

А. Ф. Колова  
Т. Я. Пазенко

# ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

Учебное пособие

Инженерно-строительный институт



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Министерство образования и науки Российской Федерации

Сибирский федеральный университет

**А. Ф. Колова, Т. Я. Пазенко**

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ  
И ВОДООТВЕДЕНИЕ**

**Учебное пособие**

Красноярск  
СФУ  
2012

УДК 628.1(07)  
ББК 38.761.1я73  
К61

*Рецензенты:* В. С. Абрамов, ГИП ОАО «ТГИ Красноярскграждан-  
проект»;  
В. П. Стрюкова, главный инженер ООО «Экопроект»

**Колова А. Ф.,**  
К61        Водоснабжение и водоотведение : учеб. пособие / А. Ф. Коло-  
ва, Т. Я. Пазенко. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 148 с.  
ISBN 978-5-7638-2427-8

Изложены основные принципы организации и устройства систем водо-  
снабжения и канализации населенных пунктов, а также основы проектирования,  
строительства и эксплуатации систем внутреннего водопровода и канализации  
зданий.

Основное назначение пособия – оказать помощь студентам дневной и за-  
очной формы обучения в освоении курса дисциплины и выработки навыков  
применения теории в решении практических вопросов. Приведены рекоменда-  
ции к выполнению и пример курсовой работы по проектированию внутренних  
систем холодного водопровода и канализации жилого дома.

Предназначено для студентов спец. 270 800.62.00.01 «Промышленное и  
гражданское строительство», 270 800.62.00.09 «Экспертиза и управление не-  
движимостью», 270 800.62.00.10 «Проектирование зданий», 270 800.62.00.05  
«Теплогазоснабжение и вентиляция», 270 800.62.00.03 «Городское строительст-  
во и хозяйство».

**УДК 628.1(07)**  
**ББК 38.761.1я73**

ISBN 978-5-7638-2427-8

© Сибирский федеральный  
университет, 2012

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Водоснабжение и водоотведение» в соответствии с образовательным стандартом высшего профессионального образования изучается студентами специальностей 270 800.62.00.01 «Промышленное и гражданское строительство», 270 800.62.00.09 «Экспертиза и управление недвижимостью», 270 800.62.00.10 «Проектирование зданий», 270 800.62.00.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция», 270 800.62.00.03 «Городское строительство и хозяйство».

Программа дисциплины включает изучение наиболее распространенных систем и схем водоснабжения и водоотведения населенных мест и промышленных предприятий, а также устройств внутренних сетей водопровода и канализации.

В процессе изучения дисциплины студент выполняет курсовую работу по проектированию внутренних систем холодного водопровода и канализации жилого дома.

Учебное пособие состоит из четырех глав и приложений.

В первой главе охарактеризованы основные источники водоснабжения, описаны системы и схемы водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий, рассмотрены различные типы водозаборных сооружений и изложены основные методы подготовки воды для хозяйственно – питьевого водоснабжения.

Во второй главе рассмотрены вопросы, касающиеся подготовки воды для промышленных нужд, такие как умягчение, обессоливание, дегазация и др.

Третья глава посвящена системам водоотведения населенных пунктов. Дана классификация систем и схем водоотведения, устройство канализационных сетей и насосных станций, приведены основы гидравлического расчета. Описаны основные методы и технологические схемы очистки городских сточных вод и обработки осадков.

В четвертой главе приведены рекомендации по проектированию внутреннего холодного водопровода и канализации жилого дома, дан пример выполнения курсовой работы и основные справочные материалы для расчета.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Водоснабжение, канализация и санитарно-техническое оборудование зданий и отдельных объектов определяют уровень благоустройства отдельных объектов и масштабы развития многих отраслей народного хозяйства. Системы водоснабжения и канализации относятся к системам жизнеобеспечения. Снабжение потребителей водой высокого качества и в достаточном количестве имеет большое санитарно-гигиеническое, экономическое и социальное значение.

Водоснабжение основано на использовании природных ресурсов. Однако запасы воды ограничены. В связи с этим разработке проблем рационального, комплексного использования водных ресурсов и охраны водных источников от загрязнений уделяется очень большое внимание.

Важной проблемой развития водного хозяйства является проведение комплексных мероприятий по защите воды, воздуха и почв от загрязнений. Особую актуальность приобретают вопросы защиты источников водоснабжения от сброса неочищенных сточных вод.

Содержание представленного учебного пособия отражает основные направления решения изложенных выше проблем.

# Глава 1. ВОДОСНАБЖЕНИЕ

## 1.1. Системы и схемы водоснабжения

**Источники водоснабжения.** Выбор источника водоснабжения является одной из главных задач при проектировании любой системы водоснабжения.

Правильное решение вопроса о выборе источника водоснабжения для каждого объекта требует тщательного анализа водных ресурсов района, в котором он расположен. Источник водоснабжения должен отвечать следующим основным требованиям: обеспечивать бесперебойное поступление требуемого количества и качества воды с учетом роста потребности в водоснабжении; обладать достаточной мощностью (отбор воды не нарушает экологическое состояние жизнедеятельности водоема); находиться на кратчайшем расстоянии от объекта водоснабжения. В качестве источника водоснабжения используются поверхностные и подземные воды.

Поверхностные источники характеризуются значительными колебаниями качества воды и количества загрязнений в разные периоды года.

В качестве поверхностных источников используются реки, водохранилища, озера и моря.

*Вода рек* обладает значительной мутностью, высоким содержанием органических веществ (особенно в период паводков), значительной цветностью. Речную воду отличает небольшая жесткость (содержание солей кальция и магния), например, жесткость воды в Неве составляет 0,7 мг-экв/л, в Москве реке 2–5 мг-экв/л, а в Енисее 1,1–1,6 мг-экв/л (для сравнения, жесткость питьевой воды должна быть не более 10 мг-экв/л.) Кроме того, в речной воде содержится значительное количество бактерий, включая патогенные (болезнетворные), количество которых измеряют коли-титром (тот наименьший объем воды, в котором еще содержится кишечная палочка) или коли-индексом (числом кишечных палочек, содержащихся в 1 л воды). Для рек характерно сезонное колебание расхода и качества воды.

*Водохранилищам* свойственны малая мутность, высокая цветность воды и наличие планктона в ней в летний период.

Качество воды *в озерах* характеризуется большим разнообразием и отличается малым содержанием взвешенных веществ, малой мутностью, значительной минерализацией, цветностью.

*Морская вода* может использоваться для целей промышленного водоснабжения, а при отсутствии пресных вод и для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения после опреснения.

*Подземные воды*, как правило, прозрачны и бесцветны. Артезианские воды, перекрытые сверху водонепроницаемыми породами, защищены от поступления проникающих с земли стоков. Они обладают высокими санитарными качествами (т. е. не требуют глубокой очистки). Однако подземные воды имеют повышенную жесткость, часто содержат много железа, фтора, сероводорода, что требует использования специальных установок по их удалению.

Подземные воды могут быть безнапорными и напорными. Безнапорные воды имеют свободную поверхность, называемую зеркалом подземных вод. Если полностью насыщенные водоносные пласты перекрыты водонепроницаемыми грунтами и имеют пьезометрический напор, то они называются напорными. Давление, создаваемое напорными водами, больше атмосферного. Если подземные воды имеют выход на поверхность, то образуются родники.

Подземные воды могут залегать в виде грунтового потока с непрерывным движением воды, имеющего уклон в направлении движения, а также в виде грунтового бассейна с неподвижной водой и горизонтальной свободной поверхностью.

Подземные воды характеризуются статическим и динамическим уровнями. Статический уровень – это уровень воды в колодце при отсутствии водоотбора. При отборе воды из колодца происходит падение уровня воды. Этот уровень называется динамическим. Понижение динамического уровня пропорционально количеству откачиваемой воды. Количество воды, которое может быть откачено при понижении динамического уровня на 1 м, называется удельным дебитом. Уровень воды и пьезометрические линии, установившиеся вокруг колодцев при откачке воды, образуют кривые депрессии.

Для целей водоснабжения населенных мест наиболее подходящими являются подземные воды, но для крупных населенных мест дебит подземных вод часто оказывается недостаточным. Водоснабжение большинства крупных городов основано на использовании поверхностных вод.

Водоснабжение – это комплекс сооружений, предназначенный для забора воды из источника, ее очистки и подачи потребителям. Система водоснабжения должна обеспечивать снабжение водой дан-

ного объекта в требуемых количествах и требуемого качества. Основными видами потребления воды являются:

- хозяйственно-питьевое водопотребление жителей населенных пунктов;
- водоснабжение промышленных предприятий;
- водопотребление, связанное с благоустройством территории;
- использование воды для пожаротушения;
- собственные нужды системы водоснабжения.

**Классификация систем водоснабжения.** Системы водоснабжения различают:

*по видам объектов водоснабжения:*

- системы водоснабжения городов;
- системы водоснабжения производственных объектов;
- системы водоснабжения поселков и сельских населенных пунктов.

*по видам потребителей:*

– хозяйственно-питьевые системы – используют воду только питьевого качества, отвечающую требованиям ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая» или требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения»;

- производственные системы – качество используемой воды зависит от технологического процесса предприятия;
- противопожарные системы – используют воду любого качества.

*по видам источников водоснабжения:*

- системы, использующие воду поверхностных источников;
- системы, использующие подземную воду.

Системы водоснабжения могут быть объединенными, неполнораздельными и раздельными. Объединенные системы – это водопроводы, выполняющие одновременно хозяйственно – питьевые, производственные и противопожарные функции. Такие водопроводы устраивают в городах, поселках и на предприятиях, на технологические нужды которых требуется вода питьевого качества.

Устройство неполной раздельной системы водоснабжения обуславливается несовпадением требований к качеству воды на хозяйственно – питьевые и производственные нужды. Как правило, противопожарный водопровод объединяют с хозяйственно – питьевым водопроводом, имеющим большую протяженность.

Раздельную систему водоснабжения, предусматривающую наличие самостоятельных хозяйственно-питьевого, противопожарного и производственного водопроводов, устраивают довольно редко.

Выбор той или иной системы водоснабжения осуществляется на основании технико-экономического сравнения вариантов.

Схемы устройства водоснабжения зависят от ряда факторов, а именно: числа и характера потребителей воды; количества и качества воды в источниках, существующих в данной местности; местных климатических и гидрологических условий; степени надежности и бесперебойности подачи воды потребителям.

В общем случае система водоснабжения включает следующие сооружения: водозаборные сооружения, сооружения для подъема и перекачки воды, сооружения для очистки воды, сборные резервуары, водоводы, водопроводные сети, сооружения для хранения и аккумуляции воды.

Ниже приведены наиболее распространенные схемы водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий.

Схема водоснабжения города из поверхностного источника представлена на рис. 1.1.1.

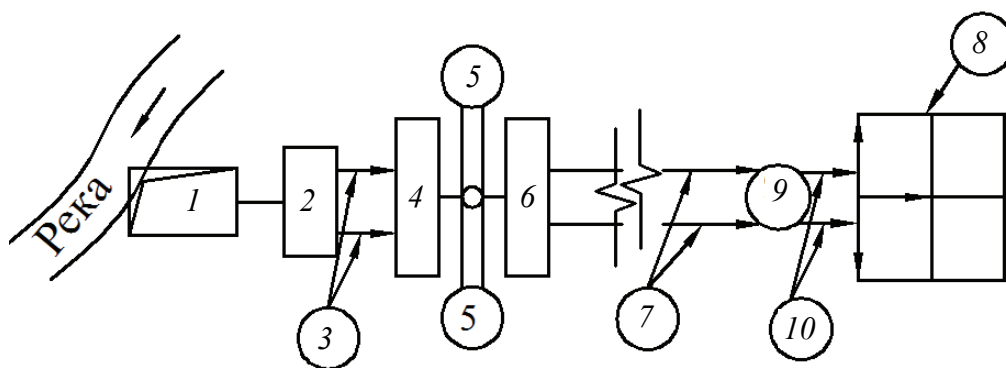


Рис. 1.1.1. Общая схема водоснабжения из открытого источника: 1 – водозаборные сооружения; 2 – насосная станция первого подъема; 3 – водоводы первого подъема; 4 – очистные сооружения; 5 – резервуары чистой воды; 6 – насосная станция второго подъема; 7 – водоводы второго подъема; 8 – водопроводная сеть города; 9 – водонапорная башня; 10 – водоводы от водонапорной башни

Вода забирается из источника водозаборным сооружением 1 и насосной станцией первого подъема 2 по водоводам 3, уложенным в две нитки, поступает на очистные сооружения 4. После очистки вода забирается из резервуаров чистой воды 5 насосами насосной станцией

второго подъема 6 и по водоводам 7 подается в наружную сеть города 8. Сеть города с водонапорной башней соединяют водоводы 10. Все водоводы проектируются в две нитки на случай аварии и должны обеспечивать пропуск не менее 70 % суточного потребления городом воды.

Схема водоснабжения города из подземного источника представлена на рис. 1.1.2. Схема значительно упрощена по сравнению со схемой водоснабжения города из поверхностного источника, так как отсутствует комплекс очистки воды, поскольку подземные воды не требуют глубокой очистки. В отдельных случаях могут применяться местные установки для обезжелезивания, умягчения, обессоливания воды.

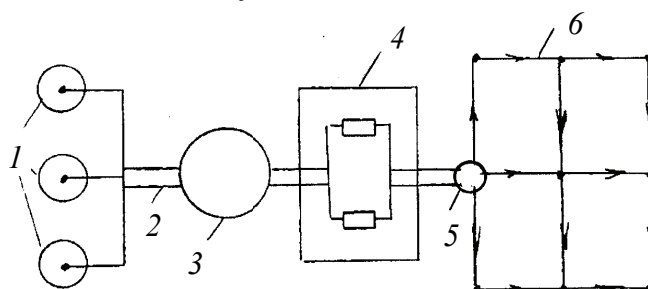


Рис. 1.1.2. Схема водоснабжения с забором воды из подземного источника: 1 – артезианские скважины с погруженными насосами; 2 – напорные линии; 3 – РЧВ – резервуар чистой воды; 4 – насосная станция второго подъема; 5 – водонапорная башня; 6 – водопроводная сеть

Природная вода из подземных источников забирается несколькими скважинами 1, внутри которых установлены погруженные насосы, выполняющие функцию насосной станции первого подъема. По напорным трубопроводам 2 вода из скважин поступает в резервуар чистой воды 3 для ее хранения. Насосная станция второго подъема 4 перекачивает воду из резервуара по напорному водоводу в город потребителям.

На промышленных предприятиях устраивается прямоточная, последовательная и обратная схемы.

При прямоточной схеме водоснабжения (рис. 1.1.3) вода, забираемая из источника водоснабжения, после соответствующей очистки поступает на технологические нужды предприятия, а затем загрязненная техническая вода после соответствующей обработки сбрасывается в водоем ниже по течению относительно объекта водоснабжения. Прямоточная схема водоснабжения экономически целесообразна при малых расстояниях от источника водоснабжения до завода, а также при незначительной разности отметок уровня воды в источнике и площадки завода. Кроме того, она может быть применена при тех-

нологических процессах, не допускающих использования оборотной воды из-за ее загрязненности.

С увеличением расстояния между источником водоснабжения и промышленной площадкой, а также разности геодезических отметок более предпочтительно применение оборотной схемы (рис. 1.1.4). Она становится единственно возможной при малых мощностях источника водоснабжения и при технологии, не допускающей применения прямоточной и последовательной схем из-за наличия в отработавшей воде токсических веществ, очистка от которых затруднена.

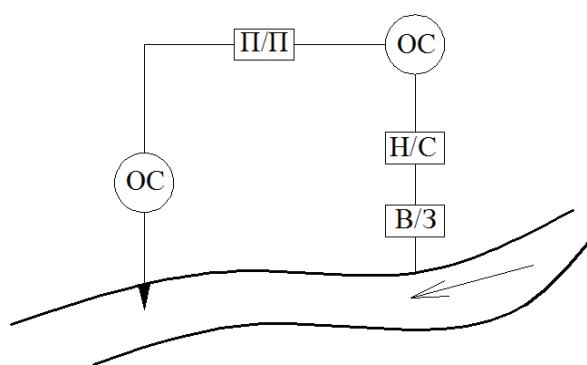


Рис. 1.1.3. Прямоточная схема водоснабжения промышленного предприятия: П/П – промышленное предприятие; В/З – водозаборные сооружения; Н/С – насосная станция; ОС – очистные сооружения

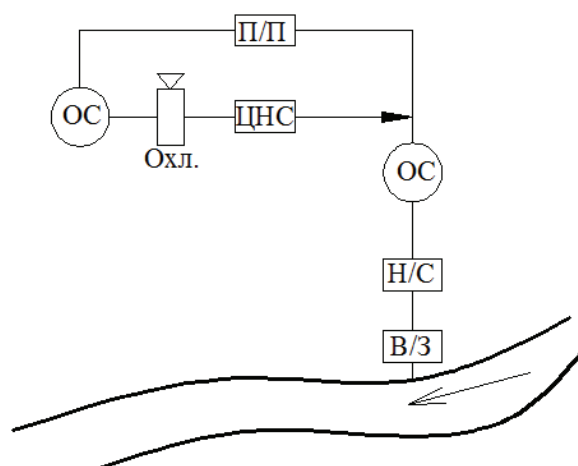


Рис. 1.1.4. Оборотная схема водоснабжения промышленного предприятия: ЦНС – циркуляционная насосная станция; Охл. – охладитель

При оборотной схеме резко уменьшается забор «свежей» воды из источника водоснабжения: он составляет около 3–5 % количества воды, забираемой из источника при прямоточной схеме водоснабжения. Отличием большинства оборотных систем являются устройства для охлаждения воды (градирни, пруды-охладители и др.). При необходимости могут быть предусмотрены также очистные сооружения.

Схема с последовательным использованием воды, занимающая промежуточное положение между рассмотренными схемами, становится целесообразной при небольших расстояниях между цехами, сбрасывающими и использующими отработавшую воду. По этой схеме вода может поступать к следующему потребителю как после очистки и охлаждения, так и без них, что определяется технологией производства.

Та или иная схема водоснабжения выбирается на основе технико-экономических сравнений вариантов и соблюдения условий охраны водоемов от загрязнений.

В дальнейшем промышленность будет переходить на бессточную схему водоснабжения, которая позволяет использовать в производственном водоснабжении все стоки, сбрасываемые с территории заводов, сократив до минимума забор воды из источника водоснабжения, исключить загрязнение водоемов вредными примесями, извлекать полезные вещества из сточных вод предприятий.

Кроме рассмотренных схем устройства водоснабжения в маловодных районах часто используются групповые водопроводы. Групповой водопровод служит для снабжения водой нескольких населенных пунктов, промышленных предприятий или колхозов, находящихся на некотором расстоянии друг от друга. Состав сооружений зависит от вида источника водоснабжения. Протяженности водопровода и достигает сотни километров.

## 1.2. Нормы водопотребления. Режим водопотребления и расчетные расходы

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления в населенных пунктах на одного жителя зависят от степени благоустройства районов жилой застройки, принимаются по табл. 1 СНиП 2.04.02–84\* [1].

Потребители расходуют воду неравномерно в течение года и суток. Такая неравномерность водопотребления учитывается коэффициентами неравномерности  $K_{сут}$  и  $K_{час}$ .

$K_{сут}$  – суточный коэффициент неравномерности водопотребления, учитывает неравномерность использования воды потребителями в отдельные сутки в течение года:

$$K_{сут.max} = \frac{Q_{сут.max}}{Q_{сут.ср}} > 1,$$

$$K_{сут.min} = \frac{Q_{сут.min}}{Q_{сут.ср}} < 1,$$

где  $Q_{сут.max}$ ,  $Q_{сут.min}$  – соответственно максимальный и минимальный суточные расходы воды в течение года;  $Q_{сут.ср}$  – среднесуточный расход воды за год.

Коэффициенты суточной неравномерности водопотребления зависят от уклада жизни населения, сезона года, режима работы предприятий, степени благоустройства районов жилой застройки. Значения коэффициентов суточной неравномерности водопотребления составляют  $K_{сут.маx} = 1,1 \dots 1,3$ ,  $K_{сут.мин} = 0,7 \dots 0,9$ .

$K_{час}$  – часовой коэффициент неравномерности водопотребления, учитывает неравномерность использования воды потребителями в различные часы в течение суток:

$$K_{час.маx} = \frac{Q_{час.маx}}{Q_{час.ср}},$$

$$K_{час.мин} = \frac{Q_{час.мин}}{Q_{час.ср}},$$

где  $Q_{час.маx}$ ,  $Q_{час.мин}$  – соответственно максимальный и минимальный часовые расходы воды в течение суток;  $Q_{час.ср}$  – среднечасовой расход воды за сутки:

$$K_{час./маx} = \alpha_{маx} \cdot \beta_{маx},$$

$$K_{час./мин} = \alpha_{мин} \cdot \beta_{мин}$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий степень благоустройства районов жилой застройки, режим работы предприятия и другие факторы;  $\alpha_{маx} = 1,2 \dots 1,4$  и  $\alpha_{мин} = 0,4 \dots 0,6$ ;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий число жителей в городе, принимается согласно СНиП 2.04.02–84\* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Зная режим водопотребления, можно установить режим подачи воды и режим работы сооружений. Режим работы насосной станции второго подъема может быть равномерным или по ступенчатому графику. При равномерном режиме насосы работают равномерно в течение суток, подавая средний часовой расход (линия 1, рис. 1.2.1). При ступенчатой работе возможны два случая: первый предусматривает подачу воды насосами в полном соответствии с графиком водопотребления (линия 2, рис. 1.2.1), и тогда необходимость водонапорной башни отпадает. Во втором случае (линия 3, рис. 1.2.1) насосы, установленные на станции, в часы максимального водопотребления подают меньшее по сравнению с требуемым количеством воды, а в часы минимального водопотребления несколько больший расход. Несовпадения в отдельные часы количества воды, подаваемой насосной станцией и забираемой жителями, компенсируется водонапорной башней.

