

**В. И. Калицун , В.С.Кедров,  
Ю.М.Ласков, П.В.Сафонов**

# **ГИДРАВЛИКА, ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ**

**Издание третье, переработанное и дополненное**

*Допущено*

*Министерством высшего и среднего специального образования СССР  
в качестве учебника для студентов вузов, обучающихся по специальности  
«Промышленное и гражданское строительство»*

**МОСКВА  
СТРОЙИЗДАТ  
1980**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Раздел II. ВОДОСНАБЖЕНИЕ</b> .....	5
Глава 11. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	5
§ 46. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	5
§ 47. СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	6
Глава 12. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ.....	9
§ 48. НОРМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ.....	9
§ 49. РЕЖИМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ.....	11
§ 50. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ И СВОБОДНОГО НАПОРА ВОДЫ.....	12
Глава 13. ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	15
§ 51. ПОДЗЕМНЫЕ К ПОВЕРХНОСТНЫЕ ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	15
§ 52. ВЫБОР ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	16
Глава 14. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ.....	17
§ 53. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ДЛЯ ПРИЕМА ВОДЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	17
§ 54. ВОДОЗАБОРНЫЕ СКВАЖИНЫ.....	17
§ 55. ШАХТНЫЕ КОЛОДЦЫ.....	18
§ 56. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ВОДОЗАБОРЫ И КАПТАЖНЫЕ КАМЕРЫ.....	19
§ 57. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ДЛЯ ПРИЕМА ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	20
§ 58. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ БЕРЕГОВОГО ТИПА.....	21
§ 59. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ РУСЛОВОГО ТИПА.....	23
§ 60. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ.....	25
Глава 15. ВОДОПОДЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА.....	27
§ 61. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ.....	27
§ 62. ВОЗДУШНЫЕ ВОДОПОДЪЕМНИКИ (ЭРЛИФТЫ) И ГИДРОЭЛЕВАТОРЫ.....	31
§ 63. ВОДОПРОВОДНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ.....	32
Глава 16. НАРУЖНАЯ ВОДОПРОВОДНАЯ СЕТЬ.....	35
§ 64. СХЕМЫ ТРАССИРОВКИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ.....	35
§ 65. ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ.....	35
§ 66. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ.....	37
§ 67. ТРУБЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ВОДОПРОВОДА.....	39
§ 68. АРМАТУРА ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ.....	41
§ 69. ДЕТАЛИРОВКА СЕТИ. КОЛОДЦЫ НА СЕТИ.....	44
§ 70. ГЛУБИНА ЗАЛОЖЕНИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРОКЛАДКИ.....	45
§ 71. ПРИЕМКА ВОДОПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ.....	46
Глава 17. ВОДОНАПОРНЫЕ И РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА.....	49
§ 72. ВОДОНАПОРНЫЕ БАШНИ.....	49
§ 73. РЕЗЕРВУАРЫ.....	53
Глава 18. ОЧИСТКА И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ.....	56
§ 74. СВОЙСТВА ВОДЫ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЕЕ КАЧЕСТВУ.....	56
§ 75. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ.....	57

§ 76. КОАГУЛИРОВАНИЕ И ОТСТАИВАНИЕ ВОДЫ .....	58
§ 77. ФИЛЬТРОВАНИЕ ВОДЫ .....	63
§ 78. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ .....	66
§ 79. СПЕЦИАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ.....	68
<b>Раздел III. КАНАЛИЗАЦИЯ .....</b>	<b>72</b>
Глава 19. СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ И ЕЕ СХЕМА .....	72
§ 80. НАЗНАЧЕНИЕ КАНАЛИЗАЦИИ.....	72
§ 81. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАНАЛИЗАЦИИ И ЕЕ СХЕМА .....	73
§ 82. СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ .....	75
Глава 20. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ.....	79
§ 83. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	79
§ 84. СХЕМЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ.....	80
§ 85. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ.....	82
§ 86. ФОРМУЛЫ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ .....	84
§ 87. СКОРОСТИ И УКЛОНЫ.....	86
§ 88. ГЛУБИНА ЗАЛОЖЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ.....	87
§ 89. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ .....	88
Глава 21. УСТРОЙСТВО КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ.....	92
§ 90. ТРУБЫ И КОЛЛЕКТОРЫ.....	92
§ 91. КОЛОДЦЫ НА КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ.....	94
§ 92. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ПРЕПЯТСТВИЯМИ.....	96
Глава 22. ДОЖДЕВАЯ КАНАЛИЗАЦИОННАЯ СЕТЬ (ВОДОСТОКИ).....	97
§ 93. УСТРОЙСТВО И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОЖДЕВОЙ СЕТИ.....	97
§ 94. Расчет дождевой сети.....	97
§ 95. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ОБЩЕСПЛАВНОЙ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ .....	98
Глава 23. ПЕРЕКАЧКА СТОЧНЫХ ВОД.....	100
§ 96. НАСОСЫ ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	100
§ 97. КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ.....	100
Глава 24. СОСТАВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД....	102
§ 98. ВИДЫ И СОСТАВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД.....	102
§ 99. БИОХИМИЧЕСКАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ПОТРЕБНОСТЬ В КИСЛОРОДЕ .....	103
§ 100. УСЛОВИЯ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ.....	103
§ 101. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И СОСТАВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	104
Глава 25. СООРУЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	109
§ 102. РЕШЕТКИ .....	109
§ 103. ПЕСКОЛОВКИ.....	110
§ 104. ОТСТОЙНИКИ.....	113
Глава 26. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКА.....	119
§ 105. СЕПТИКИ, ДВУХЪЯРУСНЫЕ ОТСТОЙНИКИ И ОСВЕТИТЕЛИ- ПЕРЕГНИВАТЕЛИ .....	119
§ 106. МЕТАНТЕНКИ.....	121
§ 107. ИЛОВЫЕ ПЛОЩАДКИ .....	123
§ 108. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКА, ЕГО ТЕРМИЧЕСКОЙ СУШКИ И СЖИГАНИЯ.....	125

Глава 27. СООРУЖЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД .....	130
§ 109. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ .....	130
§ 110. АЭРОТЕНКИ .....	133
§ 111 СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ АЭРАЦИИ И БИОКОАГУЛЯЦИИ.....	136
Глава 28. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ И СПУСК ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ.....	139
§ 113. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ .....	139
§ 114. ВЫПУСКИ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМ .....	139

# РАЗДЕЛ II.

## ВОДОСНАБЖЕНИЕ

### **Глава 11. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

#### **§ 46. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

*Система водоснабжения* — это комплекс инженерных сооружений, предназначенных для забора воды из источника водоснабжения, ее очистки, хранения и подачи к потребителям.

Системы водоснабжения (водопроводы) классифицируют по ряду признаков.

По виду обслуживаемого объекта системы водоснабжения делят на *городские, поселковые, промышленные, сельскохозяйственные, железнодорожные* и др.

По назначению системы водоснабжения подразделяют на *хозяйственно-питьевые*, предназначенные для подачи воды на хозяйственные и питьевые нужды населения и работников предприятий; *производственные*, снабжающие водой технологические цехи; *противопожарные*, обеспечивающие подачу воды для тушения пожаров.

По способу подачи воды различают *самотечные водопроводы* (гравитационные) и *водопроводы с механической подачей воды* (с помощью насосов).

По виду используемых природных источников различают водопроводы, забирающие воду из поверхностных источников — рек, водохранилищ, озер, морей, и водопроводы, забирающие воду из подземных источников (артезианских, родниковых). Имеются также водопроводы смешанного питания.

На основе технико-экономических расчетов часто устраивают объединенные системы водоснабжения: *хозяйственно-противопожарные, производственно-противопожарные* или *производственно-хозяйственно-противопожарные*. Так, в городах и поселках обычно устраивают единый хозяйственно-противопожарный водопровод. На промышленных предприятиях, как правило, сооружают два отдельных водопровода — производственный и хозяйственно-противопожарный. Объединенный производственно-хозяйственно-противопожарный водопровод устраивают тогда, когда для технологических нужд предприятия требуется небольшое количество воды питьевого качества. На некоторых промышленных предприятиях устраивают специальные противопожарные водопроводы.

Системы водоснабжения могут обслуживать как один объект, например город или промышленное предприятие, так и несколько объектов. В последнем случае эти системы называют *групповыми*. Систему водоснабжения, обслуживающую несколько крупных объектов, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, называют *районной системой водоснабжения* или *районным водопроводом*. Небольшие системы водоснабжения, обслуживающие одно здание или небольшую группу компактно расположенных зданий из близлежащего источника, называют обычно *местными системами водоснабжения*.

В случаях когда отдельные части территории имеют значительную разницу в отметках, устраивают *зонные системы водоснабжения*. При таком рельефе местности в сети для высоко расположенных участков насосы должны поддерживать высокое давление, которое недопустимо в сети для низко расположенных участков (обычно при

шести — восьмиэтажной застройке в сети поддерживается давление не более 0,6 МПа). В связи с этим водопроводную сеть разбивают на зоны, для каждой из которых устанавливают требуемый напор.

## § 47. СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Схема водоснабжения населенного пункта зависит прежде всего от вида источника водоснабжения.

На рис. П. 1 приведена наиболее распространенная схема водоснабжения населенного пункта с забором воды из реки. Речная вода поступает в водозаборное сооружение, из которого насосами станции I подъема подается на очистные сооружения. Очищенная вода поступает в резервуары чистой воды, откуда забирается насосами станции II подъема для подачи по водоводам и магистральным трубопроводам в водопроводную сеть, распределяющую воду по отдельным районам и кварталам населенного пункта.

На территории населенного пункта (обычно на возвышенности) сооружается *водонапорная башня*, которая, как и резервуары чистой воды, служит для хранения и аккумуляции запасов воды. Необходимость устройства башни объясняется следующими обстоятельствами. Расход воды из водопроводной сети значительно колеблется в течение суток, в то время как подача воды насосами станции II подъема относительно равномерна. В те часы суток, когда насосы подают в сеть воды больше, чем ее расходуется, излишек поступает в водонапорную башню; в часы максимального расходования воды потребителями, когда расход, подаваемый насосами, недостаточен, используется вода из башни. Водонапорная башня, расположенная в противоположном от насосной станции конце города, называется *контррезервуаром*. При наличии вблизи населенного места значительного естественного возвышения вместо водонапорной башни сооружают *наземный водонапорный резервуар*.

При использовании в качестве источника водоснабжения подземных вод схема водоснабжения значительно упрощается. В этом случае очистные сооружения обычно не нужны — подземные воды часто не требуют очистки. В некоторых случаях не устраивают также резервуаров чистой воды и насосной станции II подъема, так как вода может подаваться в сеть насосами, установленными в буровых скважинах.

Иногда населенный пункт снабжается водой из двух или более источников — *водоснабжение с двухсторонним или многосторонним питанием*.

При расположении источника водоснабжения на значительной высоте по отношению к населенному пункту, когда возможна подача воды из источника без помощи насосов — самотеком, устраивают гравитационный водопровод.

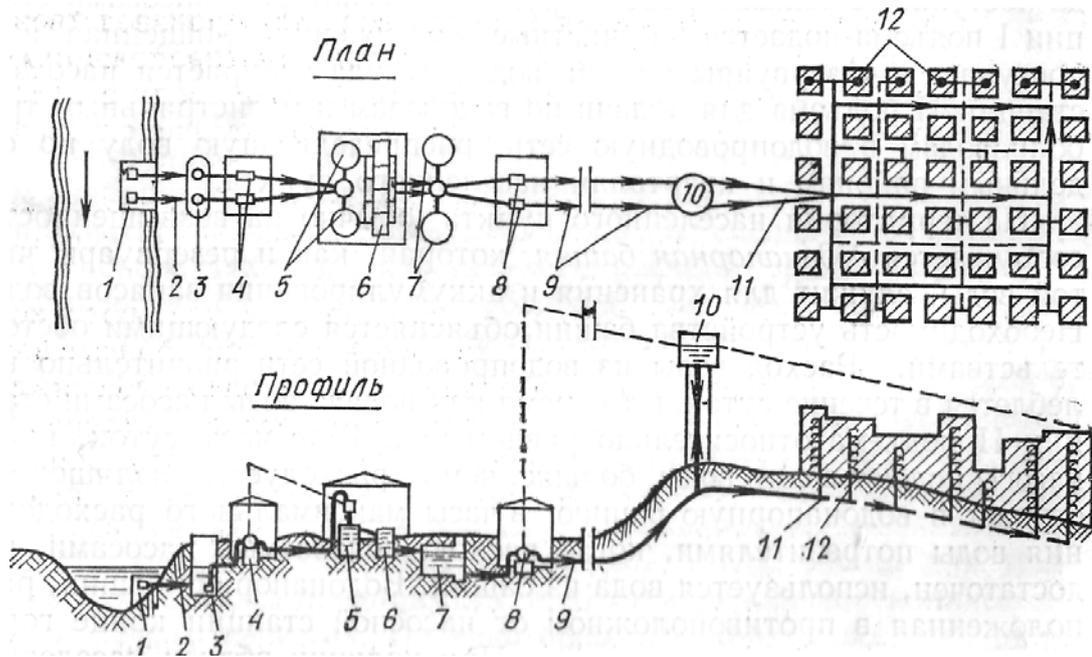
Промышленные предприятия, отличающиеся значительным разнообразием технологических операций, потребляющие для отдельных процессов воду различного качества, требующие подачи ее под различными напорами, имеют сложные схемы водоснабжения.

При расположении вблизи промышленного предприятия поселка для них устраивают единый хозяйственно-противопожарный водопровод.

В районах, где имеется много относительно близко расположенных предприятий, применяют групповые системы водоснабжения. Устройство групповых (или районных) систем позволяет сокращать число очистных сооружений, насосных станций, водоводов и тем самым уменьшать строительную и эксплуатационную стоимость системы.

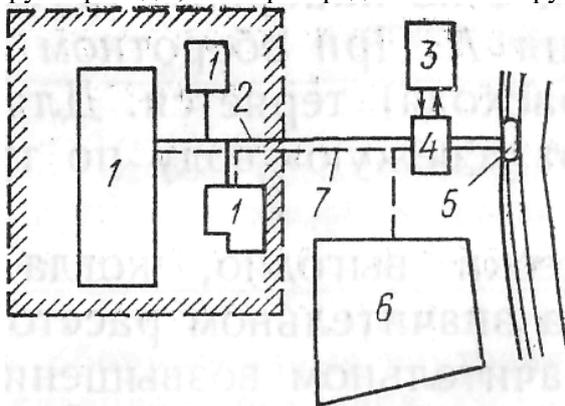
Промышленные предприятия, расположенные на территории современного города, обычно получают хозяйственно-питьевую воду непосредственно из городского водопровода.

Водоснабжение промышленных предприятий может быть прямоточным, оборотным и с последовательным использованием воды.

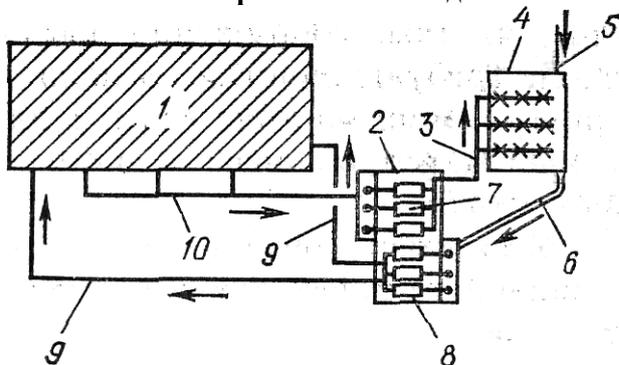


**Рис. II.1. Схема водоснабжения населенного пункта**

1 — водоприемник; 2 — самотечная труба; 3 — береговой колодец; 4 — насосы станции I подъема; 5 — отстойники; 6 — фильтры; 7 — запасные резервуары чистой воды; 8 — насосы станции II подъема; 9 — водоводы; 10 — водонапорная башня; // — магистральные трубопроводы; 12 — распределительные трубопроводы



**Рис. II.2. Схема прямоточного водоснабжения промышленного предприятия**



**Рис. II.3. Схема оборотного водоснабжения промышленного предприятия**

На рис. II.2 приведена схема *прямоточного водоснабжения* промышленного предприятия. Насосная станция 4, расположенная вблизи водозаборного сооружения 5, подает воду для производственных целей в цех / по сети 2. Для хозяйственно-противопожарных нужд поселка б и цехов / насосная станция 4 подает воду в самостоятельную сеть 7. Предварительно воду очищают на очистных сооружениях 3.

Нередко для производственных целей требуется подача воды различного качества и под разными напорами. В этом случае устраивают две или несколько самостоятельных сетей.

Воду, использованную в технологическом процессе, удаляют в канализационную сеть и после соответствующей очистки сбрасывают в водоем ниже по течению относительно объекта водоснабжения.

На ряде промышленных предприятий (химические, нефтеперерабатывающие, металлургические заводы, ТЭЦ и пр.) воду применяют для целей охлаждения и она почти не загрязняется, а только нагревается. Такую производственную воду, как правило, используют вновь, предварительно охладив ее.

На рис. П.3 приведена схема *оборотного водоснабжения* промышленного предприятия. Нагретую воду по самотечному трубопроводу 10 подают к насосной станции 2, откуда насосами 7 перекачивают по трубопроводу 3 на специальные сооружения 4, предназначенные для охлаждения воды (брызгальные бассейны или градирни). Охлажденную воду по самотечному трубопроводу 6 возвращают на насосную станцию 2 и насосами 8 по напорным трубопроводам 9 направляют в цехи предприятия /. При оборотном водоснабжении часть воды (3—5% общего расхода) теряется. Для восполнения потерь воды в систему подают «свежую» воду по трубопроводу 5.

Оборотное водоснабжение экономически выгодно, когда промышленное предприятие расположено на значительном расстоянии от источника водоснабжения или на значительном возвышении по отношению к нему, так как в этих случаях при прямоточном водоснабжении будут велики затраты электроэнергии на подачу воды. Также выгодно устраивать оборотное водоснабжение, если расход воды в водоеме мал, а потребности в производственной воде велики.

*Схему водоснабжения с последовательным (или повторным) использованием воды* применяют в тех случаях, когда воду, сбрасываемую после одного технологического цикла, можно использовать во втором, а иногда и в третьем технологическом цикле промышленного предприятия. Воду, использованную в нескольких циклах, удаляют затем в канализационную сеть. Применение такой схемы водоснабжения экономически целесообразно, когда необходимо сократить расход «свежей» воды.

# Глава 12. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

## § 48. НОРМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

*Нормой водопотребления* называют количество воды, расходуемой на определенные нужды в единицу времени или на единицу вырабатываемой продукции.

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления. Следует различать нормы хозяйственно-питьевого водопотребления в населенных пунктах и на промышленных предприятиях.

В населенных пунктах нормы хозяйственно-питьевого водопотребления назначают по СНиП 11-31-74 в зависимости от степени благоустройства районов жилой застройки и климатических условий (табл. П.1).

На промышленных предприятиях вода расходуется рабочими и служащими на хозяйственно-питьевые нужды и для душей.

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления на промышленных предприятиях следует принимать согласно СНиП 11-31-74 (табл. П.2).

**Таблица П.1. Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления в населенных пунктах**

Степень благоустройства районов жилой застройки	Норма на одного жителя среднесуточная (за год), л/сут
Здания, оборудованные внутренним водопроводом и канализацией, без ванн	125-160
Здания, оборудованные внутренним водопроводом, канализацией и ваннами с местными водонагревателями	160-230
Здания, оборудованные внутренним водопроводом, канализацией и системой централизованного горячего водоснабжения	230—350

Примечания: 1. Для районов застройки зданиями с водопользованием из водоразборных колонок среднесуточную (за год) норму водопотребления на одного жителя следует принимать в пределах 30—50 л/сут.

2. Нормами водопотребления учтен расход воды на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в жилых и общественных зданиях, за исключением расхода воды для домов отдыха, санаториев и пионерских лагерей.

3. Выбор норм водопотребления в пределах, указанных в таблице, следует производить с учетом природно-климатических условий, мощности источника водоснабжения, степени благоустройства, этажности застройки, уклада жизни населения и других местных условий.

Количество воды, подаваемой для душей, определяется из условия, что часовой расход воды на одну душевую сетку составляет 500л (продолжительность пользования душем 45 мин после окончания смены).

Нормы потребления воды для производственных нужд. Многие отрасли промышленности (химическая, текстильная, металлургическая и др.) расходуют значительные количества воды. Обычно устанавливают нормы расходования воды на единицу вырабатываемой продукции (1 т металла, 1 т волокна, 1 т хлеба и т. д.). Эти нормы разрабатываются технологами соответствующих производств с учетом принятой технологии.

**Таблица П.2. Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления на промышленных предприятиях**

Цехи	Норма на одного человека, л/сутки	Коэффициент часовой неравномерности водопотребления
С тепловыделениями более 23,2 Вт/м <sup>3</sup> Остальные.....	45 25	2,5 3

**Таблица П.3. Расчетный расход воды на наружное пожаротушение в населенных пунктах**

Число жителей в населенном пункте или районе населенного пункта, тыс., до	Расчетное число одновременных пожаров	Расчетный расход воды, л/с (на один пожар независимо от огнестойкости зданий), при высоте застройки	
		до двух этажей включительно	три этажа и более
5	1	10	10
10	1	10	15
25	2	10	15
50	2	20	25
100	2	25	35
200	3	-	40
300	3	-	55
400	3	-	70
500	3	-	80
600	3	-	85
700	3	-	90
800	3	-	95
1000	3	-	100
2000	4	-	1-00

Нормы потребления воды для тушения пожаров. Эти нормы также устанавливают по СНиП П-31-74. Расчетный расход воды для тушения пожаров в населенных пунктах определяют по табл. 11.3, а на промышленных предприятиях — по табл. 11.4. Для промышленного предприятия определяют расход воды для тушения пожаров в отдельных зданиях. За расчетный принимают наибольший расход.

Расчетное число одновременных пожаров для объединенного противопожарного водопровода населенного пункта и расположенного вне населенного пункта промышленного предприятия или сельскохозяйственного производственного комплекса принимают в зависимости от площади территории предприятия и числа жителей в населенном пункте (табл. П.5).

**Таблица II.4. Расчетный расход воды на наружное пожаротушение для промышленных предприятий**

Степень огнестойкости здания	Категория производства по пожарной опасности	Расчетный расход воды, л/с (на один пожар), при объеме здания, тыс. м <sup>3</sup>						
		<3	3-5	5-20	20-50	50-200	200- 400	>400
I и II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
III	В	10	15	20	30	-	-	-
	Г, Д	10	10	15	25	-	-	-
IV и V	В	15	20	25	40	-	-	-
	Г, Д	10	15	20	30	-	-	-

**Таблица II.5. Расчетное число одновременных пожаров для объединенного водопровода**

Площадь предприятия, га	Число жителей, тыс.	Число одновременных пожаров
<150	10	1*
	10—25	2**
>150	<25	2*

- На предприятии или в населенном пункте — по наибольшему расходу.
- \*\* Один на предприятии и один в населенном пункте.

При нескольких промышленных предприятиях и одном населенном пункте расчетное число одновременных пожаров принимают в каждом отдельном случае по согласованию с органами Государственного пожарного надзора.

Расчетная продолжительность пожара 3 ч. В период пожара должна быть обеспечена подача расчетного расхода. Для этого устраивают резервуары неприкосновенного трехчасового запаса воды. Израсходованный неприкосновенный запас должен быть восстановлен в течение 1—2 сут.

#### §49. РЕЖИМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Потребление воды населением в течение года неравномерно. Так, летом ее расходуют больше, чем зимой, в предвыходные дни больше, чем в остальные дни недели. Отношение суточного расхода в дни наибольшего водопотребления  $Q_{\max \text{сут}}$  к среднему суточному расходу  $Q_{\text{ср.сут}}$  называют *коэффициентом суточной неравномерности водопотребления*:

$$K_{\text{сут}} = Q_{\max \text{сут}} / Q_{\text{ср.сут}} \quad (\text{II.1})$$

Величина  $K_{\text{сут}}$  зависит от степени благоустройства зданий. С увеличением степени благоустройства коэффициент суточной неравномерности уменьшается.

На промышленных предприятиях коэффициент суточной неравномерности хозяйственно-питьевого водопотребления принимают равным единице, т. е. считают, что водопотребление равномерно в течение года. Неравномерность потребления производственной воды зависит от принятой технологии, количества вырабатываемой продукции, а для некоторых производств — от времени года. Последнее относится прежде всего к производствам, расходующим воду на охлаждение. Коэффициент суточной неравномерности потребления производственной воды устанавливают технологи соответствующих производств.

В течение суток потребление воды также неравномерно: ночью оно меньше, чем днем. Колебание потребления воды по часам суток зависит от расчетного числа жителей. Чем меньше населенный пункт, тем эта неравномерность больше. Потребление воды изменяется и в течение часа. Однако для упрощения расчетов условно считают, что в течение часа потребление воды остается неизменным.

Отношение часового расхода в часы наибольшего (максимального) водопотребления  $Q_{\max,ч}$  к среднему часовому расходу называют *коэффициентом часовой неравномерности водопотребления*:

$$K_{ч} = Q_{\max,ч} / Q_{ср.ч.} \quad (II.2)$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления для населенных пунктов принимают в зависимости от нормы водопотребления. Коэффициент часовой неравномерности хозяйственно-питьевого водопотребления на промышленных предприятиях принимают равным 2,5 или 3 (см. табл. II.2). Коэффициент часовой неравномерности потребления воды для производственных нужд может быть различным и зависит от технологии.

Режим водопотребления, т. е. изменение расхода воды по часам суток, принято представлять в виде таблиц или графиков. Графики водопотребления бывают ступенчатыми и интегральными. На рис. II.4 приведен ступенчатый график водопотребления. На этом графике по оси ординат отложены значения часового расхода в процентах суточного расхода. Иногда часовой расход выражают не в процентах, а в кубических метрах. Как видно из рис. II.4, в течение суток вода расходуется неравномерно. На интегральном графике по оси ординат откладывают расход воды также в процентах суточного расхода, но нарастающим итогом за все часы, начиная от начала суток.

## § 50. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ И СВОБОДНОГО НАПОРА ВОДЫ

Расчетные расходы. Сооружения водопровода должны иметь пропускную способность, достаточную для всего расчетного срока его действия. За *расчетный расход* принимают расход в часы максимального водоразбора суток с наибольшим водопотреблением.

Расчетный суточный (средний за год) расход воды, м<sup>3</sup>/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяют по Формуле:

$$Q_{ср.сут} = q_{ж} N / 1000 \quad (III.3)$$

где  $q_{ж}$  — норма водопотребления, принимаемая по табл. II.1;  
 $N$  — расчетное число жителей.

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления, м<sup>3</sup>/сут, определяют по формулам:

$$Q_{\max.\text{сут}} = k_{\max.\text{сут}} Q_{\text{ср.сут}} \quad (\text{П.4})$$

$$Q_{\min.\text{сут}} = k_{\min.\text{сут}} Q_{\text{ср.сут}} \quad (\text{П.5})$$

где  $K_{\max.\text{сут}}$  и  $K_{\min.\text{сут}}$  — максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности, зависящие от режима работы предприятий, степени благоустройства зданий, режима водопотребления по сезонам года и дням недели;  $K_{\text{цехсут}} = 1,1 \dots 1,3$ ;  $K_{\min.\text{сут}} = 0,7 \dots 0,9$ .

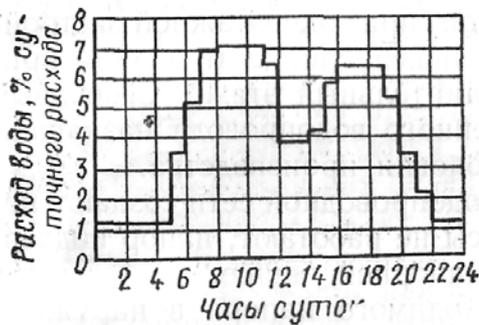


Рис. 11.4. Ступенчатый график водопотребления

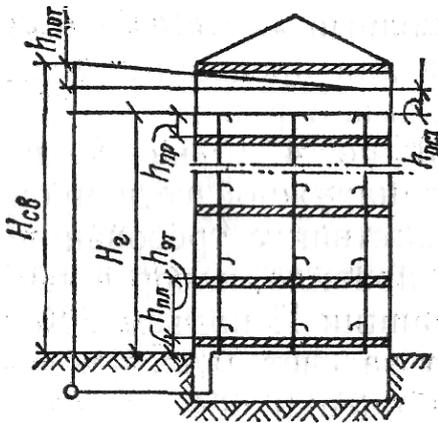


Рис. 11.5. Схема подачи воды из наружной сети в здание

Расчетные часовые расходы воды, м<sup>3</sup>/ч, определяют по формулам:

$$q_{\max.\text{ч}} = K_{\max.\text{ч}} Q_{\max.\text{сут}} / 24 \quad (\text{П.6})$$

$$q_{\min.\text{ч}} = K_{\min.\text{ч}} Q_{\min.\text{сут}} / 24 \quad (\text{П.7})$$

где  $K_{\max.\text{ч}}$  и  $K_{\min.\text{ч}}$  — максимальный и минимальный коэффициенты часовой неравномерности, определяемые по формулам:

$$K_{\max.\text{ч}} = \alpha_{\max} \beta_{\max} \quad (\text{П.8})$$

$$K_{\min.\text{ч}} = \alpha_{\min} \beta_{\min} \quad (\text{П.9})$$

где  $\alpha$ —коэффициент, зависящий от степени благоустройства зданий и режима работы предприятий;  $\alpha_{max} = 1,2 \dots 1,4$ ;  $\alpha_{min} = 0,4 \dots 0,6$ ;  $\beta$  — коэффициент, зависящий от числа жителей в населенном пункте;  $\beta_{max} = 1 \dots 4,5$ ;  $\beta_{min} = 0,01 \dots 1$ .

Расчетный расход воды на производственные нужды принимают по данным технологов.

**Свободный напор.** Напор в наружной водопроводной сети должен обеспечивать подачу воды с некоторым запасом (*остаточным напором  $h_{ост}$* ) в самую высокую и наиболее удаленную от наружной сети водоразборную точку внутри здания (рис. 11.5). Этот напор, м, называют *свободным  $H_{св}$*  или *необходимым*:

$$H_{св} = H_{Г} + h_{пот} + h_{ост} \quad (П.10)$$

где  $H_{Г}$  — геометрическая высота подачи воды от поверхности земли до самой высокой водоразборной точки, м;  $h_{пот}$  — потери напора во внутренней сети; вводе и водомерном узле, м;  $h_{ост}$ —остаточный напор у диктующего прибора, м.

Геометрическую высоту подачи  $H_{Г}$ , м, определяют по формуле

$$H_{Г} = h_{пл} + (n - 1)h_{эт} + h_{пр} \quad (11.11)$$

где  $h_{пл}$  — превышение отметки пола I этажа над поверхностью земли (планировочная высота);  $n$  — число этажей в здании;  $h_{эт}$  — высота этажа здания;  $h_{пр}$  — высота расположения диктующего прибора над полом

Свободный напор в наружной водопроводной сети населенных пунктов для предварительных расчетов при одноэтажной застройке принимают равным 10м, а при большей этажности зданий прибавляют по 4м на каждый дополнительный этаж. Свободный напор в наружной сети производственного водопровода назначают в соответствии с требованиями технологии производства.

Как правило, напор в наружной водопроводной сети создают насосы станции II подъема. Когда насосы не работают, напор поддерживают за счет запаса воды в водонапорной башне.

Для оценки обеспеченности необходимого напора в наружной водопроводной сети строят пьезометрическую линию, характеризующую пьезометрический напор в различных точках сети. *Располагаемый напор* в любой точке сети, представляющий собой разность отметок пьезометрической линии и поверхности земли, должен быть не меньше свободного напора. При этом условии обеспечивается подача воды в наивысшую точку внутри здания.

В противопожарном водопроводе необходимый напор зависит от способа пожаротушения.

Наружная сеть, на которой установлены пожарные гидранты для непосредственной подачи воды на тушение пожара, называется *противопожарным водопроводом высокого давления*. Противопожарные водопроводы высокого давления устраивают только на промышленных предприятиях при соответствующем обосновании. Необходимый напор в сети создают противопожарные насосы, установленные на насосной станции. Эти же насосы должны обеспечивать работу пожарных кранов внутри здания. Противопожарные насосы, установленные на насосной станции, включаются в том случае, если хозяйственно-питьевые и производственные насосы не обеспечивают подачу пожарного расхода.

Наружная сеть, на которой установлены пожарные гидранты для подачи воды на тушение пожара с помощью передвижных пожарных насосов, называется *противопожарным водопроводом низкого давления*. Для обеспечения бесперебойного действия пожарных насосов напор в сети во время пожара должен быть не менее 10 м.

## Глава 13. ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

### § 51. ПОДЗЕМНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

К подземным источникам водоснабжения относятся подземные воды, образующиеся вследствие просачивания в землю атмосферных и поверхностных вод. Подземные воды могут быть безнапорными и напорными (артезианскими).

*Безнапорные воды* заполняют водоносные горизонты неполностью и имеют свободную поверхность. Примером безнапорных вод может служить вода в водоносных горизонтах, вскрытых колодцами  $K_1$  и  $K_2$  (рис. II.6). Вода устанавливается в этих колодцах на уровнях, совпадающих с уровнями подземных вод. Безнапорные подземные воды первого от поверхности водоносного горизонта (слой, вскрытый колодцем  $K_1$  на рис. II.6) называются *грунтовыми*. Грунтовые воды характеризуются повышенной загрязненностью, поэтому при использовании для целей водоснабжения их в большинстве случаев подвергают очистке.

*Напорные (артезианские) воды* заполняют водоносные горизонты полностью. Примером напорных вод может служить вода в водоносном горизонте, вскрытом колодцами  $K_3$  и  $K_4$  (см. рис. II.6). Артезианские воды, как правило, характеризуются высоким качеством и в большинстве случаев могут использоваться для хозяйственно-питьевых целей без очистки.

В колодце, вскрывающем напорный водоносный горизонт, вода поднимается до пьезометрической линии. Если пьезометрическая линия проходит выше поверхности земли, наблюдается излив воды из колодца (колодец  $K_3$  на Рис- II.6). Такие колодцы называют *самоизливающимися*.

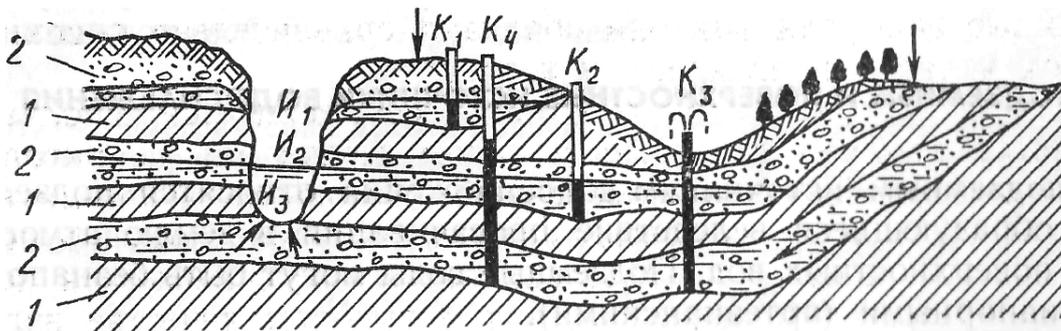
Уровень воды, устанавливающийся в колодце при отсутствии водоразбора, называют *статическим*. Статический уровень безнапорных вод совпадает с уровнем подземных вод, а напорных вод — с пьезометрической линией (рис. II.7).

При откачке воды из колодца уровень ее снижается, причем тем больше, чем интенсивнее откачка. Такой уровень называют *динамическим*.

Уровни воды и пьезометрические линии, устанавливающиеся вокруг колодцев при откачке из них воды (в поперечном разрезе они имеют выпуклую кверху форму), называют *кривыми депрессии*. Область, ограниченную кривыми депрессии, называют *депрессионной воронкой*.

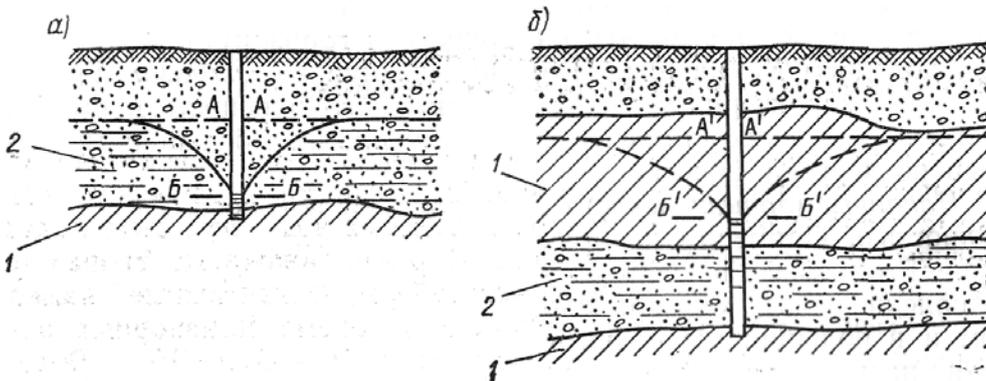
Безнапорные и напорные воды могут выходить на дневную поверхность (родники). Выход безнапорных вод называют *нисходящим ключом*, а выход напорных вод — *восходящим ключом*. Ключевая вода отличается высоким качеством и также может использоваться для целей водоснабжения без очистки.

К поверхностным источникам водоснабжения относятся реки, водохранилища и озера. Для промышленных целей может использоваться и морская вода. При отсутствии в приморских районах пресной воды морская вода после опреснения может использоваться и для хозяйственно-питьевых целей. Однако это должно быть обосновано технико-экономическими соображениями.



**Рис. II.6. Схема образования и залегания подземных вод**

1 — водоупорные породы; 2 — водоносные породы;  $K_1 - K_4$  — колодцы;  $K_2 - K_3$  — источники (родники)



**Рис. II.7. Депрессионные воронки**

а — безнапорных вод; б — напорных вод; 1 — водоупорные породы; 2 — водоносные породы; АА — статический уровень; А'А' — пьезометрическая линия при отсутствии откачки; ББ и Б'Б' — динамические уровни/

## § 52. ВЫБОР ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

При выборе источника водоснабжения следует учитывать качество воды в нем и его мощность, требования, предъявляемые к качеству воды потребителями, технико-экономические, соображения и другие факторы.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения наиболее пригодны подземные воды, так как они обладают сравнительно высоким качеством и часто не нуждаются в очистке.

Воду из поверхностных источников рекомендуется использовать для водоснабжения при недостаточном дебите или непригодности подземных вод. Перед использованием для хозяйственно-питьевого водоснабжения воду из поверхностных источников обычно подвергают очистке, а перед использованием для водоснабжения некоторых производств, не нуждающихся в высоком качестве воды, ее подвергают только простейшей очистке либо вообще не очищают.

## Глава 14. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

### § 53. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ДЛЯ ПРИЕМА ВОДЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Выбор типа сооружения для приема подземных вод зависит в основном от глубины их залегания и мощности водоносного горизонта. Сооружения для приема подземных вод могут быть подразделены на четыре вида: 1) водозаборные скважины; 2) шахтные колодцы; 3) горизонтальные водозаборы; 4) каптажные камеры.

*Водозаборные скважины* служат для приема безнапорных и напорных подземных вод, залегающих на глубине более 10 м. Водозаборные скважины—наиболее распространенный вид водозаборных сооружений для систем водоснабжения городов, сельских населенных пунктов и промышленных предприятий.

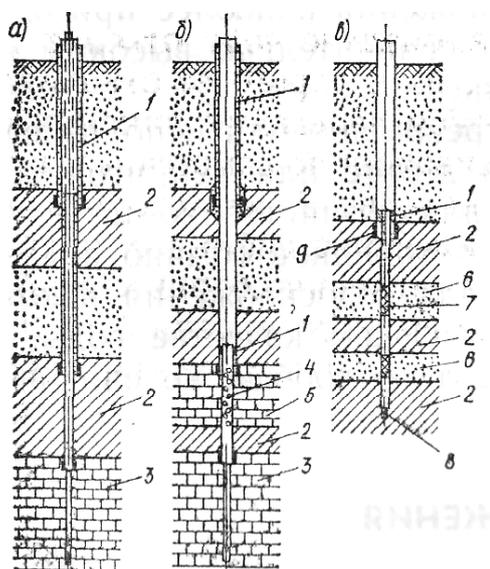
*Шахтные колодцы* служат для приема подземных вод, залегающих на глубине не более 30 м.

*Горизонтальные водозаборы* устраивают для приема грунтовых вод, залегающих на небольшой глубине (до 8 м), при малой мощности водоносного горизонта.

*Каптажные камеры* применяют при необходимости использования для целей водоснабжения ключевой воды.

### § 54. ВОДОЗАБОРНЫЕ СКВАЖИНЫ

Водозаборные скважины устраивают путем бурения в земле скважин, стенки которых крепят обсадными стальными трубами. По мере заглубления скважины диаметр обсадных труб уменьшают. В результате скважина приобретает телескопическую форму (рис. П.8). Концентрические зазоры между отдельными обсадными трубами заделывают (тампонируют) цементным раствором. В скальных грунтах стенки скважин обсадными трубами не крепят. Над верхом водозаборной скважины делают кирпичную, бетонную или железобетонную камеру. В нижней части скважины устанавливают фильтр, состоящий из надфильтровой, водоприемной (фильтрующей) и отстойной частей. Водозаборные скважины можно оборудовать фильтрами следующих типов: дырчатыми, щелевыми, сетчатыми, проволочными, гравийными.



### Рис. П.8. Схемы устройства водозаборных скважин

*a* и *б* — при заборе воды в трещиноватых породах; *в* — то же, в песках; 1 — заделка цементным раствором межтрубного пространства; 2 — глины; 3 — твердые трещиноватые породы; 4 — перфорированные трубы; 5 — известняк; 6 — водоносный песок; 7 — фильтр; 8 — пробка; 9 — башмак

В зависимости от требуемого расхода и мощности водоносного горизонта устраивают: одну или несколько водозаборных скважин, располагаемых перпендикулярно направлению потока подземных вод (рис. П.9).

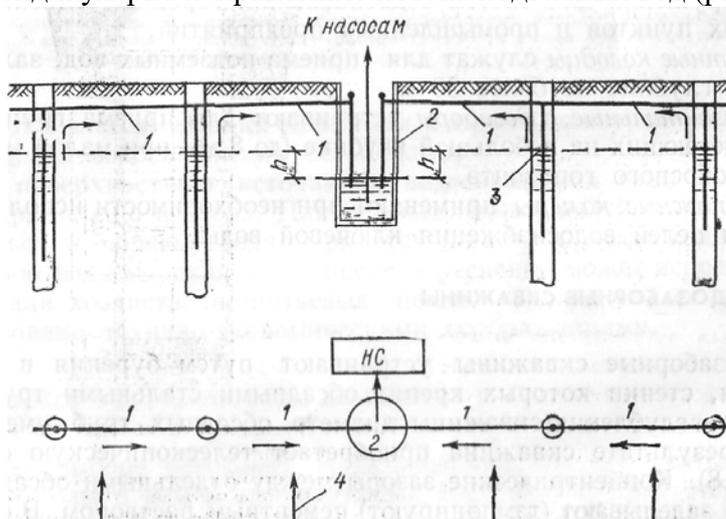


Рис. П.9. Схема расположения водозаборных скважин

Способ получения воды из скважин зависит от глубины залегания динамического уровня воды. При самоизливе воду отводят из скважин самотеком в сборный резервуар, из которого ее откачивают насосами. При сравнительно неглубоком залегании динамического уровня подземные воды отводят из скважин по самотечным или сифонным трубопроводам 1 в сборный колодец 2, из которого их откачивают насосами (см. рис. П.9). Применение сифонных трубопроводов позволяет уменьшать глубину заложения сборных трубопроводов. При глубоком залегании динамического уровня 3 (более 20 м от поверхности земли) каждую водозаборную скважину оборудуют насосом.

## § 55. ШАХТНЫЕ КОЛОДЦЫ

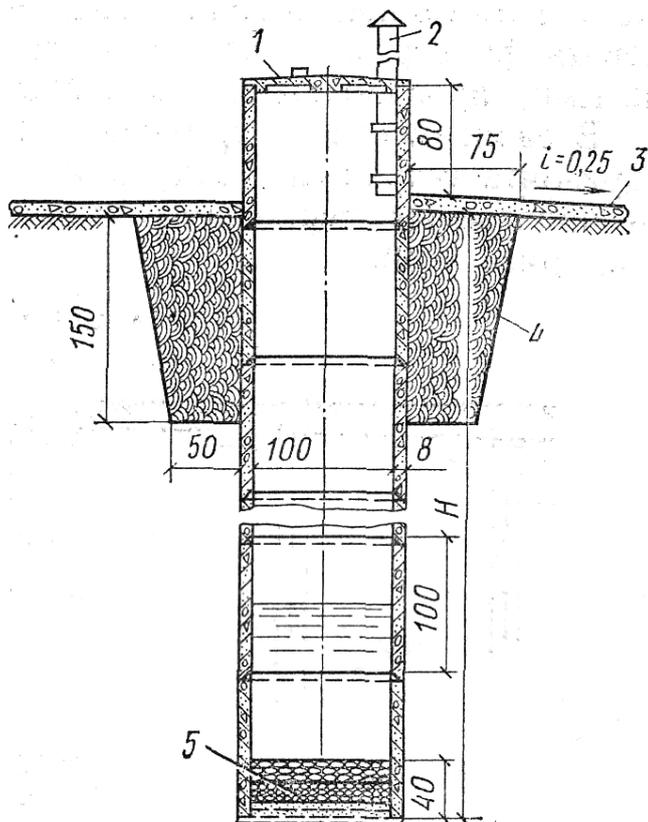
Шахтные колодцы могут выполняться из бетона, железобетона кирпича, бутового камня и дерева. Чаще всего шахтные колодцы строят опускным способом, поэтому обычно они имеют круглую форму в плане. Деревянные колодцы, выполняемые в виде сруба из бревен, имеют квадратную форму в плане.

Для приема воды дно шахтных колодцев устраивают в виде так называемых обратных фильтров путем послойной засыпки крупнозернистых материалов с постепенным увеличением крупности зерен снизу вверх (рис. П.10).

В боковых стенках бетонных и железобетонных колодцев создают водоприемные отверстия путем закладки в них труб при бетонировании. В кирпичных и бутовых колодцах водоприемными отверстиями служат не заполненные раствором сквозные швы. При мелкозернистых грунтах водоприемные отверстия в стенках шахтных колодцев целесообразно выполнять V-образной или наклонной формы (гравитационные фильтры), заполняя их песком или гравием по типу обратных фильтров. Такая загрузка не вымывается в колодец.

Для повышения дебита шахтных колодцев увеличивают площадь донного фильтра путем уширения их основания. Значительного увеличения дебита можно достигнуть,

устроив радиально расположенные горизонтальные трубчатые фильтры. Такие водозаборы называют лучевыми.



**Рис. П.10. Шахтный колодец из железобетонных колец**

1 — железобетонная крышка; 2 — вентиляционная асбестоцементная труба диаметром 150 мм; 3 — отмостка щебнем, втрамбованным в грунт, слоем 10 см; 4 — глиняный замок; 5 — обратный фильтр

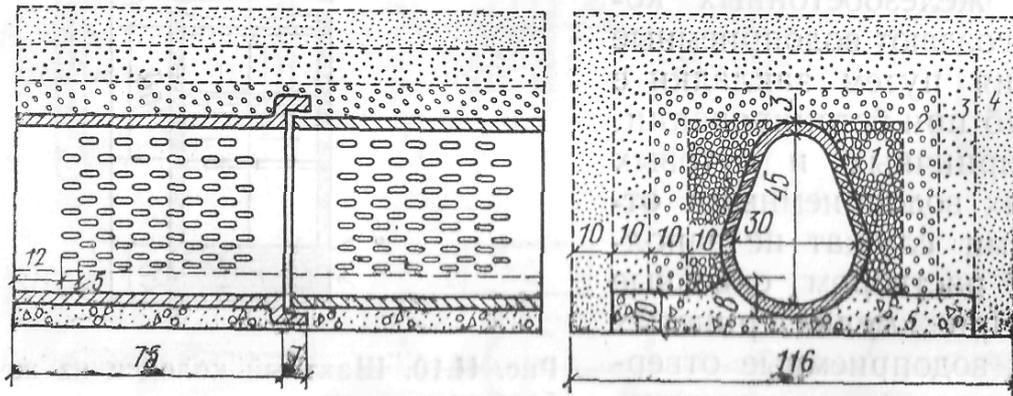
Вокруг колодцев рекомендуется делать глиняный замок и отмостку из булыжника на песчаном основании. Стенки колодца следует возводить выше поверхности земли не менее чем на 0,8 м. Это исключает засорение колодца и поступление в него поверхностных стоков.

Для получения значительных расходов воды устраивают несколько шахтных колодцев, которые располагают перпендикулярно направлению потока грунтовых вод. Воду из каждого колодца отводят по сифонным, а иногда и по самотечным линиям в сборный колодец, из которого ее перекачивают насосами на очистную станцию или к потребителям.

## § 56. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ВОДОЗАБОРЫ И КАПТАЖНЫЕ КАМЕРЫ

Горизонтальные водозаборы выполняют из железобетонных, бетонных или керамических труб с круглыми или щелевыми отверстиями. Для горизонтальных водозаборов целесообразно использовать трубы овоидального сечения, у которых больше площадь водоприемной поверхности (рис. П.11).

Для предотвращения вымывания водой частиц грунта в водозаборы их обсыпают фильтрующей песчано-гравийной загрузкой. Чтобы исключить поступление в водозаборы загрязненных поверхностных стоков, на поверхности земли над ними устраивают глиняную подушку.



**Рис. П.11. Горизонтальный водозабор из железобетонных труб овоидального сечения**  
 / — слой с крупностью зерен 12—15 мм; 2 — то же, 5—7 мм; 3 — то же, 1,5—2 мм; 4 — то же, 0,4—0,6 мм; 5 — бетон

Простейшие горизонтальные водозаборы могут выполняться из коротких труб с зазорами в местах соединений, из кирпичной или бутовой кладки без раствора и т. п. Для осмотра и очистки горизонтальных водозаборов через каждые 50—150 м по их длине устраивают смотровые колодцы.

