОВАНІЯ И ООРУЖЕНІЯ ЖЕЛѢЗНЫХЪ ДОРОГЪ ПЕРВООТЕПЕННАГО ЗНАЧЕНІЯ (МАГИСТРАЛЕЙ).

Глава XI.

Снабженіе дороги водою.

Наибольшее разстояніе между станціями водоснабженія.

§77. Наибольшее разстояніе между станціями водоснабженія должно быть опредѣлено съ такимъ разсчетомъ, чтобы на разстояніи между двумя водоснабженіями съ пропускрмъ одного промежуточнаго не могъ быть израсходованъ объемъ воды въ 400 куб.фут., опредѣляя расходъ воды на поѣздо-верету при различныхъ фиктивныхъ уклонахъ по приложенной къ сему §-у таблицѣ [+].

Количество воды на каждой изъ станцій водоснабженія.

§78. Количество воды, которое должно быть доставлено въ теченіе сутокъ станціею водоснабженія, опредѣляется слѣдующими нормами:

а). Количество воды, назначаемое собственно на потребности поѣздовъ, должно быть: на станціяхъ конечныхъ не менѣе объема 20 тендеровъ, емкостью каждый въ 500 куб.футовъ, на станціяхъ

[+] Эта таблица приложена на стр. 7 книги.

промежуточныхъ съ кореннымъ или оборотнымъ паровознымъ депо не менѣе объема 40 тендеровъ той же емкости и напромежуточныхъ станціяхъ не менѣе потребнаго для пополненія 40 тендарами израсходованной ими воды на пройденныхъ смежныхъ со станціею перегонахъ въ предположеніи пропуска одного промежуточнаго водоснабженія въ каждомъ направленіи и, исчисляя сей расходъ на поѣздо-версту по таблицѣ, приложенной къ § 77 сжхъ условій, для тендеровъ емкостью въ 400 куб. футовъ.

Примѣчаніе. Въ разсчетѣ промежуточныхъ водоснабженій предполагается, что при отходѣ съ конечныхъ станцій и депо тендера вполнѣ наполнены водою.

б). Количество воды, назначаемое на маневры, резервы и промывку паровозовъ, а равно и на потребности мастерскихъ и живущихъ на станціяхъ должно составлять въ сутки : на станціяхъ съ кореннымъ депо не менѣе 10 куб.саж., на станціяхъ съ оборотными депо не менѣе 4 куб.саж. и на всѣхъ прочихъ станціяхъ собственно на маневры и потребности служащихъ не менѣе 1 куб.саж.

в). Количество воды, назначаемое на потребности перевозимыхъ войскъ, должно составлять въ сутки: на конечныхъ станціяхъ и на станціяхъ съ продовольственными складами и паровознымъ депо не менѣе 2,5 куб. саж., на прочихъ станціяхъ не

менѣе I куб.саж.

Примѣчаніе. Количество воды, которымъ желѣзная дорога можетъ располагать для своихъ надобностей изъ подлежащихъ источниковъ водоснабженія, должно вполнѣ обезпечивать суточни расходъ воды, опредѣляемыи симъ параграфомъ.

Источники водоснабженія.

§79. Пункты водоснабженія должны быть избираемы преимущественно вблизи живыхъ источниковъ рѣкъ, прудовъ, питаемыхъ ключами и родниками артезіанскихъ колодцевъ и т.п. , доставляющихъ воду въ количествѣ, соотвѣтствующемъ потребности. Лишь при отсутствіи такихъ источниковъ водоснаженія или недостаточности таковыхъ допускаете устройство искусственныхъ водохранилищъ. Пригодность воды должна быть удостовѣрена изслѣдованіями; если результаты химическаго анализа покажуть, что вода по своему качеству непригодна для питанія котловъ, то должны быть установлены соотвѣтствующіе водоочистители.

Отклоненія:

8. Ёжская. Добавлено: „Станціи съ водоочистителями должны быть расположены на разстояніи не болѣе 75 верстъ."

Подача воды въ баки, водоемныя и водоподъемныя зданія

§80. Подача воды въ баки должна производиться при посредствѣ насосовъ съ механическими двигателями, устанавливаемыхъ въ зави-

симости отъ мѣстоположенія источника или въ отдѣльныхъ водоподъемныхъ зданіяхъ или въпристройкахъ къ водоемнымъ зданіямъ. Въ послѣднемъ случаѣ паровые котлы могутъ быть помѣщены въ самыхъ водоемныхъ зданіяхъ.

При опредѣленіи механическихъ устройствъ водоснабженій надлежитъ имѣть въ виду, чтобы устройства эти доставляли все потребное суточное количество воды, опредѣленное по вышеприведенному разсчету (§ 78) при наибольшей работѣ, допускаемой конструкціей насоса въ сутки, а именно : при 18-ти-часовой работѣ, въ случаѣ установки одного насоса и при 24-хъ-часовой работѣ, при условіи одновременной установки второго запаснаго насоса.

Водоемныя зданія должны вмѣщать одинъ или нѣсколько баковъ, общей вмѣстимостью не менѣе 8 кубическихъ саженъ, расположенныхъ на несгораемыхъ опорахъ, на высотѣ не менѣе 4,5 сажени надъ уровнемъ рельсовъ.

Общій объемъ баковъ на каждой станціи съ водоснабженіемъ долженъ быть не менѣе $\frac{1}{4}$ полнаго суточнаго расхода воды, потребной для паровозовъ.

На станціяхъ съ паровознымъ депо или большими мастерскими всѣ или нѣкоторые баки могутъ быть помѣщены въ пристройкахъ къ депо или къ мастерскимъ. Одинъ изъ баковъ долженъ быть предоставленъ въ исключительное пользованіе большихъ ма-

стерскихъ.

§ 81. Техническія условія, коимъ должны удовлетворять водоподъемныя и водоемныя зданія, паровыя машины и баки, устанавливаются надлежащими общими постановленіями Министерства Путей Сообщенія.

Принадлежности водоснабженія.

§82. На каждой станціи и разъѣздѣ съ водоснабженіемъ должно быть не менѣе двухъ путевыхъ наливныхъ кранов; кромѣ того при паровозныхъ зданіяхъ должно быть не менѣе одного наливного крана и достаточное число крановъ для прмывки паровозовъ. Всѣ отдѣленія большихъ мастерскихъ должны быть снабжены необходимымъ числомъ пожарныхъ крановъ а станціонная территорія - пожарными и водоразборными кранами.

Водопроводныя трубы должны быть съ внутреннимъ діаметромъ для напорной (нагнетательной) трубы не менѣе 4 дюймовъ, если суточная подача воды не превосходитъ 40 куб. саж. и для разводной трубы не менѣе 6 дюймовъ, если длина водопровода не превышаетъ 300 саженъ. При превышеніи упомянутыхъ величинъ наименьшій внутреніи діаметръ трубъ долженъ быть увеличенъ: для трубъ напорныхъ до 5 дюймовъ и для трубъ раз-

водныхъ до 7 дюймовъ. Въ тѣхъ случаяхъ, когда длина разводнаго водопровода превышаетъ 500 саженъ, діаметръ трубъ долженъ быть опредѣленъ съ такимъ разсчетомъ, чтобы гидравлическій кранъ давалъ въ секунду не менѣе половины кубическаго фута воды.

ПРИЛОЖЕНІЕ 2.

Циркулярнымъ распоряженіемъ отъ 15/17 іюля 1913 г. за № 19945/9782/272 Управленіе желѣзныхъ дорогъ предложило для проектированія и разсчета противопожарныхъ водопроводовъ мастерскихъ нормы, изложенныя ниже въ выпискѣ изъ журнала комиссіи мастерскихъ отъ 28 іюня 1912 г. за № 81.

„По обсужденіи доклада Техническаго Отдѣла, Комиссія постановила признать, что при устройствѣ въ Главныхъ мастерскихъ водоснабженія, приспособленнаго для обслуживанія сверхъ техническихъ, также и противопожарныхъ потребностей мастерскихъ въ водѣ, къ таковому водоснабженію цѣлесообразно было бы предъявлять нижеслѣдующія требованія

1). Разводящая сѣть мастерскихъ въ магистральныхъ частяхъ должна быть уложена по кольцевой сиетемѣ и на ней снаружи и внутри зданій мастерскихъ должны быть установлены пожарные краны, при чемъ разстояніе между каждыми двумя сосѣдними наружными кранами должно быть не болѣе 50сж.

2). Въ случаѣ устройства одной общей для техническихъ и противопожарныхъ нуждъ разводящей сѣти должна быть обезпечена возможность полученія во время пожара кромѣ противопожарнаго ко-

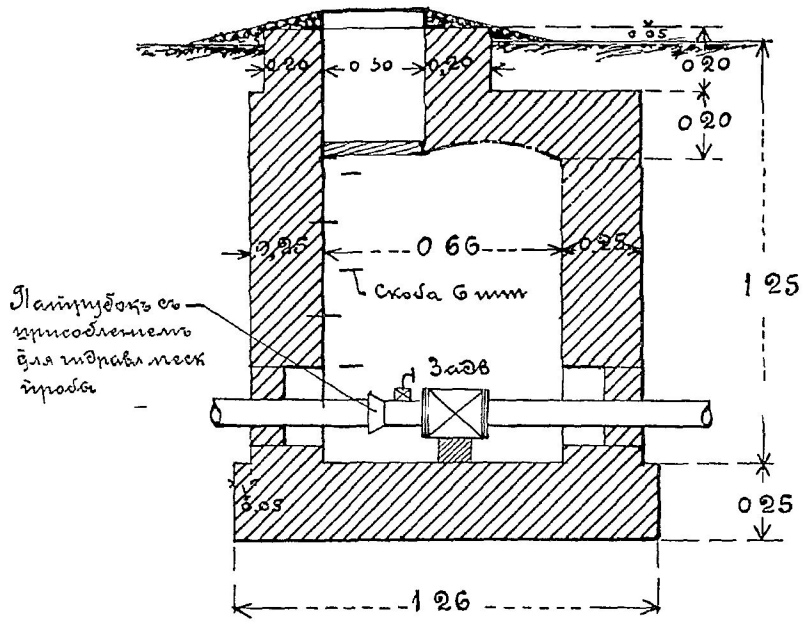
лжчества воды также не менѣе 50 % количества воды, требующагося для удовлетворенія потребности въ водѣ для поѣздныхъ паровозовъ, исчисленной для случая наибольшаго на дорогѣ движенія комерческаго или воинскаго

3), Водопроводныя устройства должны обезпечивать возможность полученія при пожарѣ у главнѣйшихъ наиболѣе цѣнныхъ и огнеопасныхъ сооруженій изъ ближайшихъ къ нимъ пожарныхъ кранновъ около 200 ведеръ въ I минуту въ видѣ 4-хъ струй, выбрасываемыхъ изъ отверстій наконечниковъ пожарныхъ рукавовъ подъ угломъ 60 - 70 градусовъ къ горизонту на высоту I - 3 саж. выше конька крыши горящаго зданія; при этомъ предполагается, что наконечникомъ дѣйствуютъ стоя на землѣ, что длина звена пожарнаго рукава не менѣе I0 саж.и что изъ одного пожарнаго крана можетъ быть получено не болѣе двухъ пожарныхъ струй.

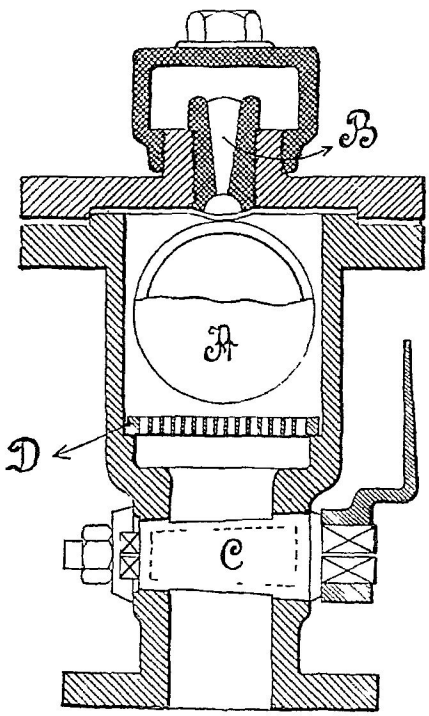
4), Противопожарный запасъ воды долженъ обезпечивать непрерывность указаннаго выше дѣйствія пожарныхъ кранновъ въ теченіе времени, необходимаго для приведенія въ дѣйствіе насоса, которымъ во время пожара предположено подавать воду, и во всякомъ случаѣ этотъ запасъ долженъ быть не менѣе I5 - 20 куб.саж.

5). Отступленіе отъ указанной нормы 200 ведеръ въ минуту въ 4 струи (пунктъ 3) - можетъ быть допущено не иначе, какъ при условіи особой въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ мотивировки такового отступленія.