Для регулирования неравномерности работы насосных станций кроме водонапорных башен в системах водоснабжения могут использоваться и другие сооружения – контррезервуары, узлы регулирования. Насосная станция первого подъема и связанные с ней водоприемные и очистные сооружения, как правило, работают равномерно.

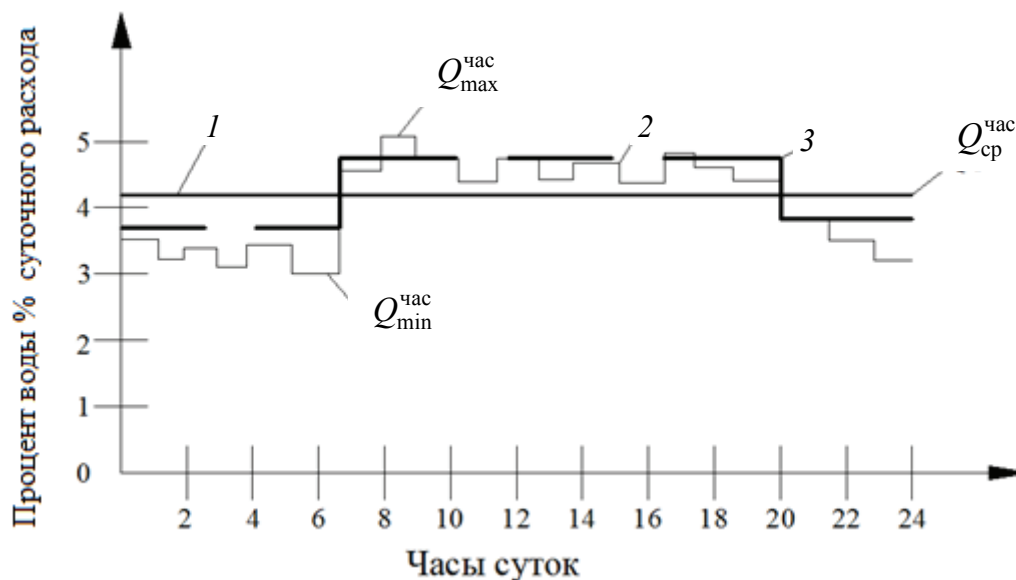


Рис. 1.2.1. Совмещенный график водопотребления и подачи воды насосами

Режим водопотребления предприятия складывается из режима потребления соответствующих групп потребителей. Режим расходования воды на технологические нужды зависит от технологии производства и задается технологами.

Режим потребления воды на хозяйственно-питьевые нужды работающих определяют посменно. Потребление воды на принятие душа осуществляется в первый час последующей смены.

Общий режим отбора воды из системы водоснабжения складывается из режимов водопотребления соответствующих групп потребителей воды.

Режим работы систем водоснабжения в целом и отдельных ее элементов и сооружений зависит от режима водопотребления.

Так как при очистке воды используются сложные физико-химические процессы, а также из экономических соображений режим работы очистных сооружений, водозабора, насосной станции первого подъема принимают равномерным в течение суток.

Режим работы насосных станций второго подъема стремятся максимально приблизить к режиму водопотребления. На практике принимают двух-, реже трехступенчатый режим их работы.

Режим работы резервуаров чистой воды является производным от режимов работы очистных сооружений и насосной станции второго подъема, режим работы водоводов, водонапорной башни – от режимов работы насосной станции второго подъема и водопотребления населенного пункта.

Расчетными называются расходы воды, определенные теоретически исходя из нормы водопотребления и количества потребителей. Определение расчетных расходов воды является одной из основных задач проектирования систем водоснабжения.

*Расход воды на хозяйственно-питьевое водопотребление.* Среднесуточный расход воды (средний за год) потребителями определяется по формуле:

$$Q_{\text{сут.ср}} = \frac{q \cdot N}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут},$$

где  $q$  – норма водопотребления на одного жителя или на единицу продукции, л/сут;  $N$  – расчетное число жителей в населенном пункте или количество выпускаемой продукции за сутки.

Максимальный суточный расход воды (максимальный за год) потребителями определяется по формуле:

$$Q_{\text{сут.мах}} = Q_{\text{сут.ср}} \cdot K_{\text{сут.мах}}, \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Среднечасовой расход воды (средний за сутки) потребителями определяется по формуле:

$$Q_{\text{час.ср}} = \frac{Q_{\text{сут.мах}}}{T}, \text{ м}^3/\text{час},$$

где  $T$  – время водопотребления: для населения  $T = 24$  часа, для предприятий  $T = 8, 16, 24$  часа в зависимости от числа смен работы.

Максимальный часовой расход воды (максимальный за сутки) потребителями определяется по формуле:

$$Q_{\text{час.мах}} = Q_{\text{час.ср}} \cdot K_{\text{час.мах}}, \text{ м}^3/\text{час}.$$

Максимальный секундный расход воды потребителями определяется по формуле:

$$q_{\text{с.мах}} = \frac{q \cdot N \cdot \kappa_{\text{сут}} \cdot \kappa_{\text{час}}}{T \cdot 3600}, \text{ л/с}.$$

По максимальному суточному расходу воды рассчитываются очистные сооружения.

По максимальному часовому расходу воды рассчитываются насосные станции первого и второго подъемов.

По максимальному секунднему расходу воды рассчитывается водопроводная сеть.

*Расход воды на пожаротушение.* Система водоснабжения должна обеспечить возможность подачи воды на пожаротушение в любое время.

Для населенных пунктов нормы расхода воды на наружное пожаротушение регламентируются в СНиП 2.04.02–84\* и составляют: для зданий до двух этажей включительно от 5 до 25 л/с на 1 пожар, для зданий три этажа и более – от 10 до 100 л/с на 1 пожар в зависимости от числа жителей. Расчетное количество одновременных пожаров в населенном пункте составляет от 1 до 3.

Для промышленных предприятий нормы расхода воды на наружное пожаротушение согласно СНиП 2.04.02–84 составляют 10...100 л/с и зависят от степени огнестойкости здания, объема здания и категории производства по пожарной безопасности.

В течение 10 мин тушение пожара производится из водопроводной сети, а затем с помощью пожарных машин.

*Водопотребление промышленных предприятий.* На промышленных предприятиях вода расходуется на технологические нужды производства, хозяйственно-питьевые нужды работающих и на пользование душем.

Нормы водопотребления на единицу продукции принимаются по нормативным справочникам или устанавливаются технологом промышленного предприятия в зависимости от производственных процессов.

Суточное потребление воды, м<sup>3</sup>/с:

$$Q_{\text{сут}} = \frac{q'_u \cdot N_1}{1000},$$

где  $q'_u$  – норма водопотребления воды на одного человека в смену;  $N_1$  – количество рабочих в сутки (раздельно в холодных и горячих цехах).

Потребление воды в смену, м/с:

$$Q_{\text{см}} = \frac{q'_u \cdot N_2}{1000},$$

где  $N_2$  – количество работающих в смену.

Максимальное секундное потребление воды в данную смену, л/с:

$$Q_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{см}} \cdot K_{\text{час}} \cdot 1000}{T \cdot 3600}.$$

Расход воды на пользование душем в бытовых помещениях промышленных предприятий:

Суточное потребление воды на пользование душем, м<sup>3</sup>/сут :

$$Q_{\text{душ.сут}} = \frac{q_q \cdot N_3}{1000}$$

$q_q$  – норма потребления на одну процедуру в душе;  $N_3$  – количество человек, пользующихся душем.

Потребление воды на пользование душем в смену, м<sup>3</sup>/см:

$$Q_{\text{душ.сут}} = \frac{q_q \cdot N_4}{1000},$$

где  $N_4$  – количество человек, пользующихся душем в смену.

Секундное потребление воды данной смены, л/с:

$$Q_{\text{душ.сек.}} = \frac{Q_{\text{душ.см.}} \cdot 1000}{60 \cdot 45},$$

где 45 с – продолжительность действия душевой после смен.

Расчетный расход воды полива территорий:

$$Q_{\text{полив}} = \frac{10000 \cdot F \cdot q_{\text{пол}}}{1000},$$

где  $F$  – площадь полива в га;  $q_{\text{пол}}$  – поливочная норма л/сут м<sup>2</sup>.

Секундный расход воды для полива л/с:

$$Q_{\text{сек.пол.}} = \frac{Q_{\text{час.пол.}} \cdot 1000}{3600}.$$

Среднесуточное количество полива за год, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{\text{ср.сут.}} = \frac{Q_{\text{пол.}} \cdot T_{\text{пол.}}}{365},$$

где  $T_{\text{пол.}}$  – количество суток в году, когда ведется полив.

Расход воды в столовых промышленного предприятия, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{\text{сут.}} = \frac{q_{\text{ст.}} \cdot N_5}{1000},$$

где  $q_{\text{ст.}}$  – норма расхода воды в столовой на одного обедающего 18–25 л с коэффициентом часовой неравномерности потребления 1,5.

Максимальное секундное водопотребление в столовой равно, л/с:

$$Q_{\text{сек.}} = \frac{q_{\text{ст.}} \cdot 1,5 \cdot 1000}{T_{\text{ст.}} \cdot 3600},$$

где  $T_{\text{ст.}}$  – количество часов работы столовой.

*Режим поливочного потребления* является неслучайным и управляемым. Принимают 1–2 поливки в сутки общей продолжи-

тельностью 6 – 8 часов. Режим поливочного водопотребления принимают равномерным в течение принятой продолжительности поливки. Часы поливки не должны совпадать с часами максимального водопотребления.

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

Водопроводная сеть является наиболее дорогой и ответственной в системе водоснабжения. Водопроводную сеть монтируют из труб заводского изготовления. На месте строительства производится соединение труб и их укладка.

В соответствии с условиями эксплуатации водопроводной сети к ней предъявляются следующие требования: прочность, т. е. высокое сопротивление всем возможным внутренним и внешним нагрузкам; герметичность труб и их стыковых соединений; гладкость внутренней (гидравлической) поверхности труб для обеспечения минимальных потерь напора в сети; долговечность, т. е. возможность длительного срока эксплуатации сети.

В современной практике строительства наружных водопроводов применяется широкий диапазон материалов для изготовления водопроводных труб.

Водопроводные трубы должны быть прочными, долговечными и обеспечивать возможность простого и герметичного соединения и удовлетворять требованиям наибольшей экономичности.

Для укладки наружных водопроводных сетей используются трубы:

– асбестоцементные; железобетонные; чугунные; стальные; пластмассовые.

*Асбестоцементные трубы* (ГОСТ 539–80\*) выпускаются диаметром условного прохода  $d = 100 \dots 500$  мм и длиной  $l = 2 \dots 4$  м. Трубы изготавливаются с гладкими обтачными концами. Соединение труб осуществляется с помощью подвижных асбестоцементных муфт. Надвигание муфты на соединение труб производят винтовым домкратом. Для уплотнения стыка используются резиновые уплотнительные кольца.

К достоинствам асбестоцементных труб относятся: устойчивость к действию коррозии и блуждающих токов; небольшая масса; гладкая внутренняя поверхность; сравнительно небольшая стоимость.

Недостатками асбестоцементных труб являются: малая сопротивляемость ударам и динамическим нагрузкам; наличие скрытых дефектов (микротрещин), которые обнаруживаются только после гидравлического испытания труб.

В основном асбестоцементные трубы применяются для устройства распределительных водопроводных сетей.

*Железобетонные трубы* (ГОСТ 12586.0–83, ГОСТ 26819–86) выпускаются диаметром условного прохода  $d = 500 \dots 1600$  мм и длиной  $l = 5$  м. Трубы изготавливаются с одним гладким и одним раструбным концами двумя способами: виброгидропрессованием и центрифугированием. Соединение труб осуществляется с помощью резиновых уплотнительных колец или манжет. Во избежание выпадения резинового уплотнительного кольца из кольцевого пространства на гладком конце трубы устраивается удерживающий бурт.

К достоинствам железобетонных труб относятся: высокая пропускная способность; гладкая внутренняя поверхность; устойчивость к действию коррозии и блуждающих токов; долговечность; металлоемкость.

К недостаткам железобетонных труб следует отнести их громоздкость и высокую массу, что вызывает необходимость устройства фундамента под каждое стыковое соединение при прокладке труб.

Железобетонные трубы применяются для устройства напорных водоводов, а также для прокладки магистральных линий в населенных пунктах.

*Чугунные трубы* (ГОСТ 9583–75\*) выпускаются диаметром условного прохода  $d = 50 \dots 1200$  мм и длиной  $l = 2 \dots 10$  м. Трубы изготавливаются с одним гладким и одним раструбным концами из серого чугуна литьем в песчаные формы. Соединение труб осуществляется путем ввода гладкого конца одной трубы в раструб другой с заполнением образовавшегося кольцевого пространства уплотнителем (пеньковой смоляной или битуминизированной пряжей и другими материалами). В остальную часть раструба вводится наполнитель, который придает прочность стыку. В качестве наполнителя применяют свинец, асбестоцемент и другие материалы.

Достоинством чугунных труб является их долговечность.

К недостаткам чугунных труб относятся: большой расход металла; неустойчивость к динамическим нагрузкам; подверженность действию коррозии и блуждающих токов.

На сегодняшний день самыми перспективными являются трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ). Срок

службы этих труб достигает 80–100 и более лет, они менее подвержены авариям по сравнению с трубопроводами из других материалов, полностью отсутствует коррозия и зарастание внутренней поверхности труб, устойчивы к внешним нагрузкам. Внутреннее песчанно-цементное покрытие обеспечивает соблюдение санитарно-эпидемиологических требований при транспортировании питьевой воды и улучшает гидравлические свойства трубопроводов. Большое внутреннее проходное сечение труб ВЧШГ по сравнению с полиэтиленовыми трубами позволяет значительно снизить затраты на перекачку транспортируемой жидкости.

Чугунные трубы применяются для прокладки сетей в пределах населенных пунктов.

*Стальные трубы* (ГОСТ 10704–91\*, 8696–74\*) выпускаются диаметром условного прохода  $d = 100 \dots 1600$  мм и длиной  $l = 4 \dots 12$  м. В зависимости от способа изготовления трубы бывают: бесшовные (литые) и сварные (с продольным швом).

Соединение стальных труб производится электродуговой сваркой, для чего концы труб выполняют с фасками, снятыми под углом  $30 \dots 45^\circ$ , при этом сварной стык равно прочен трубам.

При небольшом объеме работ сварку труб выполняют вручную на месте укладки. При значительном объеме сварных работ трубы соединяют автоматической сваркой на заводе и в виде плетей длиной 30...35 м перевозят на место строительства.

Достоинствами стальных труб являются: высокая прочность; сравнительно небольшая масса; простота и прочность соединения; высокая сопротивляемость ударам и динамическим нагрузкам.

Существенными недостатками стальных труб являются подверженность коррозии и действию блуждающих токов, а также их значительная стоимость.

Для защиты стальных труб от коррозии их внутреннюю и наружную поверхность покрывают пластмассовой или эмалевой облицовкой.

Стальные трубы применяются для устройства самотечных и всасывающих линий, переходов под железнодорожными и автомобильными дорогами, а также при прокладке трубопроводов в сложных природных условиях.

*Полиэтиленовые трубы* (ГОСТ 18599–2001) выпускаются из полиэтилена высокого (ПВД) и низкого (НПД) давления и из поливинилхлорида (винипласта) условным диаметром  $d = 10 \dots 600$  мм и дли-

ной  $l = 5 \dots 12$  м. Трубы рассчитаны на транспорт воды температурой до  $30^\circ\text{C}$ . Трубы изготавливаются винипластовые и полиэтиленовые и поставляются диаметром до 40 мм в бухтах, большим диаметром – в виде отрезков длиной 5...12 м.

Неразъемные соединения труб осуществляются сваркой или склеиванием (в раструб или при помощи муфты). Разъемные соединения труб устраиваются фланцевыми или раструбными с применением резиновых уплотнительных колец. Раструбное соединение винипластовых труб на сварке выполняют введением конца одной трубы в нагретый и расширенный конец другой трубы с последующей заваркой винипластовым прутком.

Достоинствами пластмассовых труб являются: устойчивость к действию коррозии и блуждающих токов; гладкая внутренняя поверхность; высокая пропускная способность; долговечность; малая масса и теплопроводность; легкость монтажа; устойчивость к кислотам и щелочам.

К недостаткам пластмассовых труб следует отнести: высокий коэффициент линейного расширения (не рекомендуется использовать в условиях жаркого климата); слабая сопротивляемость раздавливанию.

Пластмассовые трубы применяются для устройства распределительной сети в населенных пунктах, а также для транспортирования агрессивных сред на промышленных предприятиях.

*Стеклопластиковые трубы* (ТУ2296–002–9657–9200–2007) выпускаются условным диаметром  $d = 300 \dots 2600$  мм. Для производства стеклопластиковых труб используют ненасыщенные полиэфирные смолы, стекловолокно, кварцевый песок, вспомогательное сырье. Стеклопластиковые трубы применяются для целей водоснабжения и могут быть отнесены к гидравлически гладким.

К достоинствам этих труб можно отнести: хорошие эксплуатационные характеристики; хорошая теплопроводность; прочность; биологическая стойкость; влагостойкость и химическая стойкость полимера; устойчивы к агрессивным средам и резким перепадам температур.

Срок эксплуатации труб – 50 лет.

На водопроводной сети устанавливают водопроводные колодцы для размещения в них арматуры и фасонных частей. Размеры колодцев должны обеспечивать возможность размещения и эксплуатации устанавливаемых в них арматуры и фасонных частей. Колодцы устраивают из монолитного и сборного железобетона круглыми или прямоугольными в плане (камеры). Глубина колодцев зависит от

принятой глубины заложения труб. На рис. 1.3.1 показана схема устройства водопроводного колодца.

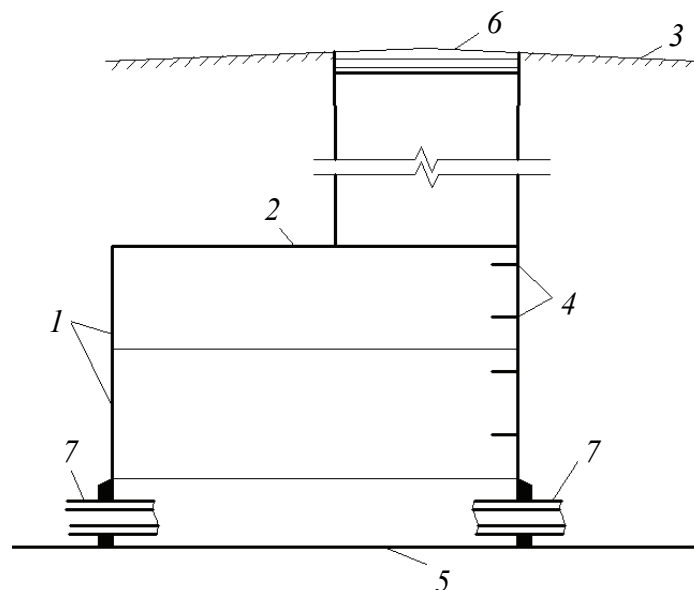


Рис. 1.3.1. Схема устройства водопроводного колодца: 1 – кольца; 2 – плита перекрытия; 3 – каменная отмостка; 4 – ходовые скобы; 5 – плита днища; 6 – чугунный люк с крышкой; 7 – трубопроводы

В незамощенных местах дорог люки колодцев должны незначительно возвышаться над поверхностью земли с устройством отмостки шириной 1 м вокруг люка и с уклоном от него. На проезжей части улицы с усовершенствованным покрытием люки располагают на одном уровне с поверхностью покрытия. При наличии грунтовых вод водонепроницаемость колодцев обеспечивается гидроизоляцией дна и стенок на высоту не менее 0,5 м выше уровня этих вод. Проемы в стенках колодцев, через которые проходят трубы заделывают просмоленной прядью и асбестоцементным раствором. Раструбные соединения, примыкающие к стенкам колодца, должны быть обращены раструбом внутрь колодца для удобства заделки раструба.

*Переходы под железными и автомобильными дорогами.* Трубопроводы при пересечении автомобильными и железными дорогами следует прокладывать в водопропускных трубах под насыпями или путепроводах. При отсутствии такой возможности водопроводные линии укладывают в футляре, представляющем собой трубу диаметром, на 300 мм превышающим диаметр трубопровода.

