

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

А. А. Кондакова

# ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

Учебно-методический комплекс  
для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение,  
вентиляция и охрана воздушного бассейна»

Новополоцк  
ПГУ  
2010

УДК 628.1(075.8)  
ББК 38.761я73  
К64

Рекомендовано к изданию методической комиссией  
технологического факультета в качестве учебно-методического  
комплекса (протокол № 5 от 26.02.2009)

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

главный инженер Полоцкого района тепловых сетей ТЭЦ М. Г. МОРОЗОВ;  
кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения  
и водоотведения УО «ПГУ» В. Д. ЮЩЕНКО

**Кондакова, А. А.**  
К64      Водоснабжение и водоотведение : учеб.-метод. комплекс для студен-  
тов специальности 1-70 04 02 «Теплогасоснабжение, вентиляция и охрана  
воздушного бассейна» / А. А. Кондакова. – Новополоцк : ПГУ, 2010. –  
232 с.  
ISBN 978-985-531-096-0.

Приведены темы изучаемого курса, лекционных и практических занятий, их  
объем в часах, изложены основы проектирования, строительства и эксплуатации  
систем водоснабжения и водоотведения зданий, отдельных объектов и населен-  
ных пунктов. Представлены конспект лекций, методические указания к практи-  
ческим занятиям, выполнению курсовой работы и вопросы для самоконтроля.

Предназначен для преподавателей и студентов вузов, специалистов.

**УДК 628.1(075.8)**  
**ББК 38.761я73**

**ISBN 978-985-531-096-0**

© Кондакова А. А., 2010  
© УО «Полоцкий государственный  
университет», 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

ВЕДЕНИЕ .....	5
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА .....	6
ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС .....	9
РАЗДЕЛ 1. САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗДАНИЙ .....	9
ТЕМА 1. ВОДОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ И ОТДЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	9
1.1. Классификация внутренних водопроводов .....	9
1.2. Элементы внутреннего водопровода .....	13
1.3. Схемы водопроводных сетей .....	14
1.4. Материалы и оборудование водопроводной сети .....	17
1.5. Трассировка водопроводных сетей внутри здания .....	20
1.6. Устройство вводов .....	23
1.7. Учет расхода воды, водомерные узлы и водосчетчики .....	25
1.8. Режимы и нормы водопотребления. Давления (напоры) в системах внутренних водопроводов .....	27
1.9. Стабилизация давлений (напоров). Борьба с непроизводительными расходами, утечками воды и шумом в системах внутреннего водопровода .....	30
1.10. Расчет внутреннего водопровода .....	35
1.11. Местные водонапорные установки в системах водоснабжения зданий .....	44
1.11.1. Насосные повысительные водонапорные установки .....	44
1.11.2. Пневматические водонапорные установки .....	46
1.11.3. Водонапорные баки .....	49
1.12. Внутренние водопроводы и установки специального назначения .....	51
1.12.1. Противопожарные водопроводы .....	51
1.12.2. Спринклерные противопожарные установки .....	53
1.12.3. Дренчерные полуавтоматические установки .....	55
1.13. Поливочные и специальные питьевые водопроводы .....	56
1.14. Основы автоматизации систем водоснабжения зданий .....	58
1.15. Особенности снабжения водой зданий производственного назначения, систем теплоснабжения и вентиляции .....	59
1.15.1. Системы теплоснабжения и вентиляции .....	60
1.15.2. Системы кондиционирования воздуха .....	61
1.15.3. Водоснабжение установок пылеудаления .....	65
ТЕМА 2. ВОДООТВЕДЕНИЕ (КАНАЛИЗАЦИЯ) ЗДАНИЙ И ОТДЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	68
2.1. Системы водоотведения зданий различного назначения .....	68
2.2. Материалы и оборудование .....	69
2.3. Трассировка и устройство водоотводящей сети. Вентиляция сети .....	72
2.4. Дворовая и микрорайонная водоотводящие сети .....	77
2.5. Расчет систем водоотведения .....	79
2.6. Местные установки во внутренних системах водоотведения. Теплоуловители, бензомаслоуловители .....	81
2.7. Мусороудаление, гидравлическое золошлакоудаление .....	87
2.8. Внутренние водостоки .....	89
РАЗДЕЛ 2. ВОДОСНАБЖЕНИЕ .....	93
3.1. Системы и схемы водоснабжения .....	93
3.2. Нормы и режим водопотребления .....	95
3.3. Устройство и оборудование водопроводной сети .....	99

3.3.1. Трассировка, материалы, оборудование .....	99
3.3.2. Основные сведения по расчету водопроводных сетей и сооружений .....	102
3.4. Источники водоснабжения .....	105
3.4.1. Подземные и поверхностные источники водоснабжения .....	105
3.4.2. Зоны санитарной охраны .....	107
3.5. Водозаборные сооружения .....	108
3.5.1. Сооружения для забора подземных вод .....	108
3.5.2. Сооружения для забора поверхностных вод .....	111
3.6. Запасные и регулирующие емкости .....	114
3.6.1. Водонапорные башни .....	114
3.6.2. Резервуары чистой воды .....	116
3.7. Водоподъемные устройства .....	117
3.7.1. Центробежные насосы .....	117
3.7.2. Воздушные подъемники (эрлифты) и гидроэлеваторы .....	120
3.8. Водопроводные насосные станции .....	121
3.9. Очистка и обеззараживание воды .....	124
3.9.1. Свойства воды и требования, предъявляемые к ее качеству .....	124
3.9.2. Методы очистки воды .....	125
3.9.3. Коагулирование и отстаивание воды .....	127
3.9.4. Фильтрование воды .....	128
3.9.5. Обеззараживание воды .....	129
3.9.6. Специальная обработка воды .....	130
<b>РАЗДЕЛ 3. ВОДООТВЕДЕНИЕ (КАНАЛИЗАЦИЯ)</b> .....	<b>132</b>
4.1. Классификация, основные элементы и схемы систем водоотведения населенных пунктов .....	132
4.1.1. Общие сведения .....	132
4.1.2. Схемы и системы водоотведения .....	135
4.1.3. Состояние и организация водоотведения .....	138
4.2. Наружная водоотводящая сеть .....	140
4.2.1. Схемы водоотводящих сетей .....	140
4.2.2. Условия приема сточных вод в наружную водоотводящую сеть .....	143
4.2.3. Основные сведения по расчету водоотводящих сетей .....	144
4.2.4. Устройство и оборудование водоотводящих сетей .....	147
4.2.5. Перекачка сточных вод .....	150
4.2.6. Устройство дождевой сети .....	152
4.2.7. Бестраншейные методы восстановления (санации) водоотводящих и водопроводных сетей .....	154
4.3. Сооружения для очистки сточных вод .....	158
4.3.1. Виды и состав загрязнений сточных вод .....	158
4.3.2. Степень очистки и условия спуска очищенных сточных вод в водоемы .....	159
4.3.3. Методы очистки сточных вод и состав очистных сооружений .....	161
4.3.4. Обеззараживание и выпуск очищенных сточных вод в водоем .....	164
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ</b> .....	<b>166</b>
<b>МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ</b> .....	<b>190</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	<b>210</b>
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ</b> .....	<b>224</b>
<b>РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ</b> .....	<b>230</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	<b>231</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение» предназначен для студентов третьего курса очной формы обучения специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», а также может быть полезен студентам четвертого курса заочной формы обучения этой же специальности. Объем изучаемой дисциплины в соответствии с учебным планом дневной формы обучения составляет 68 часов, в том числе 34 часа лекций и 34 часа практических занятий. Программа предусматривает текущий контроль в форме курсовой работы, экзамена.

В состав учебно-методического комплекса входят следующие структурно взаимосвязанные и взаимодополняющие компоненты: рабочая программа, лекционный курс, практические занятия, методические указания к выполнению курсовой работы, вопросы для самоконтроля, рейтинговая система контроля и литература. При написании комплекса использовались материалы, изложенные в существующих учебниках, учебных и методических пособиях.

Комплекс преследует цель помочь студентам изучить принципы устройства систем внутреннего водоснабжения и водоотведения, знать основные материалы и оборудование, применяемые при их монтаже: трубы, фасонные части и арматура, санитарные приборы и насосы, ознакомиться с основами их проектирования и расчета.

Учебно-методический комплекс как педагогическая категория является одним из средств достижения планируемых результатов обучения.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Рабочая программа составлена на основании образовательного стандарта Республики Беларусь «Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-700402 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»» ОСРБ 1-700402-2007.

### 1. Цель и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины является подготовка специалистов, способных осуществлять проектирование, строительство и эксплуатацию инженерных сетей, оборудование зданий и сооружений.

Задачами изучения являются:

– получение знаний об устройстве внутренних и наружных сетей водоснабжения и водоотведения, водоподъемных и повысительных установках, источниках водоснабжения, методах очистки природных и сточных вод, принципах расчета сетей и сооружений;

– приобретение умений осуществлять проектирование, строительство, эксплуатацию инженерных сетей и сооружений; анализировать полученные результаты по расчету систем, изучать по информативным источникам технические характеристики новейшего оборудования и решать вопросы о возможности и целесообразности его применения вместо эксплуатируемого.

Изучение отдельных разделов дисциплины связано с такими дисциплинами, как математика, химия, физика, начертательная геометрия и инженерная графика, механика жидкости и газа, строительные материалы, архитектура, информатика.

### 2. Виды занятий и формы контроля

Виды занятий, формы контроля знаний	Обучение	
	дневное	заочное
Курс	3	4
Семестр	5	7
Лекции, ч	34	8
Экзамен (семестр)	5	7
Практические занятия, ч	34	8
Курсовая работа (семестр)	5	7

### 3. Содержание дисциплины

#### Лекционный курс

Название разделов и тем лекций	Количество часов	
	Обучение	
	дневное	заочное
Раздел 1. Санитарно-техническое оборудование зданий	12	2
Тема 1. Водоснабжение зданий и отдельных объектов.	6	2
Тема 2. Водоотведение (канализация) зданий и отдельных объектов		
Раздел 2. Водоснабжение	8	2
Раздел 3. Водоотведение (канализация)	8	2
Всего:	34	8

#### Практические занятия

Тема занятий	Количество часов	
	Обучение	
	дневное	заочное
Выбор системы и разработка схемы внутреннего водопровода	2	1
Построение аксонометрической схемы внутреннего водопровода	2	
Определение расчетных расходов. Гидравлический расчет внутреннего водопровода	6	1
Расчет и подбор водосчетчиков	2	1
Расчет и подбор повысительных установок	2	
Расчет простых противопожарных систем	2	
Проектирование внутренней канализации. Построение аксонометрической схемы канализационного стояка и выпуска	2	
Расчет внутренней канализации	4	1
Проектирование и расчет дворовой канализационной сети	2	1
Построение продольного профиля дворовой канализационной сети	2	1
Проектирование и расчет внутренних водостоков	2	
Определение расчетных расходов воды	2	1
Расчет водопроводных сетей	2	
Определение расчетных расходов сточных вод	2	1
Всего:	34	8

## Курсовая работа

Программой предусмотрено выполнение курсовой работы «Внутренний водопровод и канализация здания».

В состав курсовой работы входят проектирование и расчет внутреннего хозяйственно-питьевого холодного водопровода, хозяйственно-бытовой канализации жилого здания, подбор и расчет отдельных элементов оборудования.

В графической части работы должны быть выполнены: план типового этажа и подвала (техническое подполье), аксонометрическая схема внутреннего водопровода, аксонометрическая схема канализационного стояка и выпуска, продольный профиль дворовой водоотводящей сети, генплан участка, спецификация.

Пояснительная записка должна содержать описание здания и исходные данные, обоснование и анализ принятых технических решений, обоснование выбора схем и систем, расчеты и сведения по выбору оборудования.

# ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

## РАЗДЕЛ 1. САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗДАНИЙ

### ТЕМА 1. ВОДОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ И ОТДЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

#### 1.1. Классификация внутренних водопроводов

Внутренний водопровод представляет собой систему устройств, обеспечивающих подачу воды к санитарно-техническим приборам, технологическому оборудованию и пожарным кранам, расположенным внутри зданий.

Водопроводы классифицируют:

- по назначению:
  - *хозяйственно-питьевые;*
  - *производственные;*
  - *противопожарные;*
- по сфере обслуживания:
  - *объединенные;*
  - *раздельные;*
  - *единые;*
- по способу использования воды:
  - *прямоточные;*
  - *оборотные;*
  - *с повторным использованием воды.*

Применение систем с оборотным водоснабжением и с повторным использованием воды в производственных зданиях находит все большее применение.

Для нормальной работы внутреннего водопровода на вводе в здание должен быть создан такой напор (требуемый  $H_{mp}$ ), который обеспечивал бы подачу нормативного расхода воды к наиболее высокорасположенному (диктующему) водоразборному устройству и покрывал бы потери напора на преодоление сопротивлений по пути движения воды. Минимальный напор в наружном водопроводе у места присоединения ввода (у трубы или на поверхности земли) называют гарантированным ( $H_g$ );

- по обеспеченности напором с учетом установленного оборудования:
  - *система, действующая под напором наружного водопровода, применяется, когда  $H_g \geq H_{mp}$ . Такая система внутреннего водопровода является самой простой и наиболее распространенной (рис. 1.1).*

– система с водонапорным баком применяется при периодическом недостатке напора в наружной сети ( $H_g > H_{mp}$ ,  $H_g < H_{mp}$ ). В период повышенного давления в наружной сети вода накапливается в баке, а в часы уменьшения давления ниже требуемого питание системы осуществляется из бака.

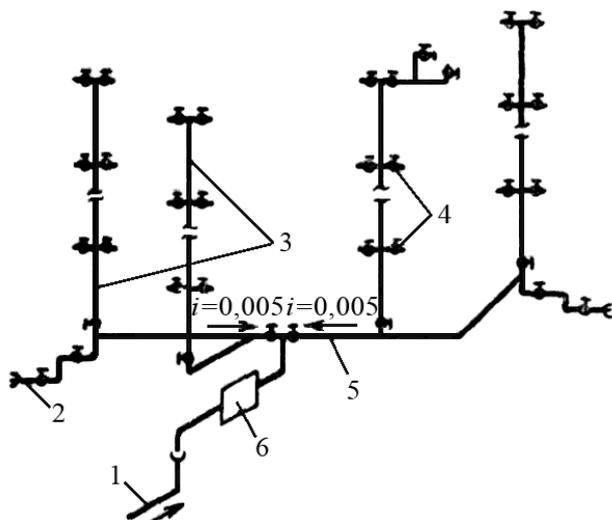


Рис. 1.1. Система водоснабжения здания, действующая под напором в наружном водопроводе: 1 – ввод; 2 – поливочный кран; 3 – распределительные трубопроводы (стояки); 4 – вентили на поэтажной подводке; 5 – магистральный трубопровод; 6 – водомерный узел

Система рационально использует энергию насосов наружного водопровода, аккумулируя воду и избыток напора при уменьшении водопотребления в ночные часы. К недостаткам системы следует отнести возможность ухудшения качества воды при использовании открытых баков, плохой эксплуатации и др. (рис. 1.2).

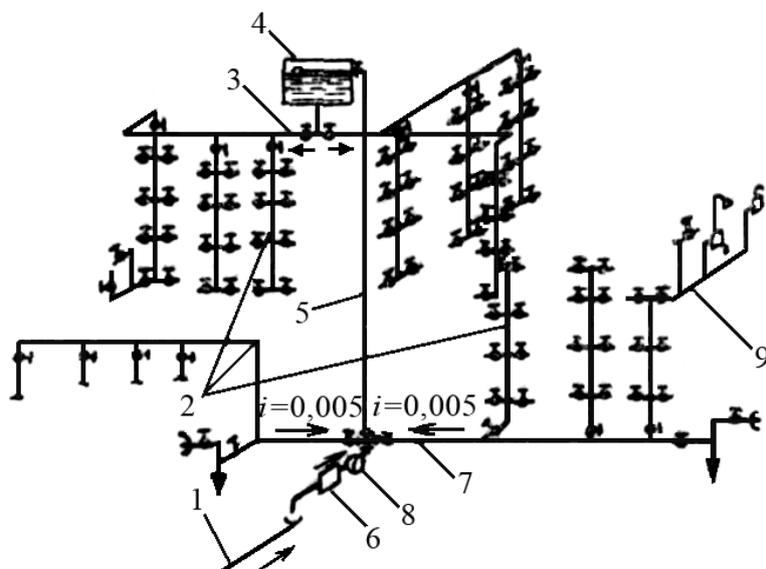


Рис. 1.2. Система водоснабжения здания с водонапорным баком: 1 – ввод; 2 – распределительные трубопроводы; 3 – верхняя магистраль; 4 – водонапорный бак; 5 – подающий трубопровод; 6 – водомерный узел; 7 – нижняя магистраль; 8 – обратный клапан; 9 – подводка

– система с повысительными насосами применяется в тех случаях, когда напор в городской водопроводной сети недостаточен (постоянно или периодически) для нормальной работы внутреннего водопровода (рис. 1.3).

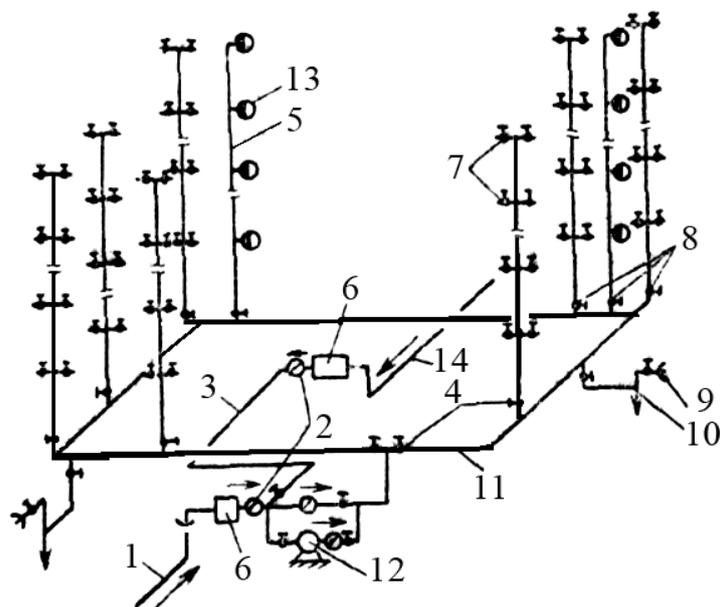


Рис. 1.3. Система водоснабжения здания с повысительной насосной установкой: 1 – ввод № 1; 2 – обратный клапан; 3 – перемычка; 4 – запорная арматура; 5 – пожарный стояк; 6 – водомерный узел; 7 – вентиль на поэтажной разводке; 8 – монтажные запорные вентили; 9 – поливочный кран; 10 – спуск (пробка); 11 – кольцевая магистраль; 12 – насосная установка; 13 – пожарные краны; 14 – ввод № 2

– система с водонапорным баком и повысительной установкой применяется при недостаточности гарантийного напора в наружном водопроводе ( $H_g < H_{mp}$ ) и при неравномерном потреблении воды в здании в течение суток. Повысительные насосы включаются автоматически в результате падения уровня воды в баке или нормативного напора в сети. Водонапорный бак работает в сети как регулирующая емкость (рис. 1.4).

– систему с повысительными насосами и пневматической установкой применяют в противопожарных или производственных водопроводах. В этой системе гидропневматический бак выполняет функцию водонапорного бака и может применяться как запасная, так и регулирующая емкость.

Существуют также *зонные системы*, которые применяют при превышении допустимого давления в сети и для отделения части системы по питанию или по величинам напоров. Наибольшая величина гидростатического давления в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения не должна

превышать 60 м (0,6 МПа), в системах противопожарного водопровода – 90 м (0,9 МПа).

Зонирование применяется в зданиях высотой более 17 этажей: первая зона использует гарантийный напор наружной сети водопровода. Последующие зоны назначают в зависимости от величины дополнительного давления в сети внутреннего водопровода. Верхние зоны работают под напором дополнительных насосов, которые подбирают по расходу и напору верхней зоны.

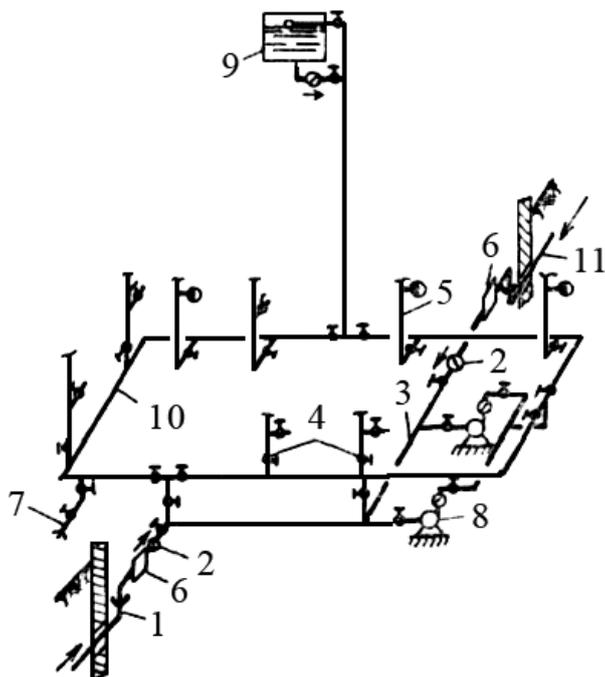


Рис. 1.4. Система водоснабжения здания с водонапорным баком и повысительной насосной установкой: 1 – ввод № 1; 2 – обратный клапан; 3 – перемычка; 4 – запорная арматура; 5 – пожарный стояк; 6 – водомерный узел; 7 – поливочный кран; 8 – насосная установка; 9 – водонапорный бак; 10 – кольцевая магистраль; 11 – ввод № 2

Схемы зонных водопроводов (рис. 1.5).

- 1) последовательная;
- 2) параллельная.

Последовательная схема имеет меньшую протяженность трубопроводов, но менее надежна в работе; требует установки насосных агрегатов на промежуточных этажах, что крайне нежелательно из-за вибрации и шума. К числу крупных недостатков можно отнести нерациональное распределение и использование строительного объема здания под оборудование.

При параллельной схеме наблюдается перерасход труб, но насосы размещаются централизованно, что упрощает их эксплуатацию и автоматизацию.

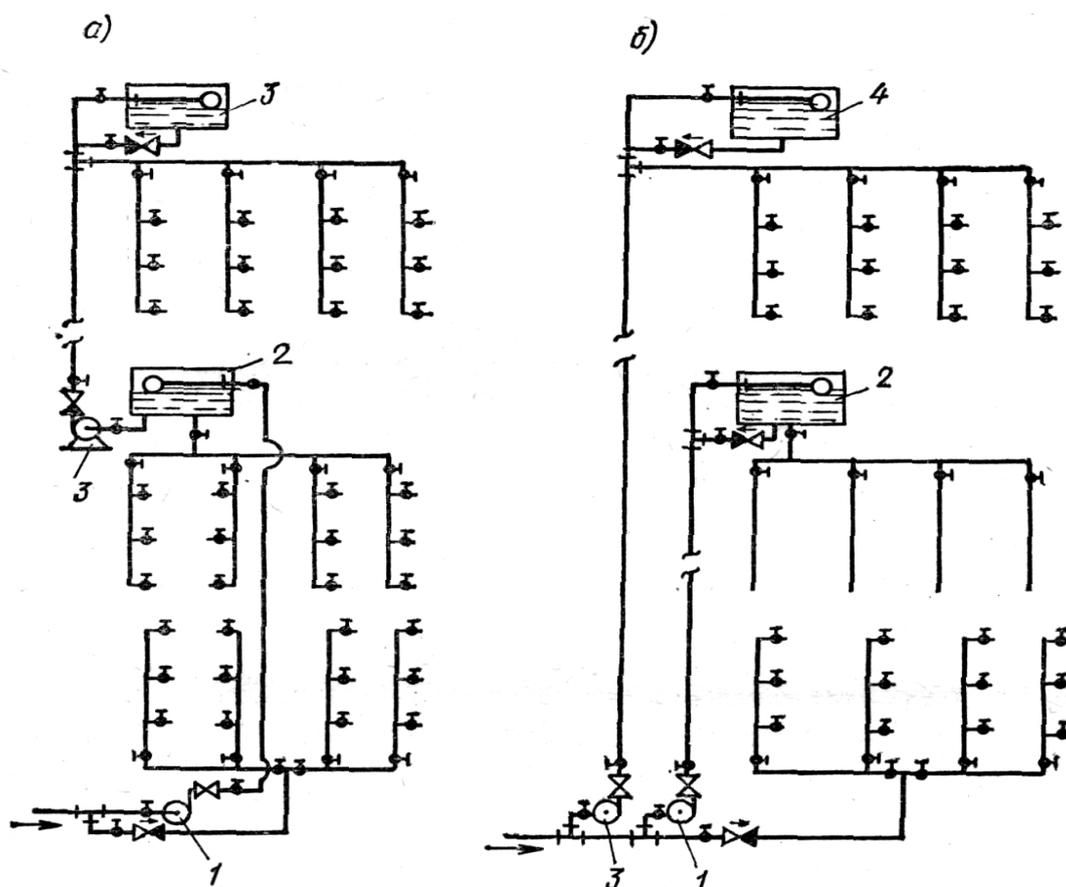


Рис. 1.5. Последовательная (а) и параллельная (б) схемы зонных водопроводов зданий: 1 – центробежный насос 2-й зоны; 2 – водонапорный бак 2-й зоны; 3 – насос 3-й зоны; 4 – водонапорный бак 3-й зоны

Выбор системы водопровода зависит:

- от назначения;
- от конструктивных особенностей;
- от этажности и объема зданий;
- от санитарно-гигиенических и пожарных требований.

## 1.2. Элементы внутреннего водопровода

Основными элементами внутреннего водопровода являются вводы (один или несколько), водомерный узел, местные водонапорные установки, регулирующие и запасные баки (водоаккумулирующие устройства), водопроводная сеть, оборудованная трубопроводами и необходимой арматурой (см. рис. 1.1). В производственных системах технического водоснабжения (особенно оборотных) иногда применяют местные установки

кондиционирования воды (фильтры, осветлители и другие установки для специальной обработки).

*Вводы* предназначены для соединения системы водоснабжения здания или объекта с наружной водопроводной сетью, из которой предусматривается подача воды потребителям.

*Водомерный узел* оборудован измерительным прибором – водосчетчиком для учета количества израсходованной воды, контрольно-спускным краном для контроля располагаемого напора (давления) и спуска воды из сети, запорной арматурой.

*Местные водонапорные установки* предназначены для повышения напора в сети внутреннего водопровода, когда гарантированный (минимальный) напор на вводе меньше требуемого и не обеспечивает подачу необходимого нормированного расхода воды, особенно у водоразборных приборов, расположенных на верхних этажах зданий. К водонапорным относятся повысительные насосные и пневматические установки.

*Регулирующие и запасные баки* (водоаккумулирующие и напорные устройства) – открытые и закрытые (пневматические) – предназначены для аккумулярования некоторого объема воды при несоответствии режимов подачи и потребления в сети внутреннего водопровода. Эти баки могут быть использованы и для хранения водных запасов на технологические или противопожарные нужды.

*Водопроводные сети* предназначены для транспортирования воды ко всем водоразборным устройствам, размещенным в здании.

При проектировании систем водоснабжения зданий следует различать водопроводные сети, расположенные внутри зданий, и сети микрорайонные (внутриплощадочные), соединяющие группу зданий между собой. Для внутренних сетей применяют стальные оцинкованные и пластмассовые трубы, а для микрорайонных – чугунные, асбестоцементные и другие трубы, которые прокладывают в земле или в непроходных каналах. Внутренняя водопроводная сеть состоит из трубопроводов, оборудованных необходимой арматурой, предназначенной для раздачи воды потребителям, отключения на случай ремонта отдельных участков, контроля и управления режимом подачи и потребления воды.

### **1.3. Схемы водопроводных сетей**

Водопроводные сети в зданиях могут иметь различную конфигурацию в зависимости от мест расположения водоразборных приборов, а также от назначения здания, технологических и противопожарных требова-

ний. Сети состоят из магистральных и распределительных стояков трубопроводов, а также подводок к водоразборной арматуре. Для поддержания постоянного давления (напора) и обеспечения нормативного расхода воды на водопроводных вводах у водоразборной арматуры устанавливают регуляторы давления.

Водопроводные сети бывают тупиковыми, кольцевыми и комбинированными, а по расположению магистральных трубопроводов – с нижней, верхней, горизонтальной и вертикальной разводкой. По виду подачи воды различают также сети циркуляционные напорные и самотечные, двойные.

*Тупиковые водопроводные сети* целесообразно предусматривать в зданиях, где допускается перерыв в подаче воды при необходимости отключения отдельных участков для производства ремонтных работ (см. рис. 1.1, 1.2). Тупиковые сети и отдельные тупиковые участки проектируют практически во всех зданиях любого назначения (жилых, общественных, производственных) и вспомогательных зданиях промышленных предприятий.

*Кольцевые водопроводные сети* применяют в зданиях с противопожарным водопроводом, а также в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую надежность и бесперебойность подачи воды потребителям. Кольцевые сети, как правило, присоединяют двумя или несколькими вводами к одному или нескольким участкам наружного водопровода. Кольцевание сети может быть в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 1.3, 1.4).

*Комбинированные водопроводные сети* состоят из кольцевых магистральных и тупиковых распределительных трубопроводов. Комбинированные сети применяют в зданиях с противопожарным водопроводом, оборудованным 12-ю и более пожарными кранами, в зданиях с большим разбросом водоразборных устройств.

Магистральные трубопроводы в сетях с нижней разводкой размещают в подвале или техническом подполье здания, а в сетях с верхней разводкой – под потолком верхнего этажа, на чердаке или в техническом этаже здания. При выборе места размещения магистрали внутреннего водопровода следует учитывать удобство монтажа и эксплуатации. Трубопроводы, прокладываемые в неотапливаемых помещениях, должны быть утеплены, если температура воздуха опускается ниже  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В производственных зданиях применяют двойные и циркуляционные сети.

*Двойные сети* применяют при необходимости повышения надежности снабжения водой ответственных потребителей. Эти сети дублируются, т.е. рассчитываются на пропуск одинаковых расчетных расходов воды.

В циркуляционных сетях напорные и самотечные участки рассчитывают различными методами. Монтаж, применяемые материалы и оборудование напорных и самотечных участков также могут быть различными.

Водопроводная сеть высотных зданий состоит из самостоятельных зон, не соединенных одна с другой. В каждой зоне хозяйственно-питьевой водопроводной сети гидростатический напор не должен превышать допустимую величину  $H_{дон}$ , равную 60 м (для противопожарного водопровода – 90 м). Число зон  $n_3$  в здании назначают в зависимости от числа этажей  $n_э$  и высоты этажа  $H_э$ :

$$n_3 = n_э H_э / H_{дон}. \quad (1.1)$$

Для каждой зоны в здании предусматривается технический этаж, где размещают магистральные трубопроводы водопроводных сетей, водонапорные баки, арматуру и другое оборудование. Число этажей первой зоны  $n_{э1}$  назначают в зависимости от гарантированного (минимального) напора  $H_{gap}$ , принятого в сети наружного водопровода у места присоединения внутренней водопроводной сети здания, т.е.

$$n_{э1} = \frac{H_{gap}}{4} - 1,5. \quad (1.2)$$

Подача воды в водопроводные сети каждой последующей зоны производится отдельными повысительными насосами. Если воду из водонапорного бака, размещенного в одном техническом этаже, передают насосами в бак, обслуживающий сеть другой зоны, то такая схема называется *последовательной* (рис. 1.5, а). Однако размещение на каждом техническом этаже повысительных насосов усложняет их обслуживание, требует надежной звукоизоляции и увеличивает эксплуатационные расходы.

Если воду подают в сеть каждой зоны повысительными насосами, размещенными централизованно в первом техническом этаже (в подвале), то такая схема называется *параллельной* (рис. 1.5, б).

Питание холодной и горячей водой каждой зоны рекомендуется предусматривать от водонапорных баков, подключенных к сетям по схеме «уровнительных баков».

*Микрорайонные (внутриквартальные) сети водоснабжения* при современной планировке и застройке зданиями разной этажности и различного назначения существенно отличаются от ранее принимавшихся, когда каждое здание имело собственные вводы, присоединенные к наружной водопроводной сети города. При современной «свободной» планировке создают микрорайонные (внутриквартальные) массивы, где строят жилые, административ-

ные, коммунальные, торговые здания, школы, детские сады и ясли, гостиницы и др. Для жизнеобеспечения этих зданий проектируют внутриквартальные коммуникации водопровода, горячего водоснабжения, отопления, водоотведения и др., а также центральные пункты управления: центральный тепловой пункт (ЦТП), диспетчерский пункт (ДП), дирекцию эксплуатации зданий (ДЭЗ) или жилищно-эксплуатационную контору (ЖЭК).

В здании ЦТП размещают инженерное оборудование, обслуживающее системы холодного, горячего и противопожарного водоснабжения и теплоснабжения: основной водопроводный ввод (один или два), водомерные узлы с водосчетчиками, повысительные насосные установки для хозяйственно-питьевого, противопожарного и горячего водоснабжения, циркуляционные насосы горячего водоснабжения и отопления, водоподогреватели, тепловой ввод.

При проектировании водопроводных микрорайонных сетей предусматривают два способа прокладки трубопроводов: вне зданий и транзитом через здания (в подвалах или технических подпольях, где к ним присоединяют распределительную внутридомовую водопроводную сеть). При транзитном способе прокладки сети стоимость внутридомовых трубопроводов уменьшается, однако усложняется установка водосчетчиков для измерения объемов потребления воды в каждом здании. Водоразборные устройства для наружного пожаротушения (пожарные гидранты) устанавливают как на магистралях наружного водопровода, так и на участках микрорайонной распределительной водопроводной сети, которую проектируют с учетом противопожарных требований. Для снижения избыточных напоров применяют параллельное зонирование и устанавливают регуляторы давления (см. далее 1.9).

#### **1.4. Материалы и оборудование водопроводной сети**

Для устройства водопроводных сетей холодного и горячего водоснабжения СНиП 2.04.01-85\* рекомендуют применять пластмассовые, металлополимерные, стальные, чугунные, и асбестоцементные трубы [2, с. 19 – 25].

*Пластмассовые трубы*, по сравнению со стальными, обладают большей химической стойкостью, меньшей шероховатостью и, следовательно, большей пропускной способностью. Применение этих труб ограничено из-за низкого предела прочности и значительного коэффициента линейного расширения при повышенных (более 40 °С) температурах. Для систем водоснабжения органами здравоохранения разрешено использовать

пластмассовые трубы со штампом «пищевые», например, из полиэтилена высокой плотности (ПВП), полиэтилена низкой плотности (ПНП), а также из полипропилена (ПП).

Для монтажа водопроводных пластмассовых труб применяют фитинги и арматуру.

*Полиэтиленовые трубы* выпускают диаметром условного прохода 10-150 мм на давление до 1 МПа. Соединение труб между собой и с фасонными соединительными частями выполняют методом контактной сварки, а также с помощью фланцев и накидных гаек. Фланцевые соединения с накидными гайками предусматривают в открытых, легкодоступных местах установки арматуры.

*Стальные трубы* водогазопроводные, оцинкованные и неоцинкованные (черные) (ГОСТ 3262-75\*) изготавливают условным диаметром 10 – 150 мм; электросварные холоднодеформированные (ГОСТ 10707-91) на давление 1 – 2,5 МПа изготавливают длиной 2 – 12 м. Стальные трубы как более надежные, прочные, удобные в монтаже применяют в основном для внутренних водопроводов. Трубы поставляют с цилиндрической и конической резьбой.

*Чугунные трубы* (ГОСТ 9583-75\*) изготавливают трех классов (ЛА, А и Б) условным диаметром 65 – 500 мм на давление до 1,0 МПа, длиной 2 – 6 м.

*Асбестоцементные трубы* выпускают двух марок: ВТ-6 и ВТ-12, диаметром 100 – 500 мм.

Асбестоцементные и чугунные напорные трубы чаще применяют для устройства вводов.

Требования к трубам:

- 1) пропуск расчетного расхода;
- 2) не должны влиять на качество воды;
- 3) долговечность;
- 4) малая масса и стоимость;
- 5) простота монтажа;
- 6) антикоррозийность.

### Соединение труб

Пластмассовые	Сварное, клеевое, фланцевое
Стальные	Резьбовое, сварка
Чугунные	Раструбное с заделкой резиновыми кольцами или пеньковой прядью
Асбестоцементные	Муфтовое с резиновыми кольцами или пеньковой прядью

Фасонные детали: угольники (90 °), крестовины, тройники, переходные и соединительные муфты, сгоны [11, с. 171 – 179].

### *Водопроводная арматура*

К трубопроводам арматуру присоединяют на резьбе или с помощью фланцев. Водопроводная арматура изготавливается из латуни, стали, бронзы, серого и ковкого чугуна, пластмасс. Выбор материала определяется условиями эксплуатации и назначения арматуры.

Для хозяйственно-питьевых и хозяйственно-противопожарных водопроводов устанавливают арматуру на давление 0,6 МПа.

В зависимости от назначения арматура различается:



По принципу перемещения затвора водопроводная арматура подразделяется на пять типов: вентильная, пробковая, дроссельная, шторная (задвижки) и клапанная (рис. 1.6).

Конструкция водоразборной и запорной арматуры должна обеспечивать плавное закрывание и открывание потока воды. На трубопроводах диаметром 50 мм и более в качестве запорной арматуры устанавливают задвижки (ГОСТ 8706-83\*), а на трубопроводах меньших диаметров – вентили.

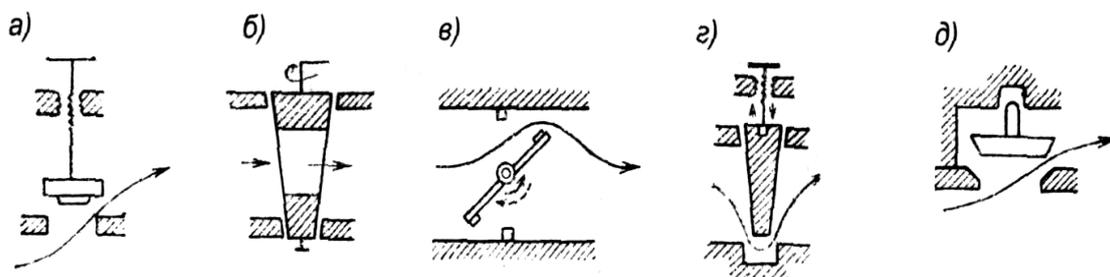


Рис. 1.6. Принципиальные схемы действия водопроводной арматуры: вентиля (а), пробкового крана (б), регуляторов (в), задвижки (г), обратного клапана (д)

### Назначение арматуры

Водоразборная	Отбор воды из водопроводной сети
Запорная	Отключение отдельных участков водопроводной сети
Регулировочная	Регулирование расхода воды, поддержание определенного напора в сети или перед водоразборными приборами
Предохранительная	Защита от повреждения сети и оборудования при внезапном повышении напора; обеспечение движения воды в трубопроводе только в одном направлении

### Установка арматуры

Водоразборная	С каждым санитарно-техническим прибором, в поливочном и противопожарном водопроводе
Запорная	На каждом вводе; на кольцевой разводящей сети; у основания пожарных стояков с числом пожарных кранов 5 и более; у основания стояков хозяйственно-питьевой или производственной сети в зданиях в три этажа и более; на ответвлениях, питающих 5 водоразборных точек и более; на ответвлениях в каждую квартиру; на ответвлениях от магистральных линий водопровода; на подводках к смывным бачкам, смывным кранам; на ответвлениях к групповым душам и умывальникам; перед наружными поливочными кранами [1, п. 10.5]
Регулировочная	На вводах в здание, в квартиры, на этажах многоэтажных зданий
Предохранительная	На обводной линии насосов; после насосов; на гидропневматических баках; на вводах; при наличии в системе водонапорного бака (или проектируют несколько вводов, соединенных между собой)

## 1.5. Трассировка водопроводных сетей внутри здания

Правильный выбор мест прокладки сетей внутреннего водопровода существенно снижает стоимость устройства системы и облегчает ее эксплуатацию.

При нижней разводке магистральный трубопровод, начиная от водомерного узла, следует прокладывать в подвальном этаже или в техническом подполье, а при их отсутствии – в каналах первого этажа, иногда со-

вместно с другими трубопроводами (отопления, горячего водоснабжения), располагая его под ними или рядом с ними. Прокладка трубопроводов в земле под полом не допускается.

Трубопроводы, кроме пожарных стояков, прокладываются в шахтах, кабинах и каналах, изолируют от конденсации влаги. Прокладка трубопроводов в помещениях с температурой ниже 2 °С требует устройства термоизоляции.

Подпольные каналы бывают непроходные высотой 0,3 – 0,7 м, проходные высотой 1,7 – 1,8 м и полупроходные высотой 0,8 – 1 м. Ширина каналов находится в пределах 0,3 – 1 м. Каналы делают прямоугольного сечения, выполняя их из несгораемых материалов. Сверху их прикрывают съемными плитами. Размещать каналы целесообразно вдоль наружных или внутренних стен и вдоль коридоров. Размеры каналов принимают в зависимости от числа прокладываемых трубопроводов и их диаметров с учетом удобства монтажа и эксплуатации. В местах установки запорной арматуры и соединительных частей предусматриваются монтажные камеры, колодцы, люки.

Крепление магистральных трубопроводов, прокладываемых в подвалах или в техническом подполье, к строительным конструкциям производят на опорах или кронштейнах.

При верхней разводке или при зонной схеме сети водопровода магистральные трубопроводы прокладывают в чердачном помещении, в техническом этаже или по стенам под потолком верхнего этажа (в производственных зданиях). Для предохранения труб от конденсации влаги и от промерзания их утепляют (изолируют).

Стояки, разводящие трубопроводы и подводы к водозаборным устройствам в зависимости от назначения и степени благоустройства здания прокладывают двумя основными способами: открытой прокладкой – по колоннам, балкам, фермам, стенам (под потолком или у пола); скрытой прокладкой – в бороздах, каналах, блоках, панелях и пространственных кабинах вместе с трубопроводами другого назначения.

В зданиях, где к отделке предъявляют повышенные требования, целесообразно применять скрытую прокладку трубопровода. Борозды и каналы для трубопровода должны быть выполнены при производстве строительных работ. Размеры борозд принимают в зависимости от диаметра и числа труб, укладываемых в них. Борозды можно заделывать по сетке, оставляя в местах размещения вентиля, сгонов, накидных гаек смотровые отверстия, закрываемые дверками и лючками.

При большом числе вертикальных трубопроводов (стояков) устраивают монтажные шахты с перекрытиями из негорючих материалов на каждом этаже. В шахты должен быть обеспечен доступ для обслуживания арматуры и трубопроводов. В местах пересечения вертикальных трубопроводов с перекрытиями на трубы надевают гильзы из толя, листового асбеста, обрезков труб или листовой стали (рис. 1.7).

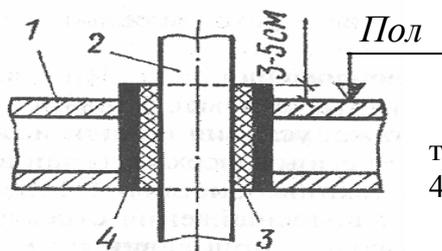


Рис. 1.7. Прокладка трубопроводов через перекрытия: 1 – перекрытие; 2 – труба; 3 – асбестовая заделка; 4 – гильза

Горизонтальные трубопроводы всегда укладывают с уклоном не менее 0,002 в сторону вводов для возможности спуска воды из системы.

Для крепления трубопроводов применяют крючья, хомуты, подвески и кронштейны [5, с. 275]. Крепление осуществляют с помощью закладных деталей, деревянных пробок или дюбелей. На прямых участках труб условным проходом до 50 мм крепления устанавливают через 2 – 2,5 м, а условным проходом 70 – 100 мм – через 3 – 3,5 м. В местах поворота чугунных труб устраивают кирпичные или бетонные упоры.

Для возможности демонтажа при ремонте на стояках выше запорного вентиля и на подводках у оборудования устанавливают сгоны, накидные и соединительные гайки.

Особое внимание следует уделять правильному креплению пластмассовых труб с учетом их температурного удлинения. Компенсация температурного удлинения осуществляется, как правило, за счет гнутых участков трубопроводов. При монтаже трубопроводов применяют подвижные крепления для обеспечения свободного перемещения труб и неподвижные крепления для жесткого закрепления их. Трубы крепят к строительным конструкциям [5, с. 276] с помощью крепежных элементов – металлических либо пластмассовых скоб или хомутов с прокладкой из резины, войлока или пластмассы. В местах прохода пластмассовых труб через перекрытия, стены и перегородки устанавливают гильзы.

Арматура должна иметь самостоятельное крепление – угольник с фланцем или металлические скобы.

При открытой совместной прокладке пластмассовых труб из поливинилхлорида (ПВХ) или полиэтилена (ПНП или ПВП) с трубопроводами горячего водоснабжения или отопления расстояние между ними должно

быть не менее 50 мм. При совместной прокладке указанных коммуникаций в шахтах и каналах трубопроводы горячего водоснабжения покрывают тепловой изоляцией.

### 1.6. Устройство вводов

Вводом внутреннего водопровода считается участок трубопровода, соединяющий наружный водопровод с внутренней водопроводной сетью до водомерного узла или запорной арматуры, размещенных внутри здания.

Ввод может быть присоединен к сети наружного водопровода одним из следующих способов:

- 1) с помощью седелки (при действующем наружном водопроводе);
- 2) врезкой и приваркой трубы или тройника (при возможности отключения участка наружной сети);
- 3) с помощью соединительных частей, установленных на трубопроводе наружного водопровода при его прокладке.

Седелка (рис. 1.8) представляет собой чугунную фасонную деталь, которая крепится к трубе хомутом на болтах и с резиновой прокладкой.

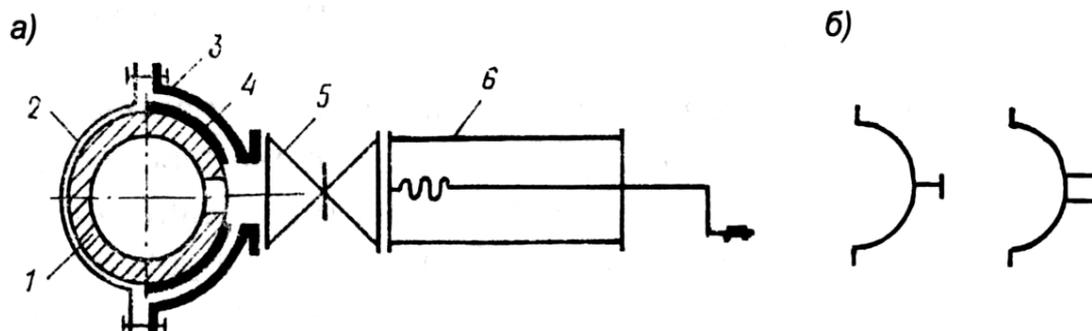


Рис. 1.8. Схема устройства для присоединения ввода: *а* – присоединение к действующему водопроводу; *б* – фланцевая и резьбовая седелка; 1 – труба наружного водопровода; 2 – хомут; 3 – седелка; 4 – прокладка уплотнительная; 5 – проходная задвижка; 6 – сверильное приспособление

К седелке присоединяют проходной кран или задвижку с помощью резьбового или фланцевого соединения. Для высверливания в трубе отверстия (диаметром не более  $1/3$  диаметра трубы) к запорной арматуре временно прикрепляют сверильное приспособление, которое затем снимают, и прикрепляют трубу ввода.

Число вводов зависит от назначения и оборудования зданий [1, п. 9.1].

При устройстве одного ввода его располагают в центре здания, если водопотребители расположены равномерно по обе стороны, или в той части, где потребляется наибольшее количество воды.

Если устраивают два и более ввода, их следует присоединять, по мере возможности, к различным участкам наружной кольцевой сети; при отборе воды из одного участка наружной сети вводы должны разделяться задвижкой. Расстояние по горизонтали в свету между вводом и другими подземными коммуникациями указаны [1, п. 9.5; 3, с. 29].

В месте присоединения ввода к наружной сети устраивают колодец диаметром не менее 700 мм, в котором размещают запорную арматуру для отключения ввода. Для возможности опорожнения ввод укладывают с уклоном 0,005 в сторону наружной водопроводной сети.

Глубина заложения труб вводов зависит от глубины заложения наружной водопроводной сети, т.е. вводы размещают ниже глубины промерзания грунта. Минимальная глубина укладки вводов (при отсутствии промерзания грунта) составляет 1 м.

Для устройства вводов применяют чугунные раструбные водопроводные трубы диаметром 50 мм и более, стальные оцинкованные трубы с противокоррозийной битумной изоляцией (при диаметрах менее 50 мм) и в отдельных случаях пластмассовые трубы.

При пересечении водопровод прокладывают выше канализационных труб на 0,4 м. При меньшем расстоянии водопроводные трубы укладывают в металлическую гильзу с вылетом на 0,5 м в обе стороны от точки пересечения, а в водонасыщенных грунтах – на 1,0 м.

Проход ввода через отверстие фундамента здания или стены подвала устраивают в стальной гильзе, диаметр которой на 400 мм больше диаметра ввода (рис. 1.9).

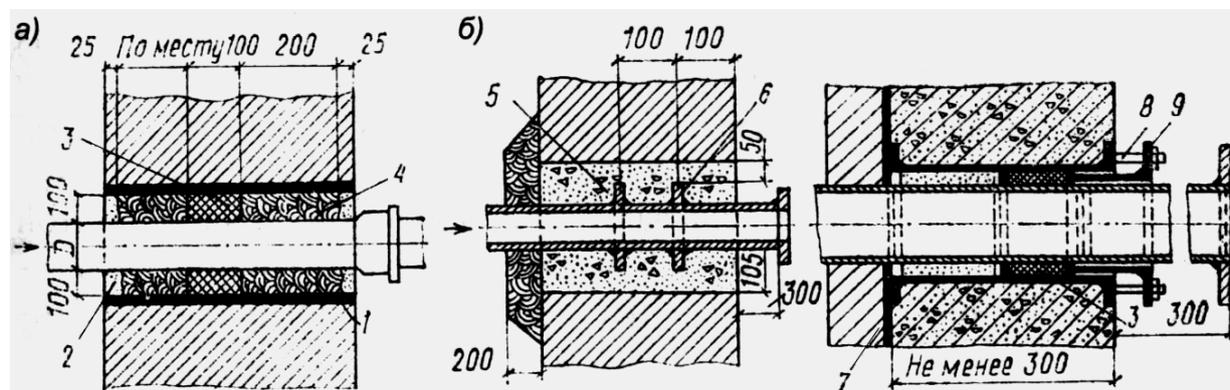


Рис. 1.9. Заделка трубы ввода в фундаменте здания в сухих (а) и водонасыщенных грунтах (б): 1 – гильза; 2 – цементный раствор; 3 – смоляная прядь; 4 – глина; 5 – бетон; 6 – фланцы; 7 – гидроизоляция; 8 – стяжные болты; 9 – грундбукса

Кольцевой зазор между трубой ввода и гильзой заделывают просмоленной пряжью, мятой глиной и цементным раствором. В водонасыщенных грунтах ввод заделывают бетоном и цементным раствором или с помощью сальника, применяя просмоленную льняную прядь и грундбуксу.

### 1.7. Учет расхода воды, водомерные узлы и водосчетчики

Для учета количества потребляемой воды в системах водоснабжения зданий устанавливают водосчетчики или расходомеры – контрольно-измерительные интегрирующие приборы. В процессе эксплуатации требуется проводить поверку измерительных приборов, дающих показания с большими погрешностями.

Водосчетчик устанавливают на трубопроводе между двумя задвижками или вентилями, в результате чего образуется водомерный узел.

Счетчики воды устанавливают на вводах холодного и горячего водоснабжения в каждое здание, а также, согласно СНиП, на вводах в каждую квартиру и на всех ответвлениях трубопроводов в отдельные помещения: магазины, рестораны и др. Должно быть выполнено требование СНиП – обеспечение максимального учета количества потребляемой воды, которую подает водопровод. На отдельном противопожарном водопроводе счетчик воды устанавливать не требуется.

Различают водомерные узлы простые (без обводной линии) и с обводной линией, на которой устанавливают опломбированную задвижку в закрытом положении (рис. 1.10).

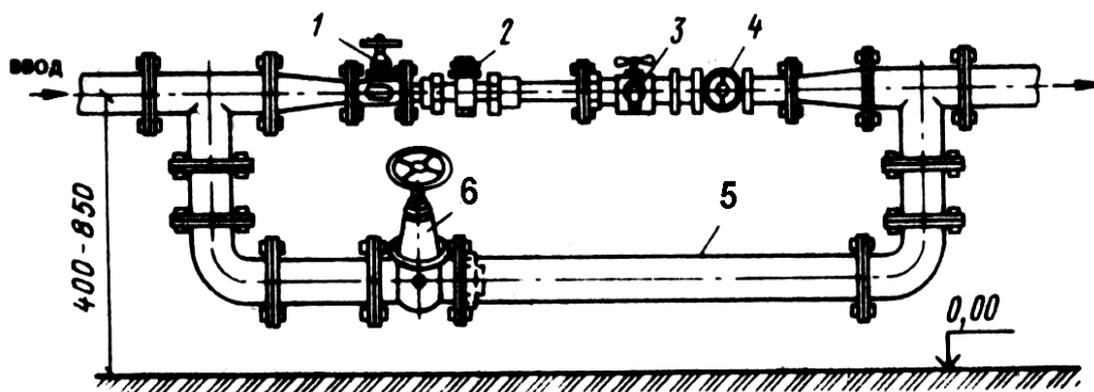


Рис. 1.10. Водомерный узел: 1 – первый запорный вентиль; 2 – водосчетчик; 3 – контрольно-спускной кран; 4 – второй запорный вентиль; 5 – обводная линия; 6 – опломбированная задвижка

Водомерный узел с обводной линией применяют главным образом на объединенных системах хозяйственно-питьевого и противопожарного

водопровода для пропуска воды на пожар по обводной линии, минуя водосчетчик, а также в зданиях, где недопустим перерыв в подаче воды. Запорную арматуру (вентили, задвижки) устанавливают перед водосчетчиком и после него. Между водосчетчиком и запорной арматурой по направлению движения воды устанавливают контрольно-спускной кран (или патрубков с пробкой), который служит для спуска воды из системы внутреннего водопровода, контроля располагаемого напора, проверки правильности показания водосчетчика.

Водомерный узел располагают в теплом и сухом нежилом помещении с температурой воздуха не ниже 5 °С в легкодоступном для осмотра месте вблизи наружной стены у ввода в здание. Чаще всего его располагают в помещениях центрального теплового пункта (ЦТП), в подвалах или приямах, устраиваемых в коридорах, либо на лестничных площадках здания. Во избежание излишних потерь напора водомерные узлы собирают так, чтобы водосчетчик был установлен на прямом участке, а не на обводной линии.

Для учета количества воды, расходуемой в зданиях, применяют крыльчатые и турбинные скоростные водосчетчики. Принцип действия водосчетчиков основан на суммировании числа оборотов помещенной в поток воды вращающейся крыльчатки или турбинки, скорость вращения которых пропорциональна средней скорости движения воды в месте установки прибора. Передаточный механизм служит для передачи частоты вращения крыльчатки (турбинки) счетному механизму, связанному с циферблатом, который суммирует количество воды, прошедшей через водосчетчик.

*Крыльчатые водосчетчики* типа ВК изготавливают калибром 15 – 50 мм. Ось вращения крыльчатки у водосчетчиков ВК расположена перпендикулярно направлению движения воды. В зависимости от способа подвода воды к крыльчатке водосчетчики бывают одноструйные и многоструйные. Крыльчатые счетчики размещают только в горизонтальном положении на резьбовых соединениях. На входе воды в счетчик устанавливают сетку для выравнивания потока и задержания попавших в воду окалины, продуктов коррозии.

*Турбинные водосчетчики* выпускают калибром 50 – 250 мм с фланцами для установки на трубопроводе. Ось вращения турбинки водосчетчика расположена параллельно направлению потока воды, поэтому его установка не зависит от ориентации в пространстве.

Перед водосчетчиками следует предусматривать прямой участок длиной, равной пяти диаметрам, а после счетчика – одному диаметру.

При значительных колебаниях расходов воды для учета малых и больших количеств применяют *комбинированные водосчетчики*, состоящие из крыльчатого и турбинного, с переключающим клапаном. Комбинированные водосчетчики завода «Водоприбор» выпускают двух типов: параллельные и последовательные. Малые расходы воды фиксируются крыльчатым водосчетчиком, а при увеличении расхода клапан направляет поток воды в турбинный счетчик. Показания счетчиков суммируют (рис. 1.11).

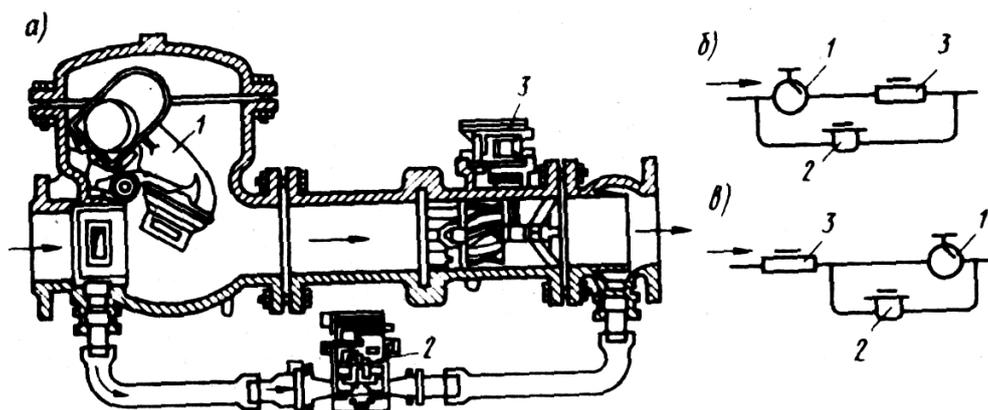


Рис. 1.11. Комбинированный скоростной счетчик воды: *а* – конструкция; *б* – схема параллельного соединения счетчиков; *в* – схема последовательного соединения счетчиков; 1 – клапан; 2 – крыльчатый счетчик; 3 – турбинный счетчик

В настоящее время разработаны конструкции с дистанционной передачей счетчиков по линии связи к регулирующим приборам.

### 1.8. Режимы и нормы водопотребления. Давления (напоры) в системах внутренних водопроводов

Режим водопотребления во внутренних водопроводах характеризуется неравномерностью и зависит от этажности и назначения здания, числа водоразборных устройств, числа потребителей и многих других факторов.

Расход воды в зданиях по часам суток изменяется существенно: наблюдаются периоды минимальных, увеличенных и максимальных расходов. В ночное время, например, в жилых и общественных зданиях полезный расход воды может отсутствовать. Неравномерность потребления воды наблюдается и в другие интервалы времени: сутки, месяцы. Для определения максимального, минимального и среднего расходов воды, а следовательно, и коэффициента неравномерности (часовой или суточной) строят графики изменения расходов (рис. 1.12). Отношение максимального часо-

вого расхода воды к среднечасовому называется коэффициентом часовой неравномерности.

Для многих объектов режим водопотребления неизвестен, тогда характер графика водопотребления можно определить, используя уравнение

$$q = T^{K_q} \quad (1.3)$$

где  $q$  – расход воды в долях максимального, принятого за единицу, в интервале времени  $T$ ;  $K_q$  – коэффициент часовой неравномерности водопотребления в здании;  $T$  – переменная величина, соответствующая интервалу времени с момента отсчета, в долях максимального, принятого за единицу (сутки, смена).

Количество воды, отнесенное к единице измерения (времени, процедуре, единице продукции и т.п.), называется нормой водопотребления. Нормы водопотребления устанавливаются опытным путем в зависимости от степени благоустройства зданий, условий технологии производства, климатических и других условий. Принятые нормы водопотребления для различных потребителей приведены в СНиП 2.04.01-85\* и даны в табл. П.2 прил. 7.

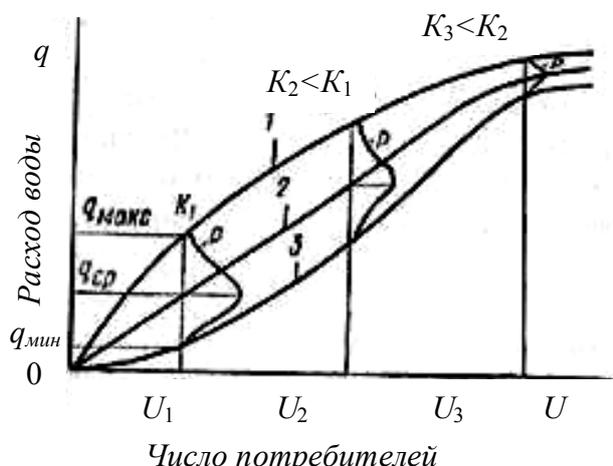


Рис. 1.12. Изменение расходов воды и вероятность их изменения при различном количестве потребителей: 1, 2, 3 – соответственно, максимальные, средние и минимальные расходы;  $P$  – вероятность;  $K$  – коэффициент неравномерности

Нормы расходов воды установлены для всех потребителей, которых должен обеспечить проектируемый водопровод, поэтому при расчете системы водоснабжения каждого здания, объекта следует пользоваться справочными и нормативными документами.

Система водоснабжения должна обеспечить подачу воды ко всем водоразборным устройствам (арматуре). При этом потребитель должен получить расход воды не меньше нормированного  $q_0$  (л/с) или  $q_{0,hr}$  (л/ч). Водоразборное устройство (арматура) из числа установленных на сети внутреннего водопровода, расположенное выше всех других и находящееся дальше других от точки присоединения внутренней сети к наружной, а также

имеющее наибольший рабочий напор  $H_f$ , называется *диктующим водоразбором*, или *диктующей водоразборной точкой* (арматурой).

Водоразборная арматура (устройство) или расчетная точка, расположенная на верхнем этаже здания и требующая наибольшего напора ( $H_{mp}$ ), называется *диктующей*. Требуемый напор должен обеспечить подъем воды до диктующего водоразборного устройства на высоту  $H_{geom}$ , возместить потери напора  $\sum H_{tot,l}$  на преодоление всех сопротивлений по пути движения воды и создать необходимый рабочий (свободный) напор  $H_f$ , обеспечивающий нормативный расход  $q_0$ , л/с [1, прил. 1]:

$$H_{mp} = H_{geom} + \sum H_{tot,l} + H_f . \quad (1.4)$$

Внутренний водопровод считается обеспеченным напором от наружного водопровода, если в точке присоединения ввода гарантированный (наименьший) напор  $H_{zap}$  в наружной сети будет равен требуемому напору  $H_{mp}$  для внутреннего водопровода, т.е.  $H_{mp} = H_{zap}$ . Если располагаемый (фактический) напор  $H_{расч}$  во вводе больше требуемого, то в сети внутреннего водопровода образуется избыточный напор

$$H_{изб} = H_{расч} - H_{mp} . \quad (1.5)$$

В то же время у диктующего водоразборного устройства (арматуры) также будет создаваться избыточный напор

$$H_{изб} = H_{арм} - H_f , \quad (1.6)$$

который увеличит нормативный расход воды на объем, равный «непроизводительному расходу»:

$$q_a = q_0 + \Delta q = \sqrt{\frac{H_f + H_{изб}}{S_a}} , \quad (1.7)$$

где  $H_f$  – рабочий напор, м, обеспечивающий нормативный расход воды  $q_0$ , л/с;  $H_{изб}$  – избыточный напор перед водоразборной арматурой, м;  $S_a$  – гидравлическое сопротивление водоразборной арматуры;  $H_{арм}$  – фактический (располагаемый) напор воды перед водоразборной арматурой, м.

Чем больше избыточный напор перед водоразборной арматурой, тем больше непроизводительные расходы воды. У водоразборной арматуры, расположенной на нижних этажах здания, фактические напоры всегда больше требуемых. Избыточные напоры в зданиях не только создают непроизводительные расходы воды, но и увеличивают ее потери, главным образом, через поплавковые клапаны смывных бачков. Эти клапаны, в дневное время отрегулированные на рабочий напор, в ночные часы не мо-

гут удерживать напор, возросший в наружном водопроводе в связи с уменьшением потребления воды в городе, в результате чего образуется утечка воды в канализацию. Для уменьшения избыточных напоров требуется установка диафрагм [2, прил. 8].

Как показали исследования треста Мосводопровод и АКХ, утечки воды в связи с изменением напора могут быть определены по формуле

$$q_{сут.ут} = 21(q_n - q_{н.пол})U, \quad (1.8)$$

где  $q_{сут.ут}$  – суточные утечки воды, л/сут;  $q_n$  – фактический среднечасовой ночной расход воды, л/ч·чел);  $q_{н.пол}$  – полезный удельный ночной расход воды, л/(ч·чел);  $U$  – число потребителей, проживающих в жилом здании.

### **1.9. Стабилизация давлений (напоров). Борьба с непроизводительными расходами, утечками воды и шумом в системах внутреннего водопровода**

Как известно, гидравлический режим в сетях внутреннего водопровода характеризуется неравномерностью водопотребления и нестабильностью напоров, что приводит к непроизводительным расходам воды и утечкам. Создание условий, обеспечивающих стабилизацию напоров в сетях внутреннего водопровода, является очень важной задачей, решение которой дает экономию природной воды, средств на ее очистку и транспортирование к местам потребления.

Стабилизация напоров с целью уменьшения или ликвидации избыточных напоров достигается установкой регуляторов давления, дросселированием и зонированием.

*Регуляторы давления* (рис. 1.13) устанавливаются на вводе в здание или группу зданий (особенно малой этажности), а также на вводах на этажах (главным образом, нижних) или в квартирах.

Эти регуляторы поддерживают в водопроводной сети постоянное давление «после себя» независимо от расхода. Их целесообразно применять в сетях микрорайона с разноэтажной застройкой, хотя они и создают дополнительные потери напора, которые необходимо учитывать при гидравлическом расчете водопроводных сетей.

Выпускают регуляторы давления диаметром 15 – 150 мм. Регуляторы прямого действия «после себя» типа 21ч2бр или 25ч10нж имеют широкий диапазон настройки (от 0,015 до 1,3 МПа) с помощью сменного груза или мембранного механизма [2, табл. 1.2].

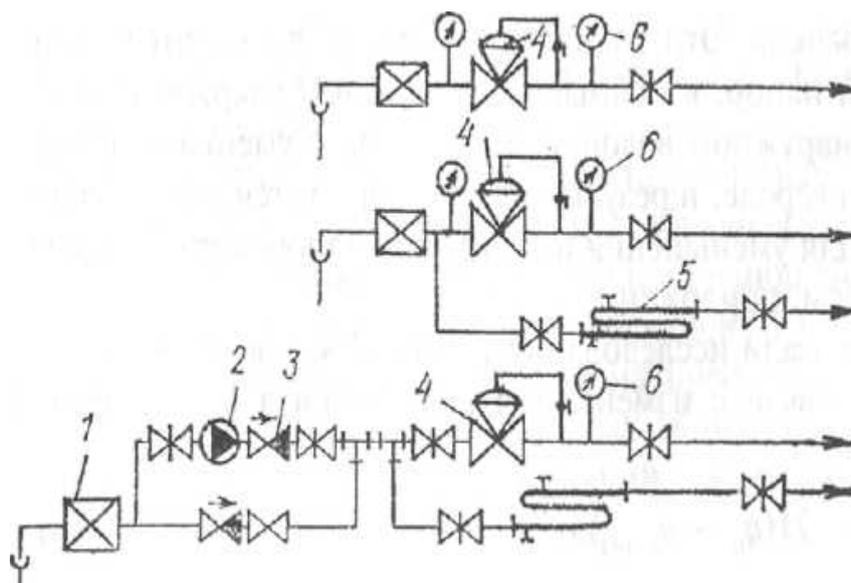


Рис. 1.13. Схемы установки регуляторов давления на вводе: 1 – водомерный узел; 2 – повысительный насос; 3 – обратный клапан; 4 – регулятор давления; 5 – водоподогреватель; 6 – манометр

Регуляторы подбирают в зависимости от пропускной способности, диаметра и потерь напора. Диаметр регулятора  $d$  выбирают по избыточному давлению (напору)  $H_{изб}$  и по расчетному расходу воды  $q_p$ , который он должен пропускать:

$$d = 28,9 \sqrt{\frac{q_p}{H_{изб}}}, \quad (1.9)$$

Для подбора регуляторов можно пользоваться номограммой [2, рис. 1.32]. Установка регуляторов давления на сетях водопровода (особенно для больших зданий), а также на внутриквартальных сетях микрорайонов (в ЦТП), включающих здания одной этажности, надежно обеспечивает сокращение утечек и непроизводительных расходов. Кроме того, при установке регуляторов не только снижается напор на вводе и стабилизируется давление, но и уменьшаются пиковые расходы воды в сети внутреннего водопровода.