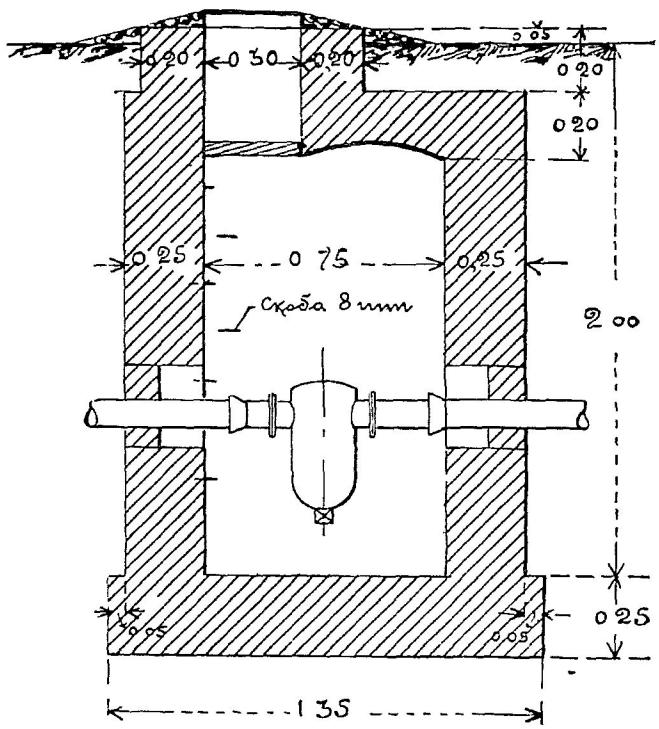
Г - Гидрантъ



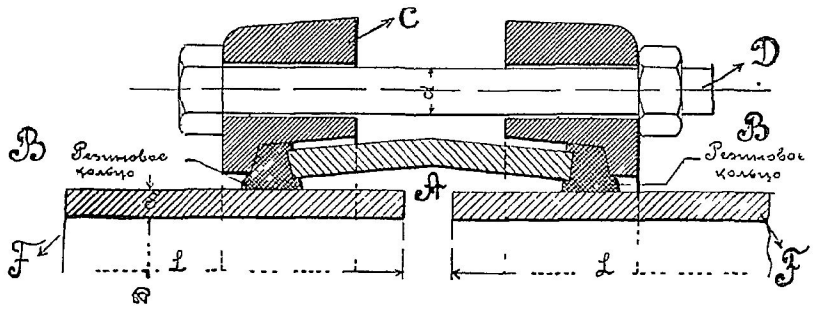
Черт 1



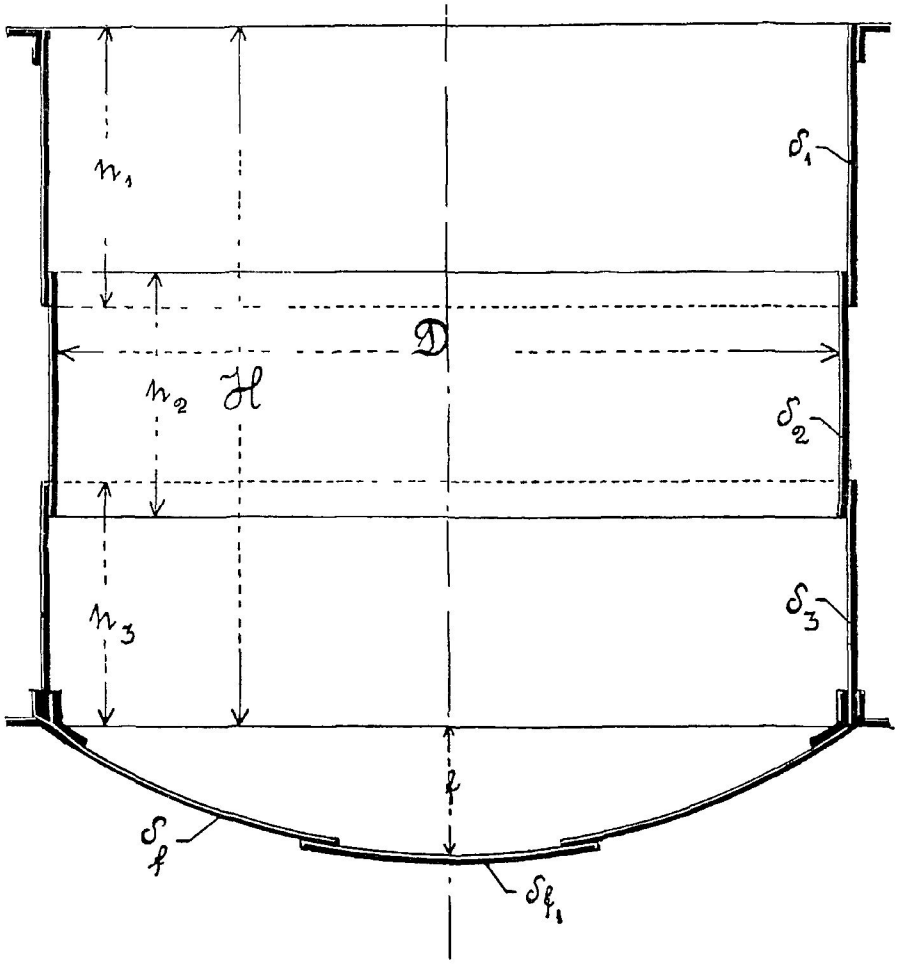
Черт 2



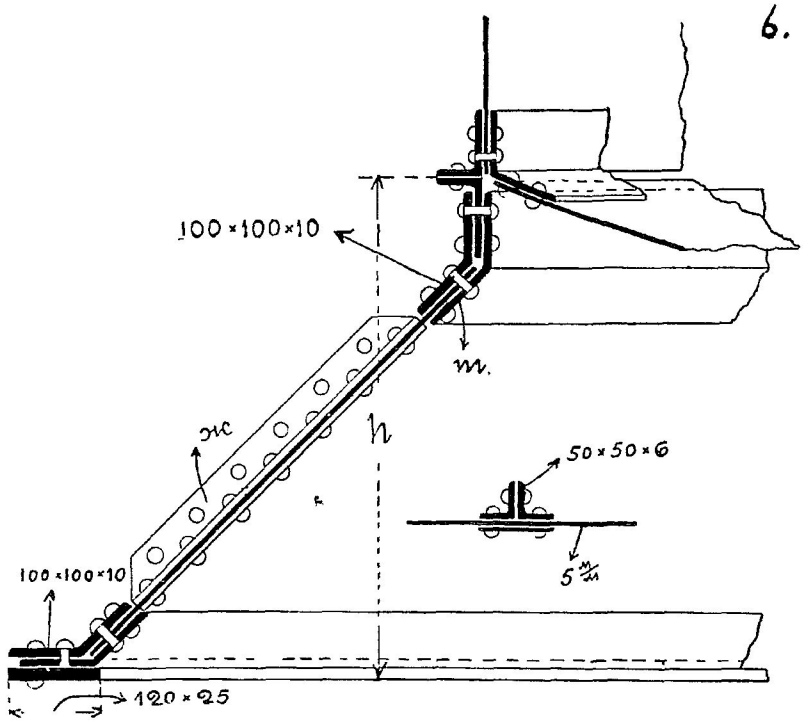
Черт. 3.


C
D
B
B
Резиновое кольцо
Резиновое кольцо
A
F
F
l
l

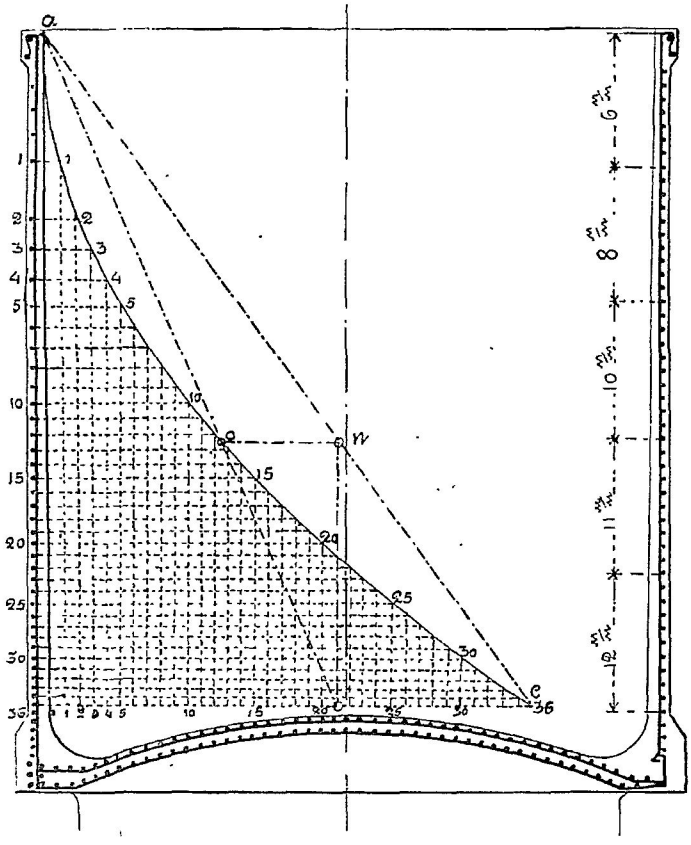
Черт. 4.


h_1
δ_1
D
h_2
H
δ_2
h_3
δ_3
f
δ_f
δ_{f_1}

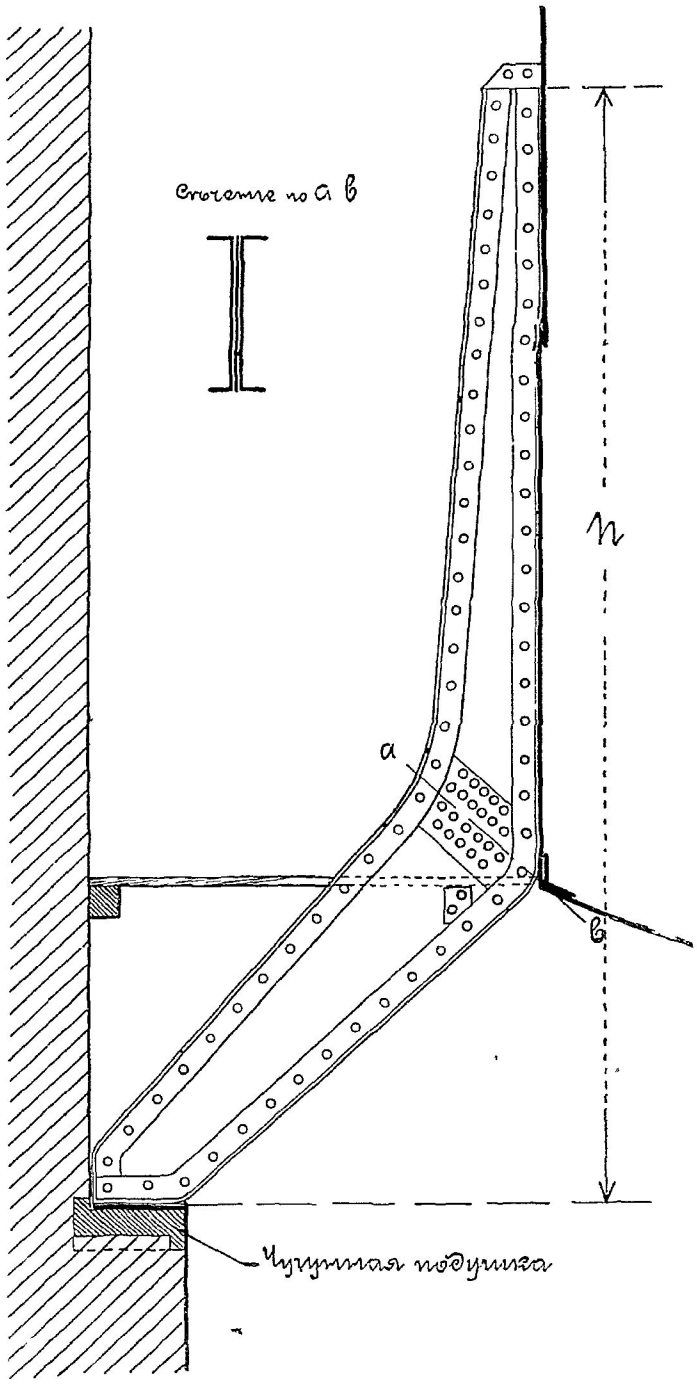
Черт 5.