Устроенные таким образом переходы, обеспечивают безопасность движения транспорта и предохраняют земляное полотно и проезжую часть от размыва при аварии на трубопроводе. Кожух предохраняет трубопровод от разрушения при воздействии статических и динамических нагрузок. На рис. 1.3.2 приведена схема перехода под железнодорожными путями.

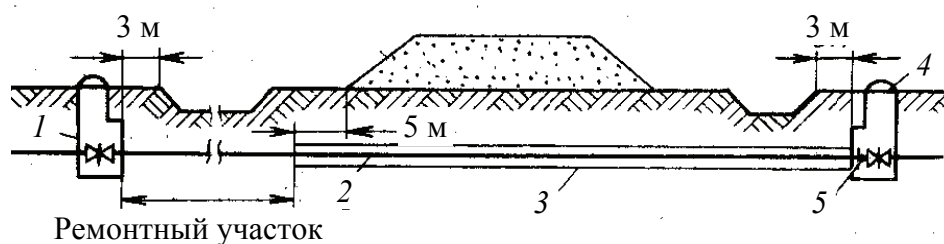


Рис. 1.3.2. Схема перехода под железнодорожными путями: 1, 4 – соответственно колодцы с задвижками на входе и выходе трубопровода; 2 – стальной трубопровод (рабочая труба); 3 – стальной кожух (труба большого диаметра); 5 – выпуск

По обе стороны перехода устраиваются колодцы с задвижками для возможности отключения трубопровода в случае аварии. Один конец кожуха выводится в колодец на выходе для возможности наблюдения за работой перехода. Для отведения воды при аварии перехода устраивается выпуск в колодце на выходе, а кожуху придают уклон не менее  $i = 0,001$ .

Для возможности извлечения рабочей трубы из кожуха для ее ремонта или замены устраивают ремонтный участок перехода длиной не менее 10 м.

Водопроводные трубы в местах пересечения реки или оврага укладывают по дну в виде дюкера. В фарватерах судоходных рек трубопроводы заглубляют на один метр (ниже дна) во избежание его повреждения якорями судов. Для дюкера применяют стальные трубы повышенной прочности со сварными стыками, усиленными муфтами. Дюкер собирают на берегу и в готовом виде протаскивают тросами по дну на место с помощью трактора или лебедки. Оба конца дюкера должны заканчиваться в специальных колодцах с устройством в них соответствующих переключений.

**Водопроводная арматура.** Для нормальной эксплуатации водопроводной сети устанавливают следующую арматуру: задвижки, вантузы, обратные клапаны, пожарные гидранты и др.

*Задвижки* предназначены для отключения аварийных участков водопроводной сети на ремонт и регулирования подачи воды потребителям.

В зависимости от конструкции затвора задвижки бывают параллельные и клиновые, с выдвижным и не выдвижным шпинделем.

Параллельная задвижка с выдвижным шпинделем работает следующим образом. При вращении маховика, прикрепленного к вертикальному шпинделю, затворные диски поднимаются или опускаются, тем самым, открывая или закрывая сечение трубы. В процессе опускания шпиндель прижимает затвор к уплотнительным кольцам, обеспечивая герметичность перекрытия воды. Схема устройства задвижки представлена на рис. 1.3.3. Для удобства эксплуатации водопроводной сети задвижки устраивают на расстоянии не более 100 м друг от друга.

В клиновых задвижках проход корпуса перекрывается круглым диском, который помещается в гнезде между наклонными уплотняющими кольцами корпуса.

Поворотные дисковые затворы получают все большее распространение. По сравнению с задвижками они имеют меньшие габариты, массу, удобны в обслуживании, но обладают большим гидравлическим сопротивлением. Затворы выпускаются с ручным и электрическим приводом.

*Вантузы* предназначены для выпуска воздуха из трубопровода, который скапливается в его повышенных точках. Воздушные скопления снижают пропускную способность трубопровода, повышают гидравлические сопротивления и способствуют образованию внутренней коррозии труб.

В ряде случаев возникает необходимость впуска воздуха в трубопровод, если в нем по каким-либо причинам образовался вакуум (например, при опорожнении трубопровода).

Вантуз работает следующим образом. При скоплении воздуха в корпусе вантуза уровень воды в нем понижается и поплавков-клапан опускается, открывая воздуховыпускное отверстие. По мере выхода воздуха из вантуза в атмосферу, уровень воды в нем поднимается и поплавок всплывает, закрывая при этом отверстие. На рис. 1.3.4 показана схема устройства вантуза.

*Обратные клапаны* (рис. 1.3.5) устраивают на напорных водоводах для предотвращения гидравлического удара. Явление гидравлического удара возникает в случае резкой остановки работы насоса

(например, при отключении электроэнергии). Тогда поток воды в трубопроводе будет двигаться в обратном направлении и при ударе может разрушить корпус насоса.

Обратный клапан работает следующим образом. Под действием прямого движения воды по трубопроводу тарелка поворачивается на рычаге относительно его оси, и вода проходит через клапан. При обратном движении воды тарелка с помощью рычага опускается на седло и клапан закрывается, препятствуя пропуску воды.

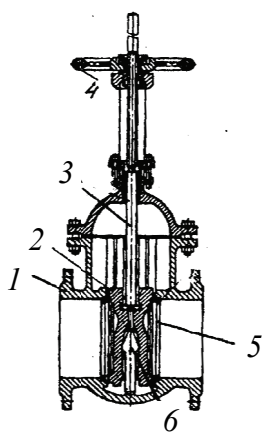


Рис. 1.3.3. Схема устройства задвижки: 1 – корпус задвижки; 2 – затворные диски; 3 – вертикальный шпindel; 4 – маховик; 5 – уплотнительные кольца; 6 – распорный клин

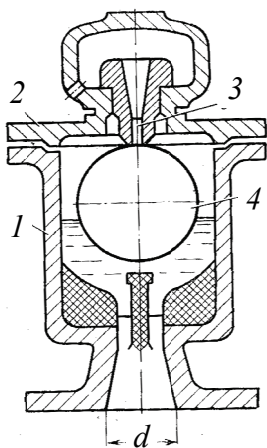


Рис. 1.3.4. Схема устройства вантуза: 1 – корпус вантуза; 2 – предохранительные крышки; 3 – воздуховыпускное отверстие; 4 – поплавок-клапан

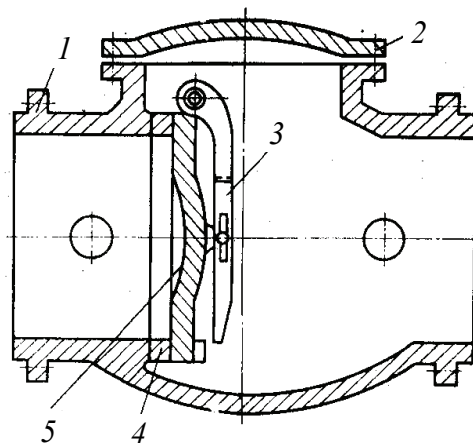


Рис. 1.3.5. Схема устройства обратного клапана: 1 – корпус обратного клапана; 2 – крышка; 3 – рычаг; 4 – седло; 5 – тарелка

*Пожарные гидранты* относятся к водоразборной арматуре и предназначены для подачи воды из водопроводной сети при тушении пожара.

Пожарный гидрант состоит из чугунной колонки, укрепленной на пожарной подставке. Внутри колонки расположен шток. Для приведения пожарного гидранта в действие открывают люк водопроводного колодца, откидывают закрепленную на шарнире крышку гидранта и устанавливают на него стендер. Вращение рукоятки стендера передается штоку гидранта и заставляет его передвигаться в вертикальном направлении. Вода из сети поднимается по колонке гидранта, подходит к колонке стендера и далее в пожарные рукава.

Пожарные гидранты устанавливаются в колодцах водопроводной сети на расстоянии не более 150 м (длина пожарного рукава) друг от друга вблизи перекрестков улиц, при этом учитываются условия для наиболее удобной организации тушения пожара прилежащих зданий и объектов.

## 1.4. Проектирование водопроводной сети

Проектирование водопроводной сети включает в себя следующие этапы:

- трассирование водопроводной сети;
- проведение гидравлического расчета водопроводной сети;
- конструирование (детализация) водопроводной сети.

*Трассирование водопроводной сети.* Трассирование водопроводной сети – это нанесение трубопроводов на план местности. Трассирование водопроводной сети зависит от плана и рельефа местности, расположения источника водоснабжения и наиболее крупных водопотребителей, наличия естественных и искусственных препятствий при прокладке труб.

Основные принципы трассирования водопроводной сети следующие:

- трассирование водопроводной сети должно осуществляться по кратчайшему расстоянию до потребителя в целях экономии материала труб;
- водопроводную сеть рекомендуется располагать равномерно по всей территории населенного пункта;
- пересечение железных и автомобильных дорог, оврагов, рек, болот следует производить под прямым углом;
- по возможности осуществлять прокладку трубопроводов в сухих грунтах;
- водонапорную башню следует располагать на самой высокой отметке населенного пункта и ближе к основным потребителям.

Трассирование водопроводной сети может осуществляться по двум схемам: тупиковой (рис. 1.4.1) и кольцевой (рис. 1.4.2).

Достоинством тупиковой схемы трассирования водопроводной сети является ее относительная экономичность, поскольку для ее устройства потребуется меньшее количество труб и арматуры.

Недостаток тупиковой схемы трассирования – невозможность обеспечения бесперебойного водоснабжения. В случае аварии на ка-

ком-либо участке сети, потребители, расположенные ниже места аварии, отключаются от подачи воды.

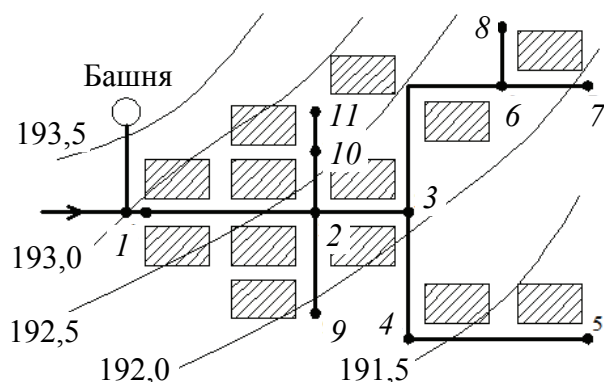


Рис. 1.4.1. Тупиковая схема трассирования водопроводной сети

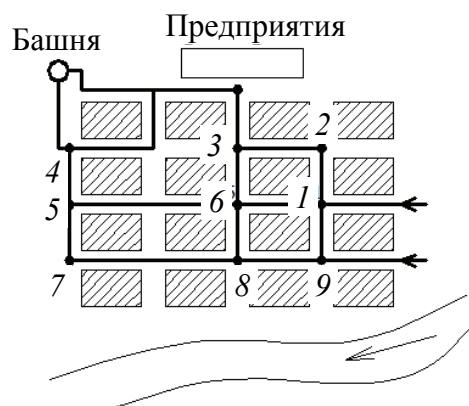


Рис. 1.4.2. Кольцевая схема трассирования водопроводной сети

Достоинством кольцевой схемы трассирования водопроводной сети является обеспечение бесперебойного водоснабжения всех потребителей.

Недостаток кольцевой схемы трассирования водопроводной сети заключается в весьма значительных капитальных затратах на ее устройство.

В крупных городах, промышленных предприятиях, как правило, устраивают кольцевую схему трассирования водопроводной сети.

В малых населенных пунктах с числом жителей менее 50000 чел. и при отсутствии промышленных предприятий рекомендуется устраивать тупиковую схему трассирования водопроводной сети, при этом диаметр труб принимается не менее 100 мм для пропуска противопожарного расхода.

По характеру работы водопроводные линии подразделяются на магистральные и распределительные (рис. 1.4.3).

**Магистральные линии** предназначены для пропуска основной массы воды к наиболее крупным потребителям. Магистральные линии намечают вдоль основного направления движения воды по территории населенного пункта. Оптимальный уровень надежности сети обеспечивается путем устройства двух и более магистралей с перемычками между ними, образующие замкнутые контуры, вытянутые вдоль основного направления движения воды по объекту и имеющие размеры по длинной стороне 600–1000 м, по короткой – 350–800 м.

С целью предотвращения электрической коррозии металлических труб не следует прокладывать магистрали параллельно трамвайным путям в непосредственной близости.

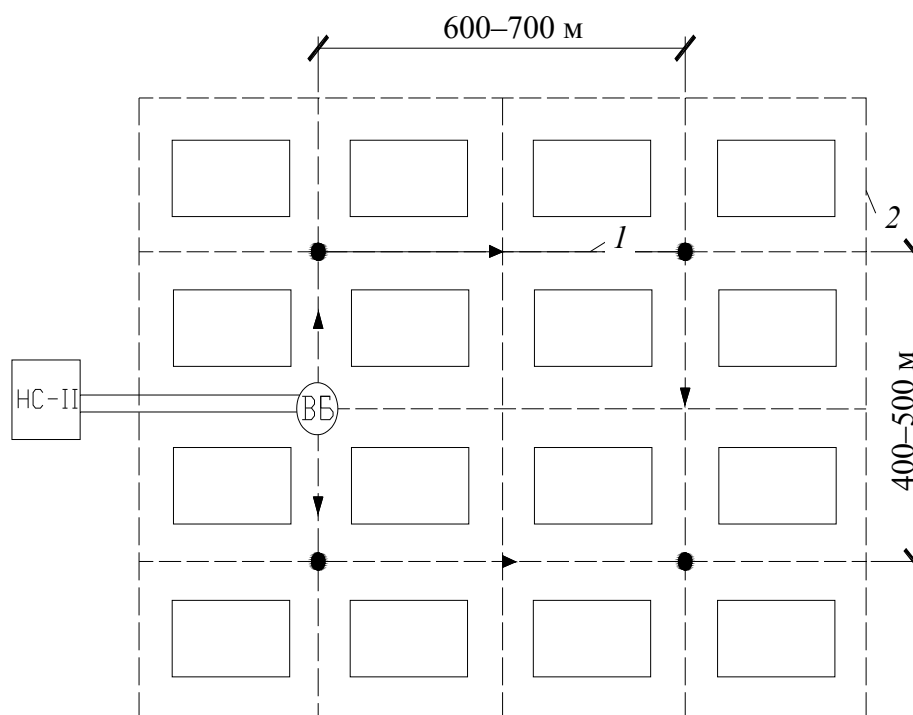


Рис. 1.4.3. Трассирование водопроводной сети населенного пункта:  
 1 – магистральные линии; 2 – распределительные линии

*Распределительные линии* служат для непосредственной подачи воды потребителям через домовые вводы.

При трассировании магистральных линий необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

1. Направление главных магистральных линий выбирать в соответствии с основным направлением потоков воды по территории города.
2. По основному направлению прокладывать не менее двух магистральных линий, включенных параллельно.
3. Продольные магистральные линии следует соединять перемычками.

На промышленных предприятиях нет различия между магистральными и распределительными линиями.

В практике проектирования гидравлическому расчету подвергаются только *магистральные линии*. Распределительные линии не рассчитываются, а назначаются для малых городов диаметром не ме-

нее 100 мм, для средних и больших 150...200 мм для пропуска противопожарного расхода.

Целью гидравлического расчета водопроводной сети является определение экономически наиболее выгодных диаметров труб  $d$ , мм и потерь напора на ее участках  $h$ , м.

Детализировка водопроводной сети выполняется на рабочих чертежах, где условными обозначениями показывается арматура и фасонные части, из которых монтируются отдельные узлы водопроводной сети. Детализировку водопроводной сети начинают с определения места установки задвижек и пожарных гидрантов. После этого приступают к подбору фасонных частей для монтажа отдельных узлов сети. На основании детализировки составляют спецификацию арматуры и фасонных частей, требуемых для устройства водопроводной сети.

Правильное конструирование узлов и рациональное использование сортамента фасонных частей позволяют уменьшить размеры колодцев и снижают стоимость устройства водопроводной сети.

## 1.5. Водоподъемные устройства

По назначению и расположению в схеме водоснабжения насосные станции можно подразделить на станции первого и второго подъемов, повысительные и циркуляционные.

На рис. 1.5.1 показана схема устройства насосной станции второго подъема.

Насосные станции первого подъема забирают воду из сетчатых отделений водозаборных сооружений и подают ее на очистные сооружения, а если очистки не требуется – в регулирующие емкости или непосредственно в сеть потребителя.

Насосные станции второго подъема подают воду из резервуара чистой воды в водопроводную сеть населенного пункта. Располагаются они, как правило, на территории очистной станции в отдельно стоящем здании или совмещаются со станцией очистки.

Повысительные насосные станции предназначены для повышения напора при значительной длине водоводов, большой разнице отметок территории объекта водоснабжения и этажности застройки населенного пункта.

Циркуляционные насосные станции обеспечивают движение воды в оборотных системах водоснабжения промышленных предпри-

ятий. Располагаются они на территории предприятий или вблизи них рядом с очистными или охлаждающими сооружениями.

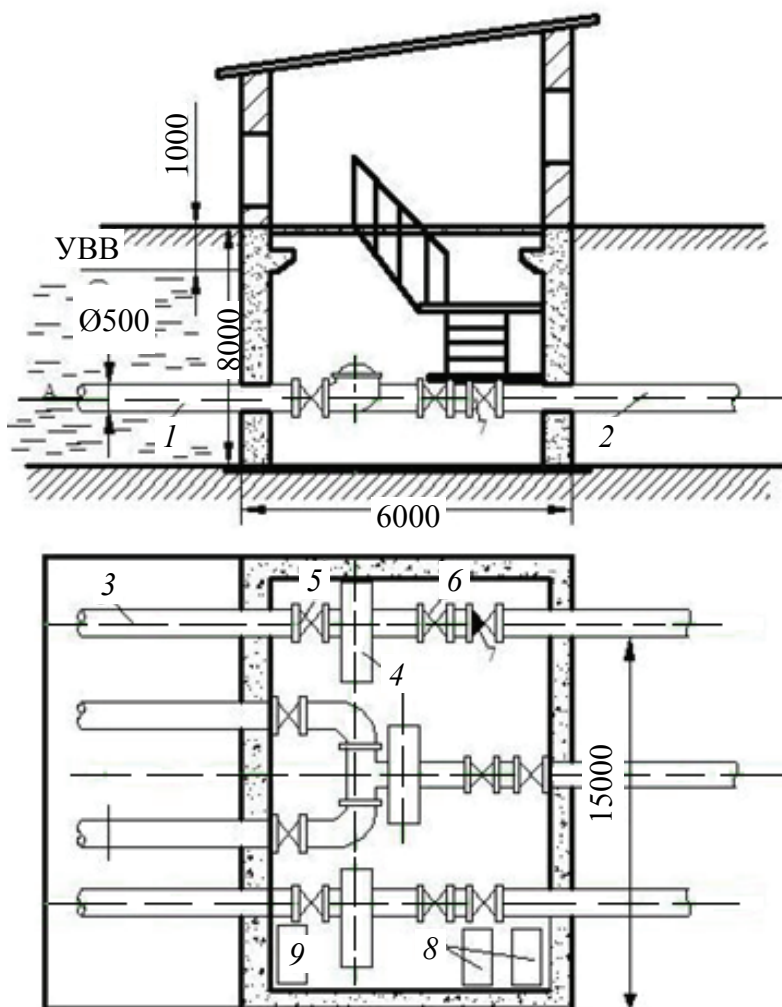


Рис. 1.5.1. Схема устройства насосной станции: 1 – всасывающий трубопровод; 2 – нагнетательный трубопровод; 3 – водосборный резервуар; 4 – насос типа Д; 5, 6 – всасывающая и нагнетательная задвижка; 7 – обратный клапан; 8 – дренажные насосы; 9 – вакуум насосы

Насосные станции оборудуют насосами различных типов. В основном применяют центробежные насосы. Основными параметрами насосов, определяющими область их применения, являются напор  $H$ , подача  $Q$ , мощность  $N_n$ , коэффициент полезного действия  $\eta$ , и допустимая вакуумметрическая высота всасывания  $H_{вс}$ .

Полный расчетный напор насосной установки определяют по формуле:

$$H_{\text{полн}} = H_{\text{г}} + \sum h, \text{ м,}$$

где  $H_r$  – геометрическая высота подъема жидкости, равная расстоянию от нижнего уровня всасывания до верхнего уровня нагнетания;  $\sum h$  – суммарные потери напора во всасывающем и напорном трубопроводах.

Минимальный свободный напор в сети водопровода населенного пункта при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание над поверхностью земли должен приниматься исходя из расчета 10 м для одноэтажной застройки плюс 4 м на каждый последующий этаж. Свободный напор в сети у водоразборных колонок должен быть не менее 10 м. Свободный напор в сети производственного водопровода должен приниматься по технологическим данным. Свободный напор в наружной сети хозяйственно-питьевого водопровода у потребителей не должен превышать 60 м. При больших напорах для отдельных зданий или районов следует предусматривать установку регуляторов давления или зонирование системы водоснабжения.

## **1.6. Напорные и регулирующие емкости. Водонапорные башни**

Водонапорные сооружения предназначены для создания дополнительного напора в водопроводной сети и хранения запаса воды.