Использование ключевой воды для целей водоснабжения (каптаж ключей) осуществляется с помощью каптажных камер. Для захвата вод восходящих ключей устраивают каптажные камеры по типу шахтных колодцев, располагая их над местами выходов воды, а для захвата вод нисходящих ключей выполняют каптажные камеры с приемом воды через боковые стенки. Для увеличения водоприемной поверхности каптаж осуществляют в виде горизонтальных водозаборов.

## § 57. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ДЛЯ ПРИЕМА ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Сооружения для приема воды из поверхностных источников должны обеспечивать бесперебойное снабжение потребителя водой возможно лучшего качества в различное время года. Решение этой задачи достигается правильным выбором места их расположения (в плане и по глубине), типа и конструкции.

Место расположения водозаборного сооружения в плане следует выбирать как можно ближе к потребителю, на устойчивом участке водоема, в районе наименьшего загрязнения водоема (на реках — выше населенных пунктов, промышленных предприятий и участков сброса сточных вод), вне очагов возможного образования шугозажоров и ледяных заторов, вне областей интенсивного движения донных наносов и с учетом возможности организации зоны санитарной охраны.

Место расположения водозаборных сооружений на реках выбирают с учетом типа руслового процесса (характера изменения русла).

Глубинное положение места забора воды на реке следует определять из условия, чтобы расстояние от низа ледяного покрова (в зимний период) до верха «приемных окон» водозабора составляло не менее 0,2—0,3 м, а «порог» между дном реки и низом «приемных окон», необходимый для исключения попадания в водозаборное сооружение вместе с забираемой водой донных наносов, составлял не менее 0,7—1 м.

В предледоставный период вода, переохлажденная до температуры минус 0,02—0,05° С, кристаллизуется на взвешенных частицах грунта, образуя глубинный лед, переносимый течениями на значительные расстояния. Такие насыщенные льдом потоки часто создают аварийные ситуации на водозаборных сооружениях, полностью

закупоривая их приемные отверстия. Для защиты водозаборных сооружений от глубинного льда нужно принимать следующие меры: а) располагать водозаборные сооружения в таких местах, где не происходит скопления шуги (шугозажоров); б) уменьшать скорости течения воды через водоприемные отверстия; в) обогревать решетки водоприемных отверстий подводом теплой воды; г) устраивать плавучие запаны и коробки, ограждающие водоприемные отверстия; д) устраивать водоприемные ковши и др. Закупорку водоприемных отверстий можно устранять путем очистки решеток скребковыми механизмами или промывкой обратным током воды. Водозаборные сооружения на реках по конструкции могут быть подразделены на следующие типы: 1) береговые (раздельные или совмещенные с насосной станцией); 2) русловые (с самотечными линиями); 3) специальные (ковшовые, инфильтрационные, из горных рек, передвижные, плавучие и др.).

## § 58. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ БЕРЕГОВОГО ТИПА

Водозаборные сооружения берегового типа устраивают при сравнительно крутых берегах рек. Принципиальная схема водозабора этого типа показана на рис. П.12. Водозаборное сооружение состоит из водоприемного берегового колодца и насосной станции. По фронту водоприемный колодец разделяется на отдельные секции, число которых принимается равным двум или числу всасывающих линий. Каждая секция водоприемного колодца разделена перегородкой на две камеры: приемную 1 и всасывающую 2, куда опускаются всасывающие трубы 3 насосов 4. Вода из реки поступает в приемную камеру через отверстия, оборудованные с наружной стороны съемными решетками, а с внутренней стороны — затворами дроссельного или шиберного типа.

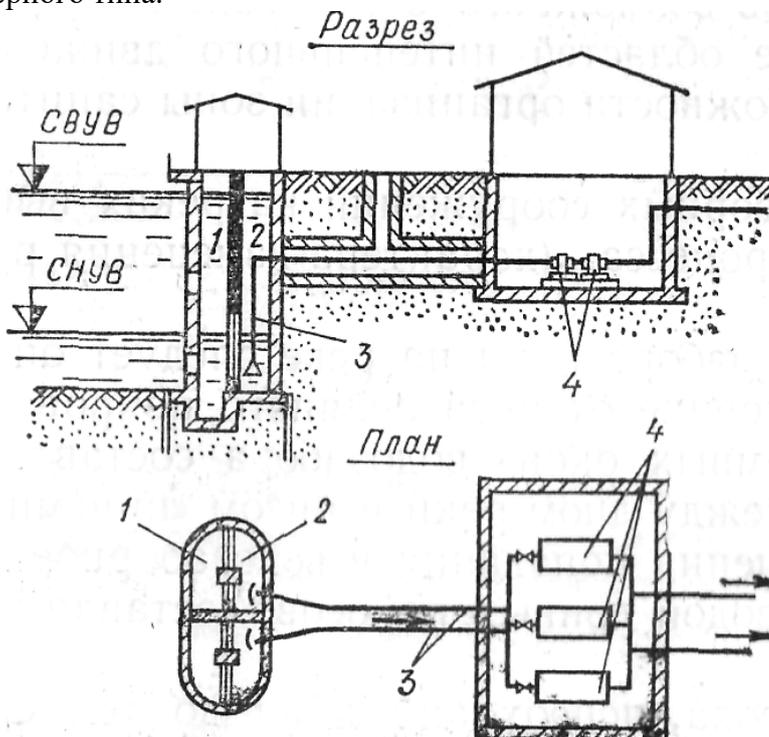
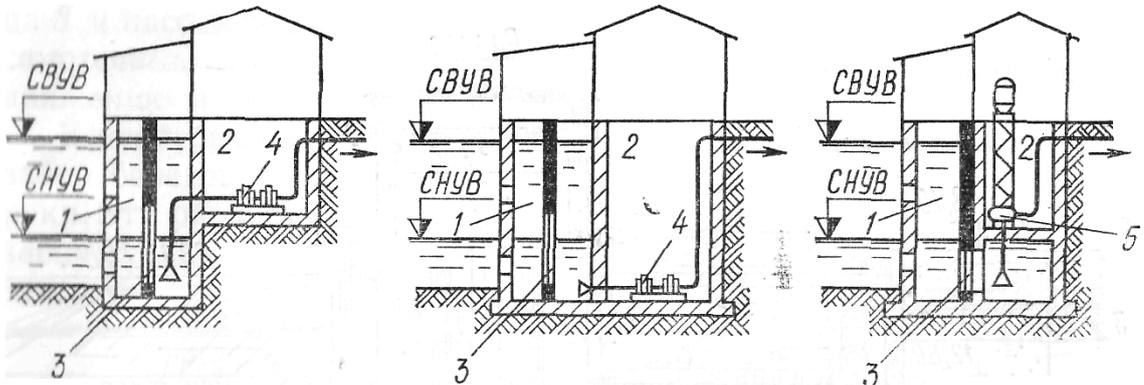


Рис. П.12. Схема раздельного водозаборного сооружения берегового типа

Решетки выполняют из вертикальных стальных стержней с поперечным сечением прямоугольной или круглой формы. Зазор между стержнями решетки принимают равным 40—50 мм. Размеры решеток определяют из условия пропуска воды в прозорах между стержнями при наибольшем расходе со скоростью 0,2—0,6 м/с. При сильном

загрязнении воды и наличии шуги принимают меньшие скорости. При большой колебании уровней воды в реке приемные отверстия выполняют в два или три яруса. Верхние отверстия служат для забора верхних сравнительно чистых слоев воды во время паводка. В проеме перегородки между приемной и всасывающей камерами устанавливают сетку из проволоки толщиной 1—1,5 мм с ячейками размером от 2×2 до 5×5 мм. Крупные водозаборные сооружения оборудуют вращающимися сетками с непрерывной промывкой. Процеживание воды через решетки и сетки обеспечивает ее предварительную очистку и предотвращает повреждение оборудования.



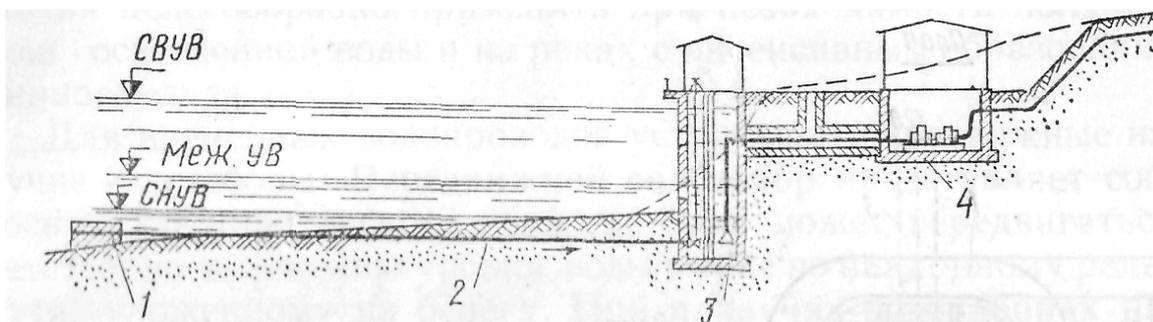
**Рис. II.13. Схемы водозаборных сооружений берегового типа, совмещенных с насосными станциями**

1 — водоприемное отделение; 2 — насосный зал; 3 — водоприемная сетка; 4 — горизонтальный центробежный насос; 5 — вертикальный центробежный насос

Верх водоприемного колодца должен возвышаться над самым высоким уровнем воды (СВУВ) не менее чем на 0,5 м. Над колодцем сооружают павильон, из которого управляют оборудованием.

Раздельные водозаборные сооружения берегового типа (см. рис, II.12) выполняют сравнительно реже совмещенных с насосными станциями (рис. II.13). Так как в большинстве случаев совмещенные водозаборные сооружения возводят на неплотных грунтах, их устраивают с общим днищем для водоприемного колодца и насосной станции. Пример конструкции совмещенного водозаборного сооружения показан на рис. II.14.





**Рис. П.15. Схема водозаборного сооружения руслового типа**

В некоторых случаях не устраивают оголовка, а выносят водозабор берегового типа, совмещенный с насосной станцией, в русло реки. Эту разновидность водозабора руслового типа называют водозабор-криб.

Оголовки служат для закрепления концов самотечных линий и приема воды из источника. Оголовки могут быть затопленными всегда, затопляемыми только в паводок и незатопляемыми. На несудоходных реках можно выполнять оголовки любой конструкции. При этом предпочтение следует отдавать наиболее простым сооружениям: в виде раструбов труб, выдвинутых в русло реки, или иной конструкции. На реках, используемых для лесосплава отдельных бревен (так называемой «молью»), строят ряжевые оголовки (в виде деревянных срубов). На судоходных и лесосплавных (плотами) реках проектируют оголовки только железобетонные или бетонные в стальном кожухе, исключая таким образом возможность их повреждении судами или якорями (рис. П.16). Незатопляемые оголовки имеют форму опор мостов с ледорезами.

Самотечные линии выполняют из стальных, железобетонных или асбестоцементных труб или в виде железобетонных галерей. Число ниток принимается не менее двух. Самотечные линии следует укладывать с уклоном в сторону берегового колодца или в обратном направлении в зависимости от принятого направления промывки этих линий. Скорость движения воды в самотечных линиях во избежание их засорения следует принимать не менее 0,7—0,9 м/с. Очистку самотечных линий от отложений целесообразно выполнять путем прямой или обратной промывки водой. Для этого водозаборные сооружения должны иметь необходимое оборудование.

При большой длине самотечных линий и высоком берегу реки их выгодно заменять сифонными линиями, глубина заложения которых значительно меньше.

Береговые колодцы водозаборов руслового типа аналогичны по устройству водоприемным береговым колодцам водозаборов берегового типа.

При уровнях воды, значительно превышающих СНУВ, и соответствующем профиле берега реки для забора воды могут быть использованы окна, показанные на схеме рис. П.15.

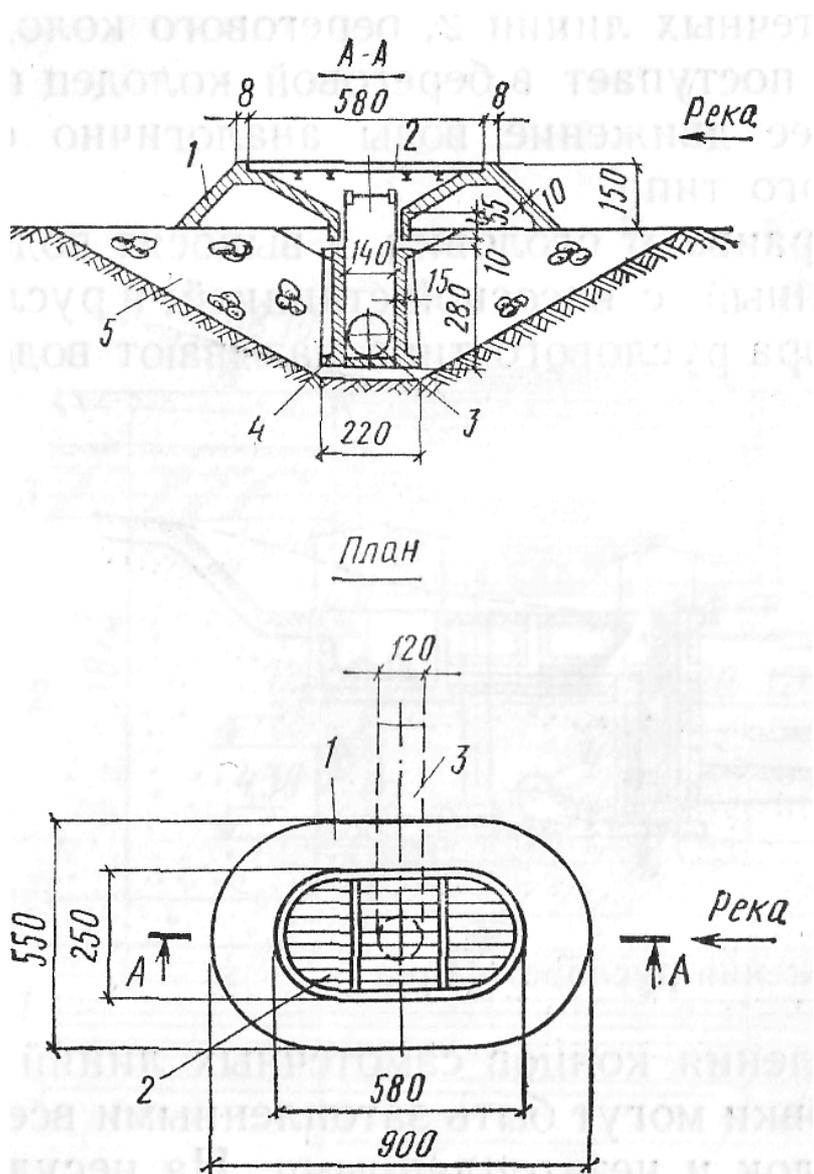


Рис. П. 16. Железобетонный оголовок с горизонтальной решеткой (размеры в см)  
 1 — грибовидная часть; 2 — решетка; 3 — самотечный трубопровод; 4 — опорная часть; 5 — пригрузка

## § 60. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

При образовании в реке глубинного льда или при высокой мутности воды целесообразно забирать воду не непосредственно из реки, а из искусственного залива, так называемого ковша. Размеры ковшей определяют из условия всплывания глубинного льда или выпадения взвесей. Проточную скорость в них принимают равной 0,05—0,2 м/с. Ковши могут быть с низовым входом (рис. П.17, а) — устье по течению и с верховым входом (рис. П.17, б) — устье против течения. Ковши с низовым входом питаются в основном придонными струями, а ковши с верховым входом — поверхностными струями. Поэтому ковш первого типа целесообразно применять при борьбе с глубинным льдом, а ковш второго типа — для осветления воды.

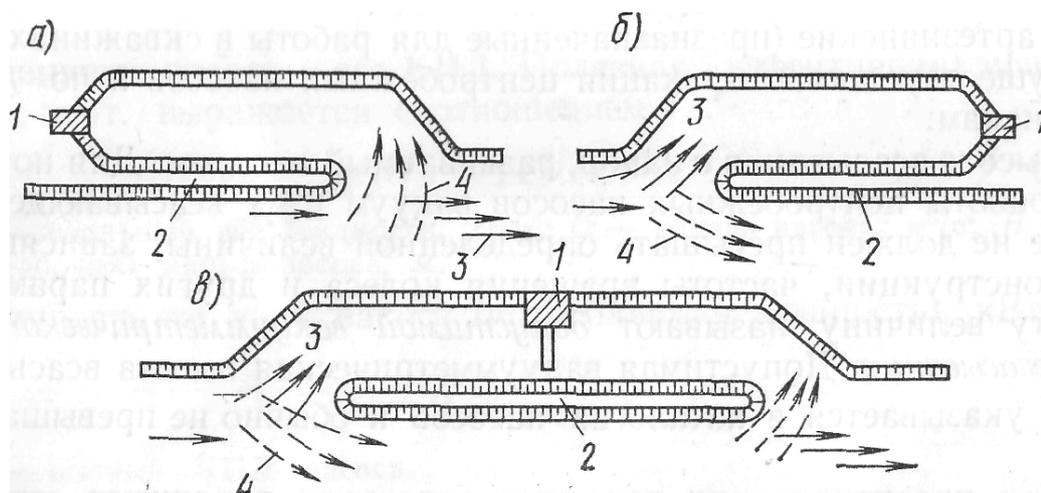
Спаренные ковши (рис. П.17, в) применяют для борьбы с глубинным льдом и для осветления воды в разное время года.

Ковши могут быть вырыты в береге реки или вынесены в ее русло. Во втором случае ковш отгораживается дамбами. Конструкция сооружений для забора воды из ковшей не отличается от конструкции обычных речных водозаборных сооружений.

Инфильтрационные водозаборные сооружения представляют собой скважины, шахтные колодцы или горизонтальные водозаборы, располагаемые вдоль реки с песчаными или песчано-гравелистыми берегами. Такие водозаборы питаются речной водой, фильтрующейся через толщу грунта. Инфильтрационные водозаборные сооружения целесообразно применять при необходимости получения хорошо осветленной воды и на реках с интенсивным образованием глубинного льда.

Для временных водопроводов устраивают передвижные или плавучие водозаборы. Передвижной водозабор представляет собой насосную станцию легкого типа, которая может передвигаться соответственно изменению уровня воды в реке по наклонному рельсовому пути, уложенному на берегу. При плавучих водозаборах насосные агрегаты размещаются на плавучих средствах: баржах, понтонах и т. п. Достоинствами передвижных и плавучих водозаборов являются независимость приема воды от колебания уровня воды в реке и возможность быстрого их устройства. Однако они обладают и существенными недостатками, заключающимися в необходимости иметь гибкие соединения трубопроводов, а также в тяжелых условиях эксплуатации зимой и в период паводков.

Для забора воды из водохранилищ можно использовать водозаборные сооружения двух типов: 1) совмещенные с плотинами, водоспусками или водосбросами; 2) отдельно стоящие. Водозаборные сооружения на водохранилищах должны обеспечивать возможность забора воды с разных глубин с учетом ее качества.



**Рис. 11.17. Схемы водоприемных ковшей**

/ — водозаборное сооружение; 2 — дамба, 3 — поверхностные токи; 4 — донные токи

# Глава 15. ВОДОПОДЪЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

## § 61. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ

Схема устройства и принцип действия центробежного насоса.

Основным рабочим элементом центробежного насоса (рис. П.18) является рабочее колесо 1 с изогнутыми лопастями 2, расположенное на валу внутри корпуса 3. Корпус насоса соединен со всасывающим 4 и нагнетательным 5 трубопроводами. Перед пуском насоса корпус его и всасывающий трубопровод заполняют жидкостью. При вращении рабочего колеса жидкость, находящаяся между лопастями, под действием центробежной силы отбрасывается к периферии, выходит в спиральную камеру и далее в нагнетательный трубопровод. В центральной части насоса, перед входом в рабочее колесо, возникает разрежение, и вода под действием атмосферного давления направляется из источника по всасывающему трубопроводу в насос.

**Классификация центробежных насосов.** Центробежные насосы классифицируют по ряду признаков.

По напору различают насосы низконапорные (до 20 м), сред-ненапорные (от 20 до 60 м) и высоконапорные (более 60 м).

По числу колес насосы делят на одноколесные и многоколесные. Многоколесными, как правило, делают высоконапорные насосы.

По расположению вала насосы бывают горизонтальные и вертикальные.

В зависимости от перекачиваемой жидкости различают насосы водопроводные (водяные), канализационные (фекальные), песковые, грязевые (землесосные) и пр.

По назначению различают насосы общего назначения, шахтные, артезианские (предназначенные для работы в скважинах) и др.

Существует классификация центробежных насосов и по другим признакам.

Высота всасывания и напор, развиваемый насосом. Для нормальной работы центробежных насосов вакуум в их всасывающем патрубке не должен превышать определенной величины, зависящей от их конструкции, частоты вращения колеса и других параметров.

Эту величину называют *допустимой вакуумметрической высотой всасывания*. Допустимая вакуумметрическая высота всасывания  $H_{\text{ВАК}}^{\text{дон}}$  указывается в каталогах насосов и обычно не превышает 6—7 м.

При проектировании насосных установок различают геометрическую высоту всасывания  $H_{\text{Г.ВС}}$  и вакуумметрическую высоту всасывания  $H_{\text{ВАК}}$ . *Геометрическая высота, всасывания* — это разность отметок центра колеса и уровня воды в источнике. *Вакуумметрическая высота всасывания* складывается из геометрической высоты всасывания, потерь напора во всасывающем трубопроводе  $h_{\text{ПОТ.ВС}}$  и скоростного напора при входе в насос  $v^2/(2g)$ .

Вакуумметрическая высота всасывания во избежание кавитации не должна превышать допустимой вакуумметрической высоты всасывания, т. е.

$$H_{\text{ВАК}} = H_{\text{Г.ВС}} + h_{\text{ПОТ.ВС}} + v^2/(2ng) \leq H_{\text{ВАК}}^{\text{дон}} \quad (\text{П.12})$$

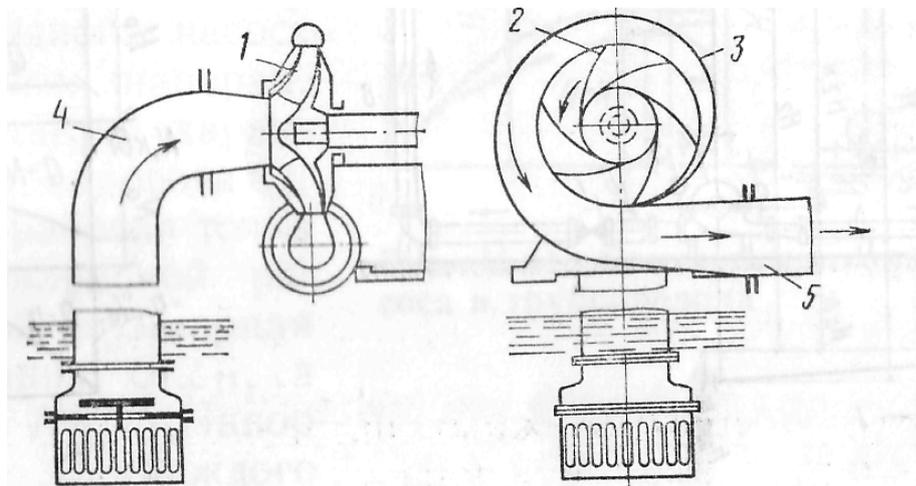


Рис. П.18. Схема центробежного насоса

Полный напор  $H$ , который должен создавать центробежный насос, складывается из следующих величин (рис. П. 19): геометрической высоты всасывания  $H_{Г.ВС}$ , геометрической высоты нагнетания  $H_{Г.Н}$ , потерь напора во всасывающем трубопроводе (с арматурой)  $h_{пот.вс}$ , потерь напора в напорном трубопроводе (с арматурой)  $h_{пот.н}$ . Следовательно:

$$H_{ВАК} = H_{Г.ВС} + h_{ПОТ.ВС} + v^2 / (2g) \leq H_{ВАК}^{дон} \quad (\text{П. 13})$$

**Мощность насоса и его КПД.** Полезная (эффективная) мощность насоса, кВт, выражается соотношением:

$$N_G = \gamma Q H / 1000 \quad (\text{П.14})$$

где  $\gamma$  — удельный вес жидкости, Н/м<sup>3</sup>;  $Q$  — подача насоса; м<sup>3</sup>/с;  $H$  — полный (рабочий) напор насоса, м.

Мощность на валу насоса (потребляемая мощность), кВт:

$$N = \frac{\gamma Q H}{1000 \eta} \quad (\text{П.15})$$

где  $\eta$  — полный КПД насоса.

Полный КПД учитывает гидравлические, объемные и механические потери.

Рабочие характеристики центробежного насоса. На рис. П.20 приведены рабочие характеристики насоса. Эти характеристики показывают, как изменяются напор, мощность на валу насоса и КПД с изменением расхода.

Точка 1 характеристики  $Q - \eta$  называется *оптимальной точкой*, т. е. точкой, отвечающей оптимальному режиму работы насоса.

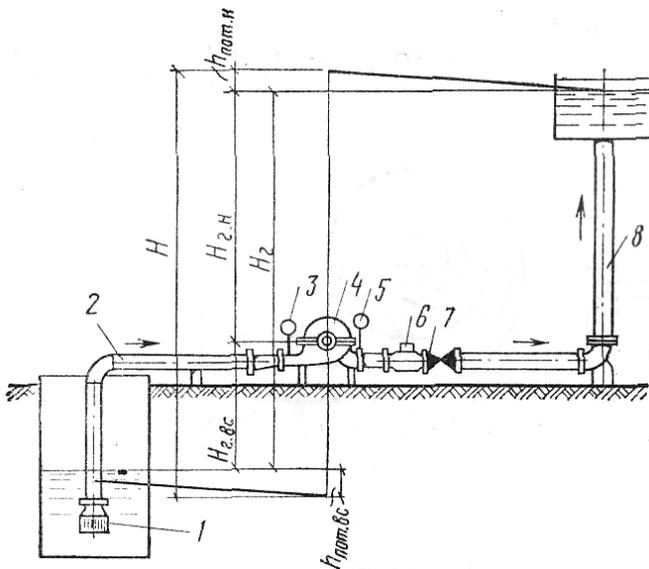


Рис. П.19. Схема насосной установки

1 — приемный клапан; 2 — всасывающий трубопровод; 3 — вакуумметр; 4 — насос; 5 — манометр; 6 — обратный клапан; 7 — задвижка; 8 — напорный трубопровод

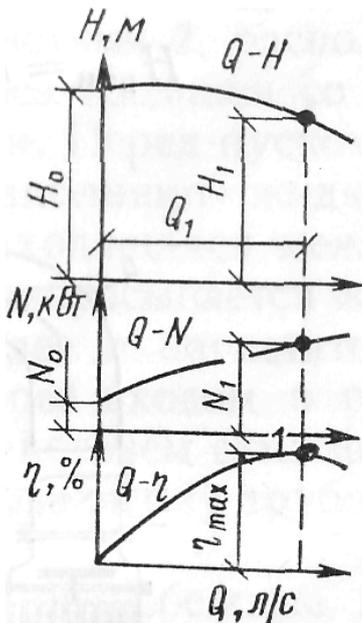


Рис. П.20. Рабочие характеристики центробежного насоса

**Характеристика трубопровода.** Характеристику трубопровода (или системы трубопроводов) можно представить в виде двучлена

$$P = P_{\Gamma} + \sum h_{\text{пот}} \quad (\text{П.16})$$

где  $H_{\Gamma}$  — геометрическая высота подачи воды, т. е. разность отметок уровней воды в источнике и в напорном баке (см. рис. П.19);  $\sum h_{\text{пот}}$  — сумма потерь напора во всасывающем и напорном трубопроводах

Графически характеристика трубопровода представляется в виде параболы с вершиной на оси ординат, расположенной на расстоянии  $H_{\Gamma}$  от оси абсцисс. Для определения оптимального режима работы насоса с заданным трубопроводом строят совместные характеристики насоса и трубопровода.

На рис. П.21 показана характеристика насоса  $Q — H$ . Проведя параллельно оси  $Q$  прямую  $CD$  на расстоянии  $H_{\Gamma}$  от нее и прибавив к  $H_{\Gamma}$  величины  $\sum h_{\text{пот}}$ , соответствующие тем или иным значениям расхода  $Q$ , получим характеристику трубопровода  $CE$ . Точка  $I$

пересечения характеристик насоса и трубопровода, называемая *рабочей точкой*, характеризует подачу  $Q_1$  напор  $H_1$  КПД  $\eta_1$  и мощность  $N_1$ , насоса, работающего на заданный трубопровод. Насос нужно подбирать таким образом, чтобы рабочая точка лежала в области наиболее высоких значений КПД.

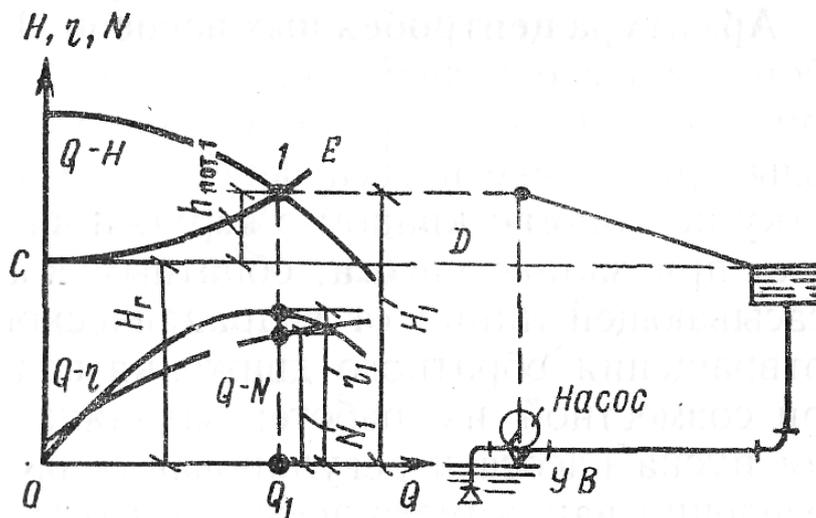


Рис. П.21. Совместные характеристики насоса и трубопровода

**Параллельная работа центробежных насосов.** Рассмотрим параллельную работу двух одинаковых насосов. Характеристики  $Q—H$  таких насосов приведены на рис. П.22. Так как насосы одинаковы, то их характеристики совпадают. Для построения суммарной характеристики при параллельной работе двух одинаковых насосов нужно удвоить абсциссы характеристики одного насоса при одинаковых напорах.

Затем строится характеристика трубопровода  $CE$  и находится рабочая точка  $I$ . При параллельной работе насосов суммарная подача их равна  $Q_{I+II}$ , а напор  $H_I = H_{II}$ . Напор  $H_I$  и подача  $Q_I$  каждого насоса определяются соответственно ординатой и абсциссой точки 2. При этом напор каждого насоса численно равен напору, развиваемому обоими насосами, а подача каждого насоса равна половине их суммарной подачи. В случае когда в тот же трубопровод подает воду только один насос, режим его работы определяется точкой  $I'$ , соответствующей подаче  $Q$  и напору  $H$ . Как

видно, суммарная подача насосов, работающих параллельно в общую сеть, меньше, чем сумма подач этих насосов при раздельной их работе.

КПД двух одинаковых параллельно работающих насосов равен КПД одного насоса и соответствует точке 3. На рис. П.22 он определяется следующим образом: из точки  $E$  проводится прямая, параллельная оси абсцисс, до пересечения с характеристикой  $Q—H$  одного насоса (точка 2). Из этой точки проводится прямая, параллельная оси ординат, до пересечения с кривой  $Q—\eta$  в точке 3. Точка 4 будет характеризовать КПД насоса, работающего отдельно.

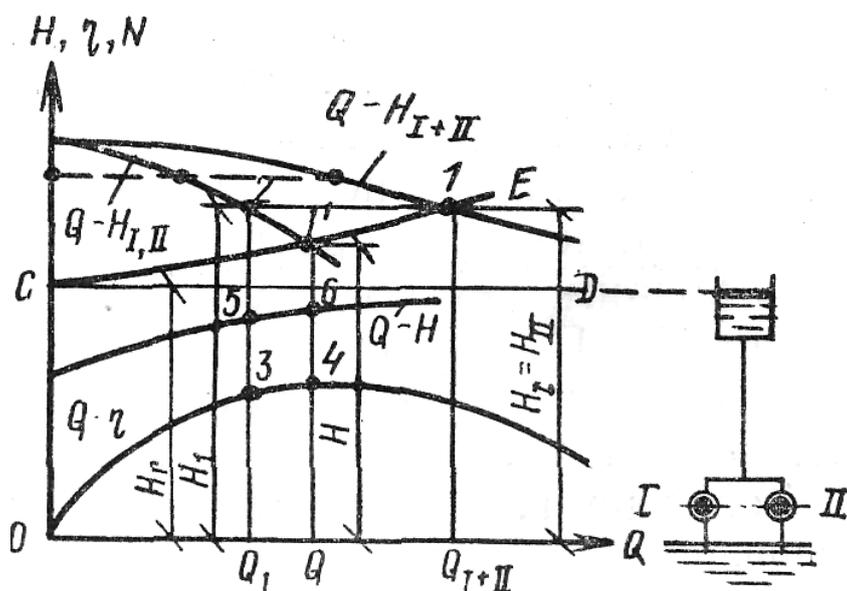


Рис. П.22. Характеристики параллельной работы двух одинаковых насосов

Мощность каждого из совместно работающих насосов определяется точкой 5, а мощность насоса, работающего отдельно в сеть, т. е. подающего воду в тот же трубопровод, — точкой 6.

**Арматура центробежных насосов.** Центробежный насос обычно оборудуют следующей арматурой (см. рис. П.19): приемным клапаном с сеткой для удержания в насосе и всасывающем трубопроводе воды при заливе насоса перед пуском (при перекачке чистой воды сетку не ставят); краном в верхней части корпуса для выпуска воздуха при заливе насоса; обратным клапаном для защиты насоса и всасывающей линии от гидравлического удара, а также для предотвращения обратного движения воды из одного насоса в другой при совместной их работе; задвижкой на напорном трубопроводе для пуска насоса и регулирования расхода; вакуумметром для определения вакуумметрической высоты всасывания; манометром для определения напора, развиваемого насосом.

## § 62. ВОЗДУШНЫЕ ВОДОПОДЪЕМНИКИ (ЭРЛИФТЫ) И ГИДРОЭЛЕВАТОРЫ

Для забора воды из скважин иногда применяют **воздушные водоподъемники (эрлифты)**. Схема эрлифта, установленного в скважине, показана на рис. П.23. В водоподъемную трубу 1 через форсунку 2 от компрессора подается сжатый воздух. Водовоздушная смесь поднимается по водоподъемной трубе и изливается в приемный бачок. При работе эрлифта уровень воды в скважине понижается от положения *aa* (статический уровень) до положения *bb* (динамический уровень).

Действие гидроэлеватора основано на принципе передачи кинетической энергии от одного потока жидкости другому, обладающему меньшей кинетической энергией.

В гидроэлеваторе (рис. П.24) вода под напором подается по трубе 1, проходит сужение 2 и поступает в смесительную камеру 3, в которой из-за большой скорости потока в сужении создается давление, меньшее атмосферного (вакуум). В результате вода из резервуара 4 под действием атмосферного давления на ее поверхность поднимается по трубе 5 в камеру 3, откуда направляется в диффузор, где скорость потока уменьшается и увеличивается статический напор его, благодаря чему вода перемещается по напорному трубопроводу 6.

Гидроэлеваторы применяют для откачки воды из колодцев, скважин, траншей и т. д., а также для транспортирования смеси твердых частиц с жидкостью (пульпы).

В зависимости от области применения гидроэлеваторы имеют различное конструктивное оформление.

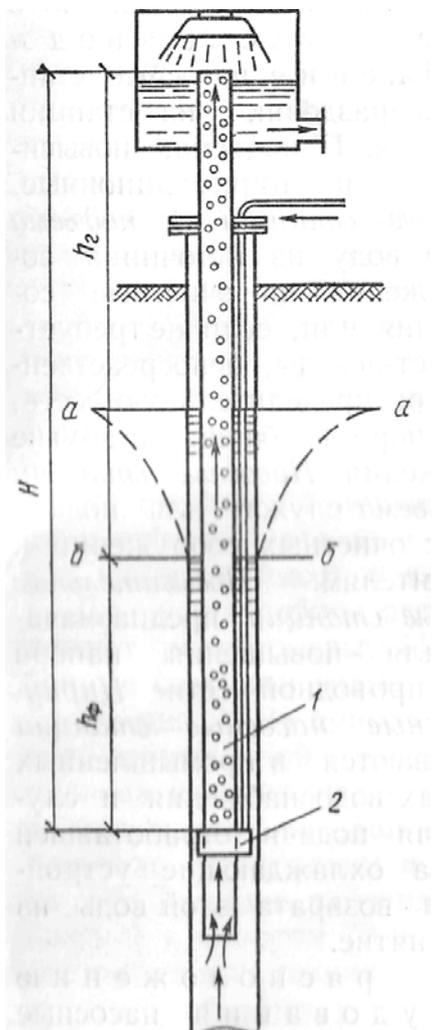


Рис. 11.23. Схема воздушного водоподъемника (эрлифта)

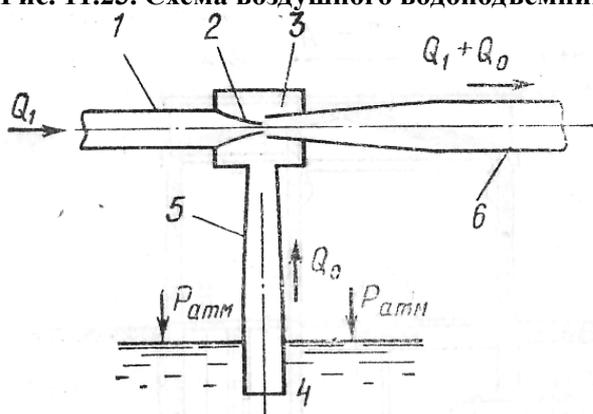


Рис. 11.24. Схема водоструйного насоса (гидроэлеватора)

## § 63. ВОДОПРОВОДНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

В зданиях водопроводных насосных станций размещают насосы и двигатели к ним, трубопроводы, задвижки, контрольно-измерительные приборы, водомеры, электрооборудование и пр.

Здания насосных станций бывают круглыми или прямоугольными в плане.

Агрегаты (насос и двигатель) располагают перпендикулярно или параллельно продольной оси здания в один или два ряда, а также в два ряда в шахматном порядке.

Вблизи насосных станций с большой подачей на напорных трубопроводах устраивают камеру, в которой размещают задвижки, расходомеры, предохранительные и обратные клапаны. Это позволяет уменьшить размеры зданий самих станций.

По расположению в общей схеме водоснабжения насосные станции подразделяют на станции

I подъема, II подъема, повысительные и циркуляционные. *Насосные станции I подъема* подают воду из источника водоснабжения на очистные сооружения или, если не требуется очистки воды, непосредственно в распределительную сеть, водонапорную башню и другие сооружения. *Насосные станции II подъема* служат для подачи воды с очистных сооружений к потребителям, *Повысительные насосные*

*станции* предназначаются для повышения напора в водопроводной сети. *Циркуляционные насосные станции* устраиваются в промышленных системах водоснабжения и служат для подачи отработавшей воды на охлаждающие устройства и возврата этой воды на предприятие.

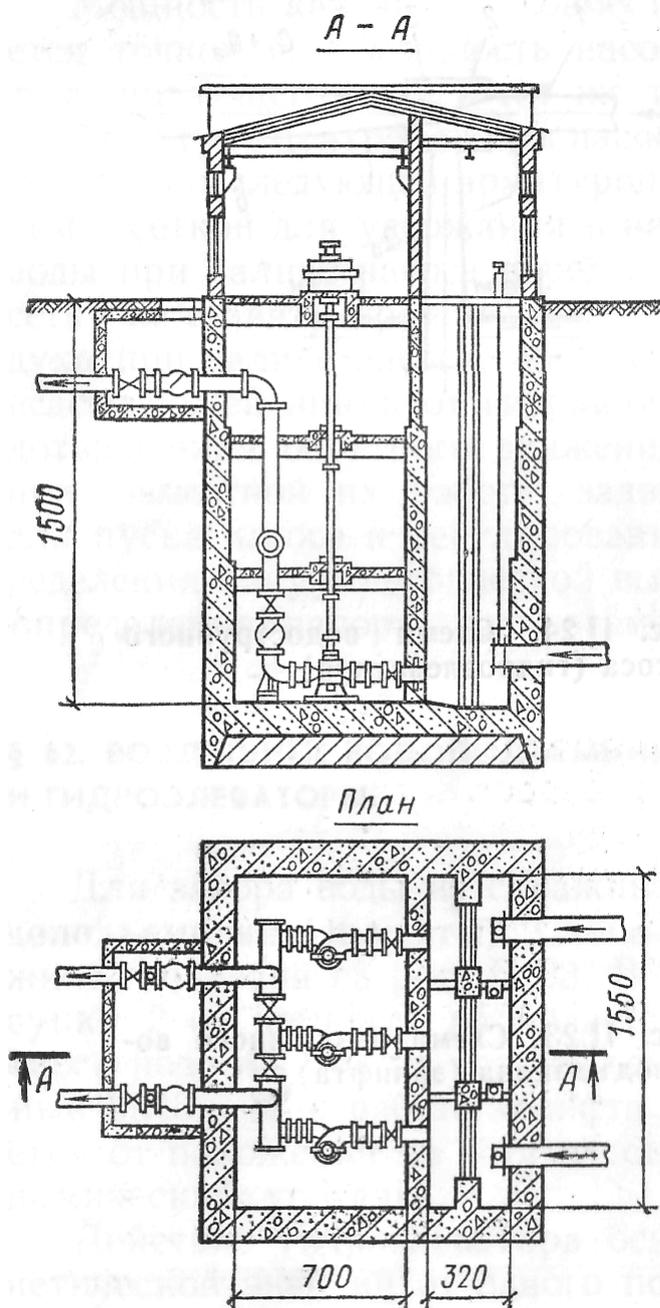
По расположению оборудования насосные станции могут быть наземные, заглубленные и глубокие.

По характеру оборудования различают станции с горизонтальными центробежными насосами, с вертикальными центробежными насосами, с поршневыми насосами, с центробежными насосами и компрессорами для обслуживания воздушных водоподъемников.

По характеру управления насосные станции могут быть с ручным, автоматическим и дистанционным управлением.

Насосные станции I подъема, подающие воду на очистные сооружения, рассчитывают на средний часовой расход в дни наибольшего водопотребления.

При заборе воды из артезианских скважин обычно насосы станции I подъема подают воду в резервуары, откуда ее забирают и подают потребителям насосы станции II подъема. Режим работы насосов станции II подъема зависит от графика



водопотребления. Подача воды в течение суток может быть равномерной и ступенчатой. При ступенчатой подаче уменьшаются необходимый объем бака водонапорной башни и полный рабочий напор насосов. При подборе насосов для ступенчатой подачи учитывают очередность развития станции. На насосной станции целесообразно устанавливать однотипные насосы с одинаковой подачей. Режим работы насосной станции выбирают на основе анализа графиков водопотребления и совместной работы насосов, водоводов и водопроводной сети.

**Рис. П.25. Насосная станция I подъема с вертикальными насосами**

Насосные станции I подъема, принимающие воду из открытого источника, обычно заглубляют для уменьшения высоты всасывания насосов. При заглублении насосных станций более чем на 4—5 м на них чаще всего устанавливают вертикальные центробежные насосы.

На станциях I подъема должно быть предусмотрено не менее двух рабочих насосов и один или два резервных. Каждый насос, как правило, имеет отдельный всасывающий трубопровод.

Для учета работы отдельных агрегатов и всей станции устанавливают расходомеры. Наиболее распространены скоростные турбинные счетчики воды, сопла Вентури и трубы Вентури.

На рис. П.25 приведена конструкция насосной станции I подъема, совмещенной с водоприемником. Наземная часть станции выполнена из кирпича, а подземная — из железобетона. Здание разделено стенкой на машинный зал и водоприемную часть. В машинном зале установлены под заливом три вертикальных насоса марки 20НДсВ (два рабочих и один резервный) с подачей по 950 л/с каждый и напором 70 м. Водоприемная часть разделена на три самостоятельные секции. Для монтажа и демонтажа оборудования в насосной станции установлен мостовой кран грузоподъемностью 10 т. Верхнее перекрытие станции устроено из сборных железобетонных балок и плит.

## Глава 16. НАРУЖНАЯ ВОДОПРОВОДНАЯ СЕТЬ

### § 64. СХЕМЫ ТРАССИРОВКИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Для транспортирования воды от источников к объектам водоснабжения служат водоводы. Их выполняют из двух или более ниток трубопроводов, укладываемых параллельно друг другу. Для подачи воды непосредственно к местам ее потребления (жилым зданиям, цехам промышленных предприятий) служит водопроводная сеть. При трассировании линий водопроводной сети необходимо учитывать планировку объекта водоснабжения, размещение отдельных потребителей воды, рельеф местности и т. д.

По конфигурации в плане различают водопроводные сети разветвленные, или тупиковые (рис. П.26, а), и кольцевые, или замкнутые (рис. П.26, б). Разветвленные водопроводные сети выполняют для небольших объектов водоснабжения, допускающих перерывы в снабжении водой. Эти сети целесообразны при сосредоточенном потреблении воды в отдаленных друг от друга точках сети. Кольцевые водопроводные сети выполняют при необходимости бесперебойного водоснабжения, что гарантируется в данном случае возможностью двухстороннего питания водой любого потребителя. Протяженность и стоимость кольцевых сетей больше, чем разветвленных.

В хозяйственно-питьевых и производственных водопроводах, как правило, применяют кольцевые сети вследствие их способности обеспечивать бесперебойную подачу воды. В противопожарных водопроводах устройство кольцевой сети обязательно.

В водопроводной сети различают *магистральные* (главные) и *распределительные* (второстепенные) линии. Расчет проводят только для магистральных линий.

### § 65. ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Расчет водопроводных сетей заключается в установлении диаметров труб, достаточных для пропускания заданных расходов воды, и в определении потерь напора. Последнее необходимо для определения высоты водонапорных башен и напора, который должны создавать насосы.

При расчете водопроводной сети предполагают, что промышленным предприятиям (для производственных и хозяйственно-питьевых целей) вода подается в виде сосредоточенных расходов, а для хозяйственно-питьевых целей в городах и населенных пунктах — равномерно по длине магистральных линий. Равномерно распределяемый (путевой) расход воды, приходящийся на 1 м длины линии, называют *удельным расходом* и определяют по формуле

$$q_{уд} = q_{об} / \sum l \quad (\text{П.18})$$

где  $q_{об}$  — общий расход распределяемый сетью;  $\sum l$  — протяженность магистральных линий

Диаметр труб магистральных линий находят по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}} \quad (\text{П.18})$$

где  $q$  — расчетный расход;  $v$  — скорость движения воды в трубе.

В формуле (II.18) скорость  $v$  является неизвестной величиной. Практикой проектных организаций установлено, что наиболее экономичная скорость  $v_э$  составляет для труб малых диаметров 0,6—0,9 м/с, для труб больших диаметров 0,9—1,5 м/с.

Расчетный расход определяют по формуле [см. формулу  $Q = Q_T + \alpha Q_{II}$ ]

$$q = q_T + 0,5q_{II} \quad (II.19)$$

где  $q_m$  — транзитный расход;  $q_{II}$  — путевой расход.

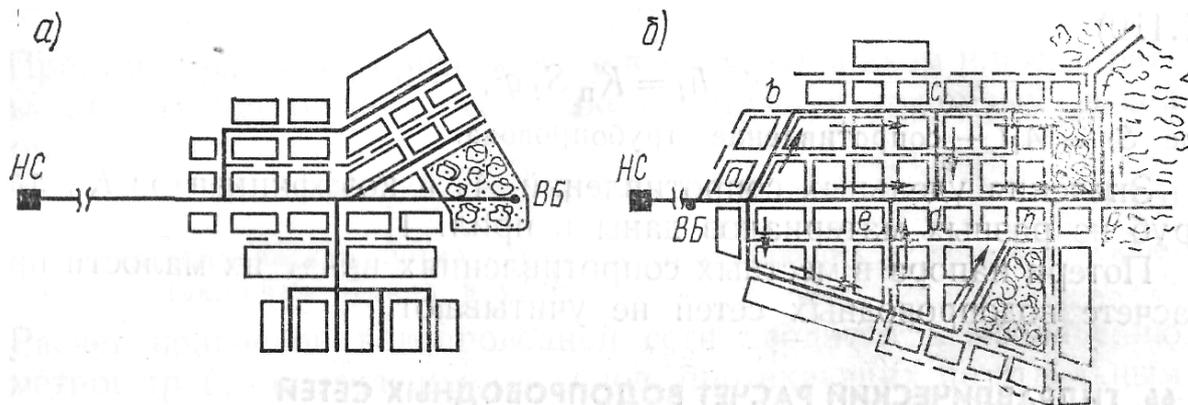


Рис. 11.26. Схемы водопроводных сетей  
а — разветвленной; б — кольцевой; НС — насосная станция; ВБ — водонапорная башня

Вычисленные по расчетному расходу потери напора равны действительным потерям напора в трубопроводе с равномерной раздачей воды по длине. Для упрощения расчетов путевые расходы можно приводить к сосредоточенным расходам в узлах (в местах соединения нескольких линий), равным половине произведения удельного расхода на общую длину прилегающих веток. При этом результаты расчетов совпадают с получаемыми при пользовании формулой (II.19).

Расчет водопроводных сетей проводят на случай максимального водоразбора.

Удельные потери напора в стальных и чугунных водопроводных трубах рекомендуется определять по формулам (СНиП 11-31-74): при  $v < 1,2$  м/с

$$i = 0,00148 \frac{q^2}{d_p^{5,3}} \left(1 + \frac{0,867}{v}\right)^{0,3} \quad (II.20)$$

при  $v \geq 1,2$  м/с

$$i = 0,001735 \frac{q^2}{d_p^{5,3}} \quad (II.21)$$

где  $q$  — расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $d_p$  — расчетный внутренний диаметр труб, м.

Формулы (II.20) и (II.21) вытекают из выражения (1.55) с учетом зависимостей ( $\lambda = \frac{1}{d^{0,3}} (1,5 * 10^{-6} + \frac{v}{v})^{0,3}$ ) и ( $\lambda = 0,021/d^{0,3}$ ). По формулам (II.20) и (II.21) рекомендуется рассчитывать и железобетонные трубы.