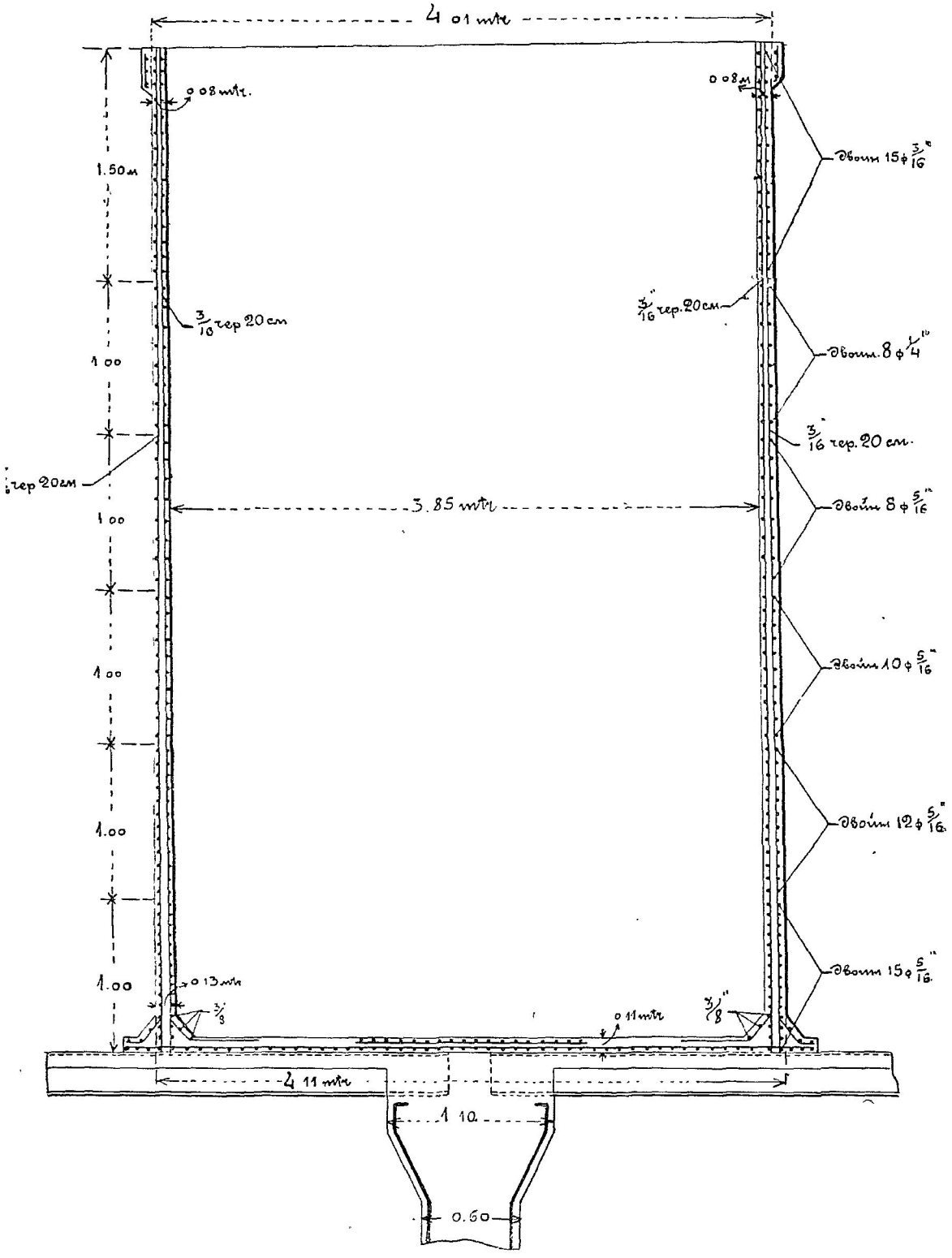
Черт. 6.



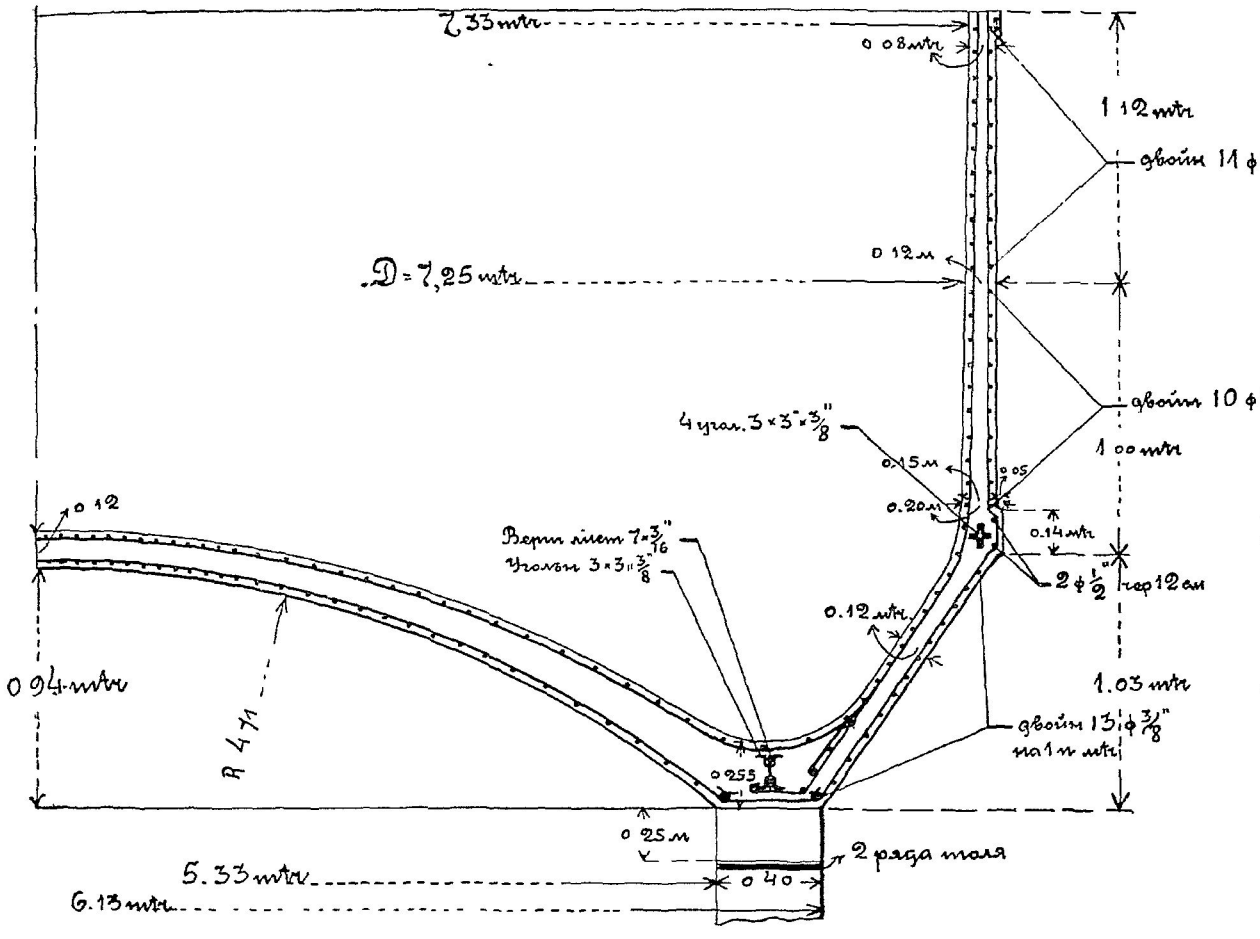
Черт. 7а.



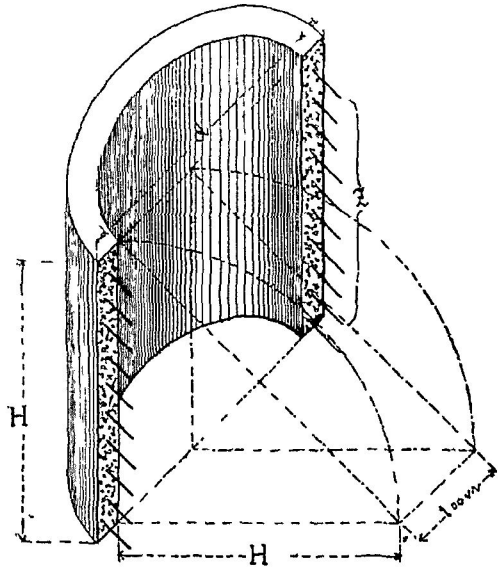
Черт. 7.


4 01 mtr
0 08 mtr.
0 08 m
1.50 m
Двоин 15 ф 3/16"
3/16 гер 20 см
3/16" гер. 20 см
Двоин. 8 ф 1/4"
3/16" гер. 20 см.
гер 20 см
3.85 mtr
Двоин 8 ф 5/16"
1 00
1 00
Двоин 10 ф 5/16"
1 00
Двоин 12 ф 5/16"
1.00
Двоин 15 ф 5/16"
1.00
0 13 mtr
3/8"
0 11 mtr
3/8"
4 11 mtr
1 10
0.60

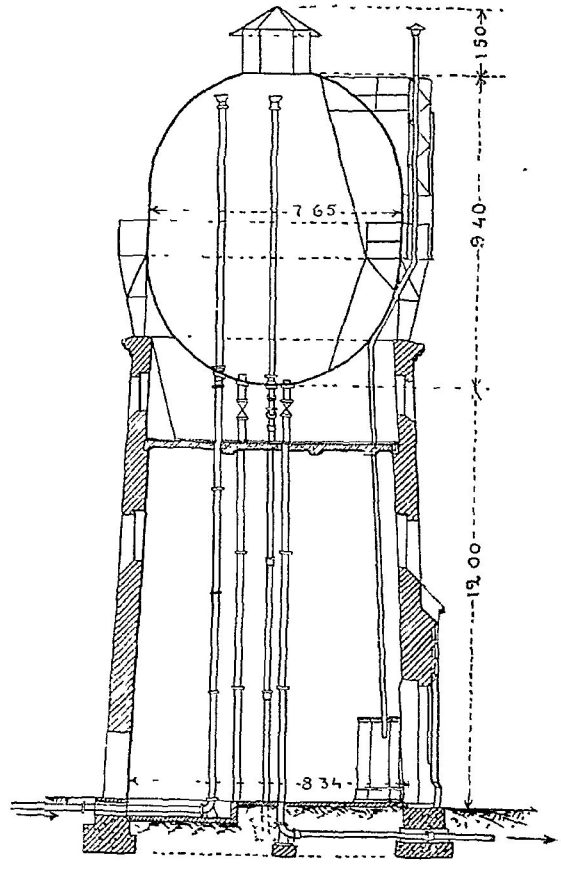
Черт. 9.



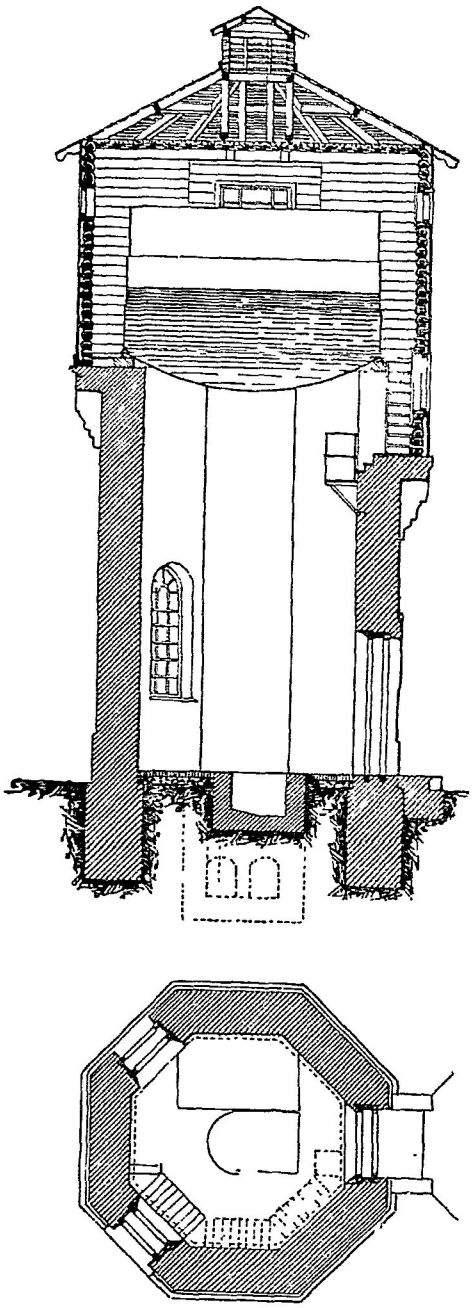
Черт. 10.



