

ГЛАВА IX. РЕГУЛИРУЮЩИЕ ЗАПАСНЫЕ И НАПОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

§ 51. Резервуары чистой воды, регулирующие и запасные емкости

Резервуары чистой воды служат для регулирования неравномерности работы насосных станций I и II подъемов и сохранения воды на противопожарные, хозяйственно-питьевые и производственные нужды на время тушения пожара.

Следовательно, емкость резервуаров чистой воды в соответствии с их назначением может быть определена по формуле

$$W_{p.ч.в.} = W_{рег.ч.в.} + W_{н.з.}, \quad (67)$$

где $W_{p.ч.в.}$ — емкость резервуара чистой воды; $W_{рег.ч.в.}$ — регулирующая емкость, которая предназначается для регулирования неравномерности работы насосных станций; $W_{н.з.}$ — неприкосновенный противопожарный запас воды.

Кроме того, в резервуарах иногда хранится аварийный запас $W_{ав}$ на время ликвидации аварии в случае прокладки одного водовода и запас для промывки фильтров $W_{ф.}$. С учетом этого формула (67) примет вид

$$W_{p.ч.в.} = W_{рег.ч.в.} + W_{н.з.} + W_{ав} + W_{ф.}$$

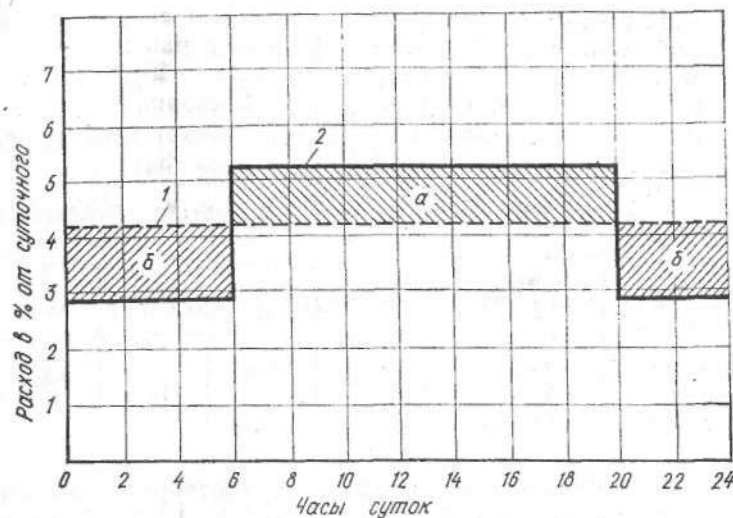


Рис. 66. Графики работы насосных станций
а, б — регулирующие объемы резервуара чистой воды; 1 — первого подъема; 2 — второго подъема

Регулирующий объем воды может быть определен графоаналитическим и табличным способом на основании анализа работы насосных станций I и II подъемов, так как насосная I подъема подает воду в резервуары, а насосная II подъема откачивает ее из них. Совмещая графики подачи воды насосными станциями, определяют $W_{рег.ч.в.}$.

Предположим, что насосная I подъема работает в равномерном режиме, тогда ее часовая подача будет равна $\frac{100}{24} = 4,17\%$ от суточного водопотребления. На-

сосная II подъема работает чаще всего в неравномерном режиме.

Допустим, что насосная II подъема, работая по ступенчатому графику, имеет производительность: с 0 до 6 ч — 2,84%, а с 6 до 20 ч — 5,12% суточного водопотребления. Тогда графически совместная работа насосных станций может быть представлена в виде графика (рис. 66).

В соответствии с графиком подачи насосных регулирующих емкость выражается площадью «а» или

равновеликой ей суммарной площадью «б», т. е. для нашего примера регулирующий объем равен

$$W_{\text{рег}} = (5,12 - 4,17) \cdot 14 = 13,4\% \quad \text{или} \quad W_{\text{рег}} = (4,17 - 2,84) \cdot 10 = 13,3\% \text{ суточного водопотребления.}$$

Регулирующая емкость резервов может быть определена и табличным способом (см. табл. 34).

Таблица 34. Определение регулирующего объема резервуаров чистой воды

Период сут, ч	Подача НС-I в РЧВ, %	Отбор воды НС-II из РЧВ, %	Поступление в РЧВ, %	Отбирается из РЧВ, %	Остаток, %
0—6	25,0	17	8,0	—	+8,0
6—20	58,3	71,6	—	13,3	-5,3
20—24	16,7	11,4	5,3	—	0

Следовательно требуемый регулирующий объем резервуаров составляет $W_{\text{рег}} = 8,0 + 5,3 = 13,3\%$ суточного водопотребления. Обычно $W_{\text{рег}} \approx 20\%$.

Неприкосновенный пожарный запас воды может быть подсчитан как сумма объемов на пожаротушение и хозяйственно-производственные нужды:

$$W_{\text{н.з}} = W_{\text{пож}} + W_{\text{хоз}},$$

где $W_{\text{пож}}$ — запас воды, необходимый для тушения пожара в течение 3 ч; $W_{\text{хоз}}$ — запас воды на хозяйственно-производственные нужды, необходимый на время тушения пожара, т. е. на 3 ч.