К водонапорным сооружениям относятся: водонапорные башни, резервуары чистой воды и др.

*Водонапорная башня.* Водонапорные башни необходимы для сглаживания режима работы насосной станции второго подъема. Регулирующий объем водонапорной башни определяется по совмещенным ступенчатым или интегральным графикам работы насосов и водопотребления. Дополнительный объем бака должен содержать противопожарный запас, рассчитанный на тушение одного внутреннего и одного наружного пожара в течение 10 мин.

Водонапорная башня состоит из резервуара или бака и поддерживающей конструкции. Для предохранения воды в баке от промерзания, прогревания или загрязнения устраивают шатер, стены которого отстоят от бака на расстоянии 0,7...0,8 м. Схема устройства водонапорной башни представлена на рис. 1.6.1.

Водонапорная башня оборудована арматурой и трубопроводами различного назначения.

Подающе-отводящий трубопровод служит для подачи воды в бак и забора воды из него. Для обеспечения циркуляции воды в баке подающую трубу выводят выше дна бака, а отводящую – располагают у дна бака и снабжают сеткой и обратным клапаном. Обратный клапан препятствует поступлению воды по отводящей трубе.

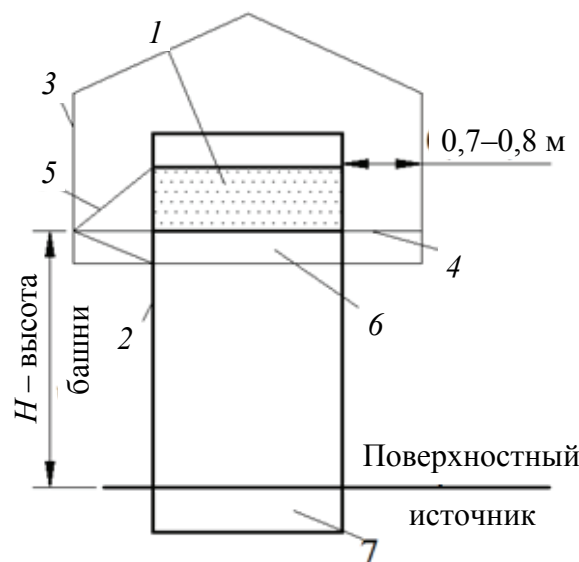


Рис. 1.6.1. Схема устройства водонапорной башни: 1 – бак башни; 2 – поддерживающая конструкция (ствол) башни; 3 – шатер; 4 – легкое перекрытие; 5 – лестница; 6 – подбаковая камера; 7 – подвальное помещение

Переливной трубопровод, снабженный воронкой, служит для удаления излишней воды из бака в случае его переполнения. Эту воду отводят в канализационную сеть.

Сливная (грязевая) труба через задвижку присоединяется к переливному трубопроводу и служит для опорожнения бака в случае ремонта или осмотра, а также для удаления осадка со дна бака.

Для исключения повреждения бака и стыковых соединений при температурных деформациях труб, на подающе-отводящем и переливном трубопроводах устанавливают компенсаторы.

Расчет водонапорной башни сводится к определению высоты водонапорной башни и емкости бака.

Башня оборудуется сигнализацией, передающей показания уровня воды на насосную станцию или диспетчерский пункт.

**Резервуары чистой воды.** Резервуары чистой воды (РЧВ) используют как регулирующие емкости. Одновременно в них хранятся противопожарный и аварийный запасы воды. Если рельеф местности

позволяет располагать их на достаточно высоких отметках они могут служить напорными емкостями, если воду из резервуаров необходимо перекачивать к потребителю, то они называются безнапорными. Объем резервуаров зависит от их назначения и производительности систем водоснабжения.

Если резервуар устанавливается вместо башни, то его объем определяется по тем же признакам, что и регулирующий объем башни.

Регулирующий объем РЧВ, который находится на территории очистных сооружений определяют по совмещенным графикам работы насосов НСИ и НСП. В резервуаре чистой воды хранится также запас воды, необходимый для целей пожаротушения и для технологических нужд станции. Противопожарный объем назначают из условия длительности тушения пожара в течение трех часов. Объем воды, необходимый для технологических целей водоочистой станции, составляет от 2 до 8 % суточной производительности.

## **1.7. Водозаборные сооружения**

Водозаборные сооружения предназначены для забора воды из источников водоснабжения и бывают двух видов:

- водозаборные сооружения поверхностных источников;
- водозаборные сооружения подземных источников.

Выбор типа водоприемных сооружений зависит от местных природных условий: гидрогеологических характеристик водоемов; характера самого источника водоснабжения.

Водоприемные сооружения рекомендуется устанавливать:

- на кратчайшем расстоянии до потребителя и гарантии бесперебойного получения воды наилучшего качества и требуемого количества;
- на устойчивом участке берега и дна водоема; вне очагов образования ледяных заторов и донных наносов; вне зоны работы ГЭС и гидроузлов; вне зоны интенсивного движения судов;
- выше по течению от населенных мест, промпредприятий и мест возможного сброса сточных вод в водоем; с учетом организации зон санитарной охраны.

Следует также учесть, что при соблюдении всех перечисленных условий место расположения водоприемника должно обеспечивать возможность применения наиболее дешевого и простого способа забора воды из источника.

Наиболее благоприятны для расположения водоприемников вогнутые берега реки, где отложения наносов не происходит, однако при этом требуется проведение дополнительных работ по укреплению берега. Весьма существен при выборе места расположения водозаборного сооружения учет возможности оползневых и сейсмических явлений.

**Водозаборные сооружения подземных источников.** Выбор типа сооружений и схемы их размещения зависит от глубины залегания водоносного пласта, его мощности и водообильности, условий залегания, геологических и гидрологических условий.

Для забора подземных вод устраивают лучевые водозаборы, шахтные колодцы, артезианские скважины и др.

*Лучевой водозабор.* Применяют для забора грунтовых вод, залегающих на глубине не более 15–20 м. Лучевой водозабор представляет собой разновидность шахтного колодца, оборудованного водоприемными фильтрами с дренами. Дрены располагаются в водоносном слое радиально по отношению к колодцу. Их выполняют из перфорированных стальных труб. Лучевые водозаборы позволяют максимально использовать водоносные слои. На рис. 1.7.1 представлена схема устройства лучевого водозабора.

*Горизонтальные водозаборы* 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. В качестве горизонтальных скважин используют стальные фильтровые трубы диаметром 150...200 мм с щелевой перфорацией. Оптимальное число дренажных труб принимается от 2 до 6 во избежание их взаимного влияния. Длина дренажных труб не должна превышать 80 м. При большей длине труб возрастают гидравлические

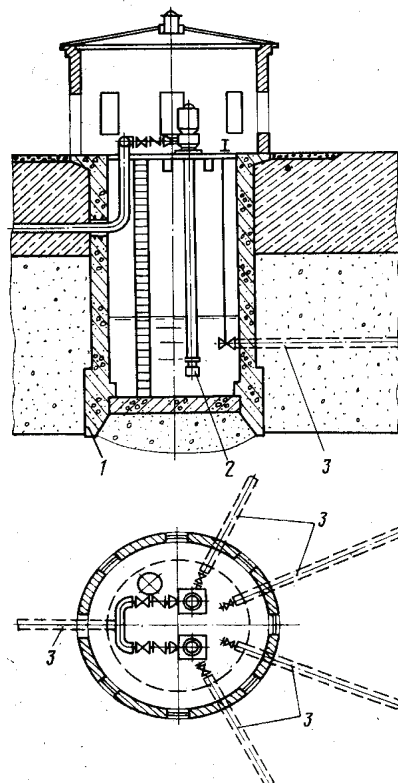


Рис. 1.7.1. Схема устройства лучевого водозабора: 1 – колодец (водоприемная камера); 2 – насос; 3 – дренажные трубы (горизонтальные скважины)

потери и снижается их пропускная способность. На рис. 1.7.2 представлена схема устройства горизонтального водозабора.

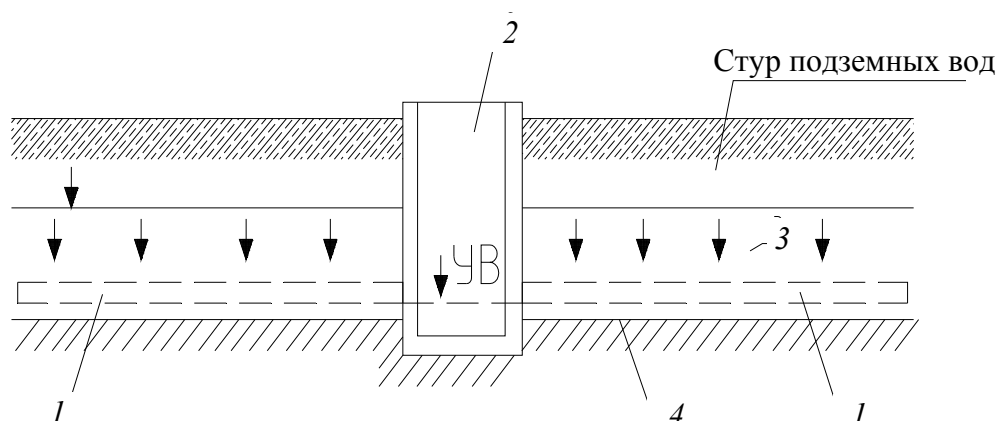


Рис. 1.7.2. Горизонтальный водозабор: 1 – горизонтальные водосборники; 2 – сборный колодец; 3 – водоносный пласт; 4 – водоупор

*Шахтный колодец.* Предназначен для забора воды из водоносных пластов, залегающих на глубине до 30 м от поверхности земли. В крупных централизованных системах водоснабжения шахтные колодцы применяются относительно редко. Их используют при индивидуальном водоснабжении, в сельской местности, во временных водопроводах.

Шахтный колодец состоит из ствола, выполненного из кирпича, бетона или железобетонных колец, в большинстве случаев имеет круглую в плане форму. Для защиты колодца от попадания поверхностных вод и загрязнения вокруг него делают каменную или асфальтовую отмостку. Кроме того, вокруг колодца устраивают глиняный замок, который защищает колодец от просачивания загрязненных поверхностных вод.

Вода в шахтный колодец поступает через боковые отверстия, устраиваемые в стенках, и дно, засыпанное крупнозернистым материалом (обратный гравийный фильтр). При поступлении воды через дно колодца в нем устраивают обратный фильтр, выполненный из крупного песка, гравия и щебня различных фракций.

Отбор воды из шахтного колодца производится насосом или при помощи сифона. Стенки колодца поднимают на 0,8 м над поверхностью земли. Сверху колодец закрывается крышкой.

Схема устройства шахтного колодца представлена на рис. 1.7.3.

*Артезианская скважина* предназначена для забора подземных вод с глубины более 30 м. Это наиболее распространенный тип водозаборных сооружений подземных вод. Скважины располагают перпендикулярно направлению потока подземных вод.

Скважина состоит из устья, ствола, водоприемной части (фильтра) и отстойника.

Стенки скважины после бурения закрепляют стальной обсадной трубой 1, которую опускают приблизительно до верхней границы залегания водоносных пород. В обсадную трубу 1 опускают трубу 2 меньшего диаметра, которую доводят до нижней границы залегания водоносных пород, немного заглубляя в водоупор. Затем в трубу 2 опускают фильтр 3, предназначенный для защиты колодца от занесения в него вместе с водой частиц грунта. Фильтр 3 опускают с помощью штанг и замков 4 в верхней его части. Затем трубу 2 удаляют из скважины, а кольцевое пространство между стенками фильтровой и обсадной труб уплотняют путем установки сальника 5. Над скважиной устраивают специальный павильон. Фильтр является ответственной частью скважины и от его надежности зависит качество работы всей скважины.

На рис. 1.7.4 показана схема устройства скважины.

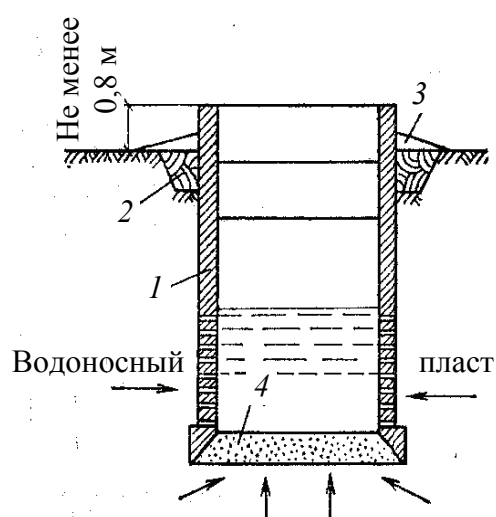


Рис. 1.7.3. Схема устройства шахтного колодца: 1 — ствол шахты; 2 — глиняный замок; 3 — отмостка; 4 — обратный фильтр

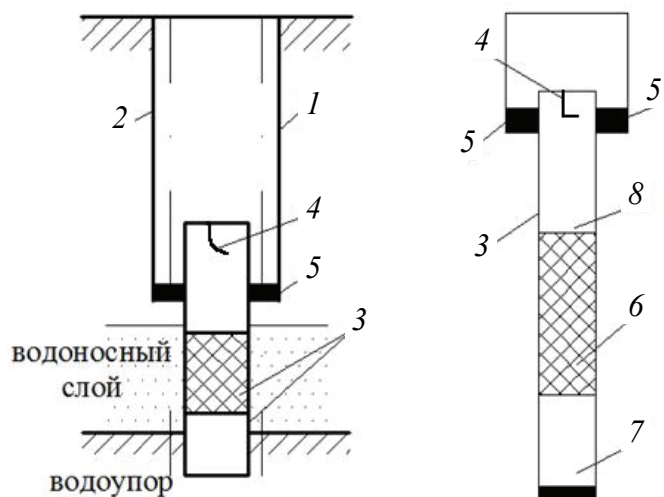


Рис. 1.7.4. Схема устройства скважины: 1 — стальная обсадная труба; 2 — труба меньшего диаметра, в которую устанавливается фильтр; 3 — фильтр; 4 — замок для установки фильтра; 5 — сальниковое уплотнение; 6 — рабочая приемная часть фильтра; 7 — нижняя глухая отстойная часть; 8 — надфильтровая глухая часть

Типы и конструкции применяемых фильтров в основном зависят от granulометрического состава водоносных пород. В практике применяются фильтры: трубчатые, проволочные, сетчатые, каркасно-стержневые, гравийные.

*Каптажные сооружения* используются для забора родниковой воды и представляют собой камеры типа шахтных колодцев. Каптажные сооружения устраивают в месте выхода воды. Забор нисходящих потоков родников воды осуществляется через боковые стенки колодцев, в которых устраивают приемные отверстия. Эти отверстия с наружной стороны оборудованы фильтром из камней, гравия и песка, что препятствует попаданию в камеру наносов. Из колодцев вода по трубам отводится в запасной резервуар.

**Водозаборные сооружения поверхностных источников** классифицируются:

– в зависимости от места расположения на русловые, размещаемые в русле реки, и береговые, размещаемые непосредственно на берегу реки;

– в зависимости от вида источника водоснабжения водозаборные сооружения бывают речные; озерные; морские;

– по конструктивным признакам: совмещенные с насосной станцией первого подъема; отдельные с насосной станцией первого подъема;

– по материалу изготовления колодца: кирпичные; бетонные и железобетонные;

– по производительности: малые, производительностью  $Q < 1 \text{ м}^3/\text{с}$ ; средние, производительностью  $Q$  до  $6 \text{ м}^3/\text{с}$  и большие, производительностью  $Q > 6 \text{ м}^3/\text{с}$ .

*Водозабор берегового типа.* Водозаборные сооружения берегового типа устраивают при наличии следующих условий в месте забора воды: крутой берег; значительная (более 10 м) глубина водоема; устойчивые плотные грунты в основании берега; амплитуды колебания уровней воды в водоеме более 6 м; благоприятные ледовые условия; незначительные образования донных наносов.

Принципиальная схема работы берегового водозабора отдельного типа приведена на рис. 1.7.5. Он представляет собой колодец 1, выполненный, как правило, из железобетона и располагаемый на склоне берега. Вода поступает в береговой водозабор через входные окна 2, оборудованные с наружной стороны съемными решетками для грубой механической очистки речной воды. Колодец разделен перегородкой 3 на две камеры — приемную 4 и всасывающую 5. В проеме перегородки между камерами устанавливают сетку 6. Из всасывающей камеры вода забирается всасывающими патрубками 7 центробежных насосов 8, расположенными в насосной станции первого

подъема 5. Всасывающие трубы центробежных насосов для защиты от повреждений и для облегчения их осмотра и ремонта иногда располагают в специальной галерее. Над водоприемным колодцем устраивают служебный павильон 9, из которого осуществляется управление арматурой и механизмами очистки сеток, а также другие операции, связанные с эксплуатацией водозабора. Решетки приемных окон выполняются из стальных стержней с зазором между ними 40 — 100 мм. Приемные окна располагаются в два яруса при значительном колебании уровней воды в реке. Расстояние от низа возможного ледяного покрова до верха верхнего водоприемного окна водозабора должно составлять не менее 0,2–0,3 м. Расстояние между дном реки и низом нижнего водоприемного окна составляет не менее 0,5 м для исключения попадания в водозабор донных наносов. Средняя скорость движения воды через решетки водоприемных окон – 0,2–0,6 м/с. Сетка, вмонтированная в перегородку между приемной и всасывающей камерами, предохраняет ее от попадания крупных взвесей. На крупных водозаборных сооружениях устанавливают вращающиеся сетки с непрерывной промывкой водой.

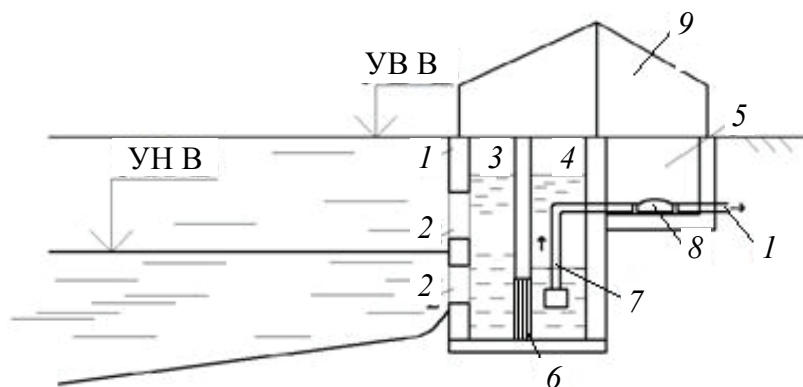


Рис. 1.7.5. Водоприемник берегового типа: 1 – водоприемный колодец; 2 – входные окна; 3 – приемная камера; 4 – всасывающая камера; 5 – машинный зал; 6 – съемная сетка; 7 – всасывающий патрубок центробежного насоса; 8 – центробежный насос; 9 – служебный павильон; 10 – напорные водоводы

В предледоставный период переохлажденная вода кристаллизуется на взвешенных частицах грунта, образуя глубинный лед, переносимый течением водоема на значительные расстояния. Такие насыщенные льдом потоки часто создают аварийные ситуации на водозаборных сооружениях, полностью закупоривая отверстия приемных окон.

Для водозаборов средней производительности при малой высоте всасывания насосов и наличии неплотных грунтов в основании берега устраивают береговые колодцы совмещенного типа. При этом днище водоприемного колодца и насосной станции первого подъема выполняют общим. Водоприемники берегового типа имеют в плане круглую, эллипсовидную или прямоугольную формы.

*Водозабор руслового типа.* Водозаборные сооружения руслового типа устраивают в месте забора воды при следующих условиях: пологий берег; малая (до 10 м) глубина водоема; амплитуда колебания уровней воды в водоеме менее 6 м; благоприятные ледовые условия; незначительные образования донных наносов.

На рис. 1.7.6 представлена схема устройства руслового водоприемника.

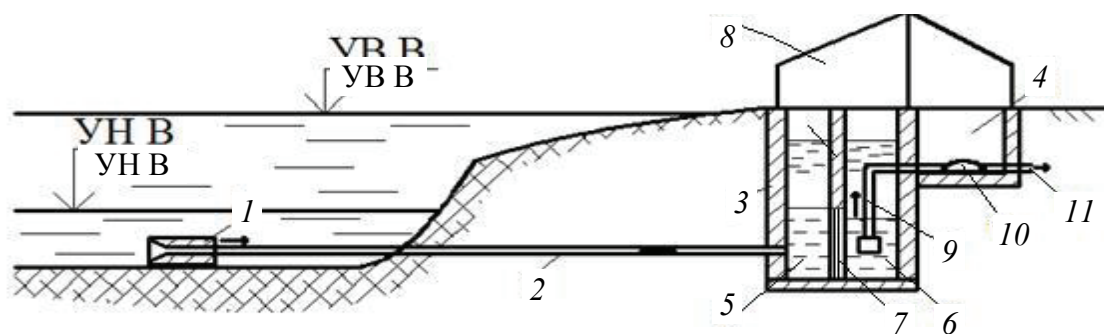


Рис. 1.7.6. Схема устройства руслового водоприемника: 1 – оголовок с решетками; 2 – самотечные линии; 3 – водоприемный колодец; 4 – насосная станция первого подъема; 5 – приемная камера; 6 – всасывающая камера; 7 – съемная сетка; 8 – служебный павильон; 9 – всасывающий патрубок центробежного насоса; 10 – центробежный насос; 11 – напорные водоводы

Оголовок является ответственной частью водозаборного сооружения и служит для приема воды из источника водоснабжения. Для уменьшения количества вовлекаемых в оголовок крупных наносов и молоди рыб входные отверстия перекрывают решетками.