На рисунке [2, рис. 1.33] приведен график повторяемости расходов в сети внутреннего водопровода жилого здания. Как видно, при установке регуляторов, которые «после себя» поддерживают напор в заданных пределах, повторяемость расходов, равных 80 % максимального, снизилась на 3 %, а пиковые расходы с повторяемостью 3 – 6 % уменьшились на 10 %.

Установка регуляторов особенно целесообразна в многоэтажных зданиях, где есть значительная разница напоров у водоразборной арматуры в верхних и нижних этажах. Для обеспечения гидравлической устойчиво-

сти всей системы внутреннего водопровода регуляторы рекомендуется устанавливать на каждом этаже здания.

*Дросселирование.* Установка калиброванных дисковых диафрагм на подводках и у водоразборной арматуры позволяет снизить избыточные напоры и расходы воды до нормативных. В то же время при установке диафрагм создается дополнительное местное сопротивление у арматуры, на которое тратится избыточный напор.

Коэффициент местного сопротивления  $\zeta$  определяют по формуле

$$\zeta = H_{изб} / (A_m q_0^2), \quad (1.10)$$

где  $q_0$  – расчетный нормативный расход воды водоразборной арматуры, л/с;  $A_m$  – коэффициент удельного сопротивления, определяемого по формуле

$$A_m = \frac{16}{2g\pi^2 D^4}. \quad (1.11)$$

Значение  $A_m$  для различных диаметров трубы принимается равным:

диаметр трубы подводки или арматуры $D$ , мм ...	8	9	10	12	16
удельное сопротивление $A_m$ .....	20,2	12,65	8,28	3,93	1,26

Для определения диаметра отверстия диафрагмы по коэффициенту местного сопротивления можно пользоваться графиком [2, рис. 1.34], где приведена зависимость коэффициента сопротивления диафрагмы от отношения диаметра ее отверстия к внутреннему диаметру штуцера или подводки арматуры.

Например, если  $\zeta = 4,3$ , а диаметр штуцера  $D = 10$  мм, то по графику  $d/D = 0,7$ , следовательно, диаметр отверстия диафрагмы  $d = 7$  мм [2, прил. 8 и 9].

Диафрагмы могут быть изготовлены из латуни, меди, нержавеющей стали, пластмассы и других материалов. Установка диафрагм у водоразборной арматуры показана на рис. 1.14.

*Параллельное зонирование сети* в микрорайонах с разноэтажной застройкой приводит к максимальному использованию гарантированного напора в нижних этажах зданий; верхние этажи обеспечиваются напором от повысительных насосных установок.

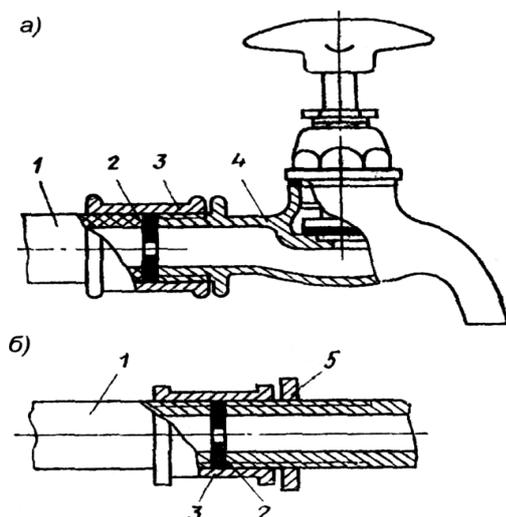


Рис. 1.14. Схема установки диафрагмы у водоразборной арматуры (а) и в сгоне (б): 1 – труба подводки; 2 – диафрагма; 3 – муфта; 4 – корпус крана; 5 – контрогайка

Как видно из рис. 1.15, при параллельном зонировании требуется устройство двух сетей – для нижней и верхней зон. Как показали исследования кафедры водоснабжения МГСУ (Кедров В.С., Глейзер А.М.), при параллельном зонировании снижаются избыточные напоры, сокращаются непроизводительные расходы воды и утечки, снижается общий расход воды на 11,7 %, а расход электроэнергии – на 22 %. Экономия электроэнергии, которая ранее затрачивалась на подачу бесполезно расходуемой воды, и экономия воды питьевого качества компенсируют дополнительные затраты на прокладку двух сетей. Расчеты подтверждают экономическую эффективность применения системы параллельного зонирования – срок окупаемости, в среднем, составляет 2,5 – 4,5 года (при нормативном сроке 8 лет).

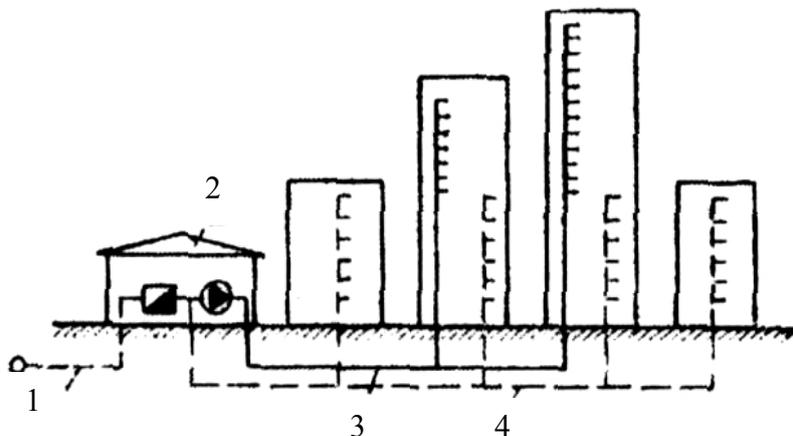


Рис. 1.15. Схема параллельного зонирования системы водоснабжения микрорайона с разноэтажной застройкой: 1 – ввод; 2 – здание ЦТП; 3 и 4 – сети верхней и нижней зон

*Борьба с шумом в системах внутреннего водопровода.* Санитарными нормами допускается уровень шума 30 дБ·А. Однако инженерное оборудование зданий (насосные установки, водоразборная арматура и др.) создают уровень шума в 2-3 раза больше, что отрицательно влияет на здоровье человека и является причиной переутомления, нервных расстройств и других заболеваний.

Шум насосных агрегатов в результате дебаланса вращающихся элементов, шум вследствие кавитации и др. достигает 60 – 90 дБ·А и более. Шум возникает также и при движении воды по трубопроводам, если скорость движения увеличивается в 1,5 – 2 раза против допускаемой. Особенно раздражает шум, возникающий при движении сточных вод по канализационным стоякам из полиэтиленовых труб.

Увеличение шума от санитарно-технического оборудования наблюдается, как показали исследования МГСУ (Е.Н. Ловцов), при повышении этажности, особенно в блочных и крупнопанельных зданиях. Воздушный и корпусной (структурный) шум механического происхождения возникает при плохом креплении золотников и клапанов арматуры. Основные меры борьбы с шумом должны устранять причины, вызывающие шумообразование, и предотвращать распространение шума от санитарно-технического оборудования по строительным конструкциям. Для борьбы с шумом в санитарно-техническом оборудовании зданий принимают следующие меры (рис. 1.16):

– насосные агрегаты устанавливают на массивные «плавающие» фундаменты, устраивая песчаную обсыпку и подушку, либо опирая на перекрытия через резиновые или пружинные амортизаторы;

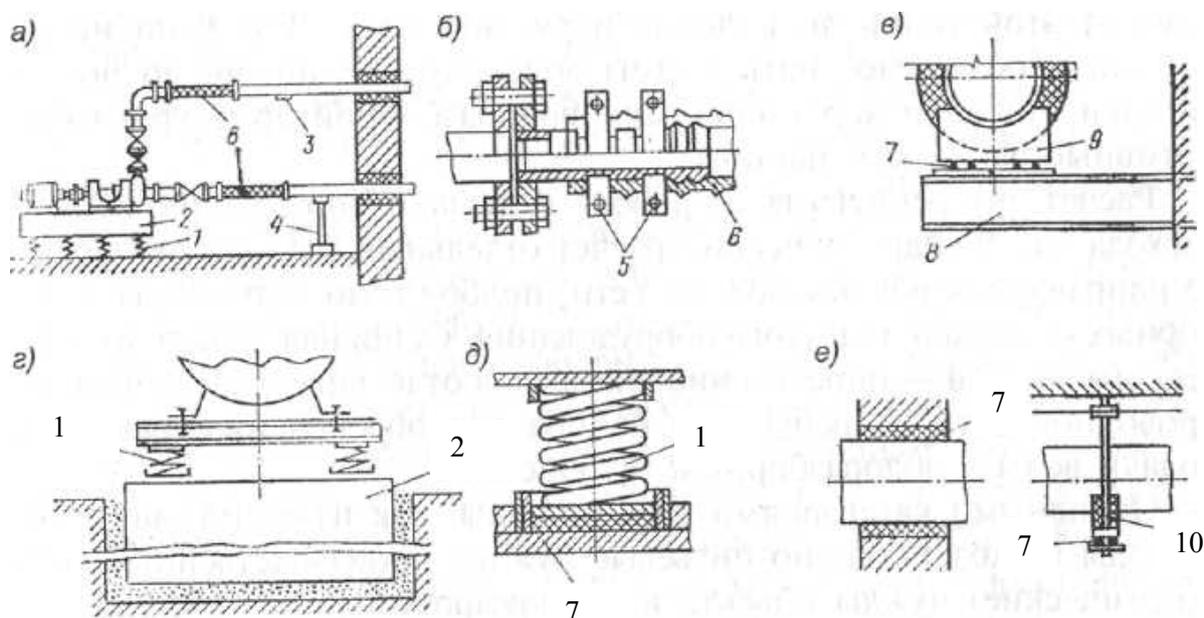


Рис. 1.16. Способы звукоизоляции: *a* – комплексная звукоизоляция насосного агрегата; *б* – крепление гибкой вибровставки; *г*, *в* – насосный агрегат на плавающем фундаменте; *д* – пружинный амортизатор; *е* – заделка трубы в стене и на подвеске; 1 – стальная пружина; 2 – фундамент; 3 – «грузовой» фильтр; 4 – стойка; 5 – хомуты; 6 – вибровставки; 7 – резиновые прокладки; 8 – кронштейн; 9 – деревянная опора; 10 – подвеска

– на трубопроводах обвязки насосов устанавливают виброизоляционные гибкие вставки из армированного резинового рукава длиной 1 м, рассчитанного на давление не менее 1 МПа;

– для уменьшения шума, возникающего в результате вибрации подающего трубопровода, применяют «грузовой» фильтр, жестко закреплен-

ный на трубе, который изменяет резонансную частоту колебаний трубопровода;

- в местах прохода трубопроводов через строительные конструкции (стены, перегородки, перекрытия) применяют звукоизоляционные прокладки из резины, дерева, войлока, минеральной ваты;

- для обеспечения нормированного рабочего напора снижают избыточный напор у водоразборной арматуры путем установки диафрагм перед арматурой или в сгонах;

- уменьшают избыточные напоры и скорости движения воды в трубах на 30 – 40 % против рекомендованных СНиП предельных значений путем установки на вводах регуляторов давления и параллельного зонирования водопроводных сетей;

- устраняют дебаланс рабочего колеса насоса и ротора электродвигателя, обеспечив их соосность; одновременно делают переборку подшипников с целью уменьшения шума.

### **1.10. Расчет внутреннего водопровода**

Для проведения расчета внутреннего водопровода должны быть выявлены основные потребители воды на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды, выбрана принципиальная система водоснабжения и составлена аксонометрическая схема внутренней водопроводной сети, т.е. уточнены точки ее присоединения к наружной сети (источнику снабжения водой) и определены места размещения водомерных узлов, водонапорных установок и водоразборной арматуры, определены диктующая (расчетная) водоразборная точка (арматура) и «расчетное направление» от этой точки до колодца наружной сети. Для выполнения расчета необходимо знать нормы водопотребления, число потребителей, число и характеристики водоразборной арматуры (нормативные расходы и напоры).

Расчет внутреннего водопровода включает: определение общего расхода воды; гидравлический расчет отдельных участков расчетного направления водопроводной сети; подбор водосчетчика, водонапорных установок и другого оборудования. Основная цель гидравлического расчета – определение диаметров отдельных участков водопроводной сети и требуемого напора для обеспечения надежной подачи воды к водоразборным устройствам.

Основными категориями расхода воды, как известно, являются расходы на хозяйственно-питьевые нужды, производственные (технологические) нужды объекта и на пожаротушение.

Расходы воды на нужды объекта зависят от принятой системы водоснабжения (единая, объединенная или раздельная), от норм и режима потребления воды и других факторов.

Максимальный суточный расход воды, м<sup>3</sup>/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в жилых зданиях определяют по формуле

$$Q_{сут} = Q_0 U K_{сут} / 1000, \quad (1.12)$$

где  $Q_0$  – норма максимального потребления воды на одного человека, л/(сут·чел);  $U$  – расчетное число жителей;  $K_{сут}$  – коэффициент суточной неравномерности потребления воды.

В производственных зданиях расходы воды, м<sup>3</sup>/сут, на хозяйственно-питьевые нужды определяют по формуле

$$Q_{сут} = Q_1 U_1 / 1000 + Q_2 U_2 / 1000, \quad (1.13)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  – нормы водопотребления на одного работающего в горячих и холодных цехах, л/смену;  $U_1$  и  $U_2$  – число работающих в этих цехах.

Расход воды, м<sup>3</sup>/сут, на производственные нужды и режим водопотребления определяют с учетом данных, полученных на основании изучения технологии производства, по формуле

$$Q_{пр} = q_0 m z / 1000, \quad (1.14)$$

где  $q_0$  – норма расхода воды на единицу выпускаемой продукции или на единицу производственного оборудования;  $m$  – число единиц выпускаемой продукции в смену или число работающего оборудования;  $z$  – число смен в сутки.

Расход воды для расчета внутреннего водопровода определяют как сумму максимальных расходов воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. Магистральные трубопроводы внутреннего водопровода, рассчитанные на этот общий расход воды, проверяют на пропуск противопожарного расхода воды, допуская при этом увеличение скорости движения воды не более чем в 2 раза.

Расчетные максимальные расходы воды на отдельных участках внутренней водопроводной сети зависят от числа одновременно работающих водоразборных устройств (арматуры) и от нормативного расхода воды, которую эти устройства подают потребителям.

Расход воды через водоразборную арматуру зависит от рабочего напора перед арматурой и гидравлического сопротивления последней. Так, например, водоразборный кран у раковин диаметром 15 мм при рабочем свободном (нормативном) напоре  $H_f = 2$  м дает расход  $q_0 = 0,2$  л/с, а при

напоре 4 м расход увеличивается до 0,32 л/с. Как показали исследования НИИ санитарной техники, при возрастании рабочего напора перед бытовой водоразборной арматурой от 2 до 50 м расход воды увеличивается в 4-5 раз и более против нормативного.

В сети внутреннего водопровода водоразборные устройства размещены на различных высотах и удалении от ввода, поэтому всегда находятся в различных гидродинамических условиях. Те водоразборные устройства, которые расположены ниже других и ближе к вводу, будут работать при избыточных напорах, а другие – при нормальных.

Однако расходы в системе водоснабжения зданий непрерывно изменяются, поскольку зависят от числа одновременно действующих водоразборных приборов и расходов воды через них. Одновременное включение водоразборов является случайным процессом, который подчиняется закономерностям теории вероятности и математической статистики. Анализ фактического состояния водопотребления показывает, что наиболее часто повторяются во времени средние расходы. Большие расходы в водопроводной сети наблюдаются редко. Если в качестве расчетного принять максимальный или больший расход, то обеспеченность потребителей водой всегда будет полной, но при этом необходимо увеличить диаметры сети, что повышает ее стоимость. Практика показывает, что во внутренних водопроводах обеспеченность подачей воды можно принять в пределах 0,999 – 0,98. Если известны нормативные расходы и максимальное число одновременно действующих водоразборных устройств, то можно определить расчетные расходы воды на данном участке сети.

*Секундный расчетный расход воды  $q_p$ , л/с, на участке водопроводной сети можно определить как сумму секундных расходов  $q_0$  одновременно действующих водоразборных устройств  $m$  из числа установленных  $N$ , т.е.*

$$q_p = \sum_1^m q_0, \quad (1.15)$$

или как произведение числа одновременно действующих водоразборных устройств и характерного для всех секундного расхода воды  $q_0$ , тогда

$$q_p = mq_0. \quad (1.16)$$

Секундные расходы воды для каждого водоразборного устройства нормируются для определенного рабочего напора  $H_f$  [1, прил. 2]. Но фактически в жилых зданиях при различных напорах и степени открытия во-

доразборных устройств для них может быть принят средний (характерный) расход 0,2 л/с. Расчетный расход при этом будет равен  $q_r = 0,2$  л/с.

Для разнотипных приборов, у которых характерный расход отличается от 0,2 л/с, число одновременно действующих водоразборных приборов  $m$  из числа установленных можно определить по формуле

$$m = \alpha / 0,2 = 5\alpha, \quad (1.17)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от вероятности работы  $P$  и числа установленных на расчетном участке водоразборных устройств  $N$ :

$$\alpha = f(NP). \quad (1.18)$$

Величину  $\alpha$  для различных значений  $N$  и  $P$  следует принимать по данным приложения 4, СНиП 2.04.01-85\*. Расчетный секундный расход воды, л/с, на участке определяют по формуле

$$q_p = 5\alpha q_0. \quad (1.19)$$

В зданиях с *однотипными потребителями* секундный расчетный расход воды  $q_0$  в час максимального водопотребления принимается по водоразборному устройству с максимальным секундным расходом, когда число таких устройств на расчетном участке не менее 10 % общего числа установленных устройств в здании, объекте [1, прил. 2].

В зданиях с *различными потребителями* или на участках, объектах, где установлены разные водоразборные устройства с существенно отличающимися нормативными расходами, значение  $q_0$ , л/с, следует определять как средневзвешенную величину

$$q_0 = \frac{\sum_1^i N_i P_i q_{0i}}{\sum_1^i N_i P_i}, \quad (1.20)$$

или

$$q_{0,hr} = \frac{\sum_1^i q_{0,hr,i} N_i q_{0i}}{\sum_1^i q_{0,hr,i} N_i}, \quad (1.21)$$

где  $N_i$  – число водоразборных однотипных устройств в  $i$ -той группе;  $q_{0i}$  и  $q_{0,hr,i}$  – секундные и часовые максимальные нормативные расходы воды для водоразборного устройства из числа однотипных, установленных в  $i$ -той

группе;  $P_i$  – вероятность действия однотипных водоразборных устройств в  $i$ -той группе.

Вероятность действия  $P$  определяется как отношение продолжительности  $t$  действия водоразборного устройства к выбранному расчетному периоду (сутки, час, смена):

$$P = t/T. \quad (1.22)$$

Продолжительность действия водоразборного устройства определяют как отношение количества воды  $q_{hr}U$ , израсходованной в течение 1 ч всеми потребителями  $U$ , к секундному нормативному расходу воды  $q_0$  от всех водоразборных устройств  $N$ , т. е.

$$t = q_{hr}U/(q_0N). \quad (1.23)$$

Если расчетный период принять  $T = 3600$  с, то вероятность одновременного действия водоразборных устройств будет

$$P = \frac{q_{hr}U}{3600q_0N}. \quad (1.24)$$

По этой формуле определяют вероятность  $P$  для всего здания, например, жилого, так как на отдельных участках изменение отношения  $U$  к  $N$  не имеет существенного различия.

Число потребителей  $U$  в современных жилых зданиях определяют либо по средней заселенности  $U_0$  и числу квартир  $n_{кв}$ , либо по санитарной норме жилой площади  $f$  и всей жилой площади  $F$  в здании:

$$U = U_0n_{кв}, \text{ или } U = F/f. \quad (1.25)$$

В зданиях с различными потребителями воды вероятность одновременного действия водоразборных устройств определяют по формуле

$$P = \frac{\sum q_{hr,i}U_i}{3600q_0N}, \quad (1.26)$$

где  $q_{hr,i}$  и  $U_i$  – норма потребления воды, л, в час максимального водопотребления и число водопотребителей в  $i$ -той группе (число рабочих, условных блюд, душей, персонала, больных и т. п.) [1, прил. 3].

В зданиях при групповой установке водоразборных устройств следует определять осредненную величину вероятности одновременного действия приборов по формуле

$$P = \frac{\sum_1^i N_i P_i}{\sum_1^i N_i}. \quad (1.27)$$

В зданиях, оборудованных централизованной системой горячего водоснабжения,  $q_0$  и  $P$  определяют для каждой системы отдельно, снабжая индексами, например:  $N^{tot} = N^c + N^h$ .

Для расчета и подбора оборудования (баков, насосов, водосчетчиков) определяют *часовые расходы воды*

$$q_{hr} = 0,005q_{0,hr}\alpha_{hr}, \quad (1.28)$$

где  $q_{0,hr}$  – часовой расход воды, л/ч, водоразборного устройства с максимальным расходом, если таких устройств больше 10 % общего числа установленных в здании; в других случаях он определяется как средневзвешенный по формуле

$$q_{hr} = \sum_1^i q_{0,hr} U_i / \sum_1^i U_i; \quad (1.29)$$

$\alpha_{hr}$  – коэффициент, зависящий от числа одновременно действующих водоразборных устройств в течение 1 ч:  $\alpha_{hr} = f(NP_{hr})$ ;  $P_{hr}$  – вероятность использования водоразборных устройств в течение 1 ч:

$$P_{hr} = 3600Pq_0 / q_{0,hr}. \quad (1.30)$$

При определении часовых расходов воды в отдельных зданиях и помещениях специального назначения можно руководствоваться следующими рекомендациями:

– в бытовых вспомогательных зданиях часовые расходы, л/ч, определяют как сумму хозяйственно-питьевого расхода и расхода воды на души:

$$q_{hr} = q_{0,hr}U_{раб} + q_{0,hr}U_д; \quad (1.31)$$

– в помещениях, цехах, где водоразборными устройствами пользуются редко,

$$q_{hr} = N_{np}q_{0,hr}, \quad (1.32)$$

где  $q_{0,hr}$  – норма расхода воды на одну процедуру, л;  $N_{np}$  – число процедур в 1 ч;

– в зданиях, на объектах с большой неравномерностью водопотребления часовые расходы можно определять по суточной норме водопотребления, коэффициенту часовой неравномерности  $K_{hr}$  и числу потребителей  $U$ :

$$q_{hr} = q_m UK_{hr} / 24, \quad (1.33)$$

а секундные расчетные расходы воды – по формуле

$$q = \sum_1^i q_{0i} N_i b_i, \quad (1.34)$$

где  $q_{0i}$ ,  $N_i$  и  $b_i$  – соответственно, норма расхода воды одним устройством, л/с, число однотипных устройств и коэффициент одновременного действия в  $i$ -той группе;

– на предприятиях общественного питания число условных блюд  $u_{\text{бл}}$  определяется по формуле

$$u_{\text{бл}} = u_0 n_m n_n b_{\text{бл}}, \quad (1.35)$$

где  $u_0$  – число блюд, потребляемых одним посетителем;  $n_m$  – число посадочных мест;  $n_n$  – число посадок в 1 ч;  $b_{\text{бл}}$  – коэффициент одновременной реализации блюд;

– на коммунальных предприятиях (банных, прачечных) применяют отдельные водопроводы для хозяйственно-питьевых и производственных технологических нужд. Расчетные расходы определяют по формулам (1.19) – (1.21), (1.28) или (1.33) с учетом водопотребления обслуживающим персоналом и норм водопотребления, приведенных в СНиП.

Определение диаметров труб на расчетном участке – наиболее ответственная часть расчета водопроводной сети. Диаметры труб определяют по расчетному расходу воды, проходящему по данному участку, и наиболее экономичной скорости, т. е.

$$d = 1,13 \sqrt{q_p / v}. \quad (1.36)$$

Экономически наиболее выгодная скорость движения воды зависит от ряда условий: стоимости энергии, состояния внутренней поверхности труб, расчетного срока окупаемости сети, стоимости прокладки, монтажа труб и др. Очевидно, такой скоростью будет та, которая определится при наименьшей сумме строительной стоимости и затрат на подачу воды (стоимости эксплуатации). Ввиду сложности технико-экономических расчетов водопроводных сетей в настоящее время подбор диаметров производят по средним скоростям, рекомендованным СНиП.

Скорость движения воды в магистральных трубопроводах и стояках рекомендуется принимать не более 1,5 м/с, а в подводках к водоразборным устройствам – не более 2,5 м/с.

По рекомендациям НИИ санитарной техники экономичными можно считать скорости 0,9 – 1,2 м/с, в трубопроводах производственных водопроводов – не более 1,2 м/с, а в трубопроводах спринклерных и дренажных установок – не более 10 м/с.

Диаметры труб обычно назначают по расчетным расходам и рекомендованным скоростям движения воды, пользуясь прил. 8.

*Определение потерь напора.* В сетях внутреннего водопровода определяют потери напора на трение по длине труб для каждого расчетного участка и потери напора на местные сопротивления в соединительных частях и арматуре. Потери напора на трение  $h_l$  по длине труб определяют по формулам

$$h_l = il; h_l = Sq_p^2 = Alq_p^2, \quad (1.37)$$

где  $l$  – длина расчетного участка трубопровода данного диаметра, м;  $S$  – гидравлическое сопротивление трубопровода;  $q_p$  – расчетный расход воды на участке трубопровода, л/с;  $A$  – удельное сопротивление трубы;  $i$  – гидравлический уклон.

Потери напора на единицу длины тем больше, чем меньше диаметр и больше расход воды (прил. 8).

Для стальных и чугунных труб гидравлический уклон определяют по СНиП:

– при скорости движения воды  $v > 1,2$  м/с:

$$i = 0,001735q^2 / d^{5,3}; \quad (1.38)$$

– при малых скоростях  $v < 1,2$  м/с

$$i = 0,001712q^2 / d^{5,3} (1 + 0,867/v)^{0,3}. \quad (1.39)$$

Для пластмассовых труб

$$i = 0,00105q^{1,774} / d^{4,774}. \quad (1.40)$$

Местные потери напора в соединениях труб, фасонных частях, арматуре определяют в зависимости от средней скорости движения воды на расчетном участке и коэффициентов местных сопротивлений по формуле

$$h_m = \sum \zeta \frac{v^2}{2g}. \quad (1.41)$$

Местные потери напора в сетях внутреннего водопровода в соответствии со СНиП составляют 10 – 30 % потерь напора по длине труб, а именно:

для сетей противопожарного водопровода.....	10 %
для объединенного производственно-противопожарного водопровода.....	15 %
для объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода.....	20 %
для хозяйственно-питьевого водопровода.....	30 %

После гидравлического расчета отдельных участков труб на главном расчетном направлении иногда производят расчет других распределитель-

ных трубопроводов (ответвлений). При однотипных конструктивных решениях участков водопроводной сети (стояки, подводки к водоразборной арматуре) диаметры отдельных трубопроводов принимают по аналогии с рассчитанными участками.

Требуемый напор (давление)  $H_{mp}$ , м, для внутреннего водопровода определяют по формуле

$$H_{mp} = H_{geom} + h_{ев} + h_{вод} + \sum h_l + \sum h_m + H_f. \quad (1.42)$$

где  $H_{geom}$  – геометрическая высота подъема воды, м, от отметки грунта у места присоединения ввода к наружной водопроводной сети до отметки диктующего водоразборного устройства;  $h_{ев}$  – потеря напора во вводе, м;  $h_{вод}$  – потеря напора в водомерном узле, м;  $\sum h_l$  – сумма потерь напора на расчетном направлении от водомерного узла до диктующего водоразборного устройства, м;  $\sum h_m$  – сумма потерь напора в местных сопротивлениях, м;  $H_f$  – рабочий (свободный) напор у диктующего водоразборного устройства, м.

Гидравлический расчет кольцевых магистральных трубопроводов выполняют отдельно. Условно разделяют кольцевой трубопровод на два полукольца от точки питания до точки схода (встречи) потоков. Определяют расчетный расход воды, поступающей в кольцевой трубопровод и в полукольца. Диаметры трубопроводов на отдельных участках полуколец назначают с таким расчетом, чтобы разность потерь напора в полукольцах не превышала  $\pm 5\%$  потери напора в одном из полуколец:

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \pm 5\% h_{1,2}. \quad (1.43)$$

В результате расчета может оказаться, что отдельные участки трубопроводов в кольце будут иметь разные диаметры. Для бесперебойной подачи воды при авариях целесообразно для всего кольцевого магистрального трубопровода принять средний диаметр.

Расчет кольцевой магистральной сети с несколькими кольцами производят в соответствии с указаниями, приведенными в учебной литературе.

Кольцевание в схемах сетей внутреннего водопровода применяют не только для магистральных линий водопровода, но и для водоразборных распределительных стояков. Стояки соединяют перемычками в отдельные группы (секционные узлы) в пределах каждой секции здания. Диаметр трубопровода перемычки принимают равным среднему диаметру стояков, которые она объединяет. Трубопроводы перемычек прокладывают под потолком последнего этажа или на техническом этаже здания. Такое кольце-

вание особенно целесообразно при неравномерном водоразборе, так как стояки с наибольшими расходами будут иметь двустороннее питание – снизу и сверху. Закольцовывание распределительной сети внутреннего водопровода в группы по два-восемь водоразборных стояков значительно снижает потери напора при водоразборе.

Потери напора в водоразборных стояках, закольцованных в группу, можно ориентировочно определять по формуле

$$h = Sq_p^2 / 2, \quad (1.44)$$

где  $S$  – приведенная характеристика гидравлического сопротивления всех стояков, входящих в закольцованную группу;  $q_p$  – расчетный расход воды по всей группе закольцованных стояков, определяемый по формуле (1.19).

Применение секционных узлов в жилых зданиях высотой до 16 этажей включительно позволяет уменьшить диаметры водоразборных стояков и принимать их по всей длине не 32, а 25 мм.

### **1.11. Местные водонапорные установки в системах водоснабжения зданий**

К водонапорным установкам для внутренних водопроводов относятся: насосные повысительные водонапорные установки, пневматические установки и водонапорные баки. Водонапорные установки служат для повышения недостающего напора в сети внутреннего водопровода до значения, которое определяют как разность между требуемым напором при расчетном расходе воды и наименьшим (гарантированным) напором на вводе.

#### **1.11.1. Насосные повысительные водонапорные установки**

При постоянном или периодическом недостатке напора в наружной водопроводной сети для повышения напора во внутренних сетях зданий предусматриваются насосные установки для одного или нескольких зданий.

Тип насосной установки и режим ее работы следует определять на основании технико-экономического сравнения разработанных вариантов:

- 1) непрерывно или периодически действующих насосов при отсутствии регулирующих емкостей;
- 2) насосов производительностью, равной или превышающей максимальной часовой расход воды, работающих в повторно-кратковременном режиме совместно с гидропневматическими или водонапорными баками;
- 3) непрерывно или периодически действующих насосов производительностью менее максимального часового расхода воды, работающих совместно с регулирующей емкостью.

Насосы присоединяют к сети после водомерного узла. Размещают насосные установки в помещениях тепловых пунктов, бойлерных и котельных, а также в сухом и теплом изолированном помещении высотой не менее 2,2 м. Не допускается размещение хозяйственных насосных установок (кроме противопожарных) под жилыми квартирами, детскими комнатами, больничными помещениями, аудиториями учебных заведений и другими подобными помещениями.

Насосные агрегаты устанавливают на виброизолирующих основаниях, возвышающихся над уровнем пола не менее чем на 20 см. Насосный агрегат прикрепляют к фундаменту болтами, закладываемыми в заранее оставленные для них гнезда.

Если диаметр нагнетательных патрубков не превышает 200 мм, на одном фундаменте можно установить два агрегата. Расстояние между фундаментами и от них до стен помещения должно быть не менее 700 мм, а до торцевых стен – не менее 1 м.

Число рабочих насосов устанавливают расчетом, количество резервных принимается в зависимости от числа рабочих насосов: от 1 до 3 рабочих – 1 резервный, от 3 до 6 рабочих – 2 резервных [7, п. 7.3].

Насосные установки монтируют с последовательным или параллельным соединением насосов. Если требуется увеличить расход подаваемой воды в сеть внутреннего водопровода, проектируют параллельную схему, а для увеличения напора в сети – последовательную.

На всасывающих линиях каждого насоса устанавливают задвижку, а на напорной линии – обратный клапан, задвижку и манометр (рис. 1.17).

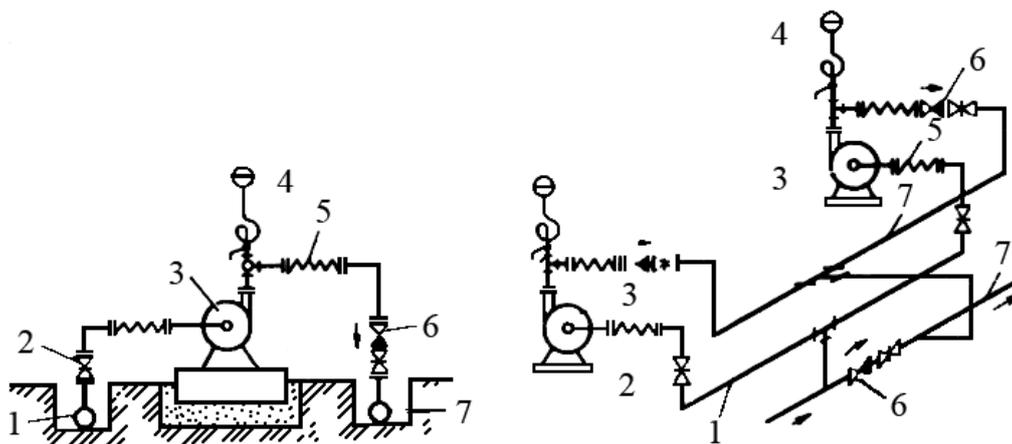


Рис. 1.17. Схема обвязки насосов: 1 и 7 – всасывающий и напорный трубопроводы; 2 – запорная арматура; 3 – насос; 4 – манометр; 5 – вибровставка; 6 – обратный клапан

При установке насосов целесообразно предусматривать устройство обводной линии с задвижкой и обратным клапаном в обход насосов. На-

сосные установки проектируют с ручным, дистанционным или автоматическим управлением.

### 1.11.2. Пневматические водонапорные установки

Основным элементом пневматической установки является герметичный бак (гидропневмобак), из которого вода под давлением подается в распределительную сеть внутреннего водопровода. Требуемый напор в пневмобаке может быть создан насосом или компрессором при подаче в пневмобак воды или сжатого воздуха. Пневматическая установка, в которой воздух, находящийся в пневмобаке, сжимается водой, поступающей от насоса, а не от компрессора, называется бескомпрессорной установкой. Насос работает с периодической подачей воды в бак.

После остановки насоса вода поступает в сеть под напором сжатого воздуха. В зависимости от напора (давления) в пневмобаке различают пневматические установки с переменным и постоянным давлением (рис. 1.18). Бескомпрессорные установки относят к пневматическим установкам с переменным давлением.

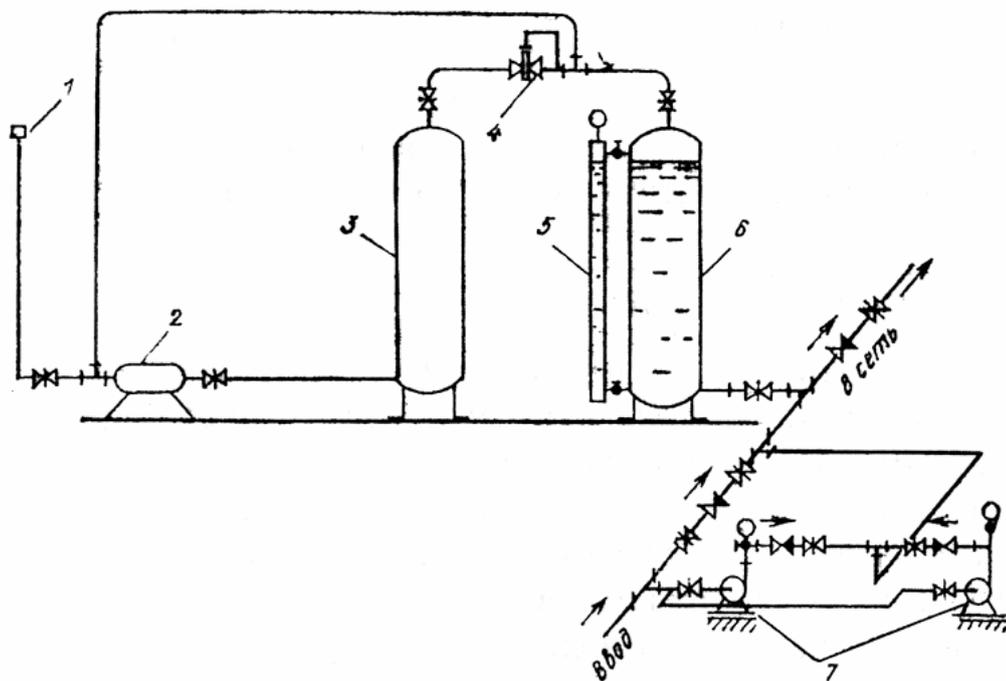


Рис. 1.18. Схема пневматической установки низкого давления: 1 – фильтр; 2 – компрессор; 3 – воздушный резервуар (котел); 4 – редукционный клапан (регулятор давления); 5 – указатель уровня; 6 – водяной резервуар; 7 – насосы

Пневматические установки комплектуют с двумя баками (водяным и воздушным) или с одним водовоздушным (гидропневматическим) баком. Размер гидропневмобака определяют с учетом требуемых объемов воды и

воздуха. Объем воды в пневмобаке может состоять из регулирующего и запасного объема или только из регулирующего в зависимости от назначения установки.

Общий объем водовоздушного бака (гидропневмобака) определяют по формуле

$$V = \beta \cdot V_g / (1 - \alpha), \quad (1.45)$$

где  $V_g$  – объем воды, м<sup>3</sup>;  $\beta$  – коэффициент запаса объема бака, равный 1,1 – 1,3 в зависимости от соотношения подачи воды  $q^{sp}$  и расхода  $q$ , л/с или м<sup>3</sup>/ч;  $\alpha$  – отношение абсолютного минимального давления в баке к максимальному ( $\alpha = 0,8$  для установок, работающих с подпором;  $\alpha = 0,75$  для установок с напором до 50 м;  $\alpha = 0,7$  для установок с напором более 50 м).

Минимальный напор  $P_1$  (давление в баке) должен быть не меньше расчетного требуемого напора в системе внутреннего водопровода, обслуживаемого пневматической установкой, а максимальный  $P_2$  – не более 0,45 МПа для хозяйственно-питьевого водопровода, не более 0,9 МПа – для противопожарного и не более 1 МПа – для спринклерных систем пожаротушения. Для удобства расчета пользуются графиком зависимости  $V_g/V$  от величин  $\alpha$  и  $\beta$  [2, с. 60].

Пополнение воздухом водовоздушного бака производят компрессором из расчета 10 % общего объема бака:  $L = 0,1$  м<sup>3</sup>/ч. На производственных предприятиях, в лабораториях научно-исследовательских институтов и на других объектах, где имеется централизованная система подачи сжатого воздуха, пневматическая установка может быть без компрессора с непосредственным подключением к этой системе.

Если производство общего объема на рабочее давление превышает 200, то гидропневмобаки считаются взрывоопасными. Для автоматического включения и выключения компрессора и насоса применяют регуляторы давления и электроконтактные манометры, которые устанавливают на пневмобаке и трубопроводе. Гидропневмобаки оборудуют предохранительными клапанами (водяным и воздушным), манометрами, указателями уровня (водомерными стеклами) и др.

Насосные установки с гидропневмобакми, работающие в повторно-кратковременном режиме, смогут быть применены для повышения напора во внутренних водопроводах различных зданий, в том числе и многоэтажных при постоянном недостатке напора на вводе. Наибольшее распространение получили пневматические установки, оборудованные однокамерными гидропневматическими баками. Однако при непосредственном сопри-

косновении сжатого воздуха с водой уменьшается его запас и значительно увеличивается частота включения насосов, что приводит к преждевременному износу установки.

НИИ санитарной техники разработал автоматические насосные установки с двухкамерными (мембранными) гидропневматическими баками АНУ-20×30, АНУ-50×40 и др. Резиновая мембрана отделяет воздух от воды, что значительно повышает устойчивость режима работы установки.

Двухкамерный гидропневматический бак, заполненный воздухом перед пуском установки, длительное время сохраняет его запас. Полный объем такого бака, м<sup>3</sup>, для установок, оборудованных рабочим насосом, определяется по формуле

$$V = 6 \cdot q_{hr}^{SP} / [n_{сут}(1 - \alpha)], \quad (1.46)$$

где  $q_{hr}^{SP}$  – номинальная производительность рабочего насоса, м<sup>3</sup>/ч;  $n_{сут}$  – максимальное число включений насоса в сутки (200 – 250);  $\alpha$  – коэффициент, равный 0,65 – 0,8, являющийся отношением минимального и максимального давлений.

Двухкамерный гидропневматический бак состоит из двух разъемных камер, между которыми закреплена резиновая двухслойная (из пищевой и технической резины толщиной 3 мм) мембрана полусферической формы. Над мембраной в верхней камере находится перфорированный экран из стального листа, ограничивающий перемещение мембраны при наполнении нижней камеры бака водой. Объем нижней камеры составляет около 30% общего объема бака. Так, например, установки АНУ-20×30 имеют общий объем воды 2000 л, а максимальный регулирующий – 500 л; установки АНУ-50×40 – соответственно 5000 и 1250 л. Установки рассчитаны на максимальное давление 10 ати, причем рекомендуемое отношение минимального давления (включение насосов) к максимальному (выключение насосов) составляет 0,7 – 0,8. Минимальное давление принимается не менее требуемого напора в здании. Установки оборудуются насосами с подачей 15 – 40 м<sup>3</sup>/ч, напором 25 – 60 м вод. ст. Частота включения насосов установки не более десяти в 1 ч.

Принцип работы автоматической насосной установки с двухкамерным гидропневматическим баком следующий. С помощью передвижного компрессора в верхнюю камеру бака подается сжатый воздух до расчетного минимального давления, при этом мембрана занимает нижнее положение. Включается автоматика управления насосом, и он начинает подавать воду в бак и сеть. Когда в сети водоразбор уменьшается, то количество воды

в нижней камере бака начинает увеличиваться, мембрана поднимается и при максимальном давлении занимает свое верхнее положение; реле давления срабатывает, и насос выключается. Под давлением сжатого воздуха резиновая мембрана перемещается вниз, выдавливает воду из нижней камеры бака в сеть. Давление в баке понижается, и при его минимальном значении контакты реле давления снова включают электродвигатель насоса.

### 1.11.3. Водонапорные баки

Водонапорные баки устанавливают с целью бесперебойного снабжения зданий водой (при постоянном или периодическом недостатке напора в наружной сети) и с целью создания неприкосновенного запаса воды на пожарные или технологические нужды.

Водонапорные баки могут быть круглыми или прямоугольными в плане. Их изготавливают из листовой стали и во избежание коррозии окрашивают внутри и снаружи масляной краской, приготовленной по рецептуре, согласованной с органами санитарного надзора. Устанавливают баки в вентилируемом и освещенном помещении с плюсовой температурой. Установку водонапорных баков выполняют согласно СНиП 2.04.01-85\*. Сверху баки закрывают крышками, в которых имеются люки для доступа внутрь баков. Под баком предусматривают поддон из листовой стали, который выступает за контуры бака на 100 мм.

Схема установки бака приведена на рис. 1.19.

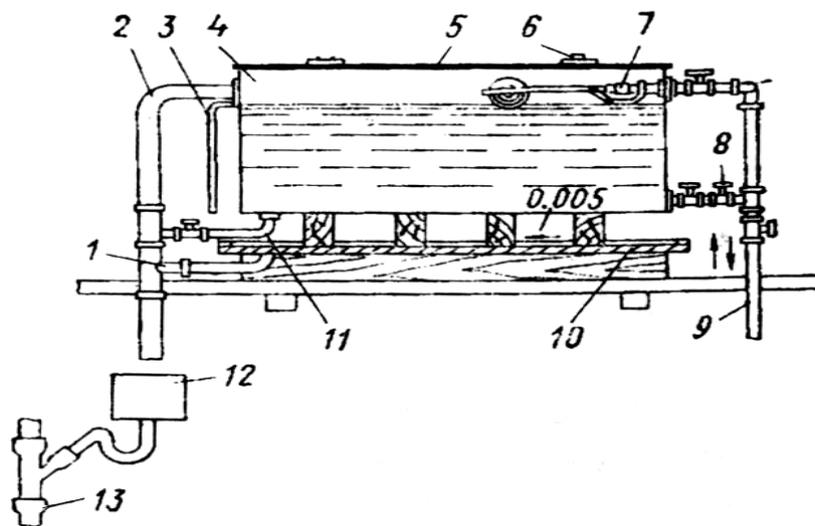


Рис. 1.19. Водонапорный бак: 1 – сливная труба; 2 – переливной трубопровод; 3 – сигнальный трубопровод; 4 – бак; 5 – крышка; 6 – люк; 7 – поплавковый клапан; 8 – обратный клапан; 9 – подающая и расходная труба; 10 – поддон; 11 – спускная труба; 12 – промежуточный бачок; 13 – стояк

Водонапорные баки оборудуют следующими трубопроводами:

- подающий трубопровод оборудуется двумя поплавковыми клапанами и запорной арматурой; подающая труба присоединяется к баку не менее чем на 100 мм ниже борта бака;

- отводящий трубопровод с вентилем, который присоединяется к баку выше днища на 100 мм.

Если подающий трубопровод объединяют с отводящим, то на отводящем участке устанавливают обратный клапан и запорную арматуру:

- переливной трубопровод подводят с разрывом струи к промежуточному бачку, соединенному гидравлическим затвором (сифоном) с канализационным или водосточным стояком; переливной трубопровод присоединяют на высоте наивысшего допустимого уровня воды в баке;

- спускной трубопровод, присоединяемый к днищу бака и к переливной трубе с вентилем или задвижкой на присоединенном участке трубопровода;

- отводной трубопровод для отвода стоков из поддона;

- сигнальная труба диаметром 15 мм устанавливается ниже переливной трубы на 50 мм с выводом в раковину к дежурному персоналу.

Объем водонапорного бака в м<sup>3</sup> определяют в зависимости от регулирующего и запасного объемов:

$$V_6 = \beta W + W_1, \quad (1.47)$$

где  $W$  – регулирующий объем воды, м<sup>3</sup>;  $W_1$  – запасной объем воды (на тушение пожара или по технологическим требованиям), м<sup>3</sup>;  $\beta$  – коэффициент запаса вместимости бака, принимаемый: 1,1 – при производительности насосных установок менее максимально часового расхода воды; 1,2 – 1,3 – при использовании насосных установок, работающих в повторно-кратковременном режиме.

Регулирующий объем бака, м<sup>3</sup>, для системы без насосной установки определяют по формуле

$$W = Tq_T, \quad (1.48)$$

где  $q_T$  – среднечасовой расход воды, м<sup>3</sup>/ч, в здании за время питания сети внутреннего водопровода из бака;  $T$  – время, ч, в течение которого вода при недостаточном напоре в наружной сети потребляется сетью внутреннего водопровода из бака.

При этом объем бака составляет 50 – 80 % суточного расхода воды в здании.

В системах водоснабжения с водонапорным баком и повысительными насосами регулирующий объем бака значительно уменьшается и зависит от частоты включения насоса и его номинальной подачи.

Согласно [1, п. 13.4] регулирующие объемы рекомендуется определять по формулам:

а) для водонапорного (напорно-запасного) или гидропневматического бака при производительности насоса, превышающей наибольший часовой расход:

$$W = q_{hr}^{SP} / 4n, \quad (1.49)$$

где  $n$  – допустимое число включений насосной установки: с открытым баком 2 – 4; с гидропневматическими баками 6 – 10. Большее число включений в 1 ч принимается для установок небольшой мощности (до 10 кВт);  $q_{hr}^{SP}$  – производительность насоса, м<sup>3</sup>/ч;

б) для водонапорного бака или резервуара при производительности насосной установки менее максимального часового расхода:

$$W = \varphi T q_T, \quad (1.50)$$

где  $T$  – расчетное время, ч, потребления воды (сут, смена);  $q_T$  – среднечасовой расход воды, м<sup>3</sup>/ч;  $\varphi$  – относительная величина регулирующего объема, определяется по формулам [1, п. 13.5].

При ручном пуске насосов регулирующий объем бака  $W$ , м<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$W = Q_{сут} / n_{сут}, \quad (1.51)$$

где  $Q_{сут}$  – расход воды за сутки максимального водопотребления, м<sup>3</sup>/сут;  $n_{сут}$  – число включений насоса за сутки, составляет от 3 до 6.

Регулирующий объем бака можно определить и графически путем совмещения суточного графика водопотребления и водоподачи [2, с. 63].

При проектировании внутреннего водопровода с баками следует учитывать их существенные недостатки: необходимость в специальных помещениях; значительные нагрузки на перекрытие и как следствие – его подорожание; необходимость в периодической чистке баков и обеспечении циркуляции воды с целью предотвращения ухудшения ее качества.

## **1.12. Внутренние водопроводы и установки специального назначения**

### **1.12.1. Противопожарные водопроводы**

Противопожарные водопроводы состоят из сети магистральных и распределительных (стояки) трубопроводов, пожарных кранов и при необходимости противопожарных насосов. В схему противопожарного водопровода часто включают водонапорный бак или пневматическую установку.

Противопожарные водопроводы устраивают в зданиях, указанных в [1, п. 6.1 – 6.5]. В жилых зданиях высотой 12 – 16 этажей устраивают объединенный хозяйственно-противопожарный водопровод.

В состав оборудования пожарного крана входят: пожарный вентиль диаметром 50 или 65 мм, присоединенный к ответвлению стояка, пенный рукав (шланг) того же диаметра длиной 10, 15, 20 м с быстросмыкающимися полугайками и пожарный ствол с наконечником (спрыском) диаметром 13, 16, 19 мм [2, с. 66].

Пожарные краны размещают в шкафчиках с надписью ПК размером 855×620×270 мм на высоте 1,35 м над полом в легкодоступных местах (вестибюлях, коридорах, на лестничных площадках и т.д.).

Сети противопожарных водопроводов, оборудованных более чем 12 пожарными кранами, должны быть закольцованы и присоединены к наружным сетям не менее чем двумя вводами. В многоэтажных зданиях противопожарный водопровод проектируют с горизонтальным и вертикальным кольцеванием магистралей, а также с зонными сетями. В зданиях высотой 6 этажей и более при объединенной системе пожарные стояки закольцовывают поверху и присоединяют к водоразборному стояку с установкой вентиля.

Для устройства противопожарного водопровода допускается применение черных (неоцинкованных) стальных труб.

Число пожарных кранов в системе назначают с учетом орошения всех площадей помещений здания расчетным количеством компактных (нераздробленных) струй. Радиус действия пожарного крана определяется как сумма длины пожарного шланга (рукава) и длины компактной части струи, равной высоте защищаемого помещения, но не более 6 м для жилых и других зданий высотой до 50 м и 8 м при высоте зданий более 50 м. Минимальный радиус действия пожарного крана 16 или 26 м (рис. 1.20).

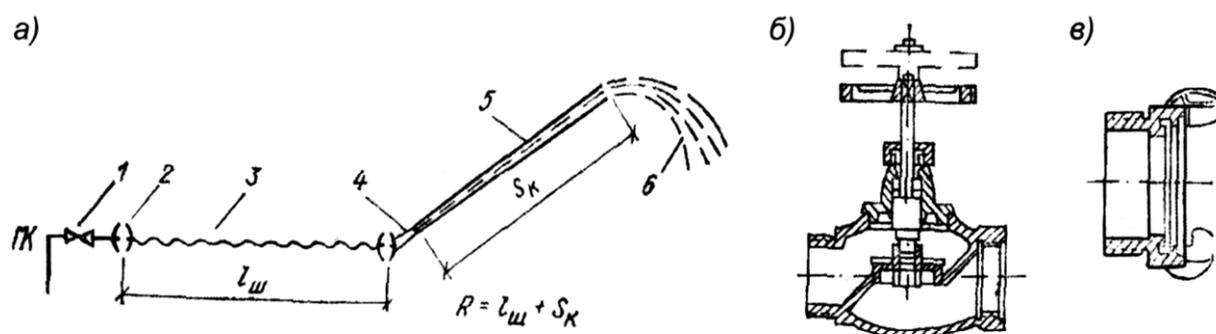


Рис. 1.20. Схема действия пожарного крана: а – схема работы пожарного крана; б – вентиль пожарного крана; в – быстросмыкающаяся полугайка; 1 – пожарный вентиль; 2 – полугайка; 3 – шланг; 4 – пожарный ствол с наконечником; 5 – компактная часть струи; 6 – раздробленная часть струи

Длину компактной части пожарной струи определяют по формуле

$$S_k = \sqrt{(H - H_{ПК})^2 + l^2}, \quad (1.52)$$

где  $H$  – высота защищаемого помещения, м;  $H_{ПК}$  – высота расположения пожарного крана, равная 1,35 м;  $l$  – горизонтальная проекция компактной части струи, м.

### 1.12.2. Спринклерные противопожарные установки

Спринклерные противопожарные установки предназначены для автоматического тушения пожара, возникшего в помещении. Их применяют в помещениях с повышенной пожарной опасностью.

Установка (рис. 1.21, *a*) состоит из следующих основных элементов: спринклерных головок 3, смонтированных на ветвях 4 распределительной сети, контрольно-сигнального пускового клапана 6 и главной задвижки 7, смонтированных на главном подающем стояке 5, водонапорного бака (автоматического водопитателя) 8, устройства для присоединения резервного водопитателя 9 и основного водопитателя насосной установки 11, водомерного узла 2, присоединенного к магистральному трубопроводу наружного водопровода 1.

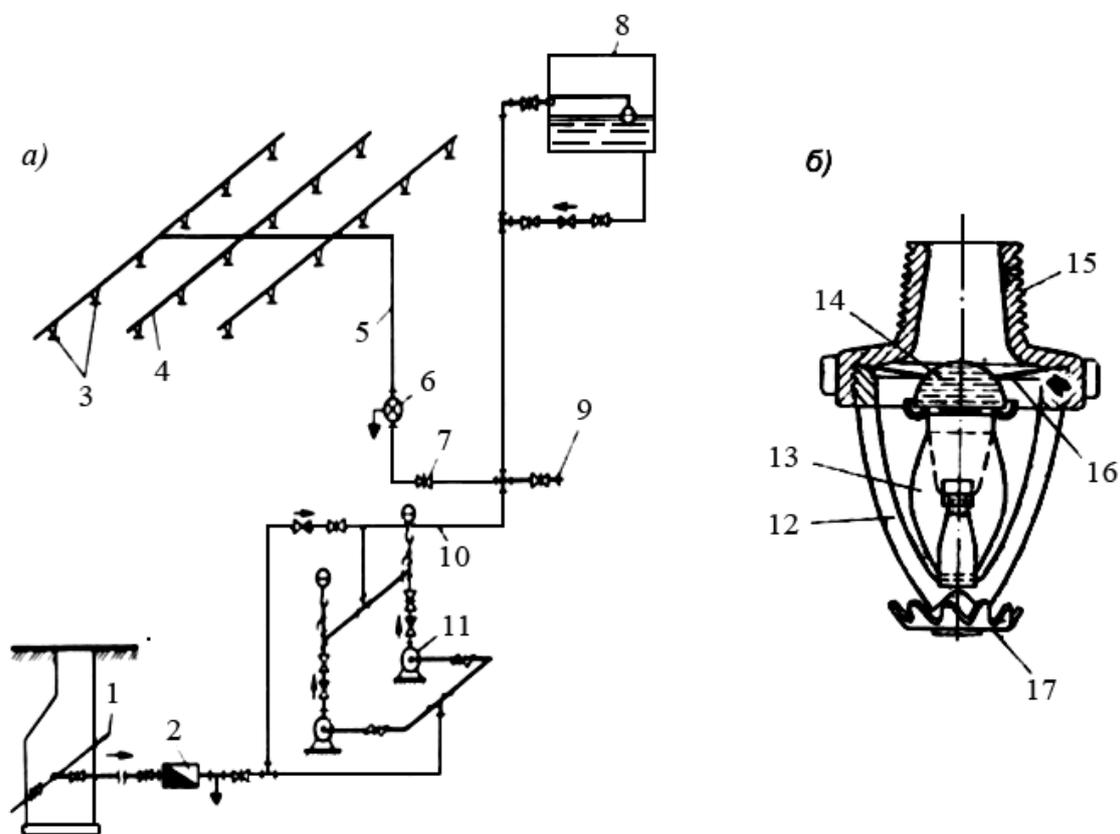


Рис. 1.21. Спринклерная установка автоматического пожаротушения: *a* – схема спринклерной установки; *б* – спринклер

Спринклерные головки (оросители) (рис. 1.21, б) ввертывают на резьбе в стальные трубы на расстоянии 3 – 4 м друг от друга в шахматном порядке в плане. В корпусе 15 спринклера установлена диафрагма 16 с отверстием диаметром 8, 10 или 12,7 мм, которое закрыто стеклянным полусферическим клапаном 14, поддерживаемым тремя медными или латунными пластинами 13, соединенными легкоплавким сплавом. Температура плавления сплава 72, 93, 141, 182 °С. Пластины замка опираются на розетку 17, прикрепленную к раме 12 головки спринклера.

При повышении температуры в помещении (в результате пожара) замок расплавляется, пластины разъединяются и стеклянный клапан падает, открывая отверстие в диафрагме. Вытекающая через отверстие под значительным напором вода, падая на розетку, разбрызгивается. Площадь поверхности, орошаемой одним спринклером, составляет 9 – 12 м<sup>2</sup>. Спринклерные установки могут состоять из нескольких секций с числом спринклеров в каждой не более 800 и общим объемом сети труб секции не более 2 м<sup>3</sup>.

Контрольно-сигнальные (пусковые) клапаны и главные задвижки следует размещать в теплых помещениях. При возникновении пожара и повышении вследствие этого температуры воздуха в защищаемом помещении срабатывают спринклеры. В результате падения давления в трубах срабатывает контрольно-сигнальный клапан (КСК), включая сигнал и открывая доступ воде от водопитателей. Сначала (в течение 5 – 10 мин) вода расходом 10 л/с поступает из бака (автоматического водопитателя), а затем включается основной водопитатель (насосная установка).

Спринклерные установки бывают водяные, воздушные и водовоздушные. Водяные системы устраивают в отапливаемых помещениях, а воздушные и водовоздушные – в неотапливаемых помещениях в районах, где продолжительность отопительного сезона соответственно более или менее 240 дней. В водяных системах спринклеры устанавливают розетками вниз, а в других системах – розетками вверх.

Гидравлический расчет спринклерных установок производят обычно на два случая питания сети: от автоматического водопитателя и от основного водопитателя.

Автоматический водопитатель рассчитывают на подачу воды с расходом 10 л/с в течение 5 минут, причем объем бака не должен быть менее 3 м<sup>3</sup>. Расчетный расход сети определяют с учетом числа установленных спринклеров и диаметра отверстий диафрагм. Максимальный расход воды на секцию составляет 30 – 50 л/с в зависимости от числа оросителей и объема здания. Скорость движения воды в трубах при гидравлическом расчете

принимают 2 – 2,5 м/с. Рабочий напор у спринклерных головок принимают не менее 5 м.

### 1.12.3. Дренчерные полуавтоматические установки

Бывают заливные (во взрывоопасных помещениях) и сухотрубные. Оборудование этих установок состоит из сети с открытыми оросителями (дренчерами), автоматического и основного водопитателей и узла управления в виде запорной арматуры или клапанов группового действия, которые открываются только при возникновении пожара. При включении установки образуется водяная завеса, которая предотвращает распространение пожара в другие помещения.

На рис. 1.22, а приведена схема дренчерной установки, работа которой может быть автоматизирована с помощью спринклерных контрольных головок (оросителей), легкоплавких замков с тросовым управлением или термоэлектрических датчиков.

Дренчер (рис. 1.22, б) в отличие от спринклера состоит из головки с диафрагмой, рамы и розетки. Выпускают открытые оросители (дренчеры) двух типов: розеточные марки ДР и лопаточные марки ДЛ с отверстиями диафрагм 8, 10 и 12,7 мм, а также оросители с повышенной до 58 – 210 м<sup>2</sup> площадью орошения, центробежные, плоские щелевые, дефлекторные, двух- и четырехструнные и другие оросители, работающие с повышенными напорами (20 – 50 м).

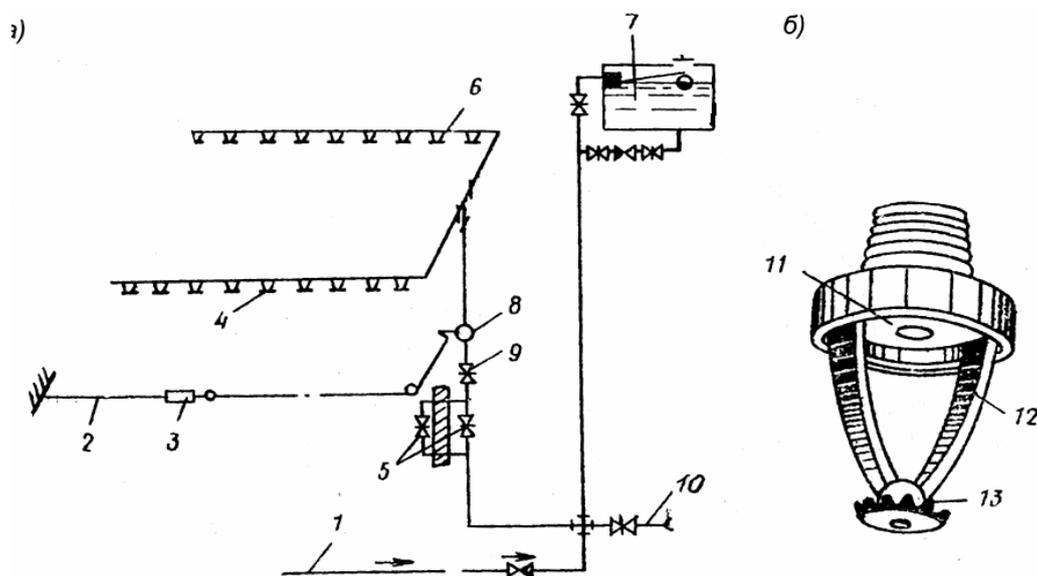


Рис. 1.22. Дренчерная полуавтоматическая система противопожарного водоснабжения: 1 – подача воды от основного водопитателя; 2 – трос; 3 – легкоплавкий замок; 4 – дренчеры; 5 – задвижки управления; 6 – распределительная сеть; 7 – водонапорный бак (автоматический водопитатель); 8 – клапан группового действия; 9 – главная задвижка; 10 – резервный водопитатель; 11 – корпус дренчера; 12 – рамка; 13 – розетка

Размещают дренчеры на расстоянии не более 3 м друг от друга и не более 1,5 м от стен защищаемого помещения.

### 1.13. Поливочные и специальные питьевые водопроводы

*Поливочные водопроводы* предназначены для уборки внутренних помещений зданий, полива зеленых насаждений и территорий в летнее время на площадках промпредприятий, в садах, парках, скверах, стадионах. Распределительная сеть поливочного водопровода может быть присоединена к действующему внутреннему водопроводу зданий или непосредственно к сети наружного водопровода.

Трубопроводы распределительной сети прокладывают в земле или на H-образных опорах по поверхности земли с уклоном не менее 0,005 к специально установленным спускным кранам для возможности полного опорожнения всей сети. В местах пересечения проезжих дорог, тротуаров и т.п. трубопроводы прокладывают в металлических футлярах на глубине 0,7 м, устраивая колодцы или коверы для установки спускных кранов и для опорожнения.

На распределительной сети монтируют поливочные краны для присоединения гибких шлангов или установки стационарных или подвижных оросителей (рис. 1.23, а).

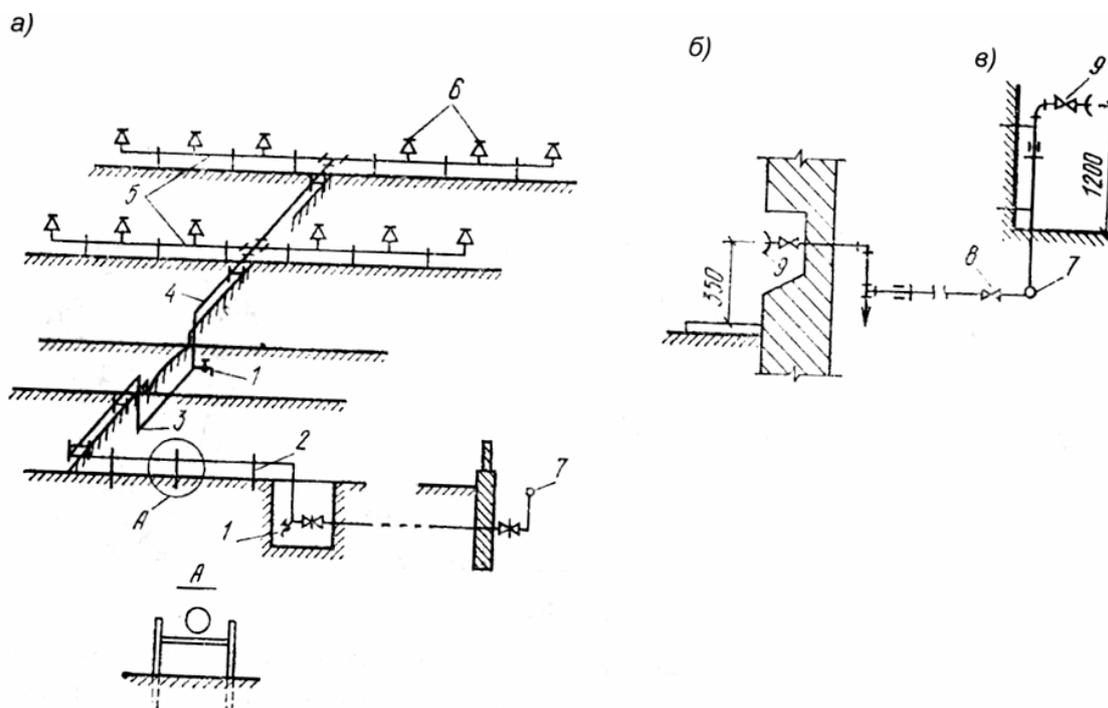


Рис. 1.23. Схема поливочного водопровода: а – схема поливочного летнего водопровода; б – поливочный кран у здания; в – установка поливочного крана в помещении; 1 – спускной кран; 2 – опоры; 3 – пересечение дороги; 4 – магистраль; 5 – распределительная сеть; 6 – оросители (поливочные краны); 7 – магистраль внутреннего водопровода; 8 – вентиль; 9 – поливочный кран с быстросмыкающейся полугайкой

При расчете поливочного водопровода расходы принимают 0,4 – 1,5 л на 1 м<sup>2</sup> поливаемой поверхности. Для оросителей и поливочных кранов расход воды составляет 0,2 – 1,5 л/с и более. Требуемые напоры определяют с учетом рабочих напоров у поливочных кранов и оросителей. Гидравлический расчет выполняется по методике расчета внутреннего водопровода.

Для поливки территории вокруг зданий и в отдельных помещениях внутри зданий ограничиваются установкой поливочных кранов, оборудованных вентилями и быстросмыкающимися полугайками для присоединения гибких шлангов длиной 20 – 30 м. Поливочные краны размещают в нишах наружных стен здания через 60 – 70 м по его периметру на высоте 0,30 – 0,35 м от отмостки или поверхности земли у здания. На каждом трубопроводе подводки диаметром 25 – 32 мм от сети внутреннего водопровода к поливочному крану устанавливают вентиль и спускной кран (или пробку) для опорожнения на зимний период.

При необходимости (для мытья полов и пр.) поливочные краны с подводкой к ним холодной и горячей воды устанавливают внутри помещений на высоте 1,25 м от поверхности пола. При гидравлическом расчете сетей внутренних водопроводов расходы воды через поливочные краны обычно не учитывают, так как их работа не совпадает с пиковыми нагрузками (в часы максимального водопотребления). Монтажные положения поливочных кранов приведены на рис. 1.23, б, в.

Для подачи газированной, подсоленной, охлажденной или обычной питьевой воды в помещения или цеха промышленных предприятий проектируют *специальные питьевые водопроводы*. Такие водопроводы включают индивидуальные или централизованные установки для подготовки воды нужного качества, сеть трубопроводов и водоразборной арматуры. В качестве водоразборной арматуры широко используют питьевые фонтанчики, состоящие из подводящей трубы диаметром 10 – 15 мм, запорного устройства, наконечника, обеспечивающего подачу струи воды вверх, сливной части с выпуском и трубопроводом, присоединенным сифоном к канализационной или водосточной сети. Питьевые фонтанчики в горячих цехах устанавливают из расчета один на 50 человек, в прочих цехах и бытовых помещениях – один на 75 – 100 человек, на территории плавательных бассейнов, стадионов и спортзалов – один на 50 – 75 человек. Расход воды на один фонтанчик обычно составляет 0,04 л/с. При групповой установке число одновременно действующих фонтанчиков в горячих цехах составляет 50 – 60 %, а в остальных – 30 %. Водопроводная сеть, на которой установлена водоразборная арматура, должна обеспечивать подачу воды под постоянным напором.