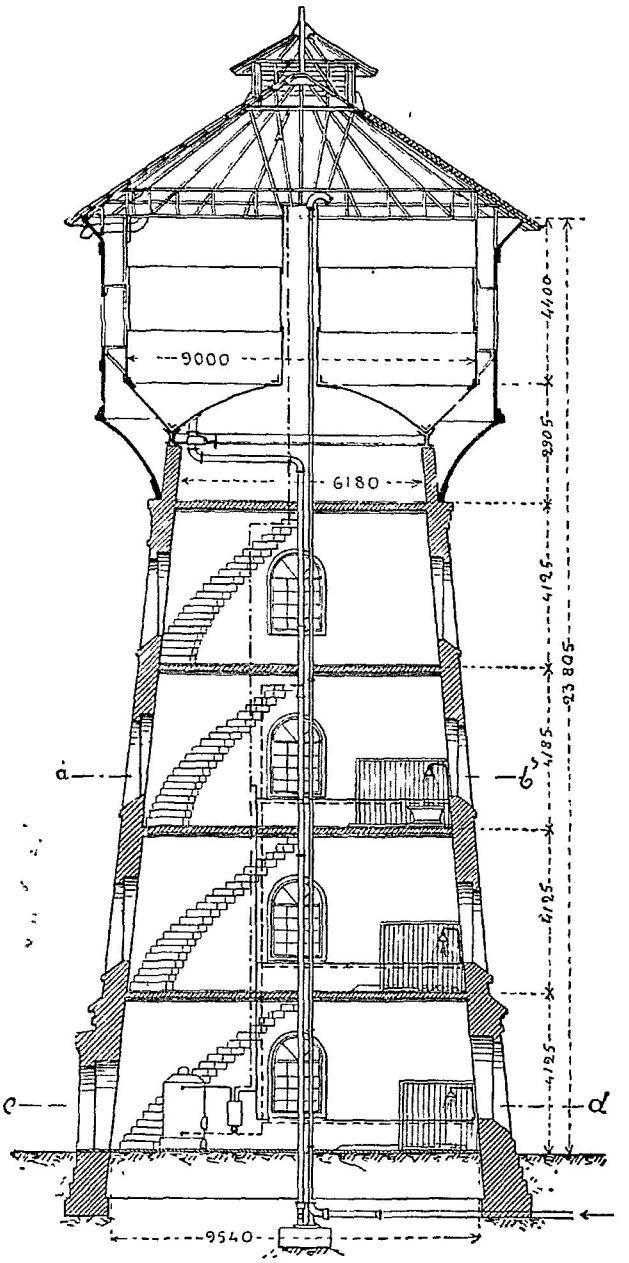
Черт. 8.



Черт. 12

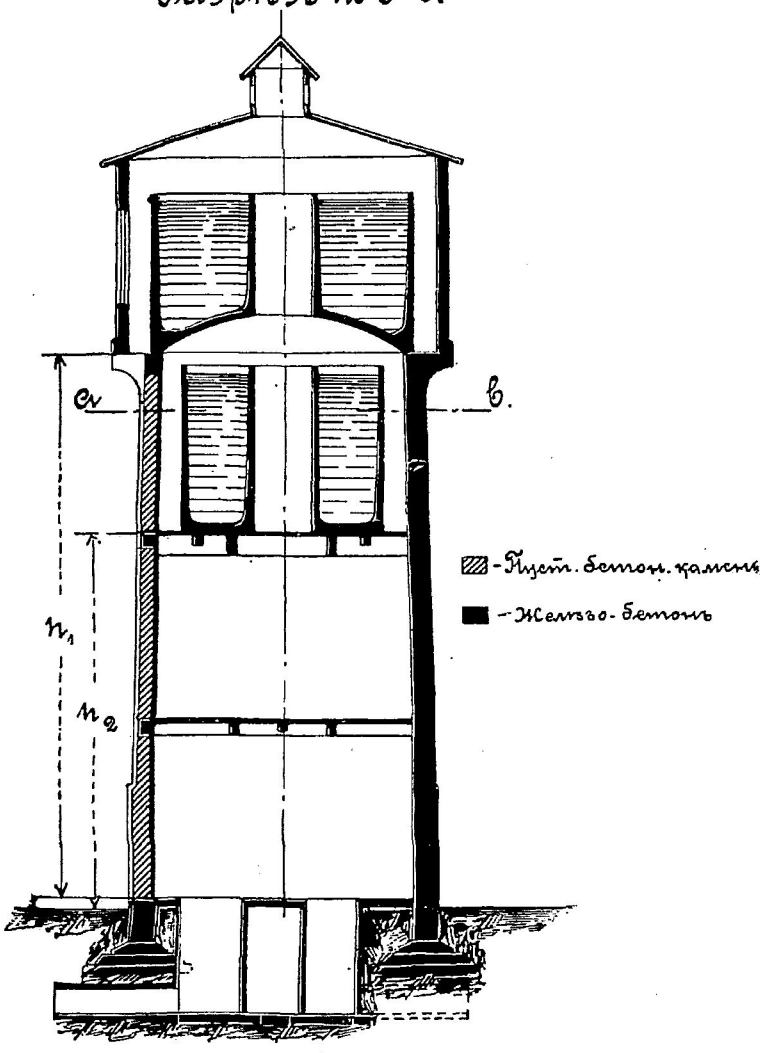


Черт. 11.

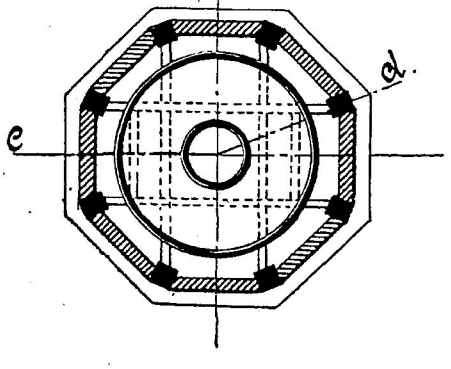


Черт. 12 и 18.

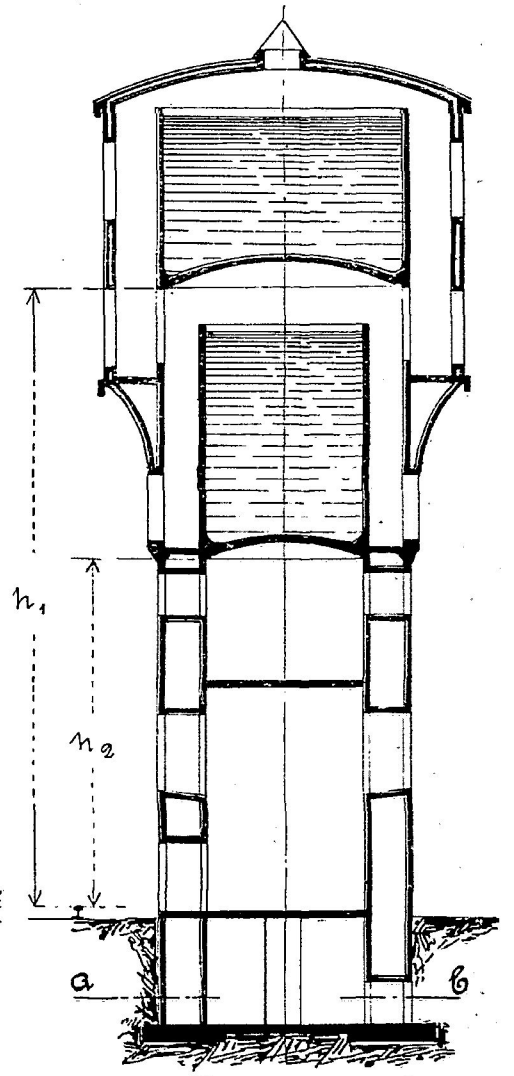
Разрѣзъ по с-d.



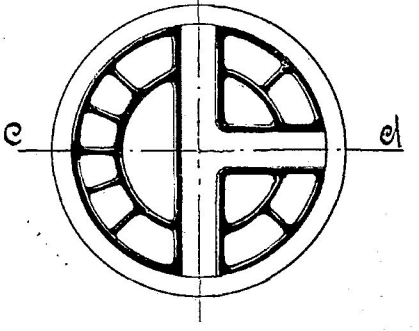
Планъ по а-в.



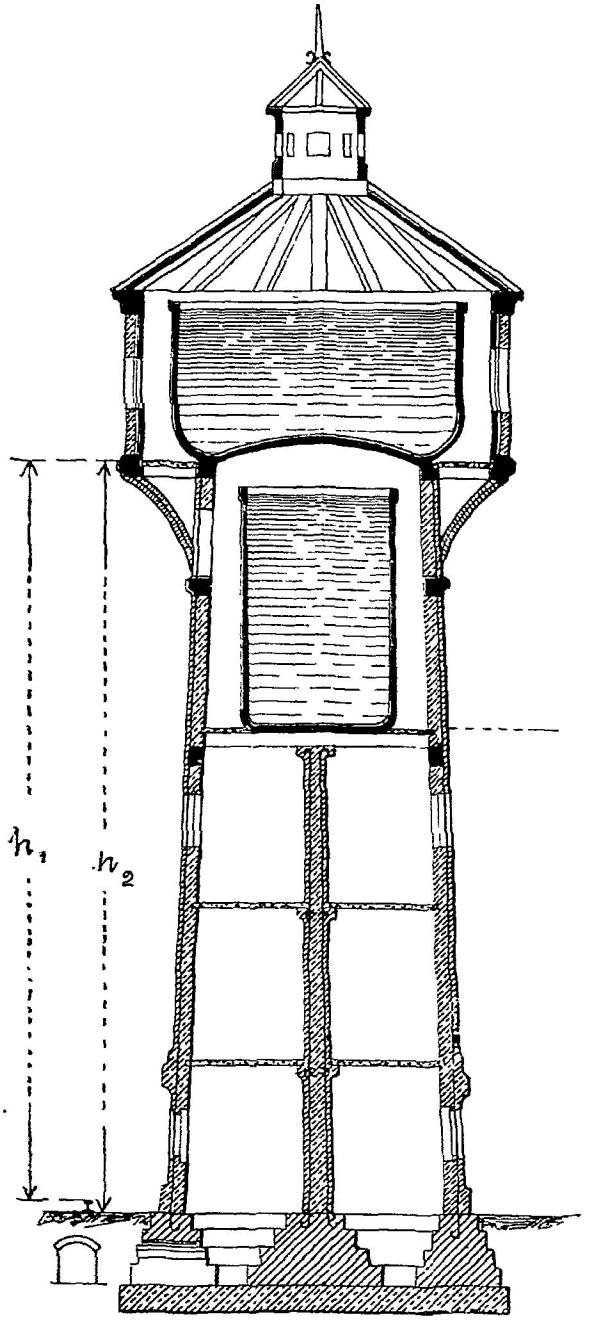
Разрѣзъ по с-d.



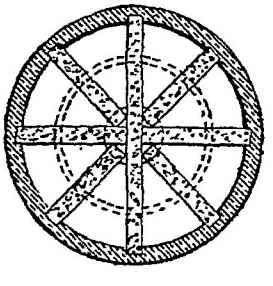
Планъ по а-в.



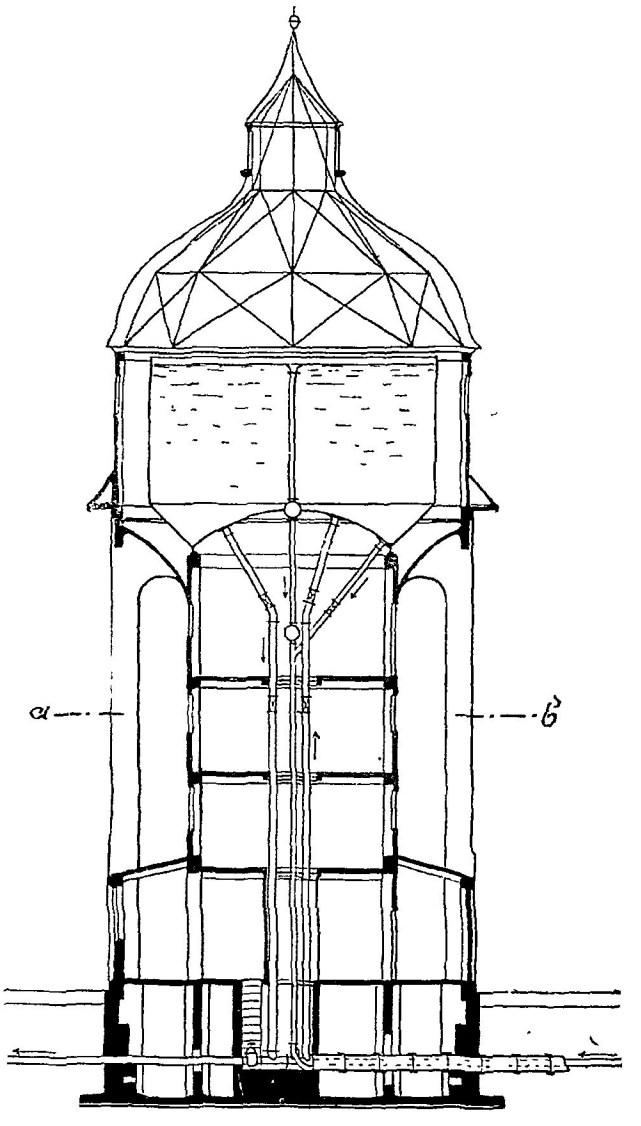
Черт. 16.