Самотечные линии служат для подачи воды от оголовка до колодца, находятся под водой и недоступны для осмотра. Их устраивают в две нитки для обеспечения надежной эксплуатации водозабора. В некоторых случаях для уменьшения глубины укладки самотечных линий их заменяют на сифонные. Скорость движения воды в самотечных линиях составляет 0,7–0,9 м/с во избежание их засорения. Для промывки самотечных труб водозаборные сооружения должны иметь соответствующее оборудование.

Оголовки русловых водозаборов бывают: постоянно затопленные, затопляемые высокими водами и не затопляемые. Постоянно затопленные оголовки нашли более широкое применение, так как значительно дешевле не затопляемых. Они не подвергаются воздействию ледовых нагрузок, но их обслуживание связано с определенными трудностями и неудобствами. Оголовки бывают: деревянными (свайными и ряжевыми); бетонными и железобетонными.

**Зоны санитарной охраны источников водоснабжения.** 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 подводящих каналов не менее чем на 200 м от водозабора вверх по течению и 100 м вниз по течению. По прилегающему к водозабору берегу граница проходит на расстоянии не менее чем на 100 м от линии уреза воды при максимальном уровне. При ширине реки и канала до 100 м в зону первого пояса входит часть противоположного берега (по отношению к водозабору) шириной 50 м, при большей ширине – акватория шириной не менее 100 м.

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-х суток при расходе воды 95 %-ной обеспеченности.

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

## **1.8. Водопроводные очистные сооружения**

**Показатели качества воды.** Основным источником централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в большинстве регионов Российской Федерации являются поверхностные воды рек, водохранилищ и озер. Количество загрязнений, попадающее в поверхностные источники водоснабжения разнообразно и зависит от профиля и объема промышленных и сельскохозяйственных предприятий, расположенных в районе водосбора.

Качество подземных вод отличается достаточным разнообразием и зависит от условий питания подземных вод, глубины залегания водоносного пласта, состава водовмещающих пород и т. д.

Показатели качества воды подразделяются на физические, химические, биологические и бактериальные. Для определения качества природных вод производят соответствующие анализы в наиболее характерные для данного источника периоды года.

*К физическим показателям* относят температуру, прозрачность (или мутность), цветность, запах, привкус.

Температура воды подземных источников характеризуется постоянством и находится в пределах 8...12 °С. Температура воды поверхностных источников меняется по сезонам года и зависит от поступления в них подземных и сточных вод, колеблется в пределах 0,1...30 °С. Температура питьевой воды должна находиться в пределах  $t = 7...10$  °С, при  $t < 7$  °С вода плохо очищается, при  $t > 10$  °С происходит размножение в ней бактерий.

Прозрачность (или мутность) характеризуются наличием в воде взвешенных веществ (частиц песка, глины, ила). Концентрацию взвешенных веществ определяют весовым способом.

Предельно допустимое содержание взвешенных веществ в питьевой воде должно быть не более 1,5 мг/л.

Цветность воды обусловлена присутствием в воде гуминовых веществ. Цветность воды измеряется в градусах платиново-кобальтовой шкалы. Для питьевой воды допускается цветность не более 20°.

Привкусы и запахи природных вод могут быть естественного и искусственного происхождения. Различают три основных вкуса природной воды: соленый, горький, кислый. Оттенки вкусовых ощущений, складываемых из основных, называют привкусами.

К запахам естественного происхождения относят землистый, рыбный, гнилостный, болотный и др. К запахам искусственного происхождения относят хлорный, фенольный, запах нефтепродуктов и др.

Интенсивность и характер запахов и привкусов природной воды определяют органолептически, с помощью органов чувств человека по пятибалльной шкале. Питьевая вода может иметь запах и привкус интенсивностью не выше 2 баллов.

К *химическим показателям* относят: ионный состав, жесткость, щелочность, окисляемость, активная концентрация водородных ионов (рН), сухой остаток (общее солесодержание), а также содержание в воде растворенного кислорода, сульфатов и хлоридов, азотосодержащих соединений, фтора и железа.

Ионный состав, (мг-экв/л) – природные воды содержат различные растворенные соли, представленные катионами  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$  и анионами  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ . Анализ ионного состава позволяет выявить другие химические показатели.

Жесткость воды, (мг-экв/л) – обусловлена наличием в ней солей кальция и магния. Различают карбонатную и некарбонатную жесткость, их сумма определяет общую жесткость воды,  $J_o = J_k + J_{нк}$ .

Карбонатная жесткость обусловлена содержанием в воде карбонатных и бикарбонатных солей кальция и магния. Некарбонатная жесткость обусловлена кальциевыми и магниевыми солями серной, соляной, кремниевой и азотной кислот.

Вода для хозяйственно-питьевых целей должна иметь общую жесткость не более 7 мг-экв/л.

Щелочность воды, (мг-экв/л) – обусловлена присутствием в природной воде бикарбонатов и солей слабых органических кислот. Общая щелочность воды определяется суммарным содержанием в ней анионов:  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{OH}^{-}$ .

Для питьевой воды щелочность не лимитируется.

Окисляемость воды (мг/л) – обусловлена присутствием в ней органических веществ. Окисляемость определяется количеством кислорода, необходимого для окисления органических веществ, находящихся в 1 л воды. Резкое повышение окисляемости воды (более 40 мг/л) свидетельствует о ее загрязнении бытовыми сточными водами.

Активная концентрация водородных ионов воды является показателем, характеризующим степень ее кислотности или щелочности. Количественно она характеризуется концентрацией водородных ионов. На практике активную реакцию воды выражают водородным показателем рН, являющимся отрицательным десятичным логарифмом концентрации водородных ионов:  $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$ . Показатель величины рН воды составляет 1...14.

Природные воды по величине рН классифицируются: на кислые  $\text{pH} < 7$ ; нейтральные  $\text{pH} = 7$ ; щелочные  $\text{pH} > 7$ .

Для питьевых целей вода считается пригодной при  $\text{pH} = 6,5 \dots 8,5$ .

Солесодержание воды оценивается по сухому остатку (мг/л): пресные 100...1000; соленые 3000...10000; сильносоленые 10000...50000.

В воде источников хозяйственно-питьевого водоснабжения сухой остаток не должен превышать 1000 мг/л. При большей минерализации воды в организме человека наблюдается отложение солей.

Растворенный кислород – попадает в воду при ее контакте с воздухом. Содержание кислорода в воде зависит от температуры и давления.

В артезианских водах растворенного кислорода не встречается, а в поверхностных водах его концентрация значительна.

В поверхностных водах содержание растворенного кислорода уменьшается при наличии в воде процессов брожения или гниения органических остатков. Резкое снижение содержания растворенного кислорода в воде указывает на ее органическое загрязнение. В природной воде содержание растворенного кислорода должно быть не менее 4 мг  $\text{O}_2$ /л.

Сульфаты и хлориды – благодаря своей высокой растворимости содержатся во всех природных водах обычно в виде натриевых, кальциевых и магниевых солей:  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ .

В питьевой воде содержание сульфатов рекомендуется не выше 500 мг/л, хлоридов – до 350 мг/л.

Азотосодержащие соединения – присутствуют в воде в виде ионов аммония  $\text{NH}_4^+$ , нитритов  $\text{NO}_2^-$  и нитратов  $\text{NO}_3^-$ . Азотосодержащие загрязнения указывают на загрязненность природных вод бытовыми сточными водами и стоками от химических заводов. Отсутствие в воде аммиака и в то же время наличие нитритов и особенно нитратов свидетельствуют о том, что загрязнение водоема произошло давно, и вода подверглась самоочищению. При высоких концентрациях в воде растворенного кислорода все соединения азота окисляются в ионы  $\text{NO}_3^-$ .

Считается допустимым присутствие нитратов  $\text{NO}_3^-$  в природной воде до 45 мг/л, азота аммонийного  $\text{NH}_4^+$ .

Фтор – в природной воде содержится в количестве до 18 мг/л и более. Однако подавляющее большинство поверхностных источников характеризуется содержанием в воде фтор – иона до 0,5 мг/л.

Фтор является активным в биологическом отношении микро-элементом, количество которого в питьевой воде во избежание кариеса и флюороза, должно быть в пределах 0,7...1,5 мг/л.

Железо – довольно часто встречается в воде подземных источников в основном в виде растворенного бикарбоната двухвалентного железа  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ . В поверхностных водах железо встречается реже и обычно в форме сложных комплексных соединений, коллоидов или тонкодисперсной взвеси. Присутствие железа в природной воде делает ее непригодной для использования в питьевых и производственных целях.

Содержание железа в питьевой воде не должно превышать 0,3 мг/л.

*Содержание газов.* В воде природных источников чаще всего присутствуют следующие газы: кислород  $\text{O}_2$ , диоксид углерода  $\text{CO}_2$ , сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ .

Содержание кислорода и двуокиси углерода даже в значительных количествах не ухудшают качество питьевой воды, но способствуют коррозии металла, резервуаров, котлов. Процесс коррозии усиливается с повышением температуры воды, а также при ее движении.

Содержание сероводорода придает воде неприятный запах и, кроме того, вызывает коррозию металлических стенок труб, баков и котлов. В связи с этим присутствие  $\text{H}_2\text{S}$  не допускается в воде, используемой для хозяйственно-питьевых целей и для большинства производственных нужд.

*Бактериологическими показателями* – принято считать общее число бактерий и количество кишечных палочек, содержащихся в 1 мл воды.

Особую важность для санитарной оценки воды имеет определение бактерий группы кишечной палочки. Присутствие кишечной палочки свидетельствует о загрязнении воды фекальными стоками и о возможности попадания в воду болезнетворных бактерий, в частности бактерий брюшного тифа.

Бактериологическими загрязнителями являются бактерии и вирусы из числа патогенных (болезнетворных), живущие и развивающиеся в воде, которые могут вызывать заболевания брюшным тифом,

паратифом, дизентерией, бруцеллезом, инфекционным гепатитом, сибирской язвой, холерой, полиомиелитом.

Существуют два показателя бактериологического загрязнения воды: коли-титр и коли-индекс.

Коли-титр – количество воды в мл, приходящееся на одну кишечную палочку.

Коли-индекс – число кишечных палочек, находящихся в 1 л воды.

Для питьевой воды коли-титр должен быть не менее 300 мл, коли-индекс не более 3 кишечных палочек. Общее количество бактерий в 1 мл воды допускается не более 100.

**Принципиальная схема водопроводных очистных сооружений.** Очистные сооружения являются одним из составных элементами систем водоснабжения и тесно связаны с ее другими элементами. Место расположения очистной станции назначают при выборе схемы водоснабжения объекта. Часто очистные сооружения располагают вблизи источника водоснабжения и в незначительном удалении от насосной станции первого подъема.

Традиционные технологии водоподготовки предусматривают обработку воды по классическим двухступенчатой или одноступенчатой схемам, основанным на применении микрофльтрации (в случаях наличия в воде водорослей в количестве более 1000 кл/мл), коагулирования с последующим отстаиванием или осветлением в слое взвешенного осадка, скорого фильтрования или контактного осветления и обеззараживания. Наибольшее распространение в практике водоочистки имеют схемы с самотечным движением воды.

Двухступенчатая схема подготовки воды для хозяйственно-питьевых целей представлена на рис. 1.8.1.

Вода, подаваемая насосной станцией первого подъема, поступает в смеситель, куда вводится раствор коагулянта и где происходит его смешение с водой. Из смесителя вода поступает в камеру хлопьеобразования и последовательно проходит через горизонтальный отстойник и скорый фильтр. Осветленная вода поступает в резервуар чистой воды. В трубу, подающую в резервуар воду, вводится хлор из хлораторной. Необходимый для обеззараживания контакт ее с хлором обеспечивается в резервуаре чистой воды. В некоторых случаях хлор в воду подают дважды: перед смесителем (первичное хлорирование) и после фильтров (вторичное хлорирование). При недостаточной щелочности исходной воды в смеситель одновременно с коагулянтом

подается раствор извести. Для интенсификации процессов коагуляции перед камерой хлопьеобразования или фильтрами вводят флокулянт.

Если исходная вода имеет привкус и запах, перед отстойниками или фильтрами через дозатор вводят активированный уголь.

Реагенты приготавливают в специальных аппаратах, расположенных в помещениях реагентного хозяйства.

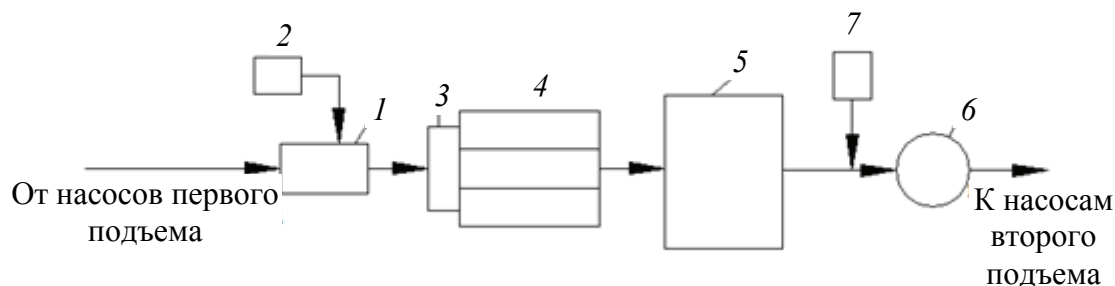


Рис. 1.8.1. Схема очистных сооружений по очистке воды для хозяйственно-питьевых целей: 1 – смеситель; 2 – реагентное хозяйство; 3 – камера хлопьеобразования; 4 – отстойник; 5 – фильтры; 6 – резервуар чистой воды; 7 – хлораторная

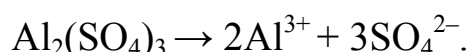
При одноступенчатой схеме очистки воды ее осветление осуществляется на фильтрах или в контактных осветлителях. При очистке маломутных цветных вод применяется одноступенчатая схема.

Рассмотрим более подробно сущность основных процессов водоочистки. Коагулирование примесей называют процесс укрупнения мельчайших коллоидных частиц, происходящих вследствие их взаимного слипания под действием молекулярного притяжения.

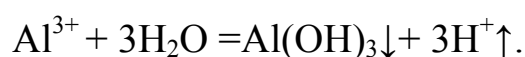
Коллоидные частицы, содержащиеся в воде, имеют отрицательные заряды и находятся во взаимном отталкивании, поэтому не оседают. Коагулянт добавленный образует положительно заряженные ионы, что способствует взаимному притяжению противоположно заряженных коллоидов и приводит к образованию укрупненных частиц (хлопьев) в камерах хлопьеобразования.

В качестве коагулянтов применяют сернокислый алюминий, сернокислое закисное железо, полиоксихлорид алюминия.

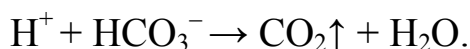
Процесс коагуляции описывается следующими химическими реакциями



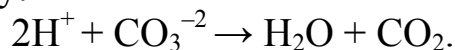
После введения в воду коагулянта катионы алюминия взаимодействуют с ней



Катионы водорода связываются присутствующими в воде бикарбонатами:



Если содержащихся в воде бикарбонатных ионов недостаточно, в воду добавляют соду:



Процесс осветления можно интенсифицировать при помощи высокомолекулярных флокулянтов (праестола, ВПК – 402), которые вводятся в воду после смесителя.

Тщательное перемешивание очищаемой воды с реагентами осуществляется в смесителях различных конструкций. Смешение реагентов с водой должно быть быстрым и осуществляться в течение 1–2 мин. Применяются следующие виды смесителей: дырчатые (рис. 1.8.2), перегородчатые (рис. 1.8.3) и вертикальные (вихревые) смесители.

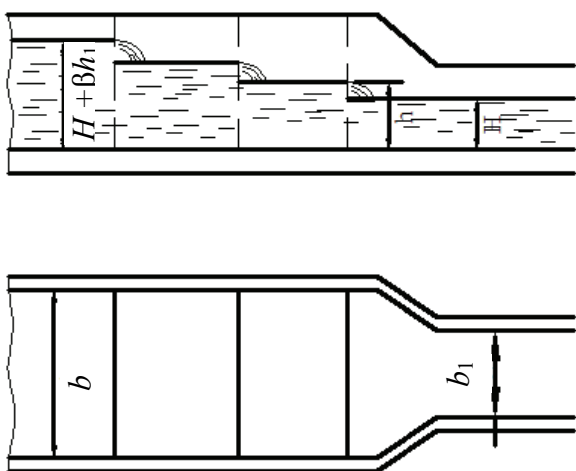


Рис. 1.8.2. Дырчатый смеситель

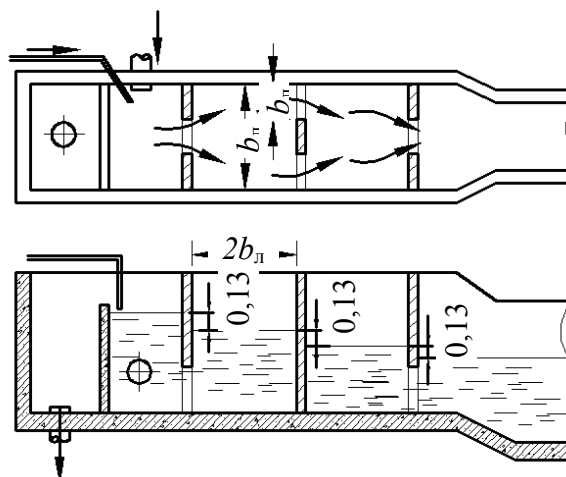


Рис. 1.8.3. Перегородчатый смеситель

Смеситель дырчатого типа применяется на станциях обработки воды производительностью до 1000 м<sup>3</sup>/ч. Он выполняется в виде железобетонного лотка с вертикальными перегородками, установленными перпендикулярно движению воды и снабженными отверстиями, расположенными в несколько рядов.

Перегородчатый смеситель применяется на водоочистных станциях производительностью не более 500–600 м<sup>3</sup>/ч. Смеситель состоит из лотка с тремя поперечными вертикальными перегородками. В первой и третьей перегородках устраивают проходы для воды, размещенные в центральной части перегородок. В средней перегородке предусмотрены два боковых прохода для воды, примыкающих к

стенкам лотка. Благодаря такой конструкции смесителя возникает турбулентность движущегося потока воды, обеспечивающая полное смешение реагента с водой.

На станциях, где вода обрабатывается известковым молоком, применение дырчатых и перегородчатых смесителей не рекомендуется, так как скорость движения воды в этих смесителях не обеспечивает поддержания частиц извести во взвешенном состоянии, что приводит к их осаждению перед перегородками.

На водоочистных станциях наибольшее применение нашли вертикальные смесители (рис. 1.8.4). Смеситель этого типа может быть квадратного или круглого сечения в плане, с пирамидальной или конической нижней частью.

В перегородчатых камерах хлопьеобразования устраивают ряд перегородок, которые заставляют воду менять направление своего движения либо в вертикальной, либо в горизонтальной плоскости, что и обеспечивает необходимое перемешивание воды.

Для перемешивания воды и обеспечения более полной агломерации мелких хлопьев коагулянта в крупные служат камеры хлопьеобразования. Их установка необходима перед горизонтальными и вертикальными отстойниками. При горизонтальных отстойниках следует устраивать следующие типы камер хлопьеобразования: перегородчатые, вихревые, встроенные со слоем взвешенного осадка и лопастные; при вертикальных отстойниках – водоворотные.

Удаление взвешенных веществ из воды (осветление) осуществляется путем отстаивания ее в отстойниках. По направлению движения воды отстойники бывают горизонтальные, радиальные и вертикальные.

Горизонтальный отстойник (рис. 1.8.5) представляет собой прямоугольный в плане железобетонный резервуар. В нижней его части имеется объем для накопления осадка, который удаляется по каналу. Для более эффективного удаления осадка дно отстойника выполняют с уклоном. Обработываемая вода поступает через распределительный

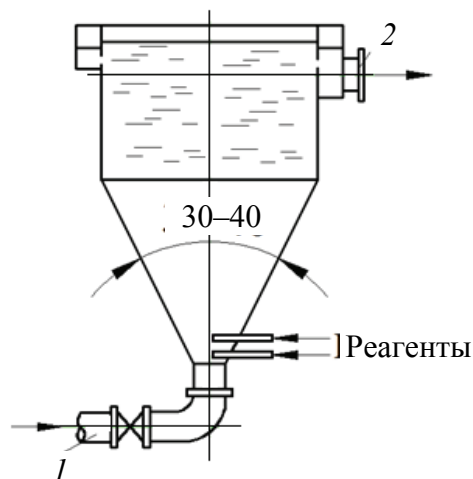


Рис. 1.8.4. Вертикальный (вихревой) смеситель: 1 – подача исходной воды; 2 – отвод воды из смесителя

лоток (или затопленный водослив). Пройдя через отстойник, вода собирается лотком или перфорированной (дырчатой) трубой. В последнее время применяют отстойники с рассредоточенным сбором осветленной воды, устраивая специальные желоба или перфорированные трубы в верхней их части, что позволяет увеличить производительность отстойников. Горизонтальные отстойники применяют на очистных станциях производительностью более 30 000 м<sup>3</sup>/сут.