При этом $W_{\text{пож}}$ определяется таким образом:

$$W_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}} \tau_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}} \frac{3 \cdot 3600}{1000} = 10,8 Q_{\text{пож}},$$

где $Q_{\text{пож}}$ — расчетный пожарный расход, л/с; $\tau_{\text{пож}}$ — время тушения пожара, равное 3 ч.

Объем воды на хозяйственно-питьевые нужды определяется исходя из условия максимального хозяйственно-питьевого и производственного расходов на время тушения пожара $\tau_{\text{пож}} = 3$ ч, исключая душевые расходы, расходы на поливку и мойку технологического оборудования.

$$W_{\text{хоз}} = 10,8 \cdot Q_{\text{хоз. макс}} \cdot \text{м}^3,$$

где $Q_{\text{хоз. макс}}$ — расход воды, л/с.

Объем воды $W_{\text{ав}}$, необходимый на время ликвидации аварии водопровода, может быть определен следующим образом:

$$W_{\text{ав}} = \frac{Q_{\text{ав}} \tau_{\text{ав}}}{1000} + \frac{Q_{\text{пож}} \tau_{\text{пож. ав}}}{1000}, \text{ м}^3, \quad (68)$$

где

$$Q_{\text{ав}} = Q_{\text{пр. ав}} + 0,7 Q_{\text{х-п}} \dots \quad (69)$$

В формулах (68) и (69) приняты следующие обозначения:

$Q_{\text{ав}}$ — расход воды при аварии водопровода, л/с;

$Q_{\text{пр. ав}}$ — расход воды на производственные нужды при работе предприятия по аварийному графику, л/с;

$Q_{\text{х-п}}$ — расчетный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды, л/с;

$Q_{\text{пож}}$ — расход воды на пожаротушение л/с;

$\tau_{\text{ав}}$ — время ликвидации аварии, с, принимаемое по данным табл. 41;

$\tau_{\text{пож. ав}}$ — время тушения пожара, принимаемое в соответствии с нормами СНиП при $Q_{\text{пож}} \leq 25$ л/с $\tau_{\text{пож}} = 2-3$ ч, при $Q_{\text{пож}} > 25$ л/с $\tau_{\text{пож}} = 4-6$ ч;

$0,7$ — коэффициент, учитывающий уменьшение хозяйственно-питьевых расходов, допускаемое по СНиП при аварии водопровода.

Далее рассчитаем объем воды на промывку фильтров $W_{\text{ф}}$:

$$W_{\text{ф}} = \frac{2 F q \tau}{1000}, \text{ м}^3,$$

где F — площадь одной секции фильтра, м²; q — интенсивность промывки фильтров ($q = 12-18$ л/с·м²); τ — продолжительность промывки фильтров ($\tau = 300-420$ с).

Зная расчетную вместимость резервуара (табл. 35), подбирают типовой.

Общее количество резервуаров в одном узле должно быть не менее 2 при наличии противопожарного запаса воды.

Резервуары выполняются из железобетона (преимущественно) круглой (до 2000 м³) или прямоугольной формы. Они оборудуются подающими и всасывающими трубопроводами, переливной и грязевой трубами. На них устраивают также смотровые колодцы и вентиляционные трубы.

Для сохранения неприкосновенного пожарного запаса воды резервуары должны быть оборудованы автоматическими устройствами (реле уровня поплавкового или электродного типа), которые при достижении уровня неприкосновенного запаса отключают хозяйственные насосы и подают сигнал в диспетчерский пункт и на насосную I подъема для включения резервных. Такой способ сохранения неприкосновенного запаса характерен для насосных низкого давления, не имеющих специальных пожарных насосов.

Таблица 35. Основные данные типовых резервуаров

Типовой проект	Вместимость, м³	Размеры, м	Материал
901-4-10	100	3,7×6,5	Железобетонный монолитный цилиндрический То же
901-4-11	250	3,7×10	
901-4-15	400—500	5,1×12	
901-4-16	1000	5,1×18	
901-4-17	2000	5,1×24	Цилиндрический из сборных железобетонных конструкций То же
901-4-18	150	3,82×8	
901-4-21	100	3,6×6	
901-4-22	250	3,6×10	
901-4-23	500	4,8×12	Железобетонный прямоугольный из сборных унифицированных конструкций заводского изготовления То же
4-18-840	100	3,5×6×6	
4-18-841	250	3,5×12×6	
4-18-842	500	3,6×12×12	
4-18-850	1000	4,8×18×12	Открытый пожарный резервуар из бутобетона То же, из кирпича
4-18-851	2000	4,8×24×18	
4-18-852	3000	4,8×24×30	
4-18-853	6000	4,8×36×36	
4-18-854	10 000	4,8×48×48	Кирпичный цилиндрический То же
4-18-855	20 000	4,8×64×64	
901-4-8с	100	2,5×7,6	
901-4-13	150	2,5×9,3	
901-4-13	100	3,8×5,8	
901-4-13	150	2,8×8,2	

Примечание. Для цилиндрических резервуаров указаны высота и диаметр, для прямоугольных — высота и стороны резервуара.