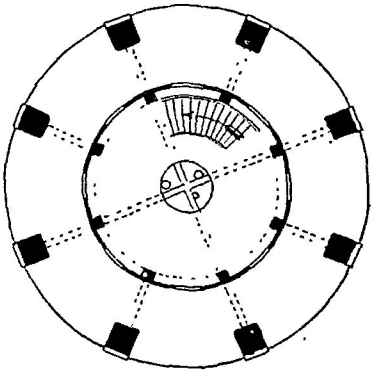
Черт. 15.



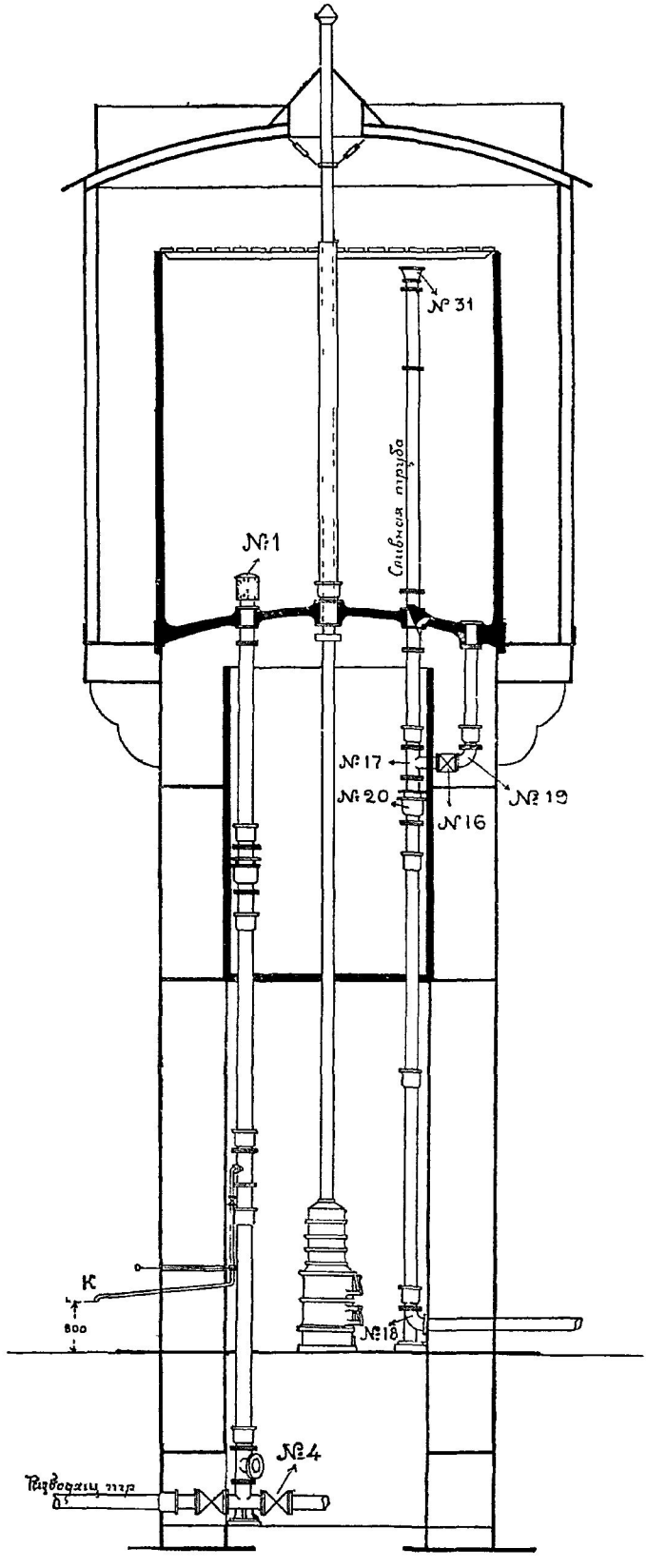
Черт. 15а.



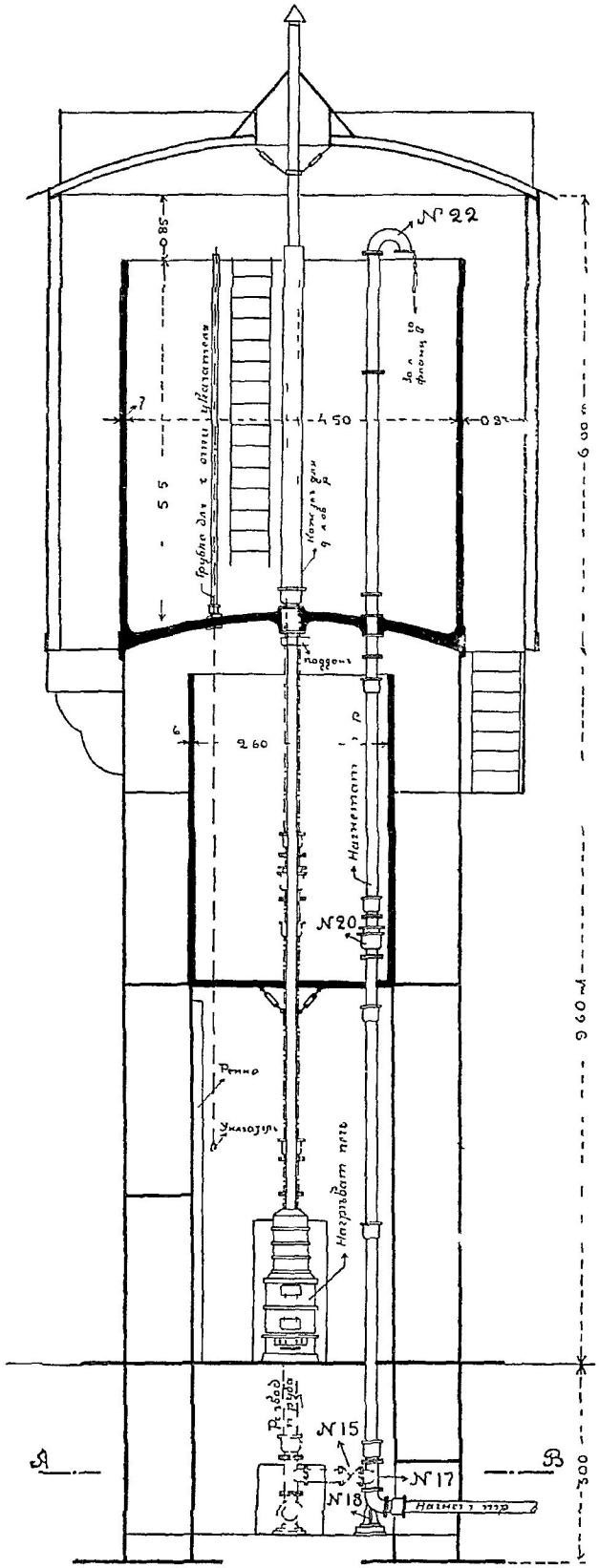
Разрѣзъ по a-b



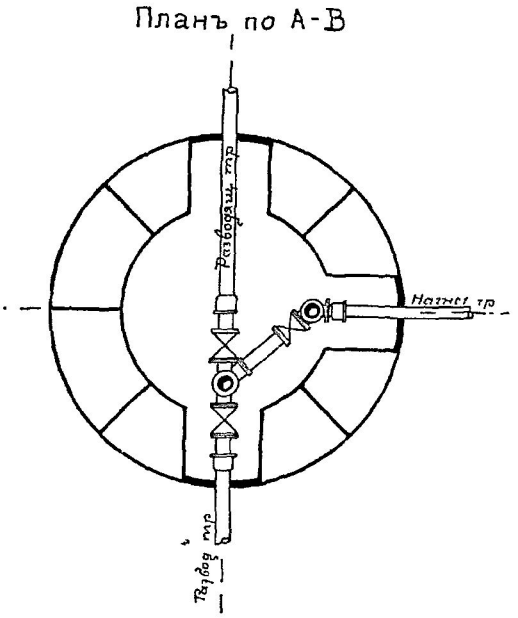
Черт. 17.



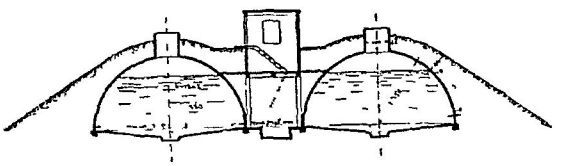
Черт. 19.



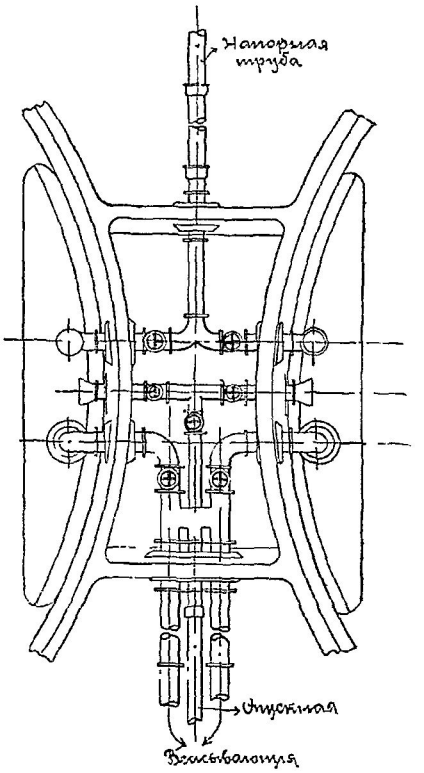
Черт 19а.



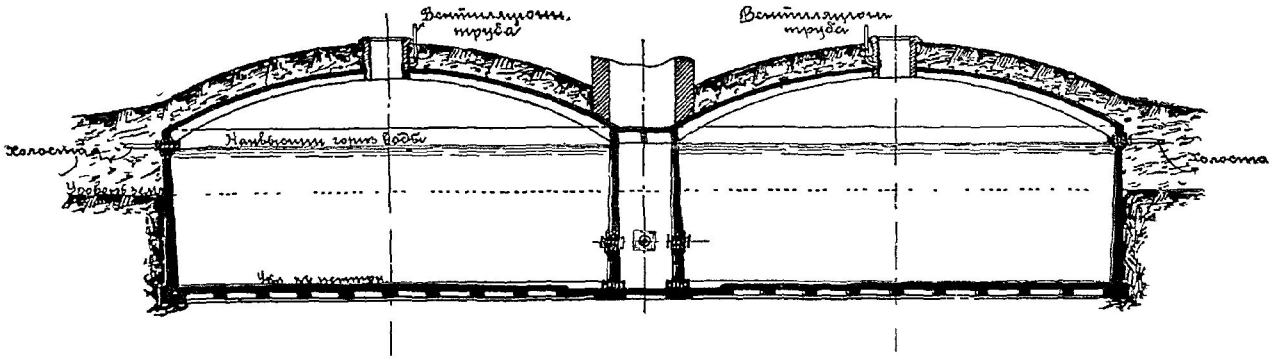
Черт. 19.