## 1.14. Основы автоматизации систем водоснабжения зданий

Автоматическое включение или выключение электродвигателей насосов и компрессоров в системах водоснабжения зданий возможно при изменении уровня воды в водонапорном баке, либо давления в трубопроводах сети или скорости движения воды в трубопроводе.

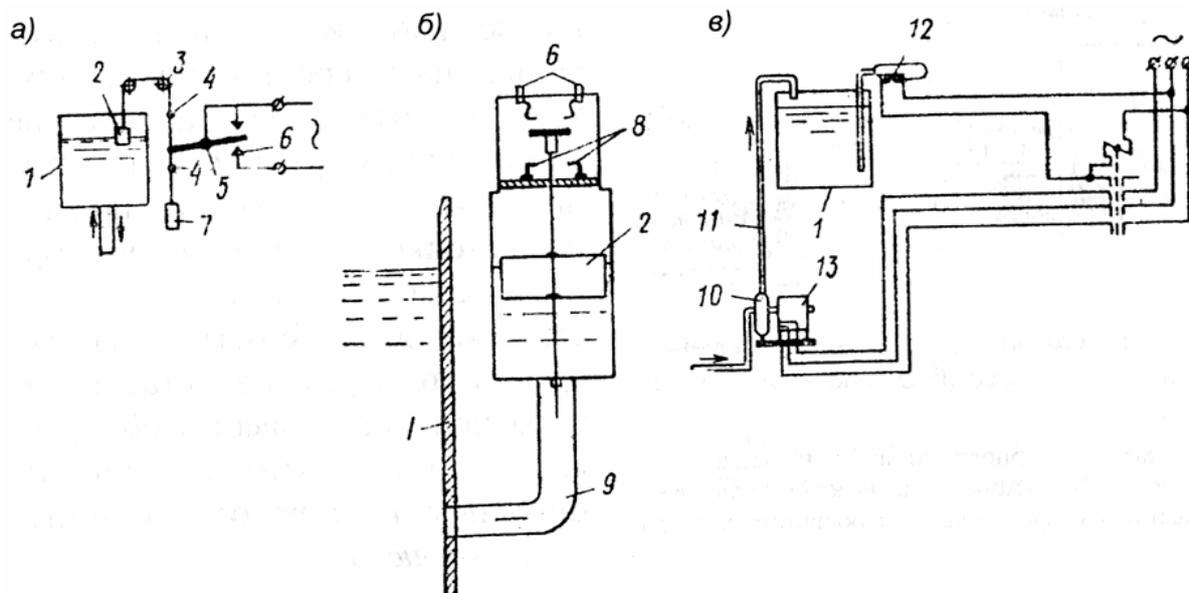


Рис. 1.24. Схема установки реле уровня для автоматизации работы насосов: *а* и *б* – поплавковые реле для открытых и закрытых резервуаров; *в* – схема автоматического регулирования уровня воды в резервуаре; 1 – резервуар; 2 – поплавок; 3 – блок; 4 – переключающие шайбы; 5 – коромысло; 6 – контакты; 7 – груз; 8 – контактный мост; 9 – соединительная труба; 10 – насос; 11 – подача воды; 12 – баллончик с ртутью; 13 – электродвигатель

При изменении указанных параметров приводятся в действие датчики, связанные с исполнительными механизмами включения или выключения магнитного пускателя, соединяющего или размыкающего линию электропитания двигателя насоса. В качестве датчиков применяют различные реле уровня воды (рис. 1.24), регуляторы давления или электроконтактные манометры, струйные реле (рис. 1.25).

Реле уровня, например, поплавковое типа РМ-51, в зависимости от верхнего или нижнего положения уровня воды в баке включает или выключает контакты электроцепи двигателя. Чувствительным элементом является поплавок, соединенный с канатиком, перекинутым через блок, на конце которого прикреплен контргруз. Контактное устройство реле представляет собой пружинный переключатель мгновенного действия с нормально открытым и нормально закрытым ртутными контактами. Контактное реле надежно работает даже в помещении с повышенной влажностью.

Дополнительно встроенные контакты могут соединять цепи звуковой или световой сигнализации.

В системах без водонапорных баков или с пневматическими баками включение и выключение электродвигателей насосов (или компрессоров) производятся с помощью реле давления мембранного или диафрагмового типа. При изменении давления рычаг реле замыкает или размыкает контакт цепи управления магнитного пускателя электродвигателя. С помощью

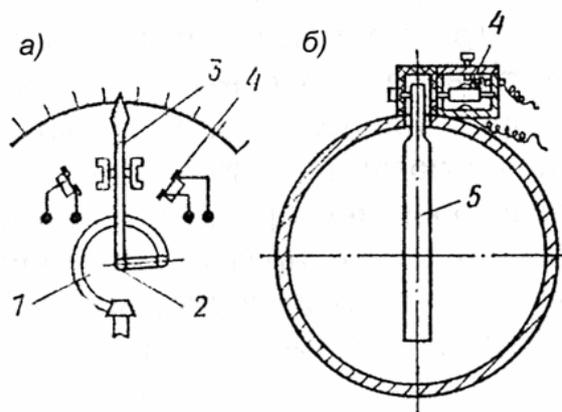


Рис. 1.25. Схема контактного манометра (а) и струйного реле (б): 1 – трубка датчика; 2 – ось стрелки; 3 – стрелка; 4 – контакты; 5 – чувствительная пластинка

струйного реле включаются пожарные насосы. Принцип действия струйного реле основан на воздействии энергии струи воды, в результате которого отклоняется пластинка, замыкающая контактное устройство. Струйное реле устанавливают у основания пожарных стояков либо у водонапорного бака (при отдельной системе водоснабжения). В зданиях при постоянном недостатке напора пожарные насосы оборудуют автоматическим или дистанционным пуском от пожарных кранов (рис. 1.26).

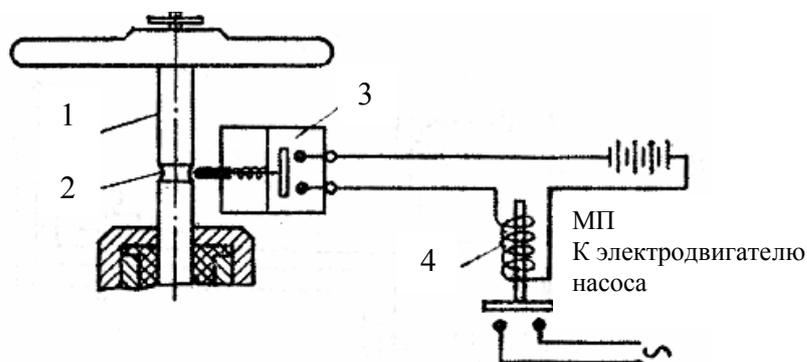


Рис. 1.26. Схема дистанционного включения пожарного насоса (бескнопочный пуск насоса): 1 – шток пожарного крана; 2 – кольцевая бороздка; 3 – кнопочный выключатель; 4 – магнитный пускатель электродвигателя

### 1.15. Особенности снабжения водой зданий производственного назначения, систем теплоснабжения и вентиляции

Системы водоснабжения производственных, сельскохозяйственных и других зданий различаются по конструкции, количеству и качеству воды, а также необходимому напору. Вопросы снабжения водой решаются в со-

ответствии с требованиями технологии производства. Вода подвергается различным способам очистки (осветлению, дистилляции, обезжелезиванию, умягчению и др.).

Системы водоснабжения проектируют отдельно для подачи воды на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды. Очищенную воду, как правило, готовят на централизованных установках, а более высокая степень очистки обеспечивается на местных установках, располагаемых вблизи потребителей этой воды.

При проектировании производственного водопровода предусматривают обратные системы водоснабжения или системы с повторным использованием воды. С целью экономии и рационального использования природной воды на промышленных предприятиях целесообразно проектировать бессточные системы технического водоснабжения, предусматривающие очистку производственных стоков и возврат их в систему водоснабжения. Для методики проектирования современных промышленных зданий характерны укрупнение и блокировка, что приводит к созданию зданий большой площади (до 10 – 20 га). В таких зданиях применяют специальные решения по инженерным коммуникациям. Часто оказываются целесообразными размещение магистральных наружных трубопроводов внутри цехов производственных и вспомогательных зданий и совместная прокладка их с внутрицеховыми сетями. Значительно усложняются противопожарные системы водоснабжения с применением дренчерных и спринклерных установок. Особенно сложными являются решения санитарно-технических систем при гибкой планировке, которая предусматривает возможность изменения технологии производства.

#### **1.15.1. Системы теплоснабжения и вентиляции**

Системы теплоснабжения и вентиляции (водяное и паровое отопление, горячее водоснабжение, кондиционирование воздуха и пылеудаление) не могут функционировать без воды. При проектировании систем теплоснабжения и вентиляции необходимо знать требования, предъявляемые к качеству и количеству потребляемой воды, и способы, обеспечивающие надежное и бесперебойное водоснабжение. В системах отопления и горячего водоснабжения используют природную воду из централизованной системы населенного пункта или предприятия, которую предварительно очищают в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.559-96. Однако в такой воде остаются растворенные соли жесткости, которые при нагревании воды выпадают в осадок, образуя отложения, и растворенные газы, ус-

коряющие коррозионные процессы в трубопроводах и оборудовании систем отопления и горячего водоснабжения. В связи с этим необходимы дополнительная обработка воды на специальных установках по водоподготовке: стабилизационная обработка на магномассовых фильтрах, применение ионообменных фильтров, термическая и вакуумная деаэрация, магнитная обработка, реагентная обработка (фосфатирование, сульфатирование и др.).

### **1.15.2. Системы кондиционирования воздуха**

Предназначены для очистки и подготовки воздуха с целью достижения его определенных параметров (температуры, относительной влажности, чистоты, состава, скорости движения), необходимых для различных помещений: больниц, музеев, театров, библиотек, архивов, текстильных фабрик и т.п. Воздух в кондиционерах подвергают подогреву или охлаждению, увлажнению или осушению, очистке от пыли и запахов. В зимний период воздух для помещений подогревают и осушают, а в летний – охлаждают и увлажняют. Эти процессы осуществляются в кондиционерах. В качестве теплоносителя используют горячую воду или пар, а для охлаждения воздуха – холодную воду (мокрый способ), которая разбрызгивается в оросительных камерах. Воду охлаждают в специальной холодильной установке или используют холодную артезианскую воду из подземных источников. При увлажнении воздуха водой, когда ее температура ниже точки росы обрабатываемого воздуха, происходит его осушение. Охлаждение воздуха (сухой способ) производится в поверхностных охладителях (калориферах), в трубах которых протекает холодная вода или другой хладагент.

Системы кондиционирования воздуха бывают центральные и местные. Кондиционеры подразделяются на автономные, неавтономные и комбинированные. Центральные системы кондиционирования, кроме установок (кондиционеров) для подготовки воздуха, имеют распределительную сеть воздухопроводов для подачи кондиционированного воздуха в помещения.

*Центральные кондиционеры* различной производительности (30 – 500 тыс. м<sup>3</sup>/ч) состоят из унифицированного оборудования с различной компоновкой отдельных элементов (вентиляционных агрегатов, масляных фильтров, оросительных камер, воздухонагревателей, воздухоохладителей, гидроустановок). Достижение необходимых параметров приточного воздуха (влажности, температуры и т.д.) обеспечивается качественным регулированием.

На рис. 1.27 приведена схема центрального кондиционера. Приточный воздух поступает через воздушный клапан и жалюзийную решетку 1,

проходит через камеру обслуживания и фильтр 2, где очищается от пыли, затем через воздухонагреватель (калорифер) первого подогрева 3 и сепаратор 6 воздух поступает в оросительную камеру 7, где установлены двухрядные распылительные форсунки 8 для разбрызгивания воды. Чтобы брызги воды не выходили за пределы дождевого пространства, воздух проходит через камеру выравнивания, где установлен сепаратор. Затем приточный воздух смешивается с рециркуляционным и поступает в камеру, где установлен калорифер вторичного подогрева. Пройдя эту камеру воздух с помощью вентилятора 10 подается в воздуховод 9 и затем в помещение. Для использования избыточного тепла, выделяемого в помещении оборудованием и людьми, в рециркуляционном канале установлен клапан 5. Количество воздуха регулируется клапанами 4.

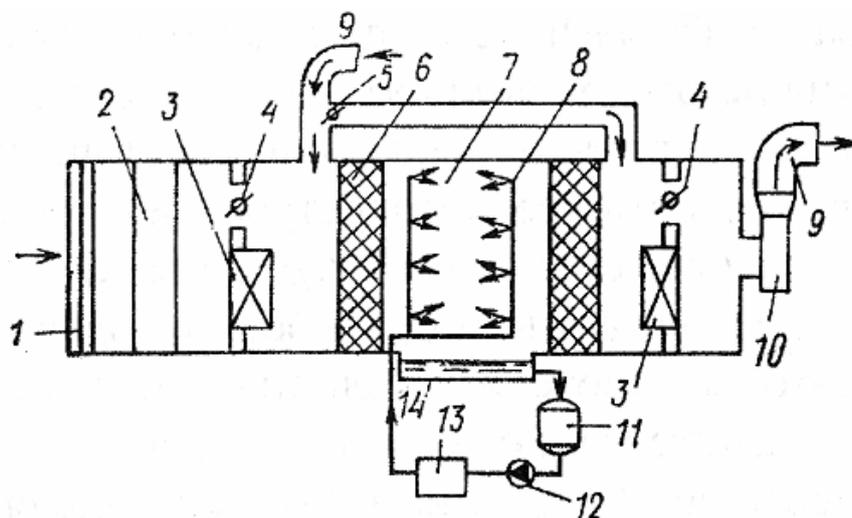


Рис. 1.27. Принципиальная схема водоснабжения центрального кондиционера для очистки воздуха

Оросительные двухрядные камеры предназначены для обработки воздуха водой (увлажнения, охлаждения, осушения и нагревания). Распылительные форсунки оборудованы соплами диаметром 3; 3,5; 4; 4,5; 5 и 5,5 мм. Число форсунок в одном ряду определяют исходя из расчета 18 или 24 штук на 1 м<sup>2</sup>. Оросительные камеры собирают в левом или правом исполнении, для этого на входе устанавливают воздухораспределители, а на выходе – каплеуловители. Факелы воды имеют разное направление: факелы первого ряда – по направлению движения воздуха, второго ряда – против движения воздуха. На дне оросительной камеры находится сборник 14 для загрязненной воды с переливным устройством, через которое вода направляется в фильтр 11 (первичной очистки), а затем насосом 12 подается

на вторичную очистку через напорные кварцевые фильтры 13. После фильтров вода поступает в распределительную сеть с форсунками.

*Местные кондиционеры* бывают автономные и неавтономные. Автономные кондиционеры типа «Харьков-2», КСИ-12, КС применяют в небольших помещениях (не более 300 м<sup>3</sup>). Температура воздуха поддерживается автоматически. Кондиционеры работают с использованием оборотной системы водоснабжения (рис. 1.28).

Неавтономные кондиционеры для круглогодичного кондиционирования воздуха имеют оросительные двухрядные камеры или воздухоохладители с поверхностным орошением. Хладоносителем является холодная вода с расчетной температурой 8 °С, а теплоносителем – горячая вода температурой 70 – 130 °С для калорифера первого подогрева и 40 – 70 °С для калорифера второго подогрева. Работа кондиционеров регулируется и контролируется автоматически.

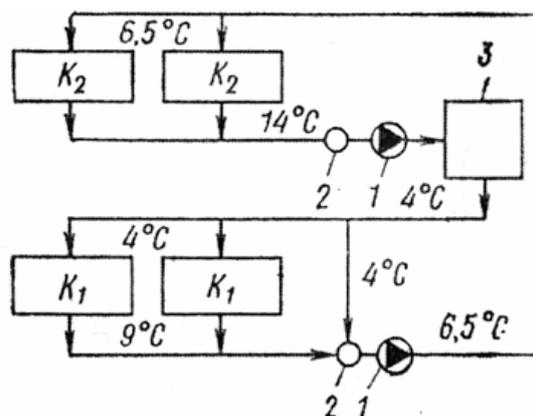


Рис. 1.28. Схема оборотного водоснабжения установки местных кондиционеров: 1 – насосы; 2 – сборные резервуары; 3 – установки для охлаждения

Установка УКВ-1, предназначенная для круглогодичного полного кондиционирования воздуха в больницах, оборудована испарителем, электрокалорифером, увлажнителем, подогревателем, осушителем, фильтром. Вода из водопроводной сети подается под напором 20 м в холодильную камеру, из системы горячего водоснабжения – в увлажнительную камеру. Загрязненная вода из приемного резервуара отводится в канализационную сеть через гидравлический затвор с разрывом струй.

В многоэтажных общественных и административных зданиях применяют кондиционеры эжекционного типа КНЭ-0,5, которые регулируются вручную путем изменения расхода воды, проходящей через теплообменник. Расход воды при температуре 10 °С составляет около 400 л/ч, а при температуре воды (как теплоносителя) 95 °С – около 10 л/ч. Воздухоохлаждающий агрегат КД-29 расходует 2250 – 5250 л/ч воды (хладоносителя) с температурой до 10 °С под напором не менее 30 м.

В системах кондиционирования воздуха, вентиляции, воздушного отопления и в сушильных установках широко применяют калориферы однокходовые КВБ и КФСО и многоходовые КВС, КМБ и др.

В одноходовых калориферах в качестве теплоносителя используется пар или вода, в многоходовых, с горизонтальным расположением трубок, – горячая вода. Для работы всех кондиционеров и калориферов обычно применяют воду питьевого качества из централизованной системы водоснабжения. В качестве хладагента целесообразно использовать воду из подземных источников (артезианскую). Однако подземные воды более минерализованы (до 10 мг-экв/л и более) и при нагревании даже до температуры окружающего воздуха быстро мутнеют, так как происходит процесс умягчения и выпадения в осадок карбонатов кальция и магния. Нередко вода приобретает красно-бурую окраску, что свидетельствует о наличии в воде бикарбоната двухвалентного железа и его окислении под действием кислорода воздуха до трехвалентного с образованием гидроокиси железа. В связи с этим вопросы предотвращения образования накипи и проявления агрессивных свойств воды при ее нагревании являются основными при проектировании системы водоснабжения, установок по кондиционированию воздуха, систем горячего водоснабжения и отопления.

Во избежание процессов коррозий и образования накипи и шлама используемая вода должно иметь карбонатную жесткость не более 7 мг-экв/л (для котлов – до 3 мг-экв/л), содержание растворенного кислорода не должно превышать 0,5 мг/л, а взвешенных веществ – не более 5 мг/л.

Кроме того, необходима дополнительная обработка воды с применением реагентных методов, ионного обмена, магнитной обработки, термической и вакуумной деаэрации.

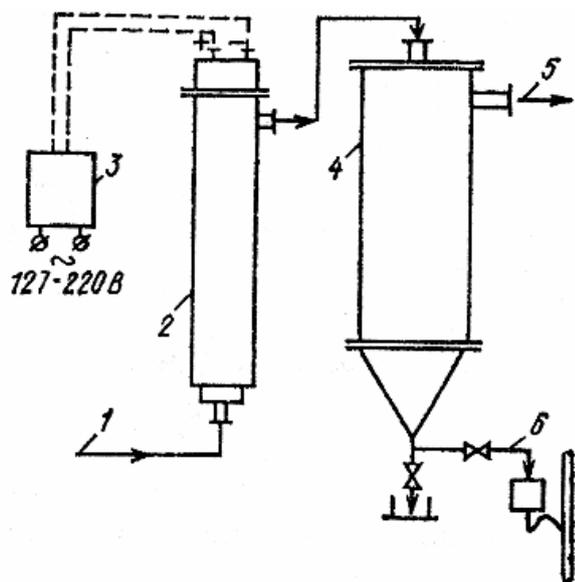


Рис. 1.29. Схема электромагнитного аппарата и шламоотделителя

Для обработки воды широко используют различные противонакипные устройства, шламоотделители, электромагнитные аппараты и установки. Противонакипные магнитные устройства (ПМУ) из постоянных магнитов применяют для снижения карбонатной жесткости воды, образующей накипь в котлах и трубопроводах. Электромагнитные аппараты типа 15 и 20, оборудованные электромагнитами, которые питаются постоянным током от селеновых выпрямителей типа ВСА-6, предназначены для магнитной обра-

ботки водопроводной воды, используемой в системах горячего водоснабжения, водяного и парового отопления. Для работы аппаратов используется вода с общей жесткостью 3 – 8 мг-экв/л и временной жесткостью 1,3 – 6 мг-экв/л при давлении до 0,7 МПа. Производительность установок 2,5 – 10 м<sup>3</sup>/ч. После обработки на таких аппаратах воду рекомендуется направлять на кварцевые скорые фильтры или шламоотделители.

На рис. 1.29 приведена схема электромагнитного аппарата и шламоотделителя, где водопроводная вода по трубопроводу 1 диаметром 15 – 20 мм поступает в зазор между корпусом и электромагнитом 2, катушки которого питаются от селенового выпрямителя 3. Обработанная вода поступает в шламоотделитель 4, где происходит сепарация, затем по трубе 5 направляется в водоподогреватель, а шлам по трубе 6 поступает в водоотводящую сеть.

Применяют также электромагнитные установки типа ЭМА производительностью 15, 25 и 50 м<sup>3</sup>/ч с напряженностью магнитного поля в рабочем зазоре 3000 Э.

Широкое распространение получают водоподготовительные блочные установки типов БХ-4340 и БХ-4640. Оборудование этих установок включает катионитовые фильтры, теплообменник, реагентный блок для регенерации воды, механический фильтр и насосы. Блок установки производительностью 5 и 10 м<sup>3</sup>/ч рассчитан на обработку воды по одноступенчатой схеме катионирования.

Для снижения содержания в воде растворенного кислорода и свободной углекислоты, вызывающих внутреннюю коррозию трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения, а также котлов, применяют установки для деаэрации. Широко распространены двухступенчатые деаэраторы с малогабаритной деаэрационной колонкой и барботажным устройством.

### **1.15.3. Водоснабжение установок пылеудаления**

Централизованная система пылеудаления, запроектированная в гостинице «Россия» в Москве (рис. 1.30), состоит из сети воздухопроводов 1, оборудованных приемными клапанами 2 (на каждом этаже), циклонов 4, фильтров 5, вакуумных водокольцевых машин 6 и водоотделителя 7. К клапанам для одновременной работы присоединяют четыре-пять гибких шлангов диаметром 50 мм длиной по 15 м со щетками и сменными отсосами (соплами). Сеть воздухопроводов каждой системы состоит из двух-трех стояков диаметром 80 мм и сборных магистральных воздухопроводов 3, по

которым загрязненный воздух отсасывается (вакуумируется) водокольцевым вакуумным вентилятором типа ВВН-12 производительностью 640 – 660 м<sup>3</sup>/ч.

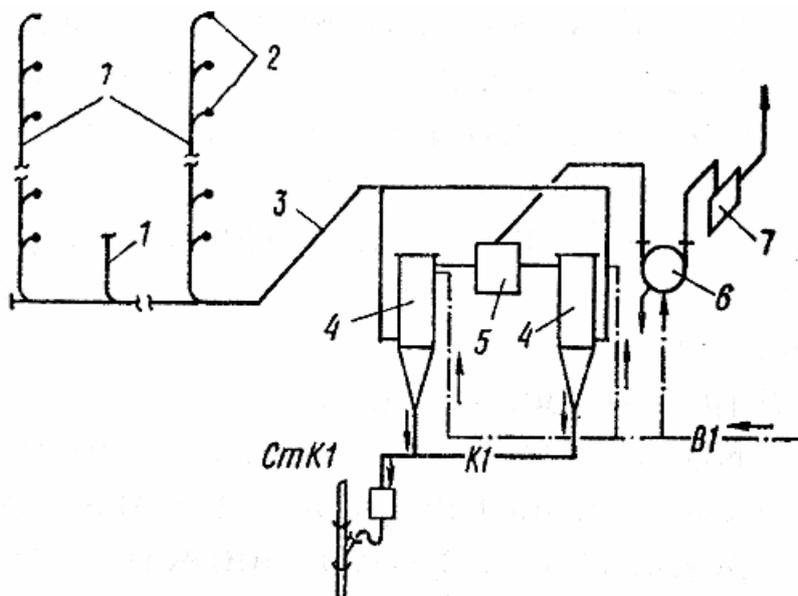


Рис. 1.30. Схема централизованной системы пылеудаления

Двухступенчатая очистка воздуха от пыли достигается в циклонах, оборудованных водяными барботерами, и в ячейковых фильтрах. В среднем с 1 м<sup>2</sup> система задерживает пыли 3 г/сут.

Вода для водяного барботирования и для работы водокольцевых вентиляторов поступает из внутреннего здания. Загрязненная вода сбрасывается в водоотводящую сеть.

Для грубой и средней очистки воздуха от пыли применяют *циклоны-промыватели* СИОТ. Улавливание пыли в циклоне происходит вследствие осаждения ее на смоченные стенки корпуса и при промывке воздуха водой, которая распыляется воздушным потоком во входном патрубке. Воду подают на днище водораспределителя, расположенного в верхней части циклона, и во входной патрубок от водонапорного бака с шаровым клапаном. Если циклон устанавливают до вентилятора (на всасывание), то вода отводится из нижней части кожуха вентилятора. При установке циклона после вентилятора (на нагнетание) на сливном патрубке циклона следует предусматривать гидравлический затвор. Загрязненная вода после циклона может быть отведена в канализацию или направлена для очистки на локальную установку (фильтры) с целью повторного использования ее в оборот-

ном цикле. Расход воды в циклонах составляет 0,1 – 9,45 м<sup>3</sup>/ч в зависимости от их размеров и скорости движения воздуха во входном патрубке.

*Скрубберы центробежные* применяют для очистки воздуха от пыли. Воду на орошение стенок подают из сопел под напором 2 м через промежуточный бачок объемом 50 л, оборудованный поплавковым клапаном. Промывное устройство скруббера обычно работает непосредственно от сети внутреннего водопровода периодически и кратковременно (по 2-3 мин). В скрубберах для подачи на орошение устанавливают от трех до шести сопел, а для промывки – от двух до четырех сопел. Расход воды на орошение составляет 0,17 – 0,34 л/с, на промывку – 1,1 – 2,2 л/с. Максимальный одновременный расход воды 1,27 – 2,54 л/с.

В системах теплоснабжения и вентиляции большое значение имеет применение оборотных систем водоснабжения, в частности, систем для охлаждения компрессоров, кондиционеров и др. Применяют импортные и отечественные установки для охлаждения воды – градирни. Большой интерес представляют малогабаритные теплообменники (градирни), разработанные ВНИИ ВОДГЕО (канд. техн. наук Е.И. Прохоров): «Росинка», «Тайфун» заводского изготовления; градирни типа ГМ – круглые в плане, и ГМВ – прямоугольные, на разную гидравлическую нагрузку от 2 до 20 м<sup>3</sup>/ч и от 5 до 200 м<sup>3</sup>/ч и более, противоточные и поперечноточные с сетчатой или решетчатой структурой оросителей, с верхним или боковым расположением вентиляторов.

## ТЕМА 2. ВОДООТВЕДЕНИЕ (КАНАЛИЗАЦИЯ) ЗДАНИЙ И ОТДЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

### 2.1. Системы водоотведения зданий различного назначения

Система водоотведения (канализация) предназначена для удаления из здания загрязнений, образующихся в процессе санитарно-гигиенических процедур, хозяйственной и производственной деятельности человека, а также для отведения атмосферных и талых вод.

Системы водоотведения различают:

- по способу сбора и удаления загрязнений:
  - *сплавная система* может быть централизованной (при наличии в зданиях внутреннего водопровода). Система предназначена для приема загрязнений и разбавления водой и транспортирования сточных вод за пределы здания в дворовую сеть. Сплавная система может быть самотечная или напорная;
  - *выводная система* предусматривает децентрализованный (местный) сбор загрязнений и их вывоз транспортируемыми средствами на очистные сооружения.
- по назначению и характеристике сточных вод:
  - *бытовая* – для водоотведения хозяйственно-бытовых сточных вод;
  - *производственная* – для водоотведения производственных сточных вод;
  - *дождевая* (внутренние водостоки) – для водоотведения дождевых и талых вод с кровель зданий.

Твердые отходы (мусор) удаляют *мусоропроводами*, которые можно отнести к системам водоотведения – канализование твердых отходов.

- по сфере обслуживания:
  - *объединенные системы*, предназначенные для сбора и отведения за пределы здания хозяйственно-бытовых, производственных и дождевых сточных вод (применяются, если возможна совместная очистка);
  - *раздельные системы* применяют, когда сточные воды по составу загрязнений не допускается отводить в наружную канализационную сеть (предварительная очистка).
- по способу транспортирования загрязнений:
  - *трубопроводная*;
  - *лотковая* (лотки, каналы, перекрытия от засоров).
- по устройству вентиляции сети:
  - *с вентилируемыми стояками*;

– с невентилируемыми стояками (применяют в одно- и двухэтажных зданиях).

- по наличию специального оборудования:

- простые системы без специального оборудования;

- со специальным оборудованием – с местными установками для перекачки или предварительной очистки сточных вод перед их отведением в наружную канализационную сеть.

Система водоотведения (рис. 2.1) состоит из следующих элементов: приемники сточных вод 1, гидравлических затворов 2, внутренней водоотводящей сети 3, местных установок для очистки и перекачки сточных вод 4, выпусков 5.

Приемники сточных вод принимают загрязненную сточную воду и отводят ее в водоотводящую сеть.

Гидравлические затворы предотвращают попадание вредных газов из водоотводящей сети в помещение.

Внутренняя водоотводящая сеть собирает и отводит сточные воды от приемников в дворовую канализационную сеть.

Установки для перекачки сточных вод предусматриваются на сети в том случае, если наружная сеть расположена выше дворовой сети.

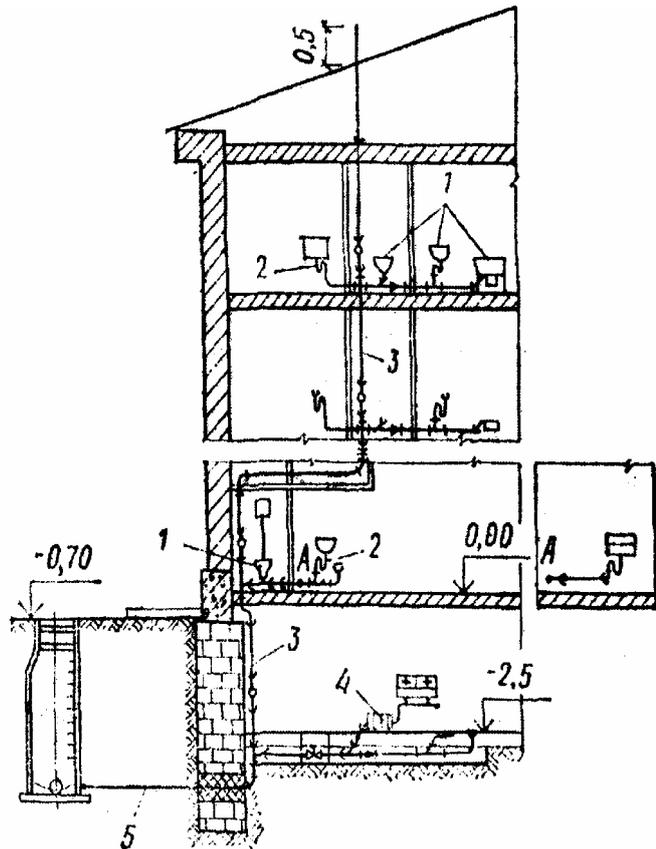


Рис. 2.1. Элементы системы водоотведения

## 2.2. Материалы и оборудование

**Трубы.** Для устройства сети внутренней канализации применяют чугунные, пластмассовые, асбестоцементные, керамические, железобетонные (бетонные) и стальные трубы.

**Чугунные трубы** (ГОСТ 6942.19-80) диаметром 50, 100, 150 мм, длиной 500 – 2200 мм, с внутренней изоляцией на основе нефтяного битума. Трубы соединяют с помощью раструбов на конце каждой трубы или со-

единительных фасонных частей. Кольцевые зазоры раструбов стыковых соединений заполняют просмоленной льняной прядью, асбестоцементом или асфальтовой мастикой. К соединительным (фасонным) частям относятся: отводы 110°, 120°, 135°, крестовины прямые и косые, колена 90°, тройники прямые 90° и косые 45°, 60°, отступы, муфты, патрубки переходные и компенсационные [2, с. 89].

*Пластмассовые трубы* изготавливают из полиэтилена низкой плотности (ПНП) и высокой плотности (ПВП) ГОСТ 18599-83\*, а также непластифицированного поливинилхлорида (ПВХ) ГОСТ 19034-82\*. Полиэтиленовые трубы диаметром 50 – 100 мм можно применять в районах с температурой воздуха не ниже -20°C. Трубы из ПВХ диаметром 50 – 100 мм более морозостойки (до -30 °С).

Пластмассовые трубы применяют в бытовой и производственной канализации для транспортирования сточных вод с температурой не выше 40 °С.

*Асбестоцементные безнапорные трубы* ГОСТ 1839-80 диаметром 100 – 400 мм длиной 2950 – 3950 мм применяют для внутренних сетей производственной канализации и для дворовых сетей, если они защищены от механических повреждений. Соединяют асбестоцементные трубы асбестоцементными муфтами с резиновыми уплотнительными кольцами. При использовании чугунных муфт и фасонных частей зазор между трубой и муфтой заделывают аналогично чугунным трубам.

*Керамические трубы* ГОСТ 286-82 раструбные с внутренней глазурированной поверхностью диаметром 150 – 600 мм длиной 80 – 1000 мм применяют для дворовых канализационных сетей.

При соединении керамических труб заделывают гладкий конец трубы в раструбе зачеканкой просмоленной льняной прядью и цементным раствором или асфальтовой мастикой.

*Железобетонные и бетонные безнапорные трубы* выпускают по ГОСТ 6482.-88. Для систем канализации применяют безнапорные гладкие раструбные трубы диаметром 150 мм и более и длиной 1000 мм. Трубы соединяют муфтами с резиновым кольцевым уплотнением, а раструбные соединения выполняют с зачеканкой раструбов цементным раствором.

*Стальные трубы* ГОСТ 3262-75 для уменьшения коррозии покрывают асфальтовым или асфальто-песковым лаком. Их соединяют на резьбе, сварке или на клею.

*Ревизии* [2, с. 91] позволяют прочищать трубу в обоих направлениях. Устанавливают их на вертикальных и горизонтальных участках. На стояках ревизии устанавливают не реже чем через три этажа, как правило, в верхних и нижних этажах и выше отступов.

*Прочистки* устанавливают в местах, где требуется прочистка труб только в одном направлении. Их выполняют в виде косо́го тройника и отвода 135° или двух отводов 135°, обеспечивающих плавный вход прочищающего троса в трубу. Сверху раструб закрывают заглушкой на легкоплавкой мастике или сурико-лиловой замазке.

На горизонтальных участках сети канализации наибольшие допустимые расстояния между ревизиями или прочистками надлежит принимать согласно [1, табл. 6].

Приемники сточных вод [2, с. 92 – 100] собирают загрязненную воду и отводят ее в водоотводящую сеть. Приемники сточных вод разделяются на два вида: санитарные приборы, собирающие бытовые сточные воды, и приемники производственных сточных вод.

*Ванны* ГОСТ 1154-80 с изм. изготавливают круглобортные и прямобортные шириной 700 и 750 мм, длиной 1500 и 1700 мм, глубиной 445 и 460 мм. Высота расположения борта ванны 0,6 м. Объем ванны 100 – 200 л.

Ванны изготавливают из эмалированного чугуна и стали. Ванны оборудуют выпуском, переливом и напольным сифоном.

*Умывальники* ГОСТ 23759-85 изготавливают из керамики (фарфор, фаянс) или пластмассы длиной 500, 550, 600, 650 мм, шириной от 300 до 600 мм, глубиной 135 – 150 мм. Умывальники выпускают различной формы (прямоугольные, овальные, полукруглые и др.). Оборудуются умывальник выпуском диаметром 32 – 40 мм для соединения с сифоном. Умывальники устанавливают на высоте 0,8 м от пола, в детских учреждениях и школах от 0,5 до 0,7 м. Умывальники крепят к стене с помощью кронштейнов, открытых или скрытых в борту умывальника.

*Мойки* изготавливают чугунными эмалированными и стальными согласно ГОСТ 7506-83 и ГОСТ 24843-81\*. Мойки имеют одно или два отделения. Мойки на одно отделение изготавливают размером 500×600 или 600×600 мм, с двумя отделениями – 1000×600 и 800×600 мм. Глубина чаши мойки 170 – 200 мм, их оборудуют выпуском с решеткой диаметром 40 мм, к которому присоединяют гидрозатвор.

*Унитазы* изготавливают размерами 460×360×400 мм для взрослых и 405×290×330 мм для детей ГОСТ 22847-85 из керамики (фаянса, фарфора) с глазурированной внутренней поверхностью двух типов: тарельчатые и воронкообразные (выполаскивающие и сифонирующие). Унитазы выпускают напольными для установки на полу и консольными – для крепления к стене. Напольные унитазы крепят к доске (тафте), укрепленной к полу, или приклеивают к бетонному полу с помощью эпоксидного клея.

Промывные устройства выполняют в виде емкостей (смывных бачков) или арматуры, подающей воду непосредственно из водопроводной сети (смывных кранов) [2, с. 95 – 98].

*Трапы* – приемники для отвода сточных вод с поверхности пола, из сборных лотков в канализационную сеть – изготавливают из чугуна с эмалированной или асфальтированной внутренней поверхностью [2, с. 100]. Трапы бывают со встроенным или приставным гидравлическим затвором, с прямым или косым выпуском (ГОСТ 1811-81). Размеры трапов в плане 200×200 мм при диаметре выпуска 50 мм; 300×300 – при 100 мм. Глубина трапов соответственно равна 130 и 195 мм.

Трапы тщательно заделывают в полу с надежной гидроизоляцией. Трапы следует устанавливать, следуя рекомендациям [1, п. 16.8, 16.9].

*Гидрозатворы* (сифоны) задерживают вредные газы из системы канализации слоем воды высотой 50 – 70 мм [2, с. 101]. Наибольшее распространение получили сифоны диаметром 50 мм, двухоборотные, косые, прямые, с ревизией, бутылочные.

Для ванн применяют напольные сифоны. Сифоны изготавливают из чугуна, керамики, пластмасс и резины.

### **2.3. Трассировка и устройство водоотводящей сети. Вентиляция сети**

Трассировка внутренней водоотводящей сети производится с таким расчетом, чтобы сточные воды удалялись из здания по кратчайшему пути. Перед трассировкой сети на планах и разрезах здания определяют число и места расположения приемников сточных вод. Размещение санитарно-технических приборов на планах и разрезах, в большинстве случаев, намечают архитекторы.

В соответствии с технологической частью проекта около оборудования, требующего отвода стоков, следует размещать воронки или другие приемники сточных вод.

Во избежание загрязнения машин для приготовления и переработки пищевых продуктов, устройств для мойки посуды в общественных и административных зданиях, ванн бассейнов обязательно предусматривается разрыв струи не менее 20 мм от верха приемной воронки.

Трапы устанавливают в помещениях как можно ближе к стояку с таким расчетом, чтобы обеспечивался уклон пола к трапу 0,01 – 0,02.

После каждого санитарно-технического прибора предусматривается гидрозатвор (за исключением приборов, в которых он имеется). Производ-

стенные мойки (мочные ванны) должны иметь гидрозатворы диаметром 50 мм для каждого отделения. Гидравлические затворы можно не предусматривать для приемников незагрязненных производственных стоков или загрязненных только механическими примесями (окалина, шлам) при выпуске их в отдельную сеть.

В местах сосредоточения приемников сточных вод предусматривают стояки. Для уменьшения числа стояков желательно, чтобы приемники сточных вод располагались группами и друг над другом по этажам. Стояки размещают у колонн ограждающих конструкций по возможности ближе к приемникам (унитазам), в которые поступают наиболее загрязненные стоки, с таким расчетом, чтобы длина отводящих труб была минимальной. Во избежание замерзания не рекомендуется устраивать стояки около наружных стен, дверей, ворот.

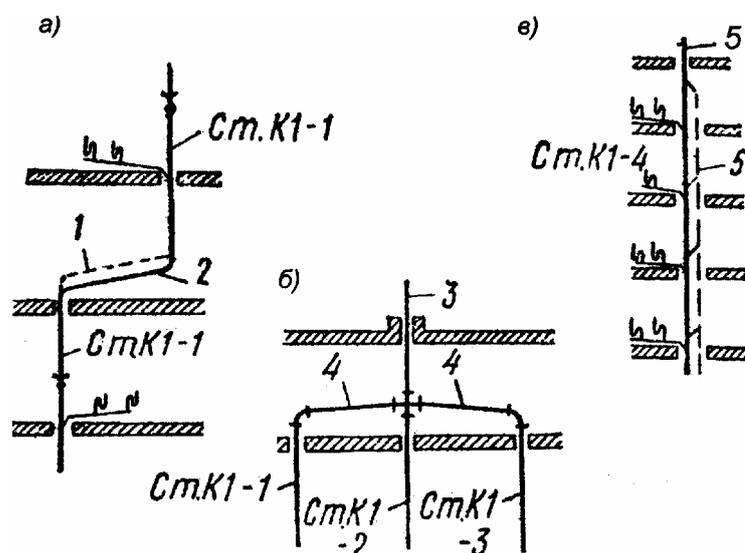


Рис. 2.2. Вентиляция водоотводящей сети

Стояки устанавливают вертикально с минимальным числом изгибов, горизонтальных участков (перекидок) и отступов. Если ниже к стояку присоединены санитарные приборы, отступы устанавливать не рекомендуется. Не допускается присоединять санитарные приборы к перекидкам.

Для обеспечения нормальной вентиляции стояка рекомендуется прокладывать вентиляционную трубу 1 диаметром 50 мм параллельно отступам 2 (рис. 2.2, а) и горизонтальным участкам.

Отводные трубопроводы присоединяют к гидрозатворам санитарно-технических приборов и прокладывают к стояку прямолинейно с постоянным уклоном. Санитарные приборы в разных квартирах на одном этаже

подключают к отдельным отводным трубопроводам. Боковые ответвления присоединяют с помощью косых тройников и крестовин (прямые крестовины и тройники не применяют).

Стояк сверху переходит в вытяжную часть, которая предусматривается во всех зданиях высотой более пяти этажей. При меньшей этажности необходимость устройства вытяжной части проверяется расчетом. Вытяжную часть устраивают для предотвращения отсасывания воды из гидравлических затворов («срыва затвора») при образовании вакуума в стояке во время сброса жидкости и для вентиляции внутренней и наружной сети. Конструкцию вытяжной части принимают в зависимости от назначения кровли (неэксплуатируемая, эксплуатируемая) и высоты здания. На неэксплуатируемой кровле предусматривают простую вытяжную часть, диаметр которой равен диаметру стояка.

Высота вытяжной части над кровлей должна быть 0,3 – 0,5 м, расстояние до обреза вентиляционной шахты – не менее 0,1 м, до открываемых окон и балконов – не менее 4 м. Не разрешается присоединять вытяжную часть к вентиляционным системам и дымоходам. На эксплуатируемых кровлях (кафе, площадки) и в тех случаях, когда недопустимо большое число проколов кровли, используют вытяжную часть 3 со сборным трубопроводом 4, объединяющим несколько стояков (рис. 2.2, б). Диаметр сборного трубопровода и вытяжной трубы принимают не менее 100 мм при общем числе приборов на стояках не более 120 и диаметр 125 мм – при числе приборов не более 300. На эксплуатируемых кровлях вытяжная труба выводится на высоту не менее 3 м.

В зданиях, где нежелательна или невозможна установка вытяжных частей (каскадные здания, стилобаты и т. д.), допускается устройство сборного трубопровода без вентиляционной трубы при объединении не менее трех стояков.

Отдельный вентиляционный стояк 5 (рис. 2.2, в) устраивают в высотных зданиях (более 20 этажей) в тех случаях, когда невозможно проложить стояк большего диаметра или два параллельных стояка.

Стояк водоотводящей сети в нижней части плавно (двумя отводами 135° или косым тройником и отводом) присоединяют к горизонтальному трубопроводу, который прокладывают так же, как отводные трубопроводы к выпуску.

Стояки и отводящие трубопроводы в жилых зданиях располагают обычно сзади или сбоку унитаза в санитарном узле. При размещении кухни в отдалении от санитарного узла прокладывают отдельный стояк для отвода стоков от моек. В типовых жилых и общественных зданиях стояки

размещают вместе со стояками водоснабжения в санитарно-технических блоках, панелях, кабинах, которые монтируют одновременно со строительными конструкциями здания, что позволяет сократить объем монтажных работ на строительной площадке.

В здании трубопроводы прокладывают прямолинейно. Для изменения направления трубопровода и присоединения санитарно-технических приборов применяют фасонные части. Трубы прокладывают открыто – в подпольях, подвалах, цехах, подсобных и вспомогательных помещениях, коридорах, технических этажах и в специальных помещениях, предназначенных для размещения сетей, с креплением к конструкциям зданий (стенам, колоннам, потолкам, фермам и др.), а также на специальных опорах, или скрыто – с заделкой в строительные конструкции перекрытий, под полом (в земле, каналах), в панелях, бороздах стен, под облицовкой колонн (в приставных коробах у стен), в подшивных потолках, санитарно-технических кабинах, вертикальных шахтах, под плинтусом в полу.

Прокладка внутренних водоотводящих сетей не допускается: под потолком, в стенах и в полу жилых комнат, больничных палат, спальных помещений, лечебных кабинетов, обеденных, зрительных залов, электрощитовых, приточных вентиляционных камер и помещений, требующих особого санитарного режима; под потолком (открыто или скрыто) кухонь, помещений предприятий общественного питания, торговых залов, складов пищевых продуктов и ценных товаров, вестибюлей; помещений, имеющих ценное художественное оформление; производственных помещений в местах установки производственных печей, на которые не допускается попадание влаги; помещений, где производятся ценные товары и материалы, качество которых снижается от попадания на них влаги.

Трубы бытового водоотведения в магазинах, столовых, кафе, буфетах ограждают коробом, а места пересечений перекрытий стояками герметично перекрывают цементными или другими диафрагмами.

Крепления труб располагают под раструбами на расстоянии не более 2 м для горизонтальных участков чугунных труб и не более 3 м – для вертикальных участков.

При прокладке трубопроводов под полом наименьшая глубина заложения труб принимается из условия предохранения труб от разрушения под действием постоянных и временных нагрузок. Трубопроводы, прокладываемые в помещениях, где по условиям эксплуатации возможно их механическое повреждение, должны быть защищены, а участки сети, эксплуатируемые при отрицательных температурах, – утеплены. В бытовых

помещениях допускается прокладка труб на глубине 0,1 м от поверхности пола до верха трубы.

Выпуски располагают, по возможности, с одной стороны здания перпендикулярно наружным стенам так, чтобы длина горизонтальных линий, соединяющих стояки, была минимальной.

В жилых домах проектируют, как правило, один выпуск на секцию, который выводят во двор. В зданиях с техническими подпольями и неэксплуатируемыми подвалами целесообразно устраивать два или один торцевой выпуск. Выпуски присоединяют к дворовой сети в колодце под углом не менее 90°. Расстояние между стенами здания и колодца принимается не менее 3 м. Максимальная длина выпуска (от оси прочности или стояка до оси колодца) принимается 6; 7,5; 10 м при диаметрах труб, соответственно, 50; 100; 150 мм, что позволяет ликвидировать засоры через прочистку, установленную перед выпуском. При большей длине выпуска необходимо предусматривать дополнительный колодец.

В месте пересечения выпуска с фундаментом устраивают проемы размером не менее 300×300 мм при диаметре выпуска 50 – 100 мм и не менее 400×400 мм – при диаметре 125 – 150 мм. При прокладке выпуска ниже фундамента устраивают футляр из бетонных или железобетонных труб или предусматривают местное заглубление фундамента не менее чем на 100 мм ниже основания трубы.

За пределами здания выпуск прокладывают ниже глубины промерзания грунта или не более чем на 0,3 м выше этой глубины. При необходимости выпуск можно прокладывать на меньшей глубине, обеспечивая теплоизоляцию. Минимальная глубина его заложения 0,7 м. При большом заглублении дворовой сети на выпуске устраивают перепад в виде водослива при разности отметок менее 0,3 м, при большей разнице отметок – перепад в виде стояка сечением не менее сечения подводящего трубопровода.

Материал труб водоотводящей сети выбирают с учетом требований прочности, коррозионной стойкости и экономичности. Наиболее часто для внутренних сетей используют раструбные чугунные и пластмассовые трубы. Для выпусков применяют также асбестоцементные трубы. Диаметр труб и уклон определяются расчетом или конструктивно исходя из условия незасоряемости. Максимальные уклоны для труб всех диаметров не более 0,15.

После нанесения элементов водоотводящей сети на планы и разрезы здания составляют аксонометрическую схему, на которой показывают места расположения устройств для прочистки сети. Ревизии и прочистки размещают в следующих местах: на стояках в нижнем и верхнем этажах при

отсутствии на них отступов, а при наличии отступов – также и на выше-расположенных над отступами этажах; в жилых зданиях высотой пять этажей и более – не реже, чем через три этажа; в начале участков (по движению стоков) отводных труб при числе присоединяемых приборов три и более, под которыми нет устройств для прочистки; на поворотах сети – при изменении направления движения стоков, если участки трубопроводов не могут быть прочищены через другие участки; перед выпусками из здания. На горизонтальных участках наибольшее расстояние между ревизиями и прочистками принимается согласно СНиП 2.04.01-85\*.

На подвесных трубопроводах, прокладываемых под потолком, следует устанавливать прочистки, выводимые в вышележащий этаж, устраивая люк в полу или размещая открыто в зависимости от назначения помещения. Ревизии и прочистки размещают в местах, удобных для обслуживания. На подземных трубопроводах ревизии устанавливают в колодцах.

Не разрешается устанавливать ревизии на стояках бытовой канализации, проходящей через предприятия общественного питания; на сети, проходящей через производственные и складские помещения предприятий общественного питания и помещения для приема, хранения и подготовки товаров к продаже; в подсобных помещениях магазинов ревизии можно не устанавливать. При установке ревизии на стояке, расположенном в борозде, на уровне низа смотрового люка предусматривается цементная диафрагма для предотвращения попадания стоков во внутреннее пространство борозды.

#### **2.4. Дворовая и микрорайонная водоотводящие сети**

Из здания сточные воды отводятся в наружную уличную сеть через систему трубопроводов, которая, в зависимости от расположения ее на территории населенного пункта или промышленного предприятия, называется дворовой, внутриквартальной или внутриплощадочной (заводской).

*Дворовая сеть 2* (рис. 2.3, а) принимает стоки от выпусков *1* внутренней сети одного или нескольких домов.

*Внутриквартальная (микрорайонная)* сеть обслуживает большую группу зданий и, в зависимости от размеров и положения, может приближаться к дворовой или иметь магистральную линию, к которой присоединяются боковые ответвления (дворовые сети), собирающие воду от выпусков отдельных зданий.

*Внутриплощадочные (заводские)* сети включают участки, соединяющие отдельные выпуски из зданий, и магистральные участки, проложенные по проездам или в других местах предприятия.

Дворовые, внутриквартальные и внутриплощадочные сети устраивают из керамических, асбестоцементных, бетонных труб. Чугунные трубы применяют в особых условиях (вечномерзлые, просадочные грунты и т. д.). Трасса дворовой, внутриквартальной и внутриплощадочной сети зависит от расположения зданий, выпусков, наружной канализационной сети и других коммуникаций, рельефа местности.

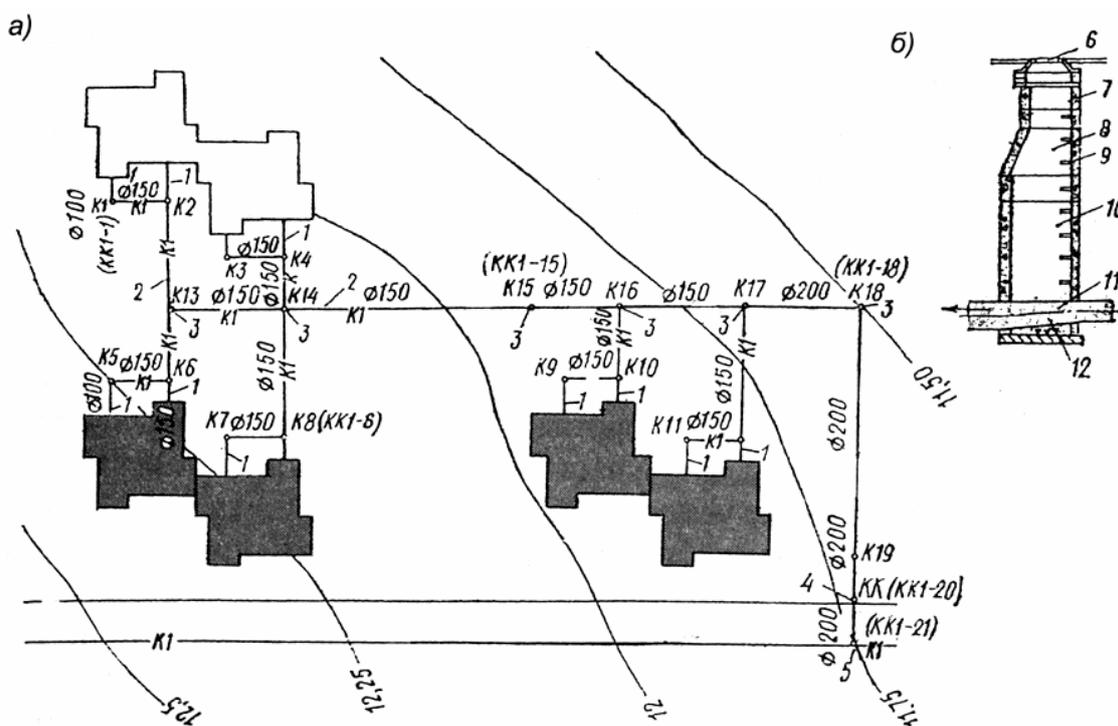


Рис. 2.3. Дворовая водоотводящая сеть

Трубопроводы прокладывают, как правило, параллельно зданиям по направлению к магистральным линиям и наружной сети так, чтобы направление движения стоков совпадало с уклоном местности. Протяженность сети должна быть минимальной. Не следует прокладывать сеть по территории, где в будущем предполагается застройка. Расстояние от стены здания принимается не менее 3,0 – 5,0 м, чтобы при проведении земляных работ не повредить основание здания.

Расстояние между внутриквартальной сетью и другими коммуникациями принимают в соответствии со СНиП на составление генеральных планов. Боковые присоединения и повороты трассы должны производиться под углом не менее 90°, так как при остром угле создаются встречные потоки, происходит выпадение осадков и засорение труб.

Перед присоединением к наружной сети на расстоянии 1,0 – 1,5 м от красной линии застройки устанавливают контрольный колодец 4 (см. рис.

2.3, а). Присоединение к наружной сети желательнее производить в одной точке к имеющемуся колодцу 5.

Для контроля за работой сети и ее прочистки устраивают смотровые колодцы 3 в местах присоединения выпусков, на поворотах, в местах изменения диаметров и уклонов труб, на прямых участках на расстоянии не более 35 м при диаметре труб 150 мм и 50 м – при диаметре труб 200 – 450 мм.

Колодцы (рис. 2.3, б) устраивают из сборных железобетонных элементов или кирпича. При диаметре труб до 200 мм и глубине колодца до 2 м диаметр его принимается 700 мм; при больших диаметрах и глубинах – 1000 мм и более. Колодцы перекрывают чугунными люками 6 диаметром 650 мм со съёмными крышками. На дне колодца 12 устраивают лоток 11, над которым расположена рабочая камера 10 высотой не менее 1800 мм и диаметром более 1000 мм, соединяющаяся с люком горловиной 7. Между рабочей камерой и горловиной находится переходный конус 8 или плита. Для спуска в колодец предусматривают скобы 9.

Диаметр и уклон труб определяют расчетом. На участках между колодцами прокладывают трубы одного диаметра с постоянным уклоном без перегибов и изломов. Трубы различного диаметра сопрягают по высоте в колодцах, обычно «шелыга в шелыгу», т. е. верхний свод обеих труб находится на одном уровне.

Начальная глубина заложения сети определяется глубиной заложения выпуска в начале сети. При необходимости (малая глубина заложения колодца наружной сети и т. д.) она может быть уменьшена, а трубы должны быть защищены от промерзания или механического повреждения. Уклон трубопровода следует выбирать с таким расчетом, чтобы заглубление труб было минимальным.

## **2.5. Расчет систем водоотведения**

Нормы водоотведения, приведенные в СНиП 2.04.01-85\*, устанавливают в зависимости от назначения и степени благоустройства здания, климатических и местных условий в соответствии с нормами водопотребления.

Нормативные расходы сточных вод, диаметры и уклоны отводных линий принимают по [5, табл. IV.3].

Суточные и часовые нормы водоотведения близки к нормам водопотребления без учета безвозвратно потерянной водопроводной воды. Режим водоотведения зависит от режима водопотребления, характеризуется тоже неравномерностью и должен оцениваться вероятностными характеристика-

ми, связывающими число одновременно действующих приемников сточных вод и число потребителей, пользующихся приемниками сточных вод.

Суточные, часовые и секундные расходы сточных вод можно вычислять по методике определения расходов в системе водоснабжения зданий. При малых расходах воды в системе водоснабжения наблюдаются залповые сбросы сточных вод, расчетный расход которых отличается от расхода воды из водопровода. При больших расходах воды, т.е. когда сбрасывают сточные воды большого числа приемников, расчетный расход сточных вод приближается к расчетным расходам водопроводной воды:

– при  $q^{tot} < 8$  л/с (включая холодную и горячую воду)

$$q^s = q^{tot} + q_0^s; \quad (2.1)$$

– при  $q^{tot} > 8$  л/с

$$q^s = q^{tot}, \quad (2.2)$$

где  $q^{tot}$  – общий расчетный расход холодной и горячей воды на расчетном участке канализации, л/с;  $q^{tot} = 5q_0^{tot} \alpha$ ;  $q^s$  – расчетный расход сточных вод, л/с;  $q_0^s$  – удельный нормативный расход стоков, л/с, от приемника с наибольшим водоотведением [1, прил. 2];  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от общего числа приборов  $N$  на расчетном участке и вероятности их действия  $P$ , принимают по [1, прил. 4].

Скорость движения сточных вод должна быть не меньше скорости самоочищения (для трубопроводов диаметром до 150 мм включительно следует принимать не менее 0,7 м/с), чтобы не выпадали взвеси и загрязнения на дно трубопровода, а наполнение  $H/d = 0,3 - 0,5$  – из условия транспортирующей способности сточной жидкости.

Уклоны трубопроводов диаметром 50 мм рекомендуется принимать в пределах 0,025 – 0,035, диаметром 100 мм – 0,012 – 0,02, диаметром 150 мм – 0,007 – 0,01.

Сеть внутренней канализации обычно монтируют из канализационных труб диаметром 50 и 100 мм. Диаметры отводных линий и стояков не должны быть менее диаметров присоединенных к ним приемников сточных вод.

В жилых зданиях, где применяют санитарно-технические кабины или блоки, водоотводящую сеть не рассчитывают. Подвергают расчету лишь выпуски, объединяющие группы стояков.

Канализационные выпуски из здания и сборные линии проверяют на выполнение условия

$$v\sqrt{H/d} \geq K, \quad (2.3)$$

где  $K = 0,5$  – для пластмассовых труб,  $K = 0,6$  – для чугунных труб.

Гидравлический расчет горизонтальных трубопроводов с определением диаметров, уклонов, скоростей и наполнений выполняют, применяя формулы или используя номограммы (2, с. 112 – 113).

## 2.6. Местные установки во внутренних системах водоотведения. Теплоуловители, бензомаслоуловители

Местные установки для перекачки сточных вод предусматриваются в том случае, если водоотведение нельзя реализовать самотеком. Вначале проводят предварительную трассировку дворовой канализационной сети на генеральном плане объекта и определяют требуемую (ориентировочную) отметку в колодце наружной сети по формуле

$$z = z_1 - H_{нач} - il, \quad (2.4)$$

где  $z_1$  – отметка земли у здания;  $H_{нач}$  – начальная глубина заложения, м (обычно глубина промерзания  $H_{пр}$  минус 0,3 м),  $i$  – номинальный уклон трубопроводов дворовой сети (при  $d_y = 150$  мм принимают уклон 0,008);  $l$  – длина дворовой сети от здания (от самого удаленного выпуска) до колодца наружной сети, м.

Если  $z$  меньше отметки лотка в колодце наружной сети, то водоотведение возможно самотеком, если незначительно больше (0,2 – 0,3 м), то необходимо провести точный расчет; при большой разнице следует уменьшить начальную глубину заложения и утеплить трубу. Если отметка  $z$  получается все же больше, необходимо применить установку для перекачки.

Для перекачки сточных вод применяют насосные установки с приемным резервуаром, погружные насосы, установленные в колодце, пневматические установки.

*Насосные установки с приемным резервуаром* (рис. 2.4, а) по конструкции аналогичны водопроводным установкам. Однако необходимо учитывать особенности, обусловленные значительной загрязненностью перекачиваемых сточных вод. В зависимости от вида стоков применяют насосы фекальные, песковые, кислотостойкие и т. п. Обычно используют канализационные центробежные насосы, имеющие увеличенные зазоры между лопастями и корпусом для свободного прохождения твердых частиц. Эти насосы оборудованы люками для осмотра и очистки рабочих колес и приспособлениями для очистки колес от грязи. Марка насосов и число рабочих агрегатов определяются расчетом. При установке двух однотипных

рабочих насосов принимается один резервный, если более двух рабочих насосов – два резервных.

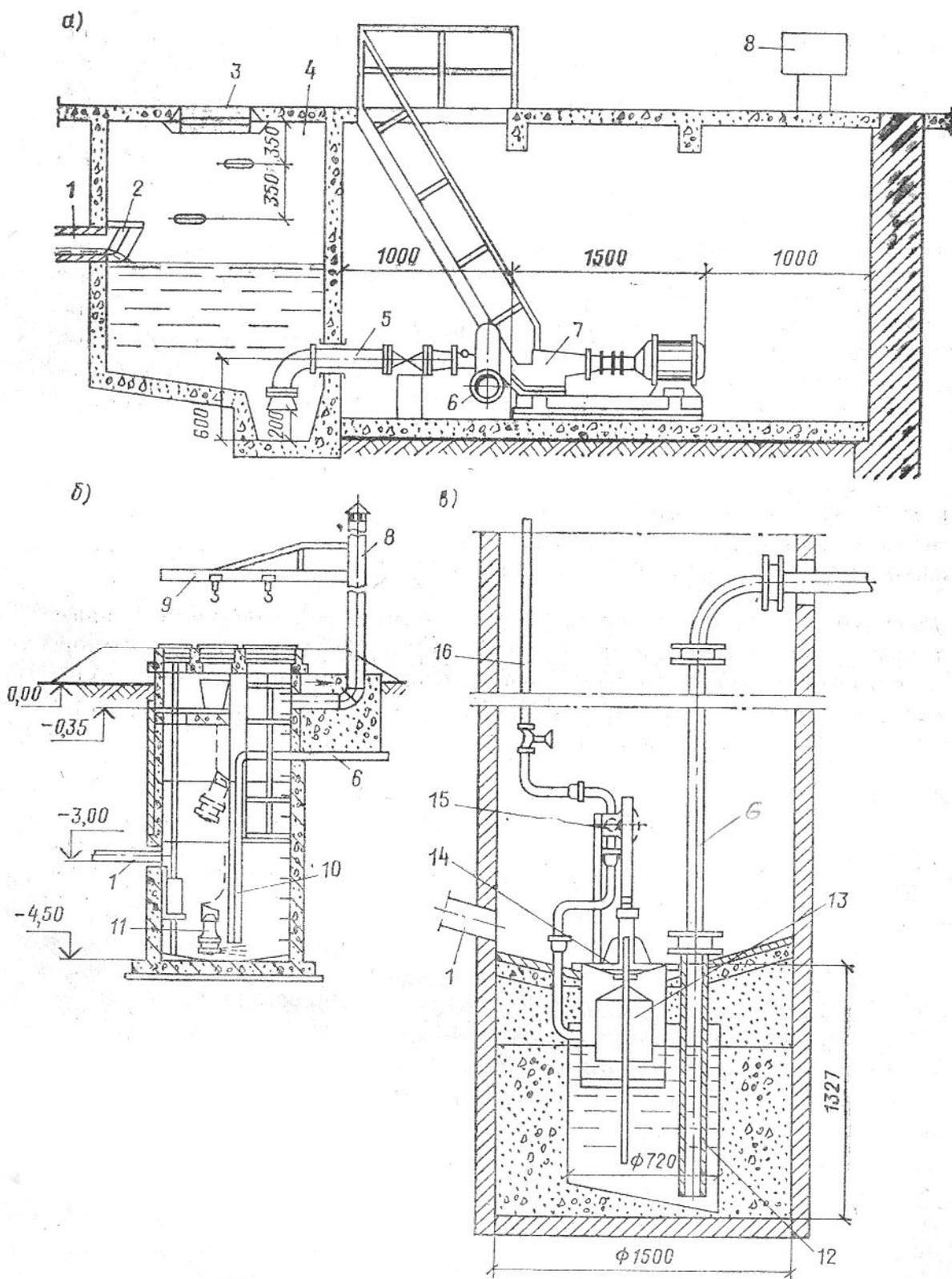


Рис. 2.4. Местные установки для перекачки сточных вод

Насосы располагают под заливом (ниже уровня воды в резервуаре). При размещении насосов выше уровня воды в резервуаре высота всасывания не должна превышать величины, допускаемой для насосов данного типа. Кроме того, необходимо предусмотреть надежно действующие устройства для залива насосов водой. К каждому насосу подводится всасывающая линия 5 с подъемом к насосу не менее 0,005. По напорной линии 6 стоки подаются в вышерасположенный колодец. Насосные установки проектируют с автоматическим и ручным пуском.

Приемный резервуар 4 изготавливают из бетона или железобетона и покрывают гидроизоляцией. При наличии в сточных водах крупных примесей на подающем трубопроводе 1 в резервуаре устанавливают решетку 2 с зазорами 20 – 30 мм. Резервуар оборудуют крышкой 3, указателем уровня, устройством для взмучивания осадка и приточной-вытяжной вентиляцией 8. Объем резервуара определяют расчетом.

Для перекачки сточных вод целесообразно применять специальные погружные насосы 11 (рис. 2.4, б), которые размещают в колодцах. Насосы работают в автоматическом режиме. Для ремонта насосы поднимают на поверхность по направляющим 10 с помощью электротали 9.

*Пневматические установки* (рис. 2.4, в) используют для перекачки небольшого количества сточных вод. Стоки перекачивают с помощью сжатого воздуха. В стальной резервуар 12 (объемом до 1 м<sup>3</sup>) по подающей трубе 1 через крышку 14 поступают сточные воды. При наполнении резервуара поплавки 13 поднимаются и открывают кран 15. По трубе 16 в резервуар 12 подается сжатый воздух, который выдавливает стоки в напорную трубу 6. При опорожнении резервуара поплавки 13 опускаются, кран 15 закрывается, и подача воздуха прекращается.

Установки для перекачки сточных вод, не имеющих ядовитого и неприятного запаха и не выделяющих вредных газы и пары, можно располагать в производственных и общественных зданиях. Установки для перекачки бытовых и производственных стоков, имеющих в своем составе токсические или быстро загнивающие загрязнения, а также для перекачки стоков, имеющих ядовитый и неприятный запах и выделяющих газы и пары, следует располагать в отдельно стоящем здании, подвале или изолированном помещении, а при отсутствии подвала – в отдельном отапливаемом помещении первого этажа, имеющем самостоятельный выход наружу или на лестничную клетку. Помещение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией. Приемные резервуары для указанных стоков необходимо размещать за пределами зданий в изолированных помещениях вместе с насосами. Запрещается размещать насосные станции системы во-

доотведения в жилых домах, детских учреждениях, больницах, предприятиях общественного питания, предприятиях пищевой промышленности, под рабочими помещениями административных зданий, учебных заведений, а также в зданиях и помещениях, к которым предъявляются повышенные требования по уровню шума.

Местные установки для перекачки сточных вод подбирают по расчетному расходу  $q_{p.к.}$  и давлению  $H_{p.к.}$ , равному или большему, чем перепад отметок дна приемного резервуара и поверхности земли у колодца или лотка трубы, в которые перекачиваются стоки, плюс потери давления.

Для насосных установок с приемным резервуаром (см. рис. 2.4, а) или погружными насосами (см. рис. 2.4, б) тип канализационных насосов для рабочего агрегата подбирают с таким расчетом, чтобы паспортные расход и давление были равны или больше требуемых  $q_{p.к.}$  и  $H_{p.к.}$ .