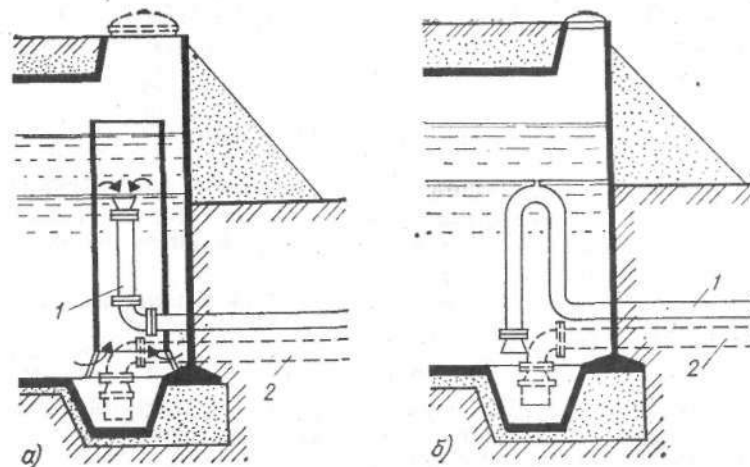


Рис. 67. Способы сохранения неприкосновенного пожарного запаса воды

а — расположение всасывающих линий на различной высоте с устройством кожуха; б — устройство воздушно-водяного затвора; 1 — всасывающий трубопровод хозяйственно-питьевых насосов; 2 — всасывающий трубопровод пожарных насосов

Когда в насосной установлены пожарные насосы, неприкосновенный запас может быть сохранен за счет расположения всасывающих линий хозяйственных и пожарных насосов на различных уровнях с устройством кожуха (рис. 67,а) и с помощью устройства воздушно-водяного затвора (рис. 67,б).

В системах водоснабжения используются регулирующие и запасные емкости.

Регулирующие емкости позволяют обеспечить равномерную работу насосных, так как отпадает необходимость в подаче максимальных расходов воды в часы наибольшего водопотребления, а также уменьшить диаметры труб, что снижает стоимость водопровода.

Объем воды в регулирующем резервуаре определяется по формуле (67).

Запасные емкости повышают надежность систем водоснабжения. В них хранится запас воды на нужды очистных сооружений, пожарные, производственные и хозяйственно-питьевые.

Запасные резервуары чаще всего устраивают подземными или полуподземными. Выбор размеров

емкостей должен проводиться на основе технико-экономического анализа системы водоснабжения и намеченного режима ее работы.

§ 52. Водонапорные башни и гидроколонны

Водонапорные башни предназначены для регулирования неравномерности водопотребления, хранения неприкосновенного запаса воды и создания требуемого напора в водопроводной сети.

Исходя из назначения водонапорной башни, вместимость бака ее должна быть равна

$$W_6 = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з}}, \quad (70)$$

где $W_{\text{рег}}$ — регулирующая емкость бака; $W_{\text{н.з}}$ — противопожарный объем воды, рассчитанный на 10-минутную продолжительность тушения пожара на промышленных предприятиях внутренними пожарными кранами, а также спринклерными или дренчерными установками при наибольшем расходе воды на другие нужды или на 10-минутную продолжительность тушения одного внутреннего и одного наружного пожаров при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды.

Таким образом, неприкосновенный запас воды равен сумме

$$W_{\text{н.з}} = W_{\text{хоз}} + W_{\text{пож}}. \quad (71)$$

Объем воды для хозяйственно-питьевых нужд и для целей пожаротушения может быть определен таким образом:

$$W_{\text{хоз}} = \frac{Q_{\text{хоз.макс}} \tau}{1000} = \frac{10 \cdot 60}{1000} Q_{\text{хоз.макс}} = 0,6 Q_{\text{хоз.макс}}, \text{ м}^3,$$

это для $Q_{\text{хоз.макс}}$ в л/с и при $\tau = 10$ мин.

$$W_{\text{пож}} = \frac{Q_{\text{пож}} \tau}{1000} = \frac{10 \cdot 60}{1000} Q_{\text{пож}} = 0,6 Q_{\text{пож}}, \text{ м}^3$$

для $Q_{\text{пож}}$ в л/с при $\tau = 10$ мин.

При определении объема неприкосновенного противопожарного запаса воды расход ее в душевых и на мытье полов не учитывается.

В том случае, когда забор воды на наружное пожаротушение осуществляется из водоемов, а в здании требуется устройство объединенного пожарного водопровода, объем воды для неприкосновенного запаса определяется из условия работы одного пожарного крана в течение одного часа при обычных расходах воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды.