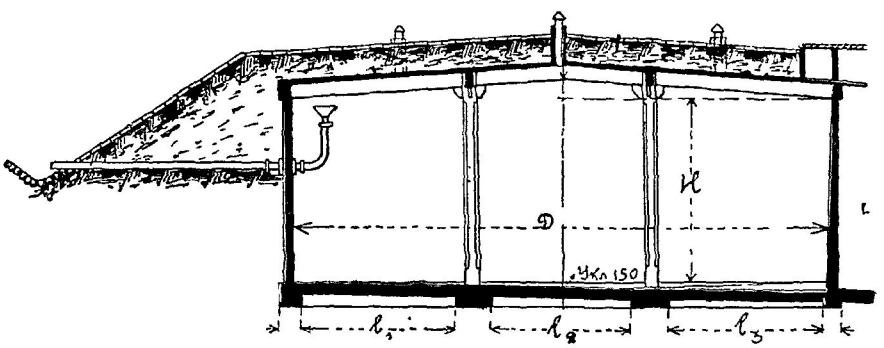
Черт. 20



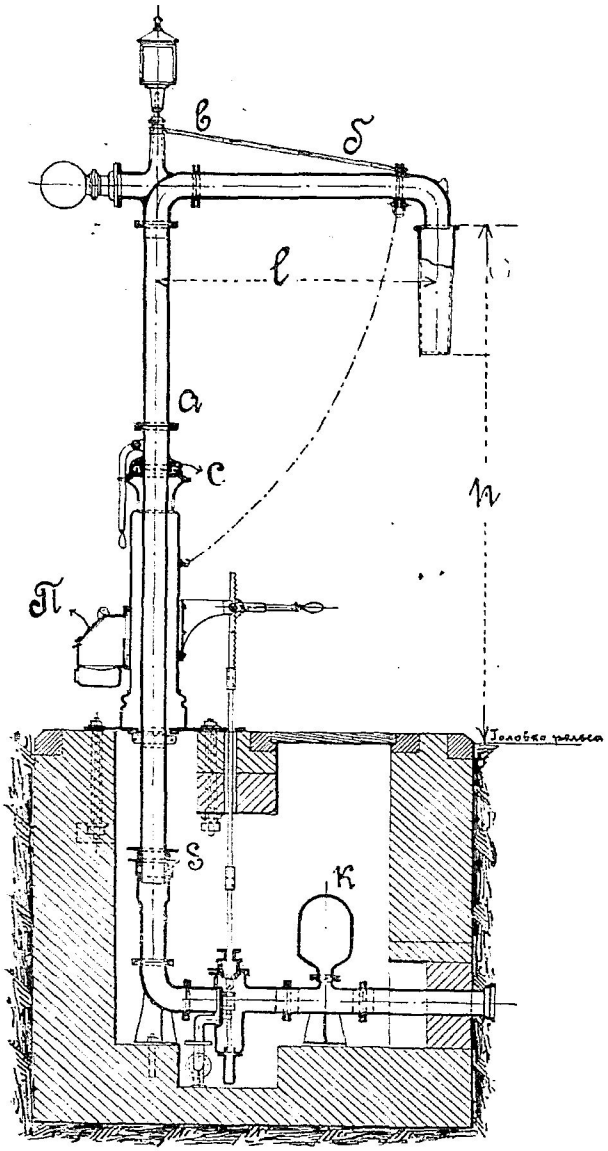
Черт. 23.



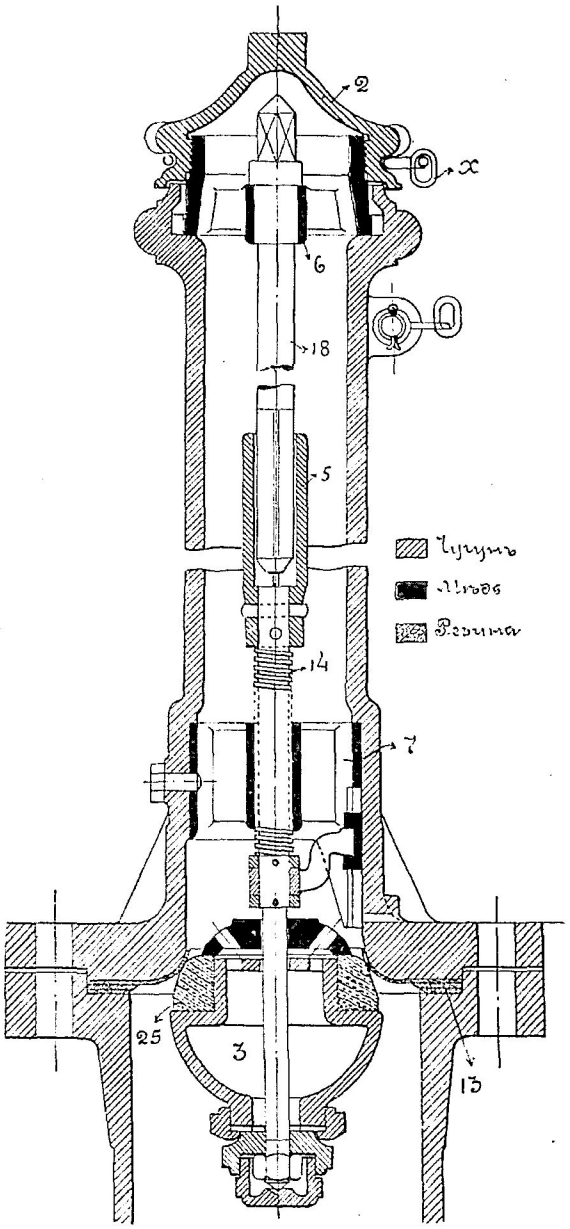
Черт. 21.



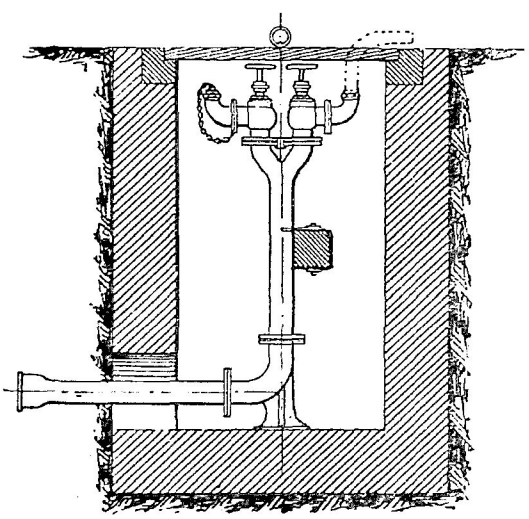
Черт. 22.



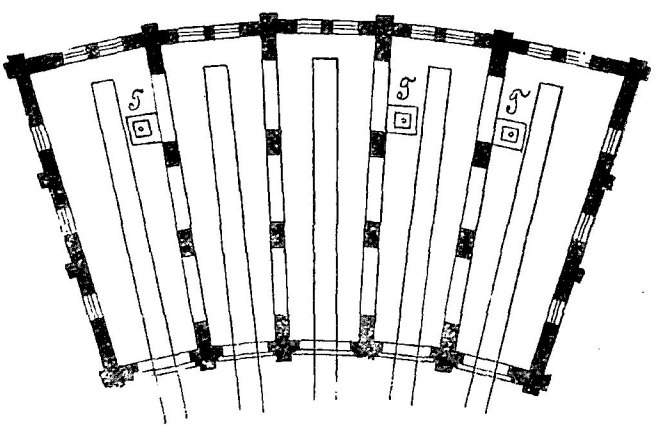
Черт. 24.



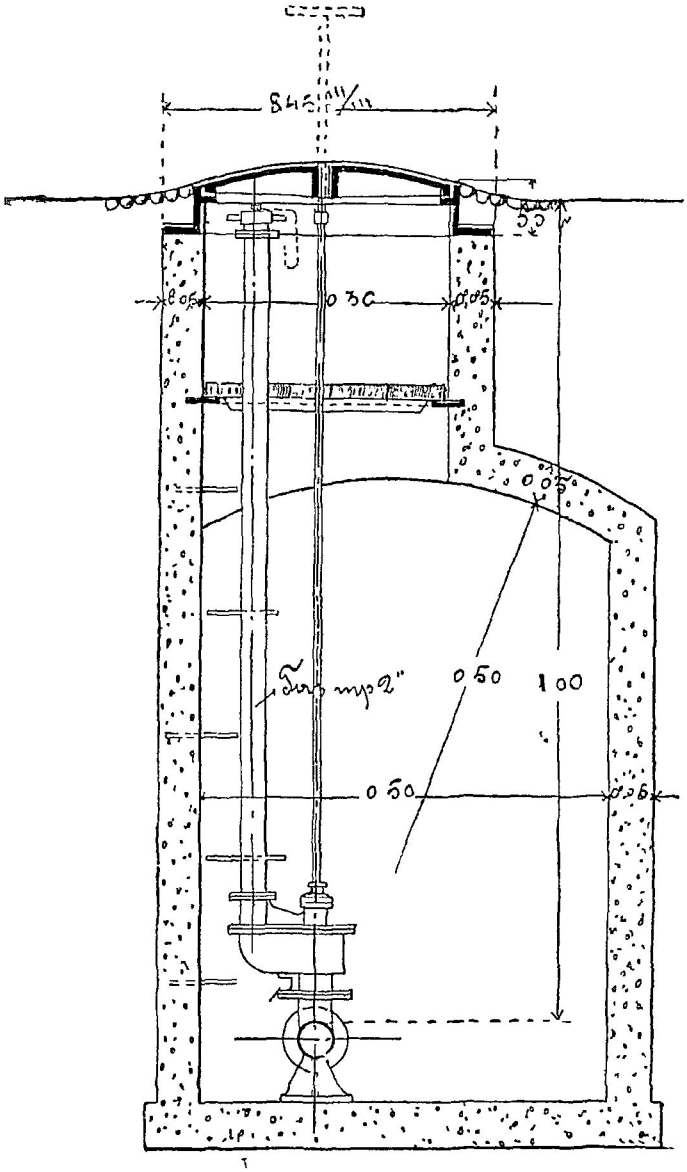
Черт. 26а.



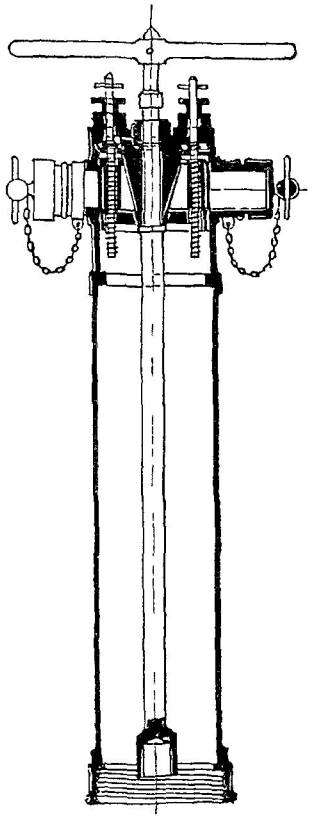
Черт. 25



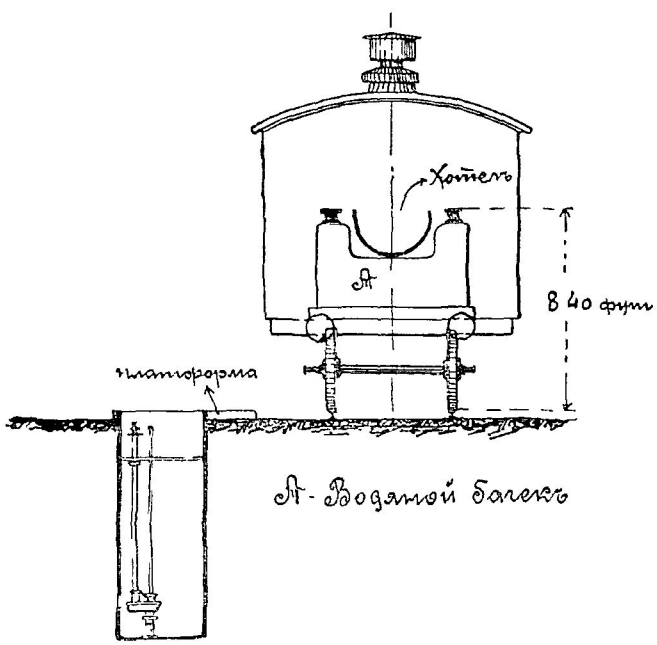
Черт. 26



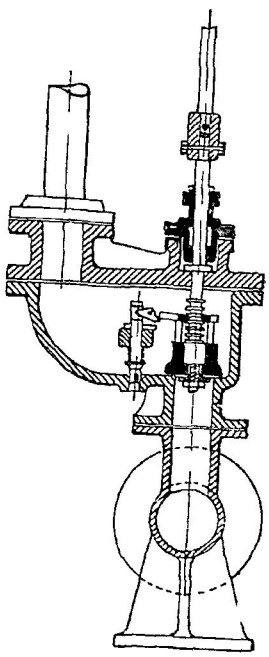
Черт. 28.