Объем приемного резервуара определяют в соответствии с часовым графиком притока сточных вод и режимом работы насосов так же, как объем резервуаров системы водоснабжения. В автоматических насосных установках объем резервуаров принимают исходя из условия включения насосов не более 6 раз в 1 ч, при отсутствии графика притока сточных вод – в зависимости от назначения здания и технологии производства из расчета на 5-10 %-ную производительность насосов, определенную по максимальному часовому расходу стоков.

Сточные воды из производственных систем перед сбросом в хозяйственно-бытовую канализацию или перед повторным использованием в оборотных системах подвергают очистке на местных установках (решетках, отстойниках, нефтеловушках, усреднителях, нейтрализаторах и т. д.). Схема очистки и вид сооружений определяются составом загрязнений.

*Решетки*, имеющие прозоры 5 – 20 мм, улавливают крупные примеси. Их располагают в лотках приемных резервуаров перед отстойниками.

*Песколовки* отделяют песок и другие тяжелые взвеси. Они выполняются в виде бетонных, кирпичных или стальных резервуаров. Песколовки могут быть горизонтальными и вертикальными. В горизонтальную песколовку (рис. 2.5, а) вода поступает через трубу 4 и со скоростью 0,15 – 0,3 м/с перемещается к отводной трубе. Тяжелые частицы оседают на дно резервуара 3, которое делается с уклоном, чтобы осадок собирался в одном месте. Очищенная вода отводится через трап 2 в водоотводящую сеть 1. Осадок периодически удаляется. Время пребывания воды в песколовке до 60 с.

*Жироуловители* (жироловки) могут быть индивидуальные, устанавливаемые после моек оборудования, посуды и т. д., и групповые, предусматриваемые для группы приборов в отдельном помещении. Наиболее

распространены групповые жирословители (рис. 2.5, б), устраиваемые в виде бетонного или кирпичного колодца-резервуара 3 с наклонным дном для сбора осадка. Стоки подаются по трубе под уровень воды со скоростью не более 0,005 м/с и проходят к отводной трубе 4. Жир всплывает и периодически удаляется с поверхности. Осадок отводится через спускную трубу 6. Для предотвращения выпадения осадка и ускорения отделения жира иногда применяют продувку жироловки воздухом. Время пребывания воды в жироловках 120 – 900 с.

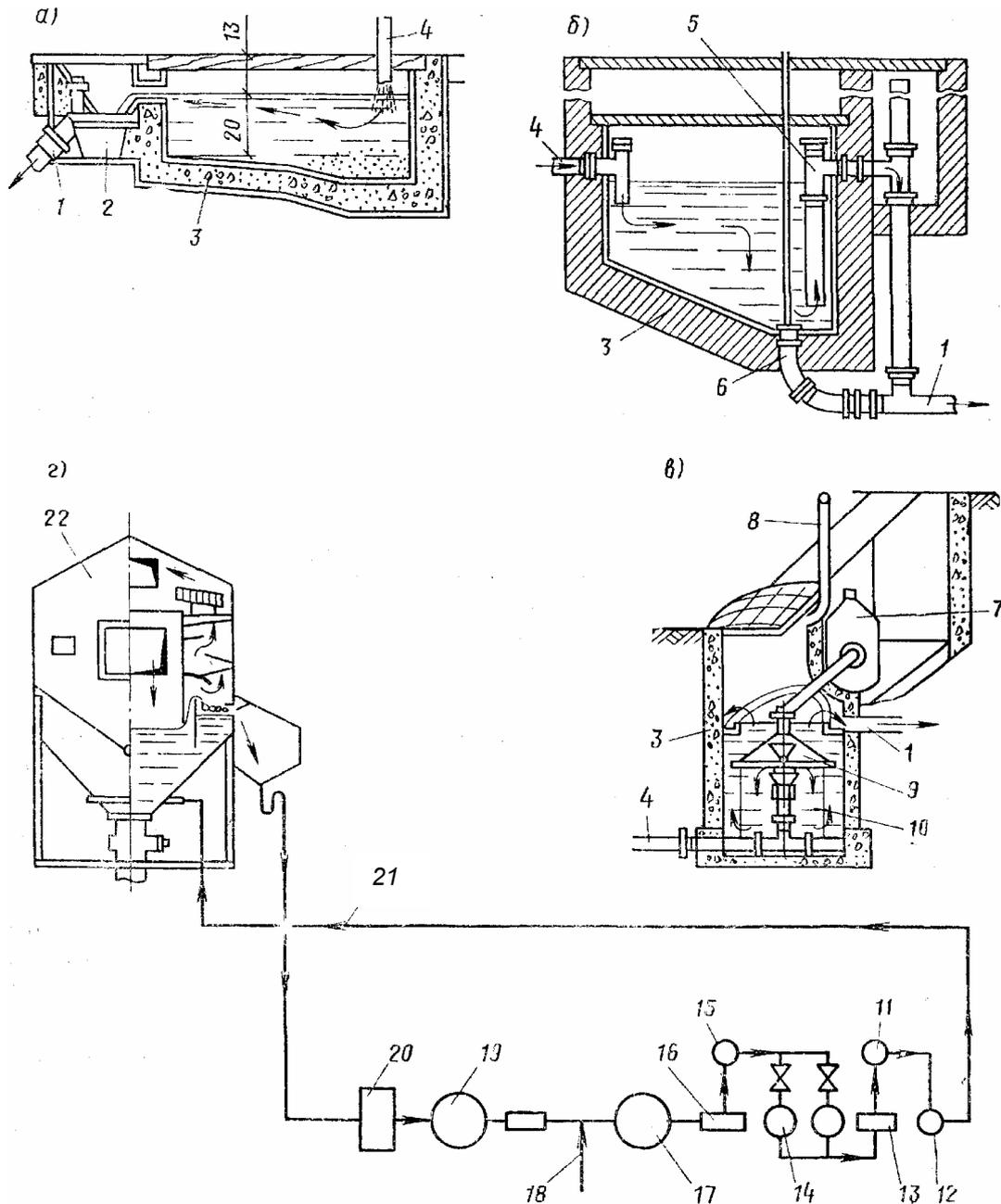


Рис. 2.5. Местные установки для очистки сточных вод

*Бензомаслоуловители* (рис. 2.5, в) собирают загрязнения, которые легче воды (масло, керосин, бензин и т. д.). Их устраивают в виде стального резервуара 10, в верхней части которого имеется конус 9. Вода по трубе 4 подается под конус 9 и распределяется по сечению уловителя. Скорость течения воды уменьшается, легкие загрязнения всплывают и собираются под конусом, откуда отводятся в маслобензосборник 7. Для вентиляции бензоуловителя предусмотрена труба 8. Во избежание скопления горючих веществ производительность установки запроектирована не более 5 – 6 л/с при скорости движения стоков не более 0,01 м/с. Объем бензомаслоуловителя принимается равным 30-кратному расчетному расходу стоков.

Местные установки для очистки стоков от систем пылеудаления, работающие в производственных оборотных системах (рис. 2.5, з), состоят из комплекса очистных сооружений. При очистке стоков от систем мокрого обеспыливания воздуха льноперерабатывающих предприятий загрязненная вода от пылеуловителя 22 подается на фильтроволокноуловитель 20 в отстойник 19, после которого вводится коагулянт  $Al_2(SO)_3$  по трубопроводу 18, и во вторичный отстойник 17. Осветленная вода насосом 15 забирается из бака 16 и подается на напорные фильтры 14. Для обеззараживания воды используется бактерицидная установка 12, в которую вода подается насосом 11 из бака очищенной воды 13. Очищенная вода поступает снова в пылеуловитель 22 по трубопроводу 21.

*Теплоуловители* (рис. 2.6), предназначенные для использования сбросного тепла, позволяют экономить до 30 % теплоты. Они состоят из теплообменных трубок 4, помещенных в резервуар 3, в который по каналу 1 подается вода из производственной канализации с температурой 45 °С.

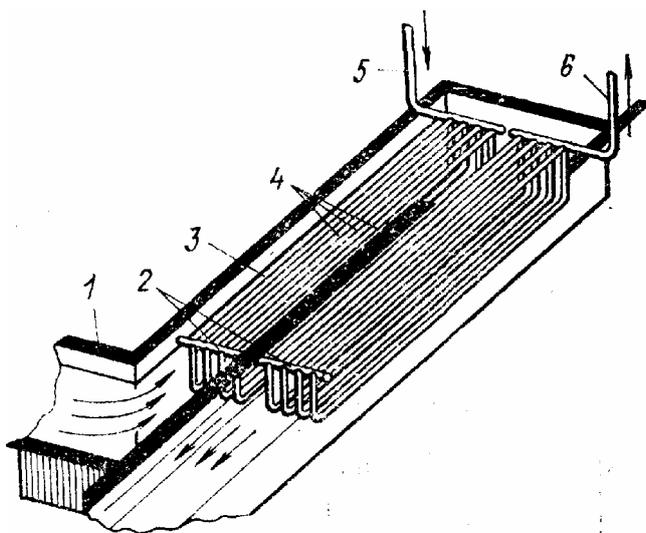


Рис. 2.6. Теплоуловитель

Нагреваемая вода с  $t = 5 - 10$  °С из промежуточного бачка, обеспечивающего разрыв струи, поступает через трубу 5 в первую секцию теплообменных трубок, нагревается и через коллектор 2 подается во вторую секцию теплообменных трубок. Нагретая до  $t = 18 - 20$  °С вода поступает через трубу 6 для последующего нагрева.

Местные установки для очистки сточных вод размещают внутри или за пределами зданий так, чтобы можно было их осматривать, очищать и ремонтировать. Отстойники, улавливающие быстрозагнивающие примеси или легковоспламеняющиеся жидкости, располагают за пределами зданий. Расчет этих установок производится в соответствии со СНиП 40-03-99.

## **2.7. Мусороудаление, гидравлическое золошлакоудаление**

В процессе жизнедеятельности людей образуются различные отбросы и отходы, представляющие собой бытовой мусор.

В современных населенных пунктах применяют две системы сбора и удаления отходов и отбросов за пределы зданий: вывозную и сплавную.

*Вывозная система* предусматривает сбор и транспортировку мусора на сортировочные мусороперерабатывающие предприятия или организованные свалки, расположенные за пределами города.

При удалении отбросов с помощью мусоропроводов, отбросы собирают в бункеры мусоропроводов, а затем в специальных контейнерах или мусоровозах вывозят за пределы домовладения.

Такие системы применяются в многоэтажных зданиях, гостиницах, общежитиях.

### *Сплавная система*

Мусороудаление основано на использовании сети внутренней канализации. Такая система мусороудаления получила название сплава мусора в канализацию. Система предусматривает установку непосредственно под мойками или раковинами мусородробилок, в которых пищевые отходы измельчаются, разбавляются водой из расчета 8 – 10 л на 1 – 1,5 кг пищевых отходов и сбрасывается в канализационную сеть здания.

Недостатки:

1) отбросы, не поддающиеся дроблению, собираются в отдельные сборники;

2) удорожание системы канализации;

3) создание шума, превышающего санитарные нормы.

Сплавная система не нашла широкого распространения.

Мусоропроводы в зданиях могут быть трех типов: сухие холодные, горячие (огневые) и мокрые.

Наибольшее распространение получили *холодные мусоропроводы* (рис. 2.7), состоящие из ствола (вертикального канала) диаметром 400 – 500 мм, выполняемого из гладких труб (асбестоцементных или бетонных), проходящего через все этажи здания, приемных клапанов размером

0,33×0,25 м, устанавливаемых на высоте 0,85 – 0,9 м от пола на каждом этаже или через этаж, нижней приемной камеры, где собирается сбрасываемый мусор, и верхней камеры, предназначенной для чистки ствола. Нижнюю приемную камеру оборудуют бункером объемом 0,35 – 1 м<sup>3</sup>, рассчитанным на трехсуточное накопление мусора, мусоросборниками вместимостью 80 – 100 л, поливочным краном диаметром 25 мм, раковиной с подводкой холодной и горячей воды, трапом для отвода воды при мытье пола. Полу камеры придают уклон 0,02 по направлению к трапу. Площадь камеры должна быть не менее 3 – 4 м<sup>2</sup>, высота – не менее 2,5 м.

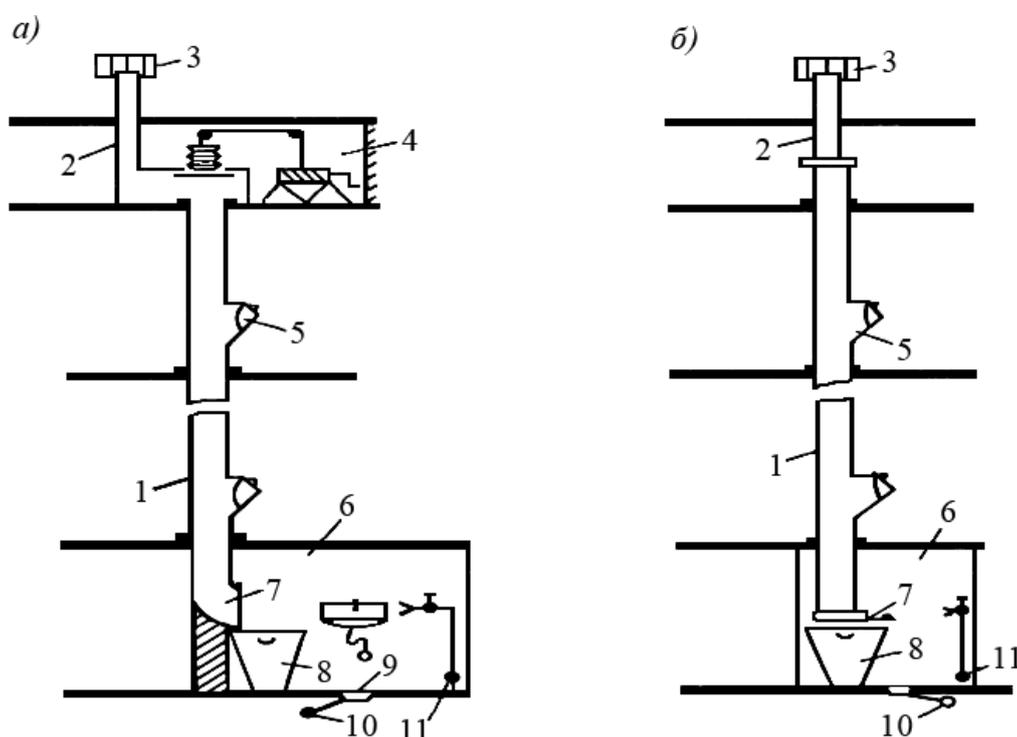


Рис. 2.7. Схема холодных сухих трубопроводов: *а* – с верхней и нижней камерами (полная схема); *б* – то же, упрощенная схема; 1 – ствол (шахта); 2 – вентиляционная труба; 3 – дефлектор; 4 – верхняя камера; 5 – приемный кран; 6 – нижняя камера; 7 – бункер с шибером; 8 – мусоросборник; 9 – трап; 10 – канализация; 11 – холодный и горячий водопровод

Верхнюю камеру (короб очистки) оборудуют устройствами для прочистки ствола, а также вытяжной трубой для обеспечения вентиляции мусоропровода. Вытяжная труба должна возвышаться над кровлей не менее чем 0,5 м и заканчиваться дефлектором, который улучшает работу вытяжной вентиляции мусоропровода.

*Огневые мусоропроводы* устраивают главным образом в лечебных учреждениях, предусматривая уничтожение инфекционных сбросов непосредственно на месте их сбора.

Накопленный мусор периодически, не реже одного раза в сутки, в ночное время сжигают с удалением продуктов сгорания через ствол в дымовую трубу. Нижнюю камеру мусоропровода оборудуют специальным устройством для подачи газа и сжигания отходов.

Ввиду сложности устройства, скопления образующейся золы и шлака, большого задымления воздушного бассейна города применение огневых мусоропроводов ограничено.

*Мокрые мусоропроводы* состоят из шахты (ствола) с приемными клапанами, в верхней части которой имеется специальное распределительное устройство для подачи воды для орошения и обмыва внутренней поверхности ствола. Внизу под стволом размещают приемный резервуар, оборудованный устройством для дробления мусора и сборником, соединенным с системой внутренней канализации. Дробильное устройство автоматически производит сортировку мусора с отделением неорганических веществ и металла.

Мокрые мусоропроводы предусматривают возможность сбора не только сухих, но и мокрых отходов.

Мокрые мусоропроводы недостаточно гигиеничны, требуют большого расхода электроэнергии и воды, специального дорогого оборудования, поэтому в настоящее время не применяются.

В котельных для удаления шлака, а также золы, улавливаемой фильтрами, применяют систему *гидро-золошлакоудаления* (рис. 2.8).

Зола и шлаки из бункеров топочной камеры и электрофильтров смываются шлакосмывным 2 и золосмывным 3 аппаратами в золошлаковые каналы 4 и 5, откуда через дробилку 6, металлоулавливатель 7 багерным насосом 8 транспортируются в золошлакоотвал 9. Осветленная вода собирается в резервуар 10 и перекачивается насосом 11 в бассейн осветленной воды 12, в который по трубопроводу 13 подается подпиточная вода. Насос 1 подает воду в шлакозолосмывные аппараты 2 и 3.

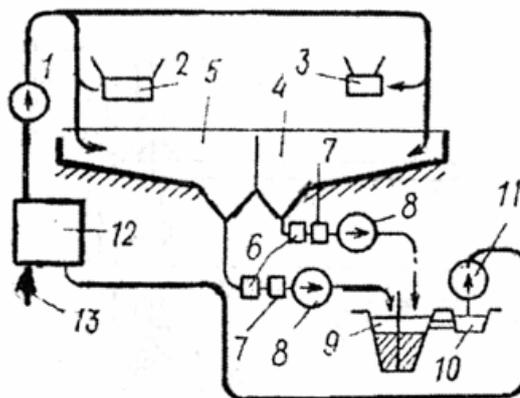


Рис. 2.8. Шлакозолоудаление

## 2.8. Внутренние водостоки

Отвод атмосферных осадков (дождевых и талых вод) с кровель современных зданий осуществляется по трубопроводам, расположенным

внутри здания (внутренним водостокам). Область применения регламентируется [1, п. 20].

Внутренние водостоки состоят из следующих основных элементов: водосточных воронок, отводных трубопроводов (стояков, коллекторов, выпусков) и устройств для осмотра и прочистки (ревизий, прочисток, смотровых колодцев).

Внутренние водостоки должны удалять воду с кровли зданий как при положительных, так и при отрицательных температурах наружного воздуха.

Схема сети внутренних водостоков может быть перпендикулярной и пересеченной (рис. 2.9). При перпендикулярной схеме каждый стояк оборудуется отдельным выпуском, отводящим дождевые сточные воды за пределы здания. В пересеченной схеме все стояки присоединяют к сборному коллектору, оборудованному одним выпуском.

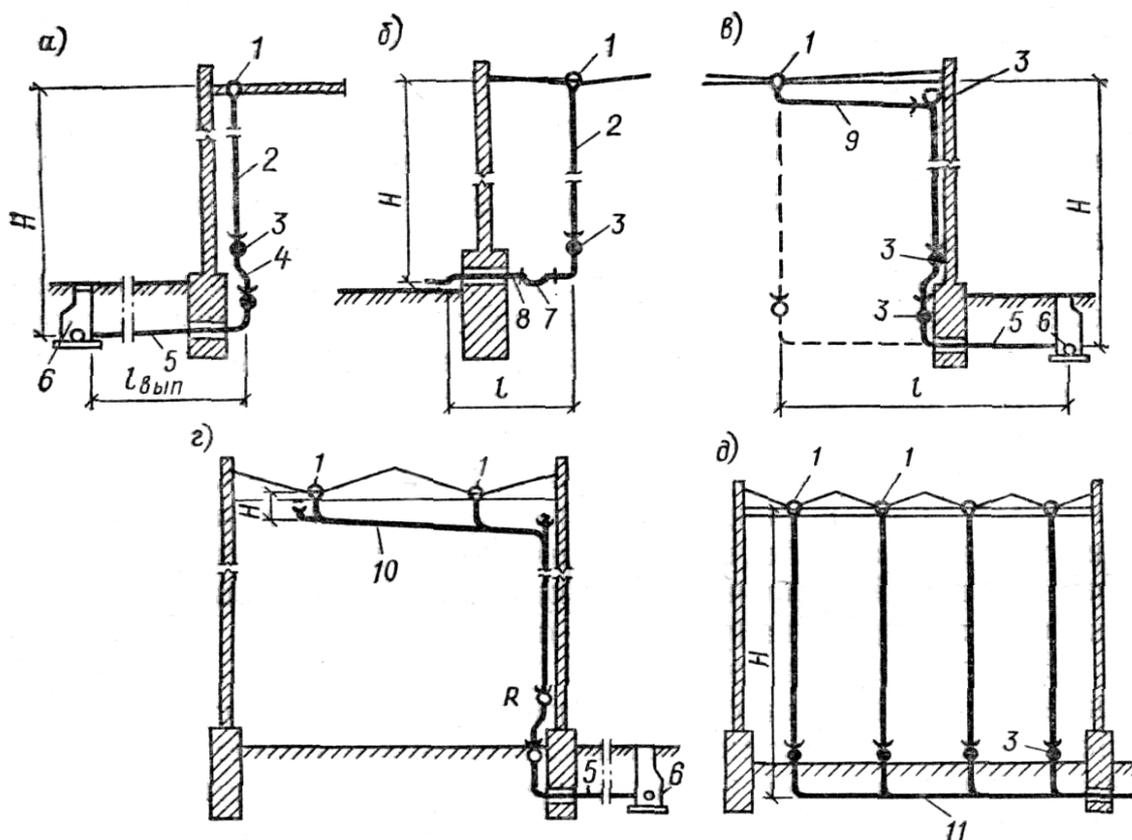


Рис. 2.9. Схемы внутренних водостоков перпендикулярные (а, б, в) и пересеченные (г, д): 1 – водосточная воронка; 2 – стояк; 3 – прочистка и ревизия; 4 – отступ; 5 – выпуск; 6 – приемный колодец; 7 – гидрозатвор; 8 – открытый выпуск; 9, 10 – подвесная линия; 11 – сборный трубопровод

При устройстве внутренних водостоков особое значение приобретает установка водосточных воронок. Водосточные воронки бывают двух типов:

колпаковые и плоские. Для жилых зданий с плоскими неэксплуатируемыми кровлями рекомендуется принимать воронки Вр-7А с патрубком условным проходом 80 мм (рис. 2.10, а). Для промышленных и общественных зданий с плоскими кровлями, заполняемыми водой, рекомендуется применять воронки Вр-9 с патрубком условным проходом 100 мм (рис. 2.10, б), а с незаполняемыми водой – воронки Вр-8 (рис. 2.10, в), для зданий с плоскими эксплуатируемыми кровлями применяют воронки Вр-10 с  $D_y = 150$  мм.

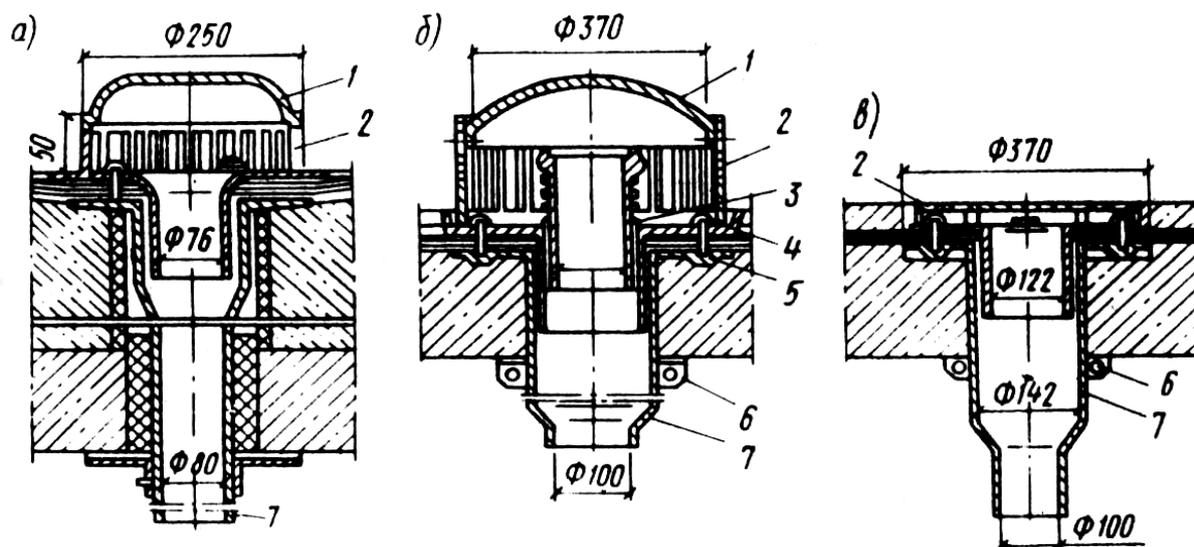


Рис. 2.10. Водосточные воронки и присоединения их к водосточной сети: а – воронка Вр-7А; б – воронка Вр-9; в – воронка Вр-8; 1 – колпак; 2 – решетка; 3 – вставной стакан; 4 – глухая гайка; 5 – прижимное кольцо; 6 – хомут; 7 – сливной патрубок

Водосточные воронки устанавливают с учетом рельефа кровли и допускаемой на одну воронку площади водосбора. Максимальное расстояние между воронками не должно превышать 48 м. Водосточные воронки размещают по обе стороны брандмауэрных стен и температурных швов, в пониженных участках ендов, по внутренней продольной оси здания. Уклон участков кровли и ендов в сторону воронок должен быть не менее 0,005. Воронки заделывают в перекрытие с устройством водонепроницаемого соединения, чтобы влага не проникала в перекрытие. Гидроизоляционный слой покрытия (кровли) выпускают на фланец сливного патрубка, зажимают сверху фланцем приемной решетки и заливают битумной мастикой. Под фланец воронки иногда дополнительно подкладывают рубероид и мешковину, пропитанную битумом. Воронки присоединяют к стоякам с помощью компенсационных раструбов с эластичной заделкой.

Пропускную способность воронок определяют расчетом или принимают по рекомендациям [1, п. 16].

Для устройства водосточной сети применяют чугунные (ненапорные и напорные), пластмассовые и асбестоцементные трубы. На подвесных сборных линиях при наличии вибрационных нагрузок допускается применение стальных трубопроводов. Отводные подвесные трубопроводы прокладывают с уклоном 0,005, а подпольные – с уклоном менее 0,02.

Водосточные стояки в жилых зданиях прокладывают в отапливаемых помещениях лестничных клеток, в коридорах и других подсобных помещениях зданий. Прокладка стояков может быть открытой (по стенам, фермам, колоннам) или скрытой (в бороздах внутренних стен зданий, в коробках, шахтах). Замоноличивание труб в блоки и стеновые панели не допускается.

Ревизии для чистки трубопроводов устанавливают на подвесных отводных линиях диаметром 50 – 200 мм через 10 – 25 м, на стояках выше отступов и в нижней части стояков. После ревизии водосточный стояк плавно переходит в выпуск, длина которого определяется от стояка до оси дворового колодца, такой выпуск называют «закрытым». Выпуск устраивают длиной не более 15 м при диаметре трубы 100 мм и не более 20 м – при диаметре 150 мм и более.

В отдельных случаях при отсутствии дворовой дождевой сети организуется сброс воды открыто на тротуар, отмостку – в лотки, кюветы, устроенные на поверхности земли. Такой выпуск называется «открытым».

Открытый выпуск устраивают от поверхности отмостки здания не ниже 200 мм с уклоном не менее 0,008 и оборудуют гидрозатвором (сифоном) высотой не менее 100 мм.

Заделка выпуска в фундаменте здания выполняется аналогично заделке канализационного выпуска. Открытый выпуск в месте пересечения с наружной стеной фундамента здания изолируют минеральной ватой слоем не менее 50 мм с заделкой отверстия с обеих сторон цементным раствором.

## РАЗДЕЛ 2. ВОДОСНАБЖЕНИЕ

### 3.1. Системы и схемы водоснабжения

Системы водоснабжения – это комплекс инженерных сооружений, предназначенных для забора воды из источника водоснабжения, ее очистки, хранения и подачи к потребителям. Системы водоснабжения классифицируются по ряду признаков:

- по виду обслуживаемого объекта:

- *городские;*
- *поселковые;*
- *промышленные;*
- *железнодорожные и т.д.*

- по назначению:

- *хозяйственно-питьевые;*
- *производственные;*
- *противопожарные.*

- по способу подачи воды:

- *самотечные* (гравитационные);
- *напорные* (с помощью насосов).

Системы водоснабжения могут быть объединенными (едиными), неполно раздельными и раздельными.

Системы водоснабжения могут обслуживать как один объект, так и несколько объектов. Эти системы называют групповыми.

Систему водоснабжения, обслуживающую несколько крупных объектов, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, называют районной системой водоснабжения.

В случаях, когда отдельные части территории имеют значительную разницу в отметках, устраивают зонные системы водоснабжения.

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

На рис. 3.1 приведена схема водоснабжения населенного пункта с забором воды из поверхностных источников (реки). Речная вода поступает в водозаборное сооружение, из которого насосами станции 1-го подъема подается на очистные сооружения. Очищенная вода поступает в резервуары чистой воды, откуда забирается насосами станции 2-го подъема для подачи по водоводам и магистральным трубопроводам в водопроводную сеть, распределяющую воду по отдельным районам и кварталам населенного пункта.

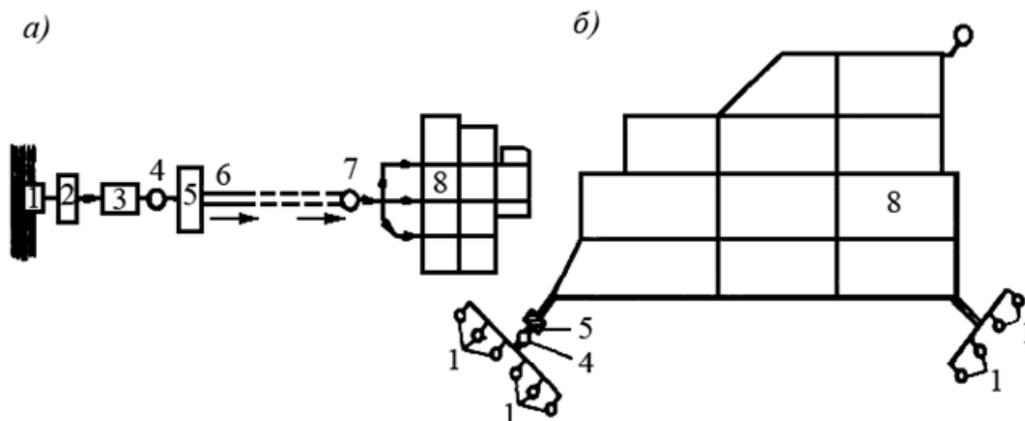


Рис. 3.1. Схема водоснабжения с забором воды из поверхностного источника (а) и с забором воды из подземного источника (б): 1 – сооружения водозаборные; 2 и 5 – сооружения для подъема и перекачки воды; 3 – сооружения очистки воды; 4 – резервуары чистой воды; 6 – водоводы; 7 – водонапорная башня; 8 – водопроводная сеть

На территории населенного пункта (обычно на возвышенности) сооружается водонапорная башня, которая, как и резервуары чистой воды, служит для хранения и аккумуляции запасов воды.

При использовании в качестве источника водоснабжения подземных вод схема водоснабжения значительно упрощается. В этом случае очистные сооружения обычно не нужны, так как подземные воды часто не требуют очистки. В некоторых случаях не устраивают также резервуары чистой воды и насосные станции 2-го подъема, так как вода может подаваться в сеть насосами, установленными в буровых скважинах.

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

На рис. 3.2 приведена схема прямоточного водоснабжения промышленного предприятия.

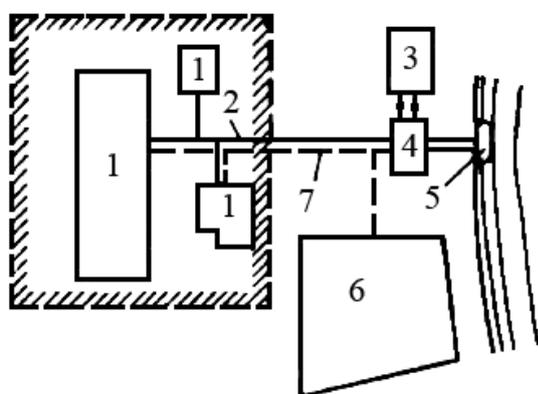


Рис. 3.2. Схема прямоточного водоснабжения промышленного предприятия

Насосная станция 4, расположенная вблизи водозаборного сооружения 5, подает воду для производственных целей в цехи 1 по сети 2. Для хозяйственно-противопожарных нужд поселка 6 и цехов 1 насосная станция 4 подает воду в самостоятельную сеть 7. Предварительно воду очищают на очистных сооружениях 3.

Воду, использованную в технологическом процессе, удаляют в

водоотводящую сеть и после соответствующей очистки сбрасывают в водоем ниже по течению относительно объекта водоснабжения.

На рис. 3.3 приведена схема оборотного водоснабжения промышленного предприятия. Нагретую воду по самотечному трубопроводу 10 подают к насосной станции 2, откуда насосами 7 перекачивают для охлаждения воды (брызгальные бассейны, градирни). Охлажденную воду по самотечному трубопроводу 6 возвращают на насосную станцию 2 и насосами 8 по напорным трубопроводам 9 направляют в цехи предприятия 1. При оборотном водоснабжении часть воды (3 – 5 % общего расхода) теряется. Для восполнения потерь воды в систему подают свежую воду по трубопроводу 5.

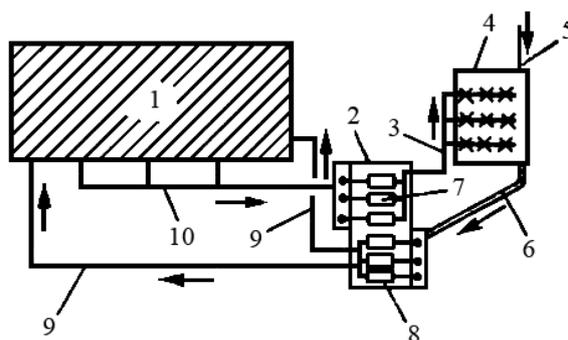


Рис. 3.3. Схема оборотного водоснабжения промышленного предприятия

Оборотное водоснабжение экономически выгодно, когда промышленное предприятие расположено на значительном расстоянии от источника водоснабжения или на значительном возвышении по отношению к нему, так как при прямоточном водоснабжении в этих случаях 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 водоотводящую сеть. Применение такой схемы водоснабжения экономически целесообразно, когда необходимо сократить расход свежей воды.

### 3.2. Нормы и режим водопотребления

Нормой водопотребления называют количество воды, расходуемое 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 2.04.02-84, табл. 1 в зависимости от степени благоустройства районов жилой застройки и климатических условий.

Для районов застройки зданиями, в которых водопользование осуществляется из водоразборных колонок, среднесуточная (за год) норма водопотребления на одного жителя принимается 30 – 50 л/сут.

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

Для определения общего расхода воды в населенном пункте на хозяйственно-питьевые нужды необходимо дополнительно учитывать расходование воды рабочими в период их пребывания на производстве: в цехах со значительным тепловыделением – 45 л, а в остальных цехах – 25 л на каждого рабочего в смену. Помимо этого, на производствах, связанных с необходимостью принятия душа, должен быть предусмотрен расход воды из расчета 500 л/ч на одну душевую сетку в течение 45 мин.

Если на благоустройство территории населенных пунктов и промышленных предприятий (поливка и мойка покрытий проездов и площадей, полив зеленых насаждений, газонов и цветников) используется вода из централизованной системы водоснабжения, то необходим ее учет в соответствии со следующими данными (7, табл. 3).

Число поливок в сутки принимается в зависимости от местных климатических условий.

*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.

*Нормы потребления воды для тушения пожаров.* Эти нормы также устанавливают по СНиП 2.04.02-84. Расчетный расход воды на тушение пожаров в населенных пунктах определяют по табл. 5, а на промышленных предприятиях – по табл. 7, 8. Для промышленного предприятия определяют расход воды для тушения пожаров в отдельных зданиях.

Расчетное число одновременных пожаров для объединенного противопожарного водопровода населенного пункта и расположенного вне населенного пункта промышленного предприятия или сельскохозяйственно-

го производственного комплекса принимают в зависимости от площади территории предприятия и числа жителей 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 надзора.

Расчетная продолжительность тушения пожара принимается 3 часа. Расчетный расход на пожаротушение должен быть обеспечен при наибольшем расходе на другие нужды.

Максимальный срок восстановления неприкосновенного противопожарного расхода, хранящегося в резервуарах, составляет 1 – 2 сут.

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

$$K_{сут} = Q_{\max}^{сут} / Q_{cp}^{сут}, \quad (3.1)$$

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

На промышленных предприятиях коэффициент суточной неравномерности хозяйственно-питьевого водопотребления принимают равным 1, т.е. считают, что водопотребление равномерно в течение года.

Коэффициент суточной неравномерности потребления производственной воды устанавливают технологи соответствующих производств.

В течение суток потребление воды также неравномерно: ночью оно меньше, чем днем. Колебания потребления воды по часам суток зависит от расчетного числа жителей. Чем меньше населенный пункт, тем эта неравномерность больше.

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

$$K_{ч} = Q_{\max}^{час} / Q_{cp}^{час}. \quad (3.2)$$

Режим водопотребления, т.е. изменение расхода воды по часам суток, принято представлять в виде таблиц или графиков (ступенчатый и интегральный). На рис. 3.4 приведен ступенчатый график водопотребления. Как видно из рис. 3.4, в течение суток вода расходуется неравномерно.

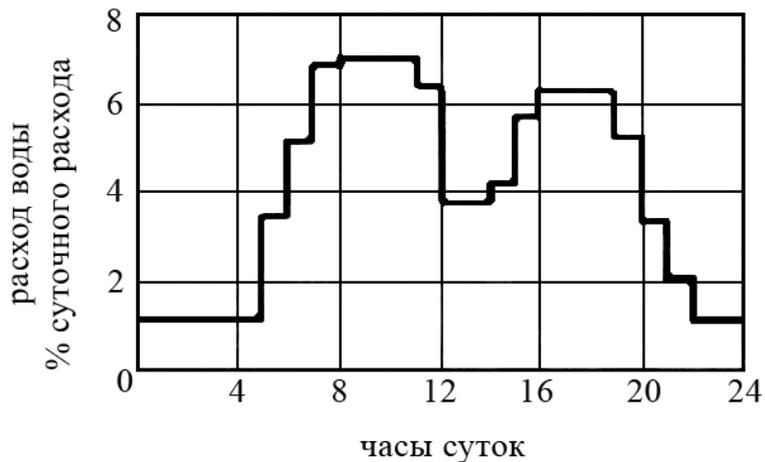


Рис. 3.4. Ступенчатый график водопотребления

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. 3.5).

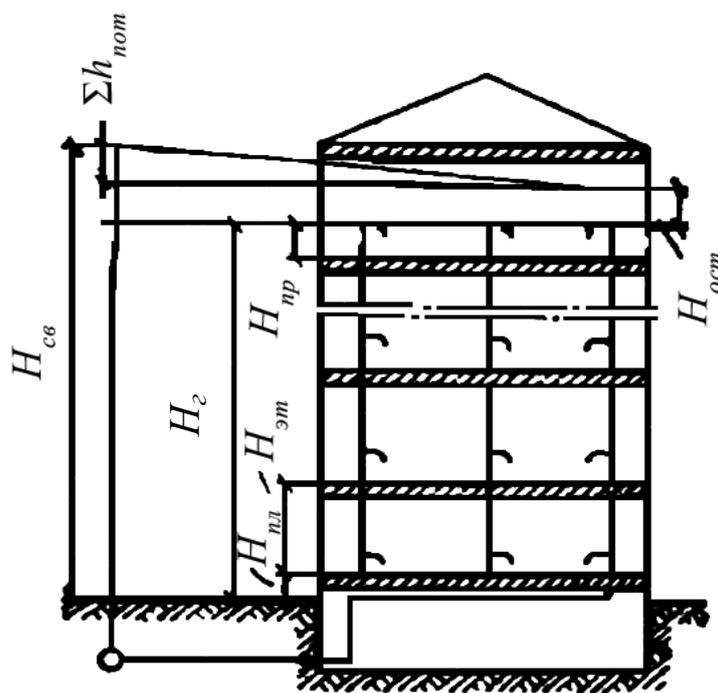


Рис. 3.5. Схема подачи воды из наружной сети в здание

Этот напор, м, называют свободным  $H_{св}$  или необходимым.

$$H_{св} = H_2 + \sum h_{ном} + H_{ост}, \quad (3.3)$$

где  $H_2$  – геометрическая высота подачи воды, от поверхности земли до самой высокой водоразборной точки, м;  $\sum h_{ном}$  – потери напора во внут-

ренной сети, вводе и водомерном узле, м;  $H_{ост}$  – остаточный напор у диктующего прибора, м.

Геометрическую высоту подачи  $H_z$ , м, определяют по формуле

$$H_z = H_{пл} + (n - 1)H_{эт} + H_{пр}, \quad (3.4)$$

где  $H_{пл}$  – превышение отметки пола 1-го этажа над поверхностью земли (планировочная высота);  $n$  – число этажей в здании;  $H_{эт}$  – высота этажа здания;  $H_{пр}$  – высота расположения диктующего прибора над полом.

Для предварительных расчетов свободный напор при одноэтажной застройке принимают равным 10 м, а при большей этажности прибавляют по 4 м на каждый дополнительный этаж. Свободный напор в наружной сети производственного водоснабжения назначают в соответствии с требованиями технологии производства. При отборе воды из системы городского водоснабжения на нужды пожаротушения допускается снижение свободного напора до 10 м в точках сети, наиболее неблагоприятно расположенных в отношении напоров (наиболее удаленные и высокорасположенные).

При устройстве на промышленных предприятиях специальных противопожарных водопроводов высокого давления требуемый свободный напор должен быть достаточным для создания струй воды при непосредственном ее заборе из пожарных гидрантов.

### **3.3. Устройство и оборудование водопроводной сети**

#### **3.3.1. Трассировка, материалы, оборудование**

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 водопроводные сети бывают тупиковые (разветвленные) (рис. 3.6, а) и кольцевые (рис. 3.6, б). Тупиковые сети выполняют для небольших объектов водоснабжения, допускающих перерывы в снабжении водой. Эти сети целесообразны при непосредственном 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.

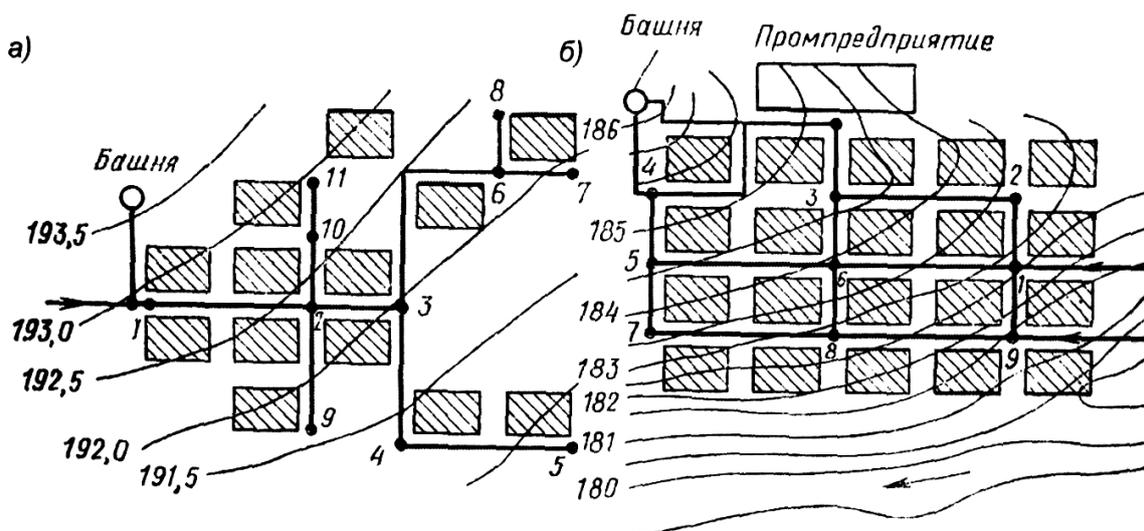


Рис. 3.6. Конфигурация сети: а – тупиковая; б – кольцевая

Для городских и производственных водопроводов, как правило, устраивают кольцевые сети. При проектировании и гидравлическом расчете все линии сети условно разделяются на магистральные и распределительные.

Для устройства наружного водопровода применяют трубы чугунные, стальные, асбестоцементные, железобетонные, пластмассовые и др.

*Чугунные трубы* выпускают двух типов: по ГОСТ 9583-75 диаметром 65 – 1200 мм на рабочее давление 1,0 МПа с раструбным стыковым соединением, которое уплотняют канатной прядью и заделывают цементным раствором, и по ГОСТ 21053-75 диаметром 65 – 300 мм на рабочее давление до 2,0 МПа со стыковым соединением под резиновые уплотнительные манжеты.

Чугунные трубы с противокоррозийным 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 сортаментов: электросварные прямошовные (ГОСТ 10704-91, ГОСТ 10706-76 и ГОСТ 10705-80) и со спиральным швом (ГОСТ 8696-74); водогазопроводные по ГОСТ 3262-75 и др.

Стальные трубы соединяют сваркой. Фасонные части к ним изготавливают из вырезаемых по шаблонам и свариваемых между собой отрезков труб.

С целью предохранения стальных труб от коррозии с наружной стороны их покрывают битумно-резиновой изоляцией, а также используют метод катодной защиты.

*Асбестоцементные трубы* (ГОСТ 539-80) изготавливают заводским способом на рабочее давление 0,6 – 1,5 МПа 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.

Трубы стыкуются с помощью асбестоцементных и чугунных муфт на резиновых уплотнителях.

Для устройства водопроводов применяют *железобетонные трубы* диаметрами 500 – 1600 мм (ГОСТ 12586-74 и ГОСТ 16953-78), которые имеют гибкое раструбное стыковое соединение. Герметичность стыкового соединения обеспечивается применением резинового уплотнительного кольца круглого сечения.

Для наружных сетей водоснабжения применяют *пластмассовые напорные трубы* из полиэтилена низкой и высокой плотности (ГОСТ 18599-83\*), поливинилхлорида (ТУ 6-19-231-83) и полипропилена (ТУ 38-102-100-89) диаметром до 230 мм на рабочее давление до 1,0 МПа. Соединяют трубы путем сварки и склеивания.

Для нормальной эксплуатации водопроводной сети на ней устанавливают следующую арматуру: запорно-регулирующую (задвижки, 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 клинковые. В местах расположения задвижек на сети обычно устраивают смотровые колодцы.

Водоснабжение поселков и зданий, не оборудованных внутренним водопроводом, осуществляется через водоразборные колонки.

Для забора воды из сети с целью пожаротушения применяют *гидранты*. 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 *вантузы*.

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*, обеспечивающие движение воды только в одном направлении, и *редукционные клапаны*, служащие для понижения давления на отдельных участках сети.

### 3.3.2. Основные сведения по расчету водопроводных сетей и сооружений

Гидравлический расчет водопроводных сетей выполняют с целью определения потерь напора в них и диаметров труб участков сети. Потери напора необходимо знать для определения высоты водонапорной башни и напора насосов. Водопроводная сеть должна быть рассчитана на случаи наибольшего водопотребления и момента пожара, совпадающего по времени с часом максимального водопотребления. Кроме того, СНиП предусматриваются и другие расчетные случаи.

При определении диаметров труб линий сети необходимо вычислить расчетные расходы воды для этих линий, т.е. количество воды, которое будет протекать по ним в расчетные периоды работы системы.

В городских водопроводных сетях принимается схема равномерного распределения отбора воды на хозяйственно-питьевые нужды населения. Расходы воды крупных предприятий рассматриваются как сосредоточенные в определенных узлах.

Расход, приходящийся на 1 м длины сети, называется удельным:

$$q_{уд} = (q_{макс} - q_{соср}) / L, \quad (3.5)$$

где  $q_{макс}$  – максимальный расчетный расход, поступающий в сеть;  $q_{соср}$  – сумма сосредоточенных расходов промышленных предприятий;  $L$  – суммарная протяженность рассчитываемой сети.

Принимается, что расход воды на каждом участке магистральной сети пропорционален его длине. Этот расход, называемый *путевым*, определяют по формуле

$$q_{пут} = q_{уд} l, \quad (3.6)$$

где  $l$  – длина рассматриваемого участка сети, м.

Каждый участок сети (кроме концевых), помимо *путевого расхода*  $q_{пут}$ , пропускает *транзитный расход*  $q_T$ , необходимый для питания последующих участков. Тогда расчетный расход определяют по формуле

$$q_p = q_T + \alpha q_{пут}, \quad (3.7)$$

где  $\alpha \approx 0,5$  – коэффициент эквивалентности.

Вычисленные по расчетному расходу потери напора в линиях сети равны действительным потерям напора в них при равномерной раздаче воды по длине. Для простоты расчетов путевые расходы приводят к сосредоточенным в узлах сети. Тогда узловый расход определяют по формуле

$$q_{\text{узн}} = \Sigma q_{\text{пут}}/2, \quad (3.8)$$

где  $\Sigma q_{\text{пут}}$  – сумма путевых расходов, протекающих в линиях сети, притокающих к данному узлу.

Диаметры труб линий сети определяют как

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}}, \quad (3.9)$$

где  $q$  – расчетный расход;  $v$  – скорость движения воды в трубопроводе.

Как видно из формулы (3.9), диаметр трубы зависит как от расхода, так и от скорости. Скорость движения воды зависит от целого ряда показателей: стоимости электроэнергии, стоимости труб и их укладки, гидравлических параметров труб и др. Ориентировочно диаметр труб иногда выбирают по экономичным скоростям, составляющим 0,5 – 2 м/с. Меньшие значения скоростей принимаются для труб малого диаметра, а большие – для труб большего диаметра.

Потери напора в трубах определяют по формуле

$$h = klq^n/d^m, \quad (3.10)$$

где  $q$  – расход воды, протекающей по трубопроводу;  $d$  – диаметр трубопровода;  $l$  – длина линии сети;  $n$ ,  $m$  и  $k$  – показатели степени и коэффициент, зависящий от гидравлических свойств данного вида труб.

Для использования этой формулы в практике расчетов существуют таблицы, позволяющие определять потери напора

$$h = il, \quad (3.11)$$

где  $i = kq^n/d^m$  – удельные потери напора.

Потери напора могут быть также определены по формуле

$$h = sq^2,$$

где  $s = A_0 l$  – сопротивление линии ( $A_0$  – удельное сопротивление).

Гидравлический расчет разветвленных сетей выполняется достаточно просто, если известны расходы воды в узлах сети, поступающие к отдельным потребителям. В этом случае вначале вычисляют расчетные расходы; затем, пользуясь приведенными выше рекомендациями, назначают диаметры линий сети, после чего могут быть найдены потери напора на каждом участке.

Общая потеря напора по рассматриваемому направлению может быть определена как сумма потерь напора в последовательно соединенных участках трубопроводов:

$$h_1 = i_1 l_1 + i_2 l_2 + \dots + i_n l_n. \quad (3.12)$$

При расчете кольцевых сетей как диаметры, так и расходы в линиях сети, в общем случае являются неизвестными, что приводит к значительным трудностям расчета.

Распределение расходов воды по линиям кольцевой сети происходит в соответствии со следующими законами.

1. Сумма расходов воды, поступающих в рассматриваемый узел, равна сумме узлового отбора в данном узле и расходов, вытекающих из него. Если расходы, поступающие в узел, принять со знаком плюс, а узловой и вытекающие расходы – со знаком минус, то алгебраическая сумма расходов будет равна нулю, т. е.  $\Sigma q = 0$ .

2. В каждом замкнутом кольце сети, образованном линиями сети, сумма потерь напора на участках, в которых вода движется по часовой стрелке (условно принимаемая положительной), равна сумме потерь напора на участках, в которых вода движется против часовой стрелки (условно принимаемой отрицательной), т. е. алгебраическая сумма потерь напора в кольце равна нулю,  $\Sigma h = 0$ .

Для определения расходов воды в сети, удовлетворяющих этим законам, необходимо знать диаметры линий. Для нахождения диаметров, в первую очередь, нужно задаться предварительным распределением расходов с соблюдением их баланса в узлах, т. е.  $\Sigma q = 0$ . По этим расходам выбирают диаметры линий, после чего появляется возможность определения потерь напора в линиях. Если алгебраическая сумма потерь напора в кольцах не равна нулю, т. е.  $\Sigma h \neq 0$ , то это указывает на необходимость проведения перераспределения расходов по линиям сети. Многократная корректировка расходов позволяет добиться такого положения, когда будут соблюдены оба требования:  $\Sigma q = 0$  и  $\Sigma h = 0$ .

Существует много методов расчета кольцевых сетей. Проведение таких расчетов – задача очень трудоемкая, и при значительном числе колец ее решение с достаточной точностью можно осуществить с применением электронных вычислительных машин (ЭВМ) и аналоговых устройств.

Используя результаты расчетов для различных режимов водопотребления, можно определить параметры водонапорной башни и насосных агрегатов, обеспечивающие работоспособность системы водоснабжения.

Для схемы водоснабжения, приведенной на рис. 3.7, высоту водонапорной башни определяют по формуле

$$H_B = H_{св} + \Sigma h_c - (z_б - z_д), \quad (3.13)$$

где  $H_{св}$  – свободный напор в диктующей точке;  $\Sigma h_c$  – сумма потерь напора в сети;  $z_б$  – отметка поверхности земли в месте расположения башни;  $z_д$  – отметка поверхности земли в диктующей точке.

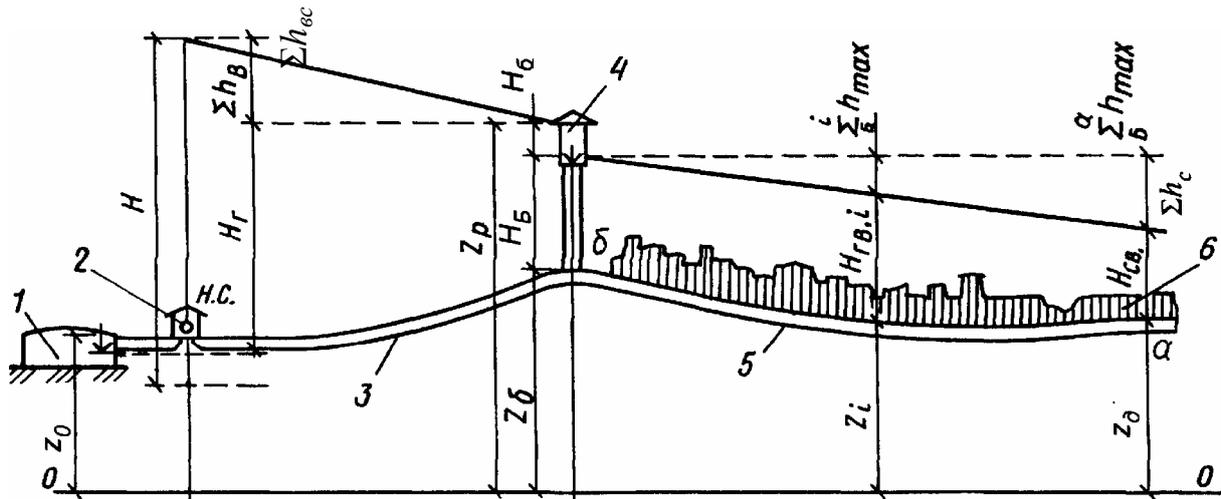


Рис. 3.7. Напоры в системе водоснабжения: 1 – резервуар чистой воды; 2 – насосная станция; 3 – водоводы; 4 – водонапорная башня; 5 – водопроводная сеть; 6 – диктующая точка

За диктующую принимают точку, в которой для обеспечения свободного напора требуется наибольшая высота водонапорной башни.

Напор насосов определяют по формуле

$$H = H_B + H_б + \Sigma h_в + \Sigma h_{св} + (z_б - z_0), \quad (3.14)$$

где  $H_б$  – высота бака башни;  $\Sigma h_в$  – сумма потерь напора в водоводе;  $\Sigma h_{св}$  – сумма потерь напора во всасывающем трубопроводе;  $z_0$  – отметка уровня воды в резервуаре чистой воды.

### 3.4. Источники водоснабжения

#### 3.4.1. 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 не полностью и имеют свободную поверхность. Примером безнапорных вод может служить вода в водоносных горизонтах, вскрытых колодцами  $K_1$  и  $K_2$  (рис. 3.8). 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. 3.8) 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  $K_4$  (рис. 3.8).

При откачке воды из колодца уровень ее снижается, при этом тем больше, чем интенсивнее откачка.

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. 3.8). Такие колодцы называют самоизливающимися.

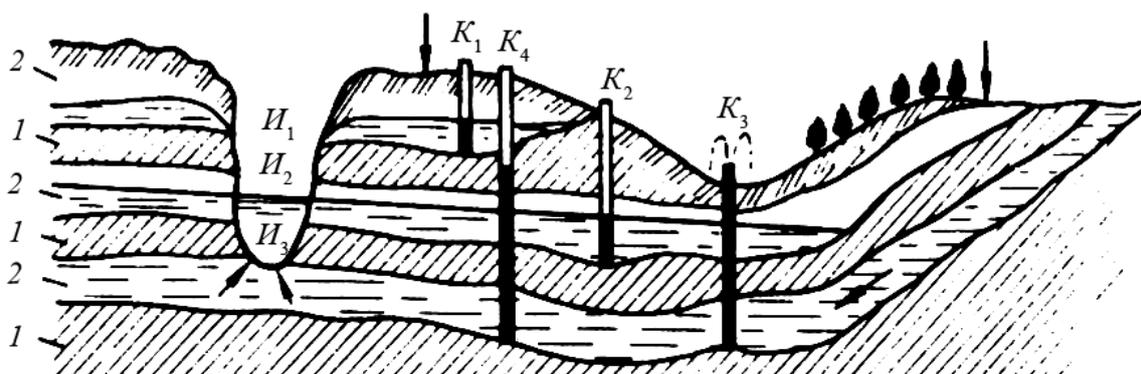


Рис. 3.8. Схема образования и залегания грунтовых вод:

1 – водоупорные породы; 2 – водоносные породы;  $I_1 - I_3$  – источники (родники)

Уровень воды, устанавливающийся в колодце при отсутствии водоразбора, называют статическим. Статический уровень безнапорных вод совпадает с уровнем подземных вод, а напорных – с пьезометрической линией (рис. 3.9).

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

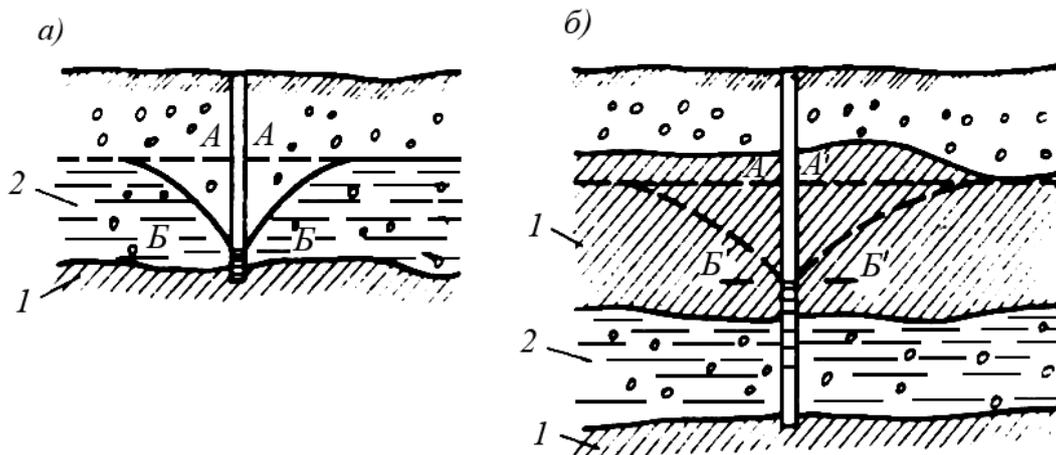


Рис. 3.9. Депрессионные воронки: *а* – безнапорных вод; *б* – напорных вод; 1 – водоупорные породы; 2 – водоносные породы; *A-A* – статический уровень; *A'-A'* – пьезометрическая линия при отсутствии откачки; *Б-Б* и *Б'-Б'* – динамические уровни

Уровень воды и пьезометрические линии, установившиеся вокруг колодцев при откачке из них воды, называют кривыми депрессии.

Область, ограниченную кривыми депрессии, называют депрессионной воронкой.

К *поверхностным источникам водоснабжения* относятся реки, водохранилища, озера и моря. Для рек характерно сезонное колебание расхода и качества воды. Водоохранилищам свойственны малая мутность, высокая цветность воды и наличие в ней планктона в летнее время. Качество воды в озерах характеризуется большим разнообразием. Морская вода может использоваться для целей промышленного водоснабжения, а при отсутствии пресных вод – и для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения после опреснения.

### 3.4.2. Зоны санитарной охраны

Создание санитарных зон необходимо для предотвращения загрязнения источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. Они охватывают эксплуатируемый водоем и часть бассейна его питания. На этой территории, как правило, организуют три пояса санитарных зон, в каждом из которых устанавливают особый режим, санитарный надзор и контроль за качеством воды в источнике.

Границы *первого пояса* зоны санитарной охраны (строгого режима) ограничивают источник в месте забора воды и площадку, занимаемую водозаборами, насосными станциями, очистными сооружениями и резервуарами чистой воды. Этот пояс охватывает акваторию рек и подводных каналов не менее чем на 200 м от водозабора вверх по течению и не менее

100 м вниз по течению. По прилегающему берегу она проходит на расстоянии не менее, чем на 100 м от линии уреза воды при максимальном уровне. При ширине реки менее 100 м в зону первого пояса входит акватория и противоположный берег (по отношению к водозабору) шириной 50 м, при большей ширине акватории – не менее 100 м [7, с. 63].

Зона санитарной охраны первого пояса для водохранилищ и озер охватывается границей, проходящей на расстоянии 100 м от водозабора по всей акватории источника к берегу. Для подземных источников граница проходит в радиусе 30 м от водозабора, если источник надежно защищен; при отсутствии гарантий надежной защиты граница пояса проходит в радиусе 50 м.

В санитарной зоне первого пояса запрещено пребывание людей, не связанных с эксплуатацией сооружений.

*Второй пояс* охватывает территорию по обеим сторонам реки на расстоянии 500 – 1000 м вверх по течению реки. Зона санитарной охраны этого пояса назначается исходя из пробега воды от его границы до водозабора в течение 3 суток при расходе воды 95%-й обеспеченности.

*Третий пояс* охватывает территорию, окружающую источник, которая оказывает влияние на формирование в нем качества воды. Границы территории третьего пояса определяются исходя из возможности загрязнения источника химическими веществами.

### **3.5. Водозаборные сооружения**

#### **3.5.1. Сооружения для забора подземных вод**

Выбор типа сооружений и схемы их размещения зависит от глубины залегания водоносного пласта, его мощности и водообильности, условий залегания, геологических и гидрогеологических условий. Сооружения, применяемые для захвата подземных вод, подразделяются на следующие группы: скважины, шахтные колодцы, горизонтальные водозаборы, лучевые водозаборы, каптаж источников.

*Скважины* (рис. 3.10), устраиваемые путем бурения, предназначены для приема как напорных, так и безнапорных подземных вод, залегающих на глубине более 30 м. Это наиболее распространенный тип водозаборных сооружений подземных вод. В рыхлых грунтах стенки скважин крепят обсадными трубами. Для предохранения скважины от попадания в нее частиц грунта из водоносного пласта ее, как правило, оборудуют фильтром (рис. 3.11). Тип фильтра и его конструкцию выбирают в зависимости от водоносной породы. После оборудования скважины фильтром производят

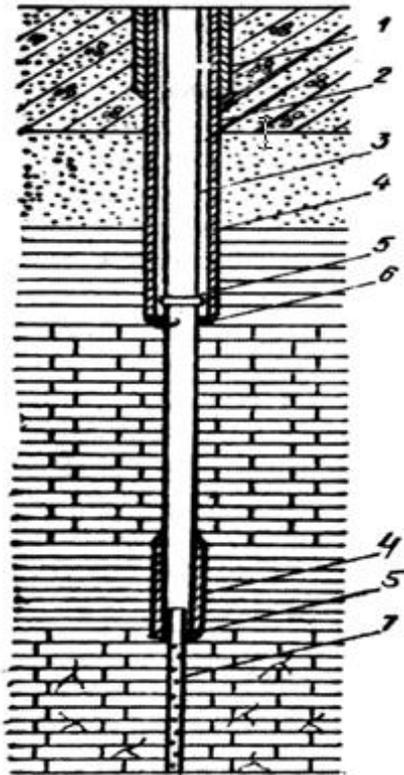


Рис. 3.10. Схема скважины: 1 – кондуктор; 2 – техническая колонна, обсадные трубы; 3 – эксплуатационная колонна; 4 – затрубная цементация; 5 – соединительная муфта; 6 – сальник; 7 – фильтровая колонна

колодец через боковые отверстия, устраиваемые в стенках, и дно, засыпанное крупнозернистым материалом. Забор воды из шахтного колодца осуществляется с помощью сифонов или насосов. Для защиты колодца от попадания загрязнений и поверхностных стоков вокруг него устраивают отсыпку с мощением камнем, а также глиняный замок. Стенки колодца поднимают на 0,8 м над поверхностью земли. Сверху колодец закрывают крышкой.

При необходимости получения значительных количеств воды устраивают несколько колодцев, расположенных в ряд, перпендикулярно подземному потоку воды. Вода из каждого колодца поступает по трубопроводам в сборный

опытную откачку для определения ее удельного дебита, что позволит в зависимости от требуемого расхода и мощности водоносного горизонта определить необходимое число скважин. Скважины располагают перпендикулярно направлению потока подземных вод. При самоизливающимися скважинах вода отводится самотеком в сборный резервуар, а затем перекачивается либо на очистные сооружения, либо потребителям. При глубоком залегании динамического уровня скважины оборудуют артезианскими насосами или эрлифтами. В зависимости от грунтовых условий над водозаборной скважиной устраивают павильон или камеру из кирпича, бетона или железобетона.

*Шахтные колодцы* (рис. 3.12) применяют для забора воды из маломощных водоносных пластов, залегающих на глубине до 30 м от поверхности земли. Их выполняют из кирпича, бетона, железобетона, дерева и камня. Вода поступает в ко-

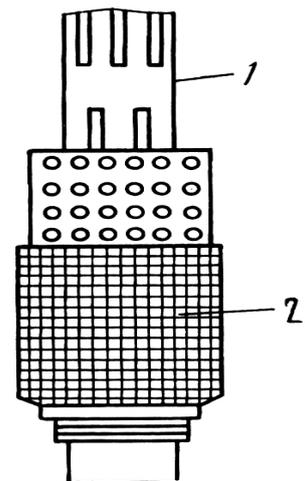


Рис. 3.11. Схема фильтра: 1 – стержневой фильтр (каркас); 2 – кожух из сетки квадратного сечения

колодец, откуда перекачивается в водонапорную башню или на очистные сооружения.

*Горизонтальные водозаборы* (рис. 3.13) устраивают в пределах водоносного пласта на глубине 6 – 8 м при незначительной его мощности. Водозабор располагают перпендикулярно направлению движения грунтового потока с уклоном в сторону сборного колодца, откуда вода забирается насосами.

Для этих водозаборных сооружений используют перфорированные бетонные трубы круглого или овоидального сечения (рис. 3.14). Вокруг труб устраивают гравийно-песчаную обсыпку, которая предотвращает попадание в воду частиц грунта. При значительной длине водозабора через каждые 50 – 150 м устраивают смотровые колодцы, предназначенные для осмотра, очистки, вентиляции трубопроводов и взятия проб воды.

*Лучевой водозабор* применяют для забора подрусловых и подземных

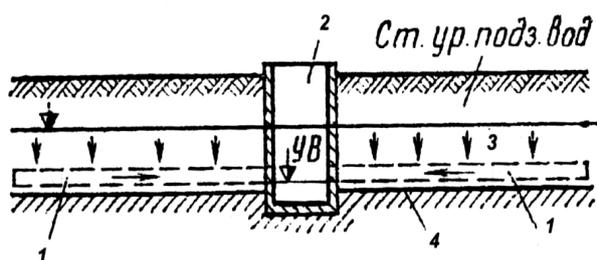


Рис. 3.13. Горизонтальный водозабор: 1 – горизонтальные водосборы; 2 – сборный колодец; 3 – водоносный пласт; 4 – водоупор

вод, не имеющих питание из открытых водоемов. Водозаборы этого типа предусматривают при залегании водоносных пластов на глубине не более 15 – 20 м.

Лучевой водозабор представляет собой разновидность шахтного колодца, оборудованного водоприемными фильтрами с дренами [2, с. 157]. Дрены располагают в водоносном слое радиально по отношению к колодцу. Их выполняют из перфорированных стальных труб, прокладываемых способом продавливания из сборного колодца. Лучевые водозаборы позволяют максимально использовать водоносные слои.