Разновидностью горизонтальных отстойников являются радиальные отстойники, имеющие механизм для сгребания осадка в приямок, располагаемый в центре сооружения. Из приямка осадок откачивается насосами. Конструкция радиальных отстойников сложнее, чем горизонтальных. Применяют их для осветления вод с большим содержанием взвешенных веществ (более 2 г/л) и в системах оборотного водоснабжения.

Вертикальные отстойники (рис. 1.8.6) круглой или квадратной формы в плане имеют коническое или пирамидальное днище для накопления осадка. Эти отстойники применяют при условии предварительного коагулирования воды. Камера хлопьеобразования, в основном водоворотная, располагается в центре сооружения. Осветление воды происходит при восходящем ее движении. Осветленная вода собирается кольцевыми и радиальными лотками. Осадок из вертикальных отстойников выпускают под гидростатическим напором воды без выключения сооружения из работы. Вертикальные отстойники применяют в основном при расходах 3000 м<sup>3</sup>/сут.

Осветлители со взвешенным слоем осадка предназначены для предварительного осветления воды перед фильтрованием и только при условии предварительного коагулирования.

Осветлители со взвешенным слоем осадка могут быть разных типов. Одним из наиболее распространенных является осветлитель коридорного типа (рис. 1.8.7), который представляет собой прямоугольный в плане резервуар, разделенный на три секции. Две крайние секции являются рабочими камерами осветлителями, а средняя секция служит осадкоуплотнителем. Осветляемая вода подается у дна осветлителя по дырчатым трубам и равномерно распределяется по площади осветлителя. Затем она проходит через взвешенный слой осадка, осветляется и по дырчатому лотку или трубе, располагаемому на некотором расстоянии над поверхностью взвешенного слоя, отводится на фильтры.

Для глубокого осветления воды применяют фильтры, которые способны улавливать из нее практически все взвеси. Существуют так

же фильтры и для частичной очистки воды. В зависимости от природы и типа фильтрующего материала различают следующие типы фильтров: зернистые (фильтрующий слой – кварцевый песок, антрацит, керамзит, горелые породы, гранодиарит, пенополистирол и др.); сетчатые (фильтрующий слой – сетка с размером ячеек 20–60 мкм); тканевые (фильтрующий слой – хлопчатобумажные, льняные, суконные, стеклянные или капроновые ткани); намывные (фильтрующий слой – древесная мука, диатомит, асбестовая крошка и другие материалы, намываемые в виде тонкого слоя на каркас из пористой керамики, металлической сетки или синтетической ткани).

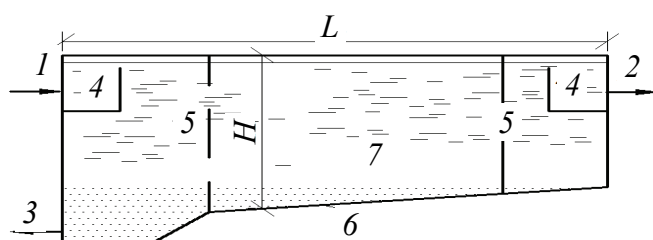


Рис. 1.8.5. Горизонтальный отстойник: 1 – подача исходной воды; 2 – отвод очищенной воды; 3 – отвод осадка; 4 – распределительные карманы; 5 – распределительные решетки; 6 – зона накопления осадка; 7 – зона отстаивания

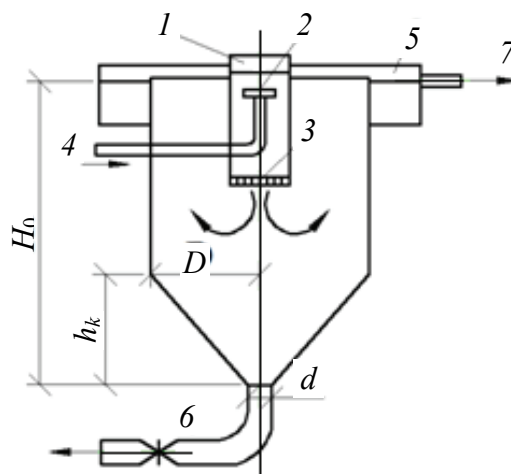


Рис. 1.8.6. Вертикальный отстойник: 1 – камера хлопьеобразования; 2 – сегнетово колесо с насадками; 3 – гаситель; 4 – подача исходной воды (из смесителя); 5 – сборный желоб вертикального отстойника; 6 – труба для отвода осадка из вертикального отстойника; 7 – отвод воды из отстойника

Зернистые фильтры применяют для очистки хозяйственно-питьевой и технической воды от тонкодисперсной взвеси и коллоидов; сетчатые – для задержания грубодисперсных взвешенных и плавающих частичек; тканевые – для очистки маломутных вод на станциях небольшой производительности.

Для очистки воды в коммунальном водоснабжении применяются зернистые фильтры. Важнейшей характеристикой работы фильтров является скорость фильтрования, в зависимости от которой фильтры подразделяют на медленные (0,1–0,2), скорые (5,5–12) и сверхскорые

стные (25–100 м/ч). Медленные фильтры применяют при небольших расходах воды без предварительного коагулирования; сверхскоростные – при подготовке воды для промышленных целей, для частичного осветления воды.

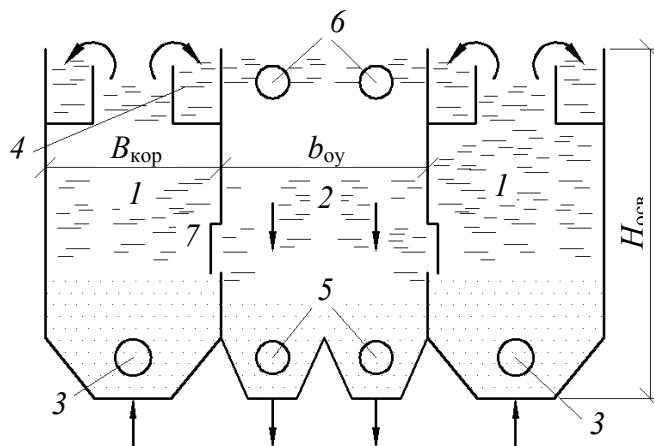


Рис. 1.8.7. Коридорный осветлитель со взвешенным осадком с вертикальным осадкоуплотнителем: 1 – коридоры-осветлители; 2 – осадкоуплотнитель; 3 – подача исходной воды; 4 – сборные карманы для отвода осветленной воды; 5 – отвод осадка из осадкоуплотнителя; 6 – отвод осветленной воды из осадкоуплотнителя; 7 – осадкоприемные окна с козырьками

Наибольшее распространение получили скорые фильтры, на которых осветляется предварительно коагулированная вода (рис. 1.8.8).

Вода, поступающая на скорые фильтры после отстойника или осветлителя, не должна содержать взвешенных веществ более 12–25 мг/л, а после фильтрования мутность воды не должна превышать 1,5 мг/л

Контактные осветлители по устройству аналогичны скорым фильтрам и являются их разновидностью. Осветление воды, основанное на явлении контактной коагуляции, происходит при движении ее снизу вверх. Коагулянт вводят в обрабатываемую воду непосредственно перед ее фильтрованием через песчаную загрузку. За короткое время до начала фильтрования образуются лишь мельчайшие хлопья взвесей. Дальнейший процесс коагуляции происходит на зернах загрузки, к которым прилипают ранее образовавшиеся мельчайшие хлопья. Этот процесс, называемый контактной коагуляцией, происходит быстрее, чем обычная коагуляция в объеме, и требует меньшего количества коагулянта. Контактные осветлители промывают путем

подачи воды снизу через распределительную систему (как в обычных скорых фильтрах).

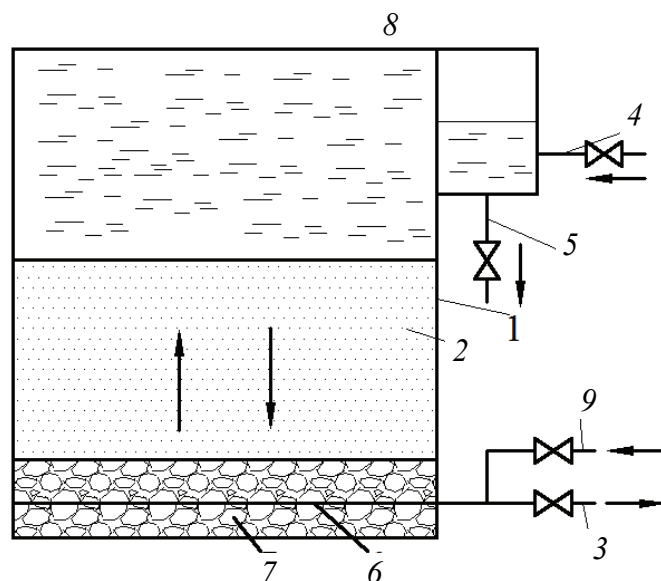


Рис. 1.8.8. Схема скорого фильтра: 1 – корпус; 2 – фильтрующая загрузка; 3 – отвод фильтрата; 4 – подача исходной воды; 5 – отвод исходной воды; 6 – нижняя дренажная система; 7 – поддерживающий слой; 8 – желоб для сбора промывной воды; 9 – подача воды на промывку

**Обеззараживание воды.** В современных очистных сооружениях обеззараживание воды производится во всех случаях, когда источник водоснабжения ненадежен с санитарной точки зрения. Обеззараживание может быть осуществлено хлорированием, озонированием и бактерицидным облучением.

**Хлорирование воды.** Способ хлорирования является наиболее распространенным способом обеззараживания воды. Обычно для хлорирования используют жидкий или газообразный хлор. Хлор обладает высокой дезинфицирующей способностью, относительно стоек и длительное время сохраняет активность. Он легко дозируется и контролируется. Хлор действует на органические вещества, окисляя их, и на бактерии, которые погибают в результате окислений веществ, входящих в состав протоплазмы клеток. Недостатком обеззараживания воды хлором является образование токсичных летучих галогенорганических соединений.

Одним из перспективных способов хлорирования воды является использование **гипохлорита натрия** ( $\text{NaClO}$ ), получаемого электролизом 2–4 % раствора поваренной соли.

**Диоксид хлора** ( $\text{ClO}_2$ ) позволяет уменьшить возможность образования побочных хлорорганических соединений. Бактерицидность диоксида хлора более высокая чем хлора. Особенно эффективен диоксид хлора при обеззараживании воды с высоким содержанием органических веществ и аммонийных солей.

Остаточная концентрация хлора в питьевой воде не должна превышать 0,3–0,5 мг/л

Взаимодействие хлора с водой осуществляется в контактных резервуарах. Продолжительность контакта хлора с водой до поступления ее к потребителям должна быть не менее 0,5 ч.

**Бактерицидное облучение.** Бактерицидное свойство ультрафиолетовых лучей (УФ) обусловлено действием на клеточный обмен и особенно на ферментные системы бактериальной клетки, кроме того, под действием УФ-излучения происходят фотохимические реакции в структуре молекул ДНК и РНК, приводящими к их необратимым повреждениям. УФ-лучи уничтожают не только вегетативные, но и споровые бактерии, тогда как хлор действует только на вегетативные. К достоинствам УФ-излучения следует отнести отсутствие какого-либо воздействия на химический состав воды.

Для обеззараживания воды таким способом ее пропускают через установку, состоящую из ряда специальных камер, внутри которых размещены ртутно-кварцевые лампы, заключенные в кварцевые кожухи. Ртутно-кварцевые лампы выделяют ультрафиолетовое излучение. Производительность такой установки в зависимости от числа камер составляет 30...150 м<sup>3</sup>/ч.

Эксплуатационные расходы на обеззараживание воды облучением и хлорированием примерно одинаковы.

Однако следует отметить, что при бактерицидном облучении воды затруднен контроль эффекта обеззараживания, тогда как при хлорировании этот контроль осуществляется достаточно просто по наличию остаточного хлора в воде. Помимо этого данный способ невозможно использовать для обеззараживания воды с повышенной мутностью и цветностью.

**Озонирование воды.** Озон применяется с целью глубокой очистки воды и окисления специфических органических загрязнений антропогенного происхождения (фенолов, нефтепродуктов, СПАВ, аминов, и др.). Озон позволяет улучшить протекание процессов коагуляции, сократить дозу хлора и коагулянта, уменьшить концентра-

цию ЛГС, повысить качество питьевой воды по микробиологическим и органическим показателям.

Озон наиболее целесообразно применять совместно с сорбционной очисткой на активных углях. Без озона во многих случаях невозможно получить воду, соответствующую СанПиН. В качестве основных продуктов реакции озона с органическими веществами называют такие соединения, как формальдегид и ацетальдегид, содержание которых нормируется в питьевой воде на уровне 0,05 и 0,25 мг/л соответственно.

Озонирование основано на свойстве озона разлагаться в воде с образованием атомарного кислорода, разрушающего ферментные системы микробных клеток и окисляющего некоторые соединения. Количество озона, необходимое для обеззараживания питьевой воды, зависит от степени загрязнения воды и составляет не более 0,3–0,5 мг/л. Озон токсичен. Предельно допустимое содержание этого газа в воздухе производственных помещений 0,1 г/м<sup>3</sup>.

Обеззараживание воды озонированием по санитарным и техническим нормам является наилучшим, но сравнительно дорогим. Установка для озонирования воды представляет собой сложный и дорогой комплекс механизмов и оборудования. Существенным недостатком озонаторной установки является значительное потребление электроэнергии для получения из воздуха очищенного озона и подачи его в обрабатываемую воду.

Озон, являясь сильнейшим окислителем, может применяться не только для обеззараживания воды, но и для ее обесцвечивания, а также для устранения привкусов и запахов.

Доза озона, необходимая для обеззараживания чистой воды, не превышает 1 мг/л, для окисления органических веществ при обесцвечивании воды – 4 мг/л.

Продолжительность контакта обеззараживаемой воды с озоном составляет примерно 5 мин.

## **Глава 2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ**

### **2.1. Требования к качеству воды**

Обеспечение водой промышленных предприятий – одна из важнейших народнохозяйственных задач. Требования, предъявляемые к воде, используемой на предприятиях различных отраслей промышленности, определяются характером технологического процесса.

Вода в производстве используется для весьма разнообразных целей. Вода является хорошим растворителем для многих веществ, что широко используется почти во всех отраслях промышленности. Не менее важна ее роль как среды для протекания разнообразных химических реакций. Вода широко применяется в гальванических цехах, в производстве химических реактивов, в и газодобывающей и перерабатывающей промышленности, в производстве взрывчатых веществ, электронных и полупроводниковых приборов, фотокиноплёнки и других материалов. В больших количествах вода используется как охлаждающее вещество для деталей различных машин, металлургических и других печей, двигателей внутреннего сгорания, конденсаторов паровых машин и турбин, различной химической аппаратуры и т. п. С другой стороны, вода применяется как нагревающее вещество в различных водоводяных, пароводяных и иных теплообменных аппаратах.

К качеству воды в промышленности предъявляются самые разнообразные требования. Как правило, вода для технических целей должна быть прозрачной, без взвешенных веществ. Многие производства (текстильной, бумажной, пищевой и других видов промышленности) требуют мягкой воды, т. е. не содержащей солей кальция и магния.

Вода, используемая для целей охлаждения, не должна содержать механических примесей и взвешенных частиц во избежание засорения трубок и камер теплообменной аппаратуры. При наличии в исходной воде органических веществ в количествах, вызывающих образование биологических отложений на охлаждаемых поверхностях, ее необходимо подвергать соответствующей обработке. Охлаждающая вода должна содержать минимальное количество солей временной жесткости, чтобы не допускать образования накипи на поверхностях

трубопроводов. Допустимый предел временной жесткости зависит от общего химического состава исходной воды и системы водоснабжения. Вода, применяемая в системах охлаждения, не должна вызывать коррозию оборудования.

Среди технических потребителей воды весьма требовательными к ее качеству являются паросиловые установки и особенно тепловые электрические станции высокого и сверхвысокого давления. Получение водяного пара при высокой температуре обеспечивается в современных паровых котлах при условиях, при которых отдельные примеси питательной воды, присутствующие даже в самых незначительных количествах, могут приводить к аварийному состоянию котельных агрегатов и длительному выходу их из строя.

Наиболее высокие требования предъявляются к качеству воды, используемой в основном энергетическом цикле (питательной воде). В этом случае требуется удаление из исходной воды примесей, находящихся в грубодисперсном и коллоидном состоянии, истинно растворенных солей, в том числе образующих при нагревании труднорастворимые соединения (соли  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ).

## **2.2. Специальные методы для улучшения качества воды**

**Умягчение воды** – процесс понижения жесткости. Жесткость воды обусловлена наличием солей кальция и магния. Для снижения жесткости воды применяют следующие методы: реагентный; катионитовый; электродиализ; мембранные технологии.

*Реагентные методы умягчения* воды основаны на переводе ионов кальция и магния в малорастворимые и легко удаляемые соединения с помощью химических веществ. Из реагентных способов умягчения наиболее распространен известково – содовый метод. Сущность его состоит в переводе солей  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в малорастворимые соединения  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , выпадающие в осадок. При известково-содовом методе процесс проводят в две стадии. Первоначально из воды удаляют органические примеси и значительную часть карбонатной жесткости, используя соли алюминия или железа с известью. После этого вводят соду. Более глубокое умягчение воды может быть достигнуто ее подогревом.

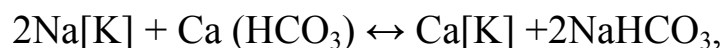
Содово-натриевый метод применяют для умягчения воды, карбонатная жесткость которой немного больше некарбонатной.

Бариевый метод умягчения воды применяют в сочетании с другими методами. Вначале вводят барий-содержащие реагенты ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{BaAl}_2\text{O}_4$ ) для устранения сульфатной жесткости, затем после осветления воду обрабатывают известью и содой для доумягчения. Из-за высокой стоимости реагентов этот метод применяют очень редко.

Фосфатирование применяют для доумягчения воды, после реагентного умягчения известково-содовым методом, что позволяет получить остаточную жесткость 0,02–0,03 мг-экв/л. Такая глубокая доочистка позволяет в некоторых случаях не прибегать к катионитовому умягчению. Фосфатное умягчение обычно осуществляется при подогреве воды до 105–150°C. Из-за высокой стоимости тринатрийфосфата фосфатный метод используется для доумягчения воды, прошедшей предварительное умягчение известью и содой.

*Катионитовый метод* основан на способности ионообменных материалов обменивать присутствующие в воде катионы кальция и магния на обменные катионы натрия или водорода. В качестве катионитов применяют органические катиониты искусственного происхождения. Катионитовый метод позволяет достичь глубокого умягчения воды.

N-катионитовый метод применяют для умягчения воды с содержанием взвеси не более 8 мг/л и цветностью не более 30 град. Жесткость воды снижается при одноступенчатом Na-катионировании до 0,05...1, при двухступенчатом – до 0,01 мг-экв/л. Процесс Na-катионирования описывается следующими реакциями обмена:



где  $[\text{K}]$  – нерастворимая матрица полимера.

После истощения рабочей обменной емкости катионита он теряет способность умягчать воду и его необходимо регенерировать. Процесс умягчения воды на катионитовых фильтрах складывается из следующих последовательных операций: фильтрование воды через слой катионита до момента достижения предельно допустимой жесткости в фильтрате; взрыхление слоя катионита восходящим потоком умягченной воды; спуск водяной подушки во избежание разбавления регенерирующего раствора; регенерация катионита посредством фильтрования соответствующего раствора; отмывка катионита неумягченной водой.

Наибольшее практическое применение нашло сочетание процессов H–Na-катионирования, в результате чего может быть достигнута

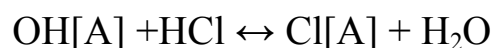
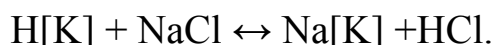
требуемая щелочность или кислотность воды. Процесс H–Na-катионирования может осуществляться по схемам: параллельное H–Na-катионирование, последовательное H–Na-катионирование и совместное H–Na-катионирование.

Электродиализ – метод разделения растворенных веществ, значительно отличающихся молекулярными массами. Он основан на разных скоростях диффузии этих веществ через полупроницаемую мембрану, разделяющую концентрированный и разбавленный растворы. Диализ осуществляется в мембранных аппаратах с нитро- и ацетатцеллюлозными пленочными мембранами.

**Опреснение и обессоливание воды.** Существующие методы опреснения и обессоливания воды подразделяются на две группы: с изменением и без изменения агрегативного состояния воды. К первой группе методов относят дистилляцию, замораживание, газогидратный метод; ко второй группе – ионный обмен, электродиализ, обратный осмос, гиперфильтрацию.