5
0
0
0
0

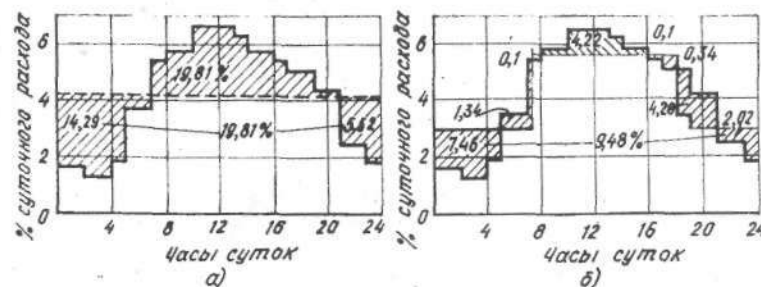


Рис. 68. Графики для определения регулирующей емкости бака водонапорной башни

а — при равномерной работе насосов; б — при неравномерной (ступенчатой) работе насосов

В населенных пунктах сельской местности и на животноводческих фермах при небольших расчетных расходах в баках водонапорных башен хранится запас воды на 3 ч тушения пожара. В этом случае вместимость бака водонапорной башни определяется так же, как и вместимость резервуаров чистой воды.

При общей водонапорной башне, предназначенной для водоснабжения предприятия и населенного места при нем, пожарный запас воды в баке следует принимать по наибольшему расчетному расходу только на предприятии или только в населенном пункте.

Регулирующая вместимость бака определяется на основе анализа водопотребления и подачи насосной станции. На рис. 68 показаны совмещенные графики водопотребления и режима работы насосной станции. Для равномерного и неравномерного режимов работы насосов составим табл. 36, которая состоит из 10 граф.

В первой графе указываются часы суток, во второй — расход воды в городе, в 3 и 7 — количество воды, подаваемой насосами, в 4 и 8 — поступление воды в бак (разность цифр гр. 7 и 2), в 5 и 9 — расход воды из бака (разность цифр гр. 2 и 3 и разность цифр гр. 2 и 7), в гр. 6 и 10 — остаток воды в баке. Данные гр. 6 и 10 получают, суммируя количество имеющейся воды в баке и поступающей в него за данный час или вычитая из него объем, поступивший за данный час.

Регулирующая вместимость бака определяется как сумма абсолютных значений наибольших положительных и отрицательных цифр гр. 6 или 10 в зависимости

Таблица 36. Определение регулирующей вместимости бака водонапорной башни

Часы суток	Равномерная работа насосов				Неравномерная (ступенчатая) работа насосов			
	расход воды в городе, % от суточного	подача насосами, % суточной	поступление в бак, %	расход воды из бака, %	остаток в баке, %	подача насосами, % суточной	поступление в бак, %	расход воды из бака, %
1								
0-1	1,57	4,17	2,6	—	2,6	3	1,43	—
1-2	1,57	4,17	2,6	—	5,2	3	1,43	—
2-3	1,26	4,16	2,9	—	8,1	3	1,74	—
3-4	1,26	4,17	2,91	—	11,01	3	1,74	—
4-5	1,88	4,17	2,29	—	13,30	3	1,12	—
5-6	3,67	4,16	0,49	—	13,79	3	—	0,67
6-7	3,67	4,17	0,5	—	14,29	3	—	0,67
7-8	5,49	4,17	—	1,32	12,97	5,5	0,01	—
8-9	5,8	4,16	—	1,64	11,33	5,5	—	0,3
9-10	5,8	4,17	—	1,63	9,70	5,5	—	0,3
10-11	6,3	4,17	—	2,13	7,57	5,5	—	0,8
11-12	6,3	4,16	—	2,14	5,43	5,5	—	0,8
12-13	6,3	4,17	—	2,13	3,30	5,5	—	0,8
13-14	6,12	4,17	—	1,95	1,35	5,5	—	0,62
14-15	5,8	4,16	—	1,64	-0,29	5,5	—	0,3
15-16	5,49	4,17	—	1,63	-1,92	5,5	0,01	—
16-17	5,16	4,17	—	1,32	-3,24	5,5	0,34	—
17-18	5,19	4,16	—	1,0	-4,24	5,5	—	1,66
18-19	4,31	4,17	—	0,99	-5,23	3,3	—	1,31
19-20	4,31	4,16	—	0,14	-5,37	3,3	—	1,31
20-21	2,51	4,16	1,66	0,15	-5,52	3,3	0,49	—
21-22	2,51	4,17	1,66	—	-3,86	3,3	0,49	—
22-23	1,96	4,17	2,2	—	-2,20	3	1,04	—
23-24		4,16		—	0,00	3		0,00