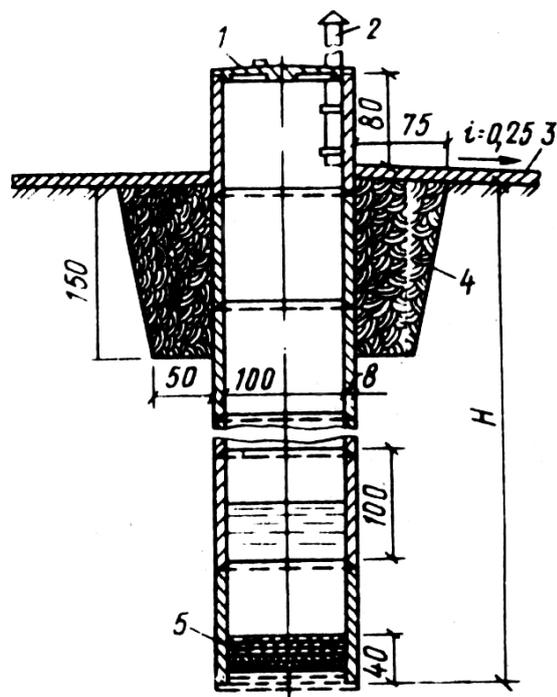


Рис. 3.12. Шахтный колодец из железобетонных колец: 1 – железобетонная крышка, 2 – вентиляционная асбестовая труба диаметром 150 мм; 3 – отмостка щебнем (слоем 10 см), втрамбованным в грунт; 4 – глиняный замок; 5 – обратный фильтр

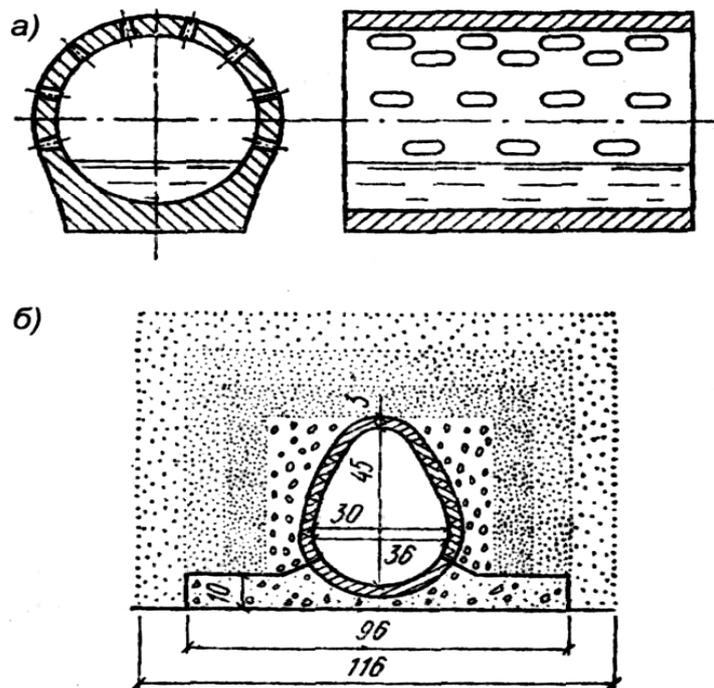


Рис. 3.14. Перфорированные бетонные трубы круглого (а) и овоидального (б) сечений

Для использования родниковой (ключевой) воды, отличающейся высокими показателями качества, применяют *каптажные сооружения* [2, с. 158], которые представляют собой камеры типа шахтных колодцев, устраиваемых в месте выхода воды. Забор нисходящих потоков родниковой воды осуществляется через боковые стенки колодцев, в которых устраивают приемные отверстия. Эти отверстия с наружной стороны оборудованы фильтром из камней, гравия, песка, что препятствует попаданию в камеру наносов. Из колодцев вода по трубам отводится в запасной резервуар.

### 3.5.2. Сооружения для забора поверхностных вод

При проектировании сооружений, предназначенных для забора воды из поверхностных источников, необходимо знать их гидрогеологический режим и иметь данные геологических и топографических изысканий. Водозаборные сооружения должны обеспечивать получение наиболее простым и дешевым способом необходимых количеств наиболее чистой воды. Располагать их нужно как можно ближе к потребителю.

Речные водозаборные сооружения рекомендуется устраивать на участках, обеспечивающих их обтекание и наименьшее стеснение русла реки, учитывая при этом опасность образования ледяных заторов, шугозажоров и внутриводного льда. Место забора воды, согласованное с органами санитарного надзора, должно иметь достаточную глубину и устойчивый берег. При устройстве водозаборных сооружений предусматривают мероприятия, обеспечивающие бесперебойную их работу и сохранность рыбы в водоеме.

С учетом особенностей источника и условий забора воды водозаборные сооружения могут быть подразделены на береговые, русловые и специальные.

Водозаборные сооружения берегового типа применяют при относительно крутом берегу и наличии глубин, обеспечивающих условия забора воды. Их располагают на склоне берега с приемом воды непосредственно из русла реки. Водоприемники этих водозаборов бывают двух видов: отдельные (рис. 3.15, а) и совмещенные с насосной станцией (рис. 3.15, б). Совмещение насосной станции I подъема и водоприемного сооружения предусматривается в зависимости от амплитуды колебания воды в источнике, всасывающей способности устанавливаемых насосов, геологических и гидрогеологических условий.

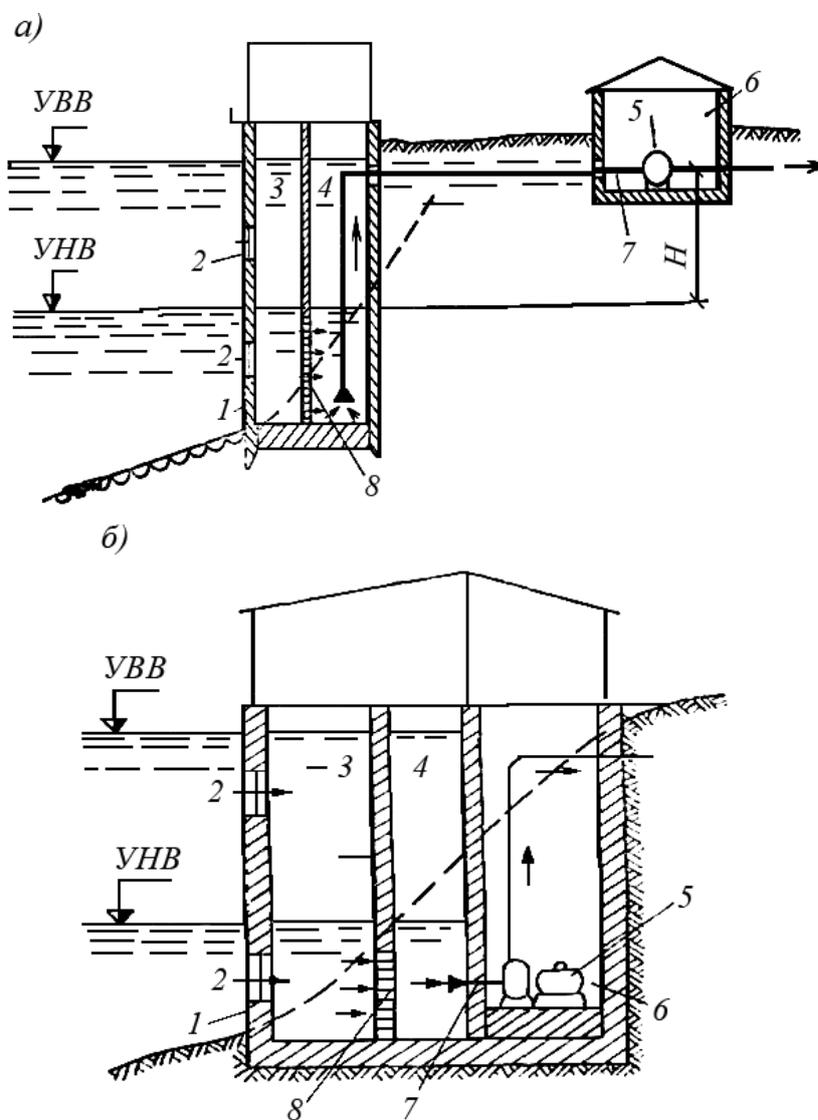


Рис. 3.15. Водоприемники берегового типа: а – отдельный; б – совмещенный; 1 – водоприемный колодец; 2 – входные окна; 3 – приемная камера; 4 – всасывающая камера; 5 – насосы; 6 – машинный зал; 7 – всасывающие трубопроводы; 8 – сетки

Водоприемники совмещенного типа состоят из водоприемного колодца *1* с входными окнами *2*, оборудованными решетками для задержания относительно крупных предметов. Водоприемное отделение разделено стенкой на две камеры: приемную *3* и всасывающую *4*. В стенке имеются окна *8*, перекрытые сетками с мелкими ячейками, для задержания планктона, водорослей, мелкого сора и т.п. Проходя через решетки и сетки, вода подвергается механической очистке. Вода, прошедшая через сетки, забирается насосами *5*, установленными в машинном зале *6*, через всасывающие трубы *7* и подается на очистку или потребителю.

Для обеспечения бесперебойной работы водоприемника он разделен перегородкой на секции. Размеры водоприемника определяют гидравлическими расчетами с учетом конструктивных и эксплуатационных соображений. Проектирование их ведется в тесной увязке с насосной станцией и подбором насосного оборудования.

Водозаборные сооружения руслового типа (рис. 3.16) применяют при относительно пологом берегу, когда требуемые для забора воды глубины находятся на большом расстоянии от берега. Водозабор состоит из оголовка *1*, самотечных водоводов *2*, берегового колодца *3* и насосной станции *4*. Забор воды из реки производится через оголовок. Конструкция оголовка зависит от количества забираемой воды, глубины реки, ледовых условий, характера грунта и т.д. Существует три типа оголовков: затопленные, затопливаемые высокими водами и незатопливаемые.

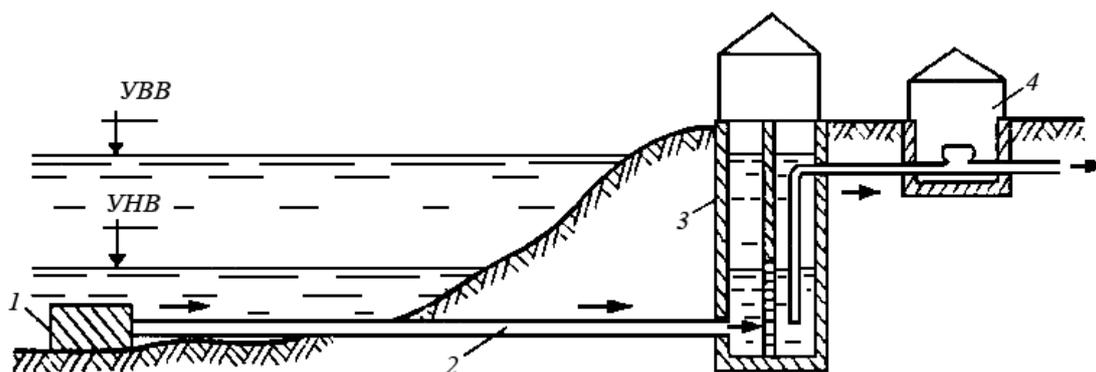


Рис. 3.16. Водоприемник руслового типа:

1 – оголовок; 2 – самотечная линия; 3 – береговой колодец; 4 – насосная станция

Самотечные водоводы соединяют оголовок с береговым колодцем. Число водоводов принимают равным числу секций оголовка, но не менее двух. Как правило, самотечные линии выполняют из стальных труб. Скорость движения воды в самотечных линиях принимается 0,7 – 1,5 м/с.

К специальным водозаборным сооружениям могут быть отнесены водоприемные ковши, передвижные и плавучие водозаборы, а также сооружения по забору воды из водохранилищ, горных рек и морей.

*Водоприемный ковш* представляет собой искусственный залив, образованный дамбой. Применяют их для борьбы с шугой и для частичного осветления воды.

*Плавучие водозаборные сооружения* применяют для временного водоснабжения в условиях значительных колебаний уровня воды в источнике.

Учитывая особенности режима течения горных рек, требуется применять специальные конструкции водоприемников. При заборе воды из водохранилищ и морей необходимо учитывать воздействие ветровых волн, явление сгона и нагона воды, береговые течения, ледовые явления и т.д.

### 3.6. Запасные и регулирующие емкости

#### 3.6.1. Водонапорные башни

Водонапорные башни необходимы для сглаживания режима работы насосной станции II-го подъема, определяемого режимом водопотребления. При значительной неравномерности водопотребления практически трудно либо невыгодно достичь совпадения потребления и подачи воды.

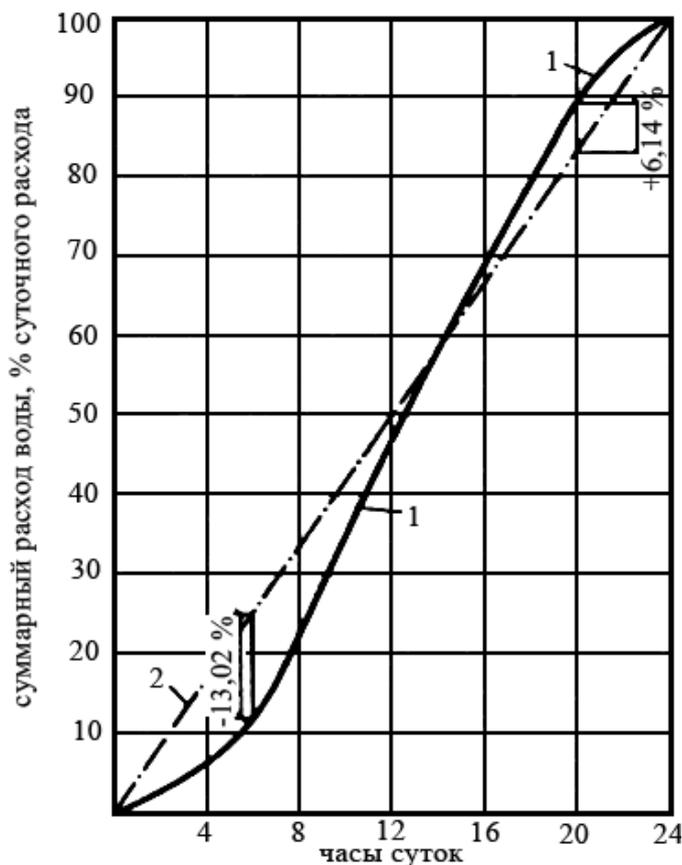


Рис. 3.17. Интегральный график водопотребления (1) и подачи воды насосами (2)

Регулирующий объем бака водонапорной башни определяют по совмещенным ступенчатым или интегральным графикам работы насосов и водопотребления.

Графический расчет выполняют путем построения интегральной кривой водопотребления и графика подачи воды насосами (рис. 3.17).

Регулирующий объем бака равен сумме наибольших

разностей ординат между кривыми 1 и 2. При равномерной работе насосов эта сумма составляет  $13,02 + 6,14 = 19,16$  % суточного расхода. 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

$$V = V_p + V_n, \quad (3.15)$$

где  $V_p$  – регулирующий объем бака;  $V_n$  – запас воды для тушения одного внутреннего и одного наружного пожара в течение 10 мин.

Водонапорная башня состоит из водонапорного бака, поддерживающей конструкции (ствола) и утепляющего шатра вокруг бака (рис. 3.18). В районах с мягким климатом шатры можно не устраивать, но в этом случае бак должен иметь перекрытие.

Вода в бак подается по трубе 1 на отметку, соответствующую наибольшему наполнению. На конце трубы установлен поплавковый клапан 5 для автоматического закрытия подающей трубы при наполнении бака. Из бака вода отводится по трубам 1 и 2. Труба 2 оборудована обратным клапаном 3, препятствующим поступлению по ней воды в бак. Конец трубы 2 с сеткой 4 расположен на некоторой высоте над дном с тем, чтобы не происходило засасывания осадка, который может скапливаться на дне бака. Задвижка 10 предназначена для отключения водонапорной башни от сети. К переливной трубе 9 с воронкой 6 присоединена грязевая труба 7 с задвижкой 8, предназначенная для удаления скапливающегося на дне бака осадка и отвода воды при его промывке.

Водонапорный бак оборудуют уровнемером с сигнализацией на насосную станцию II-го подъема. Для возможности осмотра бака снаружи и внутри устанавливают лестницы.

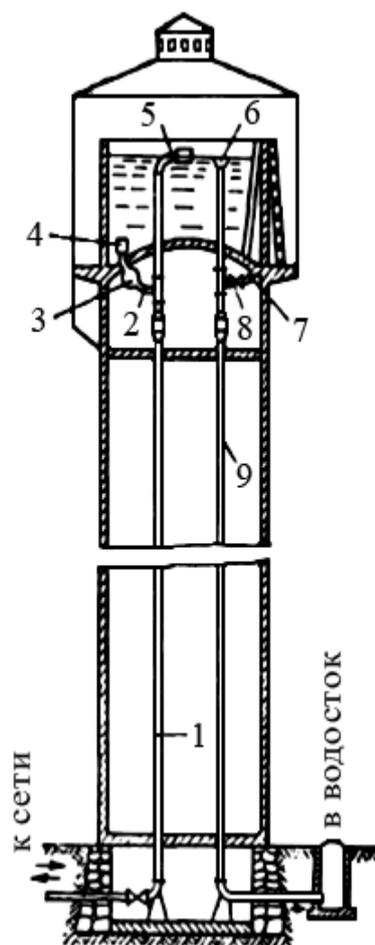


Рис. 3.18. Схема оборудования водонапорной башни трубопроводами

Размеры ствола башни в плане определяются размерами опорной части бака. Расстояние между стенками шатра и бака должно составлять около 0,7 м.

Водонапорные башни бывают железобетонные, кирпичные, металлические.

### 3.6.2. Резервуары чистой воды

Резервуары в системах водоснабжения используются как регулирующие емкости. Одновременно в них могут храниться противопожарные и аварийные запасы воды. Если рельеф местности позволяет располагать резервуары на достаточно высоких отметках, они могут служить напорными емкостями; если воду из резервуаров необходимо перекачивать к потребителю, то они называются безнапорными. Объем резервуаров зависит как от их назначения, так и от производительности системы водоснабжения. Объем резервуаров, устанавливаемых вместо башен, определяется по тем же принципам, что и регулирующие объемы водонапорных башен.

Регулирующий объем  $V_p$  резервуаров чистой воды, находящихся на территории очистных сооружений, определяют по совмещенным графикам работы насосов насосных станций I и II подъемов. Этот объем необходим для согласования работы в равномерном режиме насосной станции I подъема и очистных сооружений с работой в неравномерном режиме насосной станции II подъема.

В резервуаре чистой воды хранится также запас воды, необходимый для технологических нужд очистной станции  $V_\phi$ , и запас воды для целей пожаротушения  $V_n$ . Тогда суммарный объем резервуара чистой воды составит

$$V = V_p + V_\phi + V_n. \quad (3.16)$$

Величина  $V_\phi$ , определяемая технологическими расчетами, обычно составляет 2 – 8 % суточной производительности. Противопожарный объем  $V_n$  назначают из условия длительности пожара в течение 3 ч. В этот период насосы будут забирать из резервуара пожарный расход  $Q_{пож.}$  и максимальный хозяйственно-питьевой расход  $Q_{х.н.}$ . Одновременно с этим в резервуар будет поступать вода от очистных сооружений в количестве  $Q_1$ . Тогда противопожарный объем при трехчасовом запасе

$$V_n = 3Q_{пож.} + \sum Q_{х.н.} - 3Q_1, \quad (3.17)$$

где  $\sum Q_{х.н.}$  – суммарный расход в период наибольшего водопотребления в течение 3 ч (в соответствии с графиком водопотребления).

На рис. 3.19 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, а при большем объеме – прямоугольной.

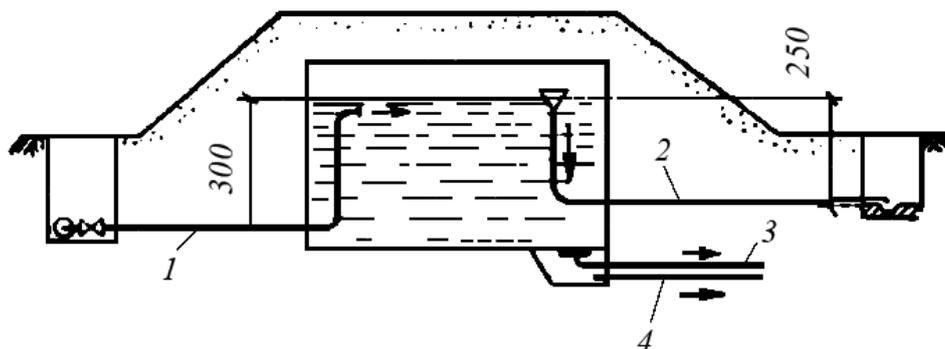


Рис. 3.19. Схема оборудования трубопроводами резервуара чистой воды

### 3.7. Водоподъемные устройства

#### 3.7.1. Центробежные насосы

В централизованных системах водоснабжения наиболее широко применяют центробежные насосы (рис. 3.20). Основным рабочим элементом центробежного насоса 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 его корпус 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.

Центробежные насосы классифицируются по напору, числу рабочих колес, расположению вала, виду перекачиваемой жидкости и другим признакам. Для нормальной работы центробежных насосов необходимо, чтобы вакуум во всасывающем патрубке не превышал определенной величини-

ны, называемой допустимой вакуумметрической высотой всасывания  $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ , которая обычно не превышает 6 – 7 м.

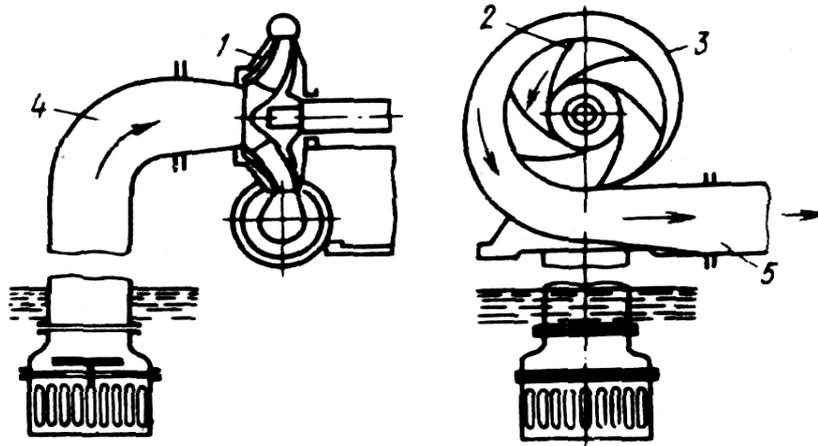


Рис. 3.20. Схема центробежного насоса

Высотное расположение насоса по отношению к уровню воды в источнике характеризуется геометрической  $H_{\text{г.вс.}}$  и вакуумметрической  $H_{\text{вак}}$  высотой всасывания. Вакуумметрическая высота всасывания определяется по формуле

$$H_{\text{вак}} = (P_{\text{атм}} - P_{\text{вак}}) / \rho g, \quad (3.18)$$

где  $P_{\text{атм}}$  и  $P_{\text{вак}}$  – атмосферное и вакуумметрическое давление.

Геометрическая и вакуумметрическая высоты связаны соотношением

$$H_{\text{вак}} = H_{\text{г.вс.}} + h_{\text{н.вс.}} + \frac{v^2}{2g}, \quad (3.19)$$

где  $h_{\text{н.вс.}}$  – потери напора во всасывающем трубопроводе.

Для нормальной работы насоса необходимо, чтобы  $H_{\text{вак}} \leq H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ .

Полный напор, развиваемый центробежным насосом (см. рис. 3.21), определяется по формуле

$$H = H_{\text{г.вс.}} + H_{\text{г.н.}} + h_{\text{н.вс.}} + h_{\text{н.н.}} = H_{\text{г}} + \sum h_{\text{н}}, \quad (3.20)$$

где  $H_{\text{г.н.}}$  – геометрическая высота нагнетания;  $h_{\text{н.н.}}$  – потери напора в напорном трубопроводе;

$$H_{\text{г}} = H_{\text{г.вс.}} + H_{\text{г.н.}}; \quad \sum h_{\text{н}} = h_{\text{н.вс.}} + h_{\text{н.н.}}$$

Полезная мощность насоса, кВт, выражается соотношением:

$$N_n = \gamma Q H / 1000,$$

где  $\gamma$  – удельный вес жидкости, н/м<sup>3</sup>;  $Q$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с;  $H$  – полный напор насоса, м.

Мощность на валу насоса (потребляемая мощность), кВт:

$$N = \gamma QH / (1000\eta), \quad (3.21)$$

где  $\eta$  – полный КПД насоса.

Полный КПД учитывает гидравлические, объемные и механические потери.

С уменьшением расхода, подаваемого насосом, изменяются развиваемый им напор, потребляемая мощность на валу, КПД. Взаимосвязь между указанными величинами определяется кривыми  $Q-H$ ,  $Q-N$ ,  $Q-\eta$ , которые называются рабочими характеристиками насоса (рис. 3.22).

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

Для определения оптимального режима работы насоса с заданным трубопроводом строят совместные характеристики насоса и трубопровода.

На рис. 3.23 показана характеристика насоса  $Q-H$ . Проведя параллельно оси прямую  $CD$  на расстоянии  $H_2$  от нее и прибавив к  $H_2$  величину  $h_n$ , соответствующую тем или иным значениям расхода  $Q$ , получим характеристику трубопровода  $CE$ . Точка 1 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.

Совместная работа центробежных насосов может быть как параллельной, так и последовательной.

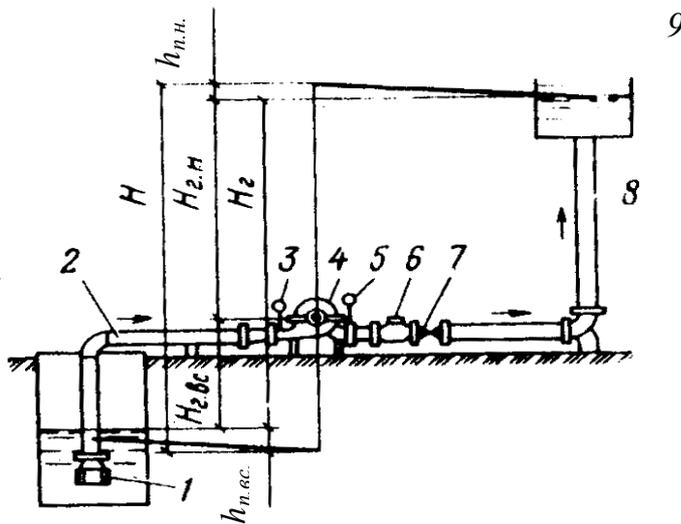


Рис. 3.21. Схема насосной установки: 1 – приемный клапан; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – вакуумметр; 4 – насос; 5 – манометр; 6 – обратный клапан; 7 – задвижка; 8 – напорный трубопровод; 9 – бак

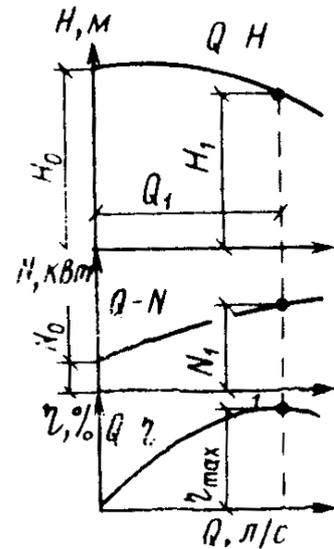


Рис. 3.22. Рабочие характеристики центробежного насоса

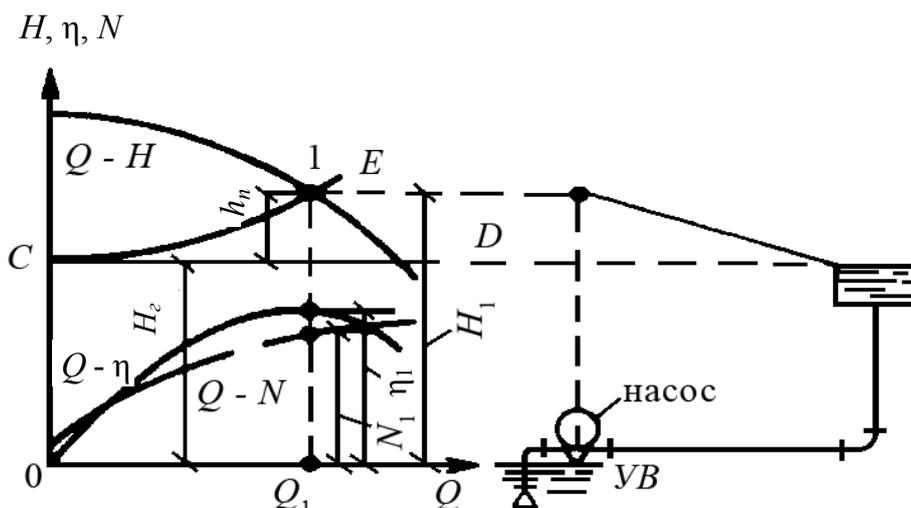


Рис. 3.23. Совместные характеристики насоса и трубопровода

### 3.7.2. Воздушные подъемники (эрлифты) и гидроэлеваторы

Для забора воды из скважин иногда применяют воздушные водоподъемники (эрлифты). Схема эрлифта, установленного в скважине, показана на рис. 3.24. 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 *а-а* (статический уровень) до положения *б-б* (динамический уровень).

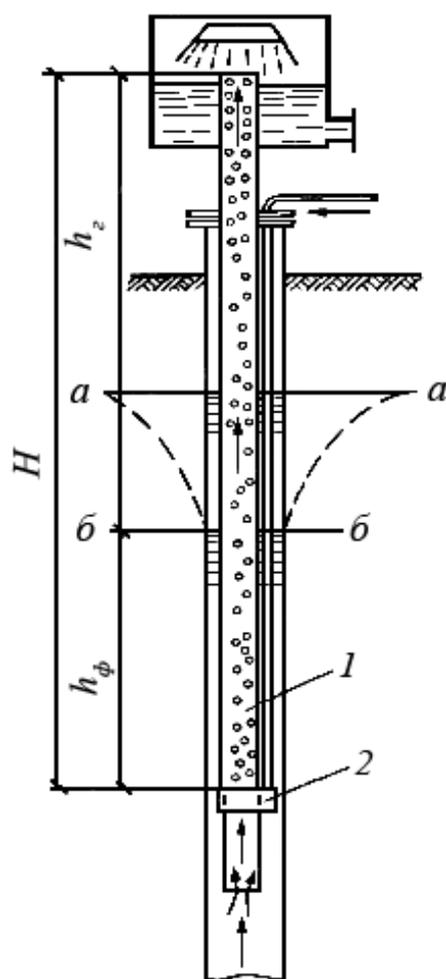


Рис. 3.24. Схема воздушного водоподъемника (эрлифта)

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

В гидроэлеваторе (рис. 3.25) 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, меньше атмосферного (вакуум). В результате вода из резервуара 4 под действием атмосфер-

ного давления на ее поверхности поднимается по трубе 5 в камеру 3, откуда направляется в диффузор, где скорость потока уменьшается и увеличивается его статический напор, 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 различные конструктивные оформления.

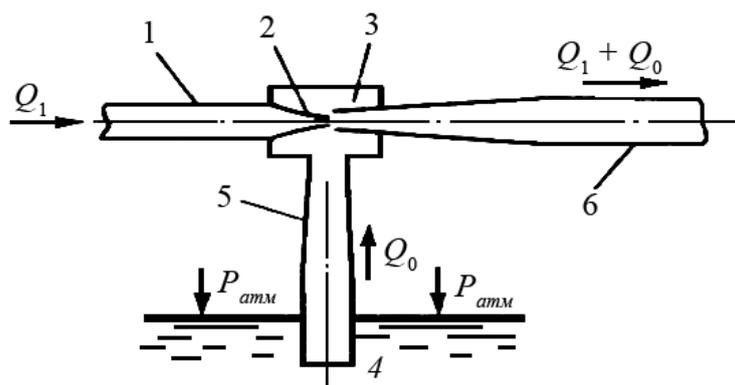


Рис. 3.25. Схема водоструйного насоса (гидроэлеватора)

### 3.8. Водопроводные насосные станции

По назначению и расположению в схеме водоснабжения насосные станции можно подразделить на станции I и II подъемов, повысительные и циркуляционные.

Насосные станции I подъема подают воду из источника водоснабжения на очистные сооружения или, если не требуется очистка воды, непосредственно в распределительную сеть, водонапорную башню и другие сооружения. Насосные станции II подъема предназначены для подачи воды от очистных сооружений к потребителям. Повысительные насосные станции предназначены для повышения напора в водопроводной сети. Циркуляционные насосные станции устраивают в промышленных системах водоснабжения; они 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.

В зависимости от применяемого насосного оборудования устраивают станции с горизонтальными центробежными насосами, вертикальными центробежными насосами и т. д.

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

В здании насосной станции размещают насосные агрегаты с двигателями, коммуникации, арматуру, контрольно-измерительную аппаратуру и т.д.

Основным фактором, влияющим на выбор схемы компоновки и конструктивных решений насосной станции I подъема, является размещение водозаборного сооружения по отношению к насосной станции. Они могут быть совмещенными и отдельными. Пример компоновки насосной станции I подъема отдельного типа приведен на рис. 3.26. Режим работы этих станций, как правило, равномерный.

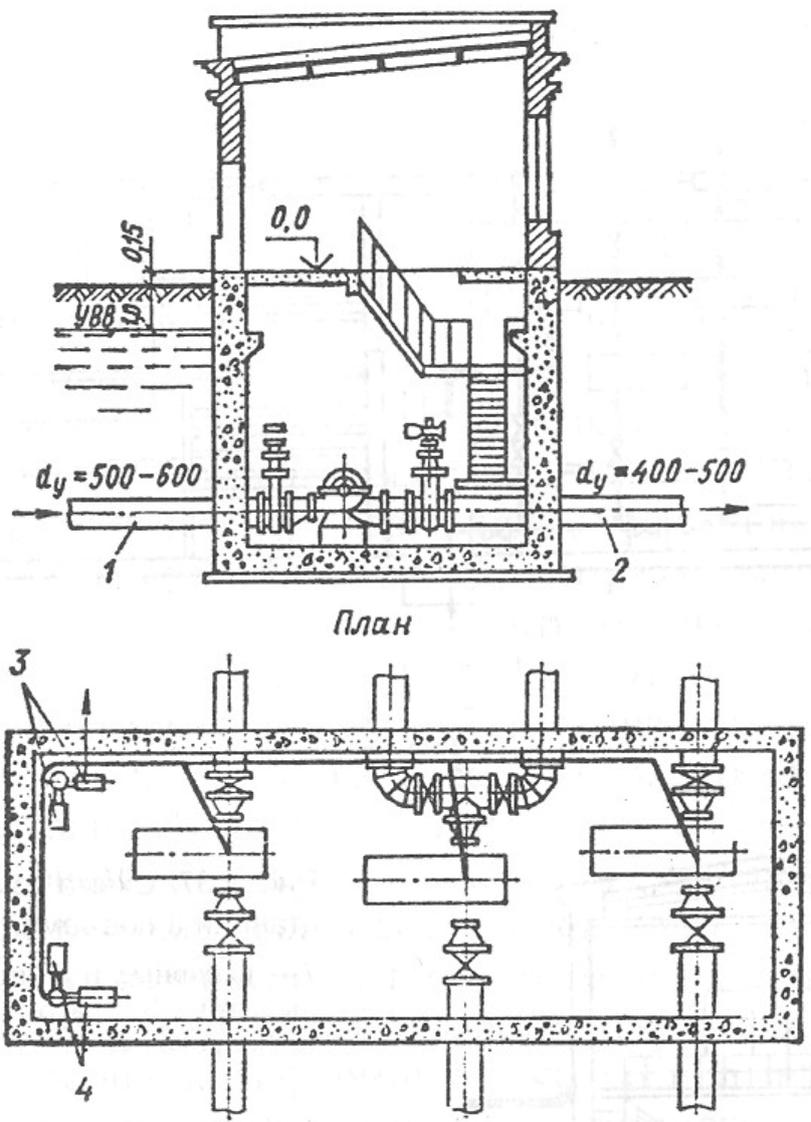


Рис. 3.26. Схема компоновки насосной станции I подъема отдельного типа: 1 — всасывающий трубопровод; 2 — напорный трубопровод; 3 — дренажные насосы; 4 — вакуум-насосы

Режим работы насосов станции II подъема зависит от графика водопотребления. Число насосных агрегатов на станции может быть различным в зависимости от графика работы насосной станции (рис. 3.27).

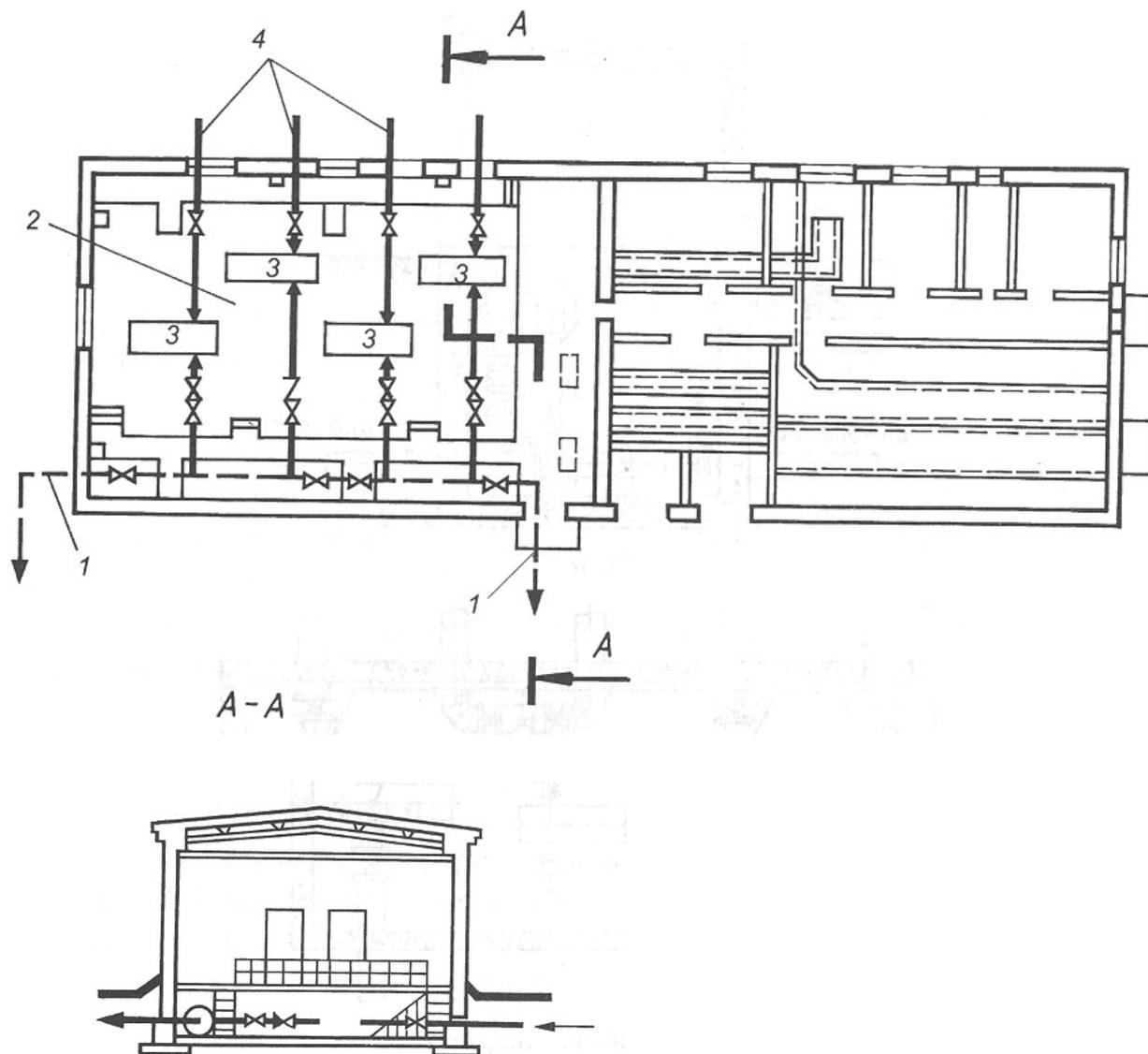


Рис. 3.27. Схема компоновки насосной станции II подъема раздельного типа: 1 — напорные трубопроводы; 2 — машинный зал; 3 — насосы; 4 — всасывающие трубопроводы

Все водопроводные линии в пределах насосной станции монтируют из стальных труб. На напорных линиях устанавливают задвижки и обратные клапаны, а на всасывающих линиях — задвижки. На водопроводах при необходимости устанавливают противоударную аппаратуру для смягчения действия гидравлических ударов, которые могут возникать при внезапном отключении электроэнергии.

### 3.9. Очистка и обеззараживание воды

#### 3.9.1. 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.

Под *цветностью* воды понимают ее окраску. Цветность выражают в градусах цветности по платинокобальтовой 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).

Вода источников может иметь различный *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 сумму). Карбонатная жесткость характеризует содержание в воде бикарбонатных и карбонатных солей кальция. Некарбонатная жесткость – содержание в воде некарбонатных солей кальция и магния.

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

*Содержание в воде растворенных солей*, мг/л, характеризуется плотным осадком.

Степень бактериологической загрязненности воды определяется числом бактерий, содержащихся в 1 см<sup>3</sup> воды.

Различают патогенные и сопрофитные бактерии. Для оценки степени загрязненности воды патогенными бактериями определяют содержание в ней кишечной палочки. Бактериальное загрязнение воды измеряют коли-титром и коли-индексом. Коли-титр – объем воды, см<sup>3</sup>, в котором содержится одна кишечная палочка. Коли-индекс – число кишечных палочек, содержащихся в 1 л воды.

Требования, предъявляемые к качеству питьевой воды, определяются по ГОСТ 2874-82. Эти требования разделены на две группы.

Требования первой группы обязательны для всех хозяйственно-питьевых систем централизованного водоснабжения. К ним 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.

### **3.9.2. Методы очистки воды**

Метод очистки воды и состав очистных сооружений зависит от качества воды в источнике водоснабжения, назначения водопровода, пропускной способности 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 взаимодействуют 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 реагентного 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 осуществляется с целью уничтожения бактерий, главным образом патогенных. Способы обеззараживания – хлорирование, озонирование и бактерицидное облучение.

Наиболее распространенные технологические схемы осветления и обесцвечивания воды приведены на рис. 3.28.

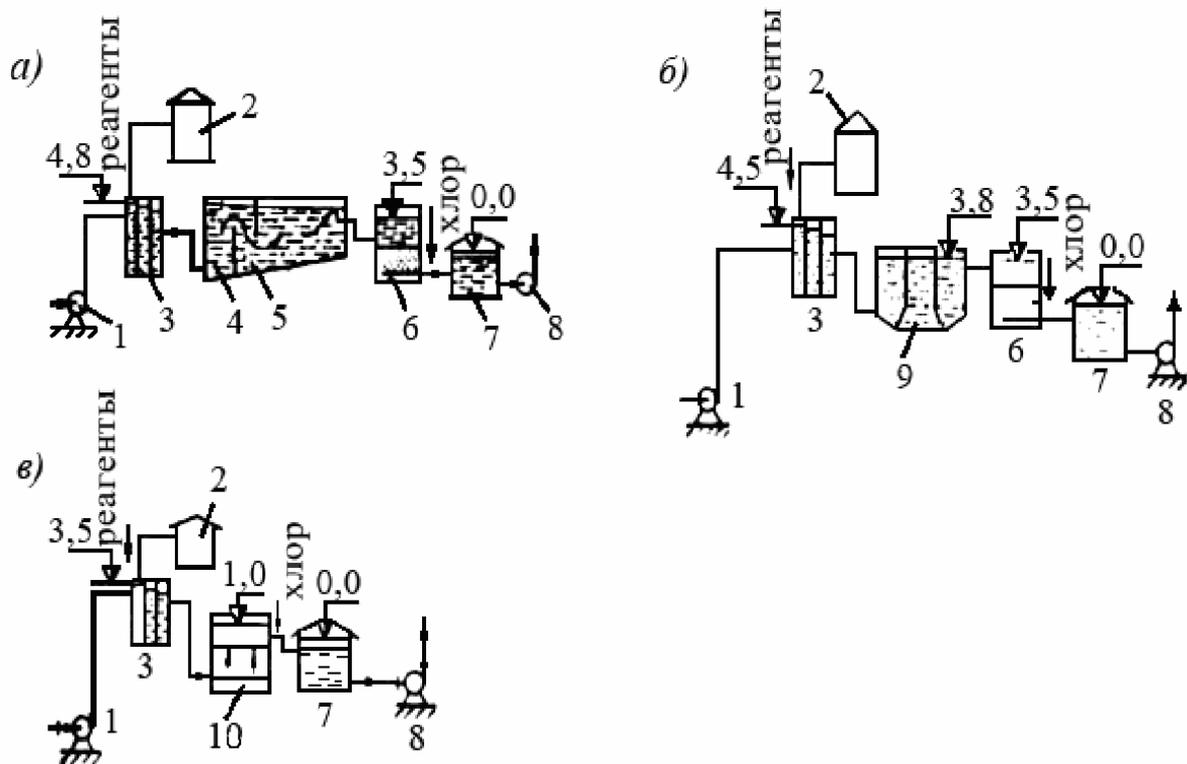


Рис. 3.28. Схемы осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением отстойников и фильтров (а), осветлителей и фильтров (б) и контактных осветлителей (в): 1 – насосная станция I подъема; 2 – реагентный цех; 3 – смеситель; 4 – камера хлопьеобразования; 5 – горизонтальный отстойник; 6 – фильтр; 7 – резервуар чистой воды; 8 – насосы II подъема; 9 – осветлитель со взвешенным слоем осадка; 10 – контактный осветлитель

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 дегазацию.

Для предотвращения коррозии трубопроводов и аппаратуры, а также выпадения 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.

### 3.9.3. Коагулирование и отстаивание воды

Для укрупнения мелкодисперсных коллоидных 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  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ , сернокислое закисное железо  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  или хлорное железо  $FeCl_3$ .

В результате гидролиза этих солей образуются гидраты окисей алюминия или железа, представляющие собой обычно положительно заряженные коллоиды. Образующиеся при гидролизе водородные ионы связываются с присутствующими в воде бикарбонатными ионами. Если содержащихся в воде бикарбонатных ионов недостаточно, то для связывания выделяющихся при коагулировании 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 коагулянта загружают в растворный бак с водой, откуда после растворения коагулянт поступает в расходные баки, в которых приготавливается раствор определенной концентрации. Этот раствор направляется в дозировочный бачок, а из него подается в обрабатываемую воду.

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

Для ускорения процесса коагуляции в воду вводят флокулянты – полиакриламид или активную кремниевую кислоту.

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

*Камеры хлопьеобразования.* В этих камерах происходит образование хлопьев в процессе плавного перемешивания обрабатываемой воды с раствором коагулянта. Вода в камере в течение 10 – 40 минут постепенно перемешивается от места впуска до выпуска. Скорость движения воды в ка-

мере должна быть такой, чтобы хлопья в ней не выпадали и не разбивались. Камеры хлопьеобразования бывают перегородчатые, лопастные, вихревые и др.

*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.

*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 осветленной воде. На этом принципе работают сооружения, называемые осветлителями со взвешенным осадком. Осветлители при равных объемах с отстойниками имеют более высокую производительность и требуют меньшего расхода коагулянта.

Для удаления воздуха, пузырьки которого могут взмучивать взвешенный осадок в осветлителе, воду предварительно направляют в воздухоотделитель. Осветлители со взвешенным осадком могут быть разных типов. Одним из наиболее распространенных является осветлитель коридорного типа.

#### **3.9.4. Фильтрация 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 фильтры могут работать с коагулированием воды и без него.

Фильтры бывают открытые (безнапорные) и закрытые (напорные). Скорые фильтры чаще всего бывают открытые, сверхскоростные всегда на-

порные, медленные всегда открытые. Движение воды через безнапорные 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.

### **3.9.5. Обеззараживание воды**

В современных очистных сооружениях обеззараживание воды производится во всех случаях, когда источник водоснабжения ненадежен с санитарной точки зрения. Обеззараживание может быть осуществлено путем хлорирования, озонирования, бактерицидного облучения.

*Хлорирование.* Для хлорирования используют хлорную известь или газообразный хлор.

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

Концентрация остаточного свободного хлора в воде, забираемой из резервуаров чистой воды, должна быть не менее 0,3 и не более 0,5 мг/л. На 1 л фильтрованной воды вводят 0,3 – 1 мг хлора, а на 1 л нефильтрованной речной – до 6 мг хлора.

Для дозирования хлора служат хлораторы. По принципу работы они делятся на вакуумные и напорные. Хлор доставляют на станцию в сжиженном виде в баллонах.

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

Необходимая доза озона для вод подземных источников 0,75 – 1 мг/л, для фильтрованной воды – 1 – 3 мг/л.

*Бактерицидное облучение.* При обеззараживании воды этим методом используют ультрафиолетовые лучи, обладающие бактерицидными свойствами. Применяют его для обеззараживания небольших расходов воды подземных источников, а также фильтровальной воды поверхностных источников. В качестве источников излучения служат ртутно-кварцевые лампы высокого или низкого давления.

### 3.9.6. Специальная обработка воды

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

*Умягчение воды* – процесс понижения ее жесткости, обусловленной наличием солей кальция и магния. Метод снижения жесткости воды выбирают исходя из требований к качеству умягчаемой воды и технико-экономических обоснований. В практике водоподготовки получили распространение следующие методы умягчения воды:

а) реагентный, когда ионы кальция и магния связываются химическими веществами в малорастворимые и легко удаляемые соединения – карбонат кальция и гидроксид магния. В зависимости от применяемого реагента различают известковый, содовый, едконатриевый, фосфатный способы умягчения воды;

б) катионитный, основанный на способности ионообменных материалов обменивать присутствующие в воде катионы кальция и магния на обменные катионы натрия или водорода, которыми предварительно заряжается катионит; обмен ионов натрия называется Na-катионированием, а ионов водорода – H-катионированием.

*Обезжелезивание.* Железо в природных водах может содержаться в виде двухвалентного железа, неорганических и органических коллоидов, а также в форме комплексных соединений двух- и трехвалентного железа или тонкодисперсной взвеси гидрата окиси железа.

Обезжелезивание воды производится при содержании в ней железа более 0,3 мг/л.

Методы обезжелезивания воды, расчетные параметры и дозы реагентов выбирают на основе результатов технологических изысканий, проведенных непосредственно из источника водоснабжения.

Обезжелезивание подземных вод производят фильтрованием в сочетании с одним из способов предварительной обработки воды: упрощенной аэрацией, аэрацией с использованием специальных устройств, введением окислителей.

Обезжелезивание воды поверхностных источников производят одновременно с ее осветлением и обесцвечиванием.

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 соору-

жениях в ней повышается концентрация солей. Для стабилизации воды применяют подкисление, рекарбонизацию, фосфотирование.

Подкисление воды заключается в добавлении в нее соляной или серной кислоты. При рекарбонизации в воду вводят углекислоту для стабилизации содержащихся в ней карбонатов. При фосфотировании в воду добавляют фосфаты (гексаметафосфат натрия, тринатрийфосфат и суперфосфат). Фосфаты препятствуют образованию отложений в трубопроводах, 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.

Обессоливание воды может быть достигнуто одним из следующих методов: дистилляцией в испарителях (термический метод); ионным обменом (ионитовый метод); электродиализа (электрохимический метод) в многокамерных электродиализаторах с камерами, заполненными специальными смесями ионитов.

*Охлаждение воды.* В системах промышленного водоснабжения для охлаждения воды применяют охлаждающие пруды, брызгальные бассейны и градирни.

Охлаждающие пруды представляют собой искусственные водоемы, в которые сбрасывают нагретую воду (в хвостовую часть) и из которых забирают охлажденную воду (из головной части). Охлаждение воды происходит вследствие испарения ее с поверхности и конвекции.

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

Градирни бывают капельными и пленочными. Наиболее распространены градирни капельного типа. Нагретую воду подают в верхнюю часть башни и по желобам разводят по всей ее площади. Ороситель представляет собой систему деревянных реек. Вода из желобов подается на розетки, разбрызгивается и стекает вниз. Холодный воздух поступает через окна в нижней части оросителя и поднимается вверх, охлаждая воду.

В пленочных градирнях вода обтекает тонкой пленкой большие поверхности оросителя.

## РАЗДЕЛ 3. ВОДООТВЕДЕНИЕ (КАНАЛИЗАЦИЯ)

### 4.1. Классификация, основные элементы и схемы систем водоотведения населенных пунктов

#### 4.1.1. Общие сведения

Водопроводная вода, которая была использована в хозяйственных, производственных и других целях и получила при этом различные примеси (загрязнения), изменившие ее химический состав или физические свойства, называется сточной жидкостью. К категории сточных относятся и атмосферные воды, образующиеся в результате выпадения дождей и таяния снегов.

В зависимости от происхождения и качественной характеристики примесей сточные воды разделяют на хозяйственно-бытовые, производственные и атмосферные.

*Хозяйственно-бытовые* сточные воды по природе загрязнения делятся на поступающие от туалетов и загрязненные в основном физиологическими отбросами, и поступающие от раковин, умывальников, ванн, трапов, а также бань, прачечных, душей, после мытья помещений и др. Бытовые сточные воды характеризуются, в основном, содержанием органических загрязнений в разных фазово-дисперсных состояниях.

*Производственные* сточные воды образуются в результате загрязнения водопроводной воды при использовании ее в технологическом процессе.

*Атмосферные* сточные воды содержат, преимущественно, минеральные примеси. Относительные особенности дождевого стока – его эпизодичность и резкая неравномерность: в сухую погоду отсутствует, а в период ливней секундные расходы атмосферной воды могут в 50 – 150 раз превышать расходы бытовых вод с той же площади застройки города или населенного пункта.

Под *водоотведением* (канализацией) понимается комплекс оборудования, сетей и сооружений, предназначенных для организованного приема и удаления по трубопроводам за пределы населенных пунктов или промышленных предприятий загрязненных сточных вод, а также для их очистки и обезвреживания перед утилизацией или сбросом в водоем.

Существует два вида водоотведения: вывозное и сплавное.

При организации вывозного водоотведения жидкие загрязнения собирают в приемники (выгребы) и периодически вывозят автомобильным транспортом на поля ассенизации для обработки или в специальные места, согласованные с санитарными органами. Вывозное водоотведение устраи-

вают лишь в небольших населенных пунктах, где применение иного вида затруднительно. Вывозное водоотведение экономически нецелесообразно и не обеспечивает должного санитарного состояния территорий.

При организации сплавного водоотведения сточные воды по подземным трубопроводам транспортируются на очистные сооружения, где они подвергаются интенсивной очистке, преимущественно, в искусственно созданных условиях, после чего сбрасываются в ближайшие водоемы.

Система сплавного водоотведения состоит из следующих основных элементов: внутренних устройств зданий, наружной внутриквартальной и уличной сети, насосных станций и напорных трубопроводов, очистных сооружений и устройств для выпуска очищенных сточных вод в водоем.

Внутренняя и внутриквартальная сети рассмотрены в теме 2. Наружная уличная сеть представляет собой систему подземных трубопроводов, принимающих сточные воды от внутриквартальных сетей и транспортирующих их к насосным станциям, очистным сооружениям и в водоем (рис. 4.1).

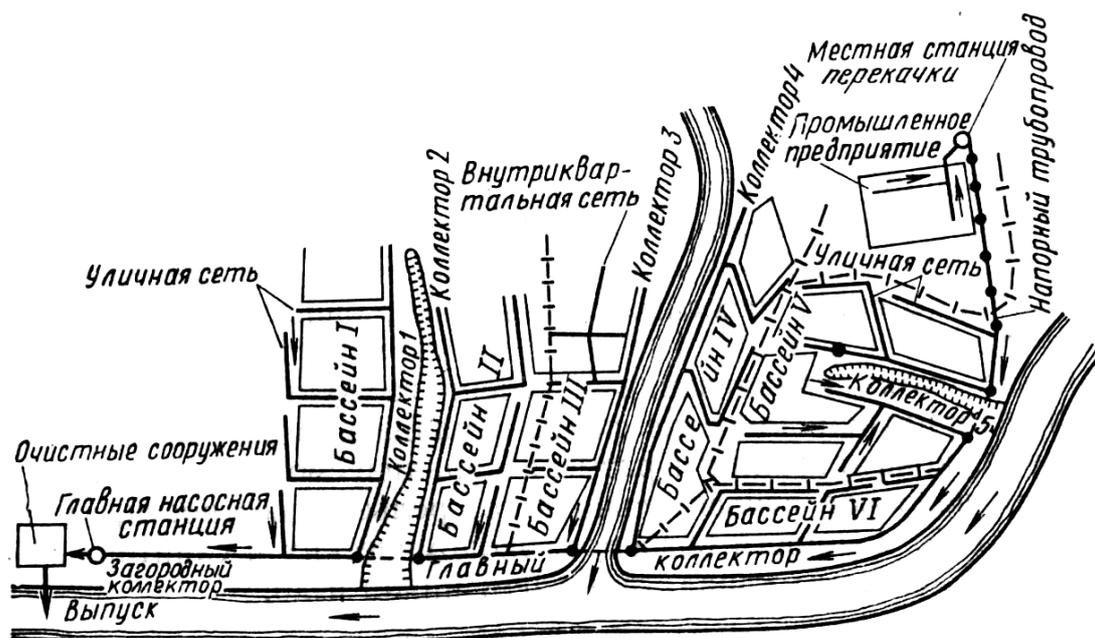


Рис. 4.1. Схема водоотведения населенного пункта и промышленного предприятия

Водоотводящие сети строят, преимущественно, самотечными. Для этого необходимую территорию города или населенного пункта разделяют на бассейны водоотведения (территории, ограниченные водоразделами), где соответственно рельефу местности прокладывают самотечные трубопроводы уличной сети и коллекторы, т.е. участки сети, собирающие сточ-

ные воды с одного или нескольких бассейнов (см. рис. 4.1). В крупных городах с сильно развитой городской сетью коллекторы больших размеров нередко называют каналами.

Коллекторы подразделяют на следующие виды:

– *коллекторы*, собирающие сточные воды с отдельных бассейнов водоотведения;

– *главные коллекторы*, принимающие и транспортирующие сточные воды двух и более коллекторов бассейнов;

– *загородные коллекторы*, отводящие сточные воды транзитом (без присоединения) за пределы объекта к насосным станциям, очистным сооружениям или к месту их выпуска в водоем.

Трассировка коллекторов обычно осуществляется по пониженным участкам местности, что обеспечивает прокладку присоединяемых к ним вышележащих участков уличной сети на минимальной глубине.

Водоотводящая сеть всегда должна быть доступна для осмотра, промывки и прочистки от засорения, поэтому на ней устраивают смотровые колодцы. Для приема атмосферных сточных вод предусматривают дождеприемники, представляющие собой круглые или прямоугольные в плане колодцы с металлической решеткой сверху.

Пересечение коллекторов с железными дорогами, реками, оврагами осуществляется путем устройства дюкеров, эстакад и др. При необходимости подъема сточных вод на более высокие отметки из-за невозможности их дальнейшего самотечного транспортирования к очистным сооружениям или в водоем на сети устраивают насосные станции, которые перекачивают воду по напорным трубопроводам.

Очистные станции предназначены для очистки сточных вод и переработки их осадка. Очистные сооружения следует располагать ниже по течению реки относительно населенного пункта или промышленного предприятия, благодаря чему исключается опасность загрязнения водоема в пределах объекта. После очистки сточные воды через специальные устройства – выпуски – сбрасываются в водоем.

Способы очистки сточной воды и обработки осадка, состав, компоновка и размеры очистных сооружений определяются в зависимости от характера и концентрации загрязнений сточных вод, требований к осадку, мощности и самоочищающей способности водоема, наличия и удаленности населенных пунктов и промышленных предприятий ниже по течению реки, а также от назначения водоема (для водоснабжения, купания, рыбо-разведения и других целей).

#### 4.1.2. Схемы и системы водоотведения

Основной этап проектирования водоотведения – составление его схемы, т.е. плана объекта с нанесенными на нем элементами водоотведения (сетями, насосными станциями, очистными сооружениями и др.). Примерный эскиз такой схемы показан на рис. 4.1.

При составлении схемы водоотведения необходимо учитывать ряд факторов:

- конфигурацию и размеры объекта;
- мощность и расположение близлежащих водоемов, которые могут служить местом сброса сточных вод после очистки;
- рельеф местности;
- грунтовые условия;
- экономические и санитарные требования и др.

Большое разнообразие указанных факторов не позволяет применить какие-либо типовые схемы или общие положения их составления.

Схемы водоотведения городов и промышленных комплексов могут быть централизованными, децентрализованными и региональными.

При *централизованной схеме* сточные воды всех бассейнов водоотведения направляют по одному или нескольким коллекторам на единственную для всего города очистную станцию, которая расположена по течению реки, ниже города. *Децентрализованные схемы* применяют в крупных городах в условиях как сильно пересеченного, так и очень плоского рельефа местности. В этом случае устраивают районную систему водоотведения с самостоятельными очистными сооружениями.

Для нескольких близко расположенных населенных пунктов и промышленных предприятий в промышленных и густонаселенных районах применяют *региональные схемы водоотведения*. В подобных схемах предусматривается одна очистная станция большой производительности вместо нескольких маломощных очистных сооружений. При такой схеме снижаются капитальные и эксплуатационные затраты на очистку сточных вод, обеспечивается защита открытых водоемов от загрязнений в пределах густонаселенной части района и рациональное использование водных ресурсов.

В зависимости от того, как отводятся бытовые, производственные и атмосферные сточные воды – совместно или отдельно, системы водоотведения можно разделить на общесплавные, отдельные (полные или неполные) и полураздельные.

Под *общесплавной* понимается такая система водоотведения, при которой сточные воды всех видов отводятся к очистным сооружениям или в водоем по единой сети. При организации общесплавной системы в период

сильных дождей предусматривается сброс части сточных вод в водоем без очистки (ввиду незначительной концентрации загрязнений) через специальные устройства – ливнеспуски, размещаемые, обычно, на главном коллекторе вблизи водоема (рис. 4.2). Сбрасываемый расход сточных вод зависит от мощности водоема, санитарных и экономических требований.

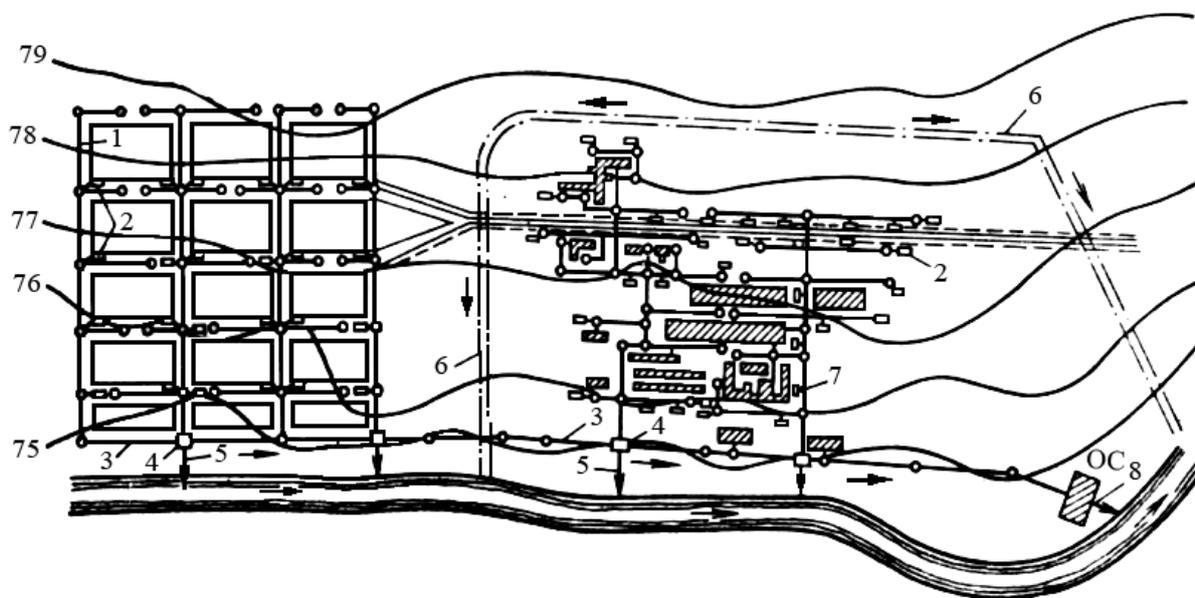


Рис. 4.2. Схема общесплавной системы водоотведения: 1 – уличная сеть; 2 – дождеприемники; 3 – главный коллектор; 4 – ливнеспуск; 5 – ливнеотвод; 6 – нагорная канава; 7 – заводская сеть; 8 – выпуск; ОС – очистные сооружения

При *раздельной* системе водоотведения отдельные виды сточных вод отводятся по самостоятельным сетям. *Полная раздельная* система водоотведения (рис. 4.3) имеет не менее двух сетей. В зависимости от вида транспортируемых сточных вод сеть подразделяется на бытовую и дождевую. Если составы производственных и бытовых сточных вод аналогичны, то производственные воды отводят по бытовой сети. Нередко характер загрязнения производственных сточных вод таков, что совместная очистка их с бытовыми сточными водами невозможна. В этом случае устраивают самостоятельную сеть для транспортирования производственных вод. Единая сеть для отвода атмосферных и условно-чистых производственных сточных вод называется *производственно-дождевой*.

*Неполная раздельная система* водоотведения является промежуточной стадией при строительстве полной раздельной системы. При проектировании неполной раздельной системы дождевая сеть не устраивается. Отвод атмосферных вод в водоем осуществляется по открытым лоткам, кюветам и каналам.

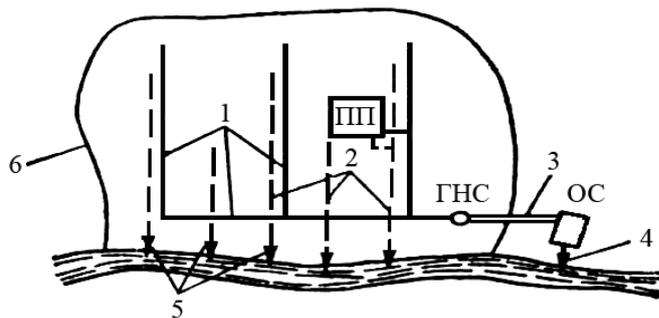


Рис. 4.3. Схемы полной раздельной системы водоотведения: 1 – бытовая сеть, 2 – производственно-дождевая сеть, 3 – напорные трубопроводы, 4 – выпуск очищенных сточных вод, 5 – выпуски атмосферных и условно чистых производственных сточных вод, 6 – граница города, ГНС – главная насосная станция, ОС – очистные сооружения, ПП – промышленное предприятие

При *полураздельной системе* водоотведения (рис. 4.4, а) в местах пересечения самостоятельных водоотводящих сетей имеются водосбросные камеры для отвода различных видов сточных вод, позволяющие осуществлять перепуск наиболее загрязненных дождевых вод при малых расходах в бытовую сеть и отводить их по единому коллектору на очистные сооружения, а при ливнях сбрасывать сравнительно чистые дождевые воды непосредственно в водоем. Схематический чертеж водосбросной камеры представлен на рис. 4.4, б.

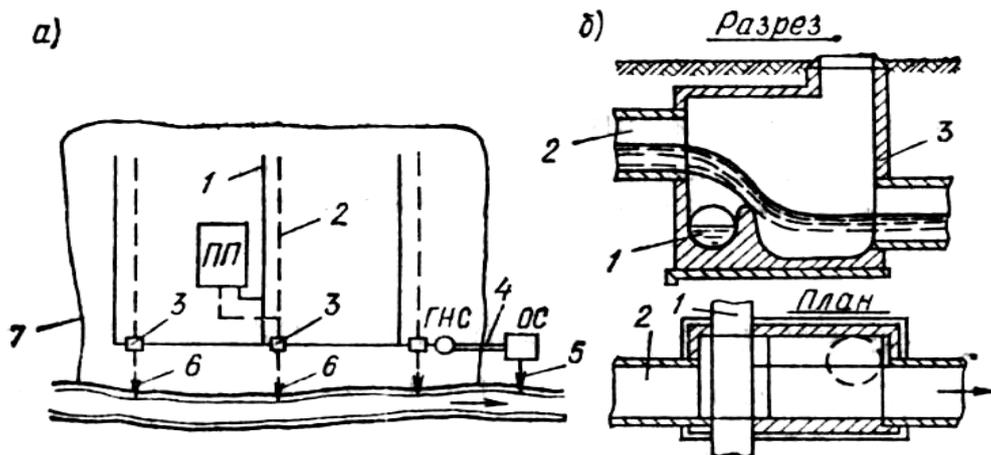


Рис. 4.4. Полураздельная система водоотведения: а – схема системы; б – водосбросная камера; 1 – бытовая сеть; 2 – производственно-дождевая сеть; 3 – разделительные камеры; 4 – напорные трубопроводы; 5 – выпуск очищенных сточных вод; 6 – ливнеотводы; 7 – граница города; ГНС – главная насосная станция; ОС – очистные сооружения; ПП – промышленное предприятие

Каждая из систем водоотведения имеет свои достоинства и недостатки.