*Дистилляционный метод* основан на способности воды при нагревании испаряться и распадаться на пресный пар и соленый рассол. При нагревании соленой воды до температуры более высокой, чем температура кипения, вода начинает кипеть. Образовавшийся пар при давлении менее  $50 \text{ кг/см}^2$  практически не способен растворять содержащиеся в опресняемой воде соли, поэтому при его конденсации получается пресная вода.

*Ионообменный метод* опреснения и обессоливания основан на последовательном фильтровании воды через H – катионитовый и OH<sup>-</sup> – анионитовый фильтры. Вода, содержащая NaCl, обессоливается по следующим схемам:



На ионообменные установки подается вода, содержащая соли до 3,0 г/л, сульфаты и хлориды – до 5 мг/л, взвешенных веществ – не более 8 мг/л и имеющая цветность не выше 30 град и перманганатную окисляемость до 7 мгО<sub>2</sub>/л.

В соответствии с необходимой глубиной обессоливания воды применяют одно-, двух- и трехступенчатые установки.

В одноступенчатых ионитовых установках воду последовательно пропускают через группу фильтров с сильнокислотным H-катионитом, а затем через группу фильтров со слабоосновным анионитом:

свободный диоксид углерода удаляется в дегазаторе, который устанавливается после катионитовых или анионитовых фильтров. В каждой группе должно быть не менее двух фильтров.

Ионитовые установки с двухступенчатой схемой обессоливания воды состоят из Н-катионитовых и анионитовых фильтров первой ступени (со слабоосновным анионитом) дегазатора для удаления свободной углекислоты, Н-катионитовых и анионитовых фильтров второй ступени (с сильноосновным анионитом). Анионитовые фильтры первой ступени задерживают анионы сильных кислот, второй ступени – анионы слабых кислот (органических кислот и кремневой кислоты).

В установках с трехступенчатой схемой на третьей ступени применяют фильтр со смешанной загрузкой катионита и анионита или Н-катионитовые фильтры третьей ступени и за ними анионитовые фильтры третьей ступени с сильноосновным анионитом.

*Электродиализным* называется процесс удаления из раствора ионов растворенных веществ путем избирательного их переноса через мембраны, селективные к этим ионам, в поле постоянного электрического тока.

При наложении постоянного электрического поля на раствор ионизированных веществ (электролитов) возникает направленное движение ионов растворенных солей, а также ионов  $H^+$  и  $OH^-$ . При этом катионы движутся к катоду, а анионы – к аноду. Если раствор разделить на секции с помощью специальных мембран, проницаемых только для катионов или только для анионов, то катионы, двигаясь к катоду, будут свободно проходить через катионитовую мембрану. Для анионов же она практически непроницаема. Анионы, пройдя через анионитовую мембрану, будут двигаться к аноду. Таким образом раствор разделится на обессоленную воду, находящуюся между мембранами, и концентрированные рассолы – щелочной католит и кислый анолит.

В настоящее время для обессоливания воды используются многокамерные плоскорамерные аппараты.

Область применения электродиализа ограничивается солесодержанием растворов 0,5–10 г/л, так как при меньших концентрациях падает проводимость растворов и уменьшается эффективность использования электроэнергии, а при больших – процесс становится экономически не выгоден вследствие существенного роста энергозатрат, так как затраченная электроэнергия пропорциональна количеству удаляемых ионов.

Опреснение воды *гиперфильтрацией* заключается в фильтровании соленой воды через специальные полупроницаемые мембраны, которые пропускают воду, а задерживают ионы растворенных в ней солей. При этом необходимо создать избыточное давление для фильтрования воды через мембрану.

**Обезжелезивание воды.** В природной воде, особенно в воде подземных источников в больших количествах встречается железо в растворенном виде и часто, марганец. Норма содержания в питьевой воде для железа по СанПиН 2.1.4.1074–01 составляет 0,3 мг/л и 0,1 мг/л для марганца.

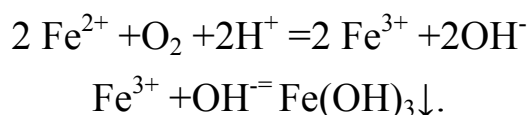
Железо находится в воде в форме:

- двухвалентного железа – в виде растворенных ионов  $\text{Fe}^{2+}$ ;
- трехвалентного;
- органического железа (в виде растворимых комплексов с природными органическими кислотами (гуматов));
- бактериального железа – продукта жизнедеятельности железобактерий (железо находится в оболочке).

В подземных водах присутствует в основном растворенное двухвалентное железо в виде ионов  $\text{Fe}^{2+}$ . Трехвалентное железо появляется после контакта такой воды с воздухом и в изношенных системах водораспределения при контакте воды с поверхностью труб.

В поверхностных водах железо находится в трехвалентном состоянии, а также входит в состав органических комплексов и железобактерий. Если в воде присутствует только трехвалентное железо в виде взвеси, то хватает простого отстаивания или фильтрации.

Для удаления двухвалентного железа и марганца сначала их переводят в нерастворимую форму, окисляя их кислородом воздуха, хлором, озоном или перманганатом калия с последующей фильтрацией через механический фильтр с песчаной, антрацитовой или гравийной загрузкой. Процесс окисления и формирования хлопьев достаточно длителен.



Принципиально новыми продуктами, появившимися в последнее время, являются каталитические загрузки, позволяющие проводить обезжелезивание и деманганацию с высокой эффективностью. К таким загрузкам относятся Бирм (Birm), пиролюзит, магнетит, Гринсенд (Manganese Greensand, MZ–10) и МТМ. Эти природные материа-

лы содержат перманганат марганца и при фильтрации через эти загрузки происходит окисление железа и марганца, перевод их в нерастворимую гидроокись, которая осаждается на загрузке. Пленка из окислов марганца расходуется на окисление железа и марганца, и поэтому ее необходимо восстанавливать. Для этого загрузку периодически обрабатывают раствором перманганата калия либо дозируют его в воду с помощью системы пропорционального дозирования перед поступлением ее в фильтр.

**Фторирование и обесфторивание воды.** Недостаток фтора в воде так же как, и его избыток оказывает негативное воздействие на здоровье человека. Оптимальное содержание фтора в воде 0,7–1,5 мг/л.

Обесфторивание воды осуществляется с применением следующих методов: реагентный, фильтрование через фторселективные материалы, к которым относится: активированный оксид алюминия; фосфатсодержащие сорбенты; магниевые сорбенты (оксифториды магния); активированные угли; алюмомодифицированные материалы.

При реагентном методе обесфторивания воды применяются следующие реагенты: сульфат алюминия, полиоксихлориды алюминия.

**Дезодорация воды.** Запахи и привкусы воды обусловлены присутствием в ней микроорганизмов, некоторых неорганических (сероводород и железо) и органических веществ. Иногда органолептические свойства воды ухудшаются при передозировке реагентов или при неправильной эксплуатации водоочистных сооружений. Универсальных методов дезодорации не существует, но использование некоторых из них в сочетании обеспечивают требуемую степень очистки. Если вещества, вызывающие неприятные привкусы и запахи, находятся во взвешенном и коллоидном состоянии, то хорошие результаты дает их коагулирование. Привкусы и запахи, обусловленные неорганическими веществами, которые находятся в растворенном состоянии, извлекают дегазацией, обезжелезиванием, обессоливанием. Запахи и привкусы, вызванные органическими веществами, отличаются большой стойкостью. Их извлекают путем оксидации и сорбции. Для устранения запахов и привкусов, вызванных находящимися в воде микроорганизмами, применяют окисление с последующей сорбцией веществ. Запахи и привкусы природной воды могут быть устранены совместно с хлорированием или озонированием, а также окислением перманганатом калия. Действие окислителей эффективно лишь по отношению к ограниченному числу загрязнений. Недостатком окислительного метода является необходимость дозирования окислителя.

**Подготовка воды в оборотных системах охлаждения.** Оборотные системы промышленных предприятий обеспечиваются водой для охлаждения, которая перекачивается из искусственного охладителя, где вода отдает тепло воздуху. В оборотных системах вода охлаждается в градирнях, брызгальных бассейнах, прудах – охладителях.

Вода, циркулирующая в оборотной системе охлаждения, подвергается физико-химическим воздействиям: упариванию, нагреванию, охлаждению, аэрации, многократному контакту с охлаждаемой поверхностью в результате этого изменяется ее состав. Особенно часто нарушается нормальная работа циркуляционных систем в результате появления на стенках теплообменных аппаратов накипи, биологических обрастаний, коррозии металлических элементов систем. Отложения на стенках аппаратов и труб вызывают также увеличение потерь напора при движении по ним воды, ухудшение условий теплопередачи и уменьшение расходов охлаждающей воды, что приводит к снижению эффекта охлаждения, нарушению технологических режимов работы теплообменных аппаратов. Потери воды за счет испарения и разбрызгивания компенсируются добавочной водой из источника.

Потери воды на испарение  $Q_1$  определяют по формуле:

$$Q_1 = k_1 \Delta t Q_0,$$

где  $k_1$  – коэффициент, зависящий от температуры воздуха;  $\Delta t$  – разность температур до и после охлаждения;  $Q_0$  – расход охлаждаемой воды, м<sup>3</sup>/ч.

Потери воды из системы на разбрызгивание  $Q_2$  зависят от типа, конструкции и размеров охладителя и определяются по формуле:

$$Q_2 = k_2 Q_0,$$

где  $k_2$  – коэффициент потерь воды на разбрызгивание.

Необходимость обработки охлаждающей воды для борьбы с отложениями накипи возникает в системах оборотного водоснабжения. Основным соединением, встречающимся в составе накипи в охлаждающих системах, является карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$ . Для предотвращения образования карбоната кальция применяют следующие методы обработки воды:

1. Освежение оборотной воды, т. е. непрерывное добавление в систему свежей воды с меньшей карбонатной жесткостью и сбросом (продувкой) части отработавшей воды.

2. Введение в добавочную воду фосфатов, тормозящих процесс кристаллизации  $\text{CaCO}_3$ .

3. Подкисление воды. При этом карбонатная жесткость свежей воды переходит в некарбонатную, соли которой не выпадают в осадок, что приводит к снижению рН и возрастанию концентрации свободной углекислоты  $\text{CO}_2$ .

4. Умягчение воды в целях снижения содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , которые в виде нерастворимых солей удаляются из воды отстаиванием при известковании или в результате катионирования.

5. Рекарбонизация оборотной воды – возмещение потерь равновесной углекислоты.

6. Магнитная акустическая обработка воды.

Для борьбы с развитием в оборотных системах биологических обрастаний наибольшее распространение получила обработка воды хлором и медным купоросом.

Системы охлаждения теплообменных аппаратов подвержены процессам электрохимической и биологической коррозии. Предотвращения коррозионного действия воды может быть достигнуто одним из следующих способов:

1. Нанесение защитных покрытий на омываемые водой металлические поверхности.

2. Удаление из воды коррелирующих агентов (кислорода, сероводорода, свободной углекислоты).

3. Нанесение карбонатной, силикатной или фосфатной пленки на внутренние поверхности труб.

## Глава 3. ВОДООТВЕДЕНИЕ

### 3.1. Основные элементы и схемы систем канализации населенных пунктов

**Виды сточных вод.** Сточные воды (СВ) делятся на бытовые (хозяйственно-фекальные), производственные и поверхностные (атмосферные).

К *бытовым* относят сточные воды от кухонь, туалетных комнат, душевых, бань, прачечных, столовых, больниц и т.д. По природе загрязнений бытовые сточные воды могут быть фекальными и хозяйственными.

*Производственные сточные воды* образуются на предприятиях при использовании воды в технологическом процессе и делятся на загрязненные и условно чистые (условно чистые можно сбрасывать в водоем без очистки).

*Поверхностные сточные воды* образуются в результате выпадения атмосферных осадков (дождя или снега), а также работы дренажных систем. Они отличаются большой неравномерностью поступления и высоким содержанием минеральных взвесей. Дождевой или дренажный сток с территорий промышленных предприятий обычно содержит специфические загрязнения, связанные с характером и технологией производства.

Под канализацией понимают комплекс оборудования, сетей и сооружений, предназначенных для организованного приема, удаления по трубопроводам за пределы населенного пункта, а также их очистки и обезвреживания перед утилизацией или сбросом в водоем.

**Системы канализации.** Существуют два вида канализации: вывозная и сплавная. В первом случае жидкие отходы собирают в выгребы, а затем вывозят автотранспортом на поля ассенизации или в специальные места, согласованные с санитарными органами. При сплавной канализации сточные воды по подземным трубопроводам транспортируются на очистные сооружения.

Сплавная канализация состоит из внутренних канализационных устройств зданий, наружной внутриквартальной и уличной канализационной сети, насосных станций и напорных трубопроводов, очистных сооружений и выпуска.

Сплавные системы водоотведения делятся на общесплавные, полные раздельные, неполные раздельные, полураздельные, комбинированные.

Общесплавная система водоотведения предполагает отведение на очистные сооружения всех видов сточных вод по одной подземной сети труб и каналов. Для облегчения условий работы насосных станций и очистных сооружений в периоды сильных дождей, а также для уменьшения размеров главных коллекторов на них устанавливают ливнеспуски – камеры, через которые в ближайший водоем сбрасывается часть смеси городских и дождевых сточных вод.

К достоинствам общесплавной системы относятся минимальная протяженность водоотводящих сетей и связанное с этим сокращение количества смотровых колодцев и объемов земляных работ при строительстве.

К недостаткам общесплавной системы относятся значительные единовременные затраты на строительство сети большого сечения, насосных станций и очистных сооружений, учитывающие одновременное отведение и очистку основного объема бытовых, производственных и дождевых сточных вод. В периоды дождей существует опасность подтопления подвальных помещений зданий. Сброс некоторой части загрязнений общего стока через ливнеспуски непосредственно в водоем также нежелателен по экологическим соображениям.

Полная раздельная система водоотведения предусматривает две самостоятельные сети трубопроводов: одна – для бытовых и загрязненных производственных сточных вод, другая – для отведения поверхностного стока и условно чистых производственных сточных вод.

К достоинствам полной раздельной системы водоотведения следует отнести возможность строительства бытовой сети в качестве первой очереди, минимальную стоимость строительства и эксплуатации городских очистных сооружений, а также сравнительно равномерный режим работы бытовой сети. Недостатком полной раздельной системы является сброс всего объема дождевых вод без очистки в водоем.

Полная раздельная система водоотведения может быть с локальной очисткой дождевых вод и с централизованной очисткой дождевых вод. Недостатком полной раздельной системы с централизованной очисткой дождевых сточных вод является необходимость строительства и эксплуатации главного перехватывающего коллектора и центральных очистных сооружений поверхностного стока.

Неполная раздельная система водоотведения предусматривает сеть трубопроводов для отвода бытовых и загрязненных производственных сточных вод и устройство открытой (поверхностной) дождевой сети в виде уличных лотков, кюветов и канав. В реальных условиях неполная раздельная система существует как начальный этап освоения полной раздельной системы, тесно связанный с развитием благоустройства и улучшением дорожных покрытий городов.

Полураздельная система водоотведения предусматривает устройство двух сетей – производственно-бытовой и дождевой, в местах пересечения которых устраивают так называемые разделительные камеры. При малых расходах дождевой воды весь ее объем смешивается в камерах с производственно-бытовыми стоками и поступает в главный коллектор. Таким образом, в начальный период дождя, когда с городской и производственной территорий смывается основная часть загрязнений, а суммарный расход смешанных стоков в сети возрастает не столь значительно, работа полураздельной системы аналогична общесплавной системе водоотведения. При больших расходах дождевой воды ее наиболее значительная, но наименее загрязненная часть, попадая в разделительные камеры, отводится в водоем без очистки. Принцип действия разделительных камер основан на увеличении дальности полета компактной части потока дождевой воды при увеличении скорости ее движения в уличном коллекторе. В результате этого в период интенсивного выпадения дождя работа полураздельной системы аналогична полной раздельной системе водоотведения.

К достоинствам полураздельной системы относятся возможность поэтапного строительства уличных коллекторов производственно-бытовой сети и коллекторов дождевой сети, а также то, что во время дождя в водоем поступает минимальное количество загрязнений.

К недостаткам полураздельной системы относятся неустойчивый режим работы главного коллектора с разделительными камерами в период дождя и вызванная этим сложность эксплуатации системы в целом.

Комбинированная система водоотведения предусматривает наряду с общесплавной системой элементы полной или неполной раздельных систем. Такая система водоотведения складывается в тех случаях, когда бытовые сети новых районов города присоединяют к общесплавным коллекторам существующей части города.

Выбор системы водоотведения наряду с другими факторами зависит от климатических условий, рельефа города и требует экологических и технико-экономических обоснований.

Применение общесплавной системы целесообразно при наличии крупных проточных водоемов в районах, характеризующихся небольшим количеством атмосферных осадков, и в городах с высокой плотностью населения (многоэтажная застройка). Именно в этих условиях экологический ущерб от применения общесплавной системы минимален, так как ливнеспуски почти не используются.

Применение полной раздельной системы без очистки дождевого стока нецелесообразно по экологическим соображениям. Полная раздельная система с локальными очистными сооружениями на 11...15 % дороже других систем. Применение полной раздельной системы с централизованными очистными сооружениями поверхностного стока целесообразно в климатических районах с интенсивным выпадением дождей (Дальний Восток, некоторые районы Кавказа).

Область применения полураздельной системы водоотведения значительно шире, так как она лишена ряда недостатков и ограничений, присущих общесплавной и полной раздельной системам.

В нашей стране наибольшее распространение получили: в больших городах – полные раздельные системы, в малых городах – неполные раздельные системы. Полураздельные системы, несмотря на их перспективность, большого распространения не получили из-за недостаточной практической изученности. В странах Западной Европы и США как в крупных, так и малых городах чаще всего применяют общесплавную систему.

**Схемы трассировки городских водоотводящих сетей.** Канализационные сети строят обычно самотечными. Для этого всю канализуемую территорию делят на бассейны канализования, где соответственно рельефу прокладывают коллекторы, собирающие сточные воды с одного или нескольких бассейнов. Трассировка коллекторов обычно осуществляется по пониженным участкам местности, что обеспечивает прокладку присоединяемых к ним выше лежащих участков уличной сети на минимальной глубине. Для осмотра, промывки и прочистки канализационной сети на ней устраивают смотровые колодцы. Для приема атмосферных вод предусматривают дождеприемники – колодцы с металлической решеткой сверху. Пересечение коллекторов железными дорогами, реками и оврагами осуществляют путем устройства дюкеров, эстакад и т. п.

Схема трассировки городских водоотводящих сетей определяется главным образом рельефом местности, характером водоема, планировочными решениями городской застройки, а также намечаемым местом для размещения очистных сооружений и выпуска очищенных сточных вод. Общая схема водоотведения состоит из разветвленных самотечных сетей (внутриквартальные, уличные, районные и главные коллекторы), смотровых колодцев, насосных станций, напорных трубопроводов, дюкеров, переходов, очистных сооружений и выпусков. Схемы канализационных сетей в зависимости от видов сточных вод могут быть незамкнутые и замкнутые (пересеченные).

Незамкнутые схемы используются для отведения в водоем без очистки или после локальной очистки поверхностных сточных вод города и промышленного предприятия, а также условно чистых производственных сточных вод. В зависимости от топографических и планировочных особенностей города незамкнутые схемы по начертанию в плане подразделяются на перпендикулярные, параллельные, веерные, радиальные, зонные (рис. 3.1.1). Перпендикулярная схема (рис. 3.1.1, *а*), по которой сточные воды кратчайшим путем направляются в водоем, предполагает наличие равномерного и умеренного уклона местности. Эта схема получила наибольшее распространение. Параллельная (рис. 3.1.1, *б*) и веерная (рис. 3.1.1, *в*) схемы применяются при наличии крутого уклона местности к реке и дают возможность уменьшить максимальные скорости в трубопроводах, не прибегая к устройству многочисленных перепадных колодцев. Радиальная схема (рис. 3.1.1, *г*) используется при расположении города на возвышенности, охватываемой речной излучиной. Зонная схема (рис. 3.1.1, *д*) применяется при наличии прямого и обратного ската местности с водоразделом между ними.

Замкнутые (пересеченные) схемы отличаются от незамкнутых наличием главного (перехватывающего) коллектора и используются для отведения на городские очистные сооружения бытовых и загрязненных производственных сточных вод. Перекачка сточных вод увеличивает эксплуатационные расходы, и поэтому следует стремиться отводить сточные воды на очистные сооружения самотеком.

**Глубина заложения канализационных сетей.** При проектировании водоотводящих сетей различают минимальную, максимальную и начальную глубины заложения сети.

Минимальная глубина заложения труб при диаметре труб до 500 мм на 0,3 м меньше глубины промерзания грунта в данном районе, а

при диаметре труб свыше 500 мм – на 0,5 м меньше глубины промерзания. Во всех случаях из условия предохранения труб и разрушения под действием внешних нагрузок заглубление должно быть не менее 0,7 м до верха трубы. При условии проезда тяжелого наземного транспорта это значение должно быть увеличено до 1,5 м.