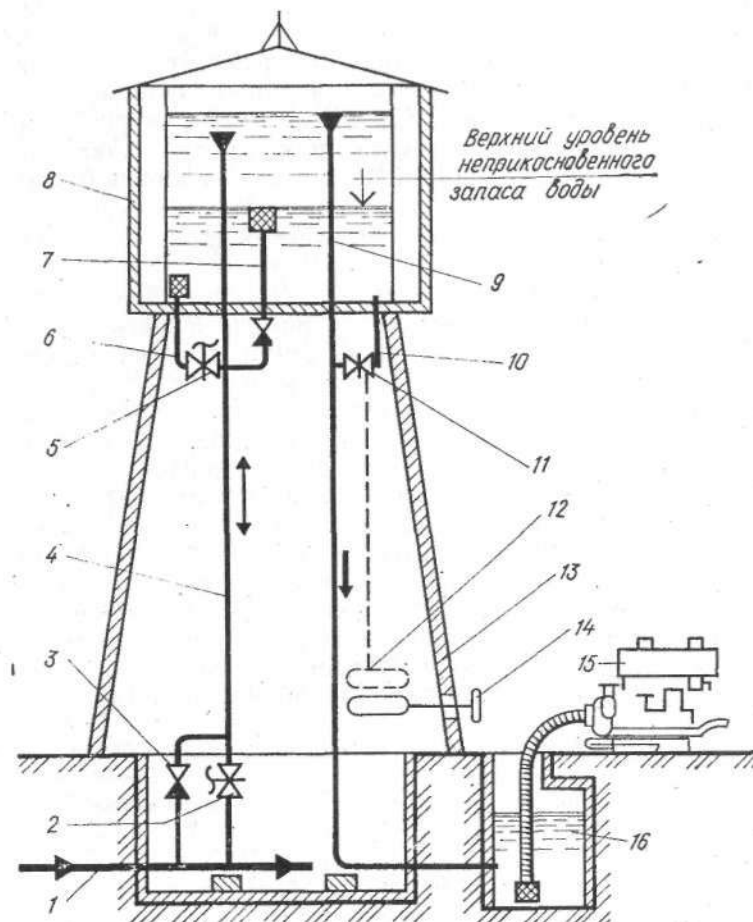


Рис. 69. Схема оборудования водонапорной башни

1 — водопроводная сеть; 2 — электродвигатель; 3 — обратный клапан; 4 — подающе-разводящий трубопровод; 5 — электродвигатель; 6 — пожарный трубопровод; 7 — хозяйственно-питьевой трубопровод; 8 — бак; 9 — переливная труба; 10 — грязевая труба; 11 — задвижка; 12 — муфта; 13 — основание башни (стакан); 14 — вентиль; 15 — пожарный насос; 16 — колодец

от принятого режима работы насосной станции II подъема. В соответствии с данными табл. 36, регулирующая вместимость бака башни равна: $W_{\text{пер}} = 14,29 + 5,52 = 19,81\%$ суточного расхода воды при равномерной работе насосов; $W_{\text{пер}} = 7,46 + 2,02 = 9,48\%$ — при неравномерной их работе. Таким образом, неравномерный ре-

жим работы насосов для принятого водопотребления является экономически выгодным, так как при этом уменьшается вместимость бака, а следовательно, строительная стоимость водонапорной башни. Обычно регулирующий объем бака $W_{\text{рег}}$ составляет примерно 10%.

Определив необходимую вместимость бака, по табл. 37 подбирают типовой проект водонапорной башни.

Основными элементами водонапорной башни (рис. 69) являются бак и поддерживающая его конструкция (стакан) 13.

Оборудование водонапорной башни должно постоянно обеспечивать сохранение неприкосновенного запаса воды при работе водопровода в обычное время и автоматическое отключение ее одновременно с поступлением сигнала о включении пожарных насосов. Подача воды из водопроводной сети 1 в бак и поступление воды из него осуществляется по подающе-разводящему трубопроводу 4. Причем, по трубопроводу 4 поступает только регулирующий запас воды. Для забора неприкосновенного запаса воды используется трубопровод 6 с электрозадвижкой 5, которая открывается одновременно с пуском пожарного насоса. Водонапорный бак оборудуется грязевой 10 и переливной 9 трубами, которые соединены с канализационным колодцем 16, отключает водонапорную башню при пожаре обратный клапан 3 и

Т а б л и ц а 37. Основные данные типовых водонапорных башен

Типовой проект	Число баков	Вместимость бака, м ³	Высота расположения баков (напор), м
4-18-664	3	100, 200, 300	28, 32, 36
901-5-12/70	1	500	41
901-5-26/70	1	300	21, 24, 30, 36, 42
901-5-28/70	1	800	24, 30, 36
901-5-14/70	1	15	6, 9
901-5-9/70	1	150	18, 24
901-5-20/70	1	12	9, 12, 15, 18, 21
901-5-21/70	1	50	9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 2
901-5-22/70	1	100	9, 12, 15, 18, 21, 24
901-5-23/70	1	200	9, 12, 15, 18, 21, 24
901-5-24/70	1	300	15, 18, 21, 24, 30
901-5-25	1	500	15, 18, 21, 24, 30
901-5-13/70	1	15	6, 9
901-5-15/70	1	25	12
901-5-16/70	1	50	18

электрозадвижка 2, которая в обычное время открыта, а при получении сигнала о пожаре — закрывается. Для подачи воды к месту пожара передвижным пожарным насосом 15 из колодца 16, с помощью вентиля 14 и муфты 12 открывают задвижку 11.