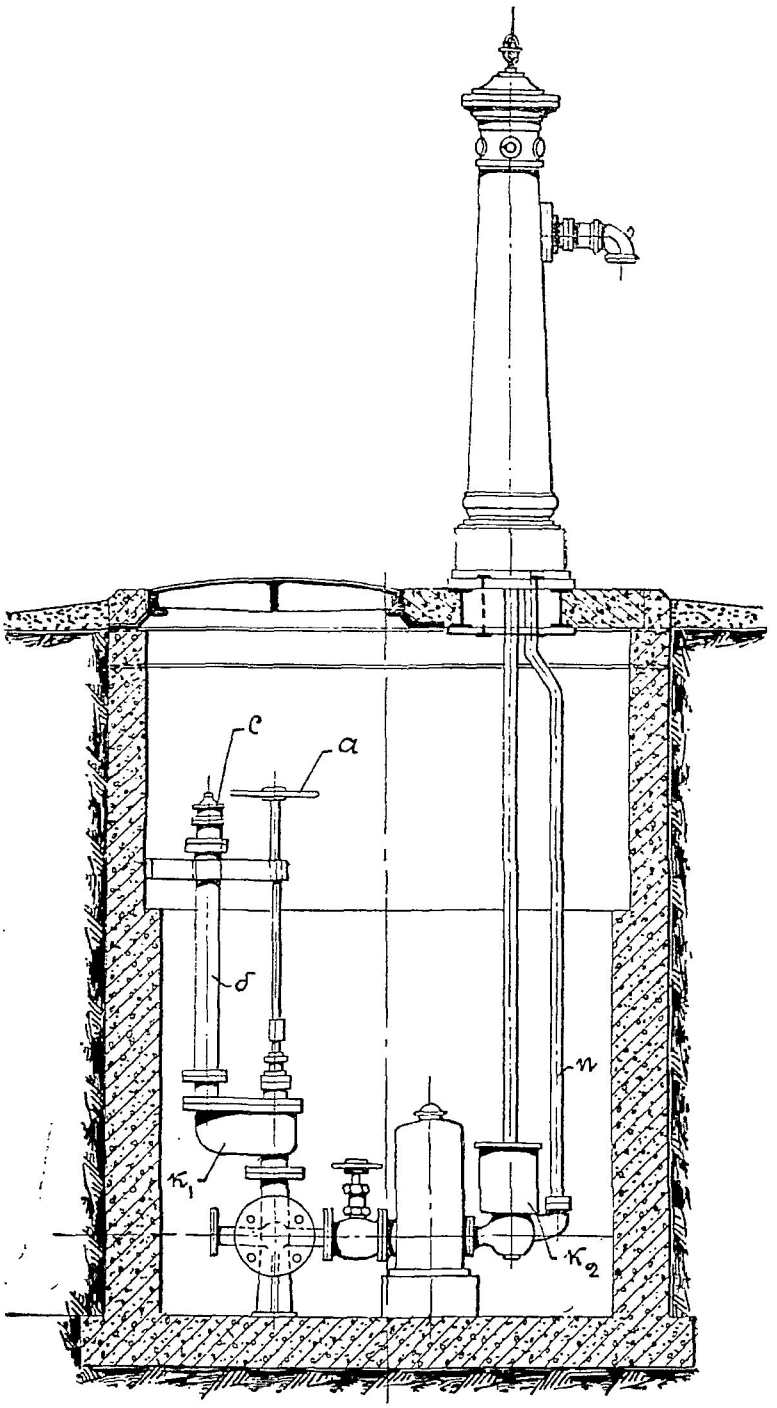
Черт. 27.



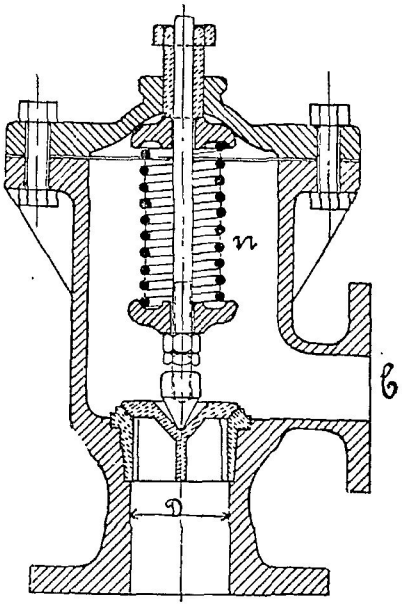
Черт. 31



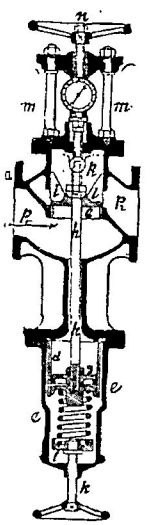
Черт. 29



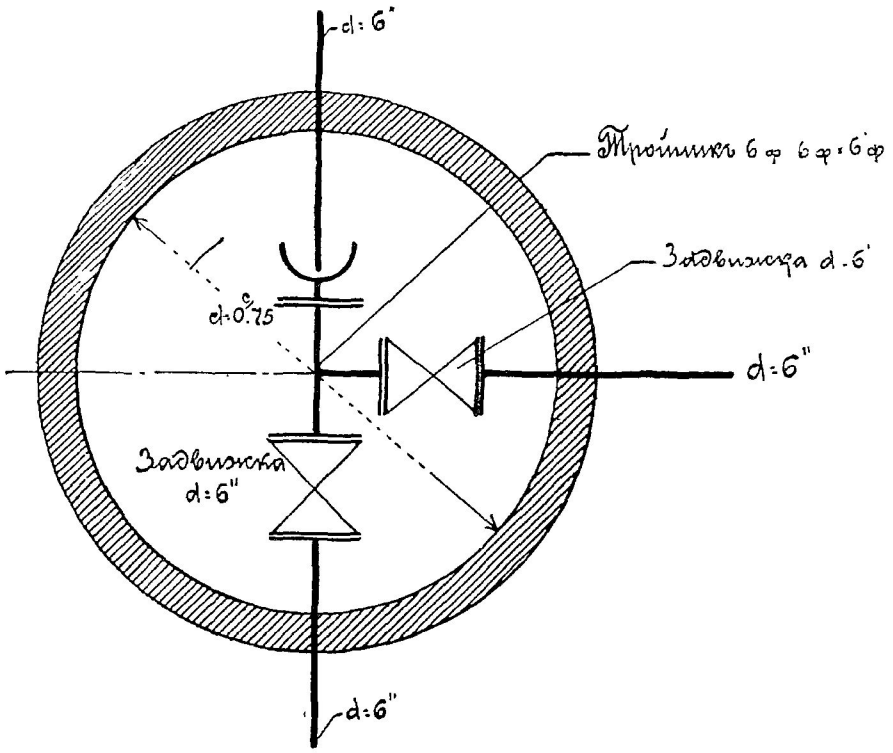
Черт. 30.



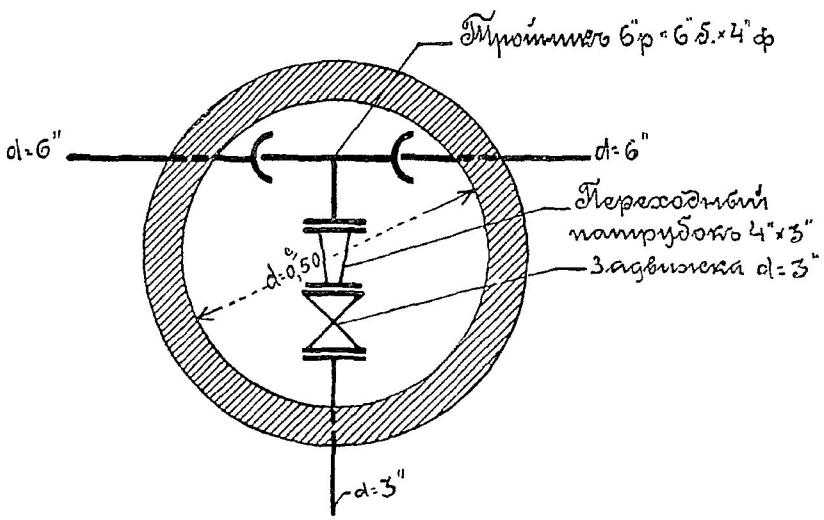
Черт. 34.



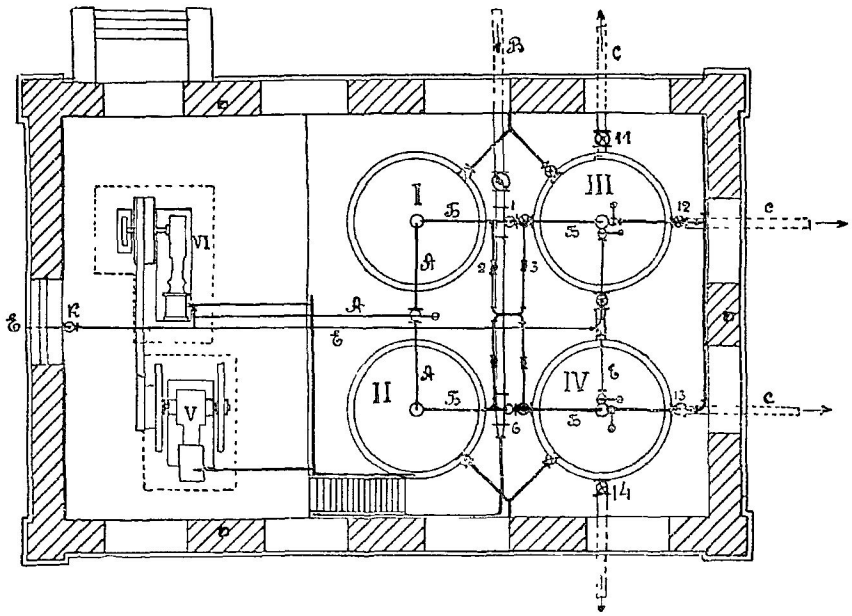
Черт. 34а.



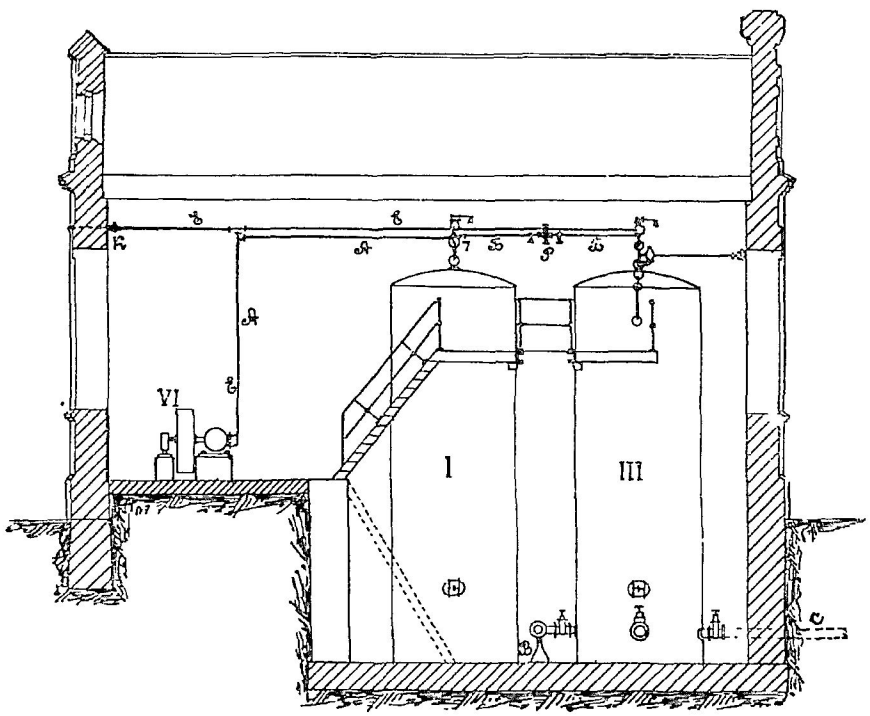
Черт. 32.



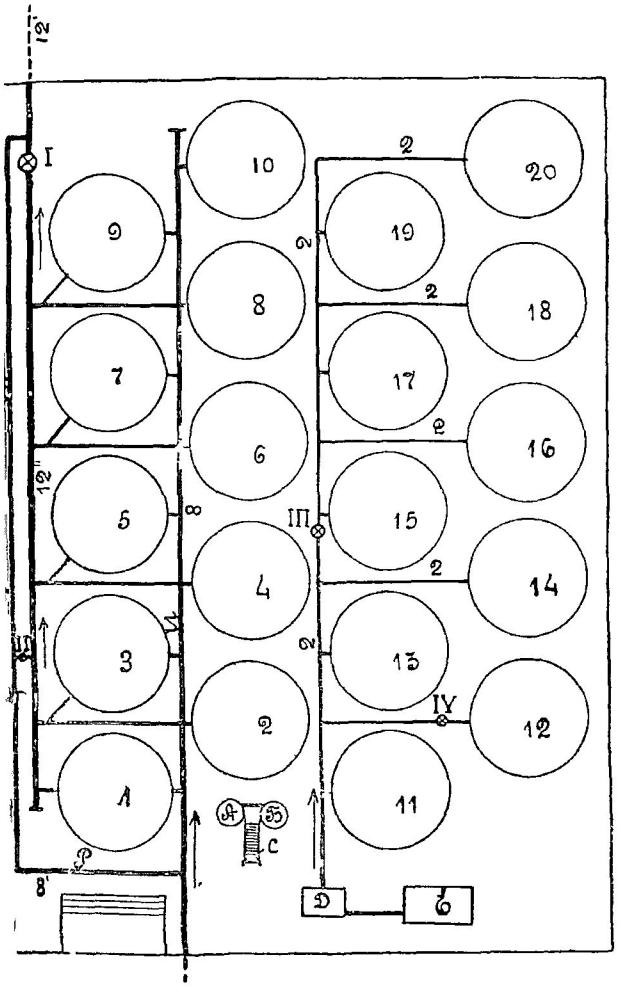
Черт. 33.