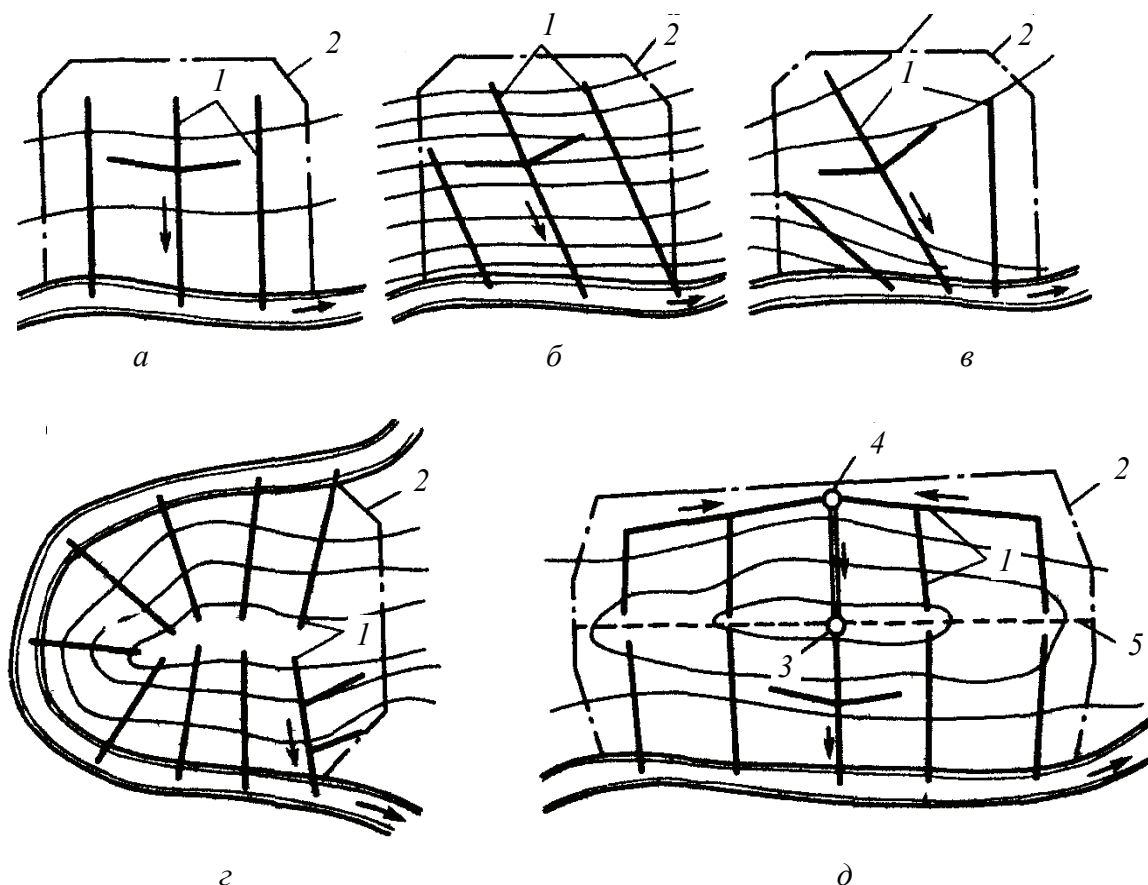


Рис. 3.1.1. Схемы незамкнутых водоотводящих сетей: 1 – коллекторы бассейнов водоотведения; 2 – границы обслуживаемого объекта; 3 – камера гашения напора; 4 – насосная станция; 5 – граница бассейнов водоотведения

Максимальная глубина заложения трубопроводов при открытом способе прокладки сетей зависит от характера грунтов, уровня грунтовых вод и материала труб. В нормальных сухих грунтах ее принимают в пределах 7...8 м, в мокрых и плавунных – 5...6 м, в скальных – 4...5 м.

Начальная глубина заложения уличной сети в диктующей точке главного коллектора  $H$ , м, определяется по формуле

$$H = h + i(L + l) - (Z_2 - Z_1) + \Delta d,$$

где  $h$  – минимальная глубина заложения трубопровода в начальном колодце (дворовой внутриквартальной сети), м;  $L$  – длина дворовой

сети от начального дворового колодца до контрольного колодца, м;  $l$  – расстояние от контрольного колодца до начального колодца уличного коллектора, м;  $i$  – уклон внутриквартальной или дворовой сети, принимаем  $i = 0,007 \dots 0,01$  для  $d = 150$  мм, и  $i = 0,005 \dots 0,007$  для  $d = 200$  мм,  $L + l$  – длина внутриквартальной сети от наиболее удаленного колодца до места присоединения ее к уличной сети;  $Z_1$  и  $Z_2$  – отметки поверхности земли у колодца уличной сети и начального колодца дворовой сети соответственно, м;  $\Delta d$  – разница диаметров трубопроводов уличной и дворовой сети.

Прокладку сети рекомендуют производить в пределах проезжей части и в зонах зеленых насаждений. На пересечении с железнодорожными путями, трассами метрополитенов, вблизи уникальных зданий следует предусматривать дублирующие линии с камерами для их связи. Совмещенная прокладка трубопроводов и коллекторов различного назначения позволяет более экономично и рационально организовать производство работ.

Укладку всех видов сетей необходимо вести параллельно оси уличного проезда или красной линии застройки. При пересечении канализационных труб с водопроводными, как правило, первые прокладывают ниже водопроводных с расстоянием по вертикали в свету не менее 0,4 м. В противном случае водопровод заключается в кожух длиной не менее 5 м, а в фильтрующих грунтах – 10 м в обе стороны (по горизонтали) от места их пересечения.

**Основы гидравлического расчета канализационных сетей.**  
*Нормы водоотведения.* Среднее суточное количество сточной воды, отводимой от одного жителя, называемое нормой водоотведения или удельным водоотведением  $q_{ж}$ , л/сут на 1 чел., установлено на основании опыта работы действующих систем водоотведения (табл. 3.1.1).

Таблица 3.1.1

**Нормы водоотведения бытовых сточных вод для районов жилой застройки**

Степень благоустройства районов жилой застройки	Водоотведение на одного жителя, л/сут
Здания без внутреннего водопровода и канализации	25
Здания с внутренним водопроводом и канализацией без ванн	125...160
То же, с ваннами, оборудованными местными водонагревателями	160...230
То же, с централизованным горячим водоснабжением	230...350

Данные нормы учитывают расходы воды от административных зданий и коммунально-бытовых предприятий, расположенных в городах.

Удельное водоотведение на промышленных предприятиях учитывает расходы бытовых (хозяйственно-фекальных) душевых и производственных стоков. Нормы водоотведения на бытовые нужды составляют 25 л/чел в смену для холодных цехов и 45 л/чел в смену для горячих цехов (с тепловыделением более 80 кДж/ч на 1 м<sup>3</sup> помещения), а на душевые нужды – 500 л/ч на одну душевую сетку. Продолжительность пользования душем составляет 45 мин после окончания смены. Удельное водоотведение производственных сточных вод зависит от вида выпускаемой продукции или исходного сырья и изменяется в широких пределах.

Канализационную сеть рассчитывают на пропуск максимального секундного расхода сточных вод:

$$q_{\text{max.с.}} = \frac{N \cdot q_{\text{ж}}}{86400} \cdot K_{\text{общ}}, \text{ л/с,}$$

где  $N$  – численность населения города;  $q_{\text{ж}}$  – норма водоотведения бытовых вод принимается равной норме водопотребления;  $K_{\text{общ}}$  – общий коэффициент неравномерности водоотведения бытовых сточных вод определяется в зависимости от величины среднего секундного расхода:

$$q_{\text{ср.с.}} = \frac{N \cdot q_{\text{ж}}}{86400}, \text{ л/с.}$$

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

$$q_0 = \frac{\rho \cdot q_{\text{ж}}}{86400},$$

где  $\rho$  – плотность населения на 1 га, тогда

$$q_{\text{max.с.}} = q_0 \cdot F \cdot K_{\text{общ}},$$

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

Максимальный секундный расход для производственных сточных вод:

$$q_{\text{max.с.}} = \frac{P_{\text{см}} \cdot q_{\text{пр}}^a}{T \cdot 3600} \cdot K_{\text{ч}},$$

где  $q_{\text{пр}}$  – норма водоотведения на единицу продукции, м<sup>3</sup>;  $P_{\text{см}}$  – количество продукции в смену с максимальной выработкой продолжи-

тельностью  $T$ , ч;  $K_q$  – коэффициент часовой неравномерности водоотведения производственных сточных вод, зависящий от технологических условий.

Расчетный расход сточных вод на участке канализационной сети определяется по формуле:

$$q_p = q_{тр} + q_{поп} + q_c,$$

где  $q_{тр}$  – транзитный расход воды, поступающий в расчетный участок сети из боковой сети;  $q_{поп}$  – попутный расход, поступающий в расчетный участок сети от зданий прилегающего квартала. Этот расход условно считают присоединенным в начале участка сети, к которому примыкает квартал;  $q_c$  – сосредоточенный расход от промышленного предприятия.

Бытовую канализацию рассчитывают на частичное наполнение труб –  $H/D$ . Расчетные наполнения в трубопроводах бытовой канализации рекомендуется принимать в зависимости от диаметра труб:

$D$ , мм	150–300	350–450	500–900	> 900
$H/d$	0,6	0,7	0,75	0,8

Минимальные диаметры трубопроводов сетей уличной канализации принимаются в зависимости от системы канализации

Полная раздельная система	Общесплавная система	Хозяйственно-бытовая система	Дождевая система
$D$ , мм	200	250	250

Расчетной скоростью называют скорость течения при расчетном расходе и наполнении. Минимальной скоростью (самоочищающей) называют наименьшую допустимую скорость течения, при которой обеспечивается самоочищение труб:

$D$ , мм	150–250	300–400	450–500	600–800	900–1200	1300–1500	> 1500
$V$ , м/с	0,7	0,8	0,9	1	1,15	1,3	1,5

Наибольшую расчетную скорость движения сточных вод следует принимать 8 м/с – для металлических труб и 4 м/с – для неметаллических.

Канализационные трубы прокладывают с уклоном.

Наименьшим уклоном трубы называется уклон, обеспечивающий при расчетном наполнении трубы скорость самоочищения.

Наименьшие уклоны труб бытовой канализации принимают для труб диаметром 150 мм – 0,08, 200 мм – 0,005, 250 мм и более – определяют гидравлическим расчетом в зависимости от допускаемых ми-

нимальных скоростей. Ориентировочно минимальный уклон можно определить по выражению:  $i_{\min} = 1/d$ , где  $d$  – диаметр трубы в мм.

В ходе гидравлического расчета канализационной сети по полученным значениям расчетных расходов сточных вод определяют диаметры труб, уклоны, обеспечивающие требуемые значения расчетных скоростей и наполнений.

**Сооружения на канализационных сетях.** На канализационных сетях сооружают *колодцы и камеры*. В зависимости от назначения смотровые колодцы подразделяют на линейные, поворотные, узловые и специальные. К специальным относятся контрольные, промывные, колодцы с гидрозатвором, колодцы – дождеприемники. Отдельную группу смотровых колодцев составляют перепадные колодцы. Камеры сооружают на всех канализационных сетях в местах соединения нескольких линий больших диаметров в один коллектор. Трубы внутри колодцев и камер заменяют открытыми лотками с бермой с небольшим уклоном от стенок колодца к лотку.

Устройство лотков в колодцах различного назначения приведено на рис. 3.1.2. Как видно из рисунка, поворотный колодец отличается от линейного формой лотка, который имеет криволинейное очертание в виде плавной кривой с минимальным радиусом искривления, равным двум – трем диаметрам труб. Угол поворота не должен быть более  $90^\circ$ .

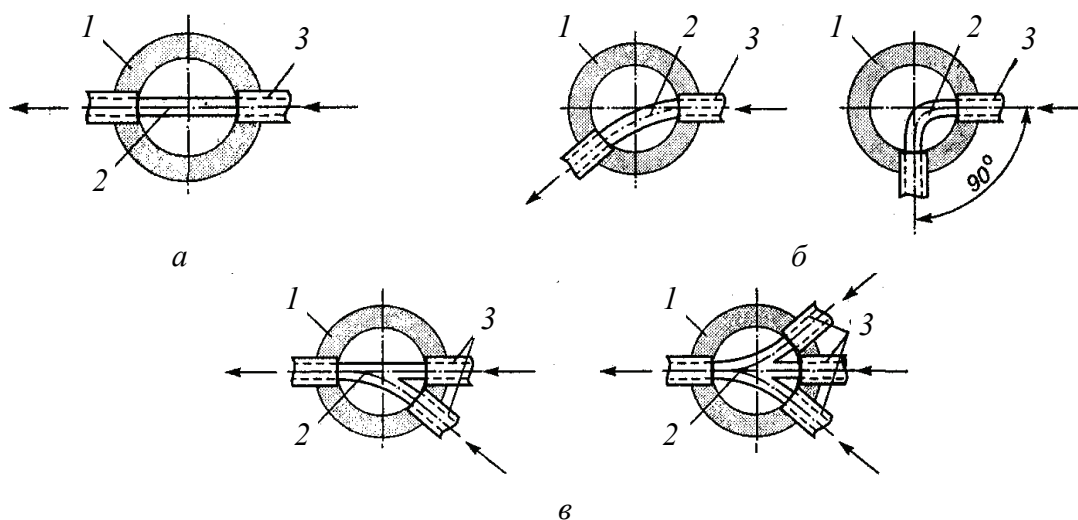


Рис. 3.1.2. Лотки смотровых колодцев: *а* – линейные; *б* – поворотные; *в* – узловые; 1 – стенки колодцев; 2 – лотки; 3 – трубы

Устройство узлового колодца для уличной сети представлено на рис. 3.1.3.

При пересечении трубопроводов с препятствиями устраивают дюкеры, переходы и эстакады. *Дюкер* (рис. 3.1.4) состоит из следующих основных элементов: напорных трубопроводов, верхней и нижней камер. Напорные трубопроводы дюкера выполняются не менее чем из двух ниток стальных труб с усиленной антикоррозионной изоляцией. Диаметр должен быть не менее 150 мм. Обе нитки должны быть рабочими. Устройство дюкера с одной рабочей и одной резервной трубой допускается при небольших расходах. Дюкер укладывается в траншее по дну русла. Глубина заложения подводной части трубопровода должна приниматься не менее 0,5 м до верха трубы, а в пределах фарватера на судоходных реках не менее 1 м. Расстояние между трубами дюкера по горизонтали в свету должно быть не менее 0,7–1,5 м. Аварийный выпуск может быть проложен из верхней камеры дюкера или из ближайшего колодца перед ним.

*Переходы* под железными и автомобильными дорогами применяют: для дорог, проходящих в глубоких выемках, – дюкерные, а в остальных случаях – самотечные.

*Эстакады* устраивают при пересечении глубоких оврагов или суходолов с самотечными трубопроводами, отметки лотка которых значительно превышают отметки дна пересекаемого препятствия. Конструктивно эстакада представляет собой мост на высоких опорах, по которому проложен самотечный трубопровод в утепленном коробе – футляре.

**Материал канализационных труб.** Для напорных коллекторов применяют *чугунные, железобетонные, стальные и асбестоцементные* трубы. Стальные трубы преимущественно используют при про-

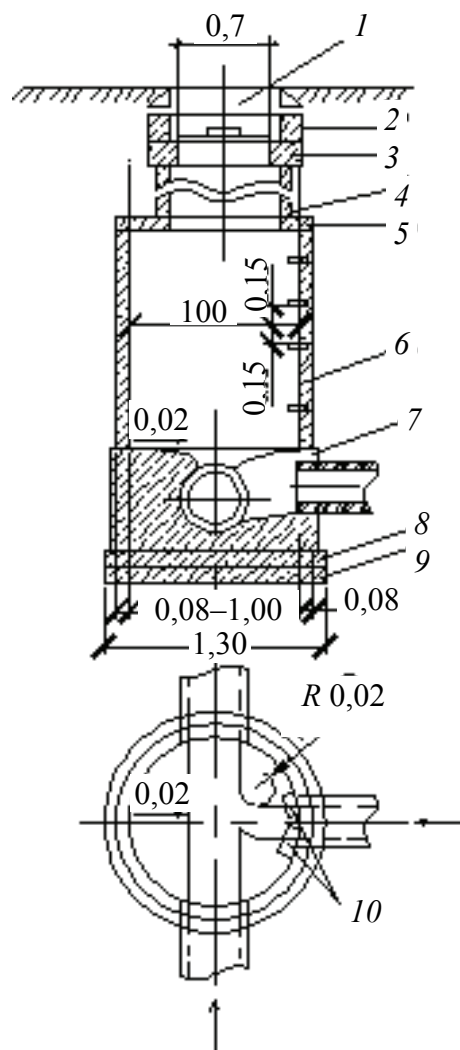


Рис. 3.1.3. Узловой колодец диаметром до 400 мм: 1 – чугунный люк с крышкой; 2, 3 – кольца регулировочное и опорное; 4, 6 – железобетонные кольца диаметром 700 и 1000 мм; 5 – плита перекрытия; 7 – регулировочные блоки; 8 – основание; 9 – подготовка; 10 – скобы

кладке дюкеров, монтажа трубопроводов в насосных станциях, для устройства выпусков сточных вод в сейсмических районах.

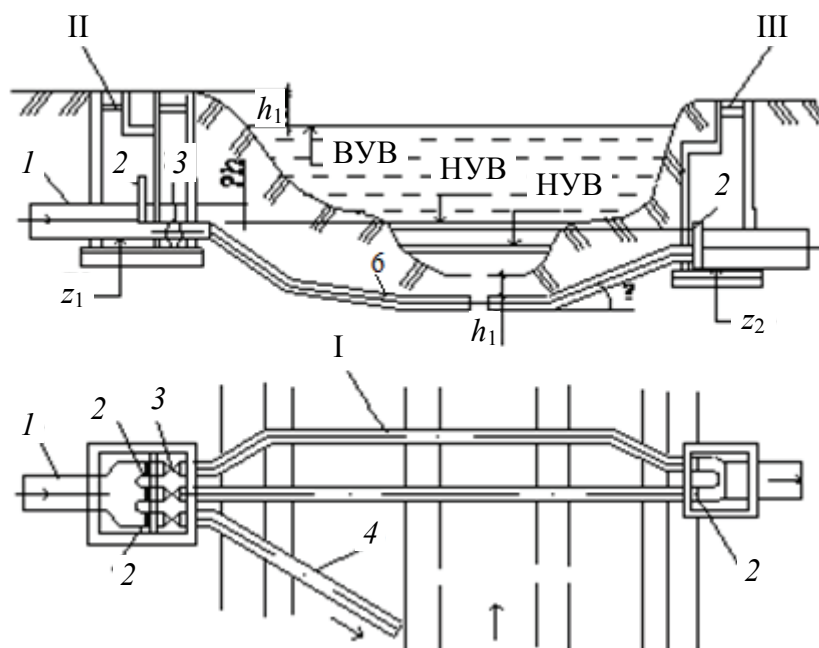


Рис. 3.1.4. Схема дюкера через реку: I – напорные трубопроводы; II – верхняя камера; III – нижняя камера; 1 – подводящий самотечный трубопровод; 2 – щитовые затворы; 3 – задвижки; 4 – аварийный выпуск

Трубы чугунные для безнапорных трубопроводов выпускают по ГОСТ 6942–98.

Для прокладки самотечных канализационных сетей широко применяются безнапорные *асбестоцементные* (ГОСТ 1839–80\*), *пластмассовые* ГОСТ 22689.089, *бетонные* (ГОСТ 20054–82), *железобетонные* (ГОСТ 6482–88), *керамические* (ГОСТ 286–82) трубы.

*Коллекторы* проектируют из круглых железобетонных труб, а при отсутствии нужного размера труб — из сборных железобетонных элементов. При прокладке коллекторов на большой глубине способом щитовой проходки устраивают коллекторы круглого сечения из бетонных или железобетонных блоков (в водоносных грунтах могут применяться блоки из чугуна – тубинги).

**Устройство дождевой канализации.** Начертание дождевой (водосточной) сети в плане зависит от:

- рельефа местности;
- размера территории;
- расположения подземных коммуникаций.

Дождевые воды, стекающие с поверхности земли, поступают в закрытую водосточную сеть через *дождеприемники* (рис. 3.1.5). Дождеприемник представляет собой колодец, перекрытый сверху приемной решеткой 1. Из дождеприемника дождевая вода по соединительной ветке 2, закладываемой в низовой части дождеприемника, поступает в подземную водосточную сеть. Дождеприемники бывают круглыми, диаметром не менее 0,7 м или прямоугольными (размером 0,6×0,9 м). Основание дождеприемника без осадочной части закладывается на глубину не менее 0,8 м. Приемные решетки изготавливают из чугуна и стали. Размещение дождеприемников предусматривается во всех пониженных местах, а также у перекрестков до створа организованных переходов улиц. Расстояние между дождеприемниками принимается в зависимости от уклона улиц от 50 до 80 м друг от друга (при ширине улиц до 30 м и условии, что в дождеприемники не поступают дождевые воды с территории кварталов). При отводе дождевых вод с внутренней стороны квартала расстояние между дождеприемниками принимается по расчету.