На представленной схеме видно, что расположение трубопроводов 6 и 7 позволяет сохранять неприкосновенный запас воды на различных уровнях. Иногда для этой цели водонапорные баки оборудуют автоматическими устройствами (например, устанавливают электродное реле уровня), передающими показания об уровне воды в бак на насосную станцию или в диспетчерский пункт. Однако их эксплуатация связана с определенными трудностями и возможна лишь при определенных климатических условиях.

Водонапорные башни могут быть железобетонные, металлические, кирпичные и деревянные. Однако наиболее распространены железобетонные. Металлические водонапорные башни сооружают значительно реже (по соображениям экономии металла). Водонапорные башни из кирпича сооружают относительно небольшой высоты, чаще всего на железнодорожном транспорте и в населенных пунктах, если возможно использовать для их устройства кирпич местного производства.

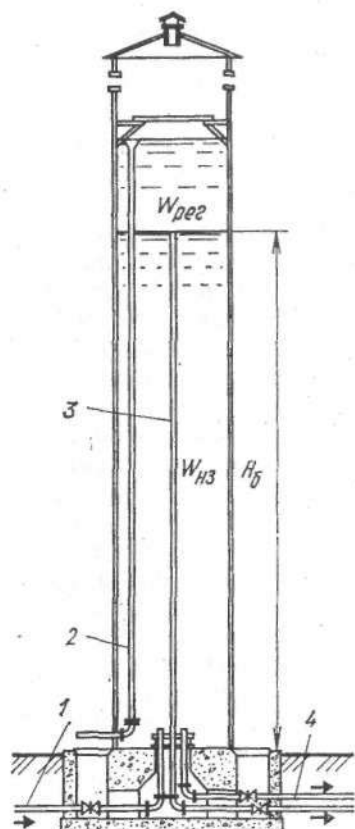
Деревянные башни используются преимущественно на временных водопроводах (например, на строительных площадках), а также в сельскохозяйственном производстве, где объем бака при небольшой требуемой высоте нужен незначительный и высота его подъема, как правило, невелика.

По типовым проектам сооружают башни высотой до 40 м (до дна бака) с баками вместимостью до 800 м³.*

На одной и той же водонапорной башне могут быть установлены на разной высоте два и даже три бака, обслуживающих системы водопроводов с разными напорами.

Гидроколонны. Разновидностью водонапорной башни является гидроколонна, которая предназначена, главным образом, для хранения аварийного запаса воды, например в системах водоснабжения металлургических комбинатов. Она представляет собой железобетонную или стальную цилиндрическую вертикальную емкость (рис.

* За рубежом (США, Финляндия) широкое применение нашли башни с баками вместимостью 5000 м³ и более.



70), высота которой равна высоте водонапорной башни.

В отличие от водонапорной башни ствол гидроколонны полностью заполнен водой. Однако полезным объемом ее является практически только верхняя часть, расположенная на высоте, соответствующей требуемым свободным напорам в водопроводной сети. Эта часть гидроколонны используется в обычное время как регулирующая емкость, а в нижней части ее может храниться неприкосновенный запас воды, подаваемый к месту пожара стационарными или передвижными насосами.

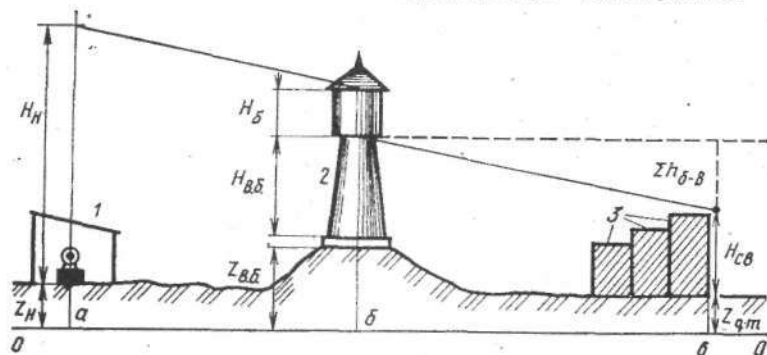
Определение высоты водонапорной башни. Высота

Рис. 70. Гидроколонна

1 — водопроводная сеть; 2 — перекачивающая труба; 3 — хозяйственно-питьевой трубопровод; 4 — пожарный трубопровод

Рис. 71. К определению высоты водонапорной башни

1 — насосная станция; 2 — водонапорная башня; 3 — водопотребители



водонапорной башни определяется из условия преодоления сопротивления в водопроводной сети и необходимости подъема воды на определенную высоту, а также создания свободного напора в диктующей точке.

Формулы для определения высоты водонапорной башни получим, пользуясь уравнением Д. Бернулли, известным из курса гидравлики, которое для сечений б и в (рис. 71) водопроводной сети запишется таким образом:

$$z_{в.б} + H_{в.б} + \frac{v_б^2}{2g} = z_{д.т} + H_{св} + \frac{v_в^2}{2g} + \Sigma h_{б.в}. \quad (72)$$

В уравнении (72) ввиду малой разности величин скоростного напора в сечениях б и в ($v_б \approx v_в$) ими можно пренебречь; $\Sigma h_{б.в}$ — суммарные местные и линейные потери напора в сети, $\Sigma h_{б.в} = 1,05 h_c$.