Наибольшее распространение получила полная раздельная система водоотведения. Для промышленных предприятий применяют общесплавные или раздельные системы водоотведения.

На рис. 4.5 показана схема раздельной системы водоотведения с местными очистными сооружениями, предназначенными для предварительной очистки сточных вод.

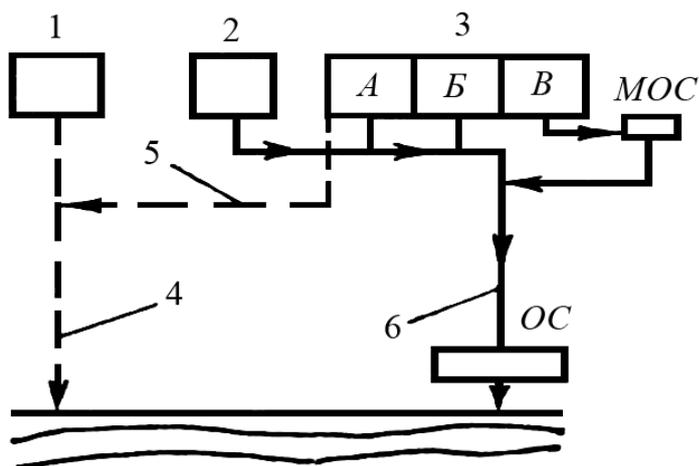


Рис. 4.5. Схема раздельной системы водоотведения с местными очистными сооружениями: 1 – атмосферные сточные воды, 2 – бытовые сточные воды, 3 – производственные сточные воды, 4 – дождевая сеть, 5 – сеть условно чистых вод, 6 – бытовая и производственная сеть, МОС – местные очистные сооружения, ОС – очистные сооружения

На рис. 4.6 показана схема раздельной системы водоотведения с частичным использованием очищенных сточных вод для оборотного водоснабжения и раздельной очистки бытовых и производственных сточных вод. Раздельная очистка сточных вод обуславливается в основном разными методами их очистки.

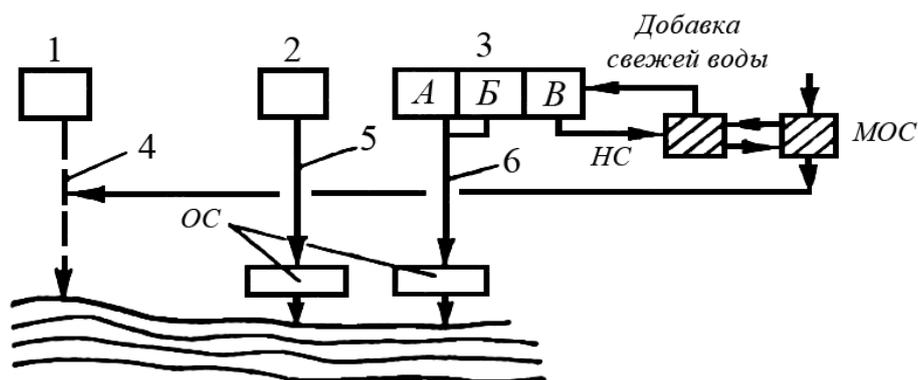


Рис. 4.6. Схема раздельной системы водоотведения с использованием производственных сточных вод для оборотного водоснабжения: 1 – атмосферные сточные воды; 2 – бытовые сточные воды; 3 – производственные сточные воды; 4 – дождевая сеть; 5 – бытовая сеть; 6 – сеть загрязненных производственных вод; ОС – очистные сооружения; НС – насосная станция; МОС – местные очистные или охладительные сооружения

Выбор той или иной системы и схемы водоотведения должен производиться на основе тщательного изучения состава и свойств сточных вод, их количества, а также всех конкретных условий проектирования, включая как санитарные, так и технико-экономические соображения.

#### 4.1.3. Состояние и организация водоотведения

Основное требование, предъявляемое к водоотведению, – обеспечение пропускания через водоотводящие сети и сооружения расчетного расхода сточных вод, установленного на конец расчетного периода. Чтобы

определить расчетный расход сточных вод, необходимо знать численность населения и иметь подробные сведения о промышленных предприятиях.

*Нормой водоотведения* называется расход сточных вод, л/сут, на одного жителя, пользующегося канализацией, или количество сточных вод (м<sup>3</sup>) на единицу продукции, выпускаемой предприятием. 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. Норма водоотведения равна норме водопотребления и для населенных пунктов может приниматься по табл. 1 СНиП 2.04.02-84.

Сточные воды поступают в водоотводящую сеть неравномерно в течение года и суток. Неравномерность их поступления может характеризоваться ступенчатым или интегральным графиком, аналогичным соответствующему графику водопотребления рис. 3.4.

Расчетные общие максимальные и минимальные расходы сточных вод определяются как произведения среднесуточных (за год) расходов сточных вод на коэффициенты общей неравномерности (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Коэффициенты неравномерности водоотведения

Средний расход сточных вод, л/с	Коэффициенты неравномерности водоотведения	
	общий максимальный $K_{dep.max}$	общий минимальный $K_{dep.min}$
5	2,5	0,38
10	2,1	0,45
20	1,9	0,5
50	1,7	0,55
100	1,6	0,59
300	1,55	0,62
500	1,5	0,66
1000	1,47	0,69
5000 и более	1,44	0,71

Расчетные расходы сточных вод могут быть определены по следующим формулам:

– для бытовых сточных вод от города

$$Q_{cp.cyt} = PFn/1000; \quad (4.1)$$

$$q_{max.c} = \frac{PFn}{24 \cdot 3600} K_{dep.max}; \quad (4.2)$$

– для производственных сточных вод

$$Q_{cp.cyt} = M_{cyt}m; \quad (4.3)$$

$$q_{\text{макс.с}} = \frac{M_{\text{см}} m \cdot 1000}{T \cdot 3600} K_{\text{ч}}, \quad (4.4)$$

где  $Q_{\text{ср.сут}}$  и  $q_{\text{макс.с}}$  – расчетные расходы сточных вод, соответственно, в м<sup>3</sup>/сут и л/с;  $P$  – число жителей, проживающих на 1 га площади кварталов (за вычетом улиц);  $F$  – площадь жилых кварталов в населенном пункте;  $n$ ,  $m$  – нормы водоотведения, соответственно, бытовых вод от города и производственных вод;  $M_{\text{сут}}$ ,  $M_{\text{см}}$  – количество выпускаемой продукции, соответственно, за сутки и за смену продолжительностью  $T$ , ч;  $K_{\text{ч}}$  – коэффициент часовой неравномерности водоотведения.

## 4.2. Наружная водоотводящая сеть

Проектирование водоотведения осуществляется в соответствии со СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения», где приведены нормативные материалы для выбора системы водоотведения, для выбора типа и определения размеров водоотводящих сооружений, определения расчетных расходов сточных вод, гидравлического расчета водоотводящих сетей, технологического расчета очистных сооружений и пр.

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

Водоотведение проектируется на определенный расчетный период, в течение которого оно должно иметь необходимую пропускную способность и соответствовать своему назначению без перестройки. Для городов этот период составляет 20 – 25 лет, а для промышленных предприятий он равен сроку работы предприятия с расчетной производительностью.

### 4.2.1. Схемы водоотводящих сетей

Трассировка водоотводящих сетей зависит, в основном, от рельефа местности, грунтовых условий и расположения водоемов. Проектирование сетей осуществляется в такой последовательности:

- территорию канализуемого объекта разделяют линиями водоразделов на бассейны водоотведения;
- по пониженным местам трассируют коллекторы бассейнов;
- трассируют главные и загородные коллекторы, перехватывая коллекторы бассейнов в направлении к очистным сооружениям;
- трассируют уличные сети к коллекторам с таким расчетом, чтобы каждая ветка уличной сети имела минимальную длину.

При расчете сети определяют места расположения насосных станций. Наиболее целесообразно размещать их в тех местах, где отдельные коллекторы, подходящие к насосной станции, имеют одинаковую глубину заложения.

Трассировка водоотводящей сети является важнейшим этапом проектирования, так как от него зависит стоимость водоотведения населенного пункта или промышленного предприятия в целом.

Ввиду большого разнообразия местных условий не представляется возможным использовать типовые решения схем водоотводящих сетей. Встречающиеся на практике схемы приближенно могут быть классифицированы следующим образом:

– *перпендикулярная схема* (рис. 4.7, а) – коллекторы бассейнов трассированы перпендикулярно направлению движения воды в водоеме. Данная схема, в основном, применяется для сброса в водоем атмосферных сточных вод;

– *пересеченная схема* (рис. 4.7, б) – коллекторы бассейнов 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;

– *параллельная схема* (рис. 4.7, в) – коллекторы бассейнов трассированы параллельно направлению движению 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. Она позволяет исключить (в коллекторах бассейнов канализования) повышенные скорости движения, вызывающие разрушение трубопроводов;

– *зонная схема* (рис. 4.7, г) – территория разбивается на две зоны: с верхней сточные воды отводятся к очистным сооружениям самотеком, а с нижней они перекачиваются насосной станцией. Каждая зона имеет схему. Зонную схему применяют при значительном или неравномерном падении рельефа местности к водоему и при отсутствии возможности осуществить водоотведение со всей территории (например, нижней зоны) самотеком;

– *радиальная схема* (рис. 4.7, д) – очистка сточных вод осуществляется на двух или большем числе очистных станций; при этом сточные воды отводятся с территории децентрализованно. Данную схему применяют при сложном рельефе местности и в больших городах.

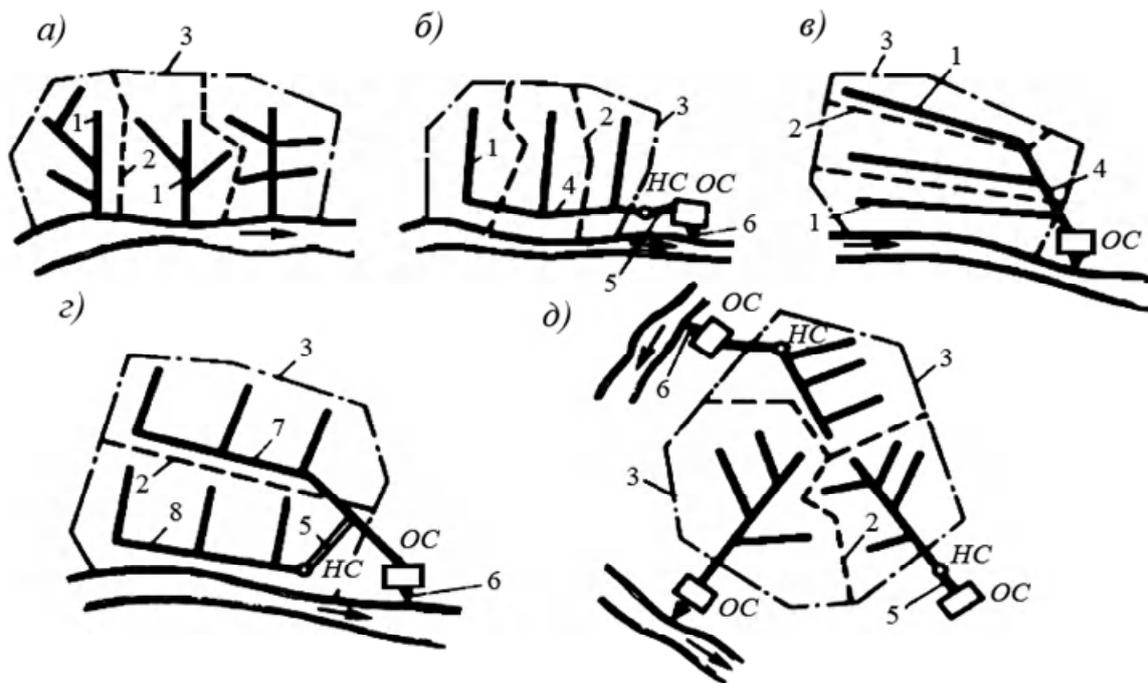


Рис. 4.7. Схемы водоотводящих сетей: *а* – перпендикулярная; *б* – пересеченная; *в* – параллельная; *г* – зонная; *д* – радиальная; 1 – коллекторы бассейнов канализования; 2 – граница бассейнов канализования; 3 – граница канализуемого объекта; 4 – главный коллектор; 5 – напорный трубопровод; 6 – выпуск; 7 – главный коллектор верхней зоны; 8 – то же, нижней зоны

При проектировании той или иной рассмотренной схемы требуется соблюдать следующие общие условия:

- линии водоотводящей сети следует прокладывать прямолинейно; в местах изменения уклона линии или диаметра труб, поворотов сети, а также в местах соединения нескольких линий необходимо устраивать колодцы;
- повороты линии и присоединения к ним следует выполнять под углом, равным или меньшим  $90^\circ$ .

При проектировании водоотведения особое внимание уделяют трассированию уличных сетей.

Различают три схемы трассирования уличных сетей:

- *объемлющая трассировка* (рис. 4.8, *а*) – уличные сети опоясывают каждый квартал со всех четырех сторон. Эту схему применяют при плоском рельефе местности и больших кварталах;
- *трассировка по пониженной стороне квартала* (рис. 4.8, *б*) – уличные сети проложены лишь с пониженных сторон обслуживаемых кварталов. Эту схему используют при значительном падении местности;
- *чрезквартальная трассировка* (рис. 4.8, *в*) – уличные сети проложены внутри кварталов. Эта схема позволяет значительно сокращать протяженность сети, но затрудняет ее эксплуатацию.

При выборе схемы сети и схемы водоотведения в целом необходимо учитывать очередность строительства. Обычно при разработке схем выявляют ряд возможных вариантов, удовлетворяющих санитарным требованиям. Окончательный вариант выбирают на основании технико-экономического сравнения, выполняемого при составлении технического проекта, а также с учетом экологического фактора.

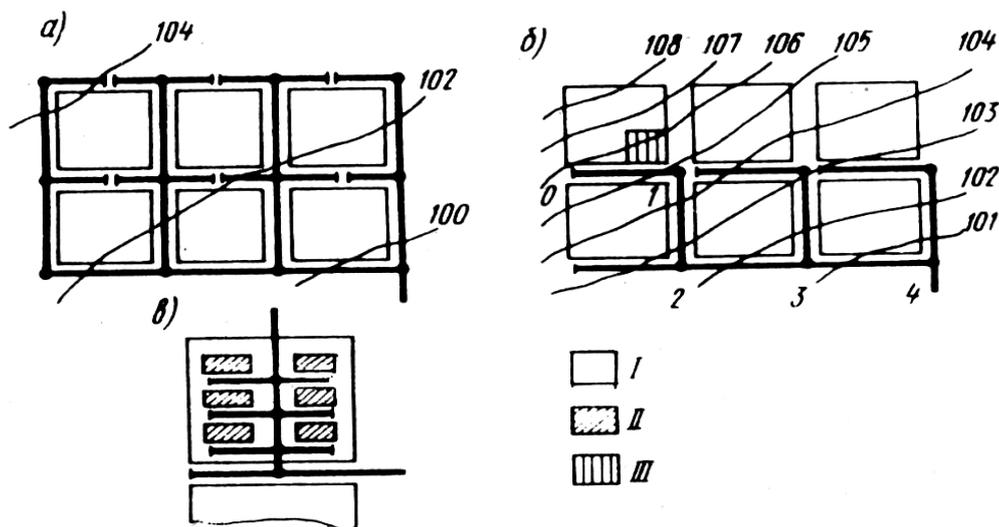


Рис. 4.8. Трассировка уличных сетей: *а* – объемлющая трассировка; *б* – трассировка по пониженной стороне квартала; *в* – чрезквартальная трассировка; I – кварталы, II – здания; III – промышленные предприятия

#### 4.2.2. Условия приема сточных вод в наружную водоотводящую сеть

Возможность приема различных категорий сточных вод в водоотводящие сети раздельной и общесплавной систем водоотведения определяют исходя из состава загрязнений этих вод и целесообразности совместной их очистки с учетом санитарно-гигиенических и технико-экономических показателей.

Совместное отведение и очистка бытовых и производственных сточных вод, как правило, являются наиболее целесообразными по технико-экономическим показателям, но в ряде случаев оказываются недопустимыми из-за наличия в производственных сточных водах вредных и ядовитых веществ. В тех случаях, когда совместное отведение бытовых и производственных вод не удовлетворяет определенным условиям (изложенным в СНиП, правилах технической эксплуатации канализации и правилах приема производственных сточных вод в общегородские канализации), они отводятся и очищаются раздельно и могут быть приняты в водоотводящие сети только после предварительной очистки.

Сточные воды местной и пищевой промышленности, а также промышленности по переработке сельскохозяйственных продуктов (например, мо-

лочной, пивоваренной и др.) могут приниматься в городскую водоотводящую сеть без ограничения и, в ряде случаев, без предварительной обработки.

Сточные воды некоторых предприятий, например, льнокомбинатов, мясокомбинатов и кожевенных заводов, могут быть приняты в городскую сеть только после предварительной обработки их и обеззараживания в целях предохранения от попадания патогенных (болезнетворных) бактерий.

В городскую сеть не могут быть приняты без предварительной очистки производственные сточные воды, содержащие волокнистые вещества, жиры, масла, смолы, бензин, нефтепродукты, ядовитые и другие вещества, оказывающие разрушающее действие на материал труб и элементы сооружений. Температура производственных сточных вод не должна превышать 40°C. Не допускается также сброс воды, которая может выделять ядовитые или взрывоопасные газы, а также сточных вод заводов черной металлургии, машиностроительных, химических комбинатов и др.

На производственных сетях со стоками кислыми, радиоактивными или выделяющими взрывоопасные газы необходимо устанавливать соответствующие анализаторы, показания которых могут передаваться на расстояние. При нарушении абонентами правил сброса сточных вод в общегородские сети контрольные приборы должны давать соответствующие сигналы и импульсы на закрытие задвижки на выпуске сточных вод.

#### 4.2.3. Основные сведения по расчету водоотводящих сетей

Водоотводящую сеть рассчитывают на частичное наполнение труб. Самотечный режим течения с частичным наполнением сечения трубопроводов позволяет:

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

Степень наполнения труб характеризуется отношением  $H/d$ .

Гидравлический расчет сети производится с использованием формул установившегося равномерного движения:

$$q = \omega v;$$
$$i = \frac{\lambda}{4R} \frac{v^2}{2g}, \quad (4.5)$$

где  $q$  – расход сточных вод;  $\omega$  – площадь живого сечения;  $v$  – средняя скорость движения;  $i$  – гидравлический уклон;  $\lambda$  – коэффициент гидравли-

ческого трения;  $R = \frac{\omega}{\chi}$  – гидравлический радиус (здесь  $\chi$  – смоченный периметр);  $g$  – ускорение свободного падения.

Коэффициент гидравлического трения  $\lambda$  рекомендуется определять по формуле

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left( \frac{\Delta_s}{13,68R} + \frac{a_2}{Re} \right), \quad (4.6)$$

где  $\Delta_s$  – эквивалентная шероховатость;  $a_2$  – коэффициент, зависящий от состояния стенок трубопроводов и свойств жидкости;  $Re = \frac{4vR}{\nu}$  – число Рейнольдса (здесь  $\nu$  – кинематическая вязкость).

Значения  $\Delta_s$ ,  $a_2$  и коэффициента шероховатости  $n$  для труб, каналов и лотков из различных материалов следует принимать по СНиП 2.04.03-85.

Для гидравлического расчета водоотводящей сети можно использовать формулу Шези

$$v = C \sqrt{Ri}, \quad (4.7)$$

в которой коэффициент  $C$  определяется по формуле Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (4.8)$$

где  $y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1)$ ,  $n$  – коэффициент шероховатости, принимаемый для самотечных коллекторов круглого сечения 0,014, а для напорных трубопроводов 0,013.

Расчет выполняют с помощью таблиц или номограмм, составленных по указанным формулам.

Конечной целью гидравлического расчета водоотводящих сетей является определение диаметров и уклонов трубопроводов, а также составление продольного профиля сети.

Минимальный диаметр труб для уличных сетей установлен в зависимости от системы водоотведения: при полной раздельной – 200 мм для бытовой сети и 250 мм для дождевой сети, при общесплавной – 250 мм.

Расчетное наполнение в трубопроводах бытовой водоотводящей сети рекомендуется принимать в зависимости от диаметра труб (СНиП 2.04.03-85, табл. 16). В трубопроводах дождевой водоотводящей сети полной раздельной системы и в трубопроводах сети общесплавной системы следует принимать полное наполнение.

Скорость, соответствующая полному взвешиванию потоком имеющихся в нем загрязнений, называется самоочищающей (критической). Ми-

нимальные расчетные скорости следует назначать не менее самоочищающих скоростей. Для бытовой водоотводящей сети самоочищающиеся скорости зависят от диаметра труб (СНиП 2.04.03-85, табл. 16) .

При проектировании бытовой водоотводящей сети минимальный уклон труб можно определить по приближенной формуле

$$i = 1/d , \quad (4.9)$$

где  $d$  – внутренний диаметр труб, мм.

Стоимость и сроки строительства водоотводящей сети в значительной степени зависят от глубины заложения трубопроводов, которую принимают по возможности минимальной, учитывая следующие требования:

- защита труб от механических повреждений;
- предохранение сточных вод в трубопроводах от замерзания;
- обеспечение возможности присоединения к уличной сети внутриквартальных сетей.

Наименьшую глубину заложения от поверхности земли до лотка труб можно определять по формуле

$$h = h_{промерз} - e , \quad (4.10)$$

где  $h_{промерз}$  – глубина промерзания грунта;  $e$  – величина, равная 0,3 м для труб диаметром до 500 мм и 0,5 м – для труб большего диаметра.

Глубину заложения водоотводящих трубопроводов необходимо назначать с таким расчетом, чтобы исключалась возможность разрушения труб временными динамическими нагрузками от транспорта. Статические расчеты показывают, что для керамических труб, широко применяемых в водоотведении, действие временных нагрузок от транспорта при глубине заложения от поверхности земли до верха труб меньше 0,7 м. При необходимости укладки сетей на меньшей глубине следует применять трубы из более прочного материала (например, железобетона).

Требуемую глубину заложения трубопроводов определяют расчетом одновременно с построением профиля водоотводящей сети. Начальную глубину заложения трубопроводов уличной сети находят с учетом присоединения внутриквартальной сети и внутренних канализационных устройств зданий по следующей формуле:

$$H = h + i(L + l) - (Z_1 - Z_2) + \Delta d , \quad (4.11)$$

где  $h$  – начальная глубина заложения трубопроводов от поверхности земли до его лотка в наиболее удаленном колодце внутриквартальной сети;  $i$  – уклон трубопроводов внутриквартальной сети;  $L + l$  – длина внутриквартальной водоотводящей 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.

Максимальная глубина заложения трубопроводов водоотводящей сети зависит от способа производства работ (открытый или закрытый) и грунтовых условий. При открытом способе производства работ глубина заложения трубопроводов в сухих грунтах не должна превышать 7 – 8 м, в водонасыщенных – 5 – 6 м. При закрытом способе производства работ (щитовая проходка) глубина заложения сети практически не ограничивается. Однако стоимость строительства трубопроводов закрытым способом даже с применением современных приемов производства работ еще сравнительно велика, поэтому глубину заложения сети следует ограничивать.

При проектировании сетей водоотведения требуется увязка расположения трубопроводов в поперечном сечении проездов с расположением других подземных коммуникаций. Рациональное размещение водоотводящей сети и других сетей подземных коммуникаций в поперечном сечении проезда показано в [2, с. 244].

#### **4.2.4. Устройство и оборудование водоотводящих сетей**

Применяемые для устройства водоотводящих сетей материалы должны обладать достаточной прочностью, водопроницаемостью, устойчивостью к коррозии и истиранию, иметь гладкую поверхность и небольшую стоимость. Таким требованиям в наибольшей мере удовлетворяют керамические, бетонные, железобетонные и асбестоцементные трубы, а также кирпич и железобетон, из которых выполняют коллекторы. Для устройства водоотводящих сетей в последние годы применяют также поливинилхлоридные, полипропиленовые трубы. Напорные трубопроводы изготавливают из чугуна, стали и асбестоцемента.

*Керамические трубы* (рис. 4.9, а) изготавливают раструбными длиной 1000 – 1200 мм диаметром до 600 мм (ГОСТ 286-82). Внешнюю и внутреннюю поверхности труб покрывают глазурью, что придает им твердость, водонепроницаемость, гладкость и ряд других положительных свойств.

*Бетонные трубы* (рис. 4.9, б), применяемые для устройства самотечных коллекторов, изготавливают диаметром 100 – 1000 мм (ГОСТ 20054-82), а железобетонные трубы (рис. 4.9, в) – диаметром до 2400 мм (ГОСТ 6482-88). Бетонные и железобетонные трубы изготавливают раструбными и фальцевыми из бетона марки не ниже 300 вибрационным или центробежным способом.

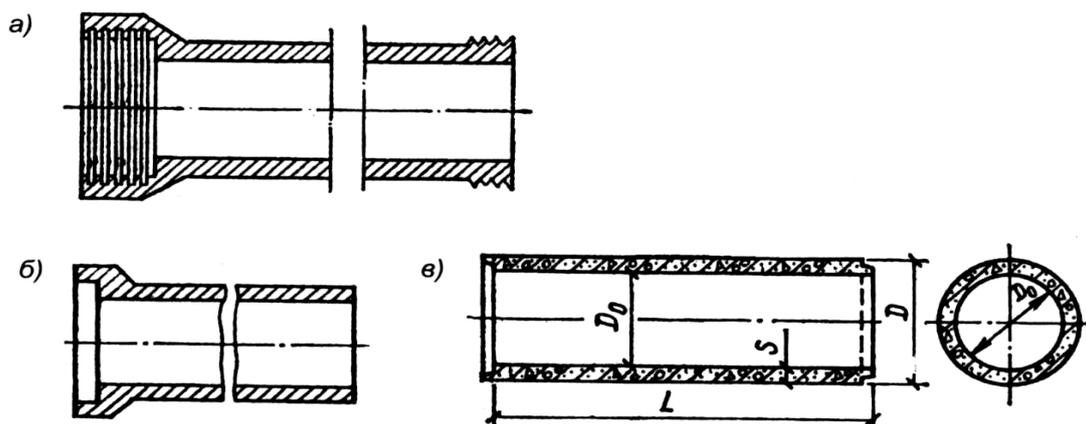


Рис. 4.9. Трубы, применяемые для строительства водоотводящих сетей:  
 а – керамическая; б – бетонная; в – железобетонная фальцевая

Асбестоцементные безнапорные трубы, применяемые для устройства самотечных коллекторов, изготавливают без раструбов диаметром 150 – 600 мм, длиной 2,95 и 3,925 м (ГОСТ 1839-80). Соединяют асбестоцементные трубы с помощью муфт.

Раструбные и муфтовые соединения труб самотечных линий заделывают смоляной пеньковой прядью (конопаткой) и устраивают асфальтовый, асбестоцементный или цементный замок. Стык с асфальтовым замком эластичен и хорошо противостоит химическим воздействиям сточных вод. Асбестоцементные и цементные замки создают значительную жесткость, поэтому их применяют при укладке труб

на надежные основания. Для уплотнения стыков можно применить также резиновые кольца и кольца из поливинилхлоридной смолы.

Коллекторы (рис. 4.10) могут быть выполнены из кирпича, керамических блоков и сборного железобетона.

Для осмотра и прочистки на водоотводящей сети сооружают смотровые колодцы. В зависимости от места расположения и назначения колодцы подразделяются на:

– линейные, устраиваемые на прямолинейных участках сети через каждые 40 – 150 м по ее длине (чем больше диаметр труб, тем больше расстояние между колодцами);

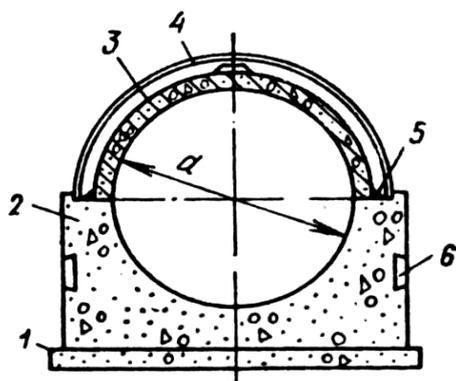


Рис. 4.10. Водоотводящий коллектор: 1 – подготовка; 2 – бетонное основание; 3 – свод; 4 – бетонный пояс для заделки стыков свода; 5 – битум; 6 – пояс для крепления блоков основания

– 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 уклонов канализационной линии и ее направления в плане;

– узловые, устраиваемые в местах соединения линий;

– контрольные, устраиваемые в местах присоединения внутриквартальных и заводских сетей к уличным в пределах застройки кварталов.

Колодцы на водоотводящей сети можно выполнять из кирпича и сборного железобетона. В плане они могут иметь круглую или прямоугольную форму. Канализационный колодец (рис. 4.11) состоит из основания (подготовки, плиты и набивного лотка), цилиндрической рабочей камеры и горловины. Диаметр рабочей камеры круглого колодца должен быть не менее 1 м, а диаметр горловины не менее 0,7 м. Длина прямоугольного в плане колодца 1 м, а ширина должна превышать диаметр наибольшей трубы на 0,4 м.

Для соединения трубопроводов, уложенных на различной глубине, на водоотводящей сети сооружают перепадные колодцы.

При диаметре труб до 500 мм и высоте перепада до 6 м их выполняют со стояком из чугунных, асбестоцементных или железобетонных труб, а при диаметре более 500 мм – с водосливом практического профиля и водобойным колодцем в основании.

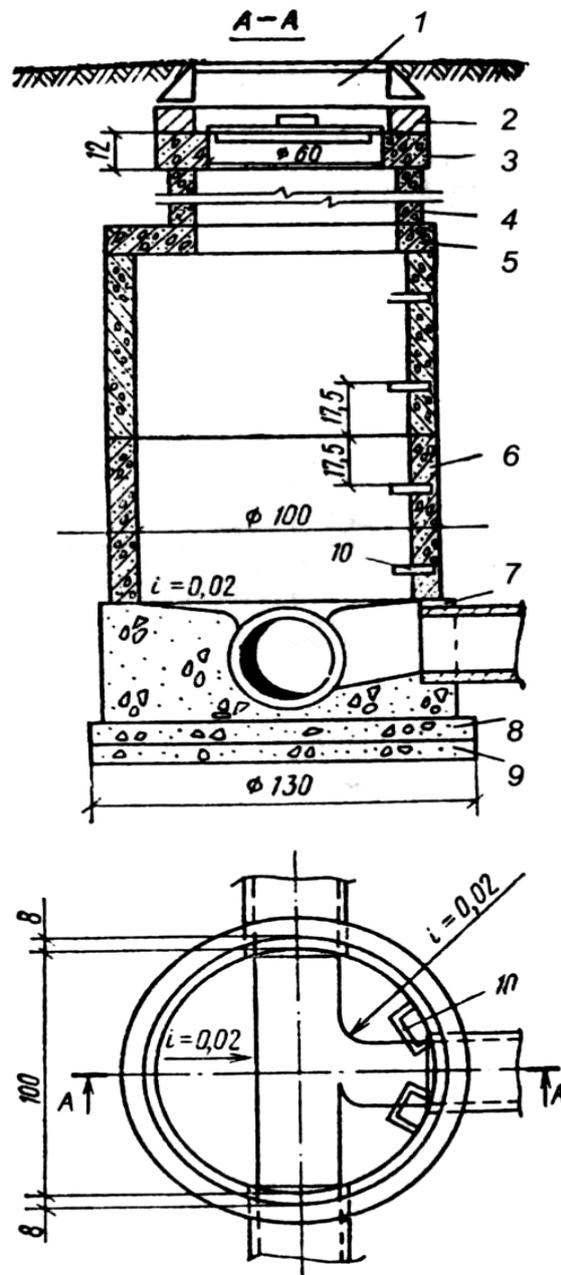


Рис. 4.11. Типовой колодец из стандартных железобетонных колец для уличной сети диаметром 150 – 600 мм: 1 – круглый люк с крышкой; 2 – кирпичная кладка; 3 – опорное кольцо; 4 – кольцо диаметром 700 мм и высотой 300 – 600 мм; 5 – плита; 6 – кольцо диаметром 1000 мм; 7 – регулировочные камни или кирпичная кладка; 8 – плита; 9 – щебеночная подготовка; 10 – скобы

В практике проектирования нередко приходится разрабатывать способы пересечения водоотводящих трубопроводов с различного рода препятствиями (реками, железными и автомобильными дорогами и т. д.). При небольшой разнице в отметках расположения сети и препятствия пересечение целесообразно устраивать в виде дюкера (рис. 4.12), который состоит из двух (не менее) линий трубопроводов, прокладываемых под препятствием и работающих полным сечением, и двух камер. Жидкость движется по трубопроводам под действием напора, который устанавливается вследствие разности отметок уровней воды в верхней и нижней камерах.

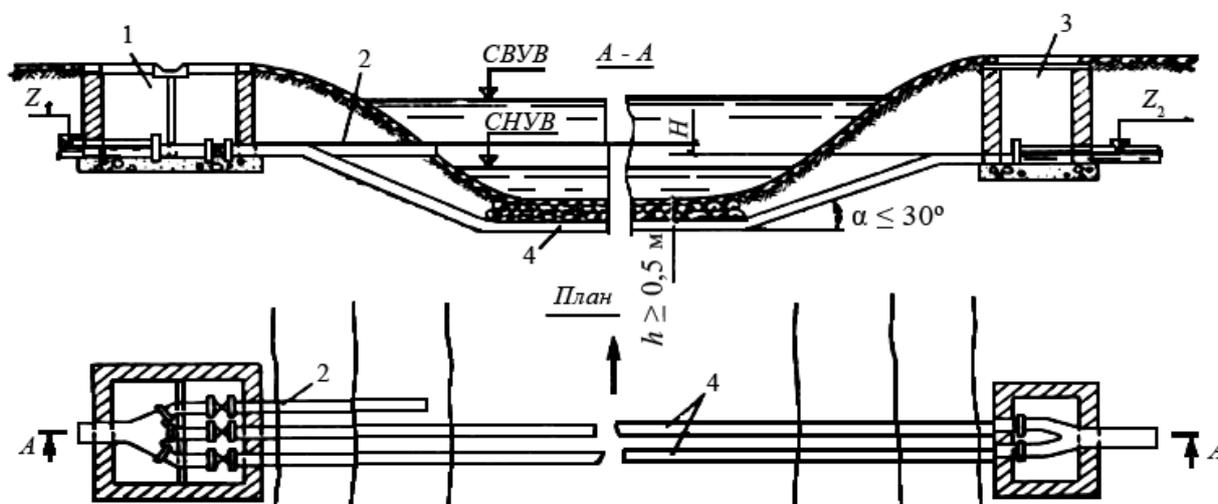


Рис. 4.12. Дюкер: 1 – верхняя камера; 2 – аварийный выпуск; 3 – нижняя камера; 4 – линии трубопроводов

Если водоотводящая сеть проходит значительно выше препятствия (овраги, суходолы), то пересечение целесообразно выполнять в виде самотечного трубопровода, укладываемого по эстакаде – мосту.

#### 4.2.5. Перекачка сточных вод

В тех случаях, когда не удастся осуществить отвод сточных вод к очистным сооружениям самотеком, для их перекачки применяют насосы (в основном центробежные). В зависимости от особенностей перекачиваемой жидкости к насосам предъявляются следующие требования:

- они не должны засоряться отбросами, содержащимися в сточной жидкости;
- конструкция их должна обеспечивать возможность прочистки рабочего колеса, корпуса и патрубков.

С учетом этих требований насосы имеют ряд конструктивных особенностей:

– насосы изготавливают только одноколесными и без направляющих аппаратов;

– рабочие колеса имеют всего две-четыре лопасти;

– на корпусе насосов и на входном патрубке устраивают люки-ревизии.

Для перекачки сточных вод выпускаются насосы следующих марок: Ф, ФВ, НФ, НФВ. Можно применять насосы, рассчитанные на перекачку жидкостей с большим содержанием взвешенных частиц: земленасосы, торфонасосы и др.

Место расположения насосных станций определяется при решении схемы водоотведения на основе технико-экономических расчетов. Как правило, насосные станции для перекачки сточных вод устраивают в самой пониженной части канализуемой территории с учетом санитарных, планировочных и гидрогеологических условий местности, наличия источников электроснабжения и возможности устройства аварийного выпуска.

Наиболее широкое распространение получили насосные станции шахтного типа с наземным павильоном (рис. 4.13). Насосная станция состоит из машинного отделения, в котором располагаются насосы, и приемного резервуара. Подземная часть насосных станций выполняется из бетона или железобетона, а наземная – из кирпича.

Приемный резервуар оборудуют решетками и дробилками, которые служат для измельчения отбросов, задерживаемых решетками. Раздробленные отбросы обычно сбрасываются в поток сточной воды перед решеткой. Решетки, выполняемые из стальных стержней сечением  $10 \times 60$  мм, ус-

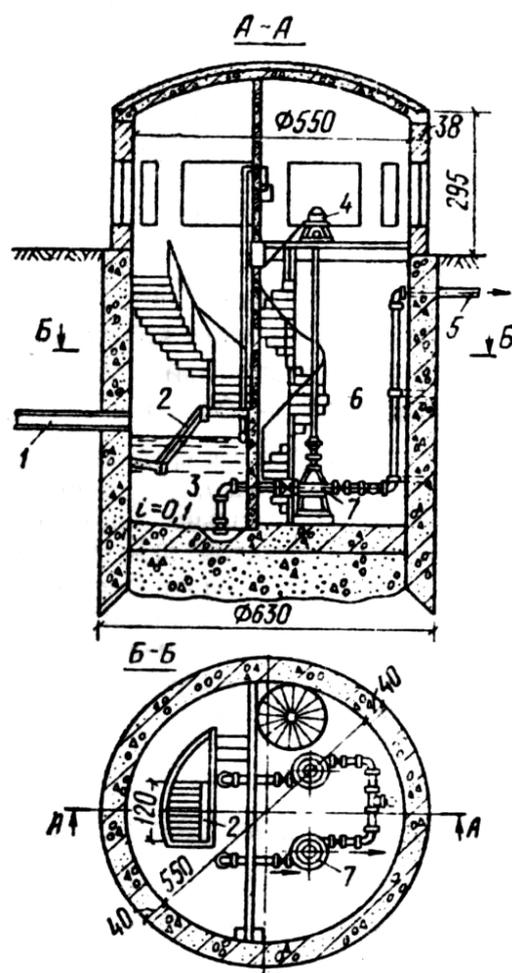


Рис. 4.13. Канализационная насосная станция шахтного типа: 1 – самотечный коллектор; 2 – решетка; 3 – приемный резервуар; 4 – двигатель; 5 – напорный трубопровод; 6 – машинное отделение; 7 – насос

танавливают под углом  $60 - 70^\circ$  к горизонту. Ширина прозоров между стержнями назначается в зависимости от марки насоса.

Объем приемного резервуара определяют по графику притока и откачки сточных вод. Канализационные насосы подбирают по требуемому напору и максимальной подаче насосной станции.

Требуемый напор определяют по формуле

$$H_{mp} = H_z + h_{nom}, \quad (4.12)$$

где  $H_z = Z_1 - Z_2$  – геометрическая высота подачи воды ( $Z_1$  – отметка, на которую подается вода;  $Z_2$  – отметка среднего уровня воды в приемном резервуаре);  $h_{nom}$  – потери напора в напорном и всасывающем трубопроводах.

Величина  $h_{nom}$  может быть найдена по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h_{nom} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}, \quad (4.13)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения;  $l$  – длина трубопровода;  $v$  – средняя скорость потока;  $d$  – диаметр трубопровода.

Максимальная подача насосной станции устанавливается по совместному ступенчатому или интегральному графику притока и откачки сточных вод. Как правило, ее принимают равной максимальному притоку сточных вод.

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

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

В последние годы разработаны проекты насосных станций со шнековыми насосами, применение которых весьма эффективно для перекачки на небольшую высоту сточных вод, содержащих крупные включения.

Для перекачки небольшого количества сточных вод можно использовать пневматические эжекторы.

#### 4.2.6. Устройство дождевой сети

Принципы трассирования водосточной сети аналогичны принципам трассирования бытовой водоотводящей сети. Водосточную сеть прокладывают вдоль городских проездов по кратчайшим расстояниям к водоемам, тальвегам и оврагам. При ширине проезда до 30 м водосток рекомендуется трассировать в середине проезда, а при большей ширине водосточную сеть прокладывают в две линии по обеим сторонам проезда.

Атмосферные воды поступают в закрытую водосточную сеть через дождеприемники (рис. 4.14), представляющие собой колодцы, перекрытые приемной решеткой. В плане дождеприемники имеют прямоугольную или круглую форму. Дождеприемники располагают у бортовых камней проездов на расстоянии 50-80 м друг от друга.

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

Расчетный расход по отдельным участкам дождевой сети можно определять по формуле

$$q_{расч} = qF\psi , \quad (4.14)$$

где  $q$  – интенсивность дождя, л/(с·га);  $F$  – площадь стока, га;  $\psi$  – коэффициент стока.

Интенсивность дождя  $q$ , л/(с·га), подсчитывают по формуле

$$q = \frac{20^n q_{20}(1 + c \lg \rho)}{t^n} , \quad (4.15)$$

где  $q_{20}$  – интенсивность дождя продолжительностью 20 мин повторяемостью 1 раз в год (величина постоянная для определенного района);  $n, c$  – величины, учитывающие климатические особенности района;  $\rho$  – период однократного переполнения сети;  $t$  – расчетная продолжительность дождя, мин, принимаемая равной времени добегания воды от наиболее удаленной точки площади стока до расчетного сечения.

Коэффициент стока, который зависит от рода поверхности (асфальт, грунтовая дорога, растительный слой), рельефа местности, а также от интенсивности дождя и его продолжительности, можно определять по формуле

$$\psi = q_c / q , \quad (4.16)$$

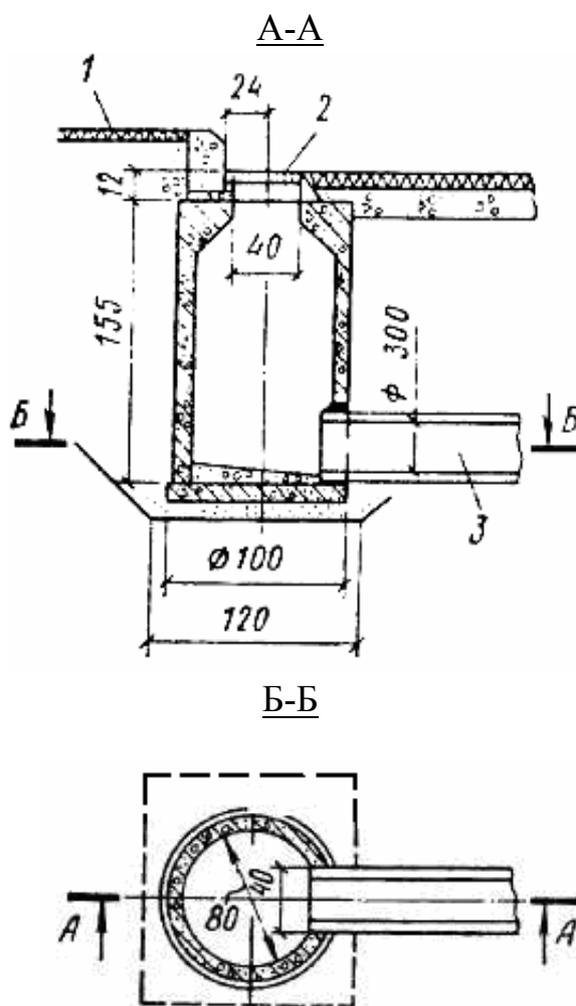


Рис. 4.14. Железобетонный дождеприемник: 1 – тротуар; 2 – решетка; 3 – соединительная ветка

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

#### **4.2.7. Бестраншейные методы восстановления (санации) водоотводящих и водопроводных сетей**

Находящиеся в эксплуатации водопроводные и водоотводящие трубопроводы подвергаются как естественному старению, так и преждевременному износу, что требует их замены. Для этого обычно отрывают траншеи, извлекают поврежденные участки и заменяют их новыми или используют бестраншейное восстановление (санацию).

В последние годы в различных странах мира (особенно в городах-мегаполисах) нашли широкое распространение бестраншейные технологии восстановления трубопроводов, которые становятся неотъемлемой частью комплекса мероприятий по реконструкции коммунальных сетей в условиях плотной городской застройки, интенсивных транспортных и пассажиропотоков.

Под бестраншейным восстановлением (санацией) водоотводящих сетей понимается проведение пространственно-ограниченных земляных и других ремонтно-восстановительных работ на участках трубопроводов, включая сооружения и арматуру на сети (колодцы, задвижки и т. д.). В результате санации трубопроводу придается требуемая механическая прочность, полностью восстанавливается его структура, а также обеспечивается соблюдение проектной пропускной способности (установленных гидравлических параметров). В свою очередь, под восстановлением структуры трубопровода понимают ликвидацию следующих дефектов:

- структурных (например, свищей – сквозных отверстий, микротрещин и других повреждений, которые провоцируют эксфильтрацию и инфильтрацию);
- дефектов, вызванных некачественным монтажом труб при их укладке в траншеи (например, деформаций труб);
- дефектов, вызванных временными факторами (например, старением) и неудовлетворительной эксплуатацией системы водоснабжения и водопроводных сетей (например, появлением ржавчины на внутренних стенках труб, биообрастаний, бугристых наростов в виде уплотненных окислов железа, марганца и извести, инородных включений, проникающих в трубопроводы при любом вмешательстве извне – сварке, ремонте, замене запорно-регулирующей арматуры и т. д.).

Срок службы водопроводных и водоотводящих трубопроводов зависит от материала, из которого он изготовлен. Например, стальные водо-

проводные трубопроводы должны эффективно эксплуатироваться в течение 20, а чугунные – 60 лет. Однако старение коммунальных сетей водоснабжения и водоотведения и снижение их пропускной способности может наступить в более ранние сроки (через 5 – 10 лет после прокладки) из-за влияния отдельных или совокупности ряда следующих факторов: несоответствия материала труб условиям эксплуатации, нарушения условий прокладки трубопроводных систем в соответствующих грунтах, агрессивного характера вод, коррозии стенок, возможности накипеобразований (в случае эксплуатации трубопроводов горячего водоснабжения), биообрастаний и т.д.

В сетях городского водопровода наиболее характерными загрязнениями, осаждающимися на стенках труб, являются уплотненный осадок, окислы марганца и железа (в виде бугристых наростов), комплексные соединения на основе окислов железа и извести, инородные включения (кусочки древесины, мелкий щебень и т.д.). Наличие последних может свидетельствовать, прежде всего, о низком качестве очистки воды (в частности, о недостаточном удалении железа и марганца), а также попадании посторонних предметов в трубопроводы при их прокладке или ремонте запорно-регулирующей арматуры. В водоотводящих сетях осадок может быть представлен как минеральными (шлак, песок), так и органическими веществами.

Основным видом повреждений (дефектов), вызывающих аварии на водопроводных сетях из стальных труб, являются сквозные проржавления – свищи (например, по опыту Московского водопровода, до 70 %), на чугунных трубах аварии связаны, в основном, с нарушением герметичности раструбных соединений (до 12 %) и переломами труб (16 %). Преобладающее число повреждений приходится на трубы малых диаметров (до 200 мм), что составляет около 75 % их общего количества. Главными причинами повреждений водопроводных трубопроводов являются: износ труб, низкое качество материала, избыточные напоры, наружная и внутренняя коррозия, резкие сезонные перепады температуры и другие факторы.

Поврежденные трубопроводы могут подвергаться восстановлению (санации) путем нанесения на их внутреннюю поверхность следующих защитных материалов:

- сплошных набрызговых покрытий на основе цементно-песчаных растворов, а также эпоксидных смол;
- сплошных покрытий в виде гибких полимерных рукавов (оболочек, мембран, рубашек) или труб из различных материалов;
- сплошных покрытий из отдельных элементов на основе листовых материалов (гибкого полиэтилена или твердого стеклопластика);

- спиральных полимерных оболочек;
- точечных (местных) покрытий.

*Набрызговые покрытия на основе цементно-песчаных растворов* широко используются за рубежом уже более 40 лет, а первый опыт их применения в РФ (Москва) для защиты стального водовода II подъема внутренним диаметром 1200 мм относится к 1968 году.

Работы по нанесению таких покрытий выполняются методом центрифугирования или центробежного набрызга.

Цементно-песчаные покрытия являются надежным средством ликвидации различного рода дефектов на внутренней поверхности стальных и чугунных труб, а также антикоррозионным материалом, однако не могут быть использованы для восстановления сильно разрушенных трубопроводов.

В отечественной практике в качестве исходных материалов для приготовления цементно-песчаного раствора используют портландцемент марки 500 (ГОСТ 1078-85) и мелкозернистый кварцевый песок, фракционированный по ГОСТ 8736-85 и ГОСТ 10268-80. Минимальная толщина защитного слоя определяется диаметром и материалом труб, а требуемая – возрастом труб, толщиной их стенок и физическим состоянием (износом).

*Сплошные покрытия в виде гибких полимерных рукавов или труб из различных материалов* применяются как для водопроводных, так и для водоотводящих труб (стальных и чугунных диаметром 100 – 900 мм).

При нанесении на санируемые трубопроводы гибких внутренних покрытий (оболочек, мембран, рукавов) или при введении в них полимерных труб наряду с обеспечением полной герметичности стенок достигается их высокая сопротивляемость динамическим нагрузкам.

Введение в трубопровод и закрепление в нем оболочек может достигаться либо путем протаскивания бесшовного покрытия на всю длину восстанавливаемого участка между двумя колодцами с последующим прижатием его специальным грузом или подачей под давлением горячего воздуха (водяного пара), либо постепенным введением на ремонтный участок скрученной в рулон оболочки в виде чулка (лайнера) с прижатием ее к стенке давлением жидкости. В результате процесса полимеризации происходит затвердевание сплошной защитной оболочки, после чего все устройства и жидкость из трубопровода удаляются.

Особого внимания заслуживает технология сплошного покрытия Phoenix-Lining (Феникс), согласно которой фиксация полимерной оболочки на стенках труб осуществляется давлением воздуха. Воздушный поток обеспечивает также продвижение покрытой клеем оболочки в виде чулка

(комбинированного рукава) по трубопроводу и плотное ее прижатие к внутренней поверхности трубы.

Данная технология применяется для санации трубопроводов диаметром от 100 до 900 мм. Специальная техника для нанесения оболочек позволяет за один цикл обрабатывать до 600 м труб диаметром от 80 до 600 мм. Водонепроницаемая оболочка может иметь толщину 2 мм, рассчитанную на внутреннее давление до 3 МПа, и 3 – 10 мм – для противодействия значительным внешним нагрузкам. Она изготавливается из двух компонентов: тканевого покрытия или полиэстера и полиэтилена, которые обеспечивают механическую прочность и водонепроницаемость покрытия.

*Сплошные покрытия из отдельных элементов на основе листовых материалов (гибкого полиэтилена или твердого стеклопластика).* Технология нанесения гибкого защитного листового материала с зубчатой скрепляющей структурой предназначена для восстановления водоотводящих коллекторов и заключается в протяжке листового материала в saniруемый трубопровод, плотном креплении к нему цементирующим материалом и экструзионной сварке под давлением. Система листовых элементов позволяет применять различные типы секций, отличающихся друг от друга структурой поверхности.

*Спиральные полимерные оболочки* применяются для восстановления безнапорных трубопроводов систем водоотведения. Они позволяют облицовывать внутреннюю поверхность трубопроводов поливинилхлоридной лентой. Для этого в колодце устанавливается специальный станок, осуществляющий несколько функций: нанесение (навивку) ленты по внутреннему диаметру трубопровода, ее крепление, заливку клеющей смолой, проталкивание образовавшегося каркаса из поливинилхлорида внутрь восстанавливаемого трубопровода, расширение каркаса для его фиксации на восстанавливаемом сооружении. Методы позволяют восстанавливать трубопроводы диаметром до 1200 мм и длиной до 200 м за один рабочий цикл.

*Точечные (местные) защитные покрытия* применяют для ликвидации одиночных (точечных) сквозных, в том числе, периферийных трещин, вызванных подвижкой грунта (например, при проведении вблизи трасс земляных работ, воздействием на трубопроводы сверхнормативных нагрузок от дорожного движения, землетрясений и т.д.) или местной (очаговой) коррозией стенок трубопроводов.

Покрытия для точечного ремонта могут также использоваться в качестве герметичных соединений отдельных труб при реализации различных способов бестраншейного восстановления сетей.

Местные повреждения, явившиеся причиной химической эрозии стенок трубопроводов, могут развиваться очень быстро и приводят к преждевременному выходу трубопровода из строя.

Защитные покрытия для местного ремонта могут быть следующих видов:

- жидкие растворы, твердеющие после операций нанесения на поврежденные поверхности;
- растворы полужидкой консистенции;
- волокнистые материалы с пропиткой смолами;
- профильные резиновые уплотнители;
- гильзы из нержавеющей стали;
- композиционные составы холодного отверждения и т.д.

### 4.3. Сооружения для очистки сточных вод

#### 4.3.1. 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, щелочей. Органические загрязнения бывают растительного и животного происхождения. 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 определяется по формуле

$$P_{\text{быт}} = 1000v / q_{\text{б}}, \quad (4.17)$$

где  $v$  – количество загрязнений, вносимых 1 человеком в бытовые сточные воды, г/сут;  $q_{\text{б}}$  – норма водоотведения на 1 человека, л/сут.

Городские сточные воды представляют собой смесь бытовых и производственных сточных вод. Концентрация нерастворенных загрязнений городских сточных вод,  $\text{г/м}^3$ , определяется по формуле

$$P_{\text{см}} = (P_{\text{быт}}Q_{\text{быт}} + \sum P_{\text{пр}}Q_{\text{пр}}) / (Q_{\text{быт}} + \sum Q_{\text{пр}}), \quad (4.18)$$

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

В процессе обработки сточных вод на очистных сооружениях значительная часть нерастворенных загрязнений выпадает в отстойных сооружениях, образуя осадок. Этот осадок имеет высокую влажность (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. Органические вещества называют беззольными веществами.

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 суток, обозначая ее соответственно БПК<sub>5</sub> и БПК<sub>20</sub>. БПК бытовых сточных вод  $L_{быт}$ , мг/л, зависит от нормы водоотведения на одного человека:

$$L_{быт} = 1000a / q_6, \quad (4.19)$$

где  $a$  – БПК<sub>20</sub>, приходящаяся на одного человека, г/сут (для отстоянной сточной жидкости  $a = 40$  г/сут);  $q_6$  – норма водоотведения на 1 человека, л/сут.

Для более полной оценки содержания органических веществ в сточной воде определяют химическое потребление кислорода. Химической потребностью в кислороде (ХПК) является количество кислорода, требуемое для химического окисления органических веществ сточной воды до конечных минеральных продуктов окисления.

Условия спуска сточных вод в водоемы определяется «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» и «Правилами санитарной охраны прибрежных районов морей».

#### **4.3.2. Степень очистки и условия спуска очищенных сточных вод в водоемы**

Поступление (сброс) сточных вод в водоем обуславливается требованиями «Правил охраны поверхностных вод» (типовые положения 1.03.91).

При поступлении в водоем сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, качество воды в нем изменяется, поэтому устанавливаются специальные санитарно-химические нормативы в зависимости от категории водоемов. Все водоемы разбиты на три категории: для хозяйственно-питьевого водоснабжения, для коммунально-бытового водопользования (отдых, купание, спорт), рыбохозяйственного назначения. Концентрация поступающих в водоем загрязняющих веществ регламентируется разбав-

лением и прохождением комплекса химических, физико-химических и биологических процессов превращений и деструкции этих веществ, который называется процессом *самоочищения водоема*.

Указанные выше правила устанавливают допустимые нормативы сброса сточных вод для большого количества загрязняющих веществ, из которых рассмотрим только основные. Установлено, что вода водоемов питьевого и коммунально-бытового водопользования не должна приобретать запахи и привкусы интенсивностью более 1 балла. На поверхности водоема не должно быть плавающих пленок, пятен минеральных масел, скоплений различных примесей. Окраска воды не должна обнаруживаться, для водоемов питьевого пользования, в столбике воды высотой 20 см, для водоемов коммунально-бытового пользования – высотой 10 см. В соответствии с общими требованиями к составу и свойствам воды водоемов всех категорий в результате сброса сточных вод реакция среды может изменяться только в пределах 6,5 – 8,5, а температура воды летом не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению с наиболее высокой. Чтобы ограничить поступление в водоем сточных вод, содержащих взвешенные вещества, устанавливается норма как на увеличение их количества (на 0,25 и 0,75 мг/л в зависимости от категории), так и на гидравлическую крупность, которая не должна превышать 0,4 мм/с для проточных водоемов и 0,2 мм/с – для непроточных.

Большое значение в процессе самоочищения водоемов имеет концентрация кислорода в воде, минимально нормативное значение которой устанавливается 4 мг/л в любой период года в пробе воды, отобранной в 12 ч дня. При определении концентрации растворенного кислорода в воде водоема после сброса сточных вод нужно обязательно учитывать реэрацию (поверхностное насыщение воды кислородом воздуха). Наличие растворенного кислорода в воде водоема при прочих равных условиях находится в прямой зависимости от БПК. Чем больше показатель БПК, тем меньше в воде растворенного кислорода, так как он потребляется на биологические процессы окисления органических веществ.

$BPK_{полн}$  не должна превышать 3 мг  $O_2$ /л в водоемах питьевого водопользования и 6 мг  $O_2$ /л в водоемах коммунально-бытового водопользования.

Химическое потребление кислорода (ХПК) не должно превышать для водоемов хозяйственно-питьевого назначения 15 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup> и 30 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup> для коммунально-бытового.

Химические вещества при сбросе сточных вод не должны содержаться в воде водотоков и водоемов в концентрациях, превышающих нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК).

В соответствии с общими требованиями к составу и свойствам воды водоемов очищенные стоки не должны содержать возбудителей заболеваний. Контроль за их наличием в воде водоемов и очищенных сточных водах осуществляется по обобщающему показателю – количеству бактерий кишечной группы. Эти бактерии обладают большой приспособляемостью к существованию во внешней среде и поэтому обнаруживаются, даже когда большая часть патогенных микроорганизмов отмирает. В настоящее время принято считать чистыми водоемы, в 1 л воды которых содержится не более 10 тыс. бактерий кишечной группы.

Анализ санитарно-химических показателей качества сточных вод и учет нормативных требований, предъявляемых к воде водоемов, которые являются приемниками сточных вод, позволяют определить необходимую степень очистки сточных вод.

#### **4.3.3. Методы очистки сточных вод и состав очистных сооружений**

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

В результате *механической очистки* из сточных вод удаляются загрязнения, находящиеся в ней, главным образом, в нерастворенном и частично коллоидном состоянии. Для механической очистки используют решетки, песколовки, отстойники, жироловки, нефтеловушки, маслоотделители, гидроциклоны, фильтры и другие сооружения. Решетки служат для удаления крупных загрязнений (тряпье, бумаги и др., песколовки – для улавливания нерастворенных минеральных примесей (песка, шлака и др.), отстойники – для очистки сточных вод от взвешенных веществ.

К *физико-химическим* методам относятся коагулирование, нейтрализация, экстракция, сорбция, электролиз и др. При коагулировании в сточные воды вводят реагент, способствующий укрупнению частиц (коагуляции), вследствие чего увеличивается количество задержанных нерастворенных веществ. Такой вид очистки применяют для укрупнения осадения взвешенных веществ.

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.

Накапливаемые в очистных сооружениях большие массы осадка обрабатываются в септиках, двухъярусных отстойниках, осветлителях – регнивателях и метантенках.

Обработка осадка заключается в разложении (сбраживании) его органической части с помощью анаэробных, т.е. живущих без кислорода, микроорганизмов.

Метод очистки и состав очистных сооружений выбирают в зависимости от требуемой степени очистки, состава загрязнений сточной жидкости, пропускной способности очистной станции, грунтовых условий и мощности водоема с соответствующим технико-экономическим обоснованием.

На рис. 4.15 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 др.), 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 (рис. 4.15, б) для сбраживания. Сброженный осадок подсушивается на иловых площадках.

Для станции большой пропускной способности целесообразна схема, приведенная на рис. 4.16. Механическая очистка сточных вод производится на решетках, в песколовках, в 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. Одна часть активного ила (циркуляционный активный ил) из вторичных отстойников перекачивается в аэротенки, а другая часть (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 станции очистки производственных сточных вод зависят от вида вод и весьма разнообразны.

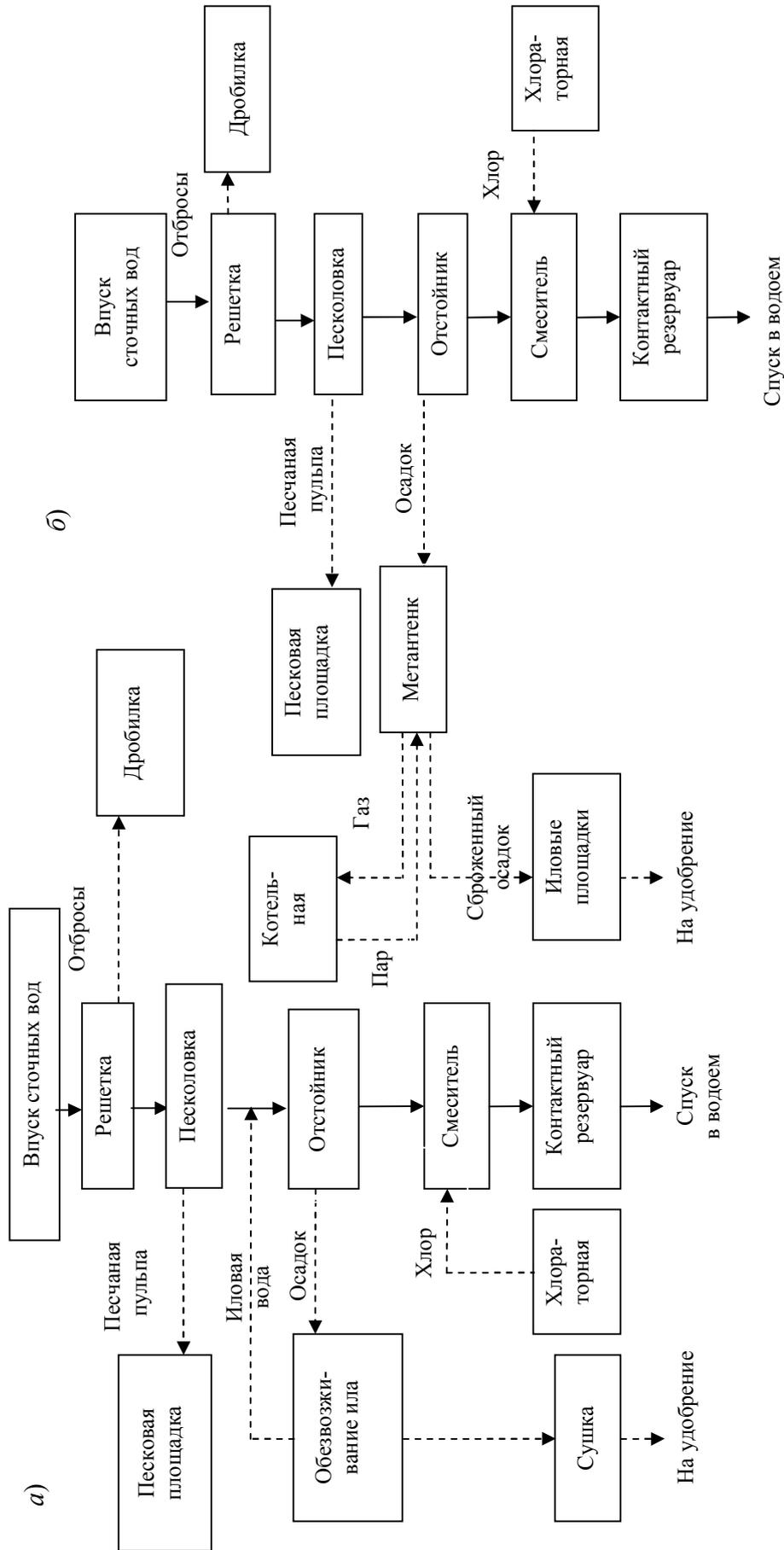


Рис. 4.15. Схемы станции с механической очисткой сточных вод:  
*a* – вариант без метантенка, *б* – вариант с метантенком

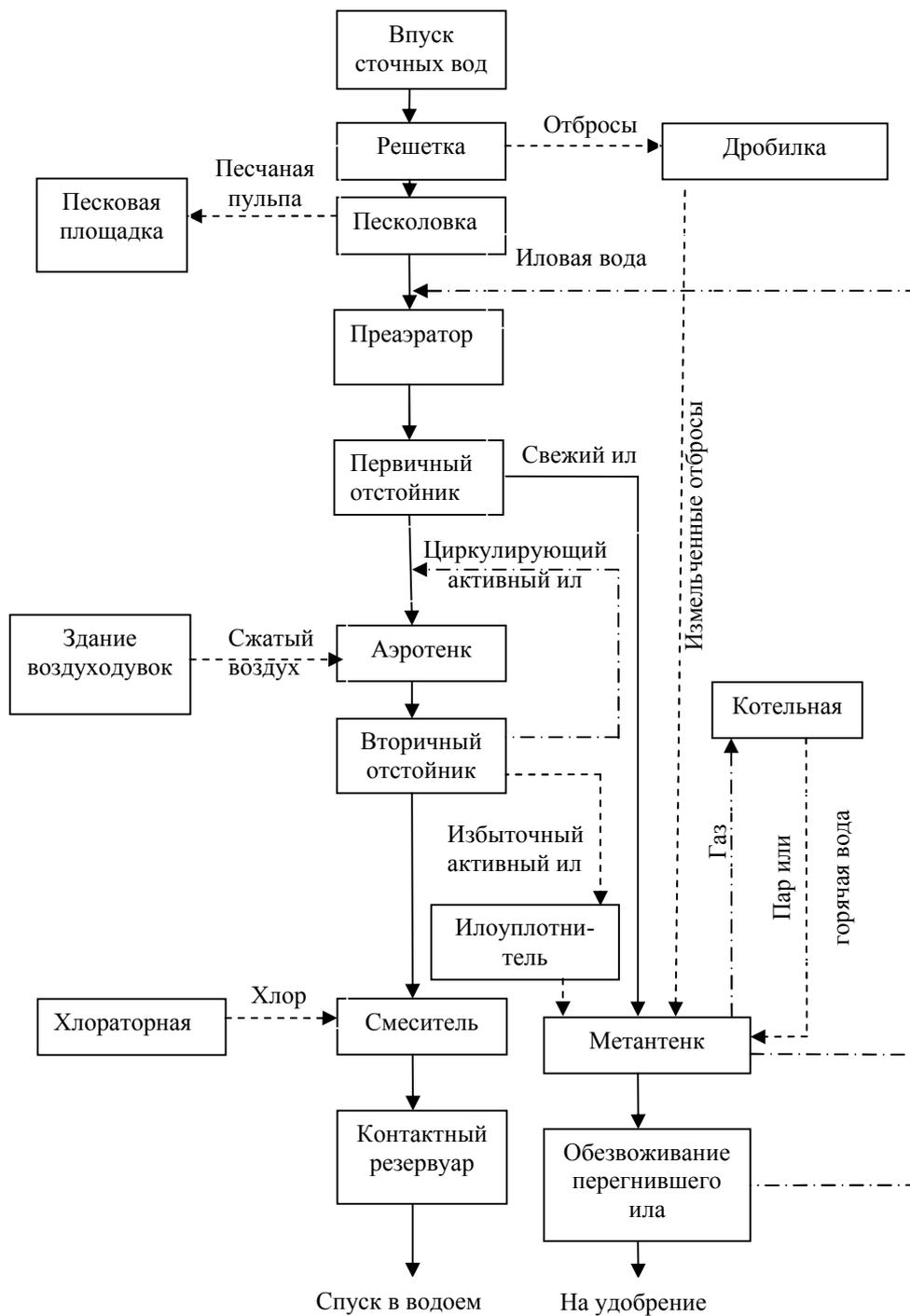


Рис. 4.16. Схемы станции с биологической очисткой сточных вод в аэротенках

#### 4.3.4. Обеззараживание и выпуск очищенных сточных вод в водоем

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 с механической очисткой принимают равной  $10 \text{ г/м}^3$ , на станциях с полной биологической очисткой –  $3 \text{ г/м}^3$ , с неполной –  $5 \text{ г/м}^3$ .

При обеззараживании сточных вод хлорной известью необходимы баки для приготовления раствора хлорной извести и его дозирования.