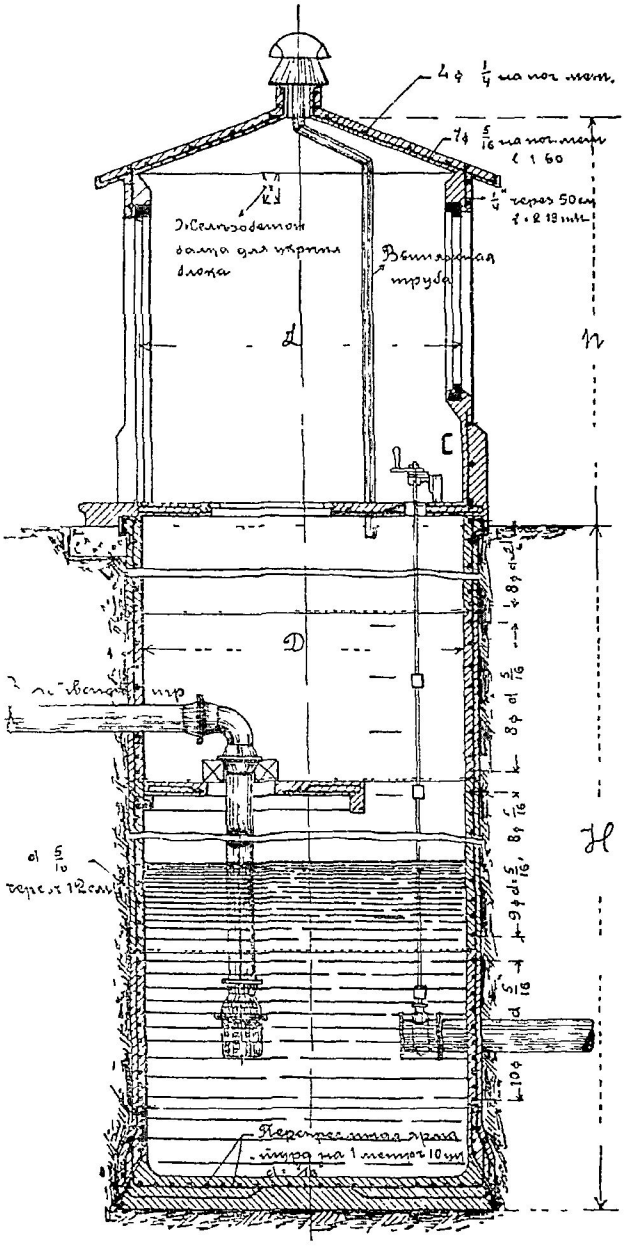
Черт. 35.



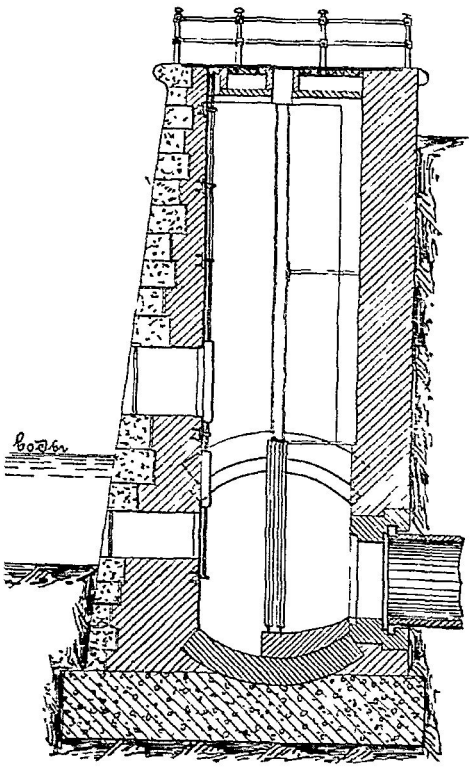
Черт. 35а.



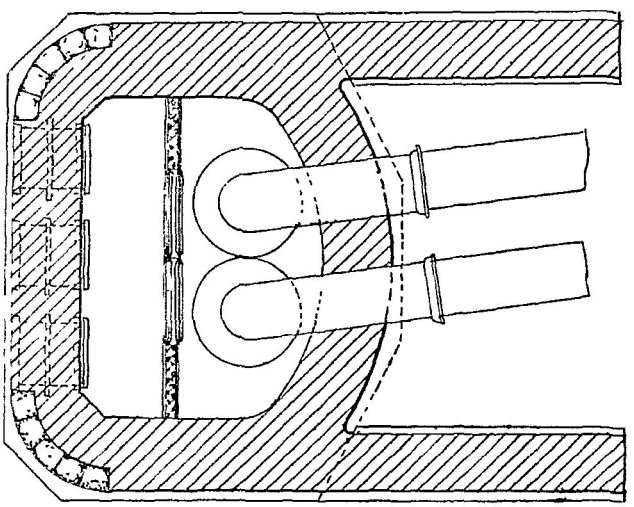
Черт 36.



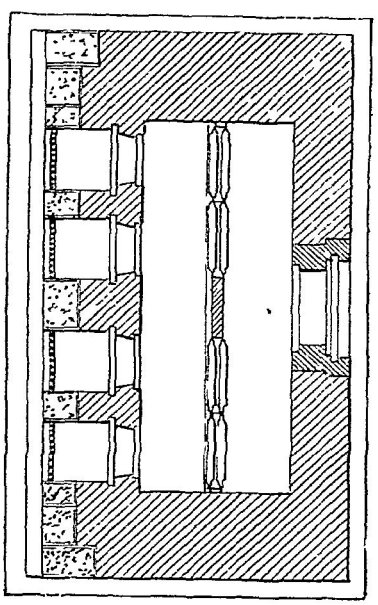
Черт. 37.



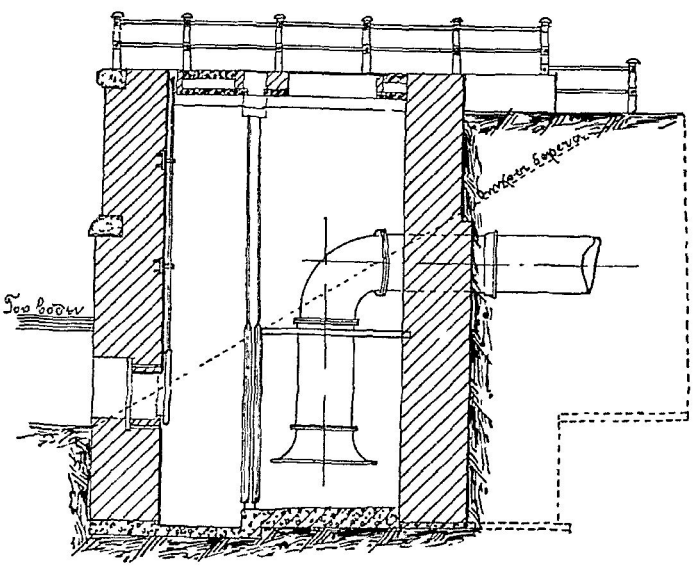
Черт. 38.



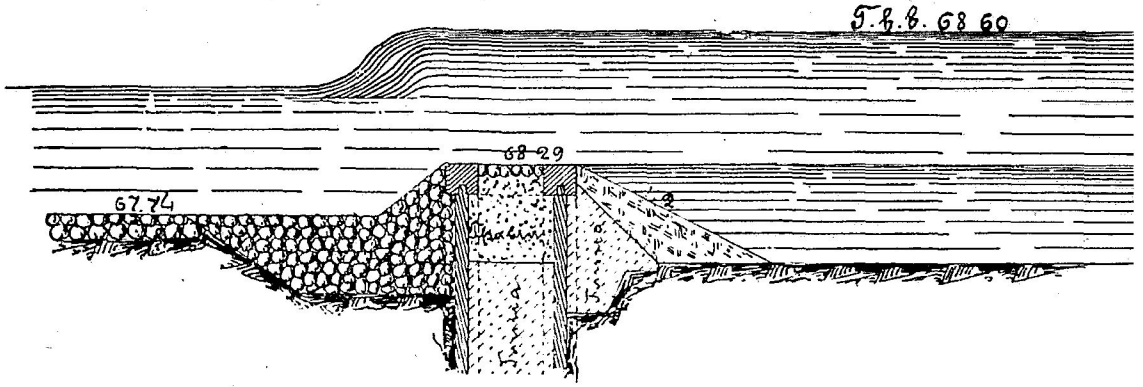
Черт. 37а.



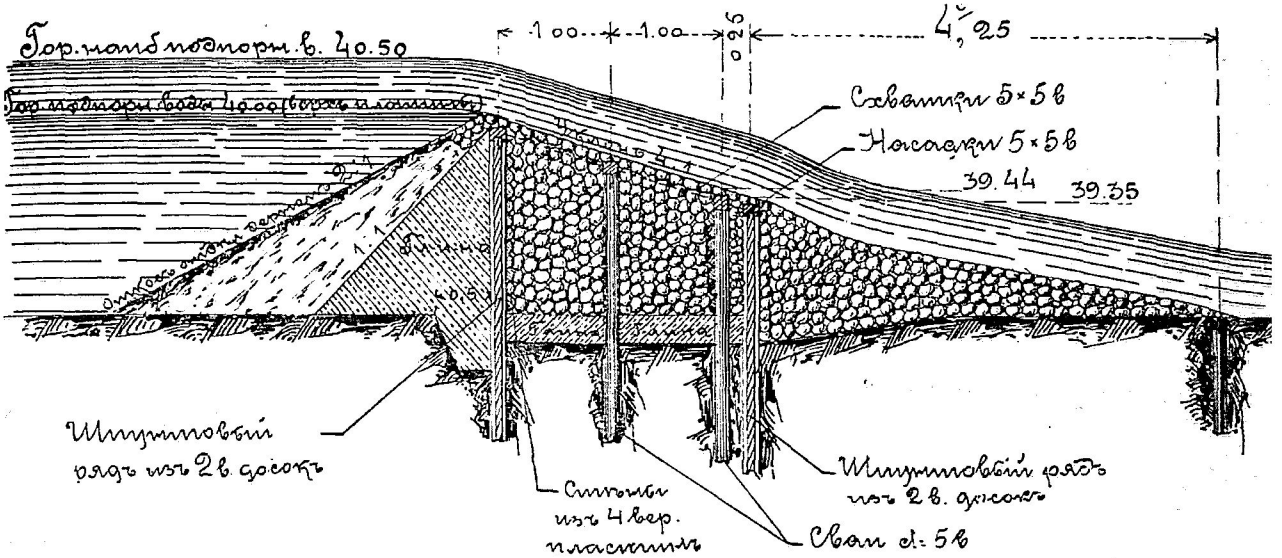
Черт. 38.



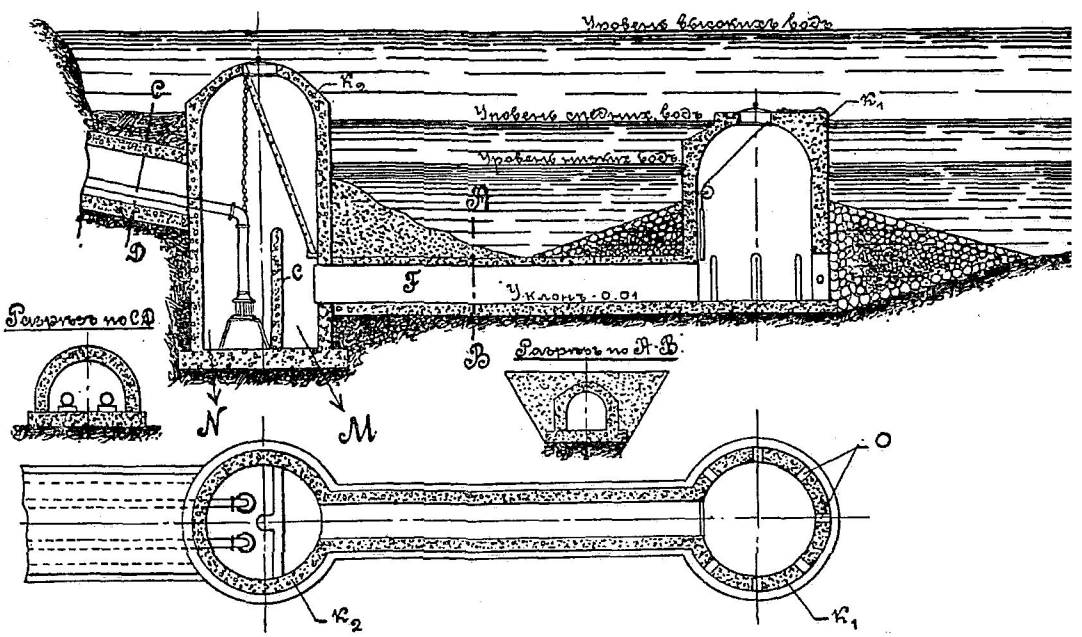
Черт. 38а.



Черт. 39.



Черт. 40.



Черт. 41.