Тогда формула для определения высоты водонапорной башни будет иметь вид

$$H_{в.б} = 1,05 h_c + H_{св} + (z_{д.т} - z_{в.б}), \quad (73)$$

где 1,05 — коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях (задвижки, колена, тройники и т. п.), см [3]; h_c — потери напора в сети; $H_{св}$ — свободный напор в диктующей точке водопроводной сети, принимаемый равным 10 м для одноэтажного здания, при большей этажности — на каждый этаж следует добавлять 4 м; $z_{д.т} - z_{в.б}$ — разность геодезических отметок диктующей точки и места установки водонапорной башни.

§ 53 Пневматические установки

Назначение и основные элементы пневмоустановок.

Пневматические установки предназначены для регулирования неравномерности водопотребления и создания необходимого напора в водопроводной сети.

В пневматических установках требуемый напор создается давлением сжатого воздуха на поверхность воды в герметически закрытых стальных резервуарах. Существуют две системы пневматических установок: переменного и постоянного давления. Большее распространение получили установки переменного давления.

Пневматическая установка переменного давления (рис. 72) состоит из следующих основных элементов: двух герметических резервуаров — воздушного 1 и водяного б, соединенных между собой перепускным трубопроводом 3 с вентилем 4. Для наполнения резервуара 1 воздухом установлен компрессор 2. Вода насосом

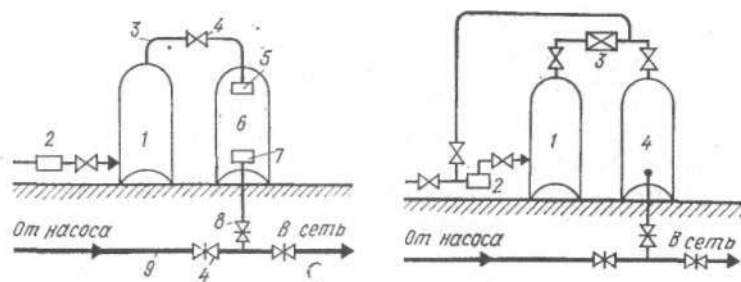


Рис. 72. Схема пневматической установки переменного давления
1 — воздушный резервуар; 2 — компрессор; 3 — перепускной трубопровод; 4 — вентиль; 5 — обратный клапан; 6 — водяной резервуар; 7 — поплавковый клапан; 8 — задвижка; 9 — трубопровод

Рис. 73. Схема пневматической установки постоянного давления
1 — воздушный резервуар; 2 — компрессор; 3 — редуктор; 4 — водяной резервуар

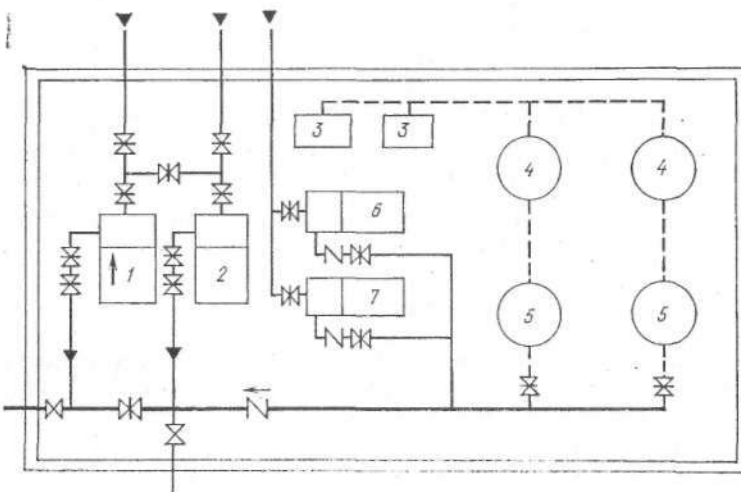


Рис. 74. Схема насосной станции, совмещенной с пневматической установкой
1, 2 — пожарные насосы; 3 — компрессоры; 4 — воздушные баки; 5 — водяные баки; 6, 7 — хозяйственно-питьевые насосы

подается в резервуар 6 по трубопроводу, который в водяном резервуаре заканчивается поплавковым клапаном 7, недопускающим его полного опорожнения и попадания воздуха в сеть внутреннего водопровода. Перепускной трубопровод 3 заканчивается обратным клапаном 5, предотвращающим попадание воды в воздушный ре-

зервуар. Кроме этих клапанов устанавливают другую арматуру: электроконтактные манометры, служащие для контроля за давлением и для включения пожарных насосов; предохранительный клапан для предупреждения образования вакуума; задвижки — для подготовки к действию установки; водомерные стекла.