Установка для обеззараживания сточных вод жидким хлором состоит из хлораторной, смесителя и контактных резервуаров. В хлораторной устанавливают хлораторы, служащие для хлорирования воды 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.

Конструкция выпуска очищенных сточных вод в водоемы должна обеспечивать хорошее перемешивание сточных вод с водой водоема для лучшего использования самоочищающей способности 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 устраивают береговые колодцы и излив сточных вод происходит под уровень воды в водоеме.

Русловые выпуски располагаются в водоеме на некотором расстоянии от берега. По сравнению с береговыми выпусками они обеспечивают лучшее и более быстрое смешивание сточных вод с водами водоема.

По конструкции наиболее совершенны рассеивающие русловые выпуски. Такие выпуски заканчиваются выпускным оголовком в виде горизонтально расположенной 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 заполняется крупным гравием или щебнем.

Выбор конструкции выпуска и места его расположения определяется технико-экономическими расчетами.

# ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

### Выбор системы и разработка схемы внутреннего водопровода

*Цель занятия:* приобрести навыки правильного выбора системы и схемы водопровода здания.

Системы внутреннего водопровода включают вводы в здания, водомерные узлы, разводящую сеть, стояки, подводки к санитарным приборам, водоразборную смесительную, запорную и регулирующую арматуру.

Выбор системы внутреннего водопровода производится с учетом технико-экономических, санитарно-гигиенических и противопожарных требований, а также принятой системы наружного водопровода.

По режиму действия система водопровода выбирается в зависимости от этажности здания и величины гарантийного напора в сети наружного водопровода.

Выбор системы внутреннего водопровода по режиму действия производится после сравнения величины заданного минимального гарантийного напора в городской водопроводной сети у ввода в здание ( $H_g$ ) с величиной требуемого напора в результате гидравлического расчета.

При решении вопроса о выборе системы водопровода необходимо предварительно определить свободный напор ( $H_{св}$ ), принимаемый в зависимости от этажности застройки, т.е.:

$$H_{св} = 10 + 4(n - 1)$$

или

$$H_{св} = 6 + 4n, \quad (1)$$

где  $n$  – число этажей в здании.

Сравнивая  $H_g$  и  $H_{св}$ , принимаем:

- при  $H_g > H_{св}$  – простую систему;
- при  $H_g < H_{св}$  – систему с установкой для повышения напора.

При выборе схемы водопроводной сети следует учитывать места размещения водоразборной арматуры на каждом этаже, условие подачи и режим водопотребления воды потребителем, удобства монтажа и ремонта всех трубопроводов. Выбранная схема сети должна иметь технико-экономическое обоснование. При проектировании систем водоснабжения стремятся к рациональному размещению трубопроводов, приблизив их к водоразборным устройствам.

Для жилых зданий менее 12 этажей рекомендуется принимать тупиковую схему сети с нижней разводкой внутреннего водопровода холодной воды с одним вводом [1, п. 9.1].

#### *Выполнение работы*

1. На плане типового этажа жилого здания наносят все элементы санитарно-технических систем: санитарные приборы, водопроводные стояки и распределительные трубопроводы.

2. На плане подвала вычерчивают магистральный трубопровод, ввод, водомерный узел, запорную арматуру.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

### **Построение аксонометрической схемы внутреннего водопровода**

*Цель занятия:* приобрести навыки построения аксонометрической схемы внутреннего водопровода.

После выбора схемы водопровода и трассировки сети на этажах здания приступают к построению аксонометрической схемы водопровода.

Аксонометрическая схема водопроводной сети и ввода вычерчивается в одном масштабе с планом типового этажа и подвала (M1:100), под углом 45° по осям. На ней следует показать ввод водопровода, пересечения со стеной подвала, водомерный узел, магистраль водопровода, стояки, подводки к водоразборным устройствам. В тех случаях, когда близко расположенные стояки на чертеже накладываются друг на друга, один из них следует отнести на свободное место, как бы отсекая стояк у пола первого этажа; точки отсечения необходимо соединить пунктирной линией. Если планировка санитарных узлов, питаемых стояком, на всех этажах одинакова, можно ограничиться вычерчиванием разводящих трубопроводов по санитарным узлам на верхнем этаже расчетного стояка, а на остальных этажах показать только места и направления ответвлений трубопроводов. На аксонометрической схеме указывают водоразборную, запорную арматуру, проставляют отметки пола, подвала, первого и верхнего этажей, отметки ввода и земли в месте ввода в здание.

#### *Выполнение работы*

1. Построение аксонометрической схемы водопровода выполняют в масштабе 1:100 с указанием на ней арматуры, водомерного узла, подводок к водоразборным устройствам.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

#### Расчет и подбор водосчетчика

*Цель занятия:* приобрести навыки расчета и подбора водосчетчика.

При подборе водосчетчика необходимо определить соответствие калибра водосчетчика режиму водопотребления здания и потерям напора.

Диаметр условного прохода (калибра) водосчетчика следует выбирать исходя из среднечасового расхода воды в здание за сутки, который не должен превышать эксплуатационный (номинальный) [1, табл. 4].

Среднечасовой расход холодной воды в сутки наибольшего водопотребления зданием определяется по формуле

$$q_T = \frac{q_u U}{1000T}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где  $q_u$  – норма расхода воды потребителями в сутки наибольшего водопотребления, л/сут·чел;  $U$  – количество потребителей;  $T = 24$  часа.

По метрологическим характеристикам подбирается водосчетчик, а затем проверяется:

1) на пропуск максимального (расчетного) расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды, при котором потери напора крыльчатых счетчиков не должны превышать 5 м, турбинных – 2,5 м.

2) на пропуск максимального (расчетного) секундного расхода воды с учетом подачи воды на внутреннее пожаротушение, при этом потери напора не должны превышать 10 м.

Потери напора в водосчетчиках рассчитывают по формуле

$$h_{сч} = Sq^2, \quad (2)$$

где  $S$  – гидравлическое сопротивление счетчика принятого калибра, м/(л/с)<sup>2</sup>;  $q$  – максимальный (расчетный) секунднй расход воды на вводе в здание, л/с.

Если потери напора в счетчике оказались меньше 20 %  $h_{доп}$ , то следует принять другой счетчик (меньшего калибра), чтобы он мог учитывать малые расходы воды.

Выбранный счетчик должен удовлетворять следующим условиям:

– среднечасовой расход воды, допускаемый при длительной эксплуатации водосчетчика, должен быть больше 4 % максимального суточного водопотребления, т. е.

$$q_T > 4\% Q_{сут}^{\max}, \quad (3)$$

– для нормальной работы счетчика необходимо, чтобы максимальный расчетный часовой расход составлял 40 – 50 % от максимального расхода счетчика:

$$q_{сч} \leq 40 - 50\% Q_{max}; \quad (4)$$

– для учета минимальных расходов воды необходимо, чтобы минимальный расчетный расход воды, составляющий примерно 6 – 8 % средне-часового или 1/10 – 1/15 максимального расчетного расхода, не превышал порога чувствительности счетчика или был близок к минимальному допустимому расходу;

– для удлинения срока службы водосчетчика средний суточный расход воды, пропускаемый через него, не должен превышать удвоенного значения характерного расхода для данного счетчика:

$$Q_{ср}^{сум} \leq 2Q_{хар}. \quad (5)$$

#### *Выполнение работы*

*Пример.* Подобрать счетчик воды для 40-квартирного жилого дома, каждая квартира оборудована мойкой, ванной, умывальником и унитазом. Число жителей 145, число водоразборных устройств 120. Приготовление горячей воды – ЦГВ. Норма водопотребления 300 л/сут·чел.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4

### **Расчет и подбор повысительной установки**

*Цель занятия:* приобрести навыки в расчете и подборе повысительной насосной установки.

В тех случаях, когда гарантийный напор ( $H_g$ ) в наружном водопроводе ниже требуемого ( $H_{тр}$ ) для здания, в целях его обеспечения применяют повысительные насосные установки.

В системах внутреннего водопровода обычно применяют центробежные насосы как наиболее надежные в работе и простые в эксплуатации.

Насосные установки монтируют с последовательным или параллельным соединением насосов. Когда требуется увеличить расход подаваемой воды в сеть внутреннего водопровода, насосы соединяют параллельно, а для увеличения напора в сети – последовательно.

При подборе насоса необходимо определить его производительность, напор и расчетную мощность электродвигателя.

Подачу насосов определяют в зависимости от принятой системы внутреннего водопровода с учетом режима водопотребления и подачи во-

ды. В системе без водонапорного бака подача насосов  $q^{sp}$ , л/с, принимается равной максимальному расчетному секунднему расходу воды  $q$ , л/с:

$$q = 5q_0\alpha. \quad (1)$$

В системе с водонапорным или гидропневматическим баком подача насосов  $q_{h2}^{sp}$ , работающих в повторно-кратковременном режиме, принимается не менее максимального расчетного часового расхода воды  $q_{hr}$ , м<sup>3</sup>/ч:

$$q_{hr} = 0,005q_{0,hr}\alpha_{hr}, \quad (2)$$

где  $q_0, q_{0hr}$  – расход воды (л/с, л/ч) санитарно-техническим прибором, принимается по прил. 3 СНиП 2.04.01-85\*;  $\alpha_{hr}$  – коэффициент, определяемый по прил. 4 СНиП 2.04.01-85\*.

Напор, который должны создавать насосы ( $H_n$ ), зависит от гарантийного напора ( $H_g$ ) в наружной сети и требуемого напора ( $H_{mp}$ ) для обеспечения подачи расчетного количества воды к диктующему водоразборному устройству, т.е.:

$$H_n = H_{mp} - H_g = H_{geom} + \sum H_{tot,l} + H_f - H_g. \quad (3)$$

Ориентировочно недостающий напор можно определить как разность свободного напора ( $H_{св}$ ) у здания с числом этажей  $n$  и гарантийного напора ( $H_g$ ) в сети наружного водопровода:

$$H_n = H_{св} - H_g; \quad (4)$$

$$H_{св} = 6 + n \cdot 4 \quad \text{или} \quad (5)$$

$$H_{св} = 10 + (n - 1) \cdot 4.$$

Мощность электродвигателя насоса, кВт, определяют по формуле

$$N = \frac{q^{sp} H_n \beta}{102 \eta_n \eta_{эл}}, \quad (6)$$

где  $q^{sp}$  – подача насоса, л/с;  $H_n$  – напор насоса, м;  $\eta_n, \eta_{эл}$  – КПД насоса (0,7 – 0,75) и электродвигателя (0,9 – 0,95);  $\beta$  – коэффициент запаса, учитывающий перегрузки для электродвигателя: при мощности до 0,8 кВт  $\beta = 2$ , до 2 кВт  $\beta = 1,5$ , до 4 – 10 кВт  $\beta = 1,2 - 1,1$ .

Насосы рекомендуется подбирать, пользуясь характеристиками  $Q - H$  и  $Q - \eta$ , приведенными в действующем каталоге насосов [2, прил. 7]. При этом рабочую точку с координатами  $H_n$  и  $q_n$  определяют на пересечении характеристики сети с кривой  $Q - H$ . Построение характеристики сети ( $h = S \cdot q^2$ ) начинают с высоты подъема воды от оси насоса до отметки диктующего водоразборного устройства  $H_{geom}$  плюс рабочий напор  $H_f$ . Ко-

ординаты рабочей точки насоса должны быть не менее расчетных значений  $q$  и  $H$ .

При подборе насоса следует стремиться к тому, чтобы он обеспечивал подачу расчетного расхода воды потребителям при наибольшем значении КПД.

#### *Выполнение работы*

*Пример.* В жилом 9-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъема воды  $H_{geom} = 26$  м. Потери напора по рассчитанному направлению  $\sum H = 8,2$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор 15 м. Число жителей 220, число водоразборных устройств 216. Приготовление горячей воды – централизованное. Требуется подобрать насос для повысительной насосной установки.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

### Определение расчетных расходов воды.

#### Гидравлический расчет внутреннего водопровода

*Цель занятия:* приобрести навыки расчета внутреннего водопровода.

Расход воды для принятой системы водоснабжения здания определяют с учетом удовлетворения нужд всех водопотребителей, норм и режима водопотребления.

Потребление воды в зданиях обычно неравномерно не только в течение года, месяца, недели, но и в течение суток, часа и более короткого времени. Изменение суточных или часовых расходов воды оценивается коэффициентами неравномерности.

Максимальный суточный расход хозяйственно-питьевой воды в жилых зданиях, м<sup>3</sup>/сут, определяют по формуле

$$Q_{\max.сут} = K_{сут} \frac{q_u^{tot} U}{1000}, \quad (1)$$

где  $q_u^{tot}$  – норма максимального потребления воды на одного жителя, л/сут;  $U$  – расчетное число жителей в здании;  $K_{сут}$  – коэффициент суточной неравномерности, для жилых зданий равный 1,1 – 1,3.

В производственных зданиях расход воды, м<sup>3</sup>/сут, на хозяйственно-питьевые нужды определяют по формуле

$$Q_{сут} = \frac{q_{u1} U_1}{1000} + \frac{q_{u2} U_2}{1000}, \quad (2)$$

где  $q_{u1}, q_{u2}$  – норма водопотребления на одного работающего в холодных и горячих цехах, л/смену;  $U_1, U_2$  – число работающих в этих цехах.

Расход воды, м<sup>3</sup>/сут, на производственные нужды и режим водопотребления определяют с учетом данных, полученных на основании изучения технологии производства, по формуле

$$Q_{np} = q_m m Z / 1000, \quad (3)$$

где  $q_m$  – норма расхода воды на единицу выпускаемой продукции или на единицу производственного оборудования;  $m$  – число выпускаемой продукции в смену или число работающего оборудования;  $Z$  – число смен в сутки.

Нормы расхода воды на пожаротушение в жилых и общественных зданиях принимают по [1, п. 6].

В жилых, общественных, производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий расчет водопроводной сети производят по максимальному секундному расходу воды  $q$ , л/с, который определяют по формуле

$$q = 5q_0\alpha, \quad (4)$$

где  $q_0$  – секунднй расход воды водоразборной арматуры [1, прил. 3];  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от величины  $PN$ , т.е.  $\alpha = f(PN)$ ; определяется по [1, прил. 4, табл. 2];  $N$  – число водоразборных устройств;  $P$  – вероятность действия водоразборных устройств.

Вероятность действия водоразборных устройств при одинаковых водопотребителях определяют по формуле

$$P = \frac{q_{hr,u} U}{q_0 N \cdot 3600}, \quad (5)$$

где  $q_{hr,u}$  – норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления [1, прил. 3];

$U$  – число водопотребителей.

Максимальный часовой расход воды, м<sup>3</sup>/ч, определяют по формуле

$$q_{hr} = 0,005q_{0,hr}\alpha_{hr}, \quad (6)$$

где  $q_{0,hr}$  – максимальный часовой нормативный расход воды, л/ч, одним водоразборным устройством;  $\alpha_{hr}$  – величина, определяемая по прил. 4 СНиП 2.04.01-85\*;  $\alpha_{hr} = f(NP_{hr})$ , значения  $P_{hr}$  определяют по формуле

$$P_{hr} = \frac{P \cdot 3600 q_0}{q_{0,hr}}. \quad (7)$$

### Гидравлический расчет водопроводной сети

Основным назначением этого расчета является определение наиболее экономичных диаметров трубопроводов для пропуска расчетных расходов воды, а также условий, обеспечивающих подачу воды ко всем потребителям в необходимом количестве и с наименьшими потерями напора. Расчет выполняют в такой последовательности:

1. На аксонометрической схеме сети выбирают расчетное направление от ввода до диктующего водоразборного устройства и определяют длины расчетных участков между узловыми точками.

2. Рассчитывают расчетные расходы по всем расчетным участкам по формулам (4) – (7).

3. Назначают диаметры труб на расчетных участках исходя из наиболее экономичных скоростей движения воды [1, п. 7.6]. Диаметры труб определяют по таблицам Ф.А. Шевелева, необходимые данные из которых приведены в [2, прил. 6].

4. Определяют потери напора на трение ( $h_l$ ) по длине каждого расчетного участка, м, по формуле

$$h_l = il \quad \text{или} \quad h_l = A_l l q^2, \quad (8)$$

где  $i$  – удельные потери напора на трение, м;  $l$  – длина расчетного участка трубопровода, м;  $A_l$  – удельное сопротивление на 1 м трубопровода [5, прил. 1].

5. Находят местные потери напора (в соединениях и фасонных частях труб) в процентах от потерь напора на трение по длине труб [1, п. 7.7].

6. Определяют суммарные потери напора, м, по расчетному направлению:

$$\sum H_{tot,l} = h_{вв} + h_{сч} + h_l + \sum h_m, \quad (9)$$

где  $h_{вв}$  и  $h_l$  – потери напора на трение на вводе (от наружной сети до водомерного узла) и по расчетному направлению от водомерного узла до диктующего водоразборного устройства;  $h_{сч}$  – потери напора в счетчике воды;  $\sum h_m$  – сумма потерь напором на преодоление местных сопротивлений.

7. Вычисляют общий напор, м, требуемый для внутреннего водопровода:

$$H_{mp} = H_{geom} + \sum H_{tot,l} + H_f, \quad (10)$$

где  $H_{geom}$  – геометрическая высота подачи воды от отметки гарантийного напора в наружном водопроводе до отметки расположения диктующего водопроводного устройства;  $H_{tot,l}$  – суммарные потери напора по расчетному

направлению, м;  $H_f$  – рабочий напор, м, перед диктующим водоразборным устройством [1, прил. 2], обеспечивающий преодоление сопротивлений в арматуре и создающий минимальный нормативный расход воды  $q_0$ , л/с.

#### *Выполнение работы*

По выданному заданию рассчитать водопроводную сеть жилого дома: определить расчетные расходы воды, подобрать диаметр труб и определить требуемый напор для здания.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6

### Расчет простых противопожарных систем

*Цель занятия:* приобретение навыков в выполнении гидравлического расчета простых противопожарных систем.

Расчет простых противопожарных систем водопровода зданий заключается так же, как и при расчете хозяйственно-питьевого водопровода, в определении требуемого напора для подачи воды к наиболее высоко расположенному и наиболее удаленному пожарному крану. Принцип и последовательность расчета противопожарного водопровода схож с расчетом хозяйственно-питьевого водопровода.

Расходы воды для противопожарных целей, подаваемой по внутреннему водопроводу, нормируются [1, табл. 1, п. 6.2].

Размещение стояков и число пожарных кранов принимаются по рекомендации [1, п. 6.12 – 6.14].

Раздельная система противопожарного водопровода рассчитывается только на расчетный пожарный расход:

$$q_{нк} = q_{0нк} n_{cmp}, \text{ л/с.} \quad (1)$$

Объединенная система рассчитывается на пропуск расчетного расхода воды на пожаротушение и максимальный расчетный расход воды на хозяйственно-питьевые или производственные нужды:

$$q_{нк}^{tot} = q^{tot} + q_{нк}, \text{ л/с,} \quad (2)$$

где  $q_{0нк}$  – нормативный расход одной пожарной струи, л/с, с учетом высоты компактной части пожарной струи [1, табл. 3];  $n_{cmp}$  – расчетное число пожарных струй;  $q^{tot}$  – максимальный расчетный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды, л/с.

Расчетный рабочий напор перед пожарным краном определяется суммой величины напора у spryska (наконечника) для обеспечения компактной струи и потерями напора в рукаве:

$$H_{f_{нк}} = H_{f_{снр}} + H_{l,p}, \quad (3)$$

где  $H_{l,p}$  – потери напора в пожарном рукаве;  $H_{f_{снр}}$  – напор у наконечника spryska, необходимый для создания компактной струи требуемой высоты.

Потери напора в рукаве определяют по формуле

$$H_{l,p} = A_{mp} l_p q_{нк}^2, \quad (4)$$

где  $A_{mp}$  – удельное сопротивление рукава: для пеньковых рукавов диаметром 65 мм  $A_{mp} = 0,00385$ , диаметром 50 мм –  $A_{mp} = 0,012$ ;  $l_p$  – стандартная длина рукава;  $q_{нк}$  – расход воды пожарным краном, л/с.

Напор у spryska

$$H_{f_{снр}} = \frac{\alpha H_k}{1 - \varphi \alpha H_k}, \quad (5)$$

где  $H_k$  – требуемая высота компактной струи, м;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от отношения полной высоты к высоте компактной струи:

$$\alpha = 1,19 + 80(0,01H_k)^4; \quad (6)$$

$\varphi$  – коэффициент, зависящий от диаметра наконечника spryska  $d_{снр}$ , который принимается равным 13,16 либо 19 мм:

$$\varphi = 0,25 / (d_{снр} + (0,1d_{снр})^3). \quad (7)$$

Подбор пожарных кранов и других параметров производится по табл. 3 СНиП 2.04.01-85\*.

Так как напоры у пожарных кранов отличаются друг от друга, необходимо сделать проверку и определить расходы у пожарных кранов на верхних и нижних этажах по формуле

$$q_{нк} = \sqrt{B_{снр} H_{f_{снр}}}, \quad (8)$$

где  $B_{снр}$  – коэффициент пропускной способности ствола с наконечником, зависящий от диаметра spryska, который принимается равным 0,346; 0,793; 1,577 для  $d_{снр} = 13, 16$  и 19 мм соответственно.

Если в результате расчетов будет обнаружено, что напоры у пожарных кранов больше 40 м, то между пожарным краном и соединительной головкой необходимо установить диафрагмы, снижающие избыточный напор. Диаметр отверстия диафрагмы определяется по номограмме [1, прил. 4, чертеж 5].

#### *Выполнение работы*

*Пример:* Определить рабочий напор перед пожарным краном  $d = 65$  мм при расчетном расходе 5 л/с, длине пенькового рукава 10 м, диаметре spryska 19 мм, требуемой высоте компактной струи 12 м.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7

### **Проектирование внутренней канализации. Построение аксонометрической схемы выпуска**

*Цель занятия:* приобрести навыки проектирования внутренней канализации: размещение стояков, расположение выпусков в подвале здания, предусмотреть устройства для прочистки и вентиляции канализационной сети.

Руководствуясь архитектурно-планировочными решениями и технологическими проектными материалами, намечают места расположения приемников сточных вод.

С целью сокращения числа стояков и уменьшения протяженности отводных линий лучше размещать приемники компактными группами как в плане, так и в разрезе здания по этажам друг под другом.

При проектировании сетей внутренней канализации на поэтажных планах в масштабе 1:100 наносят приемники сточных вод, отводные линии, места расположения стояков.

На плане подвала размещают все канализационные стояки и сборные трубопроводы, выпуски до смотровых колодцев дворовой канализационной сети. На планах также указывают расположение прочисток, ревизии.

Отводные трубопроводы присоединяют к гидрозатворам санитарно-технических приборов и прокладывают к стояку прямолинейно с постоянным уклоном. Диаметры отводных линий принимают конструктивно 50 или 100 мм в зависимости от диаметров выпусков приемников.

К прокладке трубопроводов в зданиях предъявляют требования [1, п. 17]. Прокладка осуществляется открыто в подвалах, технических этажах, монтажных коридорах, шахтах, санитарно-технических кабинах, подсобных и вспомогательных помещениях, цехах, подпольях и скрыто – в блоках, панелях, бороздах, каналах, строительных конструкциях.

Стояки предназначены для транспортирования стоков, собранных отводными трубопроводами со всех этажей в нижнюю часть здания; размещают их в местах расположения наибольшего числа приемников. Стояки должны быть собраны из труб диаметром не менее наибольшего диаметра отверстия выпуска из числа присоединенных приемников сточных вод.

Размещают стояки в монтажных шахтах, кабинах, блоках ближе к углу стен и перегородок.

Для ликвидации засоров на стояках на высоте 1 м от пола через два этажа на третьем, а также на верхнем этаже, над отступом и в подвале обязательно устанавливают ревизии.

Присоединение стояков к выпускам осуществляют с применением двух отводов под  $135^\circ$  или удлинённых отводов под  $90^\circ$ . Для вентиляции канализационной сети в верхней части стояков предусматривают вытяжную трубу, которая выводится выше эксплуатируемой кровли на 3 м, не эксплуатируемой плоской кровли – на 0,3 м, скатной – на 0,5 м.

Число вытяжных труб стояков принимается минимальным; все стояки объединяются в секционные группы, чтобы уменьшить число мест повреждений кровли здания.

Выпуски объединяют несколько стояков, размещённых в техподполье, подвале, каналах. Число выпусков определяют с учетом расположения стояков, выбирая наименьшую протяженность сборных горизонтальных трубопроводов с минимальным числом прочисток.

Число выпусков принимают минимальным. Глубину выпуска принимают на 0,3 м выше глубины промерзания грунта, но не менее 0,7 м.

Диаметр выпуска и уклон определяются расчетом или конструктивно исходя из условия незасоряемости [1, п. 18].

После нанесения всех элементов канализационной сети на планы этажа и подвала здания составляют аксонометрическую схему одного из выпусков с присоединенными к нему стояками. На аксонометрической схеме показывают приемники сточных вод, гидрозатворы и соединительные части трубопровода. На горизонтальных трубопроводах указывают диаметры и уклоны, а на концах каждого участка – отметки.

#### *Выполнение работы*

1. На плане типового этажа жилого здания нанести приемники сточных вод, отводные трубы, места расположения стояков.
2. На плане подвала разместить все стояки и выпуски до смотровых колодцев. Указать места установок прочисток и ревизий.
3. Построить аксонометрическую схему одного из выпусков с присоединенными к нему стояками.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8

### Определение расчетных расходов сточных вод.

#### Расчет выпусков из здания

*Цель занятия:* приобрести навыки расчета внутренней канализационной сети.

В сети внутренней канализации преобладают залповые поступления сточных вод, и потому в трубопроводах создается аккумулярующая спо-

способность, резко снижающая по длине трубопровода величину максимального секундного расхода.

Лишь на длине  $100d$  и более устанавливается стабильный расчетный расход сточных вод, на который и следует выполнять гидравлический расчет выпуска.

#### *Выполнение работы*

Расчет выпусков состоит из следующих этапов.

1. Определяют число приемников сточных вод  $N$ , присоединенных к каждому стояку и выпуску.

2. На основании [1, п. 3.4] определяют вероятность действия установленных приемников сточных вод по формуле

$$P^{tot} = \frac{q_{hr,u}^{tot} U}{q_0^{tot} N \cdot 3600}, \quad (1)$$

где  $q_{hr,u}^{tot}$  – общая норма расхода воды, л, потребителем в час наибольшего водопотребления [1, прил. 3];  $U$  – число водопотребителей;  $q_0^{tot}$  – общий расход воды, л/с, санитарным прибором [1, прил. 3];  $N$  – число санитарных приборов.

3. По рекомендации [1, п. 3.5] определяют максимальные секундные расходы на расчетных участках выпуска:

– при

$$\begin{aligned} q^{tot} &\leq 8 \text{ л/с} \\ q^s &= q^{tot} + q_0^s; \end{aligned} \quad (2)$$

– при

$$\begin{aligned} q^{tot} &> 8 \text{ л/с} \\ q^s &= q^{tot}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $q^{tot}$  – общий расчетный расход холодной и горячей воды на расчетном участке канализации, л/с,  $q^{tot} = 5q_0^{tot} \alpha$ ;  $q_0^s$  – удельный нормативный расход стоков, л/с, от приемника с наибольшим водоотведением;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от общего числа приборов  $\sum N$  на расчетном участке и вероятности их действия  $P$ , принимают по прил. 4 СНиП 2.04.01-85\*.

4. По максимальному секундному расходу определяют расчетный расход сточных вод  $q_p^s$ , л/с, по формулам:

– при длине выпуска  $l < 3$  м

$$q_p^s = q^s \left( 1 - \frac{0,12l}{\sqrt{1000k v_m}} \right), \quad (4)$$

– при длине выпуска  $l \geq 3$  м

$$q_p^s = q^s (1 - A - 0,04l), \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от наполнения  $H/d$ :

$H/d$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$1000k$	1,276	0,8	0,6	0,49	0,43	0,394

$$A = \frac{0,15(100n)^{0,25}}{(1000k)^{0,72} \cdot v_m^{1,5}}, \quad (6)$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости внутренней поверхности труб: для чугунных – 0,013, керамических – 0,0134, асбестоцементных – 0,012, пластмассовых – 0,11;  $v_m$  – средняя скорость движения сточных вод, м/с.

5. Из условия незасоряемости  $v_m \sqrt{H/d} \geq 0,6$  выбирают наполнение и скорость. Например, принимают  $H/d = 0,33$  и  $v_m = 0,6 / \sqrt{0,33} = 1,04$  м/с.

6. Диаметр канализационного выпуска определяют по формулам:

$$d = \frac{\sqrt{q_p^s / v_m}}{(H/d)^{0,7}} \text{ при } H/d < 0,6, \quad (7)$$

$$d = \frac{\sqrt{q_p^s / v_m}}{(H/d)^{0,4}} 1,13 \text{ при } H/d > 0,6; \quad (8)$$

7. По принятому диаметру, пользуясь номограммой [2, с. 112], уточняют значение ожидаемых скорости и наполнения.

8. Зная скорость, наполнение и диаметр для чугунных труб с коэффициентом шероховатости  $n$ , определяют уклон труб по формуле

$$i = \frac{k(100n)^{2,8} v_m^2}{d^{1,3}}. \quad (9)$$

Уклон труб определяют по номограмме [2, с. 113] или по формуле (9).

Если транспортирующая способность труб  $v_m \sqrt{H/d} < 0,6$ , то эти участки труб считаются безрасчетными и принимаются как стандартные диаметры и уклоны:

$d$ , мм	40 – 50	100	150
$i$	0,03	0,02	0,01

8. Вертикальные трубопроводы (стояки) подвергают лишь проверочному расчету, сравнивая расчетный расход сточных вод с пропускной способностью стояка принятого диаметра. Допустимые расходы приведены в

[1, табл. 8], они должны быть больше расчетных. Диаметр канализационного стояка должен быть не меньше наибольшего диаметра отводных линий, присоединенных к стояку (поэтажных отводов).

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9

### Проектирование и расчет дворовой водоотводящей сети

*Цель занятия:* приобрести навыки проектирования и гидравлического расчета дворовой канализации: определение расчетных расходов, глубины заложения, диаметров, скорости и наполнения трубопроводов.

Дворовая канализация собирает сточные воды от всех выпусков из здания и отводит их в наружную канализацию. Трубопроводы дворовой канализации прокладывают параллельно зданию в направлении к наружной сети по кратчайшему расстоянию к колодцу городской канализации. Расстояние от наружной стены здания до трассы дворовой канализации принимается не менее 3,0 – 5,0 м, чтобы при проведении земляных работ не повредить основание здания.

В местах подключения выпусков из здания к дворовой канализации устраивают смотровые колодцы. Колодцы предусматриваются и на поворотах сети. Перед присоединением дворовой сети к наружной, на расстоянии 1,5 – 2 м от красной линии, устанавливают контрольный колодец. Размеры смотровых колодцев принимаются в зависимости от диаметров присоединенных к ним труб и глубины их заложения. При диаметре труб до 200 мм и глубине заложения до 2 м устраивают колодцы диаметром 0,7 м, а при большем диаметре труб или большей глубине заложения – не менее 1 м.

Расчет дворовой сети сводится к определению диаметров канализационных труб с учетом расчетных расходов, уклонов, наполнения и самоочищающей скорости.

Трассу разбивают на расчетные участки, которые разделяют друг от друга колодцами. Затем определяют максимальные секундные расходы стоков на каждом участке по формуле

$$q^s = q^{tot} + q_0^s. \quad (1)$$

После определения расчетных расходов приступают к подбору диаметров и уклонов трубопроводов.

Дворовую сеть прокладывают из керамических труб диаметром не менее 150 мм (желательно с одинаковым уклоном на всех участках). Минимальная скорость в трубах должна быть не менее 0,7 м/с, а наполнение в пределах 0,3 – 0,6. Минимальный уклон трубопровода

$$i_{\min} = 1/d, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр трубы.

Расчет уклонов, скоростей и наполнений выполняют по [10].

Начальную глубину заложения сети принимают минимальной, учитывая следующие факторы: глубину промерзания грунта, механические повреждения, глубину заложения выпуска канализации, пересечения с другими подземными коммуникациями.

Глубина заложения лотка трубы принимается:

- из условия промерзания грунта на 0,3 м меньше глубины промерзания;
- из условия прочности керамических труб не менее 0,7 м до верха трубы;
- из условия глубины заложения выпуска ниже глубины лотка выпуска не менее разности их диаметров;
- из условия пересечения с другими подземными коммуникациями ниже этих коммуникаций на допустимые расстояния между ними.

#### *Выполнение работы*

На заданном генплане участка необходимо произвести трассировку дворовой канализации с расстановкой на них колодцев.

Разбить сеть на расчетные участки и определить расчетные расходы на каждом из них. По расходу подобрать диаметры и уклоны, а затем определить скорости и наполнение в трубопроводе.

По генплану определить отметки поверхности земли у колодцев. Далее принять минимальное заглубление первого колодца и определить отметку лотка и шельги. Для последующих участков глубину заложения, отметки лотков и шельги определить в зависимости от принятого уклона.

Расчет свести в таблицу (прил. 12).

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10

### **Построение продольного профиля дворовой водоотводящей сети**

*Цель занятия:* приобрести навыки построения профиля дворовой канализации.

#### *Выполнение работы*

Построение продольного профиля дворовой канализации производят на основе полученных данных таблицы, расчета дворовой канализационной сети, выполненной на практическом занятии 9.

Продольный профиль дворовой канализационной сети вычерчивается по оси трассы труб от места присоединения к городской сети канализации до наиболее удаленного от нее канализационного выпуска.

Независимо от направления движения сточных вод по трубопроводам дворовой канализации профиль вычерчивается в соответствии с движением воды по трубам – слева направо. Вычерчивание профиля начинают с построения профиля поверхности земли вдоль трассы трубопроводов, а затем вычерчивается и сам трубопровод с колодцами.

На профиле наносят: отметки поверхности земли, лотков, глубину колодцев, материалы труб, расстояние, диаметры, уклоны, номера колодцев, пересечение с другими коммуникациями.

Горизонтальный масштаб профиля принимаем равным масштабу генплана (М1:500), а вертикальный – 1:100.

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 самоочищающей и меньше наибольшей допустимой, а наполнение не превышало допустимых значений.

2. При уклоне поверхности земли, большем минимального уклона проектируемого водопровода, его уклон принимать равным уклону поверхности земли.

3. При уклоне поверхности земли, меньшем минимального уклона проектируемого, его уклон принимать равным минимальному уклону.

Соединение труб одинакового диаметра при разном расчетном наполнении, а также труб разного диаметра можно выполнять по уровням или по верху трубы («шелыга в шелыгу»). Соединение труб бытовой канализационной сети рекомендуется выполнять по их верху при разном диаметре, по уровням воды – при одинаковом диаметре.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11

### Проектирование и расчет внутренних водостоков

*Цель занятия:* приобрести навыки проектирования и расчета внутренних водостоков.

Расчет внутренних водостоков сводится к определению расчетного расхода дождевых вод и проверки пропускной способности отдельных участков сети.

Расчетный расход дождевых вод  $q_p$ , л/с, с водосборной площади определяют по формулам:

– для плоских кровель (с уклоном менее 1,5)

$$q_p = Fq_{20} / 10000; \quad (1)$$

– для скатных кровель (с уклоном более 1,5)

$$q_p = Fq_5 / 10000, \quad (2)$$

где  $F$  – площадь водосбора, м<sup>2</sup>;  $q_{20}$  и  $q_5$  – интенсивность дождя, л/с с 1 га, продолжительностью соответственно 20 и 5 мин; значение  $q_{20}$  приведены в [8, черт. 1];  $q_5 = 4^n q_{20}$  (здесь  $n$  – климатологический параметр, значения которого приведены в [8, табл. 4]).

Расчетный расход дождевых вод, приходящийся на водосточный стояк, не должен превышать величин, приведенных в [1, табл. 10], а на водосточную воронку определяется по паспортным данным принятого типа воронки.

Пропускную способность системы, т.е. максимальный расчетный расход, л/с, при напорном режиме можно определять по формуле

$$q = \sqrt{H / S_0}, \quad (3)$$

где  $H$  – напор в системе, м, равный разности отметок кровли у воронки и оси выпуска или оси самотечного трубопровода;  $S_0$  – полное сопротивление системы, м·с<sup>2</sup>/л<sup>2</sup>, равное сумме сопротивлений по длине всех участков труб и местных сопротивлений фасонных частей труб, включая сопротивление воронки и выпуска.

Полное сопротивление системы определяют по формуле

$$S_0 = A_l l + A_m \sum \zeta, \quad (4)$$

где  $A_l$  – удельное сопротивление по длине трубопроводов;  $l$  – длина трубопроводов, м;  $A_m$  – удельное местное сопротивление (при  $\zeta = 1$ ), принимаемое в зависимости от диаметра трубопровода:

$d$ , мм	50	75	100	150
$A_l$ , с <sup>2</sup> /л <sup>2</sup>	0,01519	0,001709	0,0003653	0,00004185
$A_m$ , м·с <sup>2</sup> /л <sup>2</sup>	0,0132	0,0024	0,000826	0,000165

$\sum \zeta$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений, включая вход в воронку и выпуск (эти коэффициенты приведены в [2, прил. 12]).

Система запроектирована правильно, если удовлетворяется неравенство

$$q > q_p. \quad (5)$$

Если  $q \leq q_p$ , то требуется увеличить диаметры стояков и отводных трубопроводов или уменьшить водосборную площадь, приходящуюся на одну воронку, т.е. увеличить число воронок.

*Выполнение работы*

*Пример 1.* Здание с плоской кровлей будут строить в Краснодаре. Водосборная площадь кровли на одну воронку составляет 850 м<sup>2</sup>. Разность

отметок выпуска и кровли у воронки 16 м. Длина выпуска 22 м. Требуется рассчитать систему внутреннего водостока.

*Пример 2.* Определить диаметр водосточного стояка с одной воронкой и выпускного трубопровода от него при отводе дождевых вод со скатной кровли, имеющей площадь водосбора 1000 м<sup>2</sup>. Здание расположено в г. Москва. Длина трубопровода 25 м. Геометрическая высота от верха воронки до оси выпуска 16 м.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 12

### Определение расчетных расходов воды

*Цель занятия:* приобрести навыки определения расчетных расходов 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 расход (средний за год) воды, м<sup>3</sup>/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяют по формуле

$$Q_{cp}^{cym} = q_u N / 1000, \quad (1)$$

где  $q_u$  – норма водопотребления, принимаемая по [7, табл. 1];  $N$  – расчетное число жителей.

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

$$Q_{max}^{cym} = K_{max}^{cym} Q_{cp}^{cym}, \quad (2)$$

$$Q_{min}^{cym} = K_{min}^{cym} Q_{cp}^{cym}, \quad (3)$$

где  $K_{max}^{cym}$  и  $K_{min}^{cym}$  – максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности, зависящие от степени благоустройства зданий, режима водопотребления по сезонам года и дням недели;  $K_{max}^{cym} = 1,1 - 1,3$ ;  $K_{min}^{cym} = 0,7 - 0,9$ .

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

$$q_{max}^{час} = K_{max}^{час} Q_{max}^{cym} / 24; \quad (4)$$

$$q_{min}^{час} = K_{min}^{час} Q_{min}^{cym} / 24, \quad (5)$$

где  $K_{max}^{час}$  и  $K_{min}^{час}$  – максимальный и минимальный коэффициенты часовой неравномерности, определяемые по формулам

$$K_{\max}^{час} = \alpha_{\max} \beta_{\max}; \quad (6)$$

$$K_{\min}^{час} = \alpha_{\min} \beta_{\min}, \quad (7)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от степени благоустройства зданий и режима работы предприятий;  $\alpha_{\max} = 1,2 - 1,4$ ;  $\alpha_{\min} = 0,4 - 0,6$ ;  $\beta$  – коэффициент, зависящий от числа жителей в населенном пункте [7, табл. 2].

Расчетный расход воды на производственные нужды принимают по данным технологов.

#### *Выполнение работы*

*Пример.* Требуется определить расход воды для города при следующих данных: площадь территории города  $F = 159$  га, плотность населения, одинаковая во всех частях города,  $P = 148$  чел/га. Норма водопотребления на одного жителя 270 л/сут. Поливаемая часть усовершенствованных покрытий улиц и площадей  $F_{пол} = 20\% F$ ; поливаемая часть зеленых насаждений  $F_{зел} = 10\% F$ .

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 13

#### **Расчет водопроводных сетей**

*Цель занятия:* приобрести навыки расчета водопроводных сетей.

Расчет водопроводных сетей выполняют с целью определения потерь напора в них и диаметров труб участков сети. Потери напора необходимо знать для определения высоты водонапорной башни и напора насосов.

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

$$q_{уд} = q_{об} / \sum L, \quad (1)$$

где  $q_{об}$  – общий расход, распределяемый сетью;  $\sum L$  – протяженность магистральных линий.

Диаметр труб магистральных линий находят по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}}, \quad (2)$$

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

В формуле (2) скорость  $v$  является неизвестной величиной. Практикой проектных организаций установлено, что наиболее экономичная ско-

рость  $v$ , составляет для труб малых диаметров 0,6 – 0,9 м/с, для труб больших диаметров – 0,9 – 1,5 м/с.

Каждый участок сети (кроме кольцевых) помимо путевого расхода  $q_{пут}$  пропускает транзитный расход  $q_m$ , необходимый для питания последующих участков. Тогда расчетный расход определяют по формуле

$$q = q_T + \alpha q_{пут}, \quad (3)$$

где  $\alpha = 0,5$  – коэффициент эквивалентности.

Вычисленные по расчетному расходу потери напора равны действительным потерям напора в трубопроводе с равномерной подачей воды по длине. Для упрощения расчетов путевые расходы можно приводить к сосредоточенным расходам в узлах, равным половине произведения удельного расхода на общую длину прилегающих веток. При этом результаты расчетов совпадают с получаемыми при пользовании формулой (3).

Расчет водопроводных сетей проводят на случай максимального водоразбора.

Удельные потери напора в неовых стальных и чугунных водопроводных трубах рекомендуется определять по формулам:

– при  $v < 1,2$ , м/с

$$i = 0,001712 \frac{q^2}{d_p^{5,3}} \left( 1 + \frac{0,867}{v} \right)^{0,3}; \quad (4)$$

– при  $v > 1,2$ , м/с

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

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

Для упрощения расчетов по формулам (4) и (5) составлены таблицы [9]. При пользовании ими общие потери напора определяют по формуле

$$h_l = il. \quad (6)$$

Потери напора в трубах можно определить также по формуле

$$h_l = k_n A_l l q^2 \text{ или } h_l = k_n S_l q^2, \quad (7)$$

где  $S_l = A_l l$  – сопротивление трубопровода ( $A_l$  – удельное сопротивление).

Значение удельных сопротивлений  $A_l$  и коэффициентов  $k_n$  для труб из разных материалов даны в [5, прил. 1].

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

### *Выполнение работы*

*Пример 1.* Поселок имеет площадь  $F = 20$  га. Плотность населения  $P = 250$  чел/га, норма водопотребления  $150$  л/сут·чел,  $K = 1,35$ . Насосная станция II подъема подает воду по чугунному трубопроводу длиной  $800$  м. Определить потери напора в трубопроводе.

*Пример 2.* Требуется определить диаметр чугунного трубопровода длиной  $700$  м и потери напора в этом трубопроводе при расходе  $q = 34,3$  л/с.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 14

### Определение расчетных расходов сточных вод

*Цель занятий:* обрести навыки определения расчетных расходов сточных вод.

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 или на единицу выпускаемой продукции. Норма водоотведения равна норме водопотребления и принимается равной [7, табл. 1].

Сточные воды поступают в сеть неравномерно в отдельные дни и отдельные часы суток. Неравномерность их поступления может характеризоваться ступенчатым или интегральным графиком, аналогичным соответствующему графику водопотребления [2, с. 139].

Расчетные общие максимальные и минимальные расходы сточных вод определяются как произведения среднесуточных (за год) расходов сточных вод на коэффициенты общей неравномерности (см. табл. 4.1, с. 139).

Расчетные расходы сточных вод могут быть определены по следующим формулам:

– для бытовых сточных вод от города

$$Q_{\text{ср.сут}} = PFn/1000; \quad (1)$$

$$q_{\text{макс.с}} = \frac{PFn}{24 \cdot 3600} K_{\text{ден.макс}}; \quad (2)$$

– для производственных сточных вод

$$Q_{ср.сут} = M_{сут}m; \quad (3)$$

$$q_{макс.с} = \frac{M_{см}m \cdot 1000}{T \cdot 3600} K_q; \quad (4)$$

где  $Q_{ср.сут}$  и  $q_{макс.с}$  – расчетные расходы сточных вод, соответственно, в м<sup>3</sup>/сут и л/с;  $P$  – число жителей, проживающих на 1 га площади кварталов (за вычетом площади улиц);  $F$  – площадь жилых кварталов в населенном пункте;  $n$ ,  $m$  – нормы водоотведения, соответственно, бытовых вод от города и производственных вод;  $M_{сут}$ ,  $M_{см}$  – количество выпускаемой продукции, соответственно, за сутки и за смену продолжительностью  $T$ , ч;  $K_q$  – коэффициент часовой неравномерности водоотведения.

Бытовые сточные воды на предприятиях учитываются отдельно. Расчетные часовые и секундные расходы этих вод определяют по схеме с максимальным числом рабочих и с учетом продолжительности смен по следующим формулам:

$$Q_{сут} = \frac{25N_1 + 45N_2}{1000}; \quad (5)$$

$$Q_{max}^{час} = (25N_3K_q + 45N_4K_q) / T \cdot 1000; \quad (6)$$

$$q_{max}^{сек} = (25N_3K_q + 45N_4K_q) / T \cdot 3600, \quad (7)$$

где  $N_1$  и  $N_2$  – число работающих в сутки при норме водоотведения соответственно 25 и 45 л на одного человека;  $N_3$  и  $N_4$  – число работающих в смену с максимальным числом работающих при норме водоотведения соответственно 25 и 45 л на одного человека;  $K_q$  – коэффициент часовой неравномерности водоотведения;  $T$  – число часов работы смены.

Расчетные расходы душевых сточных вод определяют с учетом характеристики производственных процессов по формулам

$$Q_{сут} = \frac{40N_5 + 60N_6}{1000}; \quad (8)$$

$$q_{max}^{сек} = \frac{40N_7 + 60N_8}{45 \cdot 60}, \quad (9)$$

где  $N_5$  и  $N_6$  – число пользующихся индивидуальным душем в душевых помещениях в сутки при норме водоотведения 40 и 60 л на одного человека;

$N_7$  и  $N_8$  – число работающих в смену с максимальным числом работающих при норме водоотведения соответственно 40 и 60 л на одного человека.

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

$$q_0 = pq_{\delta} / 86400, \quad (10)$$

где  $p$  – плотность населения на 1 га.

Расчетный расход:

$$q_{\max}^{сек} = q_0 FK_{общ}, \quad (11)$$

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

*Выполнение работы*

*Пример.* Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города ( $F = 150$  га,  $P = 200$  чел/га,  $q_{\delta} = 250$  л/сут·чел) и промпредприятия (продолжительность смены 8 часов, число работающих в горячих цехах 80 человек,  $K = 2,5$ , в холодных цехах 400 человек,  $K = 3$ , в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 500 кг, норма водоотведения 200 л/см·кг,  $K = 1,2$ ).

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Будущим инженерам-строителям необходимо изучить принципы проектирования и расчета систем внутреннего водоснабжения и водоотведения, ознакомиться с основными материалами и оборудованием, применяемым при монтаже систем: трубами, фасонными частями, арматурой, санитарно-техническими приборами и насосами.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при расчете и проектировании внутренних санитарно-технических систем и привитие навыков самостоятельной работы над вопросами проектирования систем подачи воды ко всем потребителям в здании и отвода загрязненной воды после ее использования.

Курсовая работа выполняется студентом в соответствии с индивидуальным заданием, выдаваемым преподавателем. В задании изложены исходные данные для проектирования тех санитарно-технических систем, которые изучаются в вышеперечисленных курсах. Проектированию должно предшествовать усвоение учебного материала изучаемого курса и СНиП 2.04.01-85\*.

## **1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

В исходные данные должна входить полная техническая характеристика здания, необходимая для проектирования внутренних санитарно-технических систем, характеристика наружных коммуникаций и инженерных сетей для привязки внутренних систем водоснабжения и водоотведения.

### **1.1. Состав исходных данных**

1. Генплан участка застройки в масштабе 1:500 с указанием наружных сетей городского водопровода и канализации с нанесением горизонталей и существующих инженерных сооружений (колодцев и т. д.).

2. План типового этажа с изображением санитарных приборов и другого оборудования, имеющего водопотребление и водоотведение с необходимой технической характеристикой.

3. Общие данные: высота этажа (от пола до пола); высота технического подполья; отметка поверхности земли у здания, отметка лотка трубы город-

ской канализации, отметка верха трубы городского водопровода, глубина промерзания грунта, норма водопотребления, количество этажей, гарантийный напор, диаметр трубопровода городской канализации и водопровода.

## 2. ОБЪЕМ И СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Работа состоит из графической части (1 лист формата А1) и расчетно-пояснительной записки (20 – 25 с.), которая должна быть написана на одной стороне листа белой бумаги (формат А4), сброшюрована и иметь титульный лист.

### 2.1. Графическая часть

Графическая часть курсовой работы должна содержать:

- план типового этажа М 1:100 с нанесением всех элементов санитарно-технических систем: санитарных приборов, водопроводных и канализационных стояков, распределительных и отводящих трубопроводов и т. п.
- план подвала или технического подполья М 1:100 с нанесением всех проектируемых систем и оборудования с указанием их основных характеристик (условные обозначения, диаметры, уклоны, длины участков и т. п.).
- генплан участка М 1:500 с нанесением проектируемого объекта (здания), горизонталей, наружных сетей водоснабжения и канализации, ввода в здание, дворовой канализационной сети до присоединения ее к уличному коллектору с указанием диаметра, длин, уклонов и мест расположения колодцев.
- аксонометрическую схему внутреннего водопровода М 1:100, начиная от городского водопровода с указанием всех видов арматуры, повысительных или других установок (при их наличии) и заканчивая подводками к водоразборным устройствам, с условными обозначениями и нумерацией расчетных точек, проставлением уклонов, длин, диаметров расчетных участков.
- аксонометрическую схему канализационных стояков и выпуска из здания с показом приемников сточных вод, всех отводных линий, фасонных частей, ревизий, прочисток и вентиляционных вытяжек в М 1:100.
- продольный профиль дворовой канализационной сети с указанием отметок земли и лотков труб, глубины заложения и диаметров труб, длин участков и уклонов. Для наглядности рекомендуется принимать горизонтальный масштаб М 1:500, вертикальный М 1:100.

План типового этажа и подвала целесообразно расположить с левой стороны листа один под другим с нанесением на них основных строитель-

ных размеров. Элементы систем водопровода и канализации, а также трубопроводы на чертежах показывают сплошной основной линией, соответствующей оси трубопровода, строительные конструкции – тонкой линией. Трубопроводы, расположенные друг над другом, на планах условно изображаются параллельными линиями. Оборудование систем (насосы, баки и др.) на планах показывают упрощенными графическими изображениями, а другие элементы систем – условными обозначениями. Вычерчивая трубопроводы систем водоснабжения и водоотведения, следует придерживаться действующих ГОСТ на условные обозначения 21.604-82. Трубопроводы хозяйственно-питьевого водоснабжения вычерчиваются синим цветом и обозначаются В, а канализация красным и обозначается К. Водопроводные стояки на планах и схеме следует обозначать Ст В1, Ст В2; канализационные – Ст К1, Ст К2 и т. д.

Графическая часть проекта выполняется с соблюдением полного соответствия полученным результатам расчетов и совпадения изображения элементов систем на генплане, плане этажа и подвала с аксонометрическими схемами.

Спецификация материалов и оборудования систем водоснабжения и канализации составляется по образцу (табл. 1) и помещается над штампом.

Таблица 2.1

Спецификация материалов и оборудования

№№ п/п	Наименование материалов	Единицы измерения	Кол-во	ГОСТ	Примечания
1	2	3	4	5	6

## 2.2. Пояснительная записка

Пояснительная записка должна содержать:

Введение.

1. Водопровод. Нормы проектирования.

1.1. Обоснование выбора системы и схемы водопровода.

1.2. Гидравлический расчет водопроводной сети.

1.3. Подбор водомера.

1.4. Определение требуемого напора в сети внутреннего водопровода.

1.5. Подбор повысительных насосных установок.

1.6. Описание конструирования сети водопровода с обоснованием выбора материалов, способы прокладки и соединения труб.

2. Водоотведение

2.1. Системы и схемы водоотведения. Нормы проектирования.

2.2. Расчет внутренней водоотводящей сети.

2.3. Расчет дворовой водоотводящей сети.

2.4. Описание конструирования сетей водоотведения (обоснование выбора материалов, оборудования, способов монтажа, трассировки), отдельных монтажных узлов (ревизии, прочистки), выпусков и вытяжной части стояков.

Литература.

### 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ВОДОПРОВОДА

#### 3.1. Общая часть

Весь объем работы над курсовой работой может быть разделен на ряд этапов, основными из которых являются:

- ознакомление с заданием и исходными данными;
- выбор системы внутреннего водопровода с разработкой схем водопроводных сетей;
- проектирование элементов сетей водопровода и канализации;
- конструирование отдельных элементов систем и графическое оформление работы;
- оформление расчетно-пояснительной записки;
- составление спецификации;
- защита курсовой работы.

Приступая к проектированию, необходимо предварительно изучить требования к оборудованию здания данного типа системами водоснабжения и канализации, составить четкое представление об объеме и характере работы, подлежащей выполнению. Кроме того, необходимо выявить данные о существующих и проектируемых наружных системах канализации и водоснабжения с целью уяснения возможности присоединения к ним внутренних систем, разрабатываемых в курсовой работе.

Если здание симметричное и имеет размеры более 50 м по главному фасаду, можно вычертить план типового этажа и подвала лишь одной секции, а аксонометрическую схему внутреннего водопровода – на все здание.

Генплан застройки участка во всех случаях вычерчивается полностью с нанесением пятна застройки всего здания, красной линии застройки, уличных сетей водопровода и канализации, дворовой канализации.

При вычерчивании плана типового этажа в первую очередь надо обратить внимание на планировку санитарных узлов и расстановку санитарных приборов.

В квартирах в зависимости от планировки устанавливается следующая водоразборная арматура:

- в ванной комнате – смеситель для ванны и смеситель для умывальника или комбинированный с поворотным изливом;
- на кухне смеситель для мойки или раковины;
- в туалете – смывной бачок.

На планах типового этажа и подвала указываются абсолютные отметки.

### 3.2. Выбор системы и схемы водопровода

Системы внутреннего водопровода включают: вводы в здание, водомерные узлы, разводящие сети, стояки, подводы к санитарным приборам, насосные установки, водоразборную, смесительную, запорную и регулируемую арматуру. Выбор системы внутреннего водопровода производится с учетом технико-экономических, санитарно-гигиенических и противопожарных требований, а также принятой системы наружного водопровода [1, с. 5].

По режиму действия система водопровода выбирается в зависимости от этажности здания и величины гарантийного напора в сети наружного водопровода.

При постоянном или периодическом недостатке напора в наружной водопроводной сети могут быть применены следующие системы хозяйственно-питьевого водопровода:

- непрерывно или периодически действующие насосы при отсутствии регулирующих емкостей;
- периодически действующие насосы, работающие совместно с гидропневмоустановками.

Выбор системы внутреннего водопровода по режиму действия проводится после сравнения величины заданного минимального гарантийного напора в городской водопроводной сети у ввода в здание ( $H_g$ ) с величиной требуемого напора ( $H_{mp}$ ), определяемого в результате гидравлического расчета.

При решении вопроса о выборе системы водопровода необходимо предварительно определить свободный напор ( $H_{св}$ ), принимаемый в зависимости от этажности застройки, т.е.

$$\begin{aligned} H_{св} &= 10 + 4(n - 1) \text{ или} \\ H_{св} &= 6 + 4n, \end{aligned} \tag{3.1}$$

где  $n$  – число этажей в здании.

Если  $H_{св} > H_g$ , то система водопровода проектируется с повысительной установкой.

Сети внутреннего водопровода могут быть тупиковыми или кольцевыми, с одним или несколькими вводами, с нижней или верхней разводкой.

Для жилых зданий менее 12 этажей и общественных зданий предпочтительнее проектировать водопроводные сети с нижней разводкой магистралей. Системы с водопроводной сетью, имеющей верхнюю разводку магистралей (на чердаке или под потолком верхнего этажа), обычно принимают в зданиях с повышенной этажностью (зонные схемы сетей), а также в банях, прачечных и в цехах промышленных предприятий [1, п. 9.1].

При выборе системы и схемы водопроводной сети главным условием является применение наиболее экономичных типовых конструкций и элементов максимальной готовности (санитарно-технические кабины и санитарно-технические блоки), что позволяет свести работы на строительном объекте к монтажу сетей и узлов, изготовленных в заводских условиях.

### **3.3. Водопроводный ввод и водомерный узел**

Вводом называется участок трубопровода от городской водопроводной сети до водомерного узла (прил. 2, 4).

Трубы водопроводного ввода необходимо прокладывать по кратчайшему расстоянию под углом  $90^\circ$  к стене здания и с уклоном 0,002 – 0,005 к городскому водопроводу. Вводы монтируются из чугунных раструбных труб диаметром 50 мм и более (ГОСТ 21053-75) или стальных труб (ГОСТ 3262-75) диаметром 40 мм и менее с нанесением противокоррозионной изоляции. Проход ввода через отверстие фундамента здания или стены подвала устраивают в стальной гильзе, диаметр которой на 400 мм больше диаметра ввода. Кольцевой зазор между трубой ввода и гильзой заделывают просмоленной прядью, мятой глиной и цементным раствором. В водонасыщенных грунтах ввод заделывают бетоном и цементным раствором или с помощью сальника.

Глубину заложения труб ввода принимают в зависимости от глубины заложения наружной водопроводной сети и глубины промерзания грунта. Минимальная глубина укладки ввода составляет 1 м. В месте присоединения ввода к наружной водопроводной сети следует предусмотреть колодец с установкой в нем задвижки на вводе (или вентиля – при диаметре ввода 40 мм и менее) и спускного крана.

Расстояние по горизонтали (в свету) между вводом водопровода и выпуском канализации должно быть не менее 1,5 м (при диаметре ввода до

200 мм включительно). При пересечении водопроводных трубопроводов с канализационными расстояние между ними в свету по вертикали должно быть не менее 0,4 м, с другими трубопроводами – не менее 0,2 м.

Для учета количества потребляемой воды в зданиях проектируются водомерные устройства. Водомерные узлы располагают, как правило, сразу же после ввода (прил. 2, 4). При проектировании системы водоснабжения здания с одним вводом водомер снабжается обводной линией. Водомерный узел желательно располагать в подвальном помещении с температурой воздуха не ниже +5 °С. Для удобства ремонта и обслуживания необходимо обеспечить свободный подход к водомерному узлу, расположив водомер непосредственно за наружной стеной, предусмотрев прямой участок длиной не менее 1 м на высоте 0,6 м над полом.

Перед водомером и после него устанавливают запорную арматуру, между водомером и второй запорной арматурой по движению воды – контрольно-спускной кран.

### **3.4. Конструирование внутренних сетей водопровода**

Правильный выбор места прокладки внутреннего водопровода существенно снижает стоимость устройства систем и облегчает их эксплуатацию.

Внутренний водопровод состоит из магистральной сети, стояков и подводок к водоразборным приборам.

Магистраль – это трубопровод, соединяющий основания стояков с водомерным узлом. При нижней разводке ее необходимо прокладывать в подвальном помещении (под потолком не менее 40 – 50 мм от потолка подвала). Прокладка трубопроводов в земле под полом не допускается. Размещать трубопроводы целесообразно вдоль наружных или внутренних стен или вдоль коридоров. Прокладка трубопроводов в помещениях с температурой воздуха ниже +2 °С требует устройства термоизоляции. Крепление магистральных трубопроводов, прокладываемых в подвалах, производят к строительным конструкциям, используя для этого крючья, кронштейны, хомуты, подвески.

Горизонтальные трубопроводы всегда укладывают с уклоном 0,002 – 0,005 в сторону ввода для возможности спуска воды из системы.

На магистральных линиях необходимо предусматривать присоединение ответвлений к поливочным кранам, которые выводят к наружным стенам здания в ниши на высоте не менее 0,35 м от отмостки через каждые 60 – 70 м по периметру здания. Подводки к кранам должны быть оборудованы запорными вентилями, расположенными в теплоподвальном помещении

здания. Для возможности спуска воды на зиму подводка прокладывается с уклоном в сторону поливочного крана, а в пониженной точке подводки дополнительно устанавливается тройник с пробкой или кран для спуска воды. Поливочный кран состоит из вентиля диаметром 25 мм и быстросмыкающейся полугайки для присоединения рукава.

Водопроводные стояки целесообразно размещать совместно с канализационными стояками в шахтах при использовании санитарно-технических кабин заводского изготовления или нишах при монтаже санитарно-технических устройств на строительной площадке. В основании каждого стояка необходимо предусмотреть установку запорной арматуры на случай отключения его для ремонта.

В каждой квартире на плане типового этажа синим цветом показывают разводки трубопровода внутреннего водопровода от водопроводного стояка до санитарных приборов (прил. 3, рис. П.1). Разводящие трубопроводы прокладывают с учетом наименьшей длины, не допуская загромождения стен и порчи внешнего вида помещений, на 0,25 – 0,3 м выше пола.

Внутреннюю водопроводную сеть прокладывают из стальных водопроводных оцинкованных труб, изготавливаемых по ГОСТ 3262-75 условным проходом 10 – 150 мм.

### **3.5. Аксонометрическая схема внутреннего водопровода**

Аксонометрическая схема водопроводной сети и ввода (прил. 4) вычерчивается в одном масштабе с планом этажа (прил. 1) и подвала (прил. 2) (М 1:100). На ней следует показать ввод водопровода, пересечение со стеной подвала, водомерный узел, магистраль водопровода, стояки, подводки к водоразборным устройствам. В тех случаях, когда близко расположенные стояки на чертеже накладываются друг на друга, один из них следует отнести на свободное место, как бы отсекая стояк у пола первого этажа, точки отсечения соединить пунктирной линией. Если планировка санитарных узлов питаемых стояков на всех этажах одинаковая, можно ограничиться вычерчиванием на верхних этажах всех разводящих трубопроводов по санитарным узлам, на остальных этажах на схеме показать только места и направления ответвлений трубопроводов от стояков. На схеме указывают водоразборную, запорную и предохранительную арматуру; обозначают отметки пола подвала, первого и верхнего этажей, отметки ввода и земли в месте ввода в здание. Проставляют номера расчетных участков вдоль расчетного направления, начиная от диктующей (расчетной) точки (прибора)

или наиболее удаленного и высоко расположенного водоразборного прибора до места присоединения ввода к городскому водопроводу.

После выполнения гидравлического расчета внутреннего водопровода на аксонометрической схеме проставляют диаметры и длины расчетных участков вдоль расчетного направления.

Запорную арматуру (задвижки и вентили) устанавливают:

- в местах присоединения ввода к городской водопроводной сети;
- перед водомерным счетчиком и после него;
- на всасывающих и напорных трубопроводах насосных установок;
- у основания стояков;
- на ответвлениях в каждую квартиру, перед смывными бачками;
- на ответвлениях к поливочным кранам.

Конструкция водоразборной и запорной арматуры должна обеспечивать плавное закрывание и открывание потока воды. На трубах диаметром 50 мм и более необходимо устанавливать задвижки.

#### 4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВНУТРЕННЕГО ВОДОПРОВОДА

Расчет хозяйственно-питьевых сетей внутреннего водоснабжения заключается в определении диаметров трубопроводов и потерь напора при подаче расчетного расхода воды к водоразборным точкам.

Диаметры внутренних водопроводов следует назначать из расчета наибольшего использования гарантийного напора в наружной водопроводной сети.

Скорость движения воды в трубопроводах внутренних водопроводных сетей, в том числе при тушении пожара, не должна превышать 3 м/с.

Расчет сетей внутреннего водопровода и подбор насосов производится на пропуск максимального секундного расхода.

##### 4.1. Определение расчетных расходов воды и гидравлический расчет сети

Расчет производится в табличной форме (прил. 7, табл. П.1) в следующей последовательности.

На аксонометрической схеме выбирается диктующая водоразборная точка (наиболее высоко расположенное и удаленное от ввода водопровода водоразборное устройство) и расчетное направление (за расчетное направление принимается направление от ввода до самой удаленной и высоко расположенной водоразборной точки), которое разбивается на расчетные

участки так, чтобы в пределах участка расход был постоянным. Нумерация участков производится от диктующей точки до ввода водопровода.

В графе 1 записываем номера расчетных участков: 1 – 2; 2 – 3; 3 – 4 и т.д.

В графы 2, 3, 4, 5 записывается количество приборов, которые обеспечиваются водой, проходящей через данный расчетный участок, при этом поливочные краны в расчет не включаются. Одновременно заполняется графа 6. В графе 12 указывается длина расчетных участков, определяемая по аксонометрической схеме с учетом масштаба.

Вероятность действия приборов  $P$  для участков сети, обслуживающих одинаковых потребителей, определяют [1, п. 3.4] по формуле

$$P = \frac{q_{hr,u} U}{q_0 N \cdot 3600}, \quad (4.1)$$

где  $q_{hr,u}$  – норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л;  $U$  – число водопотребителей (жителей);  $N$  – число санитарно-технических приборов;  $q_0$  – секундный расход воды прибором, л/с.

Норма расхода воды  $q_{hr,u}$  принимается по прил. 7, табл. П.2 в зависимости от благоустройства здания, которая характеризуется нормой общего водопотребления на одного жителя в сутки наибольшего водопотребления. Норму расхода воды  $q_{hr,u}$  принимают в соответствии с заданием (прил. 7, табл. П.2).

Секундный расход воды прибором  $q_0$  следует назначать также по прил. 7, табл. П.2. При проектировании жилых зданий с местными водонагревателями принимают  $q_0 = q_0^{tot}$  (общий расход). В зданиях с централизованным горячим водоснабжением на участках от городского водопровода до водомерного узла также принимают  $q_0 = q_0^{tot}$ , а на всех других участках ведут расчет отдельно для холодной и горячей воды, т.е. принимают  $q_0 = q_0^c$ . Принятые значения  $q_0$  записывают в графу 10 табл. П.1, прил. 7.

Число водопотребителей  $U$  в жилых зданиях определяют как

$$U = \frac{F_{жс}}{F_n}, \quad (4.2)$$

где  $F_{жс}$  – жилая площадь здания, м<sup>2</sup>;  $F_n$  – норма жилой площади на одного потребителя (жителя), рекомендуется принимать 9 – 12 м<sup>2</sup>.

Так как величины, входящие в формулу вероятности, для конкретного здания являются постоянными, то и значения  $P$ , вносимые в графу 7 табл. П.1 прил. 7, будут постоянными на всех участках, где не меняется  $q_0$ , кроме последнего участка от водомерного узла до городской водопроводной сети в случае централизованного горячего водоснабжения здания.

В графу 8 табл. П.1 прил. 7 вписывают произведение величины вероятности и числа приборов на каждом расчетном участке.

Расчетный (максимальный) расход воды  $q$ , л/с, на участках определяют по формуле

$$q = 5q_0\alpha, \quad (4.3)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, определяемый согласно прил. 10 или [1, табл. 2, прил. 4] в зависимости от вычисленной величины  $NP$  в графе 8 табл. П.1 прил. 7.

Вычисленные величины  $\lambda$  и  $q$  для каждого участка сети записывают соответственно в графы 9, 11 табл. П.1 прил. 7.

Графы 13, 14, 15 заполняются на основе данных [2, с. 324; 5, с. 385] или прил. 8. Гидравлический расчет внутреннего водопровода ведется на основе расчетных расходов, не допускается превышение рекомендуемых скоростей по расчетным участкам. В магистральном трубопроводе и стояках скорость должна быть не более 1,2 – 1,5 м/с, в подводках к санитарным приборам не более 2,5 м/с, наиболее экономичными являются скорости:

- для  $d \leq 40$  мм    0,6 – 0,9 м/с,
- для  $d > 40$  мм    0,9 – 1,2 м/с.

В графе 16 расчетной таблицы записываются величины потерь напора на расчетном участке, которые определяются путем умножения данных графы 15 на длину участка (графа 12). Внизу графы 16 подбивается итог, который показывает сумму потерь напора в трубах на всех расчетных участках расчетного направления водопроводной сети.

Величину потерь на местных сопротивлениях в фасонных частях и арматуре принимают в размере 30 % от величины напора на трение по длине трубопровода [1, п. 7.7].

### Подбор счетчика воды

Для учета количества холодной воды, потребляемой жителями на хозяйственно-питьевые нужды, в соответствии с указаниями [1] на вводах в здание устанавливаются крыльчатые или турбинные счетчики соответственно ВК и ВТ.