Для упрощения расчетов по формулам (II.20) и (II.21) составлены таблицы. При пользовании ими общие потери напора определяют по формуле

$$h_l = il \quad (\text{II.22})$$

Потери напора в трубах можно определять также по формуле (I.110)

$$h_l = K_{II} S_l q^2$$

где  $S_l = A/l$  — сопротивление трубопровода.

Значения удельных сопротивлений  $A/l$  и коэффициентов  $K_{II}$  для труб из разных материалов даны в прил. 1.

Потери напора в местных сопротивлениях ввиду их малости при расчете водопроводных сетей не учитывают.

## § 66. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Разветвленные водопроводные сети рассчитывают как системы последовательно соединенных трубопроводов, осуществляющих раздачу воды по пути и в виде сосредоточенных расходов в боковые ответвления. Потери напора в таких трубопроводах могут быть определены по формуле

$$h_l = i_1 l_1 + i_2 l_2 + \dots + i_m l_m \quad (\text{II.22})$$

или

$$h_l = K_{II1} S_1 q_1^2 + K_{II2} S_2 q_2^2 + \dots + K_{II m} S_m q_m^2 \quad (\text{II.24})$$

т. е. как сумма потерь напора в последовательно соединенных участках трубопровода.

Расчет кольцевых водопроводных сетей значительно сложнее. Основная трудность заключается в определении направления движения и расходов по отдельным ветвям сети.

Закономерности движения воды в кольцевой сети сводятся к двум положениям.

1. *Расходы распределяются по ветвям кольцевой сети таким образом, чтобы потери напора по одной ветви кольца были равны потерям напора по другой его ветви.*

Для условий работы сети, представленных на рис. II.26, б:

$$h_{abcd} = h_{aed}; \quad h_{cfg} = h_{cdhg} \text{ и т.д.}$$

Принимая потери напора в ветвях кольца с движением воды по часовой стрелке со знаком плюс и с движением воды против часовой стрелки со знаком минус, изложенный вывод можем записать так:

$$\sum h_{\text{ПОТ}} = 0 \quad (\text{II.25})$$

где  $h_{\text{ПОТ}}$  — алгебраическая сумма потерь напора по кольцу.

2. *Сумма расходов, притекающих к узлу, должна быть равна сумме расходов, оттекающих от него* (включая расход в узле). Для условий работы сети, представленных на рис. II.26, б:

$$q_{ab} = q_{cd} + q_{cf}; \quad q_{ed} + q_{cd} = q_{dh} \text{ и т.д.}$$

Принимая расходы, притекающие к узлу, со знаком плюс, а расходы, оттекающие

от него, со знаком минус, изложенный вывод можно записать так:

$$\sum q = 0 \quad (\text{II.26})$$

где  $\sum q$  — алгебраическая сумма расходов, притекающих к узлу и оттекающих от него (включая расход в узле)

Расчет кольцевой водопроводной сети сводится к назначению диаметров труб, определению расходов, протекающих по отдельным ветвям сети, и подсчету потерь напора от места подачи воды до расчетной точки сети.

В начале расчета на схеме сети намечают распределение расходов исходя из баланса расходов в узлах. По намеченным расходам назначают диаметры труб участков сети, пользуясь графиками так называемых «экономичных диаметров» или соблюдая значения «экономичных скоростей».

Для подсчета потерь напора от начальной точки сети до расчетной необходимо произвести «увязку сети», т. е. откорректировать Распределение расходов по участкам сети таким образом, чтобы для всех колец и узлов сети были соблюдены условия (II.25) и (II.26). При увязке сети приходится иногда изменять ранее назначенные диаметры труб на отдельных участках сети.

Существует несколько методов расчета (увязки) кольцевых водопроводных сетей. Все они, по существу, сводятся к тем или иным способам приближенного решения системы квадратных уравнений и поэтому достаточно трудоемки, особенно при расчете больших многокольцевых сетей.

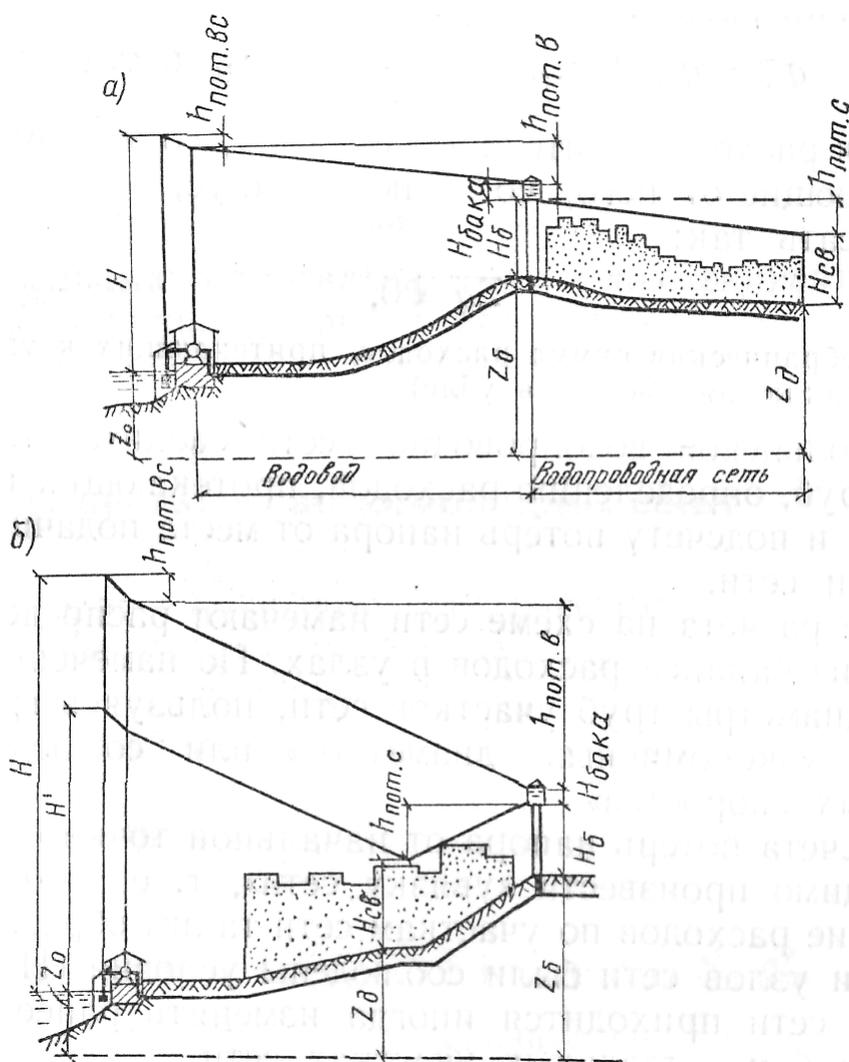
В настоящее время разработаны способы расчета кольцевых водопроводных сетей с применением вычислительных или аналоговых машин.

Кольцевые водопроводные сети рассчитывают несколько раз: на максимальный хозяйственный водоразбор, на пропуск пожарных расходов, а сети с контррезервуаром (с водонапорной башней, расположенной в конце сети) рассчитывают и на пропуск максимального транзитного расхода в башню.

По данным расчетов водопроводной сети определяют напор, который должны развивать насосы, и высоту водонапорной башни. Высоту водонапорной башни определяют по формуле (рис. II.27)

$$H_{\bar{b}} = H_{св} + h_{Пот.с} - (z_{\bar{b}} - z_{\bar{d}}) \quad (11.27)$$

где  $H_{св}$  — свободный напор в диктующей точке;  $h_{Пот.с}$  — сумма потерь напора в сети;  $z_{\bar{b}}$  и  $z_{\bar{d}}$  — отметки поверхности земли в диктующей точке и в месте расположения водонапорной башни.



**Рис. П.27. Схемы определения высоты водонапорной башни и напора насосов**  
 а — водонапорная башня в начале сети; б — водонапорная башня в конце сети (контррезервуар)

В качестве диктующей принимают точку, при расчете по которой высота водонапорной башни получается наибольшей. Обычно это наиболее высокорасположенная и удаленная от башни точка.

Напор насосов определяют по формуле (см. рис. П.27)

$$H = H_0 + H_{\text{бака}} + h_{\text{пот.в}} + h_{\text{пот.вс}} + (z_б - z_0) \quad (\text{П.28})$$

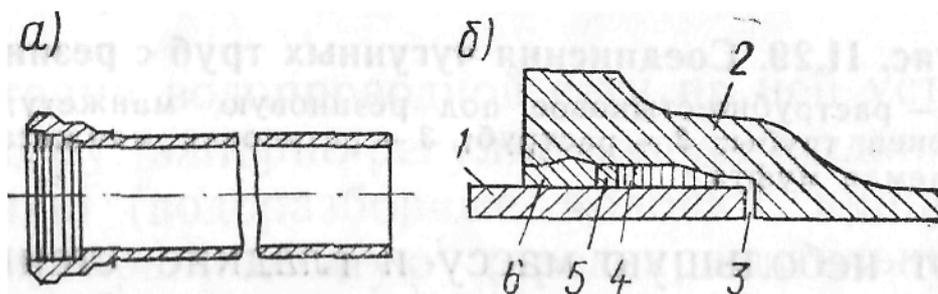
где  $H_{\text{бака}}$  — высота бака (слоя воды в баке) водонапорной башни;  $h_{\text{пот.в}}$  — сумма потерь напора в водоводе (при расположении башни в конце сети  $h_{\text{пот.в}}$  — сумма потерь напора в водоводе и в сети);  $h_{\text{пот.вс}}$  — сумма потерь напора во всасывающей трубе;  $Z_0$  — отметка самого низкого уровня воды в водоеме.

## § 67. ТРУБЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ВОДОПРОВОДА

Для устройства наружного водопровода применяют трубы чу-гунные, стальные, асбестоцементные, железобетонные, пластмассовые и др.

Чугунные раструбные трубы и фасонные части к ним изготовляют согласно ГОСТ 21053—75 и ГОСТ 9583—75 на нормальное давление 1 МПа и на повышенное давление 1,6 МПа.

Стыки раструбных соединений заделывают (конопатят) смоленой или битумизированной прядью и чеканят асбестоцементной смесью (30 % асбеста и 70% портландцемента по массе) с добавлением 10—12% воды (от массы смеси) (рис. П.28).



**Рис. П.28. Чугунные раструбные трубы**

*а* — общий вид; *б* — заделка стыка; 1 — гладкий конец трубы; 2 — раструб; 3 — чазор; 4 — смоленая прядь; 5 — белая прядь; 6 — асбестоцемент

Стыки с асбестоцементной заделкой эластичны, хорошо сопротивляются вибрационным нагрузкам и надежны в эксплуатации. Можно заделывать **СТЫКИ** и резиновыми уплотнителями. За последнее время разработаны соединения чугунных труб на резиновых кольцах без чеканки. На рис. П.29 показаны два таких стыка, разработанные институтами ВНИИ ВОДГЕО и МИСИ им. В. В. Куйбышева.

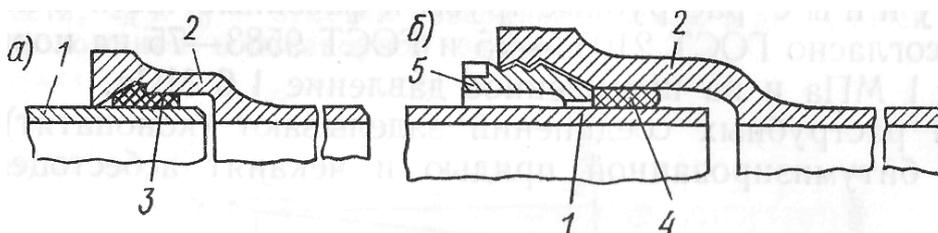
Чугунные трубы с противокоррозионным покрытием, выполняемым на заводах, долговечны и наиболее широко применяются при устройстве водопроводов. Недостатком чугунных труб является плохое сопротивление динамическим нагрузкам и сравнительно большой расход металла.

В необходимых случаях для устройства наружных водопроводов применяют стальные трубы следующих сортиментов: электросварные прямошовные (ГОСТ 10704—76) диаметром до 1400 мм *b* со спиральным швом (ГОСТ 8696—74) диаметром до 1400 мм, бесшовные горячедеформированные (ГОСТ 8732—78) диаметром До 500 мм.

Соединения стальных труб осуществляют на сварке. Фасонные части к ним изготовляют из вырезаемых по шаблонам и свариваемых между собой отрезков труб.

С целью предохранения стальных труб от коррозии с наружной стороны их покрывают битумной или битумно-резиновой изоляцией, а также используют метод катодной защиты. Для транспортирования вод, сильно агрессивных по отношению к металлу, стальные трубы без устройства внутренней изоляции применять не следует.

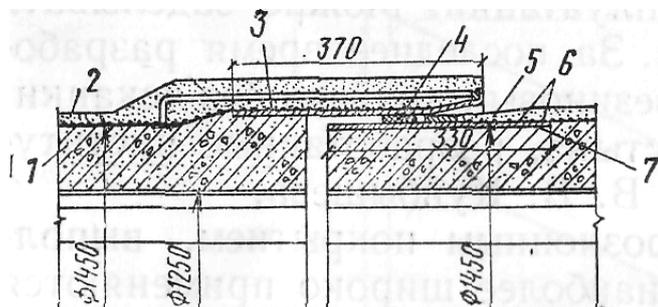
Асбестоцементные водопроводные трубы (ГОСТ 539—73) изготовляют заводским способом на рабочее давление 0,6; 0,9; 1,2 МПа (соответственно марки ВТ6, ВТ9 и ВТ12), диаметром до 500 мм. Асбестоцементные трубы прочны, стойки по отношению к коррозии, отличаются малой теплопроводностью, имеют небольшую массу и гладкие стенки. Недостаток асбестоцементных труб заключается в их малой сопротивляемости ударам и динамическим нагрузкам.



**Рис. П.29. Соединения чугунных труб с резиновыми уплотнителями**

а — раструбно-стыковое под резиновую манжету; б — раструбно-винтовое; 1 — гладкий конец трубы; 2 — раструб; 3 — резиновая манжета; 4 — резиновое кольцо; 5 — навинчиваемая муфта

Соединения асбестоцементных труб осуществляют асбестоцементными или металлическими муфтами с резиновыми кольцами.



**Рис. П.30. Раструбное соединение железобетонных труб**

1 — тело трубы; 2 — тонкостенный стальной цилиндр; 3 — металлическая обечайка раструба; 4 — резиновое кольцо; 5 — защитное покрытие; 6 — спиральная напряженная арматура; 7 — металлическая обечайка гладкого конца трубы

Наиболее совершенное соединение асбестоцементных труб получается при применении самоуплотняющихся асбестоцементных муфт (САМ) и резиновых колец фигурного сечения.

Для устройства водопроводов могут применяться и железобетонные трубы диаметром 500—1600 мм (ГОСТ 12586—74 и ГОСТ 16953—78). Такие трубы изготовляют, как правило, с предварительно напряженной арматурой. На рис. П.30 показан один из способов соединения раструбных железобетонных труб на резиновых кольцах.

Для временных водопроводов с небольшим рабочим давлением могут применяться деревянные клепочные трубы. При диаметре до 300 мм их изготовляют заводским способом, при большем диаметре собирают на месте укладки из отдельных клепок.

В настоящее время для устройства наружных водопроводов диаметром до 600 мм начали применять полиэтиленовые трубы. Они стойки против электрохимической коррозии, имеют небольшую массу и достаточную механическую прочность, долговечны и оказывают меньшее гидравлическое сопротивление, чем трубы из других материалов. В качестве недостатка этих труб следует отметить их большой коэффициент линейного расширения.

При выборе материала труб для устройства наружного водопровода необходимо всесторонне учитывать условия проектирования, в частности свойства транспортируемой воды, агрессивность грунтовых вод, геологические, гидрогеологические и климатические данные, требуемую механическую прочность и долговечность труб, экономические и санитарные соображения и др.

## § 68. АРМАТУРА ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Для нормальной эксплуатации водопроводной сети на ней устанавливают следующую арматуру: запорно-регулирующую (задвижки и вентили), водоразборную (водоразборные колонки, краны, пожарные гидранты) и предохранительную (предохранительные клапаны и воздушные вантузы).

Задвижки служат для регулирования распределения расходов воды по сети и отключения участков сети для осмотра и ремонта. Применяемые на практике задвижки

подразделяют на параллельные и клиновые. Оба типа могут быть с выдвижным и невыдвижным шпинделем.

На рис. П.31 показана параллельная задвижка с невыдвижным шпинделем. Запорное устройство задвижки состоит из двух дисков 1 и односторонне скошенных клиньев 5 между ними. Вращением маховика 3, связанного со шпинделем 4, диски можно поднимать (открывать задвижку) и опускать (закрывать задвижку). При опускании дисков клинья раздвигаются и прижимают диски к гнездам 2, обеспечивая плотное закрытие задвижки.

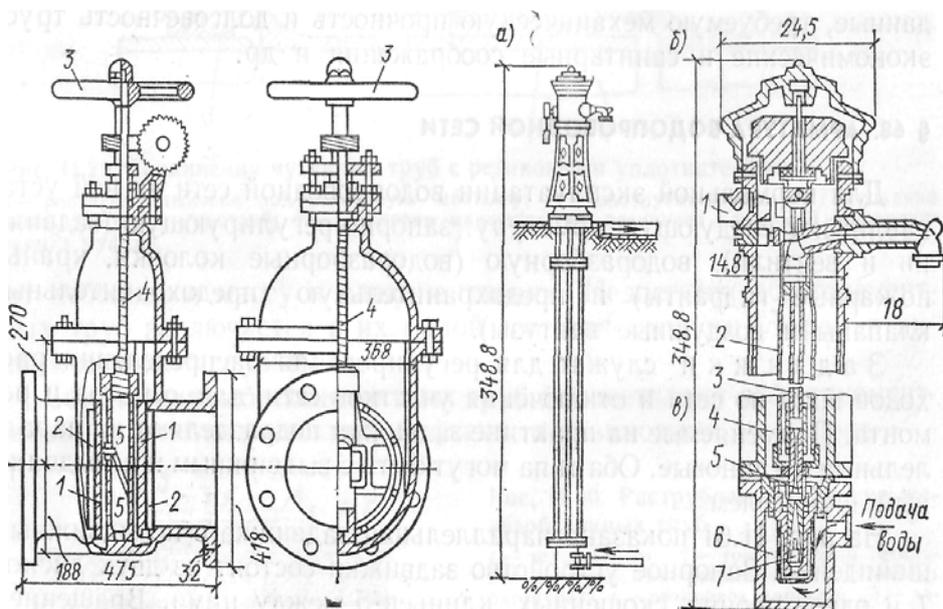
В клиновой задвижке с выдвижным шпинделем запорное устройство состоит из одного круглого диска. Плотность закрытия задвижки обеспечивается клинообразной формой диска, вводимого в гнездо между наклонными уплотняющими кольцами корпуса.

Для облегчения открытия задвижек больших диаметров их снабжают обводными трубами. Открытие задвижки на обводной линии выравнивает давление по обеим сторонам диска и облегчает открытие основной задвижки.

Задвижки большого диаметра оборудуют электрическим или гидравлическим приводом. Это обеспечивает возможность дистанционного и автоматического управления задвижками.

В местах расположения задвижек на сети обычно устраивают смотровые колодцы. Иногда задвижки устанавливают без устройства колодца.

Водоснабжение поселков и зданий, не оборудованных внутренним водопроводом, осуществляется через водоразборные колонки. На рис. П.32 показана водоразборная колонка московского типа. При нажатии на рукоятку штангой открывается клапан, и вода поступает в подающую трубу. После прекращения работы колонки вода из подающей трубы стекает в межтрубное пространство (патрубок), откуда засасывается эжектором в начале очередного действия колонки. Давление в сети для нормального действия колонки должно быть не менее 0,1 МПа.



**Рис. П.32. Водоразборная колонка московского типа**  
 а — общий вид колонки; б — деталь верхней части; в — деталь нижней части; 1 — подъемный рычаг с рукояткой; 2 — трубчатая штанга; 3 — подающая труба; 4 — патрубок; 5 — эжектор; 6 — приемник; 7 — клапан

**Рис. П.31. Параллельная задвижка с невыдвижным шпинделем**

Для забора воды из сети с целью пожаротушения применяют гидранты (рис. П.33). Гидранты бывают подземные и надземные. При пользовании гидрантом на него навинчивают стендер, показанный на рис. П.34. При вращении рукоятки стендера опус-

кается стержень гидранта и открывается связанный с ним шаровой клапан. Вода забирается через пожарные рукава, присоединяемые к штуцерам стендера.

Гидранты устанавливают в смотровых колодцах на фасонных частях (пожарных подставках). Расстояние между гидрантами на сети должно быть не более 150 м.

Скопление воздуха в водопроводной сети нарушает ее работу. Для выпуска воздуха в возвышенных точках сети устанавливают в а н т у з ы.

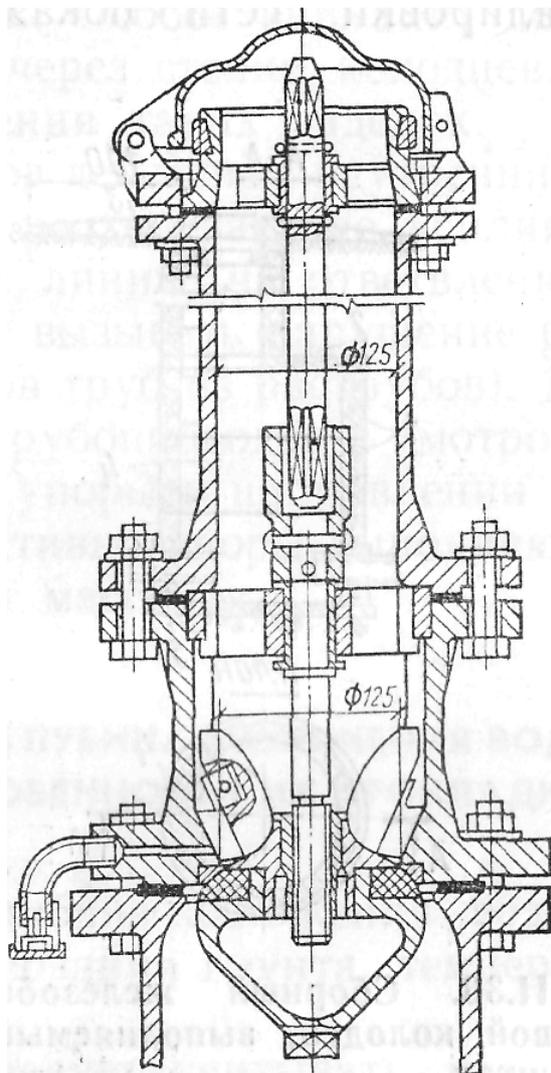


Рис. П.33. Пожарный гидрант

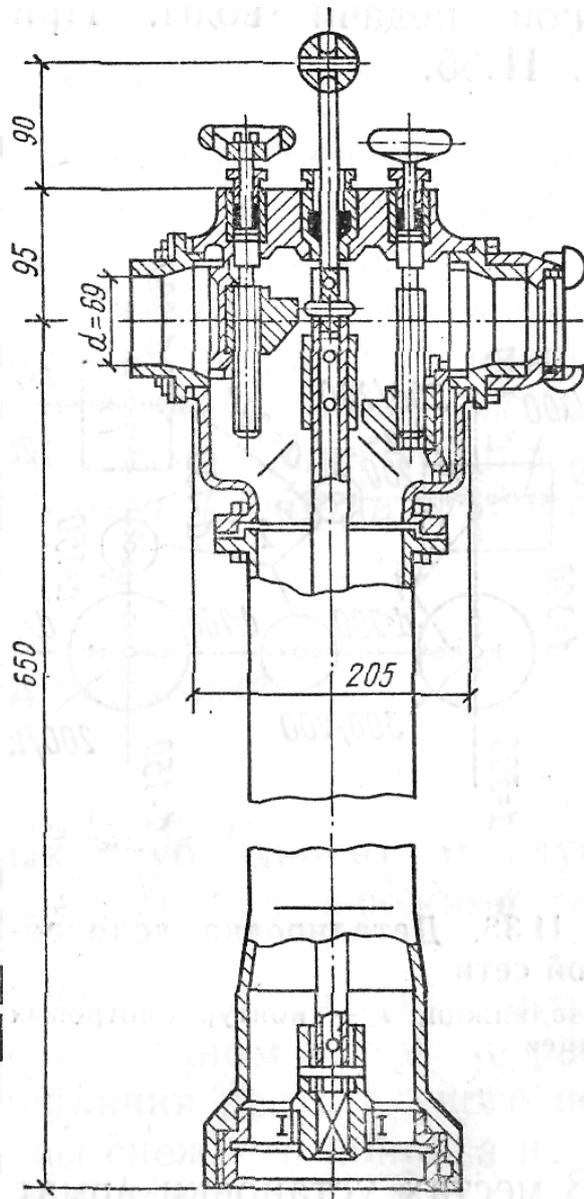


Рис. П.34. Стендер

В пониженных местах сети устраивают выпуски, представляющие собой патрубки, примыкающие к нижней части труб. На выпусках устанавливают задвижки. Выпуски служат для опорожнения труб и отвода воды при промывке.

На водопроводной сети устанавливают также предохранительные клапаны, исключающие повышение давления сверх допустимого, обратные клапаны, допускающие движение воды только в одном направлении, и редукционные клапаны, служащие для понижения давления на отдельных участках сети.

## § 69. ДЕТАЛИРОВКА СЕТИ. КОЛОДЦЫ НА СЕТИ

Важной составной частью проекта водопроводной сети является ее детализовка, представляющая собой схему сети, на которой условными обозначениями нанесены арматура и фасонные части. При составлении детализовки сети в первую очередь намечают места установки задвижек и гидрантов. Задвижки размещают таким образом, чтобы можно было выключать из работы отдельные участки сети без нарушения водоснабжения объектов, требующих бесперебойной подачи воды. Пример детализовки сети показан на рис. П.35.

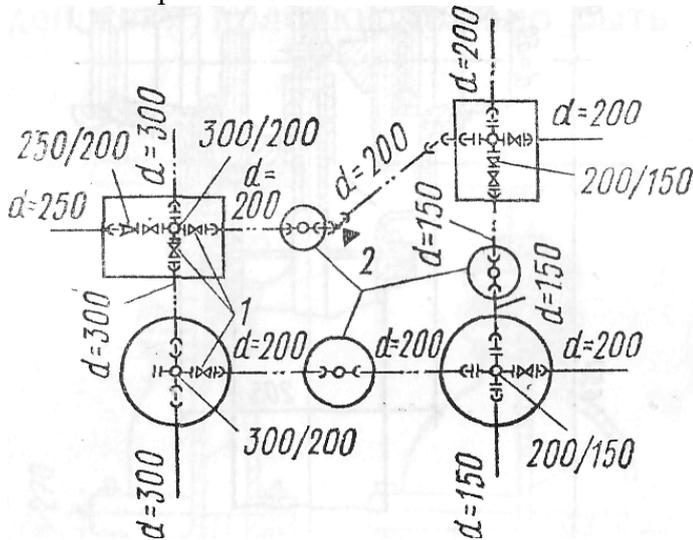


Рис. П.35. Детализовка водопроводной сети  
/ — задвижки, 2 — контур смотровых колодцев

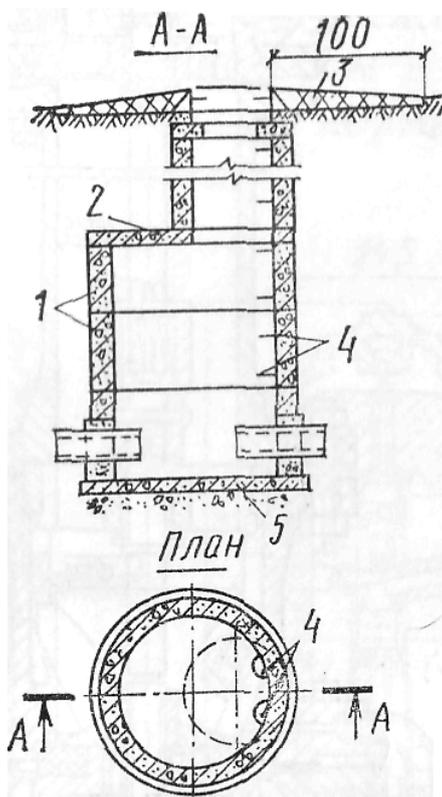
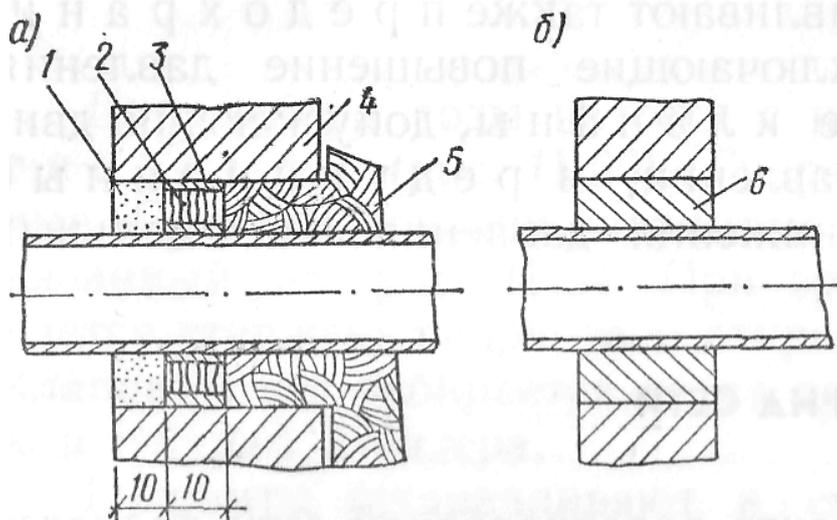


Рис. П.36. Сборный железобетонный смотровой колодец, выполняемый в сухих грунтах

1 — кольца; 2 — плита перекрытия; 3 — каменная отмостка; 4 — ходовые скобы; 5 — плита днища на утрамбованном слое грунта

В местах установки арматуры и фасонных частей с фланцевыми соединениями устраивают смотровые колодцы. Размер их в плане определяется габаритными размерами арматуры и фасонных частей. Колодцы в плане могут выполняться круглыми (ГОСТ 8020—68) и прямоугольными. Колодец состоит из основания, рабочей камеры и горловины, которая заканчивается чугунным люком с крышкой. Стенки камеры и горловина колодца могут выполняться из кирпича или сборного железобетона. На рис. П.36 показан круглый колодец из сборного железобетона. При наличии грунтовых вод водонепроницаемость колодцев обеспечивается изоляцией днища и стенок. Особое внимание должно уделяться заделке мест прохода труб через стенки колодцев. На рис. П.37 показаны примеры исполнения таких заделок.



**Рис. П.37** Заделка труб в стенках колодцев

*a* — в мокрых грунтах, *б* — в сухих грунтах; 1—заделка цементным раствором; 2 — деревянный щит; 3 — смолёный канат; 4 — штукатурка на цементном растворе 1 : 3; 5 — мягкая глина; 6 — заделка отверстия кирпичом на глине

Под действием внутренних сил давления в трубопроводах возникают растягивающие усилия. На участках, прилегающих к поворотам линий, на ответвлениях и тупиковых участках эти усилия могут вызывать нарушение раструбных соединений (выход гладких концов труб, из раструбов). Для исключения смещения и повреждения трубопроводов в смотровых колодцах или в грунте устанавливают упоры в направлении действия растягивающих усилий. Конструктивно упоры выполняют в виде бетонных, кирпичных или бутовых массивов.

## § 70. ГЛУБИНА ЗАЛОЖЕНИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРОКЛАДКИ

Глубина заложения водопроводных труб зависит от глубины промерзания грунта, температуры воды в трубах и режима ее подачи.

Следует учитывать, что глубина промерзания грунта неодинакова не только в разных районах, но и в одном и том же районе. Она зависит от характера грунта и наличия растительного покрова, от наличия грунтовых вод, толщины снежного покрова и условий нагревания поверхности земли солнцем.

Глубина заложения водопроводных труб должна быть такой, чтобы исключалось замерзание в них воды. Для водоводов и магистральных трубопроводов со строго

определенным режимом работы глубину заложения устанавливают на основании теплотехнических расчетов.

Глубина заложения труб, считая до их нижней образующей, должна быть на 0,5 м больше расчетной глубины промерзания грунта. Ориентировочно глубину заложения труб можно принимать в северных районах 3—3,5 м; в средней полосе 2,5—3 м; в южных районах 1—1,5 м.

Минимальную глубину заложения труб определяют из условия защиты их от воздействия внешних нагрузок и предохранения воды от нагревания в летнее время. Ориентировочно ее можно принять равной 1 м.

Водопроводные линии прокладывают соответственно рельефу местности с постоянной глубиной заложения. Трубам должен придаваться уклон, обеспечивающий опорожнение сети и выпуск воздуха из нее. Для этого в пониженных местах сети устраивают выпуски, а в возвышенных — вантузы.

Водопроводные линии следует прокладывать с учетом расположения других подземных сооружений. В городах и на промышленных предприятиях, имеющих большое количество подземных коммуникаций различного назначения, целесообразно прокладывать их в проходных или полупроходных коллекторах.

Под железнодорожными путями водопроводные линии обычно прокладывают в проходных каналах или в металлических футлярах — кожухах.

Пересечение водопроводных линий с реками целесообразно выполнять путем прокладки труб под дном реки — так называемым дюкером.

## § 71. ПРИЕМКА ВОДОПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Приемка водопроводных линий в эксплуатацию должна сопровождаться: 1) проверкой соответствия выполненных работ проекту; 2) наружным осмотром трубопроводов и всех доступных элементов сооружений; 3) гидравлическим испытанием или проверкой актов на эти испытания; 4) промывкой и дезинфекцией или проверкой актов на эти работы и др.

Очень важно проверить соответствие уклонов уложенных трубопроводов проектным. С этой целью производят инструментально-контрольную проверку их профиля. Одновременно проверяют обеспеченность свободного удаления из трубопроводов воздуха и воды при их опорожнении.

Для проверки прочности трубопроводов и плотности их стыков проводят гидравлическое испытание. Напорные трубопроводы, прокладываемые в траншеях или непроходных каналах, следует

испытывать дважды:

- 1) предварительное испытание — до засыпки траншеи и установки арматуры;

Таблица П.6. Испытательное давление

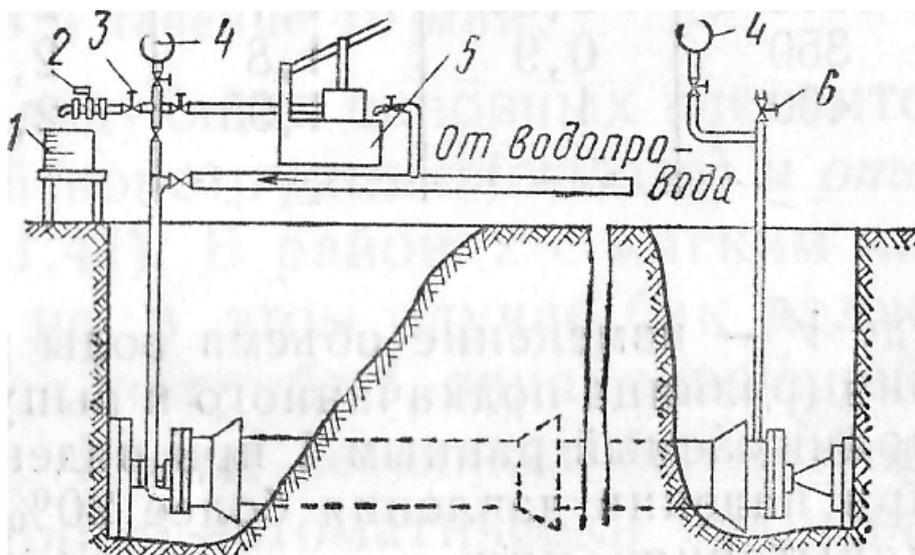
Трубопровод	Коэффициент к рабочему давлению	Испытательное давление
Стальной	1,25	Не менее 1 МПа; превышение над рабочим не менее 0,5 МПа
Чугунный	-	Рабочее плюс 0,5 МПа
Подводный из стальных труб	2	Не менее 1 МПа
Железобетонный предварительно	-	Рабочее плюс 0,3 МПа

напряженный; асбестоцементный	1,5	-
Полиэтиленовый		

2) окончательное испытание — после засыпки траншеи и завершения всех работ, но до установки гидрантов, предохранительных клапанов и вантузов (вместо них устанавливают заглушки).

Подводные трубопроводы подвергают предварительному испытанию дважды: на стапеле после сварки труб и на дне траншеи до ее засыпки.

Предварительное испытание заключается в осмотре трубопровода, находящегося под испытательным давлением, и в наблюдении по манометру за падением давления. Окончательное испытание заключается в определении утечки воды при испытательном давлении.



**Рис. П.38. Схема гидравлического испытания участка трубопровода**  
 1 — мерный сосуд, 2 — пробковый кран; 3 — регулировочный вентиль; 4 — манометр; 5 — гидравлический пресс; 6 — вентиль для выпуска воздуха

Испытательное давление устанавливают по рабочему давлению в соответствии с данными табл. П.6. Рабочее давление следует определять по проекту. Оно должно соответствовать наибольшему рабочему давлению в испытываемом участке.

Окончательное гидравлическое испытание трубопровода проводят по отдельным участкам его. Каждый участок закрывают с обоих концов глухими фланцами, закрепляемыми упорами (рис. П.38). К повышенной точке трубопровода присоединяют трубку с вентиляем для выпуска воздуха, а к пониженной точке — гидравлический пресс для повышения давления.

Окончательное испытание проводят в такой последовательности. Сначала повышают давление в трубопроводе до испытательного и в течение периода времени не менее 10 мин не допускают его падения больше чем на 0,1 МПа, производя в необходимых случаях дополнительную подкачку воды насосом или прессом. Затем выпуском воды снижают давление в трубопроводе до значения, соответствующего делению манометра, ближайшему к значению испытательного давления. Этот момент считают началом испытания. После наблюдения за падением давления в течение периода времени не менее 10 мин подкачивают из мерного бака воду, повышая давление до испытательного. Затем выпуском воды обратно в мерный бак снижают давление до первоначального. Очевидно, что утечка из трубопровода составит:

$$q = \frac{V}{bT}, \quad (\text{II.29})$$

**Таблица II.7. Допустимое значение утечки на участке длиной 1 км**

Условный проход, мм	Допустимое значение утечки, л/мин для трубопроводов			Условный проход, мм	Допустимое значение утечки, л/мин для трубопроводов		
	стальных	чугунных	асбестоцементных		стальных	чугунных	асбестоцементных
100	0,28	0,7	1,4	450	1,05	2,1	2,96
150	0,42	1,05	1,72	500	1,1	2,2	3,14
200	0,56	1,4	1,93	600	1,2	2,4	3,44
250	0,7	1,55	2,22	700	1,3	2,55	3,7
300	0,85	1,7	2,42	800	1,35	2,7	3,96
350	0,9	1,8	2,62	900	1,45	2,9	4,2
400	1	1,95	2,8	1000	1,5	3	4,42

где  $V$  — изменение объема воды в мерном баке от начала до конца испытания (разница подкачанного и выпущенного объемов воды);  $b$  — коэффициент, принимаемый равным 1 при падении давления до 20% испытательного и 0,9 при падении давления более 20% испытательного;  $T$  — продолжительность испытания, мин

Трубопровод считают выдержавшим испытание, если утечка не превышает допустимого значения, приведенного в табл. II.7.

После испытания перед пуском в эксплуатацию водопроводные линии должны быть подвергнуты промывке водой с большой скоростью (не менее 1 м/с). Линии хозяйственно-питьевых водопроводов, кроме того, подвергают дезинфекции раствором, содержащим 40 мг активного хлора на 1 л воды. Хлорная вода должна находиться в трубопроводе 1 сут.

# Глава 17. ВОДОНАПОРНЫЕ И РЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

## § 72. ВОДОНАПОРНЫЕ БАШНИ

Полного соответствия водопотребления и подачи воды насосной станцией II подъема добиться невозможно. Для регулирования подачи и потребления служат водонапорные башни. Регулирующий объем бака водонапорной башни можно определять по совмещенным ступенчатым или интегральным графикам подачи и потребления воды. В первом случае он равен площади фигур, заключенных между линиями подачи воды и водопотребления. Например, на графике рис. П.39 регулирующий объем бака равен площади заштрихованных фигур. Во втором случае регулирующий объем бака равен сумме абсолютных величин максимальной положительной и максимальной отрицательной разностей ординат кривых подачи и потребления воды.

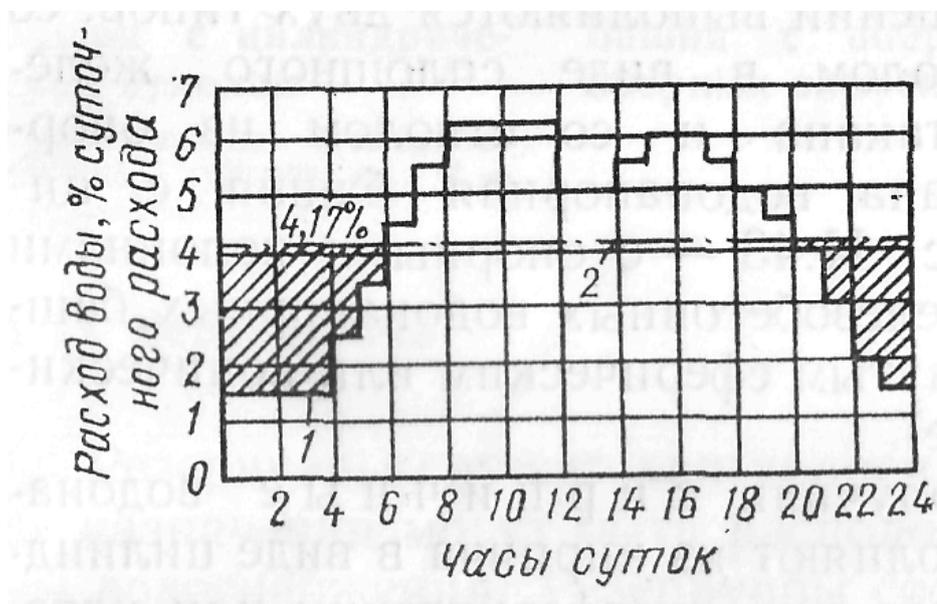


Рис. П.39. Ступенчатый график подачи и потребления воды

1 — водопотребление; 2 — подача насосами

На интегральном графике рис. П.40 он равен  $13,02 + + 6,14 = 19,16\%$  среднесуточного расхода.

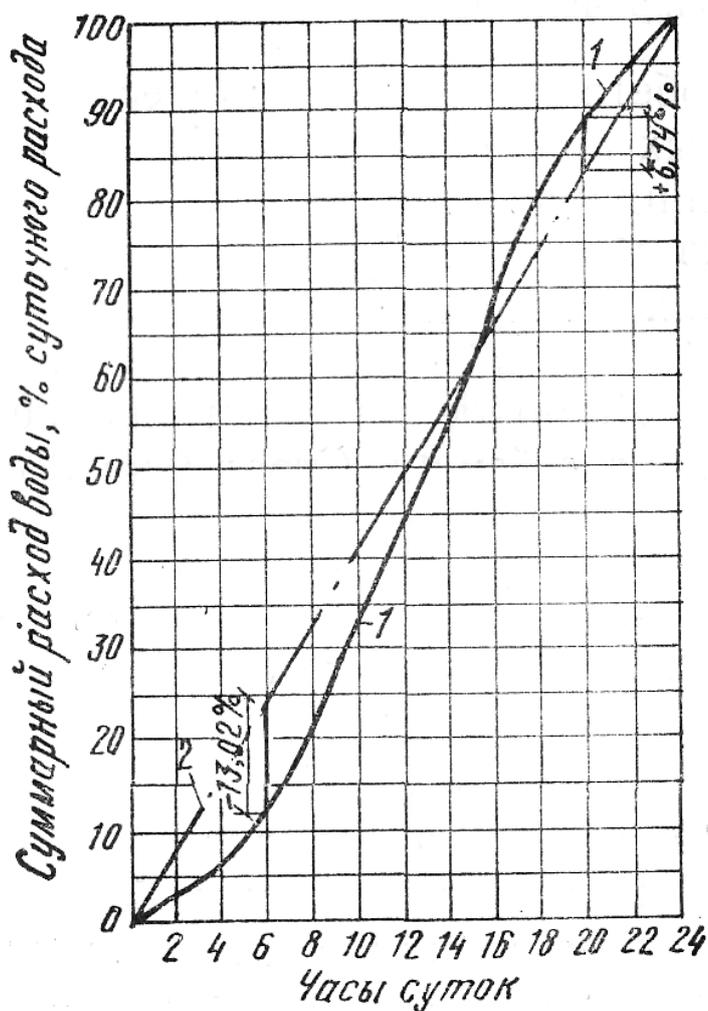


Рис. П.40. Интегральный график подачи и потребления воды  
 / — водопотребление; 2 — подача насосами

В баке водонапорной башни должен храниться, кроме того, запас воды для тушения пожара в первые минуты после его возникновения. Таким образом, объем бака водонапорной башни должен равняться:

$$V = V_P + V_{II} \quad (\text{П.30})$$

где  $V_P$  — регулирующий объем бака;  $V_{II}$  — запас воды для тушения одного внутреннего и одного наружного пожара в течение 10 мин

Водонапорная башня состоит из следующих основных элементов: *водонапорного бака*, поддерживающей конструкции (*ствола*) и *отепляющего шатра* вокруг бака (рис. П.41). В районах с мягким климатом шатры можно не устраивать, но в этом случае бак должен иметь перекрытие.



Широкое распространение получили кирпичные водонапорные башни. Ствол башен выполняют из кирпича в виде цилиндра или многогранника, а баки с выпуклым сферическим или плоским дном — из стали.

В сельских водопроводах получили распространение также металлические водонапорные башни системы А. А. Рожновского (рис. П.44).

Деревянные башни выполняют преимущественно на временных водопроводах.

Роль водонапорных башен могут выполнять пневматические напорно-регулирующие установки. Однако из-за больших эксплуатационных затрат их применяют редко.

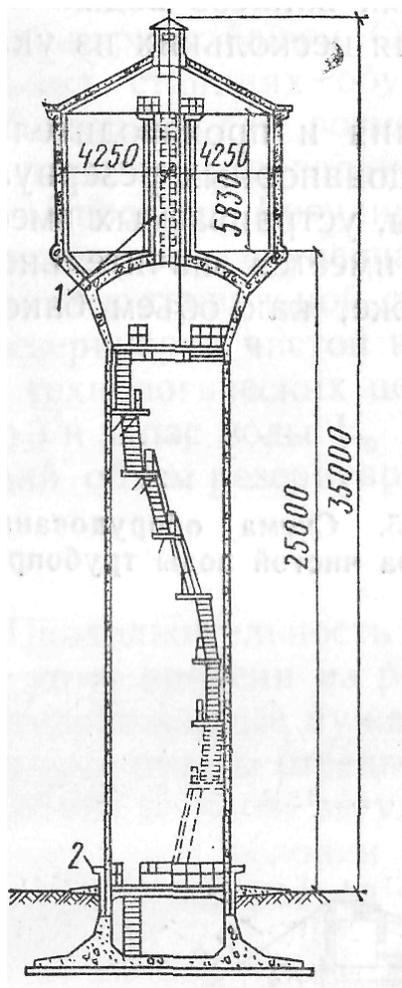


Рис. П.42. Железобетонная водонапорная башня с цилиндрическим стволом  
1 — защитная железобетонная оболочка; 2 —; кирпичный цоколь

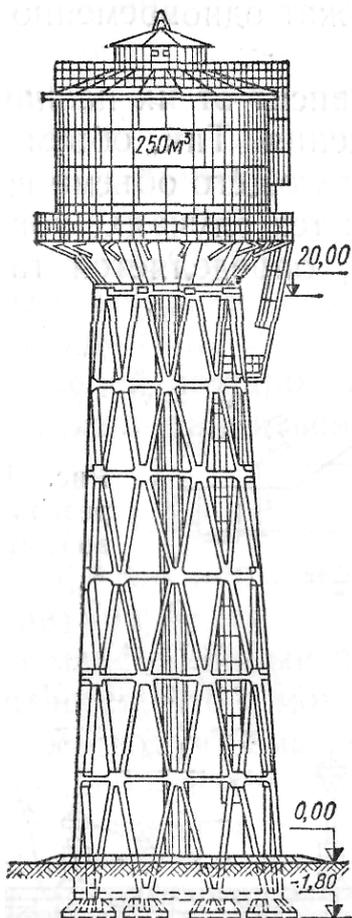


Рис. П.43. Железобетонная водонапорная башня с опорой из сборных элементов

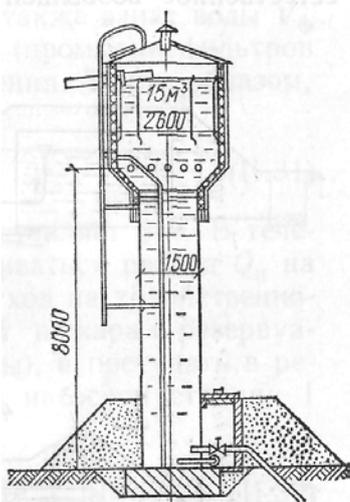


Рис. П.44. Бесшатровая сборно-металлическая водонапорная башня (конструкция инж. А. А. Рожновского)

## § 73. РЕЗЕРВУАРЫ

Резервуары служат для хранения запасов воды и в зависимости от назначения могут быть расположены в различных местах системы водоснабжения. Резервуары сооружают преимущественно в следующих целях.

- а) прием и хранение воды, поступающей от насосных станций I подъема, фильтровальных станций или районных водопроводов и подаваемой далее насосными станциями II (или последующего) подъема;
- б) прием «свежей» воды, питающей системы оборотного водоснабжения;
- в) хранение регулирующего объема воды и поддержание напора в сети (водонапорный резервуар);
- г) хранение противопожарных и аварийных запасов воды.

Часто резервуары служат одновременно для нескольких из указанных целей.

Объем резервуаров зависит от их назначения и производительности системы водоснабжения. Так, объем водонапорных резервуаров для хранения регулирующего объема воды, устраиваемых вместо водонапорных башен в тех случаях, когда имеется значительное естественное возвышение, определяется так же, как объем баков водонапорных башен. Объем резервуаров чистой воды при фильтровальных станциях обуславливается регулирующим объемом  $V_p$ , необходимым для возмещения разницы между равномерной подачей воды фильтровальной станцией и откачкой ее насосами станции II подъема. Регулирующий объем резервуара  $V_p$  определяют по совмещенному ступенчатому или интегральному графику подачи воды фильтровальной станцией и откачки ее насосами II подъема. В резервуарах чистой воды обычно хранится также запас воды  $V_\phi$  для технологических целей очистной станции (промывки фильтров и др.) и запас воды  $V_n$  для целей пожаротушения. Таким образом, общий объем резервуара должен равняться:

$$V = V_p + V_\phi + V_n \quad (II.31)$$

Продолжительность пожара по нормам составляет 3 ч. В течение УТОГО времени из резервуара будет откачиваться расход  $Q_u$  на противопожарные нужды и максимальный расход на хозяйственно-питьевые нужды (предполагается, что в момент пожара в резервуаре может не быть регулирующего объема воды), а поступать в резервуар при условии бесперебойной работы насосной станции I подъема будет расход  $Q_x$ . Следовательно,

$$V_{II} = 3Q_u + \Sigma Q_x - 3Q_1 \quad (11.32)$$

где  $Q_x$  — расход воды на хозяйственно-питьевые нужды за 3 ч' наибольше-1 о иодонотреОления (по графику).

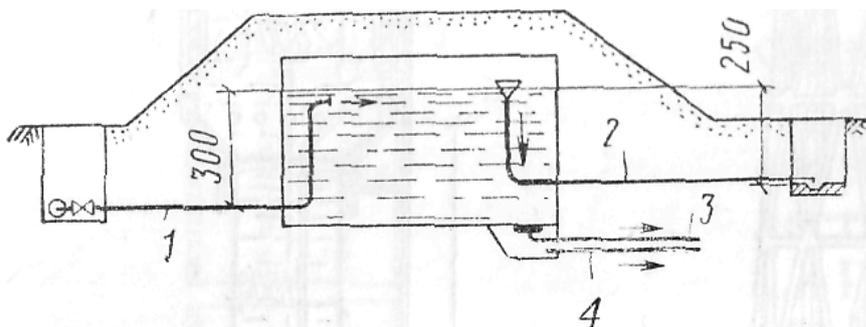
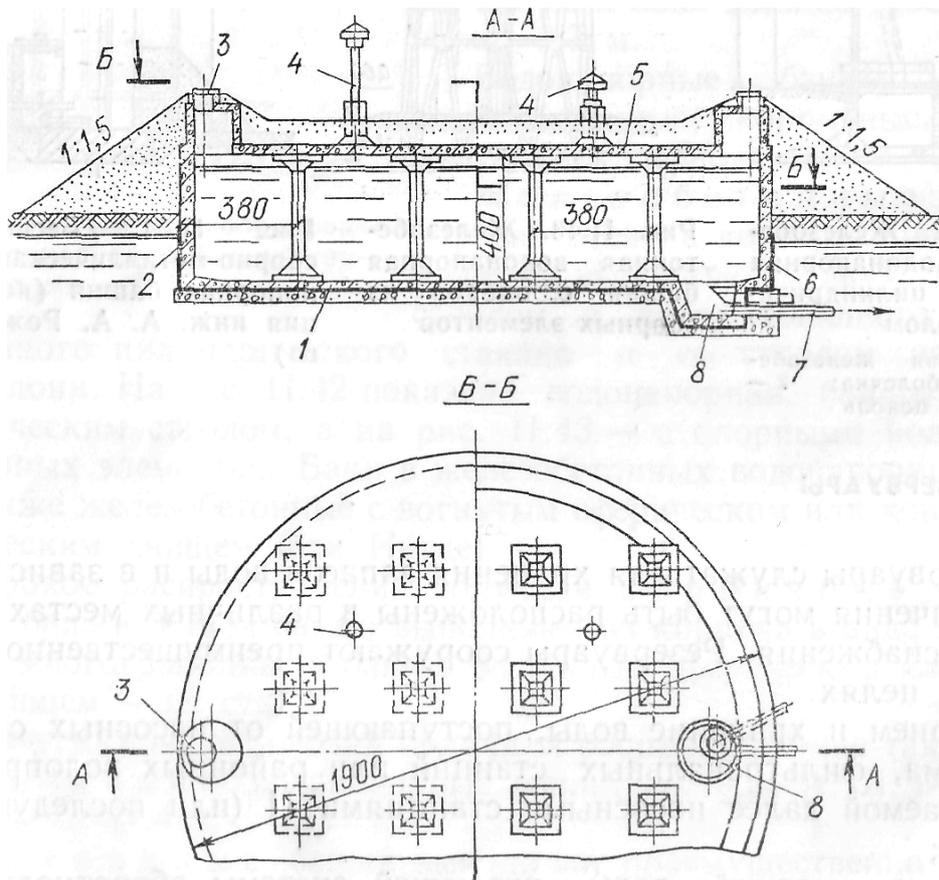


Рис. II.45. Схема оборудования резервуара чистой воды трубопроводами



**Рис. П.46. Железобетонный резервуар объемом 1000 м<sup>3</sup>, выполняемый в мокрых грунтах**

1 — днище на утрамбованном грунте, гидроизоляция битумом, бетонная подготовка; 2 — стенка; 3 — люк с лазом; 4 — вентиляционные трубы; 5 — перекрытие; 6 — гидроизоляция битумом; 7 — грязевая труба; 8 — прямик

На рис. П.45 приведена схема оборудования трубопроводами резервуара чистой воды фильтровальной станции. По трубе 1 вода подается в резервуар, а через трубу 3 разбирается. Кроме того, резервуар оборудуется переливной трубой 2 и грязевой трубой 4. При двух и большем числе резервуаров между ними устраивают камеры переключения, в которых размещают узлы с арматурой, образуемые ответвлениями труб к отдельным резервуарам.

Резервуары выполняют преимущественно из железобетона. При объеме до 2000 м<sup>3</sup> железобетонные резервуары сооружают круглой формы в плане (рис. П.46), а при большем объеме — прямоугольной формы в плане. Перекрытие цилиндрических резервуаров устраивают плоским безбалочным, а прямоугольных резервуаров — плоским безбалочным или балочным. Железобетонные резервуары могут выполняться монолитными или сборными из отдельных элементов. Для обеспечения водонепроницаемости резервуаров их стенки и днище следует торкретировать, а внутренние поверхности стенок, кроме того, железнить.

Кирпичные и каменные резервуары в настоящее время сооружают! редко.

## Глава 18. ОЧИСТКА И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ

### § 74. СВОЙСТВА ВОДЫ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЕЕ КАЧЕСТВУ

Качество воды характеризуется ее физическими, химическими и бактериологическими свойствами.

К **физическим свойствам** воды относятся ее температура, цветность, мутность, привкус и запах.

*Температура* воды поверхностных источников зависит от температуры воздуха, скорости движения воды и ряда других факторов. Она может изменяться в значительных пределах. Температура воды подземных источников относительно постоянна (обычно 6—8° С).

Под *цветностью* воды понимают ее окраску. Цветность выражают в градусах цветности по платиново-кобальтовой шкале. Один градус этой шкалы соответствует цвету 1 л воды, окрашенной 1 мг порошка платины.

*Мутность* определяется содержанием в воде взвешенных частиц и выражается в миллиграммах на литр (мг/л). Йода подземных источников имеет малую мутность. Мутность воды поверхностных источников зависит от их вида (разные реки несут воды различной мутности) и от времени года. Особенно велика мутность воды в период паводков.

Вода источников может иметь различные *привкус* и *запах*.

**Химические свойства** воды характеризуются следующими показателями: активной реакцией, жесткостью, окисляемостью, содержанием растворенных солей.

*Активная реакция* воды определяется концентрацией водородных ионов. Обычно она выражается через рН. При рН = 7 среда нейтральная; при рН < 7 среда кислая, а при рН > 7 среда щелочная.

*Жесткость* воды определяется содержанием в ней солей кальция и магния. Она выражается в миллиграмм-эквивалентах на литр (мг-экв/л). Различают жесткость карбонатную, некарбонатную и общую (их сумма). *Карбонатная*, или *временная*, жесткость характеризует содержание в воде бикарбонатных и карбонатных солей кальция, а *некарбонатная*, или *постоянная*, жесткость — содержание в воде некарбонатных солей кальция и магния. Вода подземных источников имеет большую жесткость, а вода поверхностных источников — относительно невысокую (3—6 мг-экв/л). Особенно велика жесткость морской воды.

*Окисляемость* обуславливается содержанием в воде растворенных органических веществ и может служить показателем загрязненности источника сточными водами.

*Содержание в воде растворенных солей* (в мг/л) характеризуется плотным остатком. Вода поверхностных источников имеет меньший плотный остаток, чем вода подземных источников, т. е. содержит меньше растворенных солей.

**Степень бактериологической загрязненности воды** определяется числом бактерий, содержащихся в 1 см<sup>3</sup> воды. Вода поверхностных источников содержит бактерии, внесенные сточными и дождевыми водами, животными и т. д. Вода подземных источников обычно не загрязнена бактериями.

Различают *патогенные* (болезнетворные) и *сапрофитные* бактерии. Для оценки степени загрязненности воды патогенными бактериями определяют содержание в ней кишечной палочки. Бактери-альное загрязнение воды измеряют коли-титром и коли-индексом. *Коли-титр* — объем воды в кубических сантиметрах, в котором содержится одна кишечная палочка. *Коли-индекс* — число кишечных палочек, содержащихся в 1 л воды.

**Требования, предъявляемые к качеству питьевой воды,** определяются ГОСТ 2874—73. Эти требования разделены на две группы.

*Требования первой группы* обязательны для всех хозяйственно-питьевых систем централизованного водоснабжения. К этим требованиям относятся следующие: запах и привкус не более 2 баллов; цветность не более 20°; прозрачность по шрифту не менее 30 см; общая жесткость воды не более 10 мг-экв/л.

*Требования второй группы* должны соблюдаться при наличии в системе водоснабжения очистных сооружений. Эти требования заключаются в следующем: мутность осветленной воды не более 2 мг/л; содержание железа не более 0,3 мг/л; активная реакция (рН) при осветлении и умягчении воды не менее 6,5 и не более 9,5; содержание остаточного **активного** хлора не менее 0,3 и не более 0,5 мг/л.

**Требования, предъявляемые к качеству производственной воды,** зависят от характера производства. На ряде промышленных предприятий значительный процент производственной воды расходуется на охлаждение оборудования и продукции. Так, водой охлаждаются доменные и мартеновские печи, компрессоры, турбины и т. п. В охлаждающей воде не должно содержаться много взвешенных частиц. Она должна иметь невысокую карбонатную жесткость (не более 4—5 мг-экв/л). Во избежание зарастания трубопроводов из-за выпадения солей временной жесткости охлаждающая вода не должна нагреваться выше 30—50° С. Зарастание трубопроводов могут вызвать и микроорганизмы при значительном их содержании в охлаждающей воде. Вода, предназначенная для питания котлов, должна иметь минимальную жесткость. Для снижения жесткости воду подвергают умягчению.

## § 75. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Метод очистки воды и состав очистных сооружений зависят от качества воды в источнике водоснабжения, назначения водопровода, производительности станции и местных условий. К наиболее распространенным методам очистки воды относятся осветление и обеззараживание.

**Осветление** может осуществляться отстаиванием воды в отстойниках, пропуском ее через взвешенный слой осадка в осветлителях и фильтрованием через зернистую загрузку в фильтрах. Для улучшения процесса отстаивания применяют коагулирование, т. е. вводят в воду химические реагенты (коагулянты), которые, взаимодействуя с мельчайшими коллоидными частицами, находящимися в воде, образуют агрегаты слипшихся частиц в виде хлопьев, быстро выпадающих в осадок. Приготовление и дозирование реагента осуществляют на установках, входящих в состав так называемого ре-агентного хозяйства. Раствор коагулянта тщательно перемешивается с обрабатываемой водой в смесителе. Из смесителя вода направляется в камеру хлопьеобразования, а затем поступает в отстойник, где происходит ее осветление, т. е. выпадение хлопьев с адсорбированными на них взвешенными частицами. Если применяются осветлители со взвешенным осадком, то камера хлопьеобразования не устраивается.

**Обеззараживание воды** осуществляют с целью уничтожения бактерий, главным образом патогенных. Наиболее распространенными способами обеззараживания являются хлорирование, озонирование и бактерицидное облучение.

Иногда применяется **специальная обработка воды**. Так, подземные воды, которые содержат много железа и марганца, подвергаются обезжелезиванию и удалению марганца. Питательная вода котельных установок и ТЭЦ требует предварительного умягчения. Вода некоторых источников водоснабжения должна быть до подачи ее потребителям обессолена, т. е. из воды должны быть удалены растворенные в ней соли.

Иногда из воды в процессе ее очистки необходимо удалять растворенные газы, т. е. проводить ее дегазацию.

Для предотвращения коррозии трубопроводов и аппаратуры, а также выпадения в трубах солей осуществляют стабилизацию воды путем добавления в нее химических реагентов.

Таким образом, очистная станция представляет собой комплекс сооружений, в которых вода подвергается очистке, приобретая качества и свойства, необходимые потребителю. Очистные сооружения, как правило, располагают так, чтобы вода могла передаваться из одного сооружения в другое самотеком.

## § 76. КОАГУЛИРОВАНИЕ И ОТСТАИВАНИЕ ВОДЫ

Для укрупнения мелкодисперсных и колоидных частиц с целью увеличения скорости их осаждения и способности задерживаться пористыми фильтрующими материалами применяют коагулирование.

Коллоидные частицы, обладая электрическим зарядом, взаимно отталкиваются, что препятствует их укрупнению. Для устранения этого препятствия в обрабатываемую воду, содержащую обычно отрицательно заряженные коллоидные частицы, вводят коагулянты, образующие положительно заряженные коллоиды. Взаимодействие тех и других коллоидных частиц приводит к нейтрализации их зарядов и образованию более крупных частиц в виде хлопьев. В качестве коагулянтов чаще всего применяют сернокислый алюминий (сернокислый глинозем), сернокислое железо закисное (железный купорос), сернокислое железо окисное, хлорное железо.

В результате гидролиза этих солей образуются гидраты окисей алюминия или железа, представляющие собой обычно положительно заряженные коллоиды. Образующиеся при гидролизе водородные ионы связываются присутствующими в воде бикарбонатными ионами. Если содержащихся в воде бикарбонатных ионов недостаточно, то для связывания выделяющихся при коагуляции ионов водорода к воде добавляют известь, соду или едкий натр. Доза коагулянта зависит от мутности и цветности воды и для природных вод обычно составляет примерно 20—50 мг/л.

**Реагентное хозяйство.** Наибольшее распространение имеет мокрый способ дозирования реагентов. При этом способе комья коа-и улянта загружают в растворный бак 1 с водой (рис. П.47), откуда после растворения коагулянт поступает в расходные баки 2, в которых готовится раствор определенной концентрации. Этот раствор направляется в дозировочный бачок 3, а из него подается и обрабатываемую воду. Обычно устанавливают два растворных бака, работающих попеременно.

Для ускорения процесса растворения коагулянта в растворный бак подают сжатый воздух или пар или же применяют механические мешалки.

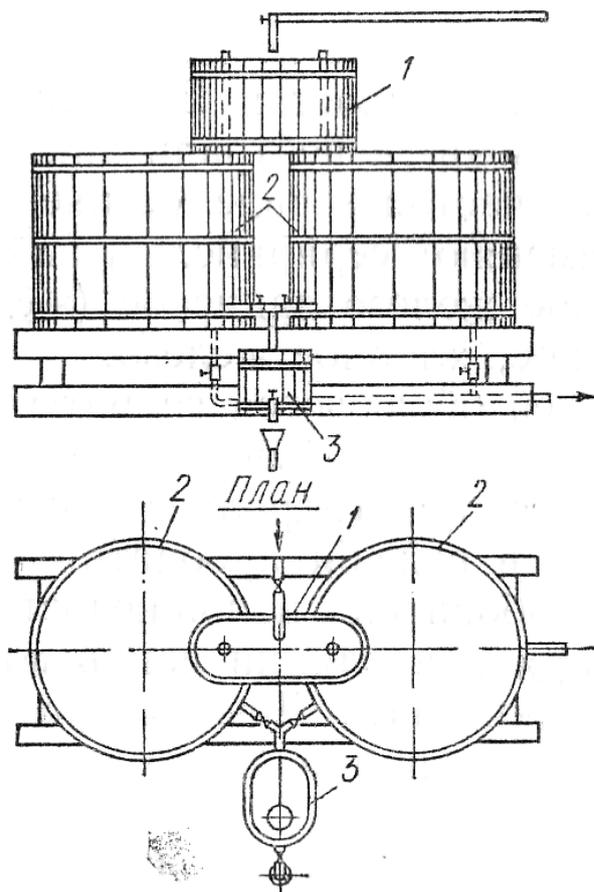
Для ускорения процесса коагуляции в воду вводят флокулян-ты — полиакриламид или активную кремнекислоту.

**Смесители.** Для равномерного перемешивания коагулянта со всей массой воды служат смесители. Наибольшее распространение получили перегородчатые, дырчатые и вихревые смесители.

Перегородчатый смеситель — это лоток с тремя вертикальными поперечными перегородками, имеющими попеременно центральные и боковые проходы. Перемешивание коагулянта с водой происходит в результате интенсивных завихрений потока.

В дырчатом смесителе перемешивание осуществляется под воздействием завихрений, образующихся при проходе воды через отверстия в поперечных перегородках.

В вертикальном (вихревом) смесителе перемешивание осуществляется вследствие турбулизации вертикального потока. Смеситель может быть квадратного или круглого сечения в плане с пирамидальной или конической нижней частью



раствора реагентов

Рис. П.47. Устройство для приготовления

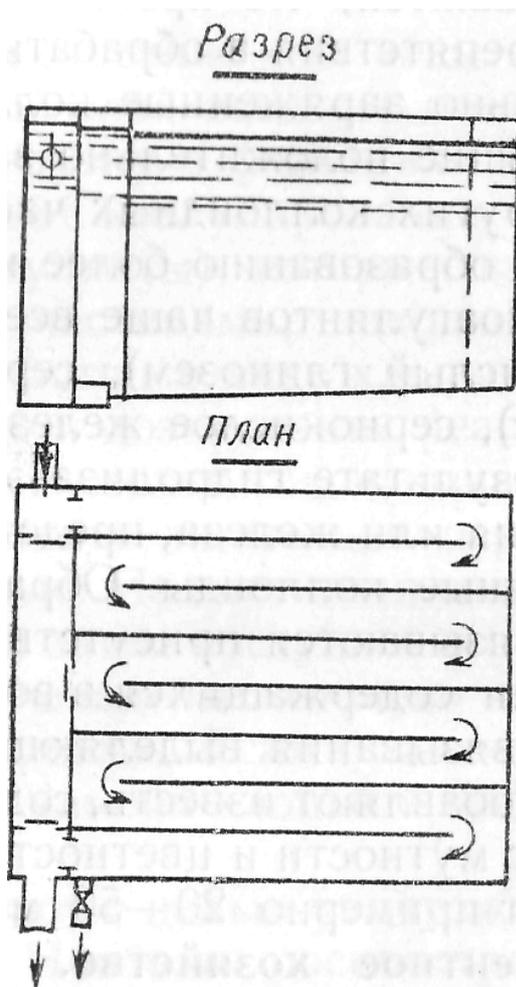


Рис. П.48. Перегородчатая камера хлопьеобразования

Допускается смешивать реагенты с водой в трубопроводах и насосах, подающих воду на очистные сооружения.

**Камеры хлопьеобразования.** В этих камерах происходит образование хлопьев в процессе плавного перемешивания обрабатываемой воды с раствором коагулянта. Вода в камере в течение 10—40 мин постепенно перемещается от места впуска до выпуска. Скорость движения воды в камере должна быть такой, чтобы хлопья в ней не выпадали и не разбивались. Камеры хлопьеобразования бывают перегородчатые, лопастные, вихревые и др.

*Перегородчатая камера* (рис. П.48) представляет собой железобетонный резервуар, разделенный продольными перегородками на коридоры. Вода проходит по этим коридорам со скоростью 0,2—0,3 м/с. Число рабочих коридоров может меняться в зависимости от мутности воды.

*Лопастные камеры* хлопьеобразования могут быть с вертикальным и горизонтальным расположением вала мешалок. В одной камере располагаются две или несколько мешалок. Каждая мешалка имеет от двух до шести лопастей. Вода в камерах находится в течение 20—30 мин, двигаясь со скоростью 0,2—0,5 м/с.

*Вихревая камера* хлопьеобразования представляет собой расширяющийся кверху конический или пирамидальный резервуар, в который вода поступает снизу. В результате движения воды с уменьшающейся скоростью боковые слои воды подсаиваются в основной поток, что способствует хорошему ее перемешиванию.

**Отстойники.** Процесс отстаивания основан на том, что при малых скоростях движения воды взвешенные в ней частицы под действием силы тяжести осаждаются на

дно. Скорость осаждения частиц зависит от их размеров, формы, удельного веса и температуры воды.

Источники водоснабжения характеризуются различным содержанием в воде взвешенных частиц, т. е. имеют разную мутность. В связи с этим продолжительность отстаивания воды будет различной.

Осветляемая вода может двигаться в отстойнике в горизонтальном, вертикальном или радиальном направлении. В зависимости от направления потока различают отстойники горизонтальные, вертикальные и радиальные.

*Горизонтальные отстойники* применяют на очистных станциях производительностью более 30 000 м<sup>3</sup>/сут.

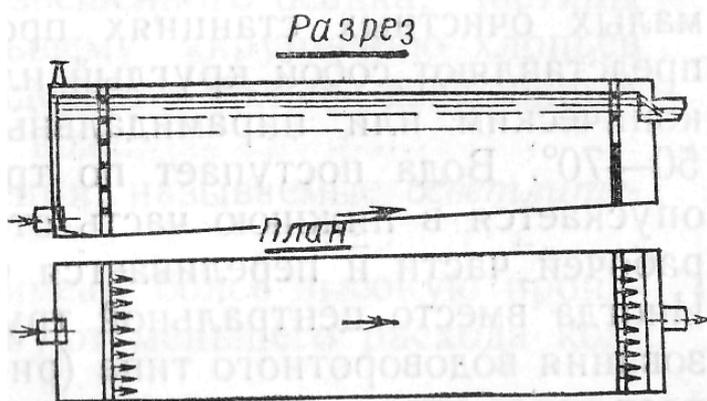


Рис. 11.49. Горизонтальный отстойник

В горизонтальном отстойнике (рис. 11.49), представляющем собой прямоугольный резервуар, вода поступает с торца и движется вдоль длинной стороны резервуара.

Относительно равномерное движение воды по всему поперечному сечению отстойника достигается устройством дырчатых перегородок, водосливов, распределительных и сборных желобов.

Для равномерного отвода воды из отстойника на расстоянии 1—2 м перед задней торцевой стенкой устанавливают дырчатую перегородку. Нижнюю часть перегородки на 0,3—0,5 м выше зоны накопления и уплотнения осадка делают сплошной (без отверстий).

Глубина зоны осаждения принимается равной 2,5—3,5 м, а ширина секции отстойника — не более 6 м.

Днище горизонтальных отстойников имеет уклон к прямку для осадка, расположенному в начале отстойника. Осадок, накапливающийся в отстойнике, периодически удаляют механизированным или гидравлическим способом.

При горизонтальных отстойниках следует предусматривать камеры хлопьеобразования перегородчатого или вертикального типа со слоем взвешенного осадка или без него.

В последние годы находят распространение горизонтальные отстойники с рассредоточенным по площади сбором воды через затопленные отверстия.

*Вертикальные отстойники*, устраиваемые на малых очистных станциях производительностью до 3000 м<sup>3</sup>/сут, представляют собой круглый или квадратный в плане резервуар с коническим или пирамидальным днищем с углом наклона стенок 50—70°. Вода поступает по трубопроводу в центральную трубу, опускается в нижнюю часть отстойника, затем поднимается в его рабочей части и переливается через водослив в круговой лоток. Иногда вместо центральной трубы устраивают камеру хлопьеобразования водоворотного типа (рис. 11.50). В эту камеру вода поступает через сопла, из которых она выходит по касательной, создавая вращательное движение в камере. В нижней части камеры устанавливают решетки из щитов для гашения вращательного движения воды.

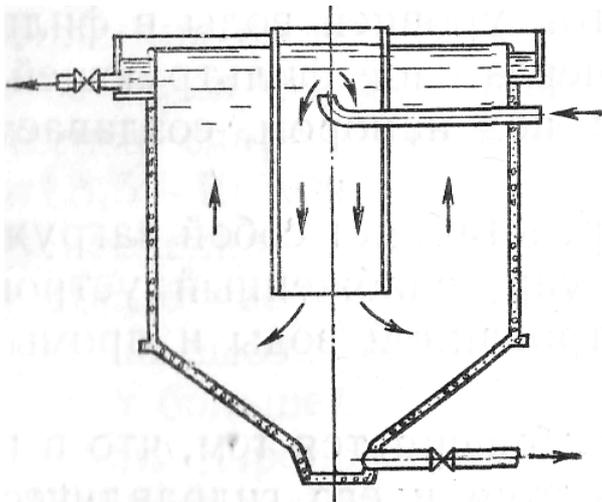


Рис. П.50. Вертикальный отстойник

Осветление происходит при условии, что скорость восходящего потока воды меньше скорости осаждения взвешенных частиц. Тогда эти частицы выпадают на дно. Осадок периодически удаляется самотеком по иловой трубе без прекращения работы отстойника.

Скорость восходящего потока воды  $v$  принимают в пределах 0,5—0,75 мм/с. Диаметр отстойника не должен превышать 10 м, а отношение диаметра вертикального отстойника к высоте зоны осаждения должно быть не больше 1,5. Если диаметр отстойника превышает 4 м, то кроме кругового лотка устраивают радиальные желоба.

Число отстойников на очистной станции должно быть не менее двух.

Площадь поперечного сечения вертикального отстойника складывается из площади зоны осаждения и площади камеры хлопьеобразования.

Площадь камеры хлопьеобразования определяется из расчета пребывания воды в ней в течение 15—20 мин. Высота камеры назначается в пределах 3,5—4,5 м.

*Радиальные отстойники* применяют преимущественно в промышленных системах водоснабжения на очистных станциях большой производительности при высоком содержании в воде взвешенных частиц. В этих отстойниках вода подается в центр, а затем движется в радиальном направлении и сливается в периферийный сборный желоб, из которого отводится по трубе. Как и в отстойниках других типов осветление здесь происходит вследствие создания малых скоростей движения, при которых взвешенные частицы выпадают на дно.

Радиальные отстойники имеют диаметр 20—60 м, глубину 3—5 м в центре и 1,5—3 м на периферии.

Преимущество этих отстойников состоит в том, что их конструкция позволяет осуществлять постоянное удаление осадка механизированным способом без прекращения работы отстойников.

**Осветлители.** Условия осветления воды значительно улучшаются при пропуске ее через слой взвешенного осадка. Частицы взвешенного осадка способствуют большему укрупнению хлопьев коагулянта. Крупные хлопья могут задержать больше взвешенных частиц, содержащихся в осветляемой воде.

На этом принципе работают сооружения, называемые *осветлителями со взвешенным осадком*.

Осветлители при равных объемах имеют более высокую производительность, чем отстойники, и требуют меньшего расхода коагулянта.

Для удаления воздуха, пузырьки которого могут взмучивать взвешенный осадок в осветлителе, воду предварительно направляют в воздухоотделитель.

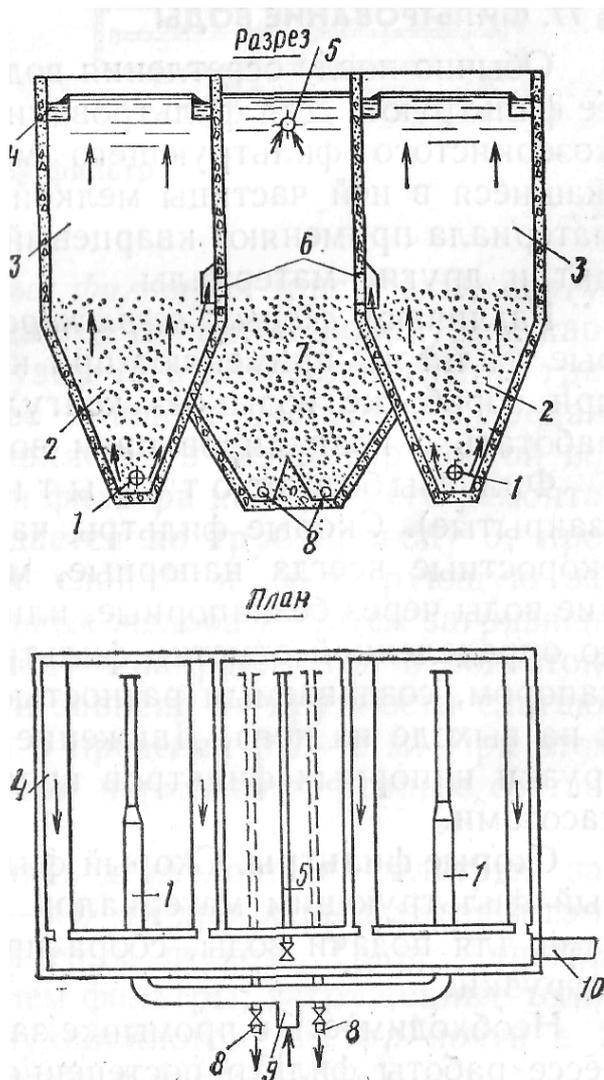


Рис. П.51. Осветлитель коридорного типа

Осветлитель коридорного типа (рис. П.51) представляет собой прямоугольный резервуар. Коагулированная вода поступает в осветлитель по трубе 9 и через дырчатые трубы 1 распределяется в нижней (рабочей) части 2 осветлителя. Скорость движения воды в рабочей части должна быть такой, чтобы хлопья коагулянта находились во взвешенном состоянии. Этот взвешенный слой способствует задержанию взвешенных частиц. Степень осветления воды при этом значительно больше, чем в обычном отстойнике. Выше рабочей части находится защитная зона 3, где взвешенного слоя нет. Осветленная вода отводится по лоткам 4 и трубе 10 для последующей обработки. Избыточное количество осадка подсасывается трубой 5 через окна 6 в осадкоуплотнитель 7, откуда уплотненный осадок периодически или непрерывно сбрасывается в канализацию по трубам 8.

Скорость восходящего потока в рабочей части осветлителя принимают в пределах 1—1,2 мм/с.

Высота слоя взвешенного осадка составляет 2—2,5 м, а высота зоны осветления 1,5—2 м. Время уплотнения осадка в осадкоуплотнителе от 3 до 12 ч.

## § 77. ФИЛЬТРОВАНИЕ ВОДЫ

Обычно после осветления воды в отстойниках или осветлителях ее фильтруют. Для фильтрации воду пропускают через слой мелкозернистого фильтрующего материала,

задерживающего содержащиеся в ней частицы мелкой взвеси. В качестве фильтрующего материала применяют кварцевый песок, гравий, дробленый антрацит и другие материалы.

Различают *скорые*, *сверхскоростные* и *медленные* фильтры. Скорые фильтры применяют при коагулировании воды, медленные — при обработке воды без коагулирования, сверхскоростные могут работать с коагулированием воды и без него.

Фильтры бывают *открытые* (безнапорные) и *напорные* (закрытые). Скорые фильтры чаще всего бывают открытые, сверхскоростные всегда напорные, медленные всегда открытые. Движение воды через безнапорные, или самотечные фильтры, заполненные до определенной отметки фильтрующей загрузкой, происходит под напором, создаваемым разностью отметок уровней воды в фильтре и на выходе из него. Движение воды через слой фильтрующей загрузки напорных фильтров происходит под напором, создаваемым насосами.

**Скорые фильтры.** Скорый фильтр представляет собой загруженный фильтрующим материалом резервуар, снабженный устройствами для подачи воды, сбора профильтрованной воды и промывки загрузки.

Необходимость в промывке загрузки объясняется тем, что в процессе работы фильтр постепенно засоряется и его гидравлическое сопротивление увеличивается. Промывку производят чистой водой в направлении снизу вверх. Частота промывки фильтра зависит от качества сырой воды и обычно не превышает 1—2 раз в сутки.

По конструкции различают открытые скорые фильтры *однопоточные* с движением воды только сверху вниз и *двухпоточные* — с одновременным движением воды сверху вниз и снизу вверх. Однопоточные фильтры могут иметь загрузку из однородного фильтрующего материала или из различных материалов — двух- или многослойные фильтры.

Выбор той или иной системы фильтров определяется технологическими и технико-экономическими показателями.

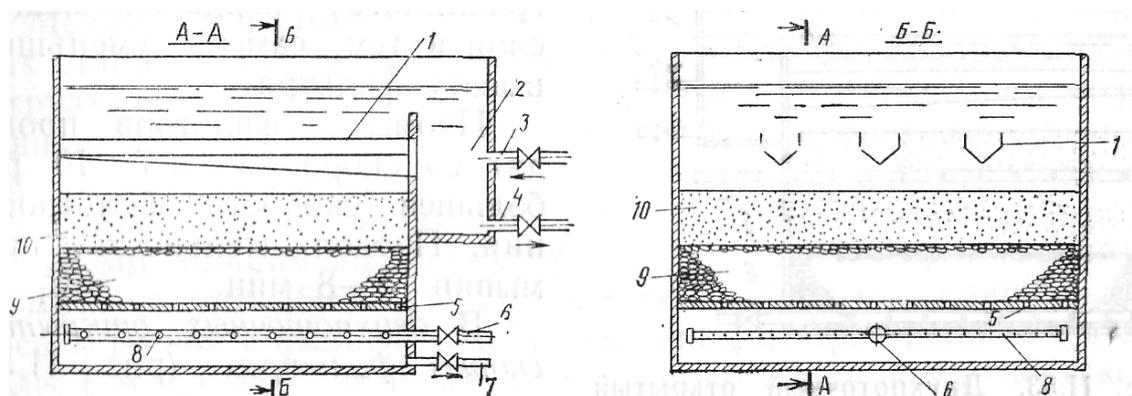


Рис. П.52. Однопоточный открытый скорый фильтр

В *однопоточных открытых скорых фильтрах* (рис. П.52) коагулированная и осветленная вода подается по трубопроводу 3 в карман 2. Проходя фильтрующую загрузку 10 и поддерживающий гравийный слой 9, вода через дырчатое днище 5 поступает в дренаж #, откуда по трубопроводу 6 направляется в резервуар чистой воды. Труба 7 служит для опорожнения фильтра на время его ремонта. Промывная вода при промывке подается по трубопроводу 8, проходит поддерживающий гравийный слой 9 и фильтрующую загрузку 10 и сбрасывается в промывные желоба /. Затем загрязненная промывная вода по трубопроводу 4 направляется в водосток.

Толщина фильтрующей загрузки зависит от крупности слагающих ее зерен песка и принимается в пределах 0,7—2 м. При этом расчетные скорости фильтрования при нормальном режиме составляют 5,5—10 м/ч.

В последние годы стали применять двухслойные фильтры, загружаемые сверху на высоту 400—500 мм дробленным антрацитом, а ниже на высоту 600—700 мм кварцевым песком. Такие фильтры обладают большей грязеемкостью, чем фильтры, загруженные только песком. Производительность двухслойного фильтра почти в 2 раза больше производительности однослойного.

Поддерживающий гравийный слой устраивают высотой 650 мм из чагпщ крупностью от 2 до 40 мм. Крупность загрузки увеличивается сверху вниз. Гравийный слой служит для предотвращения вымывания фильтрующего материала.

Назначение дренажа — равномерное отведение профильтрованной воды. Различают дренажи большого и малого сопротивления. Последние в настоящее время почти не применяются. Дренажи большого сопротивления бывают трубчатые и колпачковые. В последнее время широкое распространение получили также щелевые дренажи.

Они позволяют отказаться от гравийного поддерживающего слоя и тем самым уменьшить высоту фильтра.

Промывку фильтров проводят со скоростью, в 7—10 раз большей скорости фильтрования. Продолжительность промывки 5—8 мин.

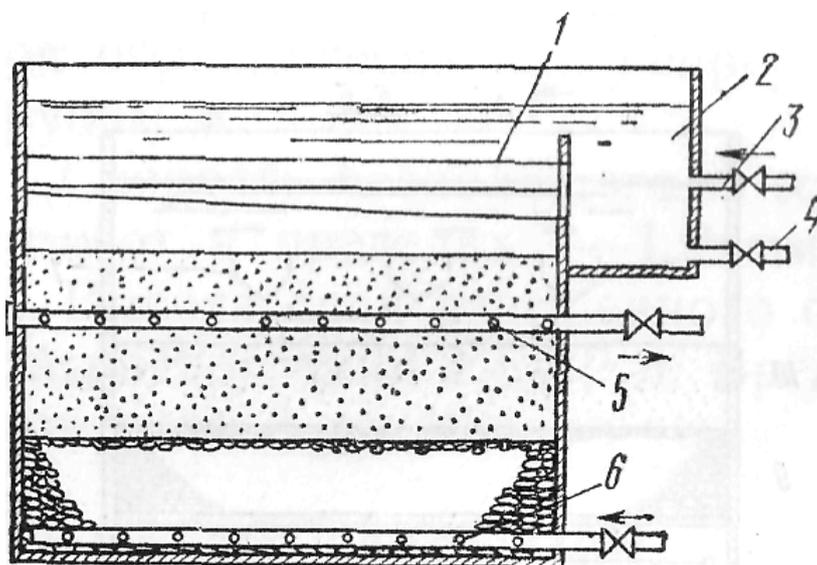


Рис. П.53. Двухпоточный открытый скорый фильтр

В *двухпоточных открытых скорых фильтрах* (рис, П.53) основная масса воды проходит через фильтрующий материал снизу вверх, а часть воды, поступающей по трубе 3, карману 2 и желобу 1, фильтруется сверху вниз. Профильтрованная вода отводится трубчатым дренажем 5, устраиваемым из щелевых асбесто-цементных или винипластовых труб.

Дренажная система располагается в толще фильтрующего слоя на расстоянии 500—600 мм от поверхности загрузки.

Промывная вода подается в дренаж 5 для взрыхления верхнего слоя песка. Интенсивность подачи воды 6—8 л/ (с • м<sup>2</sup>). Затем промывная вода подается в распределительную систему 6 для промывки всего слоя загрузки. Интенсивность подачи воды 10—15 л/ (с-м<sup>2</sup>). Загрязненная вода через желоб 1, карман 2 и трубу 4 сбрасывается в водосток.

Скорость фильтрования в двухпоточных фильтрах 12 м/ч.

*Крупнозернистые скорые фильтры* применяют для частичного осветления воды, используемой для технических целей на промышленных предприятиях. Эти фильтры бывают напорные и открытые. Для загрузки фильтров чаще всего применяют! кварцевый

песок крупностью 1—2,5 мм. Высота слоя загрузки 1,5—3 м. Скорость фильтрования 10—15 м/ч. Промывку крупнозернистых фильтров производят водой и воздухом в такой последовательности: 1) взрыхление фильтрующей загрузки водой; 2) водовоздушная промывка; 3) отмывка водой. Интенсивность промывки водой 6—8 л/ (с • м<sup>2</sup>), воздухом — 15—25 л/ (с • м<sup>2</sup>).

**Сверхскоростные фильтры** по конструкции бывают вертикальные и горизонтальные. Поддерживающий гравийный слой в этих фильтрах не устраивают. В нижней части фильтра располагают трубы для промывки и продувки его воздухом. Наибольшее распространение получили вертикальные фильтры. Скорости фильтрования в таких фильтрах 25—100 м/ч. Применяют их для частичного осветления воды. Работа фильтров, регулирование скорости фильтрования и промывка фильтров автоматизированы. Для очистных станций большой производительности применяют горизонтальные фильтры, имеющие большую площадь фильтрования по сравнению с вертикальными. Потери напора в фильтрах достигают 10 м.

**Медленные фильтры.** Медленные фильтры применяют на очистных станциях малой производительности. По способу регенерации загрузки эти фильтры бывают двух типов; 1) с удалением загрязненного слоя, 2) с отмывкой загрязненного слоя непосредственно в фильтре путем механического рыхления слоя и гидравлического удаления загрязнений. Высоту слоя загрузки песка крупностью 0,3—2 мм принимают равной 850 мм и гравия крупностью 2—40 мм — равной 450 мм. При регенерации с отмывкой загрузки непосредственно в фильтре ширина секции фильтров должна быть не более 6 м, длина — не более 60 м. Слой воды над поверхностью загрузки равен 1,5 м. Скорость фильтрования для медленных фильтров составляет 0,1—0,2 м/ч.

**Контактные осветлители** представляют собой сооружения комбинированного типа. В них совмещаются процессы хлопьеобразования, отстаивания и фильтрования. Это позволяет значительно уменьшить объем сооружений. Принцип работы контактного осветлителя состоит в том, что при фильтровании воды через слой зернистой загрузки на поверхности слагающих ее зерен сорбируются взвешенные и коллоидные частицы.

Движение воды в контактных осветлителях происходит снизу вверх. Скорость фильтрования 4—5 м/ч. Для загрузки осветлителей применяют гравий и кварцевый песок. Гравийный поддерживающий слой имеет крупность зерен 2—32 мм и высоту 350—500 мм. Высота фильтрующего слоя песка 2000—2300 мм при эквивалентном диаметре зерен 0,7—2 мм.

Загрузку промывают восходящим потоком воды и воздуха. Для равномерного распределения воды и воздуха применяют трубчатую распределительную систему большого сопротивления с поддерживающим гравийным слоем или без него. Режим водовоздушной промывки назначают следующий: 1) продувка 1—1,5 мин; 2) совместная промывка водой и воздухом в течение 6—7 мин с интенсивностью подачи воды 2—3 л/ (с • м<sup>2</sup>); 3) последующая промывка водой с интенсивностью 6—7 л/ (с • м<sup>2</sup>) в течение 4—6 мин.

Контактные осветлители могут работать с постоянной скоростью фильтрования в период рабочего цикла и с переменной скоростью, убывающей к концу Цикла.

## § 78. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ

Вода поверхностных источников, как правило, содержит болезнетворные бактерии. В результате отстаивания и фильтрования из воды удаляется до 95% бактерий. Для уничтожения оставшихся бактерий воду обеззараживают. С этой целью используют жидкий хлор, гипохлорит натрия, растворы гипохлоритов, полученные электролитическим путем, озон, двуокись хлора и бактерицидное облучение. Воду в

хозяйственно-питьевых водопроводах, питающихся из подземных источников, обеззараживают в случае возможного попадания в эти источники болезнетворных бактерий.

**Хлорирование.** Наиболее распространенным методом обеззараживания является хлорирование. Для хлорирования используют хлорную известь или газообразный хлор.

Хлорную известь применяют при малых расходах воды. При введении в воду хлорная известь распадается на гипохлорит кальция и хлористый кальций. Гипохлорит кальция реагирует с углекислотой или бикарбонатами кальция, находящимися в воде, образуя хлорноватистую кислоту, которая легко распадается с образованием атомарного кислорода, оказывающего бактерицидное действие. При введении в воду газообразного хлора образуются хлорноватистая и соляная кислоты. Хлорноватистая кислота распадается с выделением атомарного кислорода. Необходимый эффект хлорирования достигается в результате хорошего перемешивания и 30-минутного контакта хлора с водой. Такой контакт происходит в контактном резервуаре или в трубопроводе, подающем воду потребителям.

Вода, поступающая к потребителям, должна содержать в 1 л 0,3—0,5 мг хлора (так называемый остаточный хлор), что свидетельствует о достаточности введенной дозы хлора для полного обеззараживания воды. На 1 л фильтрованной воды вводят 2—3 мг хлора, а на 1 л нефильтрованной речной воды — до 6 мг хлора.

Обычно применяют двойное хлорирование, добавляя хлор перед отстаиванием и после фильтрации.

Для дозирования хлора служат хлораторы. По принципу работы их делят на вакуумные и напорные. Напорные хлораторы имеют тот недостаток, что в них газообразный хлор находится под давлением выше атмосферного и поэтому возможны утечки газа, который очень ядовит. Вакуумные хлораторы не имеют этого недостатка.

Хлор доставляют на станцию в сжиженном виде в баллонах. Из этих баллонов хлор переливают в промежуточный баллон, где он переходит в газообразное состояние. Газ поступает в хлоратор. Здесь он растворяется в водопроводной воде, образуя хлорную воду, которая вводится в трубопровод, транспортирующий воду, предназначенную для хлорирования.

При повышении дозы хлора в воде остается неприятный запах. Такую воду необходимо дехлорировать. Для предотвращения образования хлорфенольного запаха на станциях в воду подают газообразный аммиак.

Для приготовления гипохлорита натрия электролитическим способом непосредственно на очистных сооружениях служат электролизеры с графитовыми пластинчатыми или засыпными магнетитовыми электродами. Электролизеры должны располагаться в изолированном помещении.

**Озонирование.** Сущность процесса обеззараживания воды озоном заключается в окислении бактерий атомарным кислородом, образующимся при распаде озона. Озон одновременно уменьшает цветность, запахи и привкусы воды.

Для обеззараживания 1 л воды подземных источников требуется 0,75—1 мг озона, а 1 л фильтрованной воды поверхностных источников 1—3 мг озона

Озон в виде озono-воздушной смеси получают в электрических озонаторах из кислорода воздуха. В состав озонаторной установки входят сооружения для синтеза озона и для смешения озона с водой. Подготовка воздуха для синтеза состоит в задержании взвешенных частиц на фильтре, осушке воздуха в адсорберах с силикагелем или алюмогелем. Подготовленный воздух направляется в озонаторы.

Перемешивание полученной озono-воздушной смеси с водой производится барботированием в колоннах, резервуарах. Применяют для этого также эжекторы-смесители и механические мешалки.

**Бактерицидное облучение.** Этот метод обеззараживания воды осуществляется с использованием ультрафиолетовых лучей, обладающих бактерицидными свойствами.

Применяют его для обеззараживания небольших расходов воды подземных источников, а также фильтрованной воды поверхностных источников. В качестве источников излучения служат ртутно-кварцевые лампы высокого или низкого давления.

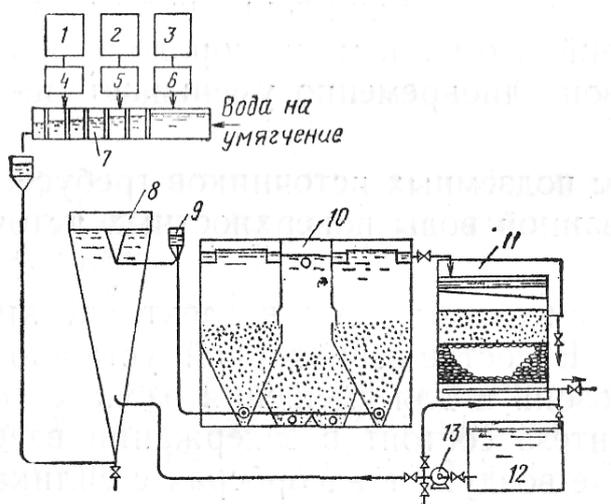
Эффект обеззараживания зависит от продолжительности и интенсивности излучения. Различают напорные бактерицидные установки, располагаемые на напорных или всасывающих трубопроводах, и безнапорные, устанавливаемые на горизонтальных трубопроводах или в специальных каналах.

Обеззараживание ультрафиолетовыми лучами не применяется для вод высокой мутности.

## § 79. СПЕЦИАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ

В зависимости от свойств воды источника водоснабжения или от требований, предъявляемых потребителями к качеству воды, может потребоваться специальная ее обработка — умягчение, обезжелезивание, стабилизация, обессоливание, охлаждение и т. п.

**Умягчение воды**, предназначенной для хозяйственно-питьевых целей, обычно не производят. Однако оно необходимо для некоторых технологических процессов на промышленных предприятиях. Так, для отдельных производств текстильной, химической и пищевой отраслей промышленности требуется вода с жесткостью не более 1 мг-экв/л. Питательная вода для котлов среднего и высокого давления должна иметь жесткость не более 0,3 мг-экв/л.



**Рис. 11.54. Установка для умягчения воды известково-содовым методом** /—3 — растворные бачки; 4—6 — дозирующие бачки; 7 — смеситель; 8 — камера хлопьеобразования; 9 — воздухоотделитель; 10 — осветлитель; /; — фильтр; 12 — резервуар; 13 — насос

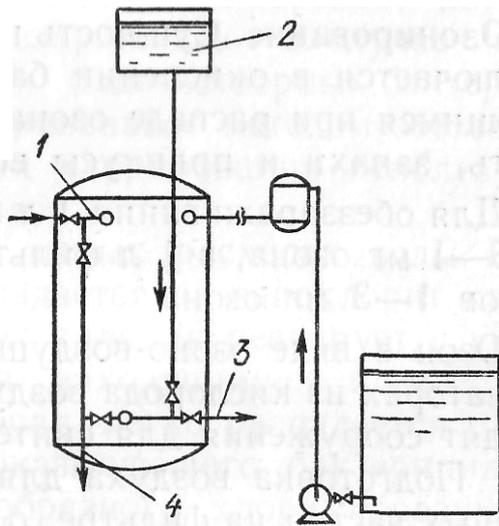


Рис. 11.55. Установка для На-

катионирования

Различают методы реагентного и катионитового умягчения воды, а также комбинированные методы.

Из методов реагентного умягчения наиболее распространен известково-содовый, при котором в воду добавляют известь для снятия временной (карбонатной) жесткости и кальцинированную соду для удаления постоянной (некарбонатной) жесткости. При введении в воду указанных реагентов образуются нерастворимые соединения, выпадающие в осадок, или соединения, сохраняющиеся в воде, но не обладающие свойствами солей жесткости.

После умягчения воду осветляют в отстойниках или осветлителях. Иногда для ускорения процесса осветления производят коагулирование воды, железным купоросом.

На рис. П. 54 приведена схема установки для умягчения воды известково-содовым методом.

При известково-содовом умягчении воды обычно применяют камеры хлопьеобразования вихревого типа.

Метод катионитового умягчения основывается на способности катионитов обменивать катионы натрия или водорода на катионы солей жесткости, содержащихся в воде. Умягчающую способность катионитов называют обменной способностью или емкостью поглощения.

В результате обменной реакции катионы солей жесткости переходят в состав катионита, а в воду переходят катионы натрия, образуя натриевые соли. Такое умягчение называют Na-катионированием. При H-катионировании в обменную реакцию с катионами магния и кальция вступают катионы водорода.

При работе установки катионит расходует катионы Na или H и теряет способность умягчать воду. В связи с этим необходима периодическая регенерация катионитового фильтра. Для восстановления катионов натрия через фильтр пропускают раствор поваренной соли, а для восстановления катионов водорода — раствор серной кислоты.

После H-катионирования увеличивается кислотность воды, а после Na-катионирования вода приобретает повышенную щелочность. Применяя H-Na-катионирование, умягченную воду не нужно ни подщелачивать, ни подкислять.

На рис. П. 55 приведена схема установки для Na-катионирования. В напорный фильтр, загруженный катионитом, по трубе 1 вводится вода для умягчения. Вода проходит через катионит сверху вниз и отводится по трубопроводу 3. Для промывки загрузки фильтра через его дренажную систему подается вода из промывного бака 2. Продолжительность промывки 10—15 мин. Промывная вода сбрасывается по трубе 1. Для регенерации катионита в фильтр вводят раствор соли. Солевой раствор из фильтра

уходит по трубе 4. Затем фильтр должен быть отмыт от солевого раствора. Для этого по трубе / подают сырую воду, которая проходит фильтр и сбрасывается по трубе 4. Часть этой воды направляется в промывной бак.

**Обезжелезивание воды.** Содержание железа в питьевой воде не должно превышать 0,3 мг/л. На предприятиях ряда отраслей промышленности, например текстильной, содержание железа в воде, используемой для технологических нужд, не должно превышать 0,1—0,2 мг/л.

Обезжелезивание воды поверхностных источников проводится путем аэрации, введения реагентов-окислителей с аэрацией или без нее и путем катионирования. Одновременно происходит ее осветление и обесцвечивание.

Установка обезжелезивания методом аэрации состоит из аэрационного устройства, контактного резервуара и фильтра.

В аэрационном устройстве вода насыщается кислородом, частично удаляется углекислота, двухвалентное железо окисляется до трехвалентного. В контактном резервуаре завершается окисление двухвалентного железа и образуется осадок гидрата окиси железа. Фильтры служат для извлечения из воды гидрата окиси железа. Аэрация воды может осуществляться следующими способами: нагнетанием воздуха через дырчатые трубы или пористые пластины; подачей воздуха во всасывающий патрубок насоса; разбрызгиванием воды; пропуском воды через контактные или вентиляторные градирни. Наиболее распространены контактные градирни.

Установка для реагентного (с помощью коагулирования и известкования) обезжелезивания воды состоит из устройств для растворения и дозирования реагента, аэратора-смесителя, осветлителя и фильтра. Аэратор-смеситель обычно совмещается с осветлителем и располагается над ним. Он представляет собой систему дырчатых днищ, расположенных одно над другим.

Обезжелезивание катионированием производят на катионитовых фильтрах, загруженных сульфогуглем. Фильтр регенерируют раствором поваренной соли.

**Стабилизация воды** заключается в придании ей свойств, при которых она теряет способность вызывать коррозию и откладывать соли, препятствует биологическому обрастанию.

Стабилизация воды необходима в промышленных системах оборотного водоснабжения, когда из-за испарения воды в охладительных сооружениях в ней повышается концентрация солей. Стабилизация воды в таких системах предотвращает образование накипи и развитие коррозии в теплообменных аппаратах и охладительных устройствах.

Для стабилизации воды применяют подкисление, рекарбонизацию и фосфатирование. Подкисление воды заключается в добавке в нее соляной или серной кислоты. При рекарбонизации в воду вводят углекислоту для стабилизации содержащихся в ней карбонатов. Для этого обычно используют дымовые газы, в состав которых входит углекислота. При фосфатировании в воду добавляют фосфаты (гексаметафосфат натрия, тринатрийфосфат и суперфосфат). Фосфаты препятствуют образованию отложений в трубопроводах и, кроме того, образуют на поверхности металла пленку, которая предотвращает развитие коррозии.

Для борьбы с биологическим обрастанием трубопроводов и оборудования в системах оборотного водоснабжения периодически применяют купоросование или хлорирование воды.

**Обессоливание воды** заключается в удалении из нее растворенных солей. Полное обессоливание необходимо, например, при подготовке питательной воды для котлов высокого давления. Частичное удаление растворенных солей называется *опреснением*.

Опреснение вод с солесодержанием до 2—3 г/л производится при помощи ионного обмена, вод с солесодержанием 3—15 г/л — методом электродиализа или

гиперфильтрации и вод с содержанием более 10 г/л — путем замораживания, дистилляции или гиперфильтрации.

Ионный обмен применяют для опреснения или обессоливания воды при количестве взвешенных частиц в ней не более 8 мг/л и цветности ее не более 8°. Опреснение воды путем ионного обмена обычно проводится по одноступенчатой схеме фильтрованием через катио-нит и слабоосновный анионит. Предусматривается удаление углекислоты из фильтрата катионитовых фильтров. Применяют также двух- и трехступенчатые схемы.

**Охлаждение воды.** В системах промышленного водоснабжения для охлаждения воды применяют охладительные пруды, брызгаль-ные бассейны и градирни.

*Охладительные пруды* представляют собой искусственные водоемы, в хвостовую часть которых сбрасывают нагретую воду, а из головной части которых забирают охлажденную воду. Охлаждение воды происходит вследствие ее испарения с поверхности и конвекции. Охлаждающий эффект пруда зависит от температуры наружного воздуха, силы и направления ветра. Для охлаждения 1 м<sup>3</sup> воды необходима площадь пруда 15—40 м<sup>2</sup>. К недостаткам прудов относятся зарастание их в результате интенсивного развития водных организмов и минерализация воды. В связи с этим пруды обычно устраивают только в тех случаях, когда необходимо регулирование водного стока.

*Брызгальные бассейны* выполняют в виде прямоугольных водонепроницаемых резервуаров глубиной до 1,5 м. Нагретую воду разбрызгивают по поверхности воды с помощью брызгал. При разбрызгивании воды происходит ее охлаждение.

*Градирни* бывают капельными и пленочными.

Наиболее распространены градирни капельные башенного типа. Нагреваемую воду подают в верхнюю часть башни и по желобам разводят по всей ее площади. Ороситель представляет собой систему деревянных реек. Вода из желобов падает на розетки, разбрызгивается и стекает вниз. Холодный воздух поступает через окна в нижней части оросителя и поднимается вверх, охлаждая воду. Общая высота градирен составляет 30—80 м. Охлажденная вода собирается под градирней. Площадь оросителя, необходимая для охлаждения 1 м<sup>3</sup> воды, составляет 0,25 — 0,3 м<sup>2</sup>. В пленочных градирнях вода обтекает тонкой пленкой большие поверхности оросителя.

Применяют также градирни с искусственной подачей воздуха вентиляторами. В этом случае вытяжная башня не устраивается.

Градирни выполняют из дерева или железобетона.

# РАЗДЕЛ III. КАНАЛИЗАЦИЯ

## Глава 19. СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ И ЕЕ СХЕМА

### § 80. НАЗНАЧЕНИЕ КАНАЛИЗАЦИИ

В городах и других населенных пунктах образуются загрязнения различного характера, связанные с повседневной деятельностью человека. К таким загрязнениям относятся физиологические отбросы человека и животных, а также загрязненные воды из бань, прачечных, ванн, душей, от мытья продуктов питания, посуды, помещений, улиц и др. В большом количестве образуются загрязнения и на промышленных предприятиях. Это — получающиеся в результате технологических процессов отбросы и отходы, разбавленные в той или иной степени водой.

Вода, которая была использована для различных нужд и получила при этом дополнительные примеси (загрязнения), изменившие ее химический состав или физические свойства, называется *сточной жидкостью*.

Содержащиеся в сточной жидкости органические загрязнения могут гнить и служат хорошей средой для развития микроорганизмов, в том числе патогенных, т. е. таких, которые вызывают инфекционные заболевания. Содержащиеся в сточной жидкости различные химические соединения, нефтепродукты, жиры, масла, смолы, ядовитые вещества способны убить все живое на земле и в водоемах. Накопление сточной жидкости на поверхности и в глубине почвы, а также в водоемах вызывает загрязнение окружающей местности и атмосферы, исключает возможность использования водоемов для хозяйственных целей и является причиной возникновения инфекционных заболеваний.

В зависимости от происхождения сточные воды подразделяют на *бытовые* (хозяйственно-фекальные), *производственные* (промышленные) и *атмосферные*.

**Бытовые сточные воды** по природе загрязнения делятся на фекальные, поступающие из туалетов и загрязненные в основном физиологическими отбросами, и хозяйственные, поступающие из раковин, умывальников, ванн, трапов, а также из бань, прачечных, душей, после мытья помещений и др.

Состав бытовых сточных вод более или менее однообразен. Он характеризуется содержанием в основном органических загрязнений в нерастворенном, коллоидном и растворенном состояниях. Концентрация загрязнений зависит от степени разбавления их водопроводной водой, т. е. от нормы водопотребления.

**Производственные сточные воды** образуются в результате загрязнения водопроводной воды в процессе использования ее в производстве. Производственные сточные воды делятся на *загрязненные* и *условно чистые*.

Состав и концентрация загрязнений производственных сточных вод весьма разнообразны, так как они зависят от характера производства, выпускаемой продукции и особенностей технологического процесса. Некоторые производства дают несколько видов сточных вод с различным составом и концентрацией загрязнений. Загрязненные производственные сточные воды могут быть подразделены на содержащие в основном органические загрязнения и содержащие в основном минеральные загрязнения. Условно чистые воды, содержащие весьма малое количество загрязнений, можно спускать в водоем без очистки.

А т м о с ф е р н ы е с т о ч н ы е в о д ы образуются в результате выпадения дождей и таяния снегов и делятся соответственно на *дождевые* и *талые*. Отвод и обезвреживание атмосферных сточных вод также входят в задачу канализации.

Атмосферные сточные воды содержат преимущественно минеральные загрязнения и в меньшем количестве органические загрязнения. Атмосферные сточные воды, образующиеся на территориях промышленных предприятий, содержат отходы и отбросы соответствующих производств. Для атмосферных сточных вод характерна большая неравномерность поступления в канализацию. В сухую погоду они совсем отсутствуют, а в период сильных ливней их количество бывает весьма значительным. Секундные расходы атмосферных сточных вод могут в 50—150 раз превышать расходы бытовых вод от той же площади застройки города или другого населенного пункта.

Поддержание санитарного благополучия городов и других населенных пунктов, а также промышленных предприятий возможно только при своевременном удалении с занимаемой ими территории сточных вод с последующей их очисткой и обеззараживанием.

Канализация представляет собой комплекс инженерных сооружений и мероприятий, предназначенных для следующих целей:

- а) приема сточных вод в местах их образования и транспортирования их к очистным сооружениям;
- б) очистки и обеззараживания сточных вод;
- в) утилизации полезных веществ, содержащихся в сточных водах и их осадке;
- г) спуска очищенных вод в водоем.

Существуют два вида канализации: *вывозная* и *сплавная*.

При *вывозной* канализации жидкие загрязнения собирают в приемники-выгребы и периодически вывозят гужевым или автомобильным транспортом на поля ассенизации для обработки. Вывозная канализация не обеспечивает должного санитарного состояния территории и нецелесообразна экономически, поэтому ее устраивают только в небольших населенных пунктах, когда применение другого вида канализации затруднительно.

При *сплавной* канализации сточные воды по подземным трубопроводам транспортируют на очистные сооружения, где их подвергают весьма интенсивной очистке преимущественно в искусственно созданных условиях. Очищенные сточные воды спускают в ближайшие водоемы. Для устройства сплавной канализации необходимо наличие внутреннего водопровода в зданиях. В этом случае даже при низкой степени благоустройства зданий достигается такая норма водоотведения, которая обеспечивает необходимое разбавление загрязнений для транспортирования их по трубопроводам, — не менее 60 л/сут на одного жителя, пользующегося канализацией. Твердые отбросы (мусор) при сплавной канализации вывозят специальным транспортом. В последние годы разработаны методы сплава размельченных отбросов вместе со сточными водами.

## **§ 81. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАНАЛИЗАЦИИ И ЕЕ СХЕМА**

Канализация состоит из следующих основных элементов: внутренних канализационных устройств зданий, наружной внутриквартальной канализационной сети, наружной уличной канализационной сети, насосных станций и напорных трубопроводов, очистных сооружений и устройств для выпуска очищенных сточных вод в водоем. Внутренние канализационные устройства зданий, а также наружная внутриквартальная канализационная сеть рассмотрены в разделе

IV данного учебника. Наружная уличная канализационная сеть представляет собой систему подземных трубопроводов, принимающих сточные воды от внутриквартальных сетей и транспортирующих их к насосным станциям, очистным сооружениям и в водоем (см. далее рис. III.1).

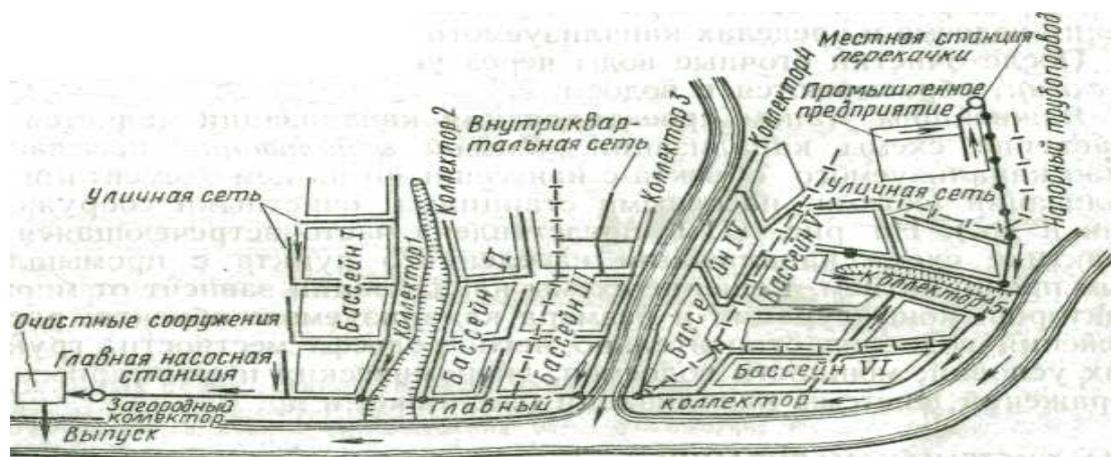
В зависимости от характера обслуживаемой территории городские уличные сети принимают сточные воды от внутриквартальных или от заводских сетей, прокладываемых на территории промышленного предприятия для приема сточных вод из цехов и зданий внутри предприятия. В некоторых случаях заводские сети присоединяют к специальной сети промышленной канализации.

Канализационные сети строят преимущественно самотечными. Для этого их прокладывают соответственно рельефу местности, разделяя всю канализуемую территорию населенного пункта на бассейны канализования. *Бассейном канализования* называют часть территории, ограниченную водоразделами.

Участки канализационной сети, собирающие сточные воды с одного или нескольких бассейнов канализования, называют *коллекторами*. Коллекторы крупных размеров часто называют *каналами*.

Коллекторы подразделяют на следующие виды:

- 1) *коллекторы бассейнов канализования*, собирающие сточные воды с отдельных бассейнов;
- 2) *главные коллекторы*, принимающие и транспортирующие сточные воды двух или более коллекторов бассейнов канализования;
- 3) *загородные коллекторы*, отводящие сточные воды транзитом (без присоединений) за пределы: объекта канализования к насосным станциям, очистным сооружениям или к месту их выпуска в водоем.



**Рис. III.1. Схема канализации населенного пункта с промышленным предприятием.**

Для осмотра, промывки и прочистки канализационной сети (от засорения) на ней устраивают смотровые колодцы. Для приема атмосферных сточных вод с проездов применяют дождеприемники, представляющие собой круглые или прямоугольные в плане колодцы с металлической решеткой сверху.

Пересечение коллекторов с реками, оврагами и железными дорогами выполняют путем устройства дюкеров, эстакад и др.

Коллекторы обычно трассируют по пониженным участкам местности для обеспечения прокладки присоединяемых к ним вышележащих участков уличной сети с минимальной глубиной. При большой глубине заложения коллекторов и отсутствия из-за этого возможности самотечного транспортирования сточных вод к

очистным сооружениям или в водоем прибегают к устройству *насосных станций перекачки*, подающих воду к очистным сооружениям по *напорным трубопроводам*.

*Очистными* называют сооружения, предназначенные для очистки сточных вод и переработки их осадка. Способы очистки, состав и размеры очистных сооружений определяются расчетом в зависимости от характера и концентрации загрязнений сточных вод, мощности и самоочищающей способности водоема, наличия населенных пунктов и промышленных предприятий ниже по течению реки, а также назначения водоема (для водоснабжения, купания, рыбоводства и других целей). Очистные сооружения должны располагаться ниже по течению реки относительно населенного пункта или промышленного предприятия. Благодаря этому исключается опасность загрязнения водоема в пределах канализуемого объекта.

После очистки сточные воды через устройства, называемые *выпусками*, сбрасываются в водоем.

Важнейшим этапом проектирования канализации является составление схемы канализации. *Схемой канализации* называется план канализуемого объекта с нанесенными на нем элементами канализации (сетями, насосными станциями, очистными сооружениями и др.). На рис. III.1 представлена часто встречающаяся на практике схема канализации населенного пункта с промышленным предприятием. Решение схемы канализации зависит от многих факторов: конфигурации и размера канализуемого объекта, расположения водоемов относительно него, рельефа местности, грунтовых условий, мощности водоемов, экономических и санитарных соображений, системы канализации (см, ниже) и др.

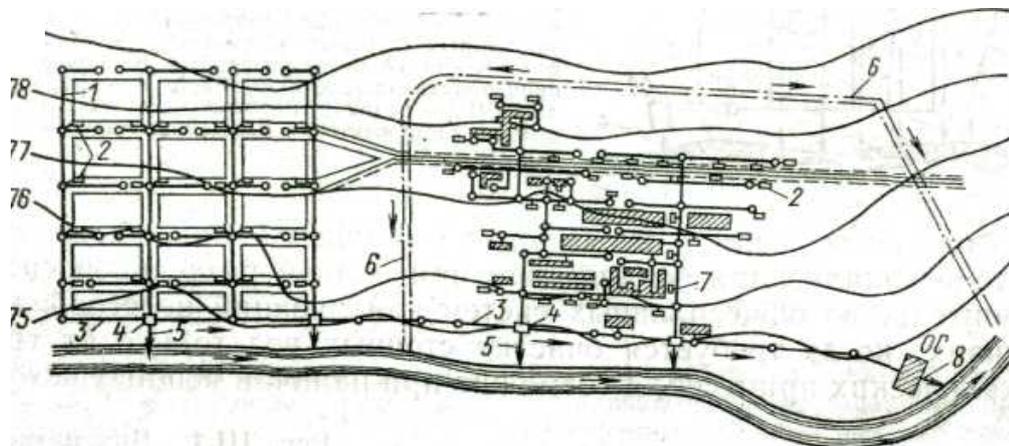
## § 82. СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

Различие в характере и концентрации загрязнений отдельных видов сточных вод требует различных методов их очистки. В связи с этим возникает необходимость транспортирования отдельных видов сточных вод по самостоятельным трубопроводам. В зависимости от того, как отводятся отдельные виды сточных вод — совместно или отдельно, системы канализации подразделяют на общесплавные, отдельные (полные или неполные) и полураздельные.

При общесплавной системе канализации все виды сточных вод отводят к очистным сооружениям или в водоем по единой канализационной сети. Так как в период сильных дождей расход сточных вод, следующих на очистные сооружения, очень велик и в то же время концентрация загрязнений их мала, часть смеси сточных вод сбрасывают в водоем без очистки через специальные устройства — ливнеспуски, располагаемые обычно на главном коллекторе вблизи водоема (рис. III. 2). Сбрасываемый расход определяется мощностью водоема, а также санитарными и экономическими соображениями.

При раздельной системе канализации отдельные виды сточных вод, содержащих загрязнения различного характера, отводят по самостоятельным канализационным сетям. При *полной раздельной* системе канализации (рис. III.3) устраивают не менее двух сетей. Сеть для отвода бытовых сточных вод называется бытовой. Сеть для отвода атмосферных сточных вод называется дождевой или водосточной. Единая сеть для отвода атмосферных и условно-чистых производственных сточных вод называется производственно-дождевой. Производственные сточные воды, загрязнения которых аналогичны загрязнениям бытовых сточных вод, отводят по бытовой сети. Если характер загрязнений производственных сточных вод таков, что совместная очистка их с бытовыми сточными водами невозможна, их отводят по самостоятельным сетям. В случае если отдельные цехи промышленных предприятий дают сточные воды с загрязнениями,

требующими разных методов очистки, для каждого из цехов устраивают свою канализационную сеть. Неполная раздельная система канализации обычно является промежуточной стадией строительства полной раздельной системы канализации. При неполной раздельной системе не устраивают дождевой сети трубопроводов. Атмосферные сточные воды стекают в водоемы по лоткам, кюветам и канавам.



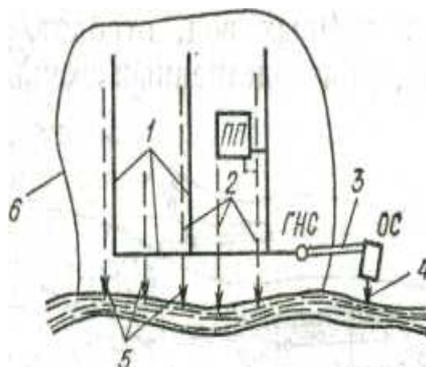
**Рис. III.2. Схема общесплавной системы канализации**

1 — уличная сеть; 2 — дождеприемники; 3 — главный коллектор; 4 — ливнеотвод; 5 — ливнеотвод; 6 — нагорная канава; 7 — заводская сеть; 8 — выпуск; ОС — очистные сооружения.

При полураздельной системе канализации (рис. III.4, а) в местах пересечения самостоятельных канализационных сетей для отвода различных видов сточных вод имеются водосбросные камеры, позволяющие перепускать наиболее загрязненные дождевые воды при малых расходах в бытовую сеть и отводить их по единому коллектору на очистные сооружения, а при ливнях сбрасывать сравнительно чистые воды непосредственно в водоем. Схематический чертеж водосбросной камеры представлен на рис. III. 4, б.

Каждая из систем канализации имеет свои достоинства и недостатки.

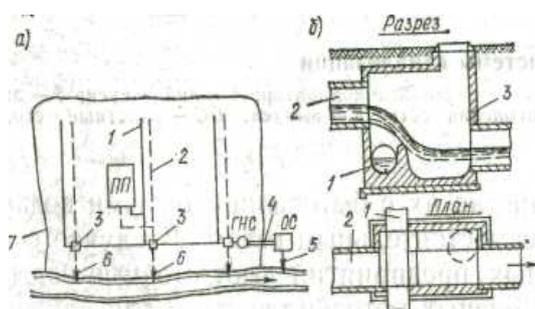
Протяженность сети общесплавной системы канализации на 30— 40% меньше протяженности двух самостоятельных сетей полной раздельной системы канализации.



**Рис. III.3. Схема полной раздельной системы канализации**

1 — бытовая сеть; 2 — производственно-дождевая сеть; 3 — напорные трубопроводы; 4 — выпуск очищенных бытовых и производственных сточных вод; 5 — выпуски атмосферных и условно чистых производственных сточных вод; 6 — граница города; ГНС — главная насосная станция; ОС — очистные сооружения; ПП — промышленное предприятие

Однако затраты на строительство насосных станций и очистных сооружений при общесплавной системе канализации больше, чем при полной раздельной системе. Строительство общесплавных систем канализации целесообразно в случаях, когда требуется очистка сточных вод только от грубых механических примесей, и возможно при наличии мощных водоемов.



**Рис. III.4. Полураздельная система канализации**

*а* — схема системы; *б* — водосбросная камера; 1 — бытовая сеть; 2 — производственно-дождевая сеть; 3 — водосбросные камеры; 4 — напорные трубопроводы; 5 — выпуск очищенных сточных вод; 6 — ливнеотводы; 7 — граница города; ГНС — главная насосная станция; ОС — очистные сооружения; III — промышленное предприятие

предприятие

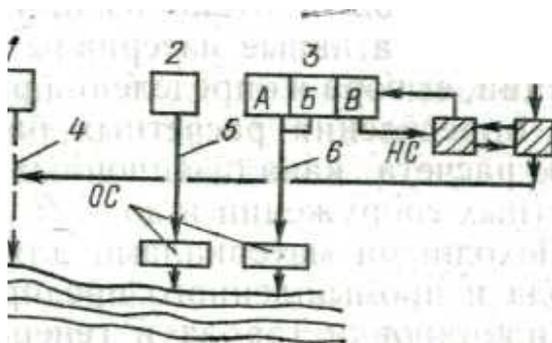
Полураздельная система канализации благодаря сбросу атмосферных сточных вод непосредственно в водоем только при сильных дождях и отводу сравнительно загрязненных атмосферных сточных вод при малом расходе на очистные сооружения с точки зрения санитарного благополучия населенных пунктов имеет определенные преимущества. Однако вследствие высокой стоимости она не получила широкого распространения.

При выборе той или иной системы канализации следует учитывать все конкретные условия проектирования, включая как санитарные, так и технико-экономические соображения.

В нашей стране наибольшее распространение получила полная раздельная система канализации.

Для промышленных предприятий применяют общесплавные или раздельные системы канализации.

На рис. III.5 показана схема раздельной системы канализации с местными очистными сооружениями. Местные очистные сооружения необходимы для предварительной очистки сточных вод, содержащих токсические вещества, кислоты и щелочи в больших концентрациях или другие загрязнения, которые могут привести к разрушению труб и сооружений или нарушить работу основных очистных сооружений, а также сточных вод, из которых возможно выделение нерастворимых загрязнений, ядовитых или взрывоопасных газов и паров, могущих вызвать аварии на канализационной сети.



**Рис. III.6. Схема раздельной системы канализации с использованием производственных сточных вод для оборотного водоснабжения**

1 — атмосферные сточные воды; 2 — бытовые сточные воды; 3 — производственные сточные воды; 4 — дождевая сеть; 5 — бытовая сеть; 6 — сеть загрязненных производственных вод; ОС — очистные сооружения; НС — насосная станция; МОС — местные очистные или охладительные сооружения

На рис. III. 6 показана схема раздельной системы канализации с частичным использованием очищенных сточных вод для оборотного водоснабжения и раздельной

очисткой бытовых и производственных сточных вод. Раздельная очистка сточных вод обуславливается в основном разными методами их очистки.

Большое разнообразие производственных сточных вод и их сочетаний не позволяет классифицировать и описать возможные схемы раздельных систем канализации промышленных предприятий. Система и схема канализации должны быть выбраны на основе тщательного изучения состава и свойств сточных вод, их количества и местных условий проектирования (наличия и пропускной способности канализации населенного пункта, мощности водоема и необходимой степени очистки сточных вод).

## Глава 20. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

### § 83. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Объектами канализования являются строящиеся, реконструируемые и расширяющиеся города, рабочие и дачные поселки, санатории, промышленные предприятия, а также крупные промышленные и жилые районы.

Проектирование канализации осуществляется в соответствии со СНиП 11-32-74 «Канализация. Наружные сети и сооружения», где даются нормативные материалы в отношении выбора системы канализации, выбора и определения размеров канализационных сооружений, определения расчетных расходов сточных вод, гидравлического расчета канализационных сетей, технологического расчета очистных сооружений и др.

Исходными материалами для разработки проекта канализации города и промышленного предприятия служат соответственно проект планировки города и генеральный план предприятия, учитывающие перспективы их развития.

Канализация проектируется на определенный *расчетный период* (срок) — период времени, в продолжение которого канализация должна иметь необходимую пропускную способность и удовлетворять своему назначению без перестройки. Для городов этот период составляет 20—25 лет, а для промышленных предприятий он равен сроку работы предприятия с расчетной производительностью.

Кроме проекта планировки города или генерального плана предприятия для проектирования канализации необходимы следующие материалы:

- 1) карта местности с характеристикой природных и инженерно-строительных условий;
- 2) геологические и гидрогеологические данные;
- 3) метеорологические данные ;
- 4) гидрологические данные прилегающих водоемов и др.

Для определения расчетного расхода сточных вод, установленного на конец расчетного периода, нужны данные о численности населения и подробные сведения о промышленных предприятиях.

Число жителей принимают по проекту планировки города или района. Расчетное число жителей  $N$  зависит от типа, этажности и степени благоустройства зданий и определяется по плотности населения района  $p$  — числу жителей, проживающих на 1 га площади кварталов (за вычетом улиц):

$$N = \rho * F , \quad (\text{III.1})$$

где  $F$  — площадь кварталов.

Плотность населения в городах и поселках колеблется в зависимости от этажности застройки от 50 до 700 человек на 1 га площади.

Расход бытовых сточных вод от промышленных предприятий подсчитывают по числу рабочих и служащих, занятых по сменам в производстве. Число рабочих и служащих при реконструкции канализации принимают по фактическим данным, а для строящихся предприятий — по специальному заданию технологов.

## § 84. СХЕМЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Канализационные сети работают при самотечном режиме с частичным наполнением сечения трубопровода. В связи с этим решение схемы канализационной сети зависит в основном от рельефа местности, грунтовых условий и расположения водоемов.

Канализационные сети трассируют в такой последовательности: вначале, разделив линиями водоразделов территорию канализуемого объекта на бассейны канализования, трассируют по их пониженным местам коллекторы бассейнов канализования; затем, перехватывая коллекторы бассейнов канализования, в направлении к очистным сооружениям трассируют главные и загородные коллекторы и, наконец, в последнюю очередь трассируют уличные сети к коллекторам с таким расчетом, чтобы каждая ветка уличной сети имела минимальную длину. Места расположения насосных станций определяют при расчете сети. Наиболее целесообразно располагать их в тех местах, где отдельные коллекторы, подходящие к насосной станции, имеют одинаковую глубину заложения.

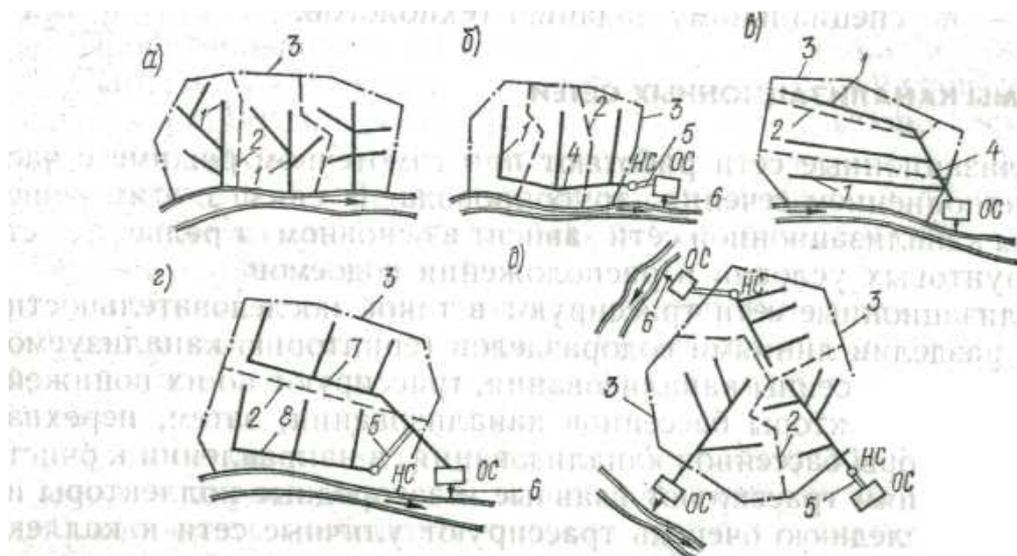
Решение схемы канализационной сети (ее трассирование) — важнейший этап проектирования канализации, так как от него зависит стоимость канализации в целом.

Разнообразие местных условий не позволяет рекомендовать типовые решения схем канализационных сетей. Встречающиеся на практике схемы могут быть классифицированы следующим образом.

1. **Перпендикулярная схема** (рис. III. 7, а) — коллекторы бассейнов канализования трассированы перпендикулярно направлению движения воды в водоеме. Такую схему в основном применяют для спуска атмосферных сточных вод, не нуждающихся в очистке

2. **Пересеченная схема** (рис. III. 7, б) — коллекторы бассейнов канализования трассированы перпендикулярно направлению движения воды в водоеме и перехвачены главным коллектором, трассированным параллельно реке. Такую схему применяют при плавном падении рельефа местности к водоему и необходимости очистки сточных вод.

3. **Параллельная (всерная) схема** (рис. III. 7, в) — коллекторы бассейнов канализования трассированы параллельно направлению движения воды в водоеме или под небольшим углом к нему и перехвачены главным коллектором, транспортирующим сточные воды к очистным сооружениям перпендикулярно направлению движения воды в водоеме. Эту схему применяют при резком падении рельефа местности к водоему, так как она позволяет исключить в коллекторах бассейнов канализования повышенные скорости движения, вызывающие разрушение трубопроводов.



**Рис. III.7. Схемы канализационных сетей**

*a* — перпендикулярная; *б* — пересеченная; *в* — параллельная; *г* — зонная; *д* — радиальная; 1 — Коллекторы бассейнов канализования; 2 — граница бассейнов канализования; 3 — граница канализуемого объекта; 4 — главный коллектор; 5 — напорный трубопровод; OC — выпуск; 7 — главный коллектор верхней зоны; 8 — то же. нижней зоны

**4. Зонная (поясная) схема** (рис. III.7, *г*) — канализуемая территория разбита на две зоны: с верхней сточные воды отводятся к очистным сооружениям самотеком, а с нижней они перекачиваются насосной станцией. Каждую из зон имеет схему, аналогичную пересеченной схеме. Зонную схему применяют при значительном или не равномерном падении рельефа местности к водоему и отсутствии возможности канализования всей территории (например, нижней зоны) самотеком.

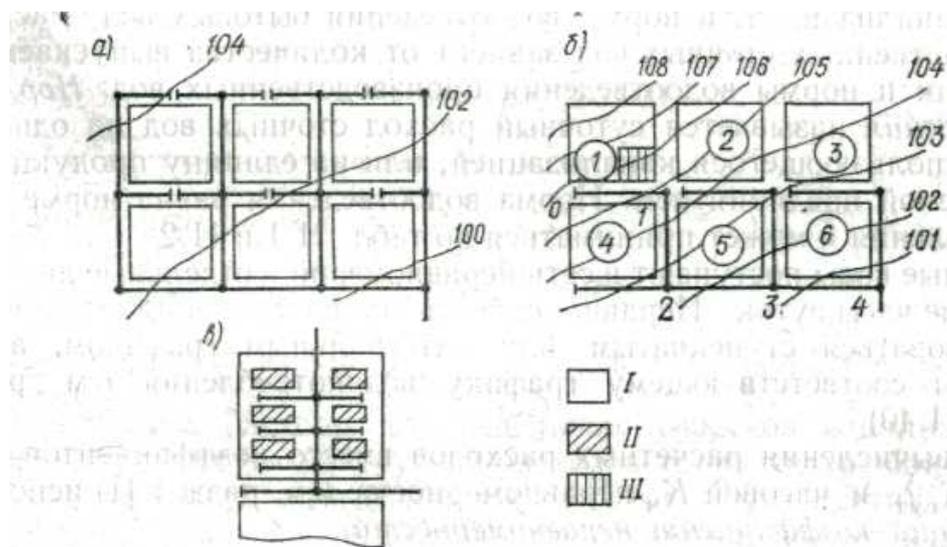
**5. Радиальная схема** (рис. III.7, *д*) — очистка сточных вод осуществляется на двух или большем числе очистных станций. При этой схеме сточные воды отводятся с канализуемой территории децентрализованно. Такую схему применяют при сложном рельефе местности и канализовании больших городов.

Приведенная классификация схем канализационных сетей весьма приближена.

Важное значение имеет правильное трассирование уличных канализационных сетей. Различают три следующие схемы трассирования уличных канализационных сетей.

**1. Объемлющая трассировка** (рис. III. 8, *а*) — уличные сети опоясывают каждый квартал со всех четырех сторон. Эту схему применяют при плоском рельефе местности и больших кварталах.

**2. Трассировка по пониженной стороне квартала** (рис. III.8, *б*) — уличные сети проложены лишь с пониженных сторон обслуживаемых кварталов. Эту схему применяют при значительном падении местности.



**Рис. III.8.Схемы трассирования уличных сетей**

*a* — объемлющая; *б* — по пониженной стороне квартала; *в* — чрезквартальная; / — кварталы; // — здания; /// — промышленные предприятия

3. **Чрезквартальная трассировка** (рис. III. 8, *в*) — уличные сети проложены внутри кварталов. Эта схема позволяет значительно сокращать протяженность сети, но затрудняет ее эксплуатацию.

Канализационные линии следует прокладывать прямолинейно; в местах поворотов сети, в местах изменения уклона линии и диаметра труб, а также в местах соединения нескольких линий необходим», устраивать колодцы

Повороты линии и присоединения следует выполнять под углом, равным или меньшим 90°.

При решении схемы канализационной сети и схемы канализации в целом обязательно учитывают очередность строительства.

Обычно при разработке схем намечают ряд возможных вариантов, удовлетворяющих санитарным требованиям. Окончательно тот или иной вариант выбирают на основании технико-экономического сравнения, выполняемого при составлении технического проекта.

## § 85. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ

Канализационную сеть и сооружения на ней рассчитывают на максимально возможный расход сточных вод — наибольший секундный расход, который называется *расчетным*.

Расход бытовых сточных вод зависит от числа жителей, пользующихся канализацией, и нормы водоотведения бытовых вод. Расход производственных сточных вод зависит от количества выпускаемой продукции и нормы водоотведения производственных вод. *Нормой водоотведения* называется суточный расход сточных вод на одного жителя, пользующегося канализацией, или на единицу продукции, выпускаемой предприятием. Норма водоотведения равна норме водопотребления и может приниматься по табл. 11.1 и 11.2.

Сточные воды поступают в сеть неравномерно в отдельные дни и в отдельные часы суток. Неравномерность их поступления может характеризоваться ступенчатым или интегральным графиком, аналогичным соответствующему графику

водопотребления (см. рис. 11.39 и 11.40).

Для вычисления расчетных расходов вместо коэффициентов суточной  $K_{сут}$  и часовой  $K_{ч}$  неравномерности (см. раздел II) используют *общий коэффициент неравномерности*:

$$\hat{E}_{i\ddot{u}} = \hat{E}_{\ddot{n}\acute{o}\acute{o}} * \hat{E}_{\ddot{c}} = Q_{\max \ddot{c}} / Q_{\ddot{n}\acute{o}\acute{o}} \quad (\text{III.2})$$

где-  $Q_{\max \ddot{c}}$  — максимальный часовой расход в дни с максимальным водоотведением;  $Q_{\ddot{n}\acute{o}\acute{o}}$  — средний часовой расход в дни со средним водоотведением.

Общий коэффициент неравномерности бытовых сточных вод зависит от их среднего секундного расхода:

Средний расход,	
л/с.....	5 15 30 50 100 200 300 500 800 $\geq$ 1250
$K_{\text{общ}}$ .....	3 2,5 2 1,8 1,6 1,4 1,35 1,25 1,2 1,15

Расходы сточных вод  $Q_{\text{ср.сут}}$ , м<sup>3</sup> /сут, и  $Q_{\max \text{сек}}$  л/с, могут быть определены по следующим формулам:

для бытовых сточных вод от города

$$Q_{\ddot{n}\acute{o}\acute{o}} = N * q_{\acute{e}} / 1000 \quad (\text{III.3})$$

$$q_{\max \ddot{n}\acute{e}} = \frac{N * q_{\acute{e}}}{86499} * K_{i\ddot{u}} \quad (\text{III.4})$$

для производственных сточных вод

$$Q_{\ddot{n}\acute{o}\acute{o}} = \ddot{I}_{\ddot{n}\acute{o}\acute{o}} * q_{i\ddot{o}} / 1000 \quad (\text{III.5})$$

$$q_{\max \ddot{n}\acute{e}} = \frac{\ddot{I}_{\ddot{n}\acute{o}\acute{o}} * q_{i\ddot{o}}}{\acute{o} * 3600} * K_{\ddot{c}} \quad (\text{III.6})$$

где N — численность населения;  $q_m$ ,  $q_{np}$  — нормы водоотведения бытовых вод от города и производственных вод, л;  $l_{\text{сут}}$ ,  $l_{\text{см}}$  — количество выпускаемой продукции в сутки и смену продолжительностью T, ч;  $K_{\text{общ}}$  - общий коэффициент неравномерности бытовых вод;  $K_{ч}$  — коэффициент часовой неравномерности производственных вод.

При расчете канализационных сетей удобно вычислять расходы, используя понятие модуля стока, л/ (с-га), определяемого по формуле

$$q_o = \rho q_{\acute{e}} / 86400 \quad (\text{III.7})$$

где  $\rho$ -плотность населения на 1 га.  
Расчетный расход

$$q_{\max \text{ пдд}} = q_o * F * \hat{E}_{\text{ид}} \quad (\text{III.8})$$

где  $F$  — площадь кварталов в жилой зоне канализуемой территории.

Расчетные расходы для отдельных участков канализационной сети определяются как суммы расходов транзитного, бокового (поступающего в расчетный участок из боковой ветви сети), попутного (поступающего в расчетный участок от зданий прилегающего квартала) и сосредоточенного от промышленного предприятия. Вычисления расчетных расходов выполняют в табличной форме (табл. III. 1).

**Таблица III. 1. Пример вычисления расчетных расходов сточных вод для сети, представленной на рис. III . 8 б**

Расчетный участок сети	Ном ер квартала, создающе-		Площадь кварталов, га	Модуль стока, л/(с-га)	Сумма бокового и попутного расходов, л/с	Транзитный расход, л/с	Суммарный расход, л/с	K <sub>общ</sub>	Расчетный расход бытовых вод, л/с	Сос редо- точенный расход,		Общий расчетный расход, л/о
	боковой	попутны й								местный	транзитн ый	
0												
1—1				1,8	0,2	3	3,2	3	9,6	0	-	9,6
2—3				1,8	0	-	3,2	3	9,6		20	29,6
3—4		2		1,8	9	0,2	12,8	2	9,6		20	50,7

## § 86. ФОРМУЛЫ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

Бытовую канализационную сеть рассчитывают на частичное наполнение труб. Это позволяет:

- 1) создать лучшие условия для транспортирования взвешенных загрязнений;
- 2) обеспечить вентиляцию сети для удаления вредных и опасных газов, выделяющихся из жидкости;
- 3) создать некоторый резерв в сечении труб для пропуска расхода, превышающего расчетный.

Степень наполнения труб характеризуется отношением  $h/d$  (см. далее рис. III.9).

Для гидравлического расчета сети используют формулы установившегося равномерного движения [см. формулы (I. 32) и (1.76)]:

$$q = \omega v$$

$$i = \frac{\lambda v^2}{4R 2\alpha}$$

где  $q$  — расход сточных вод;  $\omega$  — площадь живого сечения;  $v$  — средняя

скорость движения;  $i=h/l$  — гидравлический уклон, равный при равномерном движении уклону лотка труб;  $\lambda$  — коэффициент гидравлического трения;  $R = \omega/\chi$  — гидравлический радиус (здесь  $\chi$  — смоченный периметр);  $g$  — ускорение свободного падения.

Коэффициент гидравлического трения  $\lambda$ , рекомендуется определять по формуле (СНиП 11-32-74)

$$\frac{1}{V\lambda} = -2\lg\left(\frac{\Delta}{13,68R} + \frac{a_2}{Re}\right) \quad (\text{Ш.8})$$

где  $\Delta$  — эквивалентная шероховатость;  $a_2$  — коэффициент, зависящий от состояния стенок трубопроводов и свойств жидкости;  $Re = 4vR/\nu$  — число Рейнольдса (здесь  $\nu$  — кинематическая вязкость).

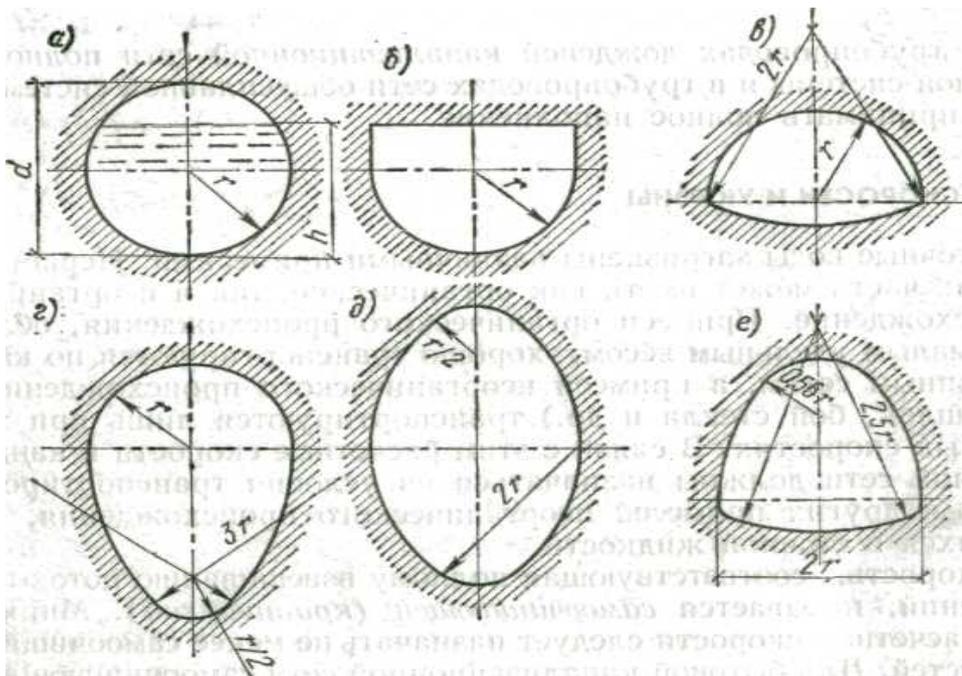
Значения  $\Delta$ , и  $a_2$  следует принимать по табл. II 1.2.

**Т а б л и ц а 111.2. Значения эквивалентной шероховатости  $\Delta$ , коэффициента  $a_2$  и коэффициента шероховатости  $n$  для труб, каналов и лотков из различных материалов**

Трубы, каналы и лотки	$\Delta$	$a_2$	$n$
Керамические	1	90	0,01
Бетонные и железобетонные	,35	10	3
Асбестоцементные	2 0		0,01
Чугунные	0	73	4
Стальные	,6	83	0,01
Бетонные и железобетонные, оштукатуренные с гладкой затиркой	1 0	79	2
Кирпичные	,8	50	3
	0 0	11	0,01
	,8		2
	3		0,01
	,15		3
			0,01
			5

Гидравлический расчет канализационной сети можно выполнять и по формуле Шеши (1.134), в которой коэффициент  $C$  определяется по формуле Павловского (1.136). Значения коэффициента шероховатости  $n$  можно принимать по табл. III.2.

Практически расчеты выполняют по таблицам или номограммам, составленным по приведенным формулам.



**Рис. П1.9. Формы сечения канализационных труб и каналов**  
 а — круглое; б — полукруглое; в — лотковое; г — овоидальное (яйцевидное);  
 з — эллиптическое; е — шатровое

Формы сечения труб, применяемых при строительстве канализационных сетей, показаны на рис. П1.9. Наиболее часто используют трубы с сечением круглой формы как обладающие лучшей пропускной способностью и более простые и экономичные в изготовлении. Остальные формы сечения труб могут быть подразделены на сжатые и вытянутые. Трубы со сжатой формой сечения при прочих равных условиях требуют меньшего заглубления. При устройстве открытых каналов применяют сечения прямоугольной и трапециевидальной формы.

Минимальные диаметры труб для уличных сетей установлены в зависимости от системы канализации: при полной раздельной 200 мм для бытовой сети и 250 мм для дождевой сети, при общесплавной 250 мм.

Расчетное наполнение в трубопроводах бытовой канализационной сети рекомендуется принимать в зависимости от диаметра труб (СНиП Н-32-74):

Диаметр труб, мм . . . . .	150-300	350-450	500-900	>900
$h/d$ , не более . . . . .	0,6	0,7	0,75	0,8

В трубопроводах дождевой канализационной сети полной раздельной системы и в трубопроводах сети общесплавной системы следует принимать полное наполнение.

### § 87. СКОРОСТИ И УКЛОНЫ

Сточные воды загрязнены различными примесями. Нерастворенная их часть может иметь как органическое, так и неорганическое происхождение. Примеси органического происхождения, обладающие малым удельным весом, хорошо транспортируются по канализационным сетям, а примеси неорганического происхождения (песок, шлак, бой стекла и др.) транспортируются лишь при значительных скоростях. В связи с этим расчетные скорости в канализационной сети должны назначаться из условия

транспортирования песка и других примесей неорганического происхождения, содержащихся в сточной жидкости.

Скорость, соответствующая полному взвешиванию потоком загрязнений, называется *самоочищающей (критической)*. Минимальные расчетные скорости следует назначать не менее самоочищающих скоростей. Для бытовой канализационной сети самоочищающие скорости равны:

Диаметр трубы, мм	150— 250	300 — 400	450— 500	600— 800	900— 1200	1300— 1500	> 1500
Самоочищающая скорость, м/с	0,7	0,8	0,9	1	1,1 5	1,3	1,5

Песок, содержащийся в сточной жидкости, транспортируется потоком в основном у дна труб, вызывая здесь истирание и разрушение их поверхности. Разрушение поверхности труб тем больше, чем больше скорость потока. По этой причине скорость движения, сточной жидкости в трубах следует ограничивать. В металлических трубопроводах не рекомендуется допускать скорость более 8 м/с, а в неметаллических трубопроводах — более 4 м/с.

Минимальный уклон труб бытовой канализационной сети можно определять по приближенной формуле

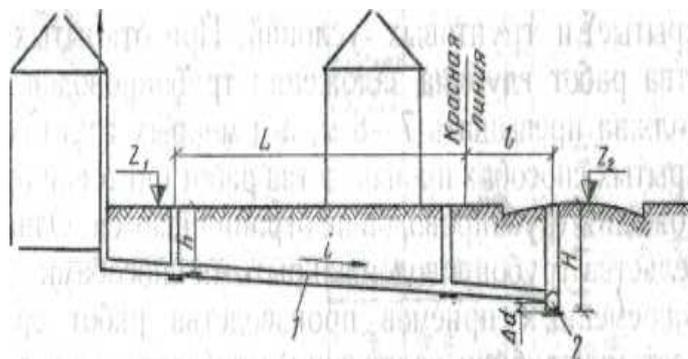
$$i = 1 / d$$

где  $d$  — внутренний диаметр труб, мм.

## § 88. ГЛУБИНА ЗАЛОЖЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

От глубины заложения трубопроводов существенно зависит стоимость и сроки строительства канализационной сети. В связи с этим ее назначают по возможности минимальной с учетом следующих требований:

- 1) предохранения сточных вод в трубах от замерзания;
- 2) защиты труб от механического повреждения;
- 3) возможности присоединения к уличной сети внутриквартальных сетей.



**Рис. III.10. Схема определения начальной глубины заложения уличной сети**  
/ — внутриквартальная сеть; 2 — уличная, сеть

Так как температура сточных вод не опускается ниже 7°C даже в самое холодное время года, канализационные трубопроводы можно прокладывать на глубине, меньшей глубины промерзания грунта. Наименьшую глубину заложения канализационных трубопроводов следует принимать на основании опыта эксплуатации канализационных

сетей в аналогичных условиях. При отсутствии такого опыта наименьшую глубину заложения от поверхности земли до лотка труб можно определять по формуле

$$h = h_{\text{пром}} - e,$$

$h_{\text{пром}}$  — глубина промерзания грунта;  $e$  — величина, равная 0,3 м для труб диаметром до 500 мм и 0,5 м для труб большего диаметра.

В то же время глубина заложения трубопроводов должна исключать возможность разрушения труб временными динамическими нагрузками от транспорта. Статические расчеты показывают, что для керамических труб, широко применяемых в канализации, действие временных нагрузок от транспорта опасно при глубине заложения от поверхности земли до верха труб меньше 0,7 м. При необходимости укладки трубопроводов на меньшей глубине следует применять трубы из более прочного материала, например из железобетона.

Глубину заложения трубопроводов определяют расчетом одновременно с построением профиля канализационной сети. Начальную глубину заложения трубопроводов уличной сети находят с учетом присоединения внутриквартальной сети и внутренних канализационных устройств зданий по следующей формуле (рис. III. 10):

$$I = h + i(L + l) - (z_1 - z_2) + \Delta d \quad (\text{III } 12)$$

где  $h$  — наименьшая глубина заложения трубопроводов от поверхности земли до его лотка в наиболее удаленном колодце внутриквартальной сети;  $i$  — уклон трубопроводов внутриквартальной сети;  $L + l$  — длина внутриквартальной канализационной сети от наиболее удаленного колодца до места присоединения ее к уличной сети;  $z_1$  и  $z_2$  — отметки поверхности земли соответственно у наиболее удаленного колодца внутриквартальной сети и у места присоединения этой сети к уличной;  $\Delta d$  — разница в диаметрах трубопроводов уличной и внутриквартальной сети у места их соединения.

Наибольшая глубина заложения трубопроводов канализационной сети зависит от способов производства работ (открытые или закрытые) и грунтовых условий. При открытых способах производства работ глубина заложения трубопроводов в сухих грунтах не должна превышать 7—8 м, а в мокрых грунтах — 5—6 м. При закрытых способах производства работ (щитовой проходке) глубина заложения трубопроводов не ограничивается. Однако стоимость строительства трубопроводов закрытыми способами даже с применением современных приемов производства работ сравнительно велика, поэтому глубину заложения сети следует ограничивать.

Расположение трубопроводов канализационной сети в поперечном сечении проездов должно быть увязано с расположением других подземных коммуникаций. Рациональное размещение канализационной сети и других подземных коммуникаций в поперечном <sup>1</sup> сечении проезда показано на рис. III. 11.

## § 89. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

В результате гидравлического расчета канализационной сети по расходам с

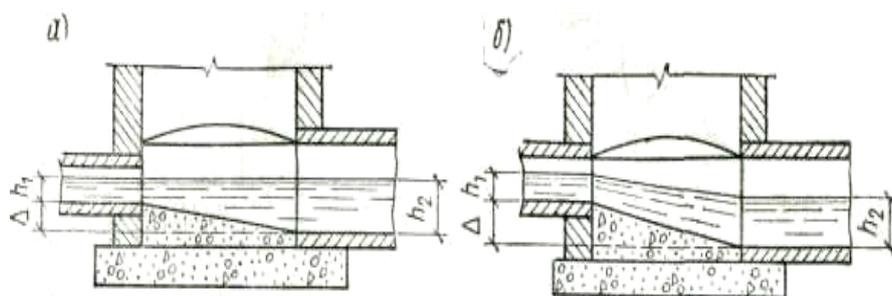
учетом рельефа местности определяют диаметры и уклоны трубопроводов и составляют продольный профиль канализационной сети (рис. III. 12). На этом профиле указывают диаметры и уклоны труб, длины расчетных участков, отметки поверхности земли и лотков труб, а также глубины колодцев. Горизонтальный масштаб профиля обычно принимается равным масштабу плана, а вертикальный — 1:50, 1:100 или 1:200.

На рис. П 1.12 показан продольный профиль участка сети, представленного на рис. П 1.8, б, с расчетными расходами, приведенными в табл. III. 1.

При проектировании канализационной сети необходимо соблюдать следующие требования:

- 1) определять диаметры и уклоны трубопроводов из условия, чтобы скорость потока с расчетным расходом была в них больше





**Рис. III.13. Соединение канализационных труб в колодцах**

*a* — по уровням воды; *б* — шельга в шельгу

самоочищающей и меньше наибольшей допустимой (см. § 87), а наполнение не превышало опустимых значений (см. § 86);

2)

3) при уклоне поверхности земли, большем минимального уклона проектируемого трубопровода, его уклон принимать равным уклону поверхности земли (участки 0—1, 1—2, 2—3 на профиле рис III/12);

4) при уклоне поверхности земли, меньшем минимального уклона проектируемого трубопровода, его уклон принимать равным минимальному уклону (участок 3—4 на профиле рис. III. 12).

Соединение труб одинакового диаметра при разном расчетном наполнении, а также труб разного диаметра можно выполнять по уровням воды (рис. II 1.13, *о*) или по верху труб («шельга в шельгу», рис. III. 13, *б*). Соединение труб бытовой канализационной сети рекомендуется выполнять по их верху при разном диаметре и по уровням воды при одинаковом диаметре.

Диаметры трубопроводов и параметры их работы определяют по таблицам или номограммам методом подбора.

Гидравлический расчет и построение продольных профилей производят на первой стадии проектирования — составлении технического проекта. По этим профилям строят продольные профили рабочих чертежей, по которым осуществляется строительство трубопроводов.

## Глава 21. УСТРОЙСТВО КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

### § 90. ТРУБЫ И КОЛЛЕКТОРЫ

Материалы, применяемые для устройства канализационных сетей, должны быть прочными, водонепроницаемыми, устойчивыми против коррозии и истирания, гладкими (для уменьшения сопротивлений, возникающих при движении жидкостей) и дешевыми. Этим требованиям в наибольшей мере удовлетворяют керамические, бетонные, железобетонные и асбестоцементные трубы, а также кирпич и железобетон, из которых выполняют коллекторы. Для устройства канализационных сетей применяют также винипластовые, стеклянные и фанерные трубы. Для напорных трубопроводов используют трубы чугунные, стальные и асбестоцементные.

К е р а м и ч е с к и е трубы (рис. III.14) изготовляют раструбными длиной 1000 и 1200 мм и диаметром до 600 мм (ГОСТ 286—74). Внутреннюю и внешнюю поверхности труб покрывают глазурью, что придает им твердость, водонепроницаемость, гладкость и ряд других положительных свойств. Для лучшего соединения труб места нарезки на внутренней поверхности раструба и на наружной поверхности гладкого конца труб не покрывают глазурью.

Для отвода агрессивных кислых вод применяют керамические трубы, изготовляемые из кислотоупорных глин с примесью кислотоупорных шамотов.

Б е т о н н ы е трубы (рис. III. 15), применяемые для устройства самотечных коллекторов, изготовляют диаметром 100—1000 мм (ГОСТ 20054—74), а железобетонные трубы (рис. III. 16) — диаметром до 4000 мм (ГОСТ 6482—71). Бетонные и железобетонные трубы изготовляют раструбными и фальцевыми из бетона марки не ниже 300 вибрационным или центробежным способом.

А с б е с т о ц е м е н т н ы е безнапорные трубы, применяемые для устройства самотечных коллекторов, изготовляют без раструбов диаметром 150—600 мм и длиной 2,95 и 3,925 м (ГОСТ

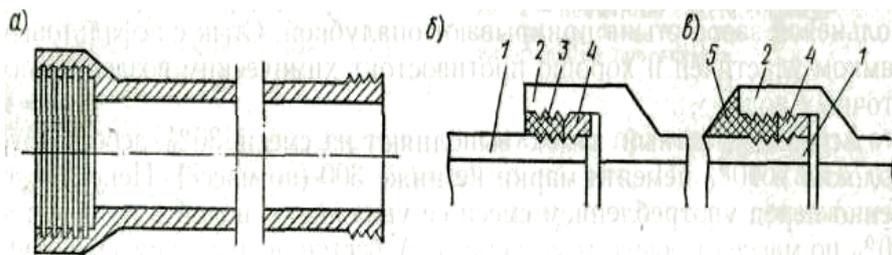


Рис. III.14. Керамическая труба

*a* — общий вид; *б* — заделка стыка асфальтом; *в* — заделка стыка цементом или асбестоцементом; / — гладкий конец трубы; 2 — раструб; 3 — асфальтовая мастика; 4 — смоленая пенькопая прядь; 5 — асбестоцемент

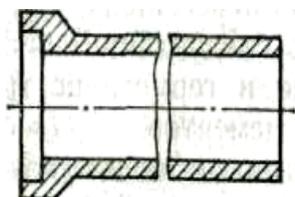


Рис. III.15. Бетонная труба

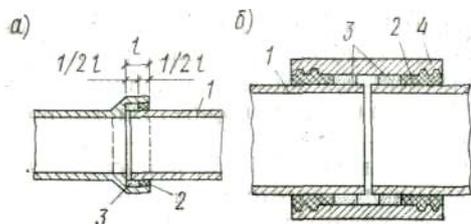


Рис. III.16. Железобетонная фальцевая труба

1839—72). Соединение асбестоцементных труб выполняется при помощи муфт.

Заделка раструбных и муфтовых соединений труб самотечных линий состоит из уплотняющей конопатки и асфальтового, асбестоцементного или цементного замка.

Уплотняющая конопатка представляет собой смоленую пеньковую прядь, заделываемую на  $1/3$ - $1/2$  глубины кольцевого зазора стыка.



**Рис. III.17. Соединения труб с асфальтовым замком**

а — раструбное; б — муфтовое; 1 — труба; 2 — асфальтовый замок; 3 — конопатка на смоленой пряди 4 — муфта

Асфальтовый замок (рис. III. 17) выполняют из мастики, состоящей из 3 мае. ч. асфальта и 1 мае. ч. гудрона или битума БН-Ш. Мастику заливают в расплавленном состоянии в кольцевой зазор между раструбом (муфтой) и гладким концом трубы. При заливке кольцевой зазор стыка прикрывают опалубкой. Стык с асфальтовым замком эластичен и хорошо противостоит химическим воздействиям сточных вод.

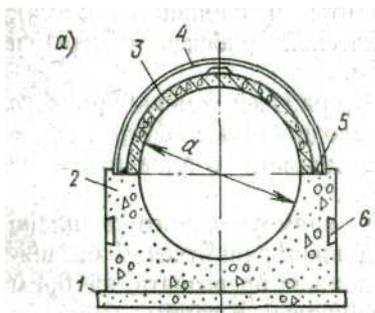
Асбестоцементный замок выполняют из смеси 30% асбестового волокна и 70% цемента марки не ниже 300 (по массе). Непосредственно перед употреблением смеси ее увлажняют водой в количестве 10% по массе от общей массы смеси. Асбестоцементную смесь вводят в кольцевой зазор стыка послойно с уплотнением каждого слоя тупым концом чеканки без применения молотка. Во избежание высыхания асбестоцементного замка его рекомендуется увлажнять до момента полного затвердевания.

Цементный замок выполняют из 1 мае. ч. цемента и 1 мае. ч. песка аналогично асбестоцементному замку. При агрессивных грунтовых или сточных водах для заделки стыков следует применять кислотоупорные цементы. Высокой прочностью и герметичностью обладают стыки с заделкой из расширяющихся цементов.

Стыки с асбестоцементными и цементными замками имеют значительную жесткость, поэтому их применяют при укладке труб на надежные основания.

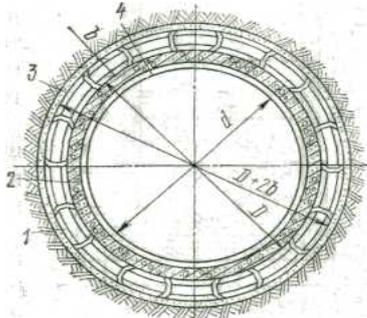
В настоящее время для уплотнения стыков применяют также резиновые кольца и кольца из поливинилхлоридной смолы (пластизола).

К о л л е к т о р ы могут быть выполнены из кирпича, керамических блоков и сборного железобетона. Кирпичные коллекторы, исключая индустриализацию строительства, в настоящее время почти не применяют. Конструкция сборных железобетонных коллекторов зависит от их размера и способа производства работ. На



**Рис. III. 18. Коллектор, выполняемый при открытом способе" производства работ**

- 1 — подготовка;
- 2 — бетонное основание из сборных элементов;
- 3 — свод;
- 4 — бетонный пояс для заделки стыков свода;
- 5 — битум;
- 6 — железобетонный пояс для крепления блоков основания



**Рис. III.19. Коллектор, выполняемый при щитовом способе производства работ**

- 1 — керамические или бетонные блоки; 2 — железобетонная рубашка; 3 — цементный раствор, нагнетаемы за блок; 4 — штукатурка с железнением поверхности

рис. III. 18 представлен вариант коллектора, применяемого при открытом способе производства работ, а на рис. III. 19 показан вариант коллектора, применяемого при щитовом способе производства работ.

## § 91. КОЛОДЦЫ НА КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

Для осмотра и прочистки канализационной сети на ней сооружают смотровые колодцы. Смотровые колодцы подразделяют на *линейные*, устраиваемые на прямолинейных участках сети через каждые 40—150 м по ее длине (чем больше диаметр труб, тем больше расстояние между колодцами); *поворотные*, устраиваемые в местах изменения уклона канализационной линии и ее направления в плане; *узловые*, устраиваемые в местах соединения линий, и *контрольные*, устраиваемые в местах присоединения внутриквартальных и заводских сетей к уличным в пределах застройки кварталов.

Смотровые колодцы можно выполнять из кирпича и сборного железобетона. В плане они могут иметь круглую или прямоугольную форму.

Детали для круглых железобетонных колодцев изготавливают согласно ГОСТ 8020—68 «Изделия железобетонные для смотровых колодцев водопроводных и канализационных сетей».

На рис. II 1.20 показан простейший узловой канализационный колодец. Он состоит из основания (подготовки, плиты и набивного лотка), цилиндрической

рабочей камеры и горловины.

Диаметр рабочей камеры круглого в плане колодца должен быть не менее 1 м, а диаметр менее 0,7 м.

Длина прямоугольного колодца должна равняться 1 м, ширина его должна превышать диаметр наибольшей трубы.

Сложные узловые колодцы и вые колодцы на трубопроводах больших диаметров целесообразно выполнять полигональной формы в плане из кирпича. Расположение стенок перпендикулярно и параллельно трубам позволяет значительно сокращать размеры колодцев.

Для соединения трубопроводов, уложенных на различной глубине, на сети сооружают *перепадные* колодцы. При диаметре труб до 500 мм и высоте перепада до 6 м перепадные колодцы выполняют со стояком из чугунных, асбестоцементных или железобетонных труб. При диаметре труб более 500 мм перепадные колодцы выполняют с водосливом практического профиля и водобойным колом в основании. Перепадные колодцы могут сооружаться из кирпича и железобетона. При наличии грунтовых вод наружная поверхность колодцев на 0,5 м выше их уровня покрывается гидроизоляцией.

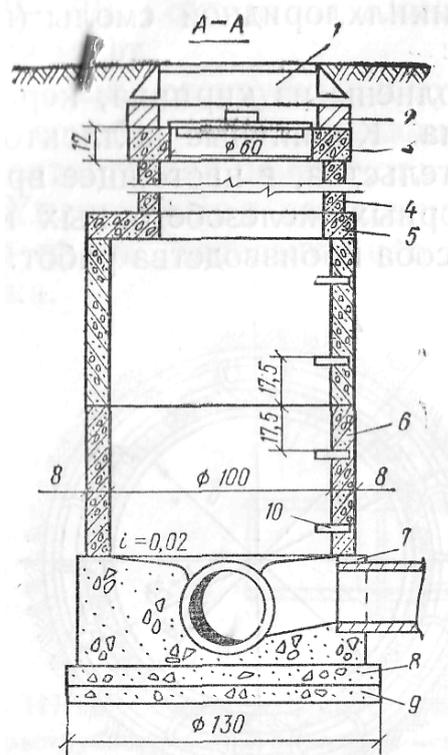
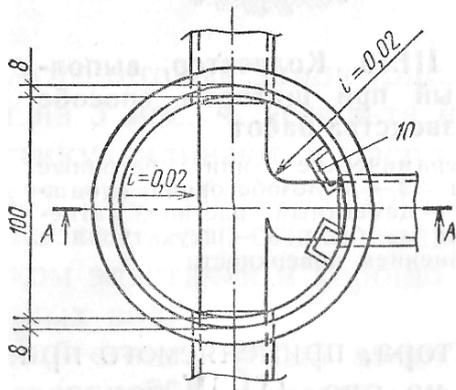


Рис. III 1.20. Типовой круглый колодец из стандартных железобетонных колец для уличной сети диаметром 150—600 мм

1 — круглый люк с крышкой; 2 — регулировочные камни или кирпичная кладка не более четырех рядов; 3 — опорное кольцо; 4 — кольцо диаметром 700 мм и высотой 300—600 мм; 5 — плита; 6 — кольцо диаметром 1000 мм; 7 — регулировочные камни или кирпичная кладка; 8 — плита; 9 — щебеночная подготовка; 10 — скобы



## § 92. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ПРЕПЯТСТВИЯМИ

Способ пересечения канализационных трубопроводов с препятствиями (реками, подземными сооружениями, автомобильными и железными дорогами и другими сооружениями) зависит от взаимного расположения сети и препятствия по вертикали (разности их отметок). При небольшой разнице в отметках пересечение целесообразно устраивать в виде *дюкера* (рис. III.21). Дюкер состоит, как правило, не менее чем из двух линий трубопроводов, прокладываемых под препятствием и работающих полным сечением (как напорные), и верхней и нижней камер. Жидкость движется по трубопроводам под действием напора, который устанавливается вследствие разности отметок уровней воды в верхней и нижней камерах.

При расположении канализационной сети значительно выше препятствия (дороги в больших выемках, овраги и суходолы) пересечение целесообразно выполнять в виде самотечного трубопровода, укладываемого по *эстакаде* — мосту.

При расположении канализационной сети значительно ниже препятствия (дороги на насыпях) пересечение целесообразно выполнять в виде самотечного трубопровода, укладываемого под препятствием. В зависимости от назначения дороги, интенсивности движения и характера транспорта переход может быть выполнен из усиленных труб, в футляре из стальных труб (кожухе) или в туннеле.

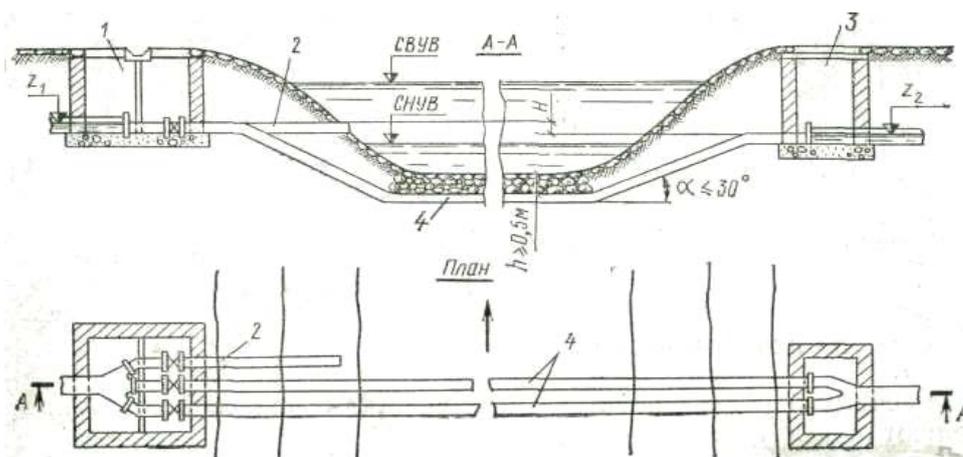


Рис. 111.21. Дюкер

1 — верхняя камера; 2 — аварийный вынусь; 3 — нижняя камера; 4 — трубы дюкера

## Глава 22. ДОЖДЕВАЯ КАНАЛИЗАЦИОННАЯ СЕТЬ (ВОДОСТОКИ}

### § 93. УСТРОЙСТВО И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОЖДЕВОЙ СЕТИ

Начертание водосточной сети в плане определяется рельефом местности, схемой планировки и насыщенностью территории подземными сооружениями. Принципы трассирования водосточной сети аналогичны принципам трассирования бытовой канализационной сети.

В целях уменьшения сечения и длины каналов водосточную сеть рекомендуется трассировать вдоль городских проездов по кратчайшим расстояниям к водоемам, тальвегам и оврагам. При ширине проезда до 30 м водосток рекомендуется трассировать в середине его. При большей ширине проезда водосток можно прокладывать в две линии ронам его.

Дождевые воды поступают в закрытую водосточную сеть через дождеприемники. Дождеприемник представляет собой колодец, перекрытый приемной решеткой. В плане дождеприемники имеют прямоугольную (0,6X0,9 м) или круглую (диаметром 0,8 м) форму. На рис. II 1.22 показан железобетонный дождеприемник круглой формы в плане. Дождеприемники располагают у бортовых камней проездов на расстоянии 50 — 80 м друг от друга.

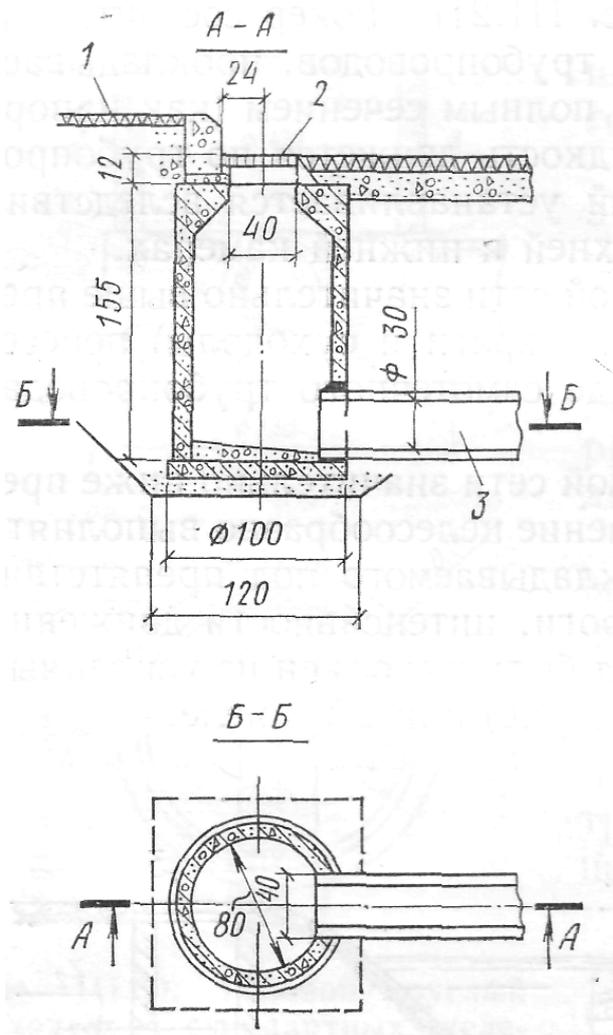


Рис. III.22. Железобетонный дождеприемник

1 — тротуар; 2 — решетка; 3 — соединительная ветка

### § 94. Расчет дождевой сети

Расчетный расход по отдельным участкам дождевой сети определяется по формуле:

$$Q_{\text{длн}} = q * F * \psi \quad (\text{Ш.13})$$

где  $q$ -интенсивность дождя,  $F$ -площадь стока,  $\psi$ -коэффициент стока.

Интенсивность дождя  $q$ , л/(с-га), можно подсчитать по формуле

$$q = 20^n q^n (1 + Cigp) / t^n \quad (\text{Ш.14})$$

где  $n$  и  $C$  — величины; учитывающие климатические особенности района;  $q_{20}$  — интенсивность дождя продолжительностью 20 мин и повторяемостью 1 раз в год (величина постоянная для данного района);  $p$  — период однократного переполнения сети — период в годах, в течение которого 1 раз произойдет переполнение сети;  $t$  — расчетная продолжительность дождя, мин, принимаемая равной времени добегания воды от наиболее удаленной точки площади стока до расчетного сечения.

Значения указанных выше величин следует принимать в соответствии со СНиП 11-32-74.

Коэффициент стока

$$\psi = q_c / q \quad (\text{Ш.15})$$

где  $q$  и  $q_c$  — расходы атмосферных вод; соответственно выпадающих на 1 га и стекающих в дождевую сеть с 1 га.

Гидравлический расчет дождевой сети производят по тем же формулам, что и расчет бытовой сети.

## § 95. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ОБЩЕСПЛАВНОЙ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

Общесплавная система канализации имеет одну канализационную сеть, которая служит для отведения всех видов сточных вод (см. рис. II 1.2). В период сильных ливней часть смеси сточных вод через ливнеспуски сбрасывается в водоем. Расход несбрасываемых дождевых вод определяется по коэффициенту разбавления

$$n_0 = q_{\text{длн}} / q_{\text{нлн}} \quad (\text{Ш. 16})$$

где  $Q_{\text{длн}}$  — расход несбрасываемых дождевых вод;  $Q_{\text{сух}}$  — расход сточных вод в сухую погоду; поступающих в сеть до ливнеспуска.

Коэффициент разбавления  $n_0$  принимается от 0,5 до 5 (см. СНиП Н-32-74).

Расход сточных вод во время дождя для любого участка сети, расположенного до ливнеспуска, определяется по формуле

$$q' = q_{\text{нлн}} + q_{\text{длн}} \quad (\text{Ш.17})$$

а для участка, расположенного после ливнеспуска, по формуле

$$q'' = q_{\bar{n}\acute{o}\bar{o}} + n_0 q'_{\bar{n}\acute{o}\bar{o}} + q''_{\ddot{a}} \quad (\text{Ш.18})$$

где ( $q_{\text{сух}}$  — расход сточных вод в сухую погоду; поступающих в сеть от ее начала до расчетного участка;  $q_n$  — расход дождевых вод; поступающих в сеть;  $n_0 q_{\text{сух}}$  — расход дождевых вод, прошедших ливнеспуск;  $q_d$  — расход дождевых вод, поступающих в сеть от ливнеспуска до расчетного участка.

Расход дождевых вод в сети общесплавной системы канализации определяется как и при расчете дождевой сети.

Ливнеспуски выполняются преимущественно в виде боковых прямолинейных или криволинейных водосливов.

## Глава 23. ПЕРЕКАЧКА СТОЧНЫХ ВОД

### § 96. НАСОСЫ ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ СТОЧНЫХ ВОД

В тех случаях когда не удастся осуществить отвод сточных вод к очистным сооружениям самотеком, для их перекачки применяют насосы (в основном центробежные). При этом, исходя из особенностей перекачиваемой жидкости (содержания в ней бумаги, тряпья, мочала и др.), к насосам предъявляют следующие требования:

1) они не должны засоряться отбросами, содержащимися в сточной жидкости;

2) конструкция их должна обеспечивать возможность прочистки рабочего колеса, корпуса и патрубков.

С учетом этих требований насосы, применяемые для перекачки сточных вод, имеют ряд конструктивных особенностей: а) насосы строятся только одноколесные и без направляющих аппаратов; б) рабочие колеса имеют всего лишь две-четыре лопасти; в) на корпусе насоса и на входном патрубке устраиваются люки — ревизии.

Промышленность выпускает для перекачки сточных вод насосы следующих марок: Ф, ФВ, НФ, НФВ. Кроме того, для этой цели можно использовать насосы, рассчитанные на перекачку жидкостей с большим содержанием взвешенных частиц: землесосы, торфонасосы, багерные, шламовые и др. Перекачку сточных вод можно осуществлять и крупными насосами для чистой воды (20НДн и 20НДс, а также больших размеров) после некоторой переделки их — на корпусе прорезают люки для прочистки.

### § 97. КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Канализационная насосная станция состоит из машинного отделения, в котором располагаются насосы, и приемного резервуара.

На выбор типа насосной станции влияют глубина заложения подводящего трубопровода, производительность станции, условия строительства, принятый тип насосов и др.

Наиболее часто строятся канализационные насосные станции шахтного типа (рис. III.23). Круглая в плане форма обуславливается опускным способом строительства. Для станции большой производительности, оборудованной насосами со значительной высотой всасывания, целесообразна схема с отдельно стоящим приемным резервуаром. При совмещении машинного отделения с приемным резервуаром последний вытягивают вдоль машинного отделения.

Подземная часть насосных станций выполняется из бетона или из железобетона, а надземная часть — из кирпича.

Приемный резервуар оборудуется решетками, через которые проходит поступающая в резервуар вода, и дробилками, которые служат для измельчения отбросов, задерживаемых решетками (см. § 102). После дробления отбросы обычно сбрасываются в поток сточной жидкости перед решеткой. Решетки выполняются из стальных стержней сечением 10x60 мм, устанавливаемых под углом 60 — 70 градусов к горизонту. Прозоры между стержнями назначаются в зависимости от марки насоса. В настоящее время получают распространение

решетки-дробилки (коминаторы), которые улавливают и измельчают загрязнения подводой.

Дну приемного резервуара придается уклон  $i = 0,05 \dots 0,1$  к приемку под всасывающей трубой насоса.

Необходимый объем приемного резервуара определяется по графику притока и откачки сточных вод.

Насосы подбирают по требуемому напору и максимальной подаче насосной станции. Требуемый напор определяется по формуле

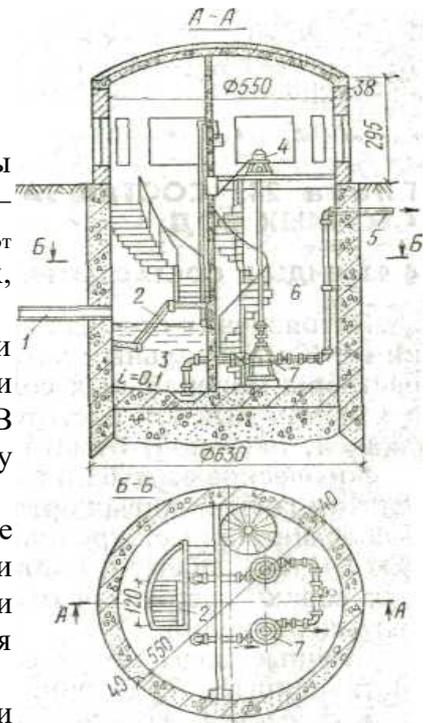
$$H_{\text{од}} = H_{\text{а}} + h_{\text{пот}}$$

где  $H_{\text{з}} = z_1 + z_2$  — геометрическая высота подачи воды (здесь  $z_1$  — отметка, на которую подается вода;  $z_2$  — отметка среднего уровня воды в приемном резервуаре);  $h_{\text{пот}}$  — потери напора в напорном и всасывающем трубопроводах, определяемые по формуле (1.55)

Максимальная подача насосной станции устанавливается по совместному ступенчатому или интегральному графику притока и откачки сточных вод. В большинстве случаев ее принимают равной максимальному притоку сточных вод.

Напорные трубопроводы выполняют, как правило, в две линии из железобетонных или асбестоцементных труб. При соответствующем обосновании можно применять чугунные или стальные трубы. Скорость движения воды в них принимается около 1,5 м/с.

Дождевые воды перекачивают сравнительно редко. При этом целесообразно применять пропеллерные насосы.



**Рис.Ш.23.**  
**Канализационная насосная станция шахтного типа**  
 / — самотечный коллектор; 2 — решетка; 3 — приемный резервуар; 4 — двигатель; 5 — напорный трубопровод; 6 — машинное отделение; 7 — насос

## Глава 24. СОСТАВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

### § 98. ВИДЫ И СОСТАВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД

Загрязнения сточных вод могут быть минеральными и органическими. К минеральным загрязнениям относятся песок, глина, шлак, растворы минеральных солей, кислот и щелочей. Органические загрязнения бывают растительного происхождения (остатки плодов, овощей, растений, бумага и пр.) и животного происхождения (физиологические выделения людей и животных, органические кислоты, остатки тканей живых организмов, различные бактерии, в том числе и болезнетворные, дрожжевые и плесневые грибки — так называемые бактериальные и биологические загрязнения). В бытовых сточных водах содержится около 60% органических и 40% минеральных загрязнений.

Сточные воды могут содержать нерастворенные, коллоидные и растворенные загрязнения.

Количество нерастворенных загрязнений, вносимых одним человеком в бытовые сточные воды, составляет около 65 г/сут. Концентрация нерастворенных загрязнений бытовых сточных вод, мг/л, определяется по формуле

$$\bar{d}_{\text{нр}} = 1000b/q \quad (\text{Ш.19})$$

где  $b$  — количество загрязнений, вносимых одним человеком в бытовые сточные воды, г/сут;  $q$  — норма водоотведения на одного человека, л/сут.

Городские сточные воды представляют собой смесь бытовых и производственных сточных вод. Концентрация нерастворенных загрязнений городских сточных вод, г/м<sup>3</sup>, определяется по формуле

$$P_{\text{см}} = \frac{P_{\text{быт}} Q_{\text{быт}} + \sum P_{\text{пр}} Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{быт}} + \sum Q_{\text{пр}}} \quad (\text{Ш.20})$$

где  $P_{\text{быт}}$  и  $\sum P_{\text{пр}}$  — концентрация нерастворенных загрязнений бытовых и производственных сточных вод, г/м<sup>3</sup>;  $Q_{\text{быт}}$  и  $\sum Q_{\text{пр}}$  — расход бытовых и производственных сточных вод, м<sup>3</sup>/сут.

В процессе обработки сточных вод на очистных сооружениях значительная часть нерастворенных загрязнений выпадает в отстойных сооружениях, образуя осадок. Этот осадок имеет высокую влажность. В зависимости от типа сооружений, в которых этот осадок образуется, и состава осадка влажность его колеблется в пределах 90—99,5%.

Осадок состоит из органических и минеральных веществ. Для оценки соотношения органических и минеральных веществ используют понятие *зольность*, которая характеризует количество минеральных веществ в осадке. Ее выражают в процентах. Зольность осадка городских сточных вод составляет 25—35%. Органические вещества называют иначе беззольными веществами. Их в осадке городских сточных вод содержится 65—75%.

## § 99. БИОХИМИЧЕСКАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ПОТРЕБНОСТЬ В КИСЛОРОДЕ

Количество кислорода, необходимого для окисления органических веществ аэробными микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности, называется *биохимической потребностью в кислороде* (БПК). Эта величина выражается в мг/л или г/м<sup>3</sup>. Обычно определяют биохимическую потребность в кислороде за 5 и 20 сут, обозначая ее соответственно БПК<sub>5</sub> и БПК<sub>20</sub>

БПК бытовых сточных вод  $L_{\text{быт}}$ , мг/л, зависит от нормы водоотведения на одного человека:

$$L_{\text{быт}} = 1000 * a / q \quad (\text{Ш.21})$$

где  $a$  — БПК<sub>20</sub>; приходящаяся на одного человека; г/сут (для отстоенной сточной жидкости  $a = 40$  г/сут);  $q$  — норма водоотведения на одного человека, л/сут.

У городских сточных вод БПК<sub>зд</sub> обычно составляет 100—400 мг/л\* Так как БПК не характеризует общее количество органических веществ в сточных водах (она не учитывает органические вещества, идущие на прирост бактерий, а также стойкие органические вещества, не затрагиваемые биохимическим процессом), определяют еще *химическую потребность в кислороде* (ХПК)- У городских сточных вод БПК<sub>20</sub> составляет примерно 86% ХПК. У производственных сточных вод БПК<sub>20</sub> составляет от 25 до 80% ХПК.

Для нормального хода процесса биологической очистки на очистных сооружениях активная реакция сточных вод рН) должна быть в пределах 6,5—8,5. Бытовые сточные воды обычно имеют рН = 7,2...7,6, т. е. слабощелочную реакцию. Некоторые виды производственных сточных вод могут иметь сильнокислую или сильнощелочную реакцию. Для возможности биологической очистки таких вод требуется их нейтрализация.

## § 100. УСЛОВИЯ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ

Условия спуска сточных вод в водоемы определяются «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» и «Правилами санитарной охраны прибрежных районов морей». В соответствии с этими правилами различают водоемы питьевого и культурно-бытового водопользования и водоемы, используемые для рыбохозяйственных целей.

Водоемы питьевого и культурно-бытового водопользования. Нормативы качества воды на используемых участках этих водоемов устанавливаются по двум видам водопользования: первый — для централизованного и нецентрализованного питьевого водоснабжения, а также водоснабжения предприятий пищевой промышленности, второй — для купания, спорта и отдыха населения. Ко второму виду водопользования относятся также участки водоемов, расположенные в черте населенных пунктов.

Установлены следующие нормативные показатели качества воды водоема.

**Растворенный кислород.** Количество растворенного в воде водоема кислорода после смешивания с ней сточных вод в любой период года в пробе, отобранной в 12 ч дня, не должно быть меньше 4 мг/л.

**Биохимическая потребность в кислороде.** Величина БПК<sub>20</sub> для водоемов первого вида водопользования не должна превышать 3 мг/л, а

для водоемов второго вида водопользования — 6 мг/л.

**Взвешенные вещества.** Содержание взвешенных веществ в воде водоема после спуска в него сточных вод не должно увеличиваться больше чем на 0,25 мг/л для водоемов первого вида водопользования и на 0,75 мг/л для водоемов второго вида водопользования.

**Активная реакция воды.** Активная реакция воды водоема (рН) после смешивания с ней сточных вод должна быть не ниже 6,5 и не выше 8,5.

Для воды водоемов установлены также нормативные показатели по окраске, наличию ядовитых веществ, плавающих примесей, возбудителей заболеваний, запахам и привкусам, минеральному составу и температуре. Ядовитые вещества не должны содержаться в концентрациях, которые могут оказать прямо или косвенно вредное воздействие на здоровье населения.

**Рыбохозяйственные водоемы.** Существуют два вида использования таких водоемов: первый — для воспроизводства и сохранения ценных видов рыб, второй — для всех других рыбохозяйственных целей.

Показатели качества воды рыбохозяйственных водоемов должны соответствовать нормативам, установленным для водоемов питьевого и культурно-бытового водопользования. В то же время по некоторым показателям к воде рыбохозяйственных водоемов предъявляют более высокие требования. Зимой количество кислорода, растворенного в воде рыбохозяйственных водоемов первого вида использования, не должно быть меньше 6 мг/л, а растворенного в воде водоемов второго вида использования — 4 мг/л. Биохимическая потребность в кислороде БПК<sub>полн</sub> не должна превышать 3 мг/л.

Содержание в воде любых водоемов радиоактивных веществ у мест выпуска загрязненных ими сточных вод не должно превышать предельно допустимые концентрации, установленные Главной государственной санитарной инспекцией СССР.

Необходимую степень очистки сточных вод определяют по количеству содержащихся в них взвешенных веществ, потреблению растворенного кислорода смесью сточных вод и вод водоема, допустимой величине БПК<sub>по1ш</sub> смеси вод водоема и сточных вод, изменению активной реакции воды водоема и по другим показателям с учетом самоочищающей способности водоема.

Под *самоочищающей способностью водоемов* понимают снижение концентрации загрязнений вследствие биохимических, химических и физических процессов, протекающих в водоеме.

## **§ 101. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И СОСТАВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Для обработки сточных вод применяют механическую, физико-химическую и биологическую очистку. Очищенную сточную жидкость перед спуском в водоем подвергают дезинфекции для уничтожения болезнетворных бактерий.

Технология очистки сточных вод в настоящее время развивается в направлении интенсификации процессов биологической очистки, проведения последовательно процессов биологической и физико-химической очистки в целях возможности повторного использования глубоко очищенных сточных вод на промышленных предприятиях.

В результате механической очистки из сточной жидкости удаляются нерастворенные и частично коллоидные загрязнения. Крупные загрязнения (тряпки, бумага, остатки овощей и фруктов) задерживаются *решетками*. Загрязнения минерального происхождения (песок, шлак и др.) улавливаются *песколовками*.

Основная масса нерастворенных загрязнений органического происхождения задерживается в *отстойниках*. При этом частицы с удельным весом больше удельного веса сточной жидкости выпадают на дно, а частицы с меньшим удельным весом (жиры, масла, нефть) всплывают в зависимости от их характера применяют *жироловки*, *нефтеловушки*, *маслоотделители* и пр. С помощью ЭТИХ сооружений осуществляют очистку производственных сточных вод.

Для обработки производственных сточных вод применяют также *флотацию* вводя в сточную жидкость воздух и пенообразующие вещества (поверхностно-активные вещества, глинозем, животный клей и пр.). Всплывающие пузырьки воздуха и частицы пенообразующих веществ сорбируют загрязнения и поднимают их на поверхность жидкости в виде пены, которая непрерывно удаляется.

К сооружениям механической очистки относятся также *септики*, *двухъярусные отстойники* и *осветлители-перегниватели*, в которых осветляется жидкость и обрабатывается выпавший осадок.

Для удаления из производственных сточных вод взвешенных веществ большого удельного веса используют *гидроциклоны*.

Физико-химическую очистку применяют главным образом для обработки некоторых видов производственных сточных вод. К физико-химическим методам очистки относятся *сорбция*, *экстракция*, *эвапорация*, *электролиз*, *ионный обмен* и др.

Сущность биологической очистки состоит в окислении органических веществ микроорганизмами. Различают биологическую очистку сточных вод в искусственно созданных условиях (*биологические фильтры* и *аэротенки*) и в условиях, близких к естественным (*поля фильтрации* и *биологические пруды*).

Для дезинфекции очищенных сточных вод чаще всего применяют *хлорирование*.

В настоящее время требования к степени очистки сточных вод повышаются, в связи с чем их подвергают доочистке. Для этого применяют *песчаные фильтры*, *контактные осветлители*, *микрофильтры*, *биологические пруды*.

Для снижения концентрации органических загрязнений биологически очищенных сточных вод можно применять сорбцию на активированных углях или химическое окисление озоном.

Иногда возникает задача удаления из сточных вод биогенных элементов— азота и фосфора, которые, попадая в водоем, способствуют усиленному развитию водной растительности. Азот удаляют физико-химическими и биологическими методами, фосфор обычно удаляют химическим осаждением с применением солей железа и алюминия или извести.

Накапливаемые в очистных сооружениях большие массы осадка обрабатывают не только в септиках, двухъярусных отстойниках и осветлителях-перегнивателях, но и в *метантенках*. Септики, двухъярусные отстойники и осветлители-перегниватели предназначены для осветления сточной жидкости и сбраживания осадка. Метантенки служат только для сбраживания осадка.

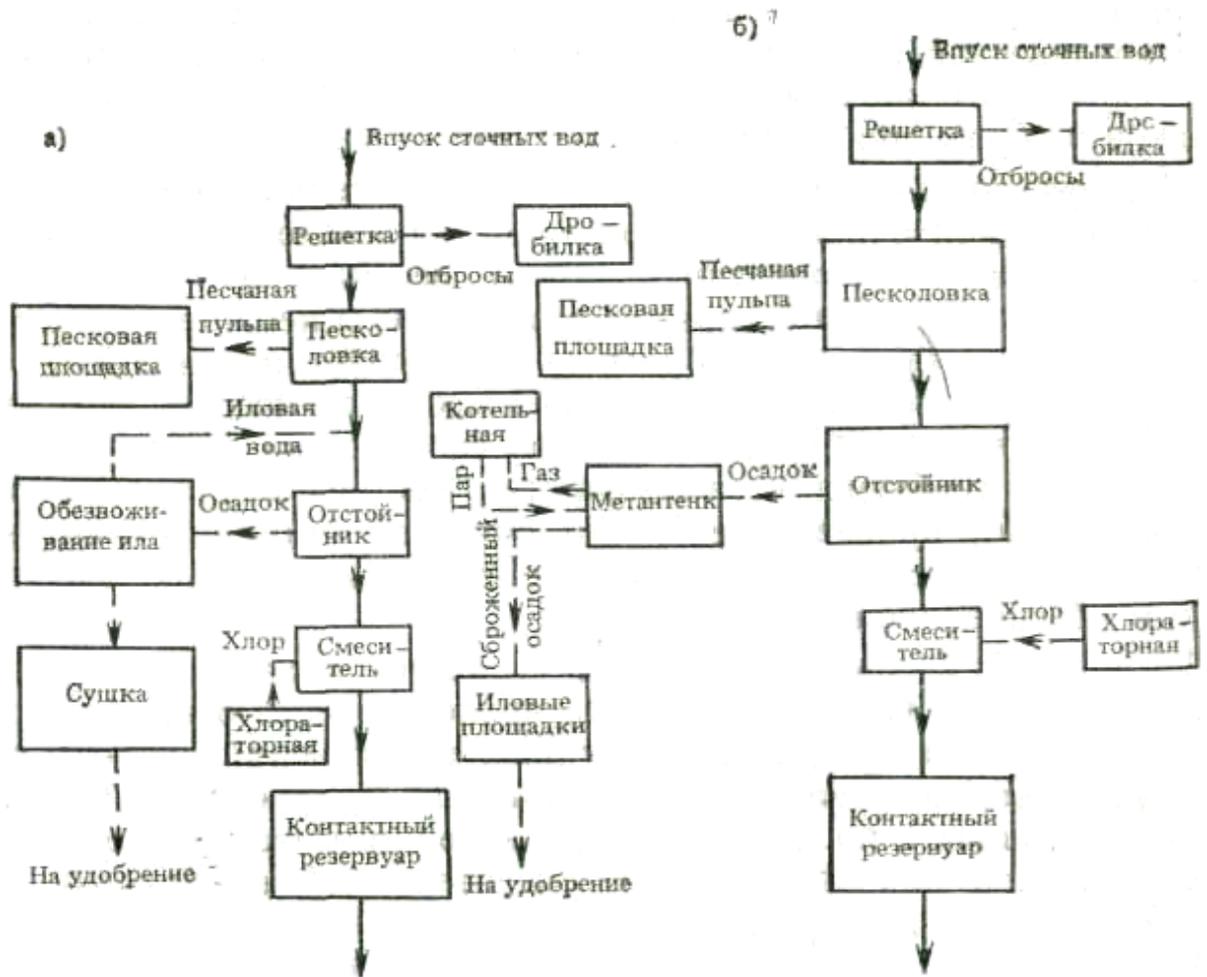


Рис. 111.24. Схемы станции с механической очисткой сточных вод а — вариант без метантенка; б — вариант с метантенком

Обработка осадка заключается в разложении (сбраживании) его органической части с помощью *анаэробных*, т. е. живущих без кислорода, микроорганизмов. В последние годы наряду с анаэробным сбраживанием осадка применяют *аэробную стабилизацию* его, сущность которой состоит в продувке осадка в течение длительного времени воздухом в сооружениях, устраиваемых по типу аэротенков.

На большинстве очистных станций осадок образуется в первичных и вторичных отстойниках (см. далее рис. III). Этот осадок обладает высокой влажностью, плохо отдает воду и опасен в санитарном отношении. Для его обработки используют, как правило, метантенки. Сброженный в метантенках осадок хорошо отдает воду, менее опасен в санитарном отношении и содержит в значительных количествах азот, фосфор и калий, т. е. является хорошим удобрением. Для обезвоживания его используют *иловые площадки*, *вакуум-фильтры*, *центрифуги*, *фильтр-прессы*. Нередко осадок, обезвоженный на вакуум-фильтрах, подвергают *термической сушке*.

Некоторые виды осадков производственных сточных вод, содержащие вредные загрязнения, после предварительной подсушки *сжигают*. При сжигании полностью окисляются органические вещества осадков и образуется стерильный остаток — зола.

Сточные воды обычно очищают на сооружениях механической и биологической очистки, располагаемых последовательно. Сооружения механической очистки (решетки, песколовки и отстойники) предназначены для задержания основной массы нерастворенных загрязнений. В сооружениях биологической очистки окисляются оставшиеся

нерастворенные и растворенные органические загрязнения. Метод очистки и состав очистных сооружений выбирают в зависимости от требуемой степени очистки, состава загрязнений сточной жидкости, производительности очистной станции, грунтовых условий и мощности водоема с соответствующим технико-экономическим обоснованием.

На рис. П 1.24 приведены схемы станции с механической очисткой сточных вод. Сточная жидкость проходит через решетку, предназначенную для задержания крупных загрязнений, песколовку, служащую для задержания загрязнений минерального происхождения (песок, шлак и пр.), отстойник, в котором осаждается основная масса органических загрязнений, смеситель, где происходит смешивание сточной жидкости с хлором, контактный резервуар, который служит для взаимодействия хлора со сточной жидкостью с целью ее дезинфекции, и затем сбрасывается в водоем. Осадок из отстойника направляется на обезвоживающие установки или в метантенк (см. рис. III.24, б) для сбраживания. Сброженный осадок подсушивается на иловых площадках.

Для станций большой производительности целесообразна схема, приведенная на рис. П 1.25. Механическая очистка сточных вод производится на решетках, в песколовках, преаэраторах и отстойниках. Преаэраторы служат для предварительной аэрации сточной жидкости с целью улучшения условий последующего осветления ее в отстойниках. Биологическая очистка осуществляется в аэротенках. Во вторичных отстойниках происходит выпадение активного ила. Часть активного ила из вторичных отстойников перекачивается в аэротенки (циркулирующий активный ил), а часть его (избыточный активный ил) передается в илоуплотнители. После илоуплотнителей ил поступает в метантенки, где сбраживается вместе с осадком из первичных отстойников. Сточные воды после дезинфекции сбрасывают в водоем.

Кроме приведенных схем станций применяют и другие, например схему станции с очисткой сточных вод на биологических биофильтрах. Схемы станций очистки производственных сточных вод зависят вида вод и весьма разнообразны.

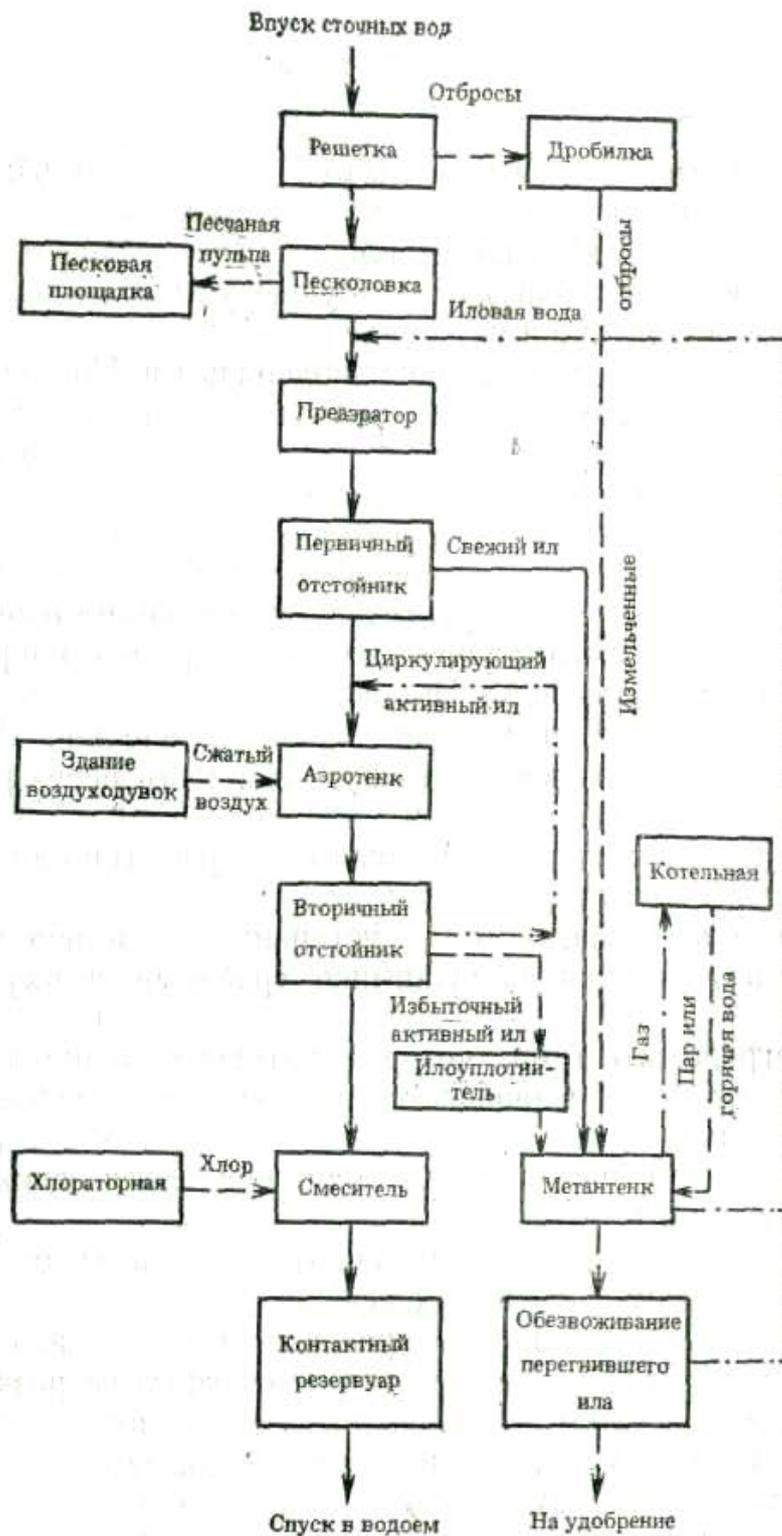


Рис. III.25. Схема станции с биологической очисткой сточных вод в аэротенках

## Глава 25. СООРУЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

### § 102. РЕШЕТКИ

Решетки предназначены для задержания крупных загрязнений. Устанавливают их в приемных резервуарах насосных станций перекачки на очистных станциях или на канале, подводящем сточные воды на очистные сооружения. Лучше устанавливать решетки и в приемном резервуаре и на канале.

Решетки бывают подвижными и неподвижными. Последние имеют большее распространение. Различают также решетки с ручной и механизированной очисткой от отбросов. Механизированная очистка решеток обязательна при количестве отбросов более 0,2 м<sup>3</sup>/сут. На рис. П 1.26 приведена схема установки неподвижной решетки с механизированной очисткой. Решетка очищается движущимися граблями, зубцы которых входят в прозоры между ее стержнями и снимают отбросы. Снятые отбросы поступают на транспортер и направляются в дробилку для размельчения. При количестве отбросов более 1 т/сут кроме рабочей дробилки устанавливается резервная. Измельченные отбросы сбрасываются в сточную жидкость перед решетками или перекачиваются в метантенки.

В нашей стране применяют неподвижные решетки с механизированной очисткой следующих типов:

- 1) московского типа, которая устанавливается под углом 60° к горизонту и очищается движущимися граблями сверху по течению воды;
- 2) ленинградского типа, которая устанавливается также под углом 60° к горизонту и очищается движущимися граблями снизу по течению воды;
- 3) вертикальная решетка, которая очищается движущимися граблями снизу по течению воды.

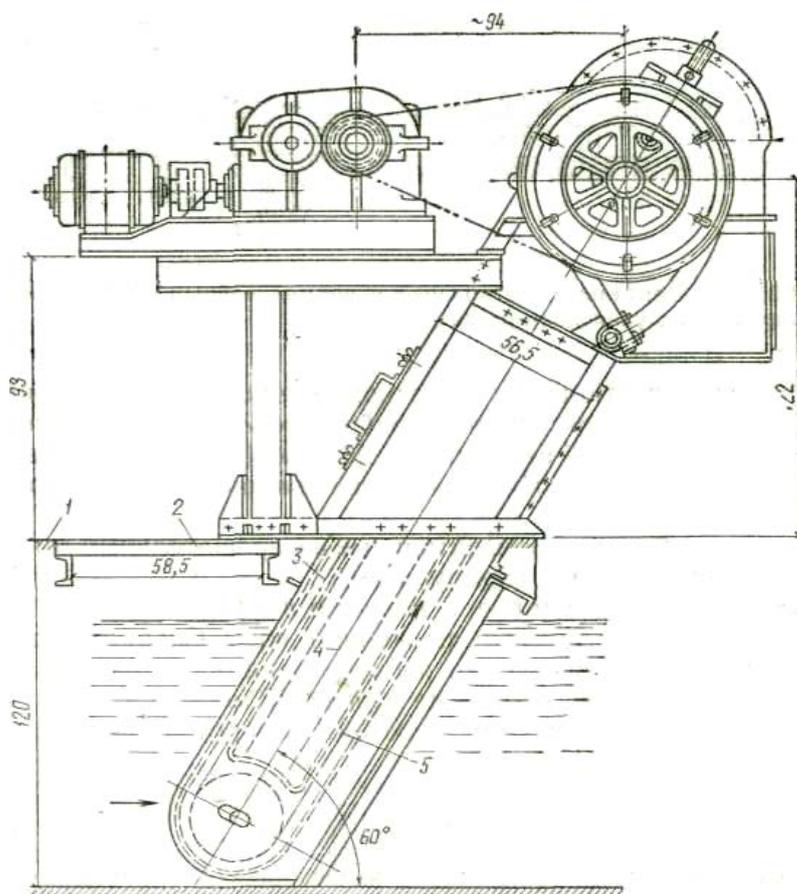
Ширину прозоров решеток на очистных станциях следует принимать равной 16 мм. Поперечное сечение стержней решеток может быть прямоугольным (наиболее распространено), овальным или круглым. Число прозоров в решетке и основные ее размеры принимают с таким расчетом, чтобы скорость движения сточной жидкости в прозорах при максимальном притоке составляла 0,8—1 м/з.

Количество снимаемых с решеток отбросов составляет 8 л/год на одного человека. Влажность отбросов равна 80%.

На очистных станциях допускается установка решеток в отдельном здании, где устраивают приточно-вытяжную вентиляцию.

В настоящее время в отечественной практике получают распространение решетки-дробилки, которые и задерживают отбросы, и

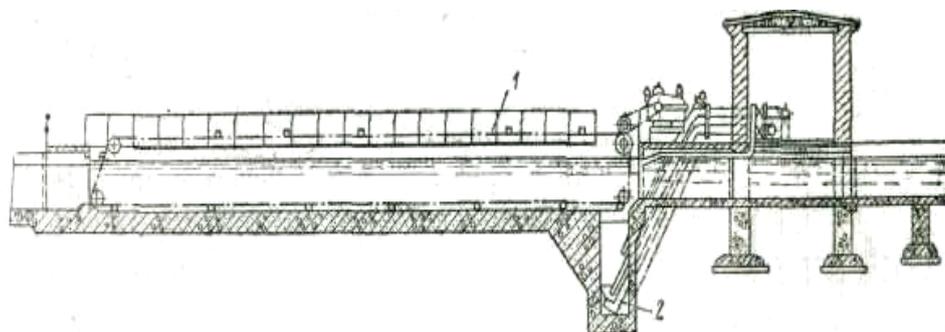
дробят их под водой. Преимущество решеток-дробилок заключается в том, что для них не требуется устраивать специальные помещения.



**Рис. 111.26. Схема установки неподвижной решетки с механизированной очисткой**  
 1 — пол грабельного помещения; 2 — люк канала; 3 — ось верхней ветви цепи; 4 — ось направляющих граблей; 5 — ось нижней ветви цепи

### § 103. ПЕСКОЛОВКИ

Песколовки предназначены для задержания загрязнений минерального происхождения, главным образом, песка с крупностью частиц более 0,2—0,25 мм. В результате задержания песка в песколовках облегчаются условия эксплуатации последующих сооружений. Легкие частицы органического происхождения должны выноситься из песколовки. Принцип работы песколовки основан на том, что частицы, удельный вес которых больше удельного веса воды, по мере движения вместе с водой выпадают на дно песколовки под действием силы тяжести.



**Рис.111.27. Горизонтальная песколовка с прямолинейным движением воды и механизированным удалением песка**

Песколовки бывают горизонтальные и с вращательным движением воды (тангенциальные и аэрируемые).

Горизонтальные песколовки могут быть с прямолинейным и круговым движением воды. Скорость движения воды в них при максимальном расходе принимают равной 0,3 м/с, а при минимальном расходе — не менее 0,15 м/с.

Горизонтальная песколовка состоит из проточной и осадочной частей.

Длина проточной части, м:

$$L = vt, \quad (\text{Ш.22})$$

где  $v$  — скорость протекания жидкости при максимальном расходе;  $t$  — время пребывания жидкости в песколовке, принимаемое не менее 30 с.

Площадь живого сечения песколовки, м<sup>2</sup>:

$$\omega = q/v \quad (\text{Ш.23})$$

где  $q$  — максимальный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с.

Задаваясь рабочей глубиной  $h$  и шириной каждого отделения  $b$ , определяют необходимое число отделений  $n$ . Рабочая глубина  $h$  назначается несколько больше глубины потока в подводящем канале, но не более 1 м. Ширина  $b$  обычно составляет 0,5 — 2 м.

Объем осадочной части горизонтальной песколовки определяется по условию накопления в ней двухсуточного объема выпадающего песка.

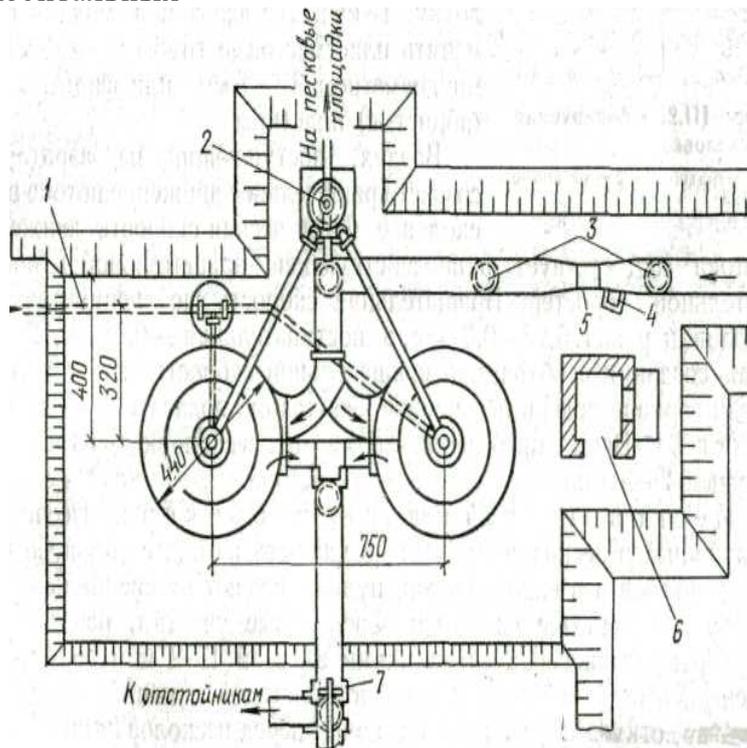
На рис. III.27 показана конструкция горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды и механизированным удалением песка. Песок сгребается к бункеру скребковым механизмом 1. Из бункера песок удаляется гидроэлеватором 2. Для поддержания в горизонтальной песколовке с прямолинейным движением воды постоянной скорости протекания рекомендуется устраивать на выходе из песколовки водосливы с широким порогом.

В ЧССР и ПНР для удаления песка из песколовки применяют центробежные песковые насосы и гидроэлеваторы, смонтированные на тележке, движущейся по рельсам вдоль песколовки. Песчаная пульпа забирается со дна песколовки насосом и подается в гидроциклон, где песок отделяется и направляется в песковой бункер. Там же одновременно осуществляется отмывка органических веществ.

Горизонтальная песколовка с круговым движением воды показана на рис. III.28. Кольцевой лоток, по которому проходит сточная жидкость, работает как обычная горизонтальная песколовка. Выпадающий песок скапливается в конической части песколовки, откуда его удаляют гидроэлеватором, расположенным в центре песколовки.

Тангенциальные песколовки имеют круглую форму в плане; подвод воды к ним осуществляется по касательной (тангенциально). Подвод воды по касательной и движение ее в сооружении по кругу вызывают возникновение вращательного потока. При одновременном поступательном и вращательном движении создается винтовое движение. Вращательное движение положительно сказывается на работе песколовки, так как оно способствует отмывке песка от органических веществ, исключая их выпадение в осадок. Благодаря этому осадок в тангенциальных песколовках содержит меньше органических загрязнений, чем в

горизонтальных



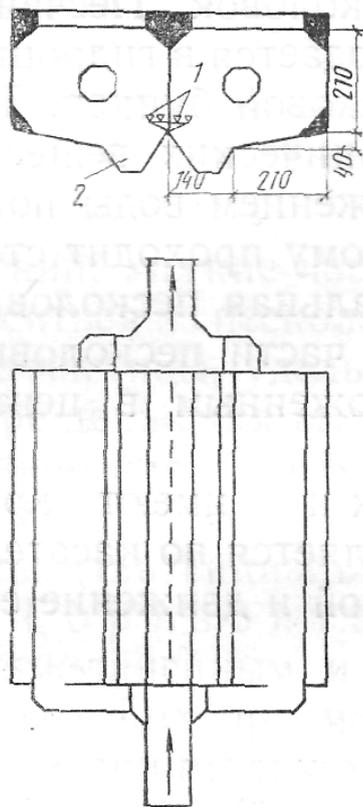
**Рис. 111.28. Горизонтальная песколовка с круговым движением воды**

1 — напорный трубопровод  $d=100$  мм; 2 — камера для песка; 3 — опоры; 4 — успокоительная камера; 5 — водомерный лоток; 6 — будка измерительных приборов; 7 — шиберы

Аэрируемые песколовки выгодно отличаются от горизонтальных и тангенциальных тем, что в них в выпавшем песке почти не содержатся органические загрязнения.

Аэрируемые песколовки (рис. III. 29) проектируют в виде резервуаров, разделенных на секции. Вдоль одной из стенок каждой секции на расстоянии 20—80 см от дна по всей длине песколовки устанавливают аэраторы. Под аэраторами устраивают лоток для сбора песка. Днище секции песколовки имеет уклон 0,2—0,4 к лотку. В качестве аэраторов можно применять пластмассовые трубы с отверстиями диаметром 3 — 5 мм или фильтросные (пористые) пластины.

Воздух, поступающий из аэраторов, создает вращательное движение потока в песколовке. Фактическая скорость движения потока соответствует равнодействующей вращательной и поступательной скоростей. Вращательная скорость по периметру песколовки равна 0,25—0,3 м/с, а поступательная — 0,08—0,12 м/с. Для создания необходимой вращательной скорости на 1 м<sup>2</sup> площади зеркала воды в песколовке необходимо подавать 3—5 м<sup>3</sup> воздуха в 1 ч. Время пребывания воды в песколовке принимают равным 2—3 мин.



**Рис. Ш.29. Аэрируемая песколовка**  
 1 — аэраторы; 2 — песковые лотки

Песковые площадки и бункера. Песок, задержанный в песколовках, обычно удаляют из них с помощью гидроэлеваторов и в виде песчаной пульпы подают на специально устраиваемые *песковые площадки* — земельные участки, разделенные на карты ограждающими валиками высотой 1—2 м. Профильтрованную воду собирают дренажной системой и направляют в резервуар, откуда перекачивают в канал перед песколовками.

Песок, обезвоженный на Песковых площадках, содержит много органических веществ, способен гнить и поэтому его дальнейшее использование для каких-либо целей, например для планировки, затруднительно по санитарным соображениям. С целью отмычки песка от органических загрязнений и его обезвоживания применяют *песковые бункера, гидроциклоны, гидравлические и механические пескопромывагели*. После такой обработки песок можно использовать для подсыпки и планировки территории или как строительный материал.

## § 104. ОТСТОЙНИКИ

Отстойники служат для задержания нерастворенных органических загрязнений, находящихся в сточной жидкости. Эти загрязнения выпадают на дно отстойников или всплывают на поверхность жидкости в них вследствие малой скорости ее протекания. В зависимости от направления потока различают горизонтальные, вертикальные и радиальные отстойники. Разновидностью отстойников являются также отстойники-перегниватели, в которых происходит осветление сточной жидкости и одновременно перегнивание выпавшего осадка. К ним относятся двухъярусные отстойники и осветлители-перегниватели.

Отстойники применяют как сооружения предварительной очистки сточных

вод перед сооружениями биологической очистки. В этом случае их называют первичными. Если по санитарным условиям достаточно только механической очистки сточных вод, то осветленные в отстойнике воды после дезинфекции сбрасывают в водоем. При очистке бытовых сточных вод принимают не менее двух отстойников, при этом каждый из них является рабочим.

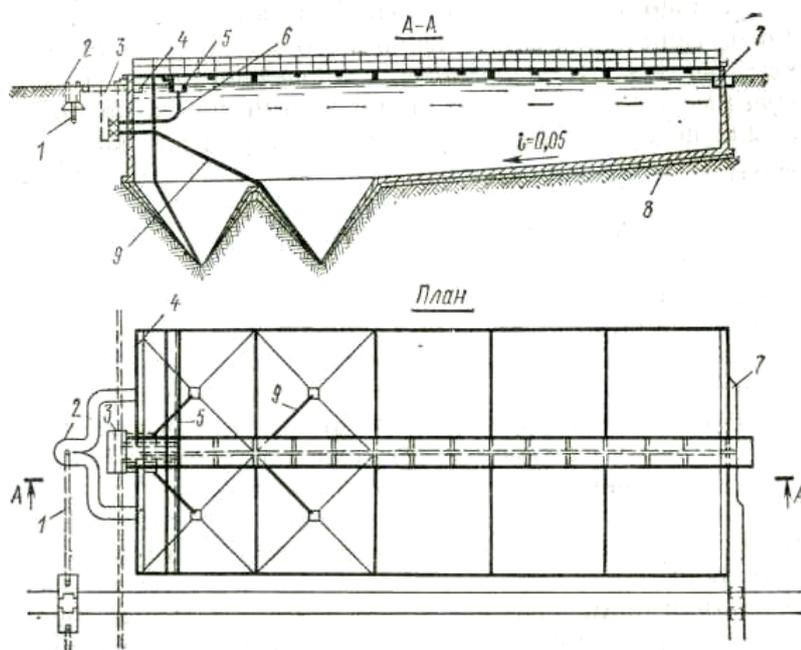
Основными исходными данными при расчете и проектировании отстойников служат продолжительность отстаивания и максимальная скорость протекания сточной жидкости. Эти величины для отстойников различных типов и назначений приведены в СНиП II-32-74.

Горизонтальный отстойник (рис. III. 30) представляет собой прямоугольный в плане резервуар, разделенный на несколько отделений. Сточная жидкость поступает в отстойник с торцевой стороны, с малой скоростью проходит через него, а затем осветленная попадает в отводной канал.

Горизонтальные отстойники обычно применяют на очистных станциях производительностью более 15 000 м<sup>3</sup>/сут. Однако при наличии слабых грунтов с высоким уровнем грунтовых вод их можно применять и при меньшей производительности станции.

Расчет горизонтальных отстойников состоит в определении размеров проточной (отстойной) и осадочной частей.

Расчетную глубину зоны отстаивания  $H$  принимают в пределах\* 1,5—4 м в зависимости от производительности очистной станции и необходимой эффективности выпадения взвешенных веществ (чем меньше  $H$ , тем выше эффективность выпадения взвешенных веществ). Эффективность выпадения взвешенных веществ при полученной скорости выпадения взвеси определяют по СНиП 11-32-74.



**Рис. 111.30. Горизонтальный отстойник**

1 — дюкер; 2 — распределительная камера; 3 — иловый колодец; 4 — подводный лоток; 5 — жировой лоток; 6 — жировая труба; 7 — сборный лоток; 8 — днище; 9 — иловая труба

Количество выпадающего в первичных отстойниках осадка равно 0,8 л/сут на одного жителя. Влажность выгружаемого осадка составляет 95% при самотечном

удалении и 93% при удалении плунжерными насосами.

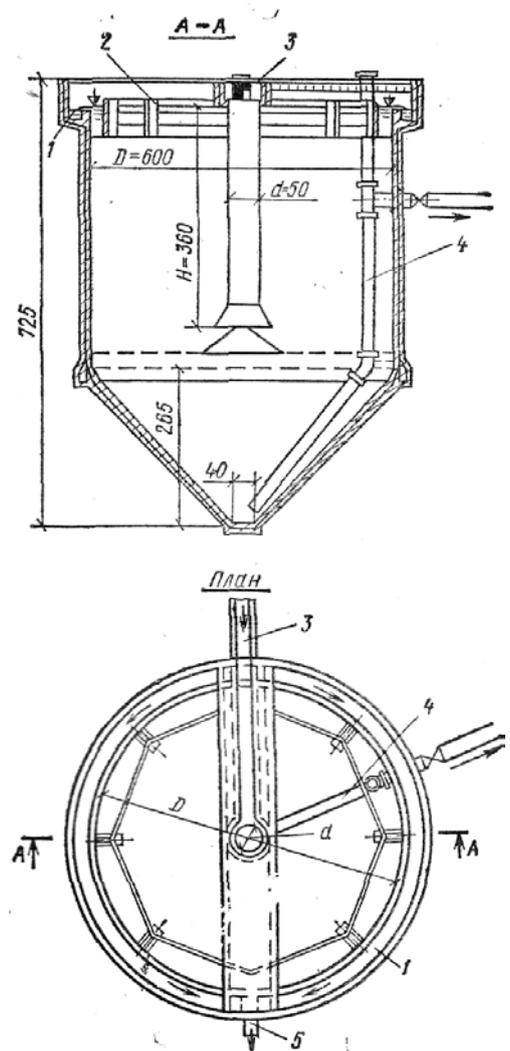
В начале отстойника устраивается приямок для сбора осадка с углом наклона стенок  $45^\circ$ . Для сгребания осадка следует применять скребки. Из приямка осадок удаляется под действием гидростатического напора воды, равного 1,5 м, или откачивается плунжерными насосами.

Объем осадочной части отстойников принимают равным объему осадка, выпадающего за период не более 2 сут при удалении осадка под гидростатическим напором или за 8 ч при механизированном его удалении.

Между проточной и осадочной частями должен быть создан нейтральный слой высотой 0,3 м, считая от днища отстойника на выходе из него. Нейтральный слой необходим для предохранения выпавшего осадка от вымывания потоком воды.

Вертикальный отстойник представляет собой круглый, квадратный или прямоугольный в плане резервуар с конусным или пирамидальным дном.

Вертикальные отстойники обычно применяют на очистных станциях производительностью до 20 000 м<sup>3</sup>/сут, располагающихся на плотных грунтах с низким уровнем грунтовых вод.



**Рис. III.31. Вертикальный отстойник**

/ — сборный лоток, 2- полупогруженные доски, 3-подводящий лоток, 4 –иловая труба, 5-отводной трубопровод.

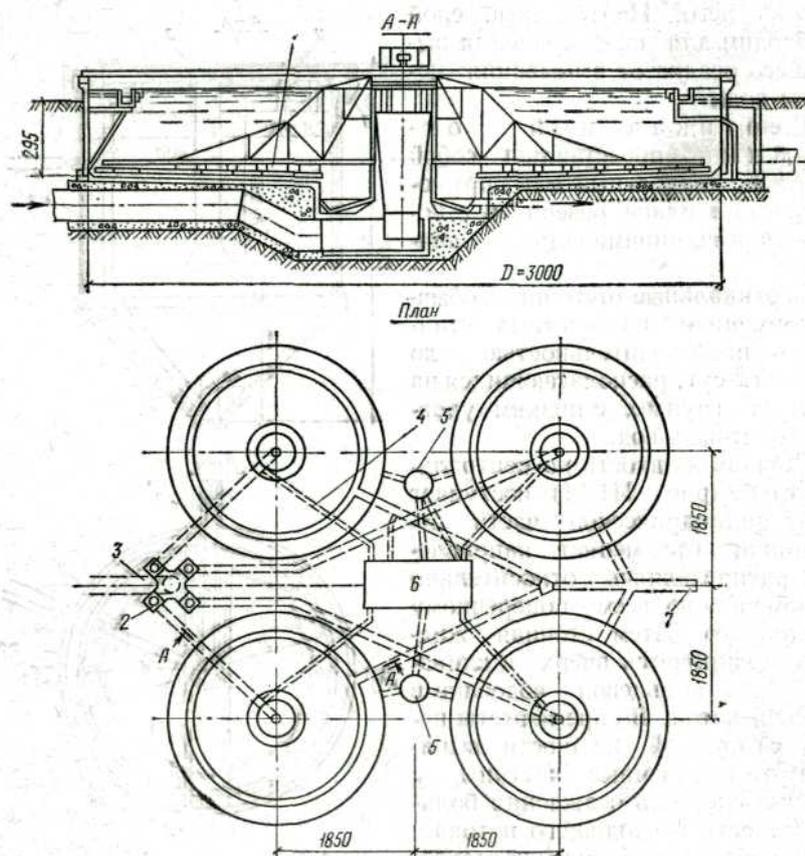
Сточная жидкость по центральной трубе (рис III.31) поступает в низ

цилиндрической части отстойника, где меняет направление, распределяясь относительно равномерно по всему поперечному сечению его. Затем сточная жидкость поднимается вверх и сливается через кольцевой водослив в сборный лоток. Во время отстаивания из сточной жидкости выпадают те взвешенные частицы, у которых скорость осаждения больше скорости восходящего потока.

Диаметр вертикальных отстойников принимают от 4 до 9 м, высоту отстойной части — от 2,7 до 3,8 м. Длина центральной трубы должна равняться расчетной высоте отстойной части. Уклон стенок осадочной части должен быть не менее  $50^\circ$ .

Объем осадочной части рассчитывают на хранение двухсуточного объема осадка. Осадок удаляется периодически не реже 1—2 раз в сутки самотеком по иловой трубе диаметром 200 мм под гидростатическим напором, равным 1,5 м.

**Р а д и а л ь н ы й о т с т о й н и к** (рис. III. 32) представляет собой круглый в плане резервуар малой глубины, в котором поток движется от центра к периферии. Сточные воды поступают в отстойник по центральной трубе, а осветленные отводятся по кольцевому лотку. Осадок сгребается к центру отстойника скребками, подвешенными к ферме. В центре отстойника устраивается приямок для сбора осадка. Удаление осадка осуществляется с помощью насосов.



**Рис. 111.32. Радиальный отстойник .**

1—илоскреб; 2 — распределительная чаша; 3—подводящий трубопровод; 4 — трубопровод сырого осадка; 5 — жиросборник; 6 — насосная станция; 7—отводящий трубопровод

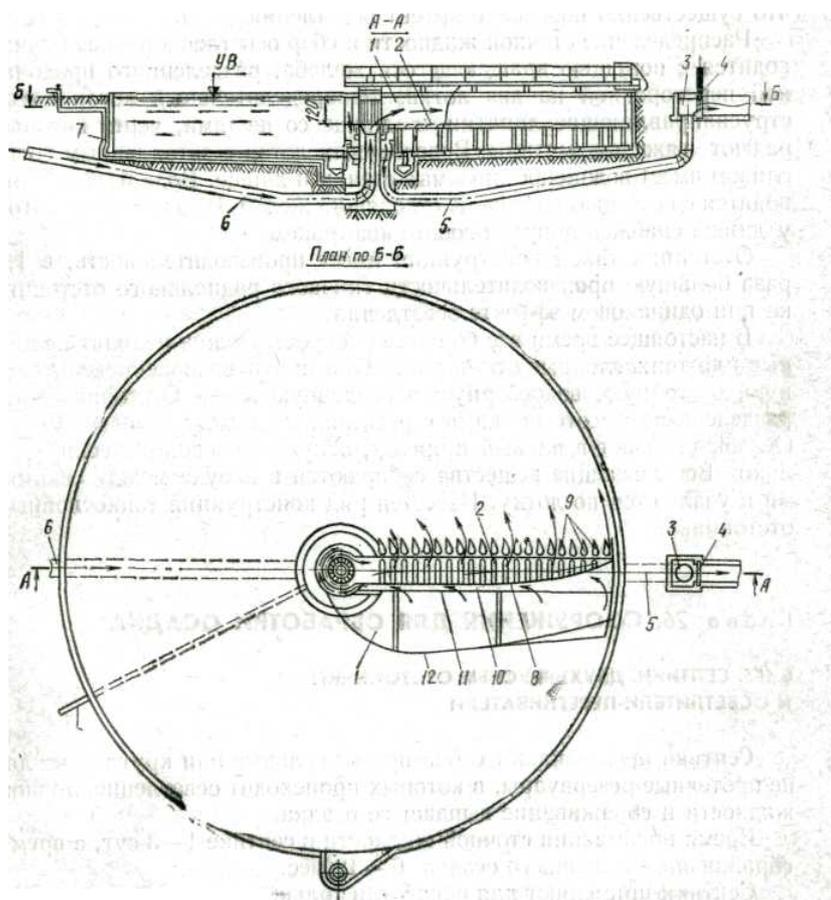
Радиальные отстойники применяют для очистных станций Производительностью более,  $20\,000\text{ м}^3/\text{сут}$  .

Продолжительность отстаивания зависит от способа биологической и принимается такой же, как и для горизонтальных отстойников.

В последние годы проектируют и строят радиальные отстойники! с периферийной подачей сточных вод. Водораспределительный желоб, расположенный на периферии отстойника,, имеет постоянную ширину и переменную глубину.. Так как в дне желоба впускные отверстия размещены на разном расстоянии друг от друга, обеспечивается постоянная поступательная, скорость движения воды в желобе и поэтому осадок в желобе не выпадает. Поток жидкости направляется в нижнюю зону отстойника, а затем в центральную зону и вверх к водоотводящему кольцевому желобу. Такое движение потока создает благоприятные условия для выпадения взвешенных веществ. Осадок отводится за пределы отстойника по иловой трубе.

Отстойник с вращающимся водораспределительным и водосборным устройством, предложенный И. В. Скирдовым (рис. III. 33), обеспечивает осветление основной массы сточной жидкости в покое, что существенно повышает эффект осветления.

Распределение сточной жидкости и сбор осветленной воды производится с помощью вращающегося желоба, разделенного продольной перегородкой на два лотка. Распределительный лоток имеет струенаправляющие лопатки и днище со щелями, через которые падают тяжелые частицы. Водосборный лоток с затопленным водосливом имеет водонепроницаемые стенки и днище. Вода из лотка отводится с помощью сифона в отводящий желоб. Водосборный лоток у днища снабжен направляющим козырьком.



**Рис. 111.33. Отстойник с вращающимся водораспределительным устройством**  
 1- вращающийся желоб; 2— щелевое днище; 3 — отводящий желоб; 4—шибер; 5— отводящий сифон; 6—трубопровод подачи сточной жидкости; 7 — иловая труба; 8 — продольная перегородка; 9 — струенаправляющие лопатки. 10,— водосборный лоток; 11 — затопленный водослив; 12— направляющий козырек

Отстойник такой конструкции имеет производительность, в 1,5 раза большую производительности типового радиального отстойника при одинаковом эффекте осветления.

В настоящее время все большее распространение находят полочные или тонкослойные отстойники. Они имеют водораспределительную, отстойную, водосборную и осадочную зоны. Отстойная зона разделена по высоте полками с расстоянием между ними до 15 см. Осадок сползает в иловый приямок, откуда его периодически удаляют. Всплывающие вещества собираются в пазухе между секциями и удаляются по лотку. Известен ряд конструкций тонкослойных отстойников.

## Глава 26. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКА

### § 105. СЕПТИКИ, ДВУХЪЯРУСНЫЕ ОТСТОЙНИКИ И ОСВЕТИТЕЛИ-ПЕРЕГНИВАТЕЛИ

Септики представляют собой прямоугольные или круглые в плане проточные резервуары, в которых происходит осветление сточной жидкости и сбраживание выпавшего осадка.

Время пребывания сточной жидкости в септике 1—3 сут, а время сбраживания выпавшего осадка 6—12 мес.

Септики применяют для обработки только малых количеств сточной жидкости — не более 25 м<sup>3</sup>/сут.

После септика сточная жидкость может направляться на поля подземной фильтрации, на песчано-гравийные фильтры, в фильтрующие траншеи и колодцы.

Двухъярусные отстойники служат для осветления сточной жидкости и сбраживания выпавшего осадка. Их применяют при производительности очистной станции до 10 000 м<sup>3</sup>/сут.

Двухъярусный отстойник имеет в верхней части проточные желоба, а в нижней — септическую камеру.

Сточная жидкость поступает в проточные желоба, которые работают как горизонтальные отстойники. Осаждающиеся частицы через щели попадают в септическую камеру. Сброженный осадок удаляется по иловой трубе под гидростатическим напором.

Осадок в септической камере сбраживается под влиянием анаэробных бактерий. Процесс разложения протекает в две фазы. В первой фазе органические вещества (белки, жиры, углеводы) распадаются до кислот жирного ряда. Во второй фазе кислоты жирного ряда расщепляются с образованием метана, углекислоты и сероводорода. Сероводород связывается с железом, образуя сернистое железо. Обычно процесс разложения протекает в щелочной среде и длится 2—6 мес. За этот период разлагается до 40—50% органического вещества.

Расчет двухъярусного отстойника состоит в определении размеров проточных желобов и септических камер. Проточные желоба рассчитывают по тем же нормативам, что и горизонтальные отстойники. Объем септической камеры зависит от расчетного числа жителей и определяется с учетом среднезимней температуры сточных вод (СНиП И-32-74):

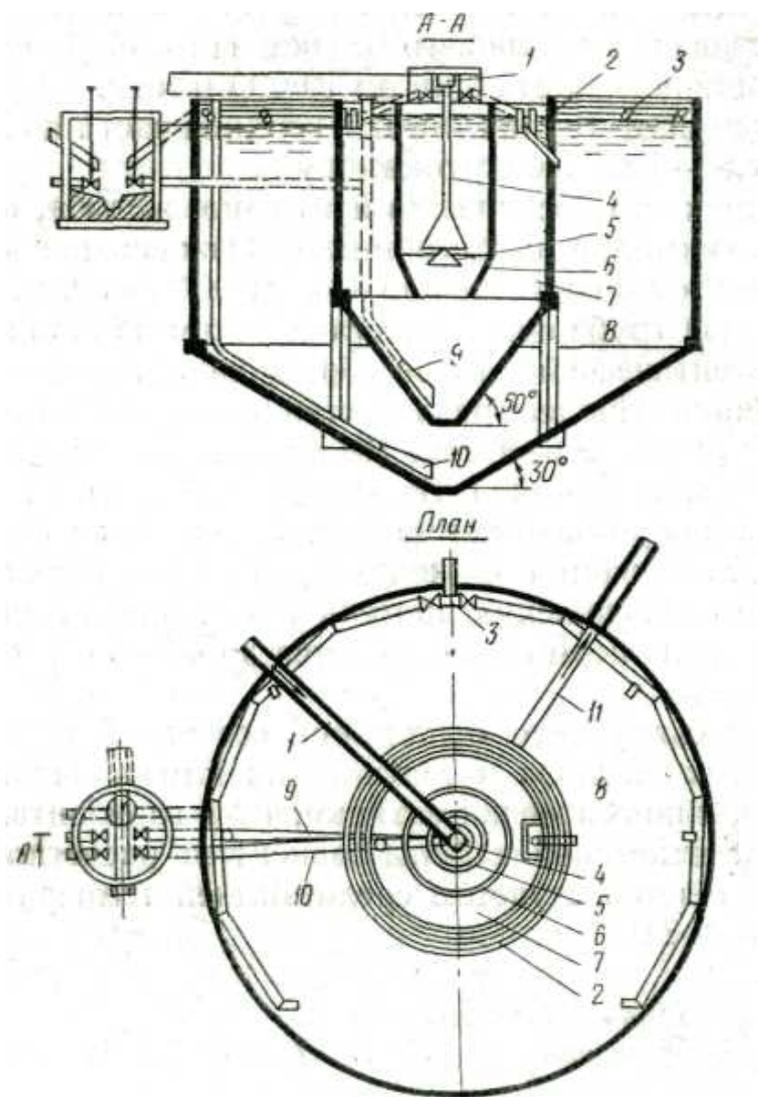
Среднезимняя температура сточных вод, °С ...	6	7	8,5	10	12	15	20
Объем септической	110	95	80	65	50	30	15

Высота нейтрального слоя от щели желоба до уровня осадка в септической камере принимается равной 0,5 м.

По очертанию в плане различают круглые и прямоугольные двухъярусные отстойники. Первые применяют чаще.

Для осветления сточной жидкости и сбраживания выпавшего осадка служит также **осветитель-перегниватель** (рис. III.34). Он состоит из осветителя с естественной аэрацией и концентрически расположенного вокруг него

перегнвателя. Сточная жидкость по лотку / направляется в центральную трубу 4 с отражательным щитом 5. Напор 0,6 м — разность уровней воды в лотке и в осветлителе — обеспечивает движение жидкости в центральной трубе со скоростью 0,5—0,7 м/с, что способствует засасыванию воздуха из атмосферы. Водовоздушная смесь попадает в камеру флокуляции 6, где находится примерно 20 мин, а затем поступает в отстойную зону 7, где поддерживается слой взвешенного осадка путем обеспечения определенной скорости протекания жидкости. Осветленная жидкость собирается лотком 2 и отводится по трубе //.



**Рис. 111.35. Метантенк Курьяновской станции аэрации**

/- смотровой люк; 2 — газопровод от газового колпака; 3 — пропеллерная мешалка; 4 — переливная труба; 5 — трубопровод для загрузки сырого осадка и активной ила; 6 — инжектор для подачи пара в метантенк, 7 — трубопровод для выгрузки сброженного осадка из конусной части метантенка

Осадок по трубе 9 направляется в приемный резервуар насосной станции, а оттуда перекачивается в перегнватель 8 по трубе 3 с распределительными отростками.

Для перемешивания осадка его забирают из перегнвателя по трубе 10 в приемный резервуар насосной станции и затем снова направляют в перегнватель

по трубе 3.

## § 106. МЕТАНТЕНКИ

Метантенк представляет собой круглый или прямоугольный в плане резервуар, служащий для сбраживания осадка из отстойников и избыточного активного ила.

Для интенсификации анаэробного процесса разложения осадка его подогревают и перемешивают. Подогревать осадок можно острым паром, впускаемым в метантенк с помощью эжектора, или паром, вводимым во всасывающую трубу насоса, который подает осадок в метантенк. Перемешивают осадок мешалками, гидроэлеваторами и насосами, забирающими осадок из нижней части и подающими его в верхнюю; часть метантенка.

Процесс разложения органического вещества осадка протекает в метантенках так же, как и в септической камере двухъярусного отстойника, но с большей интенсивностью благодаря подогреву и перемешиванию.

Различают мезофильное и термофильное брожение. При мезофильном брожении в метантенке поддерживается температура 33°C, при термофильном — 53°C.

Выбор режима сбраживания производится на основании технико-экономических расчетов, санитарно-эпидемиологических требований и метода дальнейшей обработки осадка.

Количество образующихся при сбраживании газов (метана и углекислоты) зависит от количества и состава осадка, а интенсивность их выделения — от температуры брожения и режима загрузки метантенка свежими порциями осадка. В метантенках степень распада органического вещества составляет в среднем 40%. Наибольшему распаду подвергаются жироподобные вещества и углеводы.

Объем метантенка зависит от влажности загружаемого осадка и температуры сбраживания. Определяется он по суточной дозе загружаемого осадка (дозе загрузки). Под дозой загрузки понимают процентное отношение количества ежесуточно загружаемого осадка к полезному объему метантенков (табл. II 1.3).

Объем метантенков, м<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$V = \tilde{n} * 100 / p \quad (\text{Ш.24})$$

где  $\tilde{n}$  — количество осадка, загружаемого в метантенк, м<sup>3</sup>/сут;  $p$  — суточная доза загрузки осадка, %.

Кроме определения объема метантенка необходимо рассчитать вспомогательные устройства, приспособления для перемешивания и подогрева осадка, газовое хозяйство и пр.

По конструкции различают метантенки с неподвижным затопленным перекрытием, с неподвижным незатопленным перекрытием и с подвижным, или плавающим, перекрытием. Наибольшее распространение получили метантенки с неподвижным незатопленным перекрытием (рис. III. 35).

Газ, выделившийся в метантенках, собирают и сжигают в котельных установках или используют в качестве горючего для газобаллонных автомобилей. Пар, получаемый в котлах, служит для подогрева осадка в метантенках и отопления производственных помещений станций.

На крупных станциях для регулирования давления в газовой сети и для аккумулирования газа устраивают мокрые газгольдеры, объем которых рассчитывают на

хранение 2—4-часового расхода газа.

На станциях большой производительности применяется непрерывная загрузка и выгрузка осадка.

Наиболее рациональной является эксплуатация метантенков по прямоточной схеме, при которой загрузка и выгрузка осадка происходят одновременно и непрерывно. Такой режим создает благоприятные температурные условия в метантенке, так как исключает охлаждение бродящей массы от залповых поступлений более холодного сырого осадка и ила и обеспечивает равномерное газовыделение в течение суток. Осадок подается через дозирующую камеру в верхнюю зону метантенков и выгружается из конусной части днища.

Т а б л и ц а III.3. Доза загрузки метантенков

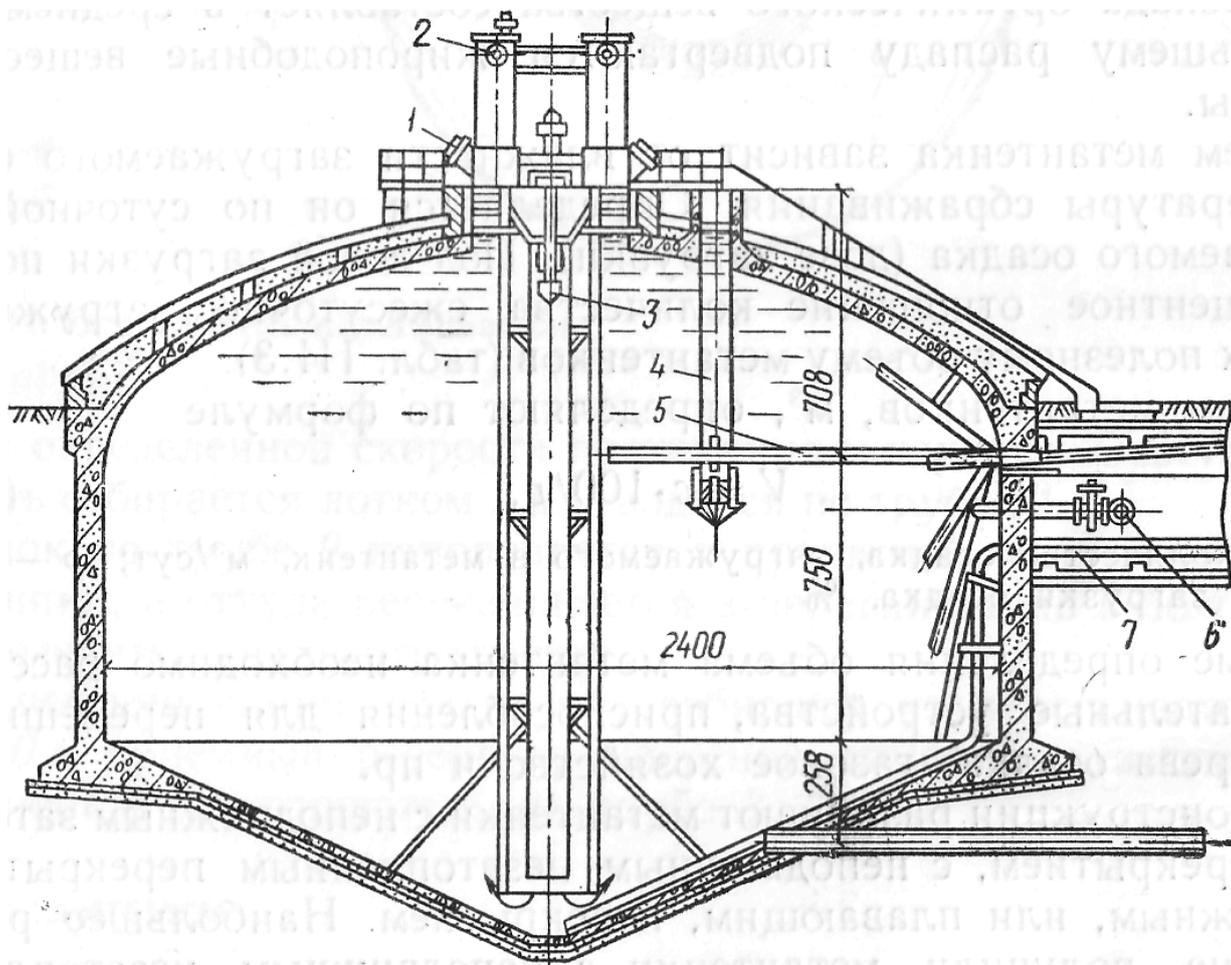
Режим сбраживания	Суточная доза загрузки метантенков, %, при влажности загружаемого осадка, %				
	93	94	95	96	97
Мезофильный . . . . .	7	8	9	10	11
Термофильный . . . . .	14	16	18	20	22

Получили распространение, особенно за рубежом, двухступенчатые метантенки. Они применяются при соответствующем обосновании на станциях производительностью до 50 000 м<sup>3</sup>/сут. Метантенки первой ступени проектируются как обычные метантенки для сбраживания осадков в условиях мезофильного режима. Метантенки второй ступени устраиваются в виде открытых неподогреваемых резервуаров. Основной задачей метантенков второй ступени является уплотнение осадков и отделение твердой фракции от иловой воды.

Как отмечалось выше (см. § 101), наряду с анаэробным сбраживанием осадка в метантенках применяют аэробную стабилизацию его. Такой вид обработки рекомендуется для активного ила или его смеси с осадком первичных отстойников на очистных станциях производительностью до 50 000 м<sup>3</sup>/сут.

Особенно перспективно применение аэробной стабилизации на станциях с небольшим расходом сточных вод при невысокой концентрации взвешенных веществ в воде. В этом случае значительно упрощается схема станции, так как из нее исключаются первичные отстойники. Единственным осадком, образующимся на станции, является избыточный активный ил, минерализацию которого осуществляют в аэробных условиях в минерализаторах.

Для более крупных станций возможно применение схемы, в которой избыточный активный ил подвергается аэробной стабилизации, а осадок сбраживается в метантенках. Сочетание двух вариантов обработки осадка приводит к значительному сокращению объема метантенков и позволяет полностью обеспечить их теплом за счет сжигания образующегося газа.



**Рис. П 1.35. Метантенк Курьяновской станции аэрации**

1 — смотровой люк; 2 — газопровод от газового колпака; 3 — пропеллерная мешалка; 4 — переливная труба; 5 — трубопровод для загрузки сырого осадка и активного ила; 6 — инжектор для подачи пара в метантенк; 7 — трубопровод для выгрузки сброженшАЙ осадка из конусной части метантенка

## § 107. ИЛОВЫЕ ПЛОЩАДКИ

Иловые площадки, служащие для обезвоживания осадков, представляют собой спланированные земельные участки, разделенные на карты земляными валиками (рис. П 1.36).

Осадок влажностью 90—97%, чаще всего 97% (сброженный осадок из метантенков), периодически разливают на отдельные карты размером (10...40) X (60... 120) м и подсушивают. Высота слоя осадка, напускаемого на карту за один раз, составляет 0,2—0,25 м. Подсушенный осадок имеет влажность 75—80%.

Иловые площадки устраивают обычно на естественном основании при глубине залегания грунтовых вод не менее 1,5 м от поверх карт. При недостатке территории, а также при залегании грунтовых вод на глубине менее 1,5 м на площадках устраивают трубчатый дренаж. Трубы укладывают в канавы, заполненные щебнем или гравием с крупностью частиц 2—6 см. Расстояние между дренажными канавами принимают равным 6—8 м. Минимальная глубина канавы 0,6 м, уклон 0,003.

Подсушенный осадок используют в качестве удобрения. Для сбора осадка применяют скрепер или бульдозер. Собранный осадок грузят в автомобили с помощью экскаватора. В зимнее время замерзший осадок раскалывают на глыбы и вывозят на поля.

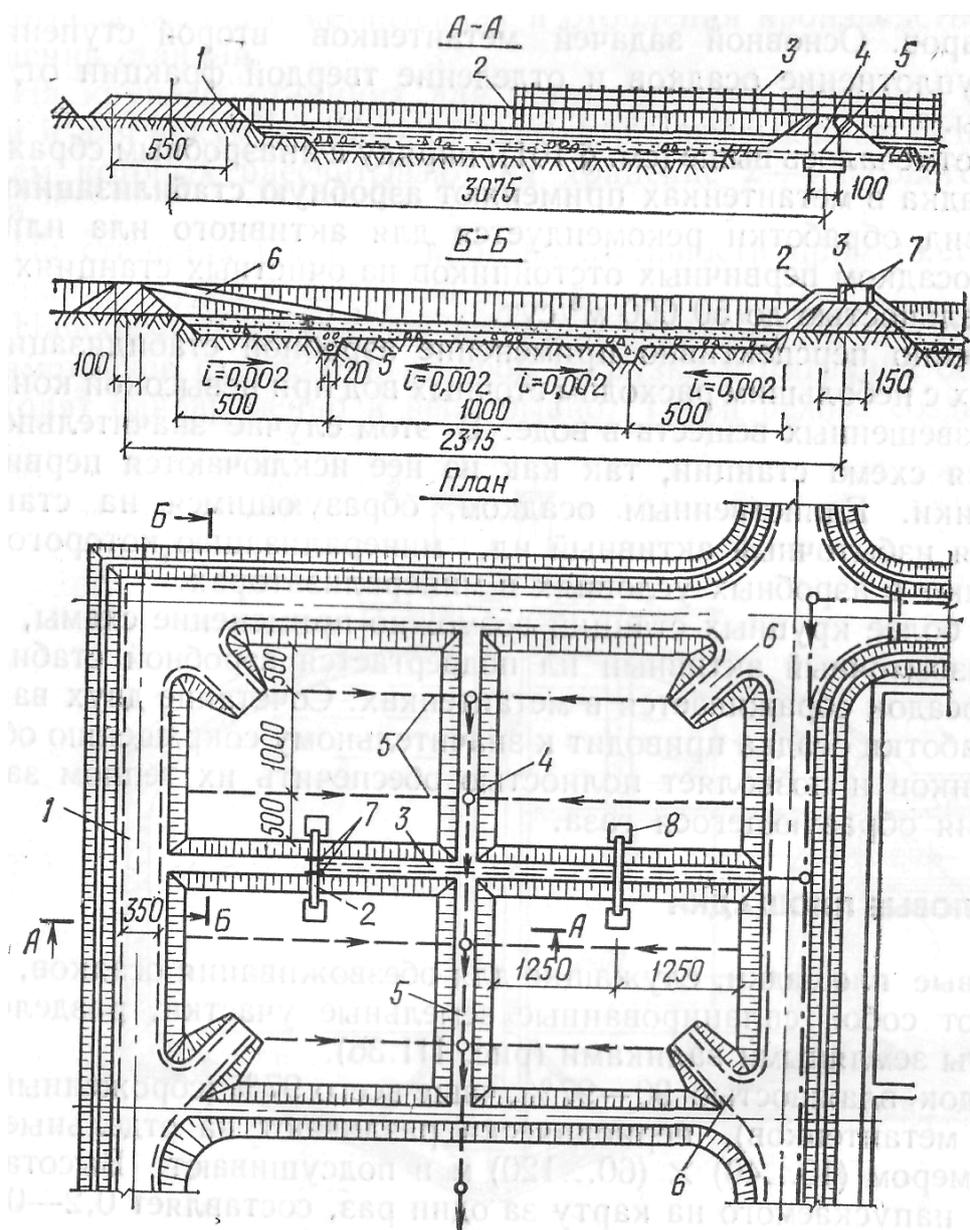


Рис. III.36. Иловые площадки

Размеры иловых площадок назначают в зависимости от количества напускаемого осадка, характеристики его (сырой или сброженный) и климатических условий. Норма нагрузки осадка на  $1 \text{ м}^2$  площади зависит от вида осадка, климатических условий, наличия или отсутствия дренажа и составляет в среднем  $0,8\text{—}2 \text{ м}^3$  в год. Действительная площадь принимается на 20—40% больше полезной, так как часть площади необходима для устройства дорог, валиков и канав.

В зимний период осадок намораживается, причем под намораживание отводится 80% площади, а 20% предназначается для использования в период весеннего таяния замороженного осадка. Высота слоя намораживания должна быть на 0,1 м менее высоты ограждающих валиков.

Для очистных станций производительностью более  $10\ 000 \text{ м}^3/\text{сут}$  устраивают иловые площадки с оттаиванием и поверхностным удалением иловой воды в виде каскада прудов, где происходит уплотнение осадка и удаление выделившейся иловой воды с поверхности. Каскадные иловые пруды имеют 4—7 ступеней. В каждой ступени устраивается 4—8 карт. Полезная площадь одной карты составляет  $0,25\text{—}1$  га. Ширину карты принимают в пределах 30—80 м, длину 80—160 м. Высота

оградительных валиков до 2,5 м.

Выделившуюся иловую воду собирают и перекачивают на очистные сооружения. Количество иловой воды составляет 30—50% объема обезвоживаемого осадка.

Возможно также устройство иловых площадок-уплотнителей — резервуаров с водонепроницаемыми днищем и стенками рабочей глубиной до 2 м. Отделившуюся иловую воду удаляют через перекрываемые шиберами отверстия, которые устраиваются в стенках на разной высоте.

Ширину карт принимают в пределах 9—18 м, а расстояние между выпусками — не более 18 м. Для возможности механизированной уборки высушенного осадка устраиваются пандусы.

## § 108. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКА, ЕГО ТЕРМИЧЕСКОЙ СУШКИ И СЖИГАНИЯ

Для сушки осадка на иловых площадках, особенно на крупных очистных станциях, требуются большие земельные площади. В связи с этим в последнее время находит все большее распространение механическое обезвоживание осадков: вакуум-фильтрование, центрифугирование и фильтр-прессование. Метод механического обезвоживания осадка выбирают с учетом его физико-химических свойств.

Механическое обезвоживание сброженного осадка на очистных станциях большой производительности чаще всего осуществляют на вакуум-фильтрах. Вакуум-фильтр (рис. III. 37) представляет собой горизонтальный цилиндрический барабан, обтянутый капроновой или хлорвиниловой фильтрующей тканью. Барабан, разделенный на несколько секторов и частично погруженный в корыто со сброженным осадком, медленно вращается. В секторах его, погруженных в корыто, вакуум-насосом создается вакуум, в результате чего осадок прилипает к фильтрующей ткани, а вода, пройдя через эту ткань, попадает внутрь барабана, откуда отводится по трубе. Осадок отделяется от ткани ножом. Для облегчения съема осадка в зоне расположения ножа компрессором создается повышенное давление. Обезвоженный осадок имеет влажность 78—80%

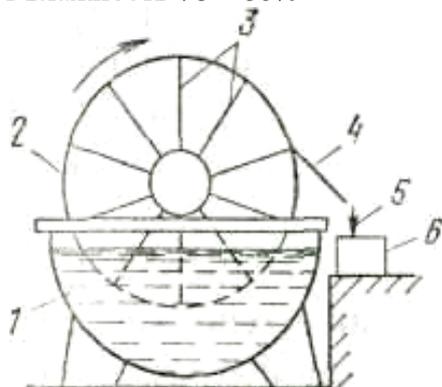


Рис III.37. Схема вакуум-фильтра

1 — обезвоживаемый осадок, 2 — барабан; 3 — радиальные перегородки; 4 — нож  
5 — обезвоженный осадок, 6 — транспортер для осадка

Размеры барабана вакуум-фильтра определяются по количеству обрабатываемого осадка с учетом производительности фильтра, которая принимается в среднем равной

20—25 кг сухого осадка на 1 м<sup>2</sup> поверхности фильтра в 1 ч.

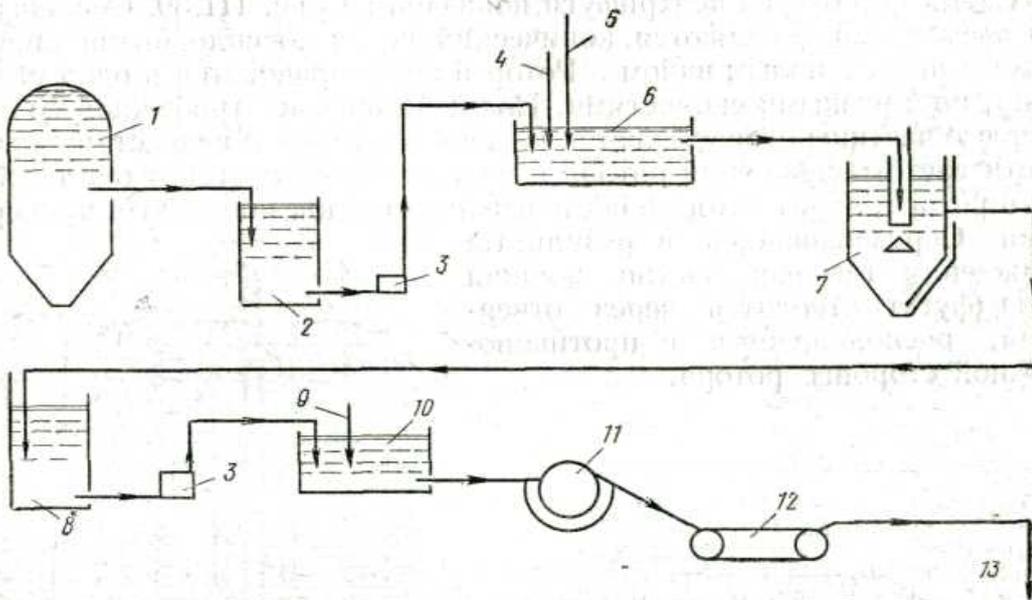
Осадок или смесь осадка с активным илом подвергают перед вакуум-фильтром предварительной обработке (рис. П 1.38): промывают технической водой из расчета 1—4 м<sup>3</sup> воды на 1 м<sup>3</sup> осадка в течение 15—20 мин и продувают воздухом, который подают в объеме 0,5 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> смеси осадка и воды. Затем эту смесь направляют в уплотнители, где она уплотняется под действием собственного веса в течение 12—18 ч. Отделившаяся вода содержит много загрязнений и подается на очистку.

Из илоуплотнителя осадок влажностью 94—96% направляется в резервуар уплотненного осадка, откуда перекачивается плунжерными насосами. Перед подачей на вакуум-фильтр осадок подвергается коагулированию. В качестве реагентов обычно применяют хлорное железо или серноокисное окисное железо и негашеную известь.

В последние годы получает распространение способ обезвоживания на вакуум-фильтрах сырого осадка; при этом исключается его сбрасывание в метантенках. Сырой осадок из первичных отстойников подается насосами в резервуар — регулятор расхода осадка, откуда в смеси с химическими реагентами поступает на вакуум-фильтр. При обезвоживании сырого осадка быстро заиливается фильтровальная ткань, поэтому вакуум-фильтры должны иметь устройства для ее непрерывной регенерации. Для уничтожения яиц гельминтов в обезвоженном сыром осадке его необходимо подогреть до температуры 60° С, т. е. обрабатывать термически.

Применение метода вакуум-фильтрования затрудняется сложностью подготовки осадка к обезвоживанию, большим расходом реагентов, коррозией трубопроводов и оборудования. Для исключения этих затруднений в ряде стран осадок перед вакуум-фильтрованием подвергают тепловой обработке, заключающейся в прогревании его паром в реакторе в течение определенного времени при температуре 160—200° С. Осадок поступает в реактор после частичного предварительного нагревания в теплообменнике. Нагретый в реакторе осадок возвращается в теплообменник и отдает часть своего тепла подаваемому в него холодному осадку. После уплотнения осадок обезвоживается на вакуум-фильтре.

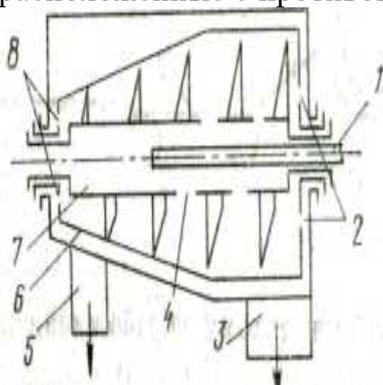
Одним из существенных достоинств этого способа подготовки осадка является обеспечение полной стерильности его. При обезвоживании такого осадка на вакуум-фильтре образуется кек влажностью 55—70%, что позволяет исключить термическую сушку осадка. К недостаткам этого способа относятся сложность конструкции и высокая концентрация органических веществ в иловой воде, которую необходимо направлять на биологическую очистку.



**Рис. III.38. Схема подготовки осадка к механическому обезвоживанию**  
 1 — метантенк; 2 — сборный резервуар; 3 — плунжерный насос; 4 — подача воды; 5 — подача сжатого воздуха; 6 — промывка осадка; 7 — уплотнитель; 8 — резервуар уплотненного осадка; 9 — подача коагулянта; 10 — отделение коагулирования; 11 — вакуум фильтр; 12 — транспортер; 13 — подача в отделение термической сушки

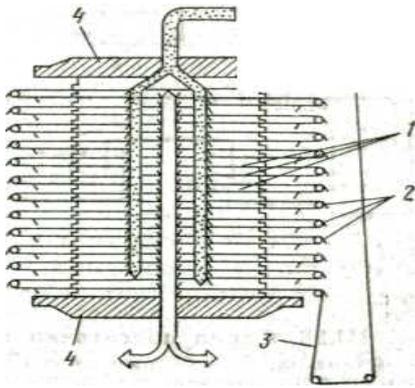
В последние годы для обезвоживания осадков сточных вод все шире применяются непрерывно действующие осадительные горизонтальные центрифуги со шнековой выгрузкой обезвоженного осадка. Влажность обезвоженного осадка составляет 50—80%.

Схема устройства центрифуги показана на рис. П 1.39. Основными элементами ее являются конический ротор со сплошными стенками и шнек с полым валом. Ротор и шнек вращаются в одну сторону, но с разными скоростями. Под действием центробежной силы твердые частицы отбрасываются к стенкам ротора и вследствие разности частоты вращения ротора и шнека перемещаются к отверстиям, в роторе, через которые обезвоженный осадок попадает в бункер кека. Образовавшаяся в результате осаждения твердых частиц жидкая фаза (фугат) отводится через отверстия, расположенные с противоположной стороны ротора.



**Рис. П1.39. Схема устройства центрифуги типа ОГШ**

1 — труба для подачи осадка; 2 — отверстия для выгрузки фугата; 3 — бункер для сбора фугата; 4 — отверстия для поступления осадка в ротор; 5 — бункер для сбора ке-ка; 6 — ротор; 7 — полый шнек; 8 — отверстия для выгрузки кека



**Рис. П 1.40. Схема устройства автоматизированного фильтр-пресса с горизонтальными камерами (ФПАКМ)**

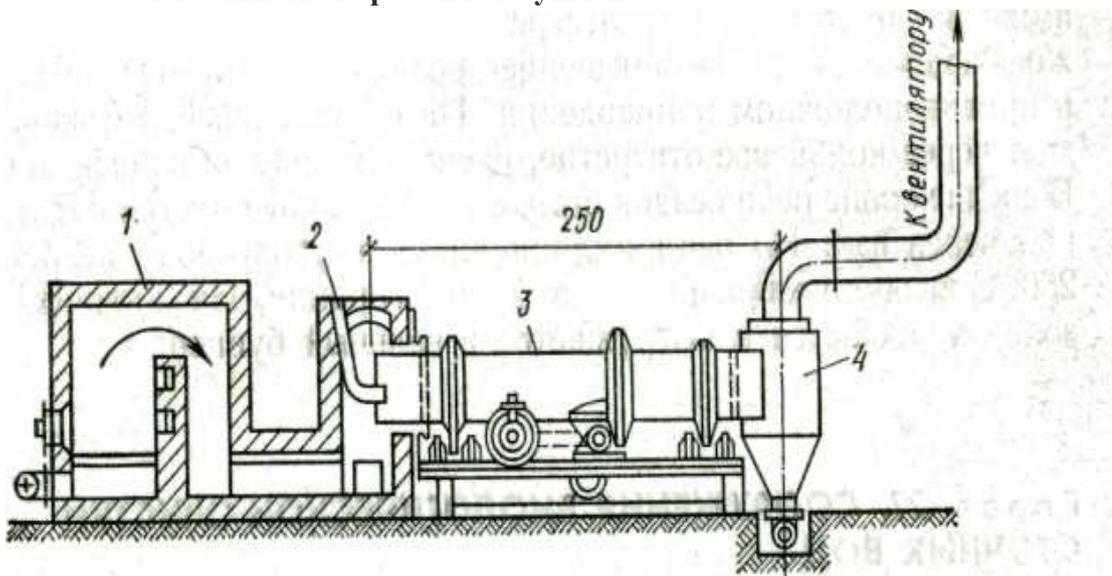
1 — фильтровальные плиты; 2 — направляющие ролики; 3 — фильтровальная ткань; 4 — поддерживающие плиты

Для обезвоживания осадка применяют также фильтр-прессы типа ФПАКМ. Схема устройства этого прессы представлена на рис. III.40. Фильтр состоит из нескольких фильтровальных плит и фильтрующей ткани, протянутой между ними с помощью направляющих роликов. Поддерживающие плиты связаны между собой четырьмя вертикальными опорами, воспринимающими нагрузку от давления внутри фильтровальных плит.

Для термической обработки осадка существует несколько аппаратов: сушилки барабанного типа, пневматические сушилки, сушилки с кипящим слоем.

Барабанная сушилка (рис. НГ.41)<sup>1</sup> состоит из топki 1, барабана 3, загрузочной 2 и выгрузочной 4 камер. При частоте вращения барабана 0 5—4 мин<sup>-1</sup> подсушиваемый осадок медленно передвигается к выгрузочной камере. Подаваемые в барабанную сушилку газы имеют температуру 700—800° С. Выходящие газы имеют температуру 250<sup>й</sup> С и могут использоваться для подогрева осадка в скрубберах или теплообменниках. После термической сушки влажность осадка составляет 30—35%, и его можно использовать в качестве удобрения.

**Рис. 111.41. Барабанная сушилка**

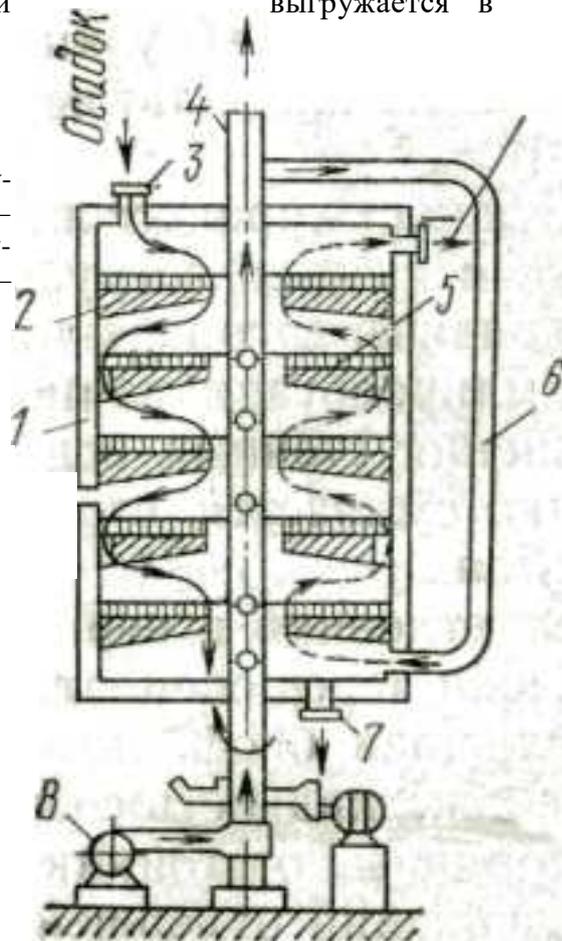


Пневматическая сушилка, представляет собой вертикальную трубу—шахту, через которую непрерывным потоком нагнетаются горячие дымовые газы. Шахта помещается над мельницей-дробилкой, где осадок дробится до порошкообразного состояния. Порошок подхватывается током газов и уносится в трубу, где сушка его происходит мгновенно. Вместе с газом уносится испарившаяся влага.

Для сжигания осадков в ряде стран широко применяются многоподовые печи. Принципиальная схема многоподовой печи приведена на рис. III.42. Корпус печи выполнен в виде стального цилиндра диаметром от 1 до 7 м, внутренняя поверхность которого футерована огнеупорным материалом. К вертикальному вращающемуся валу над каждым подом прикреплены радиальные скребковые мешалки. Осадок подается на верхний под, перемешивается мешалками, сдвигается ими к центральному отверстию пода и попадает на нижележащий под. Перемещение осадка по этому поду идет в противоположном направлении. На следующий под осадок попадает через кольцевое отверстие, расположенное на периферии пода. В средней зоне печи осадок сгорает. Воздух нагнетается воздуходувкой через вал. По рециркуляционному трубопроводу нагретый до  $200^{\circ}\text{C}$  воздух возвращается в зону сгорания. На нижних подах зола охлаждается и выгружается в зольный бункер.

**Рис. III 42. Схема многоподовой печи для сжигания осадка**

1 — корпус печи; 2 — огнеупорный под; 3 — загрузочное устройство; 4 — вращающийся вал; 5 — скребковые мешалки; 6 — рециркуляционный трубопровод; 7 — отверстие для выгрузки золы; 8 — воздуходувка



## Глава 27. СООРУЖЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

### § 109. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

Биологические фильтры относятся к сооружениям биологической очистки сточных вод в искусственно созданных условиях.

По производительности биофильтры подразделяют на *капельные* и *высоконагружаемые*.

По способу подачи воздуха различают биофильтры с *естественной* и *искусственной вентиляцией*. Для капельных биофильтров используют естественную вентиляцию, для высоконагружаемых — как естественную, так и искусственную вентиляцию. В последнем случае биофильтры называют *аэрофильтрами*.

Капельные биофильтры. Капельные биофильтры состоят из следующих основных элементов: водонепроницаемого основания, дренажа, стенок (воздухонепроницаемых или воздухопроницаемых), фильтрующей загрузки и распределительного устройства. В плане капельные биофильтры могут иметь прямоугольную или круглую форму.

Сущность процессов, протекающих в биофильтре, такова. На поверхности зерен загрузки фильтра сорбируются нерастворенные и коллоидные загрязнения, образуя биологическую пленку, заселенную микроорганизмами. Попадая на эту пленку, растворенные загрязнения сточных вод окисляются микроорганизмами. Отмершая пленка смывается сточной жидкостью и выносится из тела биофильтра.

Осветленная в первичных отстойниках сточная жидкость периодически через специальное устройство равномерно распределяется по площади биофильтра (рис. III.43). Пройдя через слой загрузки и дренаж, жидкость собирается системой лотков и отводится по ним во вторичный отстойник. Назначение вторичного отстойника состоит в задержании отмершей биологической пленки, выносимой из биофильтра.

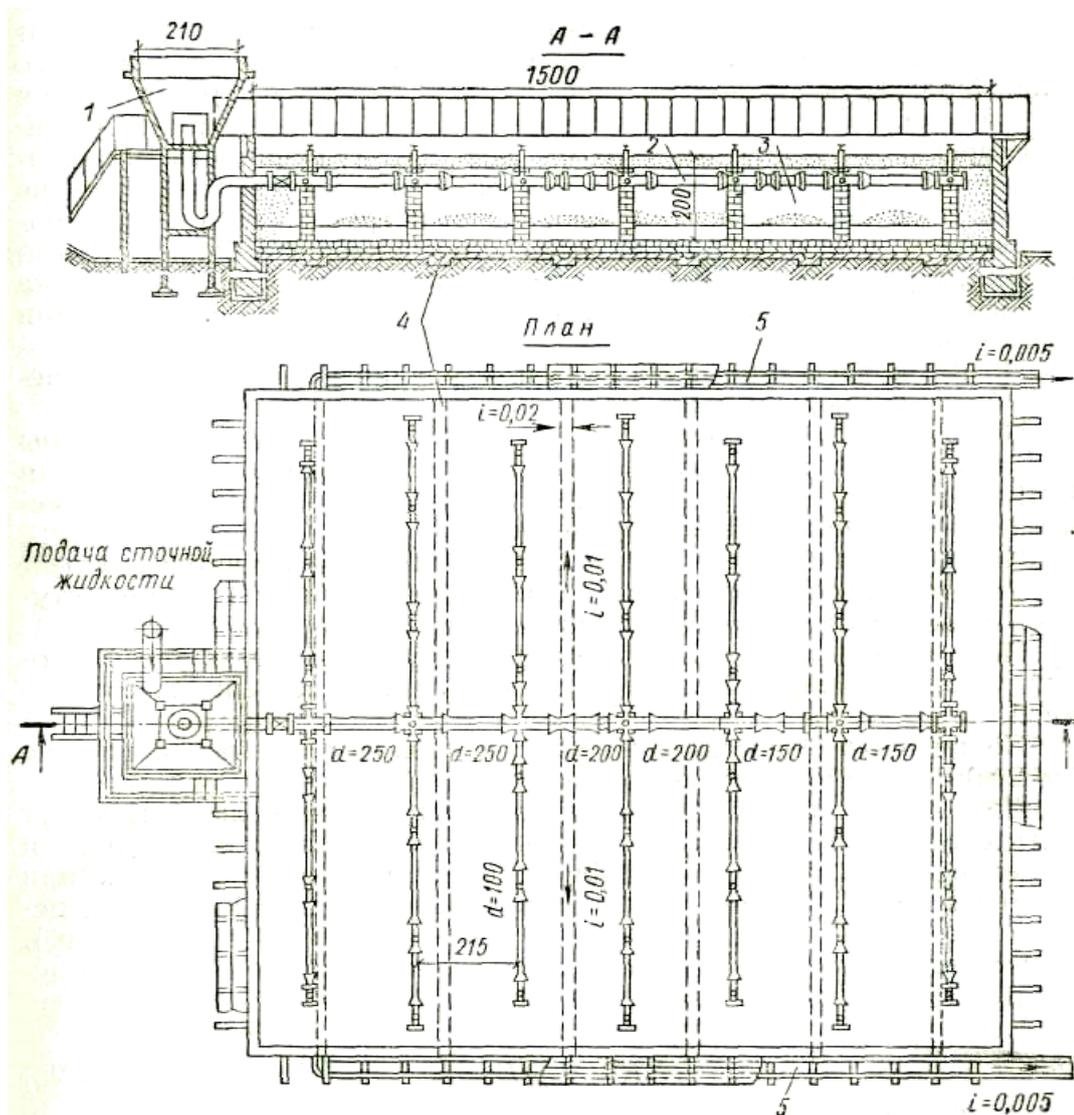


Рис. III.43. Капельный биофильтр

1 — дозирующий бак; 2 — распределительная сеть; 3 — фильтрующая загрузка; 4 — дренаж; 5 — сборный лоток

Капельные биофильтры применяют при расходе сточных вод не более  $1000 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Расчет капельного биофильтра заключается в определении объема загрузки, площади в плане, числа секций, размеров распределительных устройств и лотков для сбора очищенной жидкости.

Рабочая высота биофильтра равна 1,5—2 м.

Высоконагружаемые биофильтры. Эти фильтры отличаются от капельных особенностями конструктивного и эксплуатационного характера. К особенностям конструктивного характера относятся увеличение крупности зерен загрузки, изменение конструкции днища и дренажа, увеличение высоты загрузки. Особенности эксплуатационного характера состоят в уменьшении перерывов в подаче жидкости и повышении гидравлической нагрузки на  $1 \text{ м}^2$  площади фильтра, что способствует вымыванию отмершей биологической пленки, в разбавлении в необходимых случаях поступающего стока очищенными сточными водами, т. е. в применении рециркуляции для снижения БПК-

По принципу действия различают высоконагружаемые биофильтры, работающие на полную и неполную очистку.

По режиму работы высоконагружаемые биофильтры делят на

работающие с рециркуляцией и без рециркуляции. Снижая БПК поступающих на биофильтры сточных вод, рециркуляция обеспечивает устойчивую работу фильтров.

По способу очистки высоконагружаемые биофильтры могут быть одноступенчатыми и двухступенчатыми. В первой ступени проводится частичная очистка воды, а во второй—полная.

По способу подачи воздуха различают высоконагружаемые биофильтры с естественной и искусственной вентиляцией.

По высоте высоконагружаемые фильтры делят на низкие (до 2 м) и высокие (2 м и выше).

По виду загрузки высоконагружаемые фильтры могут быть с объемной загрузкой (гравий, щебень, керамзит и пр.) и с плоскостной загрузкой (кольца или обрезки из керамических или пластмассовых засыпных элементов, жесткая загрузка в виде решеток или блоков из плоских или гофрированных листов и пр.).

Расчет высоконагружаемых биофильтров проводят в такой последовательности.

1. Определяют коэффициент

$$K = L_a/L_t \quad (\text{III.25})$$

где  $L_a$  и  $L_t$  — БПК<sub>20</sub> сточной жидкости, поступающей на биофильтр, в БПК<sub>20</sub> очищенной сточной жидкости, мг/л.

2. По среднезимней температуре сточной жидкости и найденному значению  $K$ , используя табл. 39 СНиП 11-32-74, которая здесь не приводится, определяют рабочую высоту биофильтра  $H$ , гидравлическую нагрузку  $q$  и количество подаваемого воздуха  $V$ . Рабочая высота биофильтра колеблется в пределах 2—4 м, гидравлическая

нагрузка — 10—30 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> в сутки, количество подаваемого воздуха — 8—12 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> сточной жидкости.

$L_a$  сточной жидкости должно быть не более 300 мг/л. При  $L_a$  более 300 мг/л необходима рециркуляция.

3. Определяют  $L_{cm}$  — БПК<sub>20</sub> смеси сточной жидкости для биофильтров рециркуляцией и  $n$  — коэффициент рециркуляции:

$$L_{\bar{n}} = K L_t \quad (\text{III.26})$$

$$n = \frac{L_a - L_{cm}}{L_{cm} - L_t} \quad (\text{III.27})$$

4. Определяют площадь биофильтров, по формулам: в случае их работы без рециркуляции

$$F = Q/q \quad (\text{III.28})$$

в случае их работы с рециркуляцией

$$F = Q(n + 1)/q, \quad (\text{III.29})$$

где  $Q$  — расчетный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут.

Конструктивные особенности биофильтров. В качестве загрузочного материала для фильтров используют щебень и гальку прочных пород, а также керамзит и

пластмассы. Крупность загрузочного материала для высоконагружаемых фильтров принимается равной 40—60 мм по всей высоте загрузки. Крупность материала нижнего поддерживающего слоя высотой 0,2 м составляет 60—100 мм. Крупность загрузочного материала для капельных биофильтров принимается равной 30—50 мм с постепенным увеличением по глубине.

Распределение сточной жидкости по поверхности биофильтров осуществляется неподвижными разбрызгивателями или подвижными реактивными оросителями. Наибольшее распространение из неподвижных разбрызгивателей получили спринклерные установки. Спринклерная установка состоит из дозирующего бака, распределительных труб и спринклеров. Спринклерные головки-насадки, установленные на вертикальных отростках, соединены с распределительными трубами, уложенными в теле биофильтра.

Для нормальной работы биофильтра необходима подача воздуха в достаточном количестве. В капельных биофильтрах обычно используется естественная вентиляция, создаваемая разностью температур наружного воздуха и тела биофильтра. В высоконагружаемых биофильтрах воздух подается вентиляторами в пространство между дренажем и днищем.

В последние годы в отечественной и зарубежной практике находят распространение биофильтры с пластмассовой загрузкой. Они имеют высокую производительности обеспечивают хорошую очистку. Высоту таких биофильтров принимают равной 3—4 м. В качестве загрузочного материала возможно применение блоков из поливинилхлорида, полистирола и других жестких, пластмасс.

## § 110. АЭРОТЕНКИ

Аэротенки относятся к сооружениям биологической очистки сточных вод в искусственно созданных условиях. Обычно их выполняют в виде длинных железобетонных резервуаров (коридоров) глубиной 3—6 м и шириной 6—10 м. Поступающая в аэротенк осветленная жидкость смешивается с активным илом. Активный ил — это скопление микроорганизмов, способных сорбировать на своей поверхности органические загрязнения и окислять их в присутствии кислорода воздуха. Смесь осветленной сточной жидкости и активного ила по всей длине аэротенка продувается воздухом.

На рис., III.44 представлена схема работы аэротенка. Из аэротенка смесь сточных вод с активным илом направляется во вторичный отстойник, где активный ил осаждается и затем возвращается в аэротенки. Этот ил носит название циркулирующего активного ила.

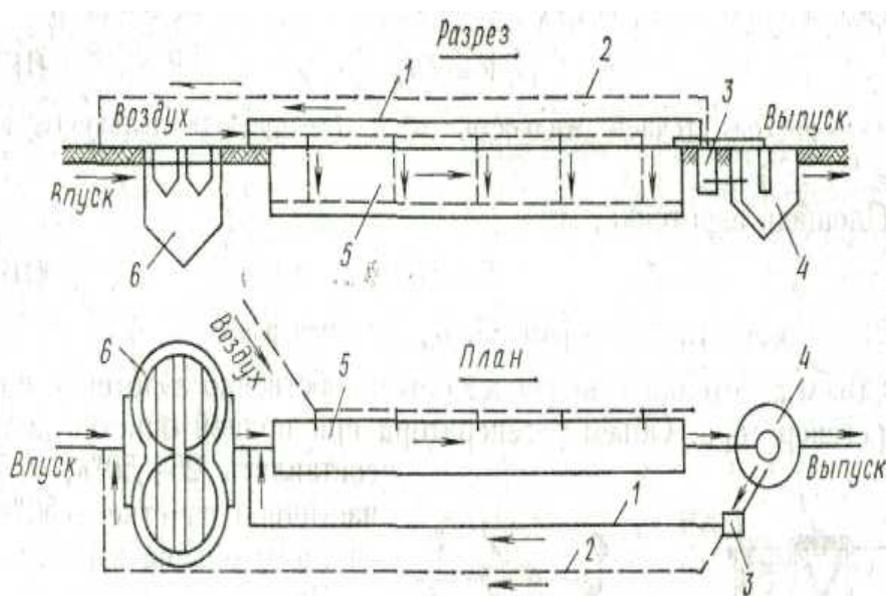
В результате роста микроорганизмов и сорбции органических загрязнений масса ила в аэротенках непрерывно возрастает. С увеличением его концентрации в аэротенках увеличивается вынос активного ила из вторичных отстойников и снижается качество очищенной воды. Для предотвращения этого часть активного ила (избыточный активный ил) не возвращается в аэротенки, а направляется на илоуплотнители.

Процесс разложения органического вещества в аэротенке протекает в три фазы. В первой фазе происходит сорбция органических загрязнений на хлопьях активного ила и окисление легкоокисляющихся органических веществ. При этом ВПК сточной жидкости резко снижается. Во второй фазе окисляются трудноокисляющиеся органические вещества и происходит регенерация активного ила, т. е. восстановление его сорбирующей способности. В третьей фазе происходит нитрификация аммонийных солей.

Аэротенки можно применять для частичной и полной очистки сточных вод. Частичную очистку применяют, если местные условия позволяют использовать самоочищающую способность водоема.

Для обеспечения устойчивой работы аэротенков устраивают регенераторы —

сооружения, в которых восстанавливается сорбирующая способность активного ила. Ил в регенераторах постоянно аэрируется. Под регенераторы обычно выделяют часть коридоров аэротенков. Существует ряд схем работы аэротенков. Кроме одноступенчатых аэротенков с регенерацией или без нее, работающих на полную или частичную очистку, применяют также аэротенки-смесители, двухступенчатые аэротенки и аэротенки со ступенчатой аэрацией.



**Рис. 111.44. Схема работы аэротенка**

1 — циркулирующий активный ил; 2 — избыточный активный ил; 3 — насосная станция; 4 — вторичный отстойник; 5 — аэротенк; 6 — первичный отстойник

Аэротенк-смеситель применяют обычно для очистки производственных сточных вод с высокой концентрацией органических загрязнений. В целях улучшения использования кислорода сточную жидкость подают в аэротенк-смеситель рассредоточенно по его длине.

Расчетный объем аэротенка зависит от расхода сточной жидкости, ее загрязненности органическими веществами, количества подаваемого воздуха и концентрации активного ила.

Продолжительность аэрации или время пребывания сточной жидкости в аэротенках устанавливают по формуле

$$t = \frac{L_a - L_t}{a(1 - S)\rho} \quad (\text{Ш.30})$$

где  $L_a$  и  $L_e$  — БПК<sub>20</sub> поступающей в аэротенк сточной жидкости и БПК<sub>20</sub> очищенной жидкости, мг/л;  $a$  — доза ила, принимаемая в аэротенках, работающих на полную очистку, равной 1,5 г/л; на неполную очистку — 2 г/л; в регенераторах — 4 г/л;  $S$  — зольность ила, равная 0,3;  $\rho$  — скорость окисления загрязнений, мг БПК<sub>го</sub> за 1 ч на 1 г беззольного вещества, определяемая по табл. 42 СНиП П-32-74

Удельный расход воздуха, м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> сточной жидкости, следует определять по формуле

$$D = \frac{Z(L_a - L_e)}{K_1 K_2 n_1 n_2 (C_p - C)} \quad (\text{Ш.31})$$

где  $Z$  — удельный расход кислорода, мг на 1 мг снятой в процессе очистки БПК<sub>20</sub> (0,9—1,05);  $L_a$  и  $L_e$  — то же, что и в формуле (Ш.30);  $K_1$   $K_2$ ,  $n_1$ ;  $n_2$  — коэффициенты, учитывающие тип аэратора, глубину его погружения, температуру сточных вод и их свойства (значения этих коэффициентов принимают по СНиП П-32-74);  $C_p$  — растворимость кислорода в жидкости;  $C$  — концентрация кислорода; растворенного в жидкости, находящейся в аэротенке (1—2 мг/л).

Объем аэротенка, м<sup>3</sup>:

$$V = Q * t \quad (\text{Ш.28})$$

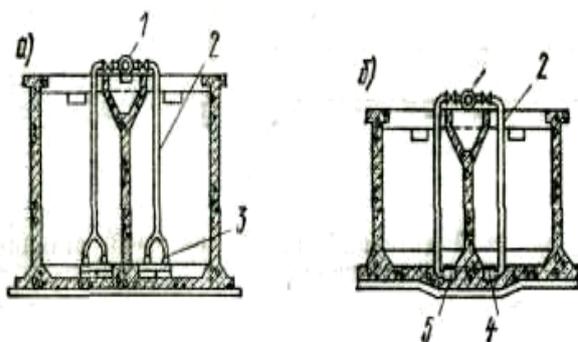
$Q$  — расход сточной жидкости,  $t$  продолжительность аэрации

Площадь аэротенка, м<sup>2</sup>:

$$F = V/H, \quad (\text{Ш.28})$$

где  $H$  — рабочая глубина аэротенка, принимаемая равной 3—6 м.

Объем аэротенка  $V$  включает объем собственно аэротенка и объем регенератора. Объем регенератора при полной очистке должен составлять 25—50%, а при частичной очистке—50% расчетного объема аэротенка.



**Рис. Ш.45. Распределение воздуха в аэротенке**

*a* — перфорированными трубами; *б* — фильтросными пластинами; 1 — воздуховод; 2 — стояк; 3 — перфорированная труба; 4 — фильтросная пластина; 5 — воздушный канал

воздуховодов. Распределение воздуха в аэротенке производится через пористые керамические материалы (фильтросные пластины, керамические трубы, синтетические ткани). На рис. Ш.45 показано распределение воздуха перфорированными трубами и фильтросными пластинами. Обычно воздух поступает в перфорированные трубы или в канал, по верху которого укладываются фильтросные пластины, из стояков, которые отходят от основного магистрального воздуховода, располагаемого на продольной стенке аэротенка. Расстояние между стояками принимается в пределах 20—40 м. Перфорированные трубы помещают с одной стороны коридора аэротенка вдоль его длины для обеспечения циркуляции потока в поперечном сечении. Отверстия в них диаметром

Расчетную площадь аэротенков разбивают на секции, каждая из которых состоит из нескольких коридоров (от двух до четырех). Часть коридоров (один — два) выделяется под регенераторы. Сточная жидкость переходит последовательно из одного коридора в другой. Длина аэротенков обычно назначается в пределах 50—130 м. Отношение ширины коридора к рабочей глубине аэротенка следует принимать от 1 : 1 до 1 : 2.

Различают аэротенки с продувкой сточной жидкости сжатым воздухом и аэротенки с механической аэрацией. Первые получили в СССР большее распространение. Воздух в аэротенки подается воздуходувками по системе

2—2,5 мм располагают на расстоянии 10—15 см друг от друга. Фильтросные пластины располагают в один — три ряда также с одной стороны коридора аэротенков вдоль его длины.

## § 111 СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ АЭРАЦИИ И БИОКОАГУЛЯЦИИ

Преаэраторы и биокоагуляторы применяют в тех случаях, когда в сточной жидкости требуется уменьшить содержание взвешенных веществ на большую величину, чем это способны сделать первичные отстойники. Преаэраторы устраивают перед первичными отстойниками в виде отдельных или пристроенных, либо встроенных сооружений, а биокоагуляторы совмещают в отстойниках.

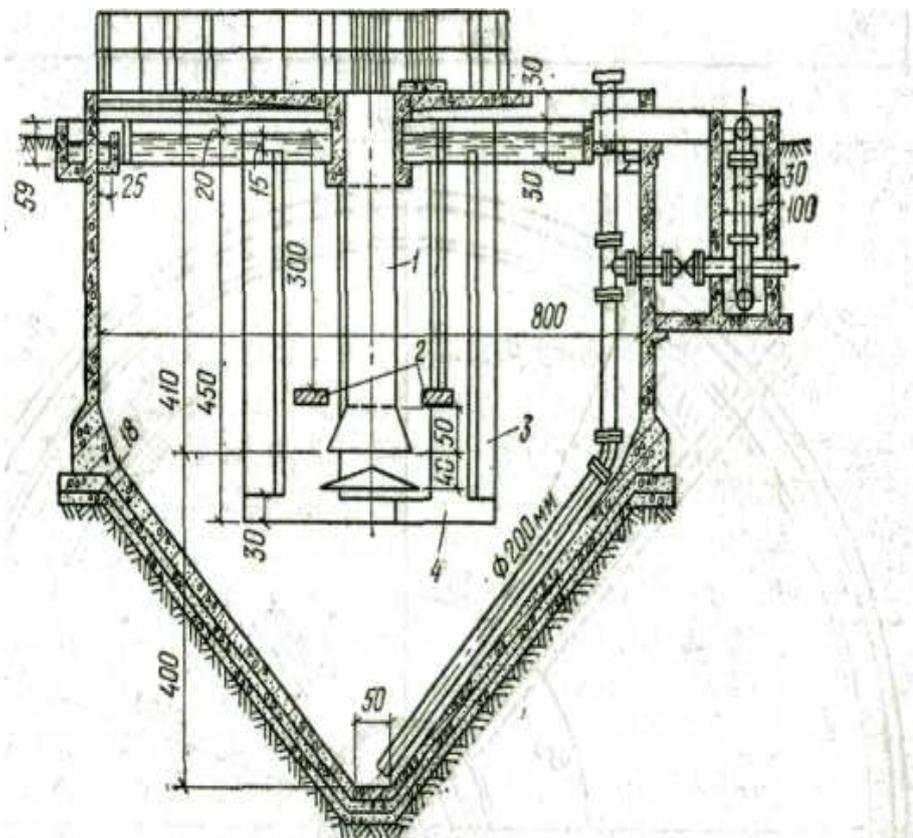


Рис 111.46. Биокоагулятор

Предварительная аэрация, проводимая в подводящих каналах или преаэраторах, заключается в продувке сточной жидкости воздухом в течение 10—20 мин с добавкой активного ила или без нее. Эффективность задержания взвешенных веществ в первичных отстойниках с преаэраторами достигает 50—60%, а БПК<sub>20</sub> снижается на 15%. Количество подаваемого в преаэраторы воздуха составляет 0,5 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> сточной жидкости.

Биокоагуляция, проводимая в биокоагуляторах (рис. III.46), заключается в следующем. Сточная жидкость по центральной трубе 1 подается в камеру биокоагуляции 4. В камеру добавляется активный ил или биологическая пленка. Воздух вводится в камеру с помощью фильтросных пластин 2. Водовоздушная смесь движется в камере вверх и по карманам 3 спускается вниз, направляясь в зону отстаивания. В зоне отстаивания жидкость проходит через взвешенный слой, осветляется и отводится по



Сточная жидкость, прошедшая аэротенки, содержит активный ил, а прошедшая биофильтры, — биологическую пленку. Для задержания активного ила или биологической пленки применяют вторичные отстойники, располагаемые после аэротенков и биофильтров. Вторичные отстойники в зависимости от направления потока бывают горизонтальные, вертикальные и радиальные. **Максимальную** скорость протекания жидкости для горизонтальных и радиальных отстойников принимают равной 5 мм/с, а для вертикальных — 0,5 мм/с.

Время пребывания сточной жидкости в отстойниках после аэротенков, работающих на полную очистку, составляет 2 ч, после капельных биофильтров и аэротенков, работающих на неполную очистку, — 0,75 ч и после высоконагружаемых биофильтров — 1,5 ч.

Активный ил, осевший в отстойниках, снова перекачивается в аэротенки. Расход циркулирующего активного ила составляет 30—70% расхода сточной жидкости, поступающей на аэротенки. Влажность активного ила, выгружаемого из вторичных отстойников, равняется 99,2—99,5%.

На рис. П 1.47 приведена конструкция вторичного отстойника с илососами. Сточная жидкость поступает по трубе в центр отстойника и движется радиально к сборному лотку. Выпадающий на дно активный ил непрерывно удаляется илососом, подвешенным к вращающейся ферме.

Конструкции вертикальных вторичных отстойников аналогичны конструкциям вертикальных первичных отстойников. Обычно вертикальные вторичные отстойники применяют на станциях малой и средней производительности, а для станций большой производительности проектируют радиальные отстойники.

Избыточный активный ил из вторичных отстойников направляется на илоуплотнители, которые служат для уменьшения его влажности перед подачей в метантенки с 99,2—99,5 до 95—98%. При этом объем ила уменьшается в 4—10 раз. Илоуплотнители бывают вертикальные и радиальные. Их конструкции аналогичны конструкциям отстойников. Продолжительность пребывания ила в уплотнителях радиального типа 5—14 ч, в уплотнителях вертикального типа 10—16 ч. Илоуплотнители радиального типа устраивают с илососами или илоскребами. Уплотненный ил выпускают под гидростатическим напором 0,5—1 м через водосливы.

## Глава 28. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ И СПУСК ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ

### § 113. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ

Обеззараживание (дезинфекцию) сточных вод производят с целью уничтожения болезнетворных бактерий. Его предусматривают как на станциях только с механической очисткой, так и на станциях с биологической очисткой.

Наибольшее распространение получило обеззараживание сточных вод жидким хлором. Расчетную дозу хлора на станциях механической очистки принимают равной  $10 \text{ г/м}^3$ , на станциях полной биологической очистки —  $3 \text{ г/м}^3$ , неполной —  $5 \text{ г/м}^3$ . При обеззараживании сточных вод хлорной известью необходимы баки для приготовления раствора хлорной извести и дозирования его.

Установка для обеззараживания сточных вод жидким хлором состоит из хлораторной, смесителя и контактных резервуаров. В хлораторной устанавливают хлораторы, служащие для дозирования хлора и получения хлорной воды, которая смешивается со сточной жидкостью. Для смешивания хлора со сточной жидкостью пригодны смесители любого типа. Контактные резервуары для обеспечения требуемого бактерицидного эффекта рассчитывают на 30-минутный контакт хлора с водой. Резервуары проектируют как первичные отстойники, без скребков. Осадок из них направляют на иловые площадки.

Возможно обеззараживание биологически очищенных сточных вод гипохлоритом натрия, получаемым путем электролиза раствора поваренной соли.

### § 114. ВЫПУСКИ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМ

Конструкция выпуска должна обеспечивать хорошее перемешивание сточных вод с водой водоема, что позволяет лучше использовать самоочищающую способность последнего.

Выпуски бывают *сосредоточенные*, когда сточные воды выпускаются через одно отверстие, и *рассеивающие*, когда имеется несколько выпускных отверстий. Различают также *береговые* и *русловые* выпуски.

Береговые выпуски бывают незатопленные и затопленные. При незатопленных береговых выпусках излив сточных вод производится несколько выше уровня воды в реке. При затопленных береговых выпусках устраивается береговой колодец и излив сточных вод происходит под уровень воды, к водоему.

Русловые выпуски располагаются в водоеме на некотором расстоянии от берега. По сравнению с береговыми выпусками они обеспечивают лучшее и более быстрое смешение сточных вод с водами водоема.

По конструкции наиболее совершенны рассеивающие русловые выпуски. Такие выпуски заканчиваются выпускным оголовком в виде горизонтально расположенной конусной трубы, на боковой поверхности которой имеется вырез с поперечными направляющими. Этим обеспечивается хорошее смешение.

Весьма эффективное смешение сточных вод с водами водоема обеспечивает конструкция рассеивающего фильтрующего струйного выпуска в виде стальной перфорированной трубы с приваренной к ней по всей длине металлической обоймой со щелевыми отверстиями. Обойма заполнена крупным гравием или щебнем.

Выбор конструкции выпуска и места его расположения определяется технико-экономическими расчетами.