Подготовка установки к действию заключается в следующем. Открыв задвижку 8 и вентиль 4, заполняют водой резервуар 6, откуда воздух поступает в резервуар 1; после наполнения резервуара 6 водой закрывают задвижку. Затем компрессором накачивают воздух в резервуар 1 до максимального расчетного давления. Открыв задвижку 4, пускают установку, при этом вода будет вытесняться под давлением воздуха в сеть внутреннего водопровода. По мере расхода воды давление воздуха в резервуарах падает и в момент посадки клапана 7 будет минимальным. Таким образом, установка при работе находится под переменным давлением — от $P_{\text{макс}}$ до $P_{\text{мин}}$.

Наполнение резервуара 6 водой происходит в тот период, когда водопотребление меньше подачи насосов. В остальное время вода будет подаваться из резервуара 6 в сеть.

В ходе эксплуатации часть воздуха растворяется в воде, а часть — просачивается через неплотности в соединениях, поэтому 1—2 раза в месяц производят подзарядку установки воздухом при помощи компрессора 2.

В малых установках нередко применяют только один воздушно-водяной резервуар.

В пневматических установках постоянного давления (рис. 73) сжатый воздух обеспечивает постоянное давление в системе независимо от колебания уровня воды в резервуаре, что достигается установкой редукционного клапана на перепускном или на подающем трубопроводах.

К помещениям, в которых устанавливаются гидропневмобаки, предъявляются те же требования, что и к помещениям насосных станций. Чаще всего гидропневмобаки размещаются в помещении насосной станции (рис. 74).

Как видно из схемы насосной станции, хозяйственно-питьевые насосы подают воду в пневматическую установку. При возникновении пожара включаются

пожарные насосы, подающие воду непосредственно в водопроводную сеть. Хозяйственно-питьевые насосы и пневматическая установка при этом автоматически (обратным клапаном) отключаются от водопроводной сети.

Расчет пневматических установок переменного давления. Для расчета пневмоустановок применим закон Бойля-Мариотта, который может быть выражен уравнением

$$(p_{\max} + 10^5) W_{\text{возд}} = (p_{\min} + 10^5) (W_{\text{возд}} + W_{\text{вод}}), \quad (74)$$

где p_{\max} — максимальное манометрическое давление воздуха в резервуаре; p_{\min} — минимальное манометрическое давление, требуемое по расчету; $W_{\text{возд}}$ — объем резервуара для воздуха; $W_{\text{вод}}$ — объем резервуара для воды.

Отсюда

$$p_{\max} + 10^5 = \frac{(p_{\min} + 10^5) (W_{\text{возд}} + W_{\text{вод}})}{W_{\text{возд}}}. \quad (75)$$

Здесь минимальное давление p_{\min} определяется расчетом, а оптимальное соотношение суммарного объема воздуха и воды в баке установки — на основе опыта эксплуатации. Обозначим это соотношение коэффициентом φ , обычно он равен 1,33—1,66:

$$\varphi = \frac{W_{\text{возд}} + W_{\text{вод}}}{W_{\text{возд}}}; \quad \varphi = 1,33 - 1,66.$$

Полный объем гидропневмобака определяется по формуле

$$W_{\text{п.б}} = W_{\text{рег}} \frac{\beta}{1 - \alpha_{\text{п}}}, \quad (76)$$

где $W_{\text{рег}}$ — регулирующий объем воды в баке; β — коэффициент запаса емкости бака, который учитывает соотношение объемов воздуха в резервуаре, он обычно равен 1,2—1,5; $\alpha_{\text{п}}$ — коэффициент, определяющий соотношение абсолютного максимального и абсолютного минимального давлений в баке; для установок, работающих с подпором; $\alpha_{\text{п}}=0,8$; для установок с напором до $5 \cdot 10^5$ Па $\alpha_{\text{п}}=0,75$; для установок с напором более $5 \cdot 10^5$ Па $\alpha_{\text{п}}=0,7$.

В баках гидропневматических установок противопожарный объем воды допускается не предусматривать, но минимальный объем воды в них должен обеспечивать гарантированное включение пожарных насосов.

Если подача насосной станции равна или превышает часовой расход воды, то регулирующий объем определяется по формуле:

$$W_{\text{рег}} = \frac{Q_{\text{н}}}{4n},$$

где $Q_{\text{н}}$ — номинальная подача одного насоса или наибольшего по подаче в группе поочередно включающихся рабочих насосов, м³/ч; n — максимальное число включений в 1 ч, значения которого следует принимать в пределах $n=6-10$. При подаче насосной установкой менее максимального часового расхода воды регулирующий объем определяется по формуле:

$$W_{\text{рег}} = Q_{\text{сут}} \left[(1 - K_{\text{н}}) + (K_{\text{ч}} - 1) \left(\frac{K_{\text{ч}}}{K_{\text{н}}} \right)^{\frac{K_{\text{ч}}}{K_{\text{ч}} - 1}} \right],$$

где $Q_{\text{сут}}$ — суточный расход, м³/сут; $K_{\text{н}}$ — отношение подачи насосной установки к среднечасовому расходу; $K_{\text{ч}}$ — коэффициент часовой неравномерности водопотребления.