Диаметр условного прохода счетчика воды следует выбирать исходя из среднечасового расхода воды за сутки наибольшего водопотребления, который не должен превышать эксплуатационный расход, приведенный в прил. 9.

Среднечасовой расход холодной воды в сутки наибольшего водопотребления жилым зданием определяется по формуле, м<sup>3</sup>/ч:

$$q_T = \frac{q_u U}{1000T}, \quad (4.4)$$

где  $q_u$  – норма расхода воды потребителями (жителями) в сутки наибольшего водопотребления, л/сут·чел (по заданию);  $U$  – количество потребителей (жителей);  $T = 24$  – число часов в сутках.

По прил. 9 подбирается диаметр счетчика воды. При этом, как указано выше, среднечасовой расход воды за сутки наибольшего водопотребления не должен превышать эксплуатационный расход.

Счетчик с принятым диаметром условного прохода надлежит проверять:

1. На пропуск максимального (расчетного) секундного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды, при котором потери напора должны удовлетворять следующим условиям [1, п. 11.3]:

- для крыльчатых счетчиков  $h_{сч} \leq 5$  м;
- для турбинных счетчиков  $h_{сч} \leq 2,5$  м.

Потери напора в счетчиках  $h_{сч}$ , м, рассчитывают по формуле

$$h_{сч} = Sq^2, \quad (4.5)$$

где  $S$  – гидравлическое сопротивление счетчика принятого калибра, м/(л/с)<sup>2</sup>;  $q$  – расчетный (максимальный) расход воды на вводе в здание, л/с.

Если потери напора окажутся выше допустимых, следует принять счетчик воды на один калибр больше, если ниже – на один калибр меньше. Затем необходимо вычислить потери напора уже для новых значений.

2. На пропуск расчетного (максимального) секундного расхода воды с учетом подачи расчетного расхода воды на внутреннее пожаротушение, при этом потери напора в счетчике не должны превышать 10 м.

#### 4.2. Определение требуемого напора в сети внутреннего водопровода

Требуемый напор ( $H_{mp}$ ) в системе водоснабжения здания обеспечивает бесперебойную подачу воды до наиболее удаленной и высоко расположенной водоразборной точки и ее излив с учетом преодоления всех сопротивлений на пути движения воды от городской сети до точки излива.

$$H_{mp} = H_{geom} + \sum H + H_f, \quad (4.6)$$

где  $H_{geom}$  – геометрическая высота подъема воды, определяемая как разность геодезических отметок диктующего водоразборного устройства и отметки оси городского водопровода:

$$H_{geom} = Z_{пола} + (n-1)h_{эт} + h_g - Z_{г.вод.} \quad (4.7)$$

где  $Z_{пола}$  – отметка пола I этажа, м;  $h_{эт}$  – высота этажа здания, м;  $n$  – число этажей в здании;  $h_g$  – высота расположения диктующего водоразборного устройства над полом этажа;  $Z_{г.вод.}$  – отметка оси городского водопровода, м.

$$\sum H = h_{ввод} + h_{сч} + \sum H_{tot,l} \quad (4.8)$$

где  $h_{ввод}$  – потери напора на вводе, м;  $h_{сч}$  – потери напора в счетчике, м;  $\sum H_{tot,l}$  – сумма потерь напора (по длине трубопровода  $h_l$  и на местных сопротивлениях  $h_m$ ), м;  $H_f$  – свободный напор, м, у диктующего водоразборного прибора [1, пр. 2].

Свободный напор  $H_f$  составляет:

- для умывальника со смесителем или водоразборным краном – 2 м;
- мойки с водоразборным краном или смесителем – 2 м;
- ванны со смесителем (в том числе общим для ванны и умывальника) – 3 м;
- смывного бачка к унитазу – 2 м.

Расчетный требуемый напор сравнивается с гарантийным  $H_{гар}$ , указанным в задании. При этом необходимо добиться полного использования гарантийного напора, соблюдая следующее соотношение:

$$0 \text{ м} \leq H_g - H_{mp} \leq 3,0 \text{ м}. \quad (4.9)$$

Для выполнения данного соотношения иногда приходится делать перерасчет отдельных участков расчетного направления путем изменения диаметров труб на отдельных участках.

#### 4.4. Подбор повысительных насосных установок

При значительном превышении  $H_{mp}$  над  $H_g$  необходимо запроектировать устройство для обеспечения требуемого напора (насосы).

При подборе насосов необходимо определить его производительность, напор и мощность двигателя.

Производительность насосной установки должна соответствовать максимальному расчетному расходу воды, м<sup>3</sup>/ч:

$$q_{hr} = 0,005 q_{0,hr} \alpha_{hr}, \quad (4.10)$$

где  $q_{0,hr}$  – расход холодной воды, л/ч, санитарно-техническим прибором, принимается по табл. П.2 прил. 7 или [1, п. 3.6];  $\alpha_{h.r}$  – коэффициент, определяемый согласно [1, прил. 4, табл. 2] или прил. 10 в зависимости от общего числа приборов  $N$ , обслуживаемых проектируемой системой, и вероятности их использования  $P_{hr}$ , вычисляемой согласно [1, п. 3.7].

Напор, который должен создавать насос  $H_n$ , должен быть равен разности между вычисленным требуемым напором  $H_{mp}$  и гарантийным напором  $H_g$ , м:

$$H_n = H_{mp} - H_g. \quad (4.11)$$

На основании вычисленных величин производительности и напора производят подбор насоса по прил. 11.

По приведенным в прил. 11 характеристикам насосов (по трем точкам) строим характеристику ( $Q - H$ ) подобранного насоса, по которой уточняется фактический напор  $H$  (м), развиваемый насосом при подаче расчетного расхода.

Мощность электродвигателя насоса определяется по формуле, кВт:

$$N = \frac{q^{sp} H_n \beta}{102 \eta_n \eta_{дв}}, \quad (4.12)$$

где  $q^{sp}$  – подача насоса, л/с;  $H_n$  – напор насоса, м;  $\eta_n$ ,  $\eta_{дв}$  – КПД насоса (0,7 – 0,75) и двигателя (0,9 – 0,95);  $\beta$  – коэффициент запаса, учитывающий перегрузки для электродвигателя: мощностью до 0,8 кВт  $\beta = 2$ ; до 2 кВт  $\beta = 1,5$ ; до 4 – 10 кВт  $\beta = 1,2 - 1,1$ .

После подбора насоса на чертежах (плане подвала и аксонометрической схеме) указываются марки насосов. На напорных линиях каждого насоса устанавливают обратные клапаны, задвижки и манометры, а на всасывающих линиях – задвижки. Число насосов должно быть не менее двух (рабочий и резервный). Работа насосов автоматизируется. Для предупреждения распространения вибрации и шума от работающей насосной установки по упругим металлическим трубопроводам насосные агрегаты подсоединяются к магистральным трубопроводам при помощи гибких вставок.

## 5. ВОДООТВЕДЕНИЕ

### 5.1. Порядок выполнения раздела курсовой работы по внутренней водоотводящей сети

На плане типового этажа и подвала наносят канализационные стояки и отводные трубопроводы, стояки нумеруют и указывают диаметры, уклон и длину на всех участках трубопроводов. На плане подвала показывают выпуски, соединяющие ряд стояков с колодцем дворовой канализации, указывая на этих участках необходимые прочистки, диаметры, уклоны (см. прил. 2).

На генплан застройки наносят дворовую (внутриквартальную) канализационную сеть, дают ей привязку, указывают диаметр, уклон и длины на всех участках, нумеруют колодцы (прил. 3, рис. П.2).

На листе в масштабе 1:100 вычерчивают аксонометрическую схему одного из канализационных выпусков и всех присоединенных к нему стояков и отводных трубопроводов от санитарных приборов. На каждом трубопроводе указывают диаметр, уклон и длину (прил. 5).

Вычерчивают продольный профиль дворовой (внутриквартальной) канализации и на профиле указывают отметки земли, лотка труб, расстояния между колодцами и их глубину (прил. 6).

В расчетной части пояснительной записки дают описание системы, расчетные формулы, проводят проверку пропускной способности канализационных стояков и выпусков и расчет дворовой (внутриквартальной) сети.

## **5.2. Проектирование системы внутренней водоотводящей сети**

Система внутренней канализации включает в себя следующие элементы: приемники сточных вод, гидравлические затворы, отводные трубопроводы, стояки, выпуски из здания, вентиляционные трубопроводы (вытяжки), ревизии и прочистки. Внутреннюю канализационную сеть монтируют из фасонных раструбных соединительных деталей и труб. Применяют чугунные канализационные раструбные (ГОСТ 6942.0-80, ГОСТ 6942.24-80), пластмассовые из полиэтилена низкой плотности (ПНП) (ГОСТ 18599-73) трубы.

Отводные трубопроводы предназначены для отвода сточных вод от приемников сточных вод к стоякам.

Прокладывают их по кратчайшему расстоянию по стенам над полом, под потолком нежилых помещений, с установкой на концах и на поворотах прочисток. Отводные трубы прокладывают с уклоном в сторону стояков. Минимальный уклон для труб  $d = 50$  мм  $i = 0,025$ ;  $d = 100$  мм  $i = 0,02$ . Диаметр выпуска у унитаза 85 мм, мойки – 50 мм, ванны и умывальника – 40 мм [1, прил. 2].

Канализационные стояки – вертикальные трубопроводы размещают вблизи приемников сточных вод (санитарных приборов). Если применяют сантехкабины, то стояки размещают в монтажных шахтах на одной оси с унитазом. Длина отводных труб должна быть минимальной. Канализационные трубы и стояки не следует размещать у наружных стен и в жилых помещениях. Все стояки должны иметь вытяжную трубу, возвышающуюся над неэксплуатируемой плоской кровлей на 0,3 м, скатной кровлей – 0,5 м; эксплуатируемой кровлей – на 3 м [1, п. 17.18]. Диаметр трубы вытяжки принимают равным диаметру стояка. На стояках устанавливают ревизии на первом и последнем этажах, причем не реже чем через 3 этажа. Нижняя часть стояка должна опираться на жесткое основание.

Диаметр канализационного стояка следует принимать в зависимости от величины расчетного расхода сточной жидкости, наибольшего диаметра

поэтажного отвода трубопровода и угла его присоединения к стояку по табл. 5.1 или по [1, табл. 8].

Таблица 5.1

Диаметр поэтажного отвода, мм	Угол присоединения поэтажного отвода к стояку, град	Максимальная пропускная способность вентилируемого канализационного стояка, л/с, при его диаметре, мм		
		50	85	100
50	90	0,8	5,8	4,3
	60	1,2	4,3	6,4
	45	1,4	4,9	7,4
85	90	–	2,1	–
	60	–	3,2	–
	45	–	3,6	–
100	90	–	–	3,2
	60	–	–	4,9
	45	–	–	5,5

*Примечание.* Диаметр канализационного стояка должен быть не менее наибольшего диаметра поэтажных отводов, присоединенных к стояку.

Канализационные выпуски служат для сбора сточных вод от стояков и отвода их за пределы здания к дворовой канализационной сети. В месте присоединения выпуска к дворовой сети устраивают смотровой колодец. Длина выпуска от стояка или прочистки до оси смотрового колодца должна быть не более 8 м при диаметре выпуска 50 мм, 12 м при диаметре выпуска 100 мм и 15 м при диаметре выпуска 150 мм [1, табл. 7].

Наименьшая длина трубы выпуска от наружной стены до смотрового колодца принимается в зависимости от грунтов:

- для твердых грунтов – 3 м;
- для макропористых, просадочных грунтов – 5 м.

Глубину заложения выпуска определяют с учетом:

- глубины промерзания грунта (низ трубы может быть расположен выше глубины промерзания на 0,3 м при диаметре до 500 мм и на 0,5 м при диаметре > 500 мм);
- предохранение тубы от механических повреждений (в месте проезда наземного транспорта глубина заложения должна быть не менее 1 м).

Выпуск со стояком соединяют двумя отводами под углом 135°. Нельзя допускать пересечения выпуском мест соединения капитальных стен, а также нельзя укладывать их вдоль подошвы фундаментов рядом с ней. В пределах здания отводные трубы от канализационных стояков и выпуски

могут быть проложены по стенам подвала, над полом подвала или, при необходимости, под полом подвала.

В один выпуск можно объединять два-три полных стояка, но соединение их надо осуществлять в помещениях подвала только в вертикальных плоскостях (стояк в стояк), обеспечив необходимое расположение ревизий и прочисток в доступных местах.

Диаметр выпуска следует определять расчетом (он должен быть не менее диаметра наибольшего из стояков, присоединенных к данному выпуску) [1, п. 17.29]. Выпуски следует присоединять к наружной сети под углом не менее  $90^\circ$  (считая по движению сточных вод) [1, п. 17.30]. Не рекомендуется направлять выпуски в сторону главного фасада здания. При пересечении выпуском стен подвала или фундаментов здания следует выполнять мероприятия, указанные в [1, п. 9.7].

### 5.3. Аксонометрическая схема канализационного стояка и выпуска

После нанесения на планы здания стояков, отводных труб и выпусков составляют аксонометрическую схему выпуска и подключенных к нему стояков, на которой изображают отводные трубы и санитарно-технические приборы (одного этажа), смотровой колодец на выпуске (указав номер колодца, диаметр, глубину, а также отметки: поверхности земли, лотка трубы выпуска и лотка колодца). Все фасонные части и санитарно-технические приборы показывают условными обозначениями. На аксонометрической схеме указывают диаметры, длины и уклоны всех участков.

### 5.4. Расчет внутренней водоотводящей сети

Трубопроводы внутренней канализации рассчитывают на пропуск максимального секундного расхода сточных вод  $q^S$ , л/с, который следует определять:

– при общем максимальном секундном расходе воды  $q^{tot} \leq 8$  л/с в сетях холодного и горячего водоснабжения по формуле

$$q^S = q^{tot} + q_0^S \quad (5.1)$$

– при  $q^{tot} > 8$  л/с по формуле

$$q^S = q^{tot} = 5q_0^{tot} \alpha, \quad (5.2)$$

где  $q_0^S$  – расход сточных вод от санитарно-технического прибора, имеющего наибольший секундный расход стоков среди всех санитарно-технических приборов, обслуживаемых рассчитываемым стояком, выпуском или участками дворовой канализации.

Для жилых зданий расход стоков от умывальника равен 0,15 л/с, мойки 0,6 л/с, ванны 0,8 л/с, унитаза со смывным бачком 1,6 л/с [1, прил. 2].

$q^{tot}$  – общий максимальный расчетный расход воды (холодной и горячей), л/с;  $q_0^{tot}$  – общий расход воды (холодной и горячей), л/с, санитарно-техническим прибором (арматурой), принимаемый по табл. П.2 прил. 7 или [1, прил. 2,3];  $\alpha$  – коэффициент, определяемый по прил. 10 или [1, прил. 4, табл. 2] в зависимости от общего числа приборов  $N$  на расчетном участке и вероятности их действия  $P^{tot}$ , определяемой по формуле (4.1).

Расчет необходимо свести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

Определение расчетных расходов канализации

Уча- сток	Число са- нитарно- техниче- ских при- боров	Вероят- ность действия $P$	$PN$	Коэф- фици- ент $\alpha$	Расчет- ный расход воды $q^{tot}$ , л/с	Расход стоков от при- боров $q_0^S$ , л/с	Расчетный расход сточных вод $q^S$ , л/с
1	2	3	4	5	6	7	8

Расчет канализационных выпусков следует производить, назначая скорость движения жидкости  $v$ , м/с, и наполнение  $H/d$  таким образом, чтобы было выполнено условие:

$$v\sqrt{H/d} \geq 0,6. \quad (5.3)$$

При этом скорость движения жидкости должна быть не менее 0,7 м/с, а наполнение трубопровода – не менее 0,3.

Определив расходы сточных вод в выпусках и приняв их диаметры, определяют по номограммам [2, с. 112, 113] скорости стоков, уклоны и наполнения трубопроводов, удовлетворяющих условию (5.3).

В тех случаях, когда выполнить указанное условие не представляется возможным из-за недостаточной величины расхода бытовых сточных вод, безрасчетные участки трубопроводов диаметром 50 мм следует прокладывать с уклоном 0,03, а диаметром 100 мм – с уклоном 0,02.

Наибольший уклон трубопроводов не должен превышать 0,15.

Расчет канализационных стояков и выпусков сводим в табл. 5.3 и 5.4.

Таблица 5.3

Расчет стояков канализации

Номер стояка	Расчетный расход сточных вод $q^S$ , л/с	Наибольший диаметр по- этажного от- вода, мм	Угол присоеди- нения поэтаж- ного отвода к стояку, град	Принятый диаметр стояка, мм	Максимальная пропускная способность стояка, л/с
1	2	3	4	5	6

Расчет выпусков канализации

Номер выпуска	Расчетный расход сточных вод $q^S$ , л/с	Наибольший диаметр подключенного стояка $d$ , мм	Диаметр выпуска $d$ , мм	Уклон выпуска $i$	Наполнение $H/d$	Скорость $v$ , м/с	$v\sqrt{H/d} \geq 0,6$
1	2	3	4	5	6	7	8

### 5.5. Проектирование дворовой водоотводящей сети

Трассировка дворовой сети зависит от рельефа местности, расположения здания, выпусков и других коммуникаций. Дворовую сеть прокладывают, как правило, из керамических труб диаметром 150 – 200 мм, ГОСТ 286-82.

Сеть трассируют вдоль здания в направлении, совпадающем с уклоном местности, который задан отметкой земли у здания.

Для контроля за работой канализационной сети и ее эксплуатации необходимо предусмотреть устройство смотровых колодцев в местах присоединения выпусков из здания, на поворотах трубопровода, в местах изменения диаметра или уклона труб, а также на прямых участках через 35 м при диаметре труб 150 мм.

Перед присоединением к наружной сети на трубопроводе дворовой сети на расстоянии 1,5 – 2 м от красной линии застройки в глубь двора размещают контрольный смотровой колодец. В нем обычно устраивают перепад, так как проектируемый колодец на уличном коллекторе всегда имеет большее заглубление. Смотровые колодцы устраивают сборными из ж/б элементов.

При диаметре канализации до 600 мм диаметр колодца принимается 1 м.

### 5.6. Расчет дворовой водоотводящей сети и построение продольного профиля

Гидравлический расчет сводится к определению диаметра канализационных трубопроводов при определенных расходах, уклонах, наполнениях и скоростях движения жидкости, обеспечивающих самоочищение труб.

Расчет дворовой канализационной сети сводится в таблицу прил. 12.

Графы 1, 2, 10, 11 заполняются на основе генплана задания, выданного студенту.

Максимальный расчетный расход сточной жидкости  $q^S$  (графа 3) определяется по формулам (5.1), (5.2) или берется из табл. 3.

Диаметр трубы, наполнение, скорость, уклон, т.е. графы 4, 5, 6, 9 заполняются одновременно. Диаметры подбираются в зависимости от максимального расчетного расхода, скорости и принятого уклона по прил. 13. Минимальный диаметр дворовой канализации принимается 150 мм. Расчетное наполнение сточных вод должно быть 0,3 – 0,6. Скорость протекания сточной жидкости по трубам принимается  $v \geq 0,7$  м/с и на последующем участке она должна быть равной или больше скорости на предыдущем участке.

Уклон канализационных труб принимается в зависимости от рельефа местности. Однако нормами установлены минимальные уклоны труб в зависимости от их диаметра:

$$i_{\min} = 1/d. \quad (5.4)$$

По данным аксонометрической схемы канализационного стояка и выпуска определяют начальную отметку лотка трубы в колодце К1 с учетом разницы диаметров трубопроводов выпуска и дворовой сети при соединении трубопроводов по шельгам и записываем в графу 14. Отметки всех других колодцев (графа 15) до контрольного находят путем вычитания из отметки лотка предыдущего колодца величины потери высоты  $h$ , м;  $h$  определяют по формуле

$$h = il, \quad (5.5)$$

где  $i$  – уклон канализационных трубопроводов;  $l$  – расстояние между колодцами, м.

По разнице отметок поверхности земли и лотков трубопроводов вычисляют глубины колодцев (заполняют графы 16, 17).

Продольный профиль дворовой канализационной сети вычерчивается по оси трассы от места присоединения к городской канализации до наиболее удаленного от нее канализационного выпуска.

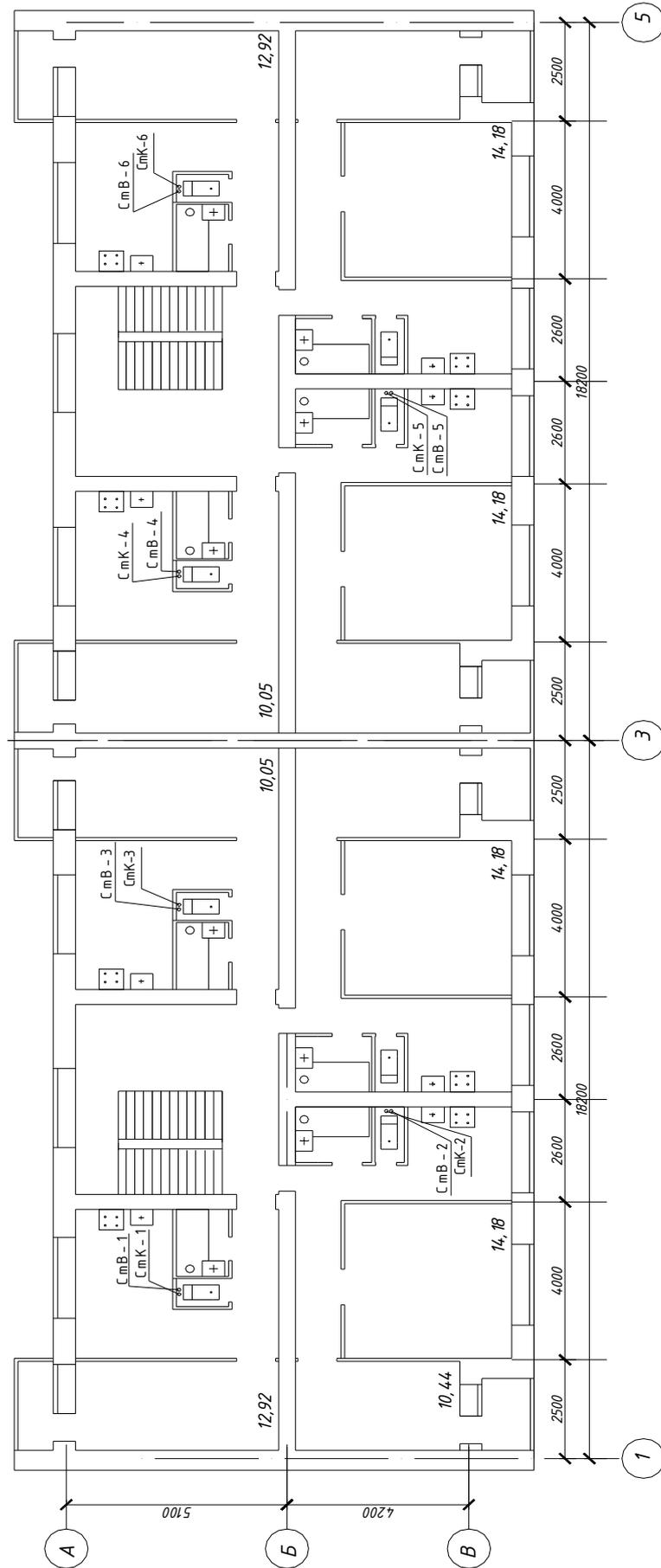
Независимо от направления движения сточных вод по трубопроводам дворовой канализации профиль вычерчивают слева направо. Вычерчивание профиля начинают с построения профиля поверхности земли вдоль трассы трубопровода.

Оформление продольного профиля выполняется аналогично прил. 6 и на основе данных, полученных в табл. прил. 12.

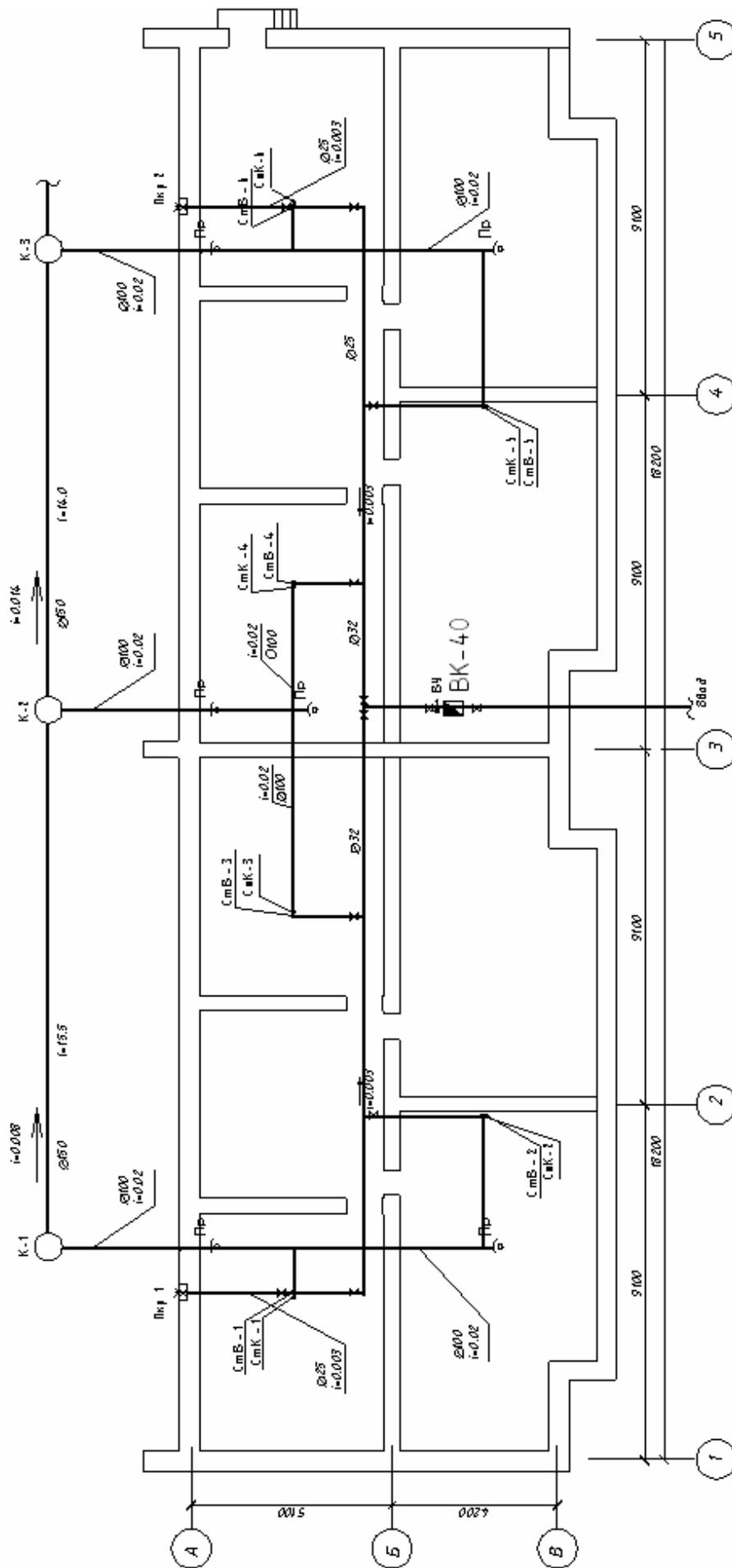
# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

План типового этажа, М 1:100



План подвала, М 1:100



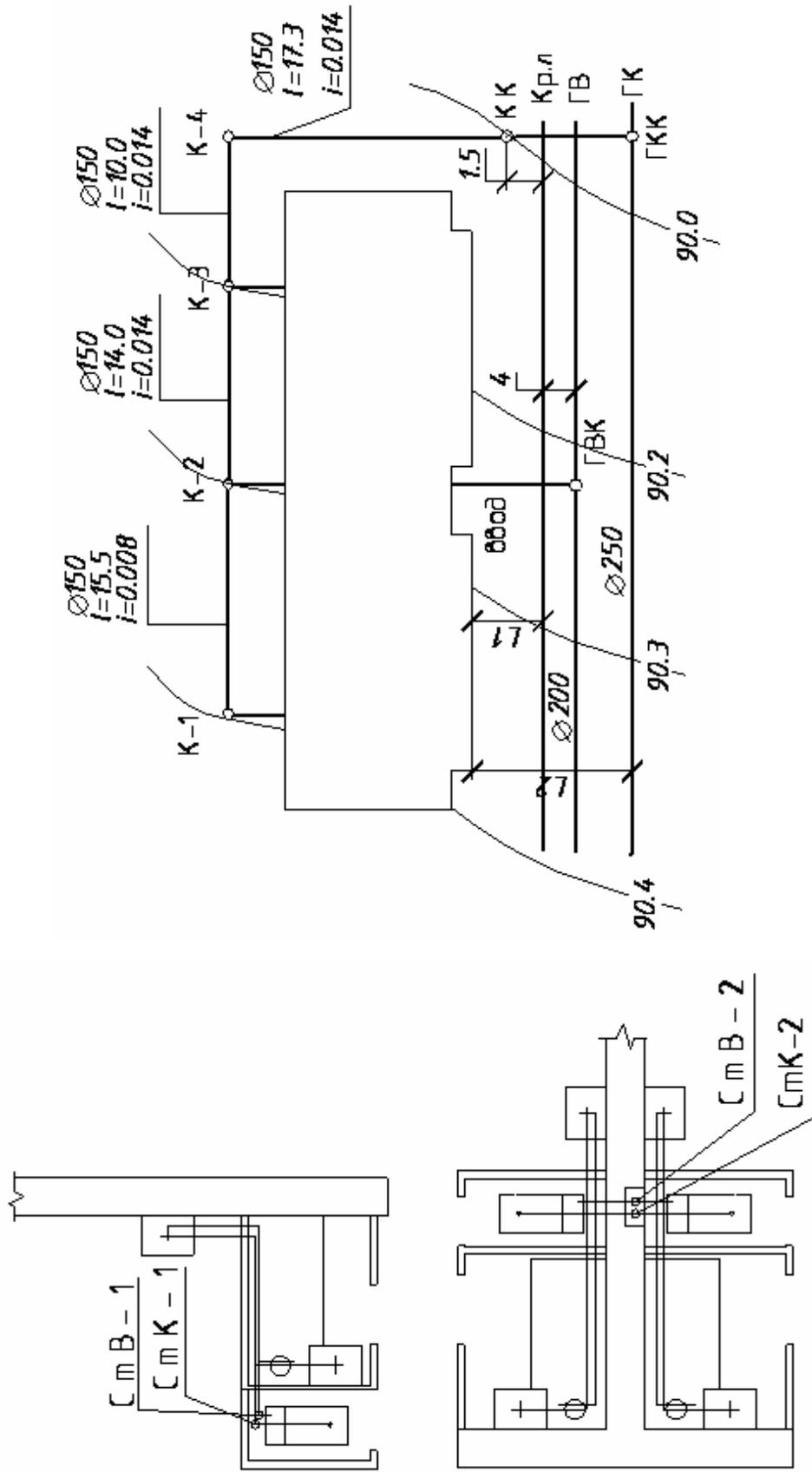
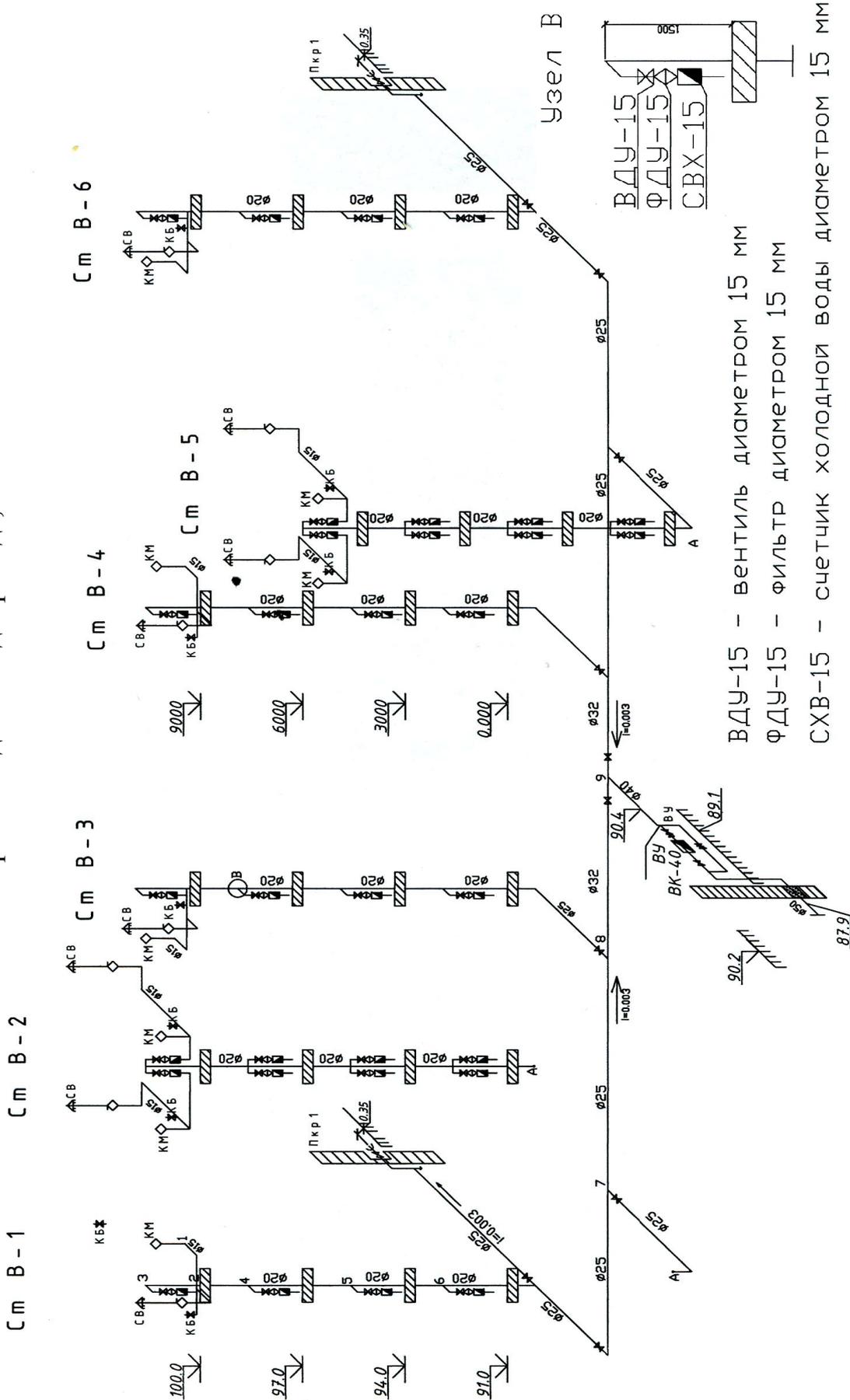


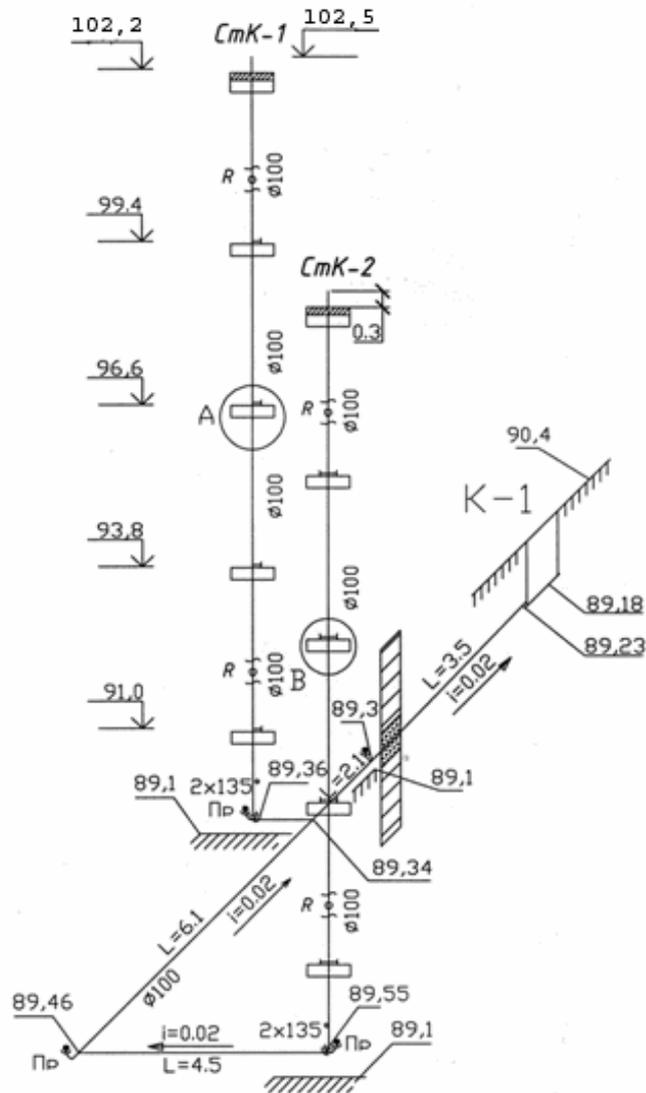
Рис. П.1. Подводки к санитарно-техническим приборам

Рис. П.2. Генплан, М 1:500

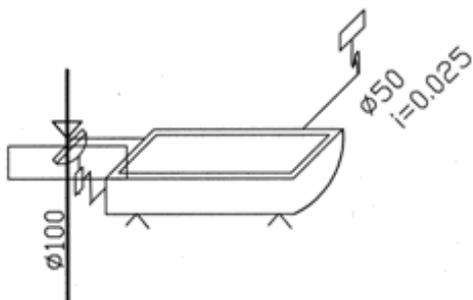
Аксонметрия холодного водопровода, М 1:100



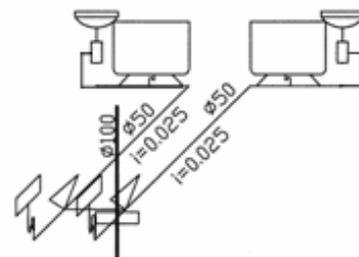
Аксонометрия канализации, М 1:100



Узел А



Узел В



Приложение 6

Профиль дворовой канализации МВ 1:100, МГ 1:500

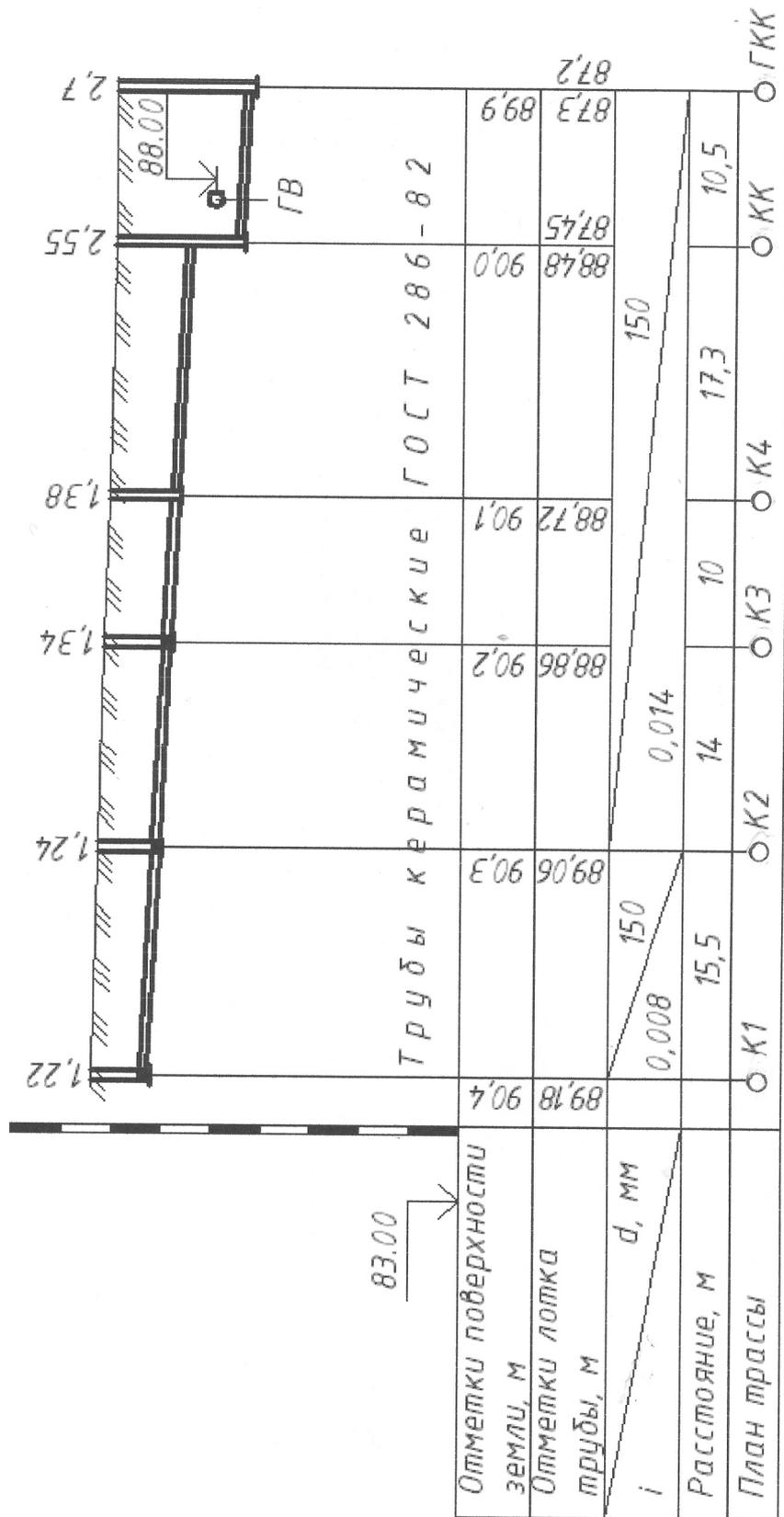


Таблица П.1

Гидравлический расчет внутреннего водопровода

Номера расчетных участков	Число приборов, обеспечиваемых расчетным участком				Общее число приборов на расчетном участке	Вероятность действия $P$	$PN$	Коэффициент $\alpha$	Секундный расход $q_0$ , л/с	Расчетный расход $q$ , л/с	Длина участка $L$ , м	Скорость движения воды $v$ , м/с	Диаметр трубы, $d$ , мм	Потери напора, м	
	КБ	КУм	КМ	СВ										На 1 м трубопровода	На участке $il$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Таблица П.2

Нормы расхода воды потребителями

Водопотребители	Измеритель				Нормы расхода воды, л				Расход воды прибором л/с (л/ч)	
	Общая в сред-ние сутки $q_{u,t}^{tot}$	В сутки наиболь-шего водопотреб-ления		В час наиболь-шего водопо-требления		общий (хо-лодной и горячей) $q_0^{tot}, (q_{0,hr}^{tot})$	холодной или горячей $q_0^c, q_0^h$			
		общая $q_u^{tot}$ (в т. ч. го-рячей)	горя-чей $q_u^h$	об-щая $q_{hr,u}^{tot}$ (в т. ч. горячей)	горя-чей $q_{hr,u}^h$					
<p>Жилые дома квартирного типа:            – с водопроводом, канализацией и ваннами с водонагревателями, работающими на твердом топливе;            – с водопроводом, канализацией и ванными с газовыми водонагревателями;            – с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками, ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами.</p>	150	180	–	–	8,1	–	–	0,3 (300)	0,3 (300)	
	190	225	–	–	10,5	–	–	0,3 (300)	0,3 (300)	
	250	300	120	10	15,6	10	–	0,3 (300)	0,2 (200)	

Таблица для гидравлического расчета стальных труб\* внутренней водопроводной сети (ГОСТ 3262-75)

Расход, л/с	Скорость v, м/с, гидравлический уклон 1000i (потери напора на единицу длины) при условном проходе труб, мм																		
	15		20		25		32		40		50		70		80		100		
	v	1000	v	1000	v	1000	v	1000	v	1000	v	1000	v	1000	v	1000	v	1000	
0,08	0,47	66,9	0,25	14,2															
0,1	0,59	100,2	0,31	21,1															
0,12	0,71	139,9	0,37	29,2															
0,2	1,18	360,5	0,62	73,5	0,22	8,44	0,21	5,39	0,24	5,39	0,24	5,39							
0,3	1,77	807	0,94	154,9	0,37	20,9	0,31	10,5	0,32	8,98	0,32	8,98							
0,4	2,36	1435	1,25	265,6	0,56	43,4	0,42	17,5	0,48	13,4	0,48	13,4							
0,5	2,95	2242	1,56	414,9	0,75	73,5	0,52	26,2	0,4	18,4	0,4	18,4							
0,6			1,87	597,5	0,93	110,9	0,63	36,5	0,56	24,6	0,56	24,6							
0,7			2,18	813,3	1,12	155,8	0,73	48,4	0,64	31,3	0,64	31,3							
0,8			2,5	1062	1,31	209,6	0,84	61,9	0,72	38,9	0,72	38,9							
0,9			2,81	1344	1,5	273,8	0,94	77,7	0,8	47,2	0,8	47,2							
1					1,68	346,5	1,05	93,6	0,8	66,1	0,8	66,1							
1,2					1,87	427,8	1,25	132	0,95	88,2	0,95	88,2							
1,4					2,24	616	1,46	179,7	1,11	113,7	1,11	113,7							
1,6					2,62	838,5	1,67	234,7	1,27	143,9	1,27	143,9							
1,8					2,99	1095	1,88	297,1	1,43	177,7	1,43	177,7							
2							2,09	366,8	1,59	300,2	1,59	300,2							
2,6							2,72	619,9	2,07	399,7	2,07	399,7							
3									2,39	575,6	2,39	575,6							
3,6									2,86		2,86								
4																			
4,6																			
5																			
5,6																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			

\* Выборка из Справочного пособия: Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. — М.: Стройиздат, 1984.

Приложение 9

Данные для подбора водосчетчиков

Диаметр ус- ловного прохо- да счетчика, мм	Параметры						
	Расход воды, м <sup>3</sup> /ч		Порог чувст- вительности, м <sup>3</sup> /ч, не более	Максимальный объем воды за сутки, м <sup>3</sup>	Гидравлическое со- противление счет- чика, S, м/(л/с) <sup>2</sup>		
	минимальный	эксплуатационный				максимальный	
1	2	3	4	5	6	7	
15	0,03	1,2	3	0,015	45	14,4	
20	0,05	2,0	5	0,025	70	5,18	
25	0,07	2,8	7	0,035	100	2,64	
32	0,1	4,0	10	0,05	140	1,3	
40	0,16	6,4	16	0,08	230	0,5	
50	0,3	12,0	30	0,15	450	0,143	
65	1,5	17,0	70	0,6	610	810·10 <sup>-5</sup>	

Приложение 10

Значения  $\alpha$  в зависимости от произведения  $NP$

$NP$ или $NP_{hr}$	$\alpha$						
Менее 0,015	0,200	0,068	0,301	0,29	0,526	0,98	0,959
0,015	0,202	0,070	0,304	0,30	0,534	1,00	0,969
0,016	0,205	0,072	0,307	0,31	0,542	1,05	0,995
0,017	0,207	0,074	0,309	0,32	0,550	1,10	1,021
0,018	0,210	0,076	0,312	0,33	0,558	1,15	1,046
0,019	0,212	0,078	0,315	0,34	0,565	1,20	1,071
0,020	0,215	0,080	0,318	0,35	0,573	1,25	1,096
0,021	0,217	0,082	0,320	0,36	0,580	1,30	1,120
0,022	0,219	0,084	0,323	0,37	0,588	1,35	1,144
0,023	0,222	0,086	0,326	0,38	0,595	1,40	1,168
0,024	0,224	0,088	0,328	0,39	0,602	1,45	1,191
0,025	0,226	0,090	0,331	0,4	0,610	1,50	1,215
0,026	0,228	0,092	0,333	0,41	0,617	1,55	1,238
0,027	0,230	0,094	0,336	0,42	0,624	1,60	1,261
0,028	0,233	0,096	0,338	0,43	0,631	1,65	1,283
0,029	0,235	0,098	0,341	0,44	0,638	1,70	1,306
0,030	0,237	0,100	0,343	0,45	0,645	1,75	1,328
0,031	0,239	0,105	0,349	0,46	0,652	1,80	1,350
0,032	0,241	0,110	0,355	0,47	0,658	1,85	1,372
0,033	0,243	0,115	0,361	0,48	0,665	1,90	1,394
0,034	0,245	0,120	0,367	0,49	0,672	1,95	1,416
0,035	0,247	0,125	0,373	0,50	0,678	2,00	1,437
0,036	0,249	0,130	0,378	0,52	0,692	2,1	1,479
0,037	0,250	0,135	0,384	0,54	0,704	2,2	1,521
0,038	0,252	0,140	0,389	0,56	0,717	2,3	1,563
0,039	0,254	0,145	0,394	0,58	0,730	2,4	1,604
0,040	0,256	0,150	0,399	0,60	0,742	2,5	1,644
0,041	0,258	0,155	0,405	0,62	0,755	2,6	1,684
0,042	0,259	0,160	0,410	0,64	0,767	2,7	1,724
0,043	0,261	0,165	0,415	0,66	0,779	2,8	1,763
0,044	0,263	0,170	0,420	0,68	0,791	2,9	1,802
0,045	0,265	0,175	0,425	0,70	0,803	3,0	1,840
0,046	0,266	0,180	0,430	0,72	0,815	3,1	1,879
0,047	0,268	0,185	0,435	0,74	0,826	3,2	1,917
0,048	0,270	0,190	0,439	0,76	0,838	3,3	1,954
0,049	0,271	0,195	0,444	0,78	0,849	3,4	1,991
0,050	0,273	0,2	0,449	0,80	0,860	3,5	2,029
0,052	0,276	0,21	0,458	0,82	0,872	3,6	2,065
0,054	0,280	0,22	0,467	0,84	0,883	3,7	2,102
0,056	0,283	0,23	0,476	0,86	0,894	3,8	2,138
0,058	0,286	0,24	0,485	0,88	0,905	3,9	2,174
0,060	0,289	0,25	0,493	0,90	0,916	4,0	2,210
0,062	0,292	0,26	0,502	0,92	0,927	4,1	2,246
0,064	0,295	0,27	0,510	0,94	0,937	4,2	2,281
0,065	0,298	0,28	0,518	0,96	0,948	4,3	2,317

## Основные характеристики насосов

Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Мощность, кВт
<i>Водопроводные насосы</i>			
1,5 К 8 / 19	4; 5; 9; 13	12; 11; 8	1,5
К 8 / 19 / 1,5 К-6 /	11; 6; 14	17; 20; 14	1,5
К / 20 / 18 / 2 К-9 /	11; 10; 22	21; 18; 17	1,5
К 20 / 30 / 2 К-6 /	10; 20; 30	34; 30; 24	2,7
К 45 / 55 / 3 К-6 /	30; 45; 61	62; 55; 44	10,5
К 45 / 30 / 3 К-9 /	30; 45; 54	95; 30; 27	5,5
К 90 / 20 / 4 К-18 /	60; 90; 100	25; 20; 19	6,3
ЦВЦ 25	2,5-25	2-9,2	1,62
ЦНШ 40	7-12	6-4	0,6
1,5 КМ-8 / 9	6; 11; 14	20; 17; 14	0,9
2КМ 20 / 30	10; 20; 30	34; 30,8; 24	2,7
3 КМ-6	30; 45; 61	58; 54; 45	10,5
2 СР	12-24	8; 40; 80	1,5-4
4S 3Км100	0,3-2,4	14; 54	0,75
ЭЦВ 6-55	3,5-250	28-140	2,8-45
ЦГ 6,3-20	6,3-20	20-80	1,1-18,5
<i>Насосы для перекачки сточных вод</i>			
СД 16 / 10	8-19	11-8,9	1,5
СД 25 / 14	14-25	3,8-14	3,0
СД 80 / 18	43-112	21-18	10
СД 160 / 10	43-160	48-10	30
ЦМК 16-27	16-20	27-50	1,5

Приложение 12

Таблица расчета дворовой канализационной сети

№ рас- четных участ- ков	Длина участка $L$ , м	Расчетный расход сточной воды $q_s$ , л/с	Диаметр трубы $d$ , мм	Ско- рость $v$ , м/с	Уклон трубы $i$	$il$ , м	Наполне- ние		Отметки поверхностей, м					Глубина за- ложения, м		
							$H$ мм	$H/d$	земли	шелыги	лотка		$H$	$K$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
									$H$	$K$	$H$	$K$	$H$	$K$	$H$	$K$

Данные для гидравлического расчета канализационных самотечных труб (чугунных и керамических).  
 (А.А. Лукиных, Н.А. Лукиных. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров  
 по формуле академика Н.Н. Павловского  $d = 150$  мм

Наполнение в долях $d$	Значения $q^s$ , л/с, и $v$ , м/с, при уклонах в тысячных																	
	8		10		12		14		16		18		20		25			
	$q^s$	$v$	$q^s$	$v$	$q^s$	$v$	$q^s$	$v$	$q^s$	$v$	$q^s$	$v$	$q^s$	$v$	$q^s$	$v$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
0,25	1,75	0,51	1,96	0,57	2,15	0,62	2,32	0,67	2,48	0,72	2,63	0,76	2,77	0,8	3,1	0,9		
0,35	3,36	0,61	3,76	0,68	4,12	0,75	4,45	0,81	4,76	0,86	5,05	0,91	5,32	0,96	5,94	1,08		
0,5	6,41	0,72	7,17	0,81	7,85	0,89	8,48	0,96	9,07	1,02	9,62	1,09	10,1	1,15	11,3	1,28		
0,6	8,61	0,78	9,63	0,87	10,5	0,95	11,4	1,03	12,2	1,1	12,9	1,17	13,6	1,23	15,2	1,37		
0,75	11,7	0,82	13,1	0,92	14,3	1,01	15,5	1,09	16,5	1,16	17,5	1,23	18,5	1,3	20,7	1,45		
0,85	13,2	0,82	14,8	0,92	16,2	1,01	17,5	1,09	18,7	1,17	19,8	1,24	20,9	1,3	23,4	1,45		
1,0	12,8	0,72	14,3	0,81	15,7	0,89	17,0	0,96	18,1	1,02	19,2	1,09	20,3	1,15	22,7	1,28		

# ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

## ТЕМА 1

1. Дать краткую характеристику систем внутреннего водопровода.
2. От чего зависит выбор системы внутреннего водопровода?
3. Что такое гарантийный, требуемый напор?
4. Какие системы внутреннего водопровода применяют в жилых зданиях, промпредприятиях?
5. Назовите основные элементы внутреннего водопровода.
6. Какие схемы внутреннего водопровода Вы знаете? Где их применяют?
7. Какие трубы применяют при монтаже внутреннего водопровода?
8. Предложите способы соединения пластмассовых, стальных, чугунных труб.
9. Какие соединительные детали применяют при монтаже водопровода?
10. Какая арматура применяется в сетях внутреннего водопровода и каково ее назначение?
11. Где устанавливается запорная арматура?
12. Виды водоразборной арматуры и ее конструктивные особенности.
13. Особенности трассировки водопроводной сети.
14. Какие требования предъявляются к прокладке водопроводных сетей?
15. Какие виды водопроводных сетей Вы знаете?
16. Какие способы прокладки водопроводных сетей применяют в жилых и общественных зданиях?
17. Что называется вводом?
18. Способы присоединения ввода к наружной водопроводной сети.
19. В каких зданиях устраивают два и более ввода?
20. Как заделывают трубу ввода в фундамент здания?
21. Из каких элементов состоит водомерный узел?
22. Как устанавливают крыльчатые и турбинные счетчики?
23. В чем схожесть и различие крыльчатых и турбинных счетчиков?
24. Как подобрать счетчик?
25. Когда устанавливают комбинированные счетчики?
26. От чего зависит режим водопотребления в здании?
27. Что такое норма водопотребления?
28. Для чего нужна стабилизация напоров?
29. Предложите способы стабилизации напоров.
30. Что является источником шума в здании?
31. Как можно решить проблему уменьшения шума в здании?
32. Какое водоразборное устройство является диктующим?
33. Что такое коэффициент неравномерности и для чего его вводят?
34. Как определить максимальный (расчетный) секундный, часовой, суточный расходы воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды?
35. Подбор экономичных диаметров трубопровода.

36. Допустимые скорости в хозяйственно-питьевой водопроводной сети.
37. Последовательность гидравлического расчета водопроводной сети.
38. Как определить потери напора на трение и на местных сопротивлениях?
39. Определение требуемого напора в сети водопровода.
40. Способы повышения напора в сетях внутреннего водопровода.
41. Где размещают насосные установки? Где их не допускается размещать?
42. В каких случаях применяется последовательная и параллельная работа насосов?
43. Как определить производительность и напор насоса?
44. Как определить, правильно ли подобран насос?
45. Что устанавливается на всасывающем и напорном трубопроводе насоса?
46. Где размещают пневматические установки?
47. Принцип работы пневматической установки.
48. Какими трубопроводами оборудуют водонапорные баки? Их назначение.
49. Для чего служат водонапорные баки?
50. Конструирование водонапорных баков и их расчет.
51. В каких зданиях проектируют противопожарные водопроводы?
52. Из каких элементов состоят простые системы противопожарного водоснабжения?
53. Принцип расчета простых противопожарных систем.
54. Как устроены спринклерные установки?
55. Как устроены дренчерные установки?
56. Назначение и устройство поливочного водопровода.
57. Специальные питьевые водопроводы.
58. С помощью какого автоматизированного устройства включаются пожарные насосы? Принципы действия устройства.
59. При помощи каких датчиков осуществляется автоматическое включение/выключение электродвигателей насосов и компрессоров систем водоснабжения зданий?
60. В чем особенности снабжения водой зданий производственного назначения?
61. Как осуществляется водоснабжение установок пылеудаления?
62. Системы кондиционирования воздуха и их особенности.

## ТЕМА 2

1. Дать краткую характеристику систем водоотведения зданий.
2. Из каких элементов состоит система водоотведения здания?
3. Какие виды труб применяют во внутренней канализации?
4. Как соединяют чугунные, пластмассовые и керамические трубы?
5. Перечислите соединительные части труб.
6. Для каких целей на сети устанавливают ревизии и прочистки?

7. Перечислите приемники сточных вод. Приведите примеры установки унитаза и умывальника.
8. Назначение гидрозатворов (сифонов). Трапы.
9. Где размещают канализационные стояки?
10. Как присоединяют отводные трубы к стоякам?
11. Как прочистить стояк и выпуск?
12. Как устроить вентиляцию канализационных сетей?
13. Назначение дворовой и микрорайонной водоотводящих сетей.
14. Основные элементы внутриквартальной сети.
15. В каких местах устанавливаются смотровые колодцы? контрольные колодцы?
16. Как определяется максимальный секундный расход сточных вод на расчетных участках?
17. Как выбрать наполнение и скорость движения сточных вод на горизонтальных участках?
18. Как определить диаметр и уклон канализационного выпуска?
19. Принцип расчета внутриквартальной канализации.
20. Как определить минимальную глубину первого колодца?
21. Как определить расчетный расход сточных вод для дворовой канализации?
22. Какие минимальные значения принимают для расчета дворовой сети  $d$ ,  $i$ ,  $v$ ,  $h/d$ ?
23. Какие установки применяют для перекачки сточных вод?
24. Принцип работы насосной установки.
25. Чем оборудуется приемный резервуар?
26. Место расположения насосов и приемного резервуара.
27. Типы насосов, применяемые для перекачки сточных вод.
28. Как определить число рабочих и резервных насосов для перекачки сточных вод?
29. Из каких элементов состоит пневматическая установка?
30. Принцип работы пневматической установки.
31. Какие установки применяют для предварительной очистки сточных вод?
32. Песколовки, грязеотстойники: назначение, конструкция, расчетные параметры.
33. Жироуловители, бензомаслоуловители: назначение, конструктивные особенности.
34. Теплоуловители: назначение, конструкция.
35. Какие системы мусороудаления Вы знаете?
36. Сухие мусоропроводы: основные элементы и их устройство.
37. Мокрые и огневые мусоропроводы: основные элементы и их устройство.
38. Когда применяют системы гидрошлакоудаления?
39. Основные элементы внутренних водостоков.
40. Какие трубы применяют для устройства внутренних водостоков?

41. Напишите формулы определения расчетных расходов дождевых вод.
42. Принцип расчета внутренних водостоков.
43. Как определить, что система внутреннего водостока запроектирована правильно?

### ТЕМА 3

1. Дайте определение системы водоснабжения.
2. По каким признакам классифицируются системы водоснабжения?
3. От чего зависит схема водоснабжения? Приведите схемы водоснабжения с забором воды из поверхностных и подземных источников.
4. Какие вы знаете схемы водоснабжения промышленных предприятий?
5. Дайте характеристику нормы водопотребления.
6. Перечислите основные категории потребителей воды.
7. Какие факторы влияют на величину нормы на поливку улиц и зеленых насаждений?
8. Что влияет на норму хозяйственно-питьевого водопотребления на производстве?
9. Какая продолжительность тушения пожара в населенном пункте?
10. Как изменяется водопотребление населенного пункта в течение года и чем характеризуются эти значения?
11. От чего зависит распределение суточного расхода на хозяйственно-питьевые нужды населенного пункта по часам суток?
12. Как определяются расчетные расходы?
13. Каким образом учитываются расходы на нужды местной промышленности?
14. Как распределяются расходы на прием душа на промышленном предприятии?
15. Что такое свободный напор?
16. Назовите схемы водопроводных сетей.
17. Какие трубы применяют для водопроводной сети?
18. Какая арматура устанавливается на водопроводной сети?
19. В чем суть гидравлического расчета водопроводной сети?
20. В соответствии с какими законами осуществляется распределение воды по линиям кольцевой сети?
21. Какие вы знаете источники водоснабжения?
22. Сооружения для забора подземных вод.
23. Сооружения для забора поверхностных вод.
24. Для каких целей применяют водонапорные и регулирующие емкости?
25. Назовите основные трубопроводы, которыми оборудуется водонапорная башня.
26. Чему равен объем бака водонапорной башни?
27. Какими трубопроводами оборудуется резервуар чистой воды?
28. Из каких объемов может состоять полный объем резервуара чистой воды?

29. Какими параметрами характеризуется работа насоса?
30. По каким признакам классифицируются насосы?
31. Принцип действия центробежного насоса.
31. Дайте определения  $H_{\text{вак}}^{\text{дон}}$ ,  $H_{\text{г.вс.}}$ ,  $H_{\text{вак}}$ ,  $H_{\text{н}}$ .
32. Перечислите основные параметры насоса.
33. Какая арматура применяется для обвязки центробежных насосов?
34. На чем основан принцип действия эрлифта и гидроэлеватора?
35. Какие водопроводные насосные станции в схеме водоснабжения проектируют?
36. Какими свойствами характеризуется качество воды?
37. Какие вы знаете наиболее распространенные методы очистки воды и их сущность?
38. Приведите технологическую схему осветления и обесцвечивания воды.
39. С какой целью применяют коагулирование?
40. На чем основан процесс отстаивания?
41. Назовите методы обеззараживания воды.
42. При каких параметрах воды необходима специальная обработка?

#### ТЕМА 4

1. Что называют сточной жидкостью?
2. Какие виды сточных вод вы знаете?
3. Назначение канализации.
4. Какие Вы знаете виды канализации?
5. Назовите основные элементы канализации?
6. Что называют бассейном канализования?
7. Что называют схемой канализации?
8. От каких факторов зависит схема канализации?
9. Какие вы знаете системы канализации города?
10. Приведите примеры систем канализации промпредприятий?
11. Что такое норма водоотведения?
12. От чего зависит общий коэффициент неравномерности бытовых сточных вод?
13. Как определяют расчетные расходы сточных вод?
14. В каком режиме работают канализационные сети?
15. В какой последовательности трассируют канализационные сети?
16. Назовите схемы канализационных сетей.
17. Какие Вы знаете схемы трассирования уличных канализационных сетей?
18. Исходя из чего определяют условия приема сточных вод в наружную водоотводящую сеть?
19. Что такое самоочищающаяся скорость и от чего она зависит?

20. Как определить минимальный уклон труб бытовой канализационной сети?
21. От чего зависит минимальная глубина заложения канализационной сети?
22. Какие трубы применяют для устройства канализационной сети?
23. Какие колодцы сооружают на канализационной сети?
24. Назначение дюкера.
25. Какие насосы применяют для перекачки сточных вод? Требования, предъявляемые к насосам.
26. Назовите конструктивные особенности насосов, применяемых для перекачки сточных вод.
27. Виды канализационных насосных станций и их конструктивные особенности.
28. Как определить требуемый напор и максимальную подачу насосной станции?
29. Определение расчетного расхода по отдельным участкам дождевой сети.
30. От чего зависит коэффициент стока?
31. Что понимается под бестраншейным восстановлением (санацией) водоотводящих сетей?
32. Ликвидация каких дефектов осуществляется восстановлением структуры трубопровода?
33. Какие защитные материалы наносятся на внутреннюю поверхность трубопровода санацией?
34. Назовите состав загрязнений сточных вод.
35. Как определить концентрацию нерастворенных загрязнений бытовых и городских сточных вод?
36. Дайте определение БПК, ХПК.
37. Сущность механической, физико-химической и биологической очистки сточных вод.
38. В зависимости от чего выбирают метод очистки и состав очистных сооружений?
39. Назовите сооружения для механической, биологической очистки сточных вод.
40. Сооружения для обработки осадка.
41. С какой целью производят обеззараживание сточных вод и каким образом?
42. Назовите конструкции выпусков очищенных сточных вод в водоемы.

## РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

по курсу для студентов специальности 1-70 04 02

Оцениваемая работа	Балл за единицу работы	Максимально возможный балл	Примечание
<b>Лекционный курс</b>			
Посещение лекций	2 часа = 1 балл	<b>17</b>	34 часов
Активная работа на лекциях		<b>25</b>	
Контрольная проверка знаний			4 единицы
4 (четыре)	40	160	
5 (пять)	50	200	
6 (шесть)	60	240	
7 (семь)	70	280	
8 (восемь)	80	320	
9 (девять)	90	360	
10 (десять)	100	<b>400</b>	
<b>Практические занятия</b>			
Посещение занятий	1 час = 1 балл	<b>34</b>	34 часов
Активная работа на практических занятиях		<b>34</b>	
<b>Курсовое проектирование</b>			
Активная работа в течение семестра		<b>20</b>	
Своевременная защита курсовой работы		<b>20</b>	
Уровень защиты курсовой работы		<b>50</b>	
4 (четыре)	20		
5 (пять)	25		
6 (шесть)	30		
7 (семь)	35		
8 (восемь)	40		
9 (девять)	45		
10 (десять)	50		
<b>Экзамен</b>		<b>400</b>	
<b>Итого</b>		<b>1000</b>	

### Результат

Набранное количество баллов	400 – 450	451 – 550	551 – 650	651 – 750	751 – 850	851 – 950	951 и более
Оценка	4 (четыре)	5 (пять)	6 (шесть)	7 (семь)	8 (восемь)	9 (девять)	10 (десять)

## ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.01-85\*. Внутренний водопровод и канализация зданий. Госстрой СССР – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 48 с.
2. Кедров, В.С. Водоснабжение и водоотведение / В.С. Кедров, П.П. Пальгунов, М.А. Сомов – М.: Стройиздат, 2002. – 335 с.
3. ТКП 45-4.01-52-2007 Системы внутреннего водоснабжения зданий. Строительные нормы проектирования. – Мн., 2008 – 47 с.
4. ТКП 45-4.01-52-2007 Системы внутренней канализации зданий. Строительные нормы проектирования. – Мн., 2008 – 21 с.
5. Калицун, В.И. Гидравлика, водоснабжение и канализация / В.И. Калицун, В.С. Кедров, Ю.М. Ласков. – М.: Стройиздат, 2000. – 397 с.
6. Кравцов, М.В. Санитарно-техническое оборудование зданий / М.В. Кравцов, И.К. Лазарчик, И.В. Федюкович. – Мн.: Выш. шк., 1983. – 197 с.
7. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
8. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
9. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984. – 115 с.
10. Лукиных А.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационной сети и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского / А.А. Лукиных, Н.А. Лукиных. – М.: Стройиздат, 1987. – 152 с.
11. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 2. Водопровод и канализация / Ю.Н. Саргин, Л.И. Друкин, И.Б. Покровская [и др.]; под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 247 с.
12. ТКП 45-4.1-29-2006 Сети водоснабжения и канализации полимерных труб. Правила проектирования и монтажа. Мн., 2007 – 60 с.

*Учебное издание*

КОНДАКОВА Анна Адамовна

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ  
И ВОДООТВЕДЕНИЕ**

Учебно-методический комплекс  
для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение,  
вентиляция и охрана воздушного бассейна»

Редактор *А. Э. Цибульская*

Дизайн обложки *В. А. Виноградовой*

---

Подписано в печать 21.09.10. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 13,46. Уч.-изд. л. 12,71. Тираж 85 экз. Заказ 1523.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

ЛИ № 02330/0548568 от 26.06.2009

ЛП № 02330/0494256 от 27.05.2009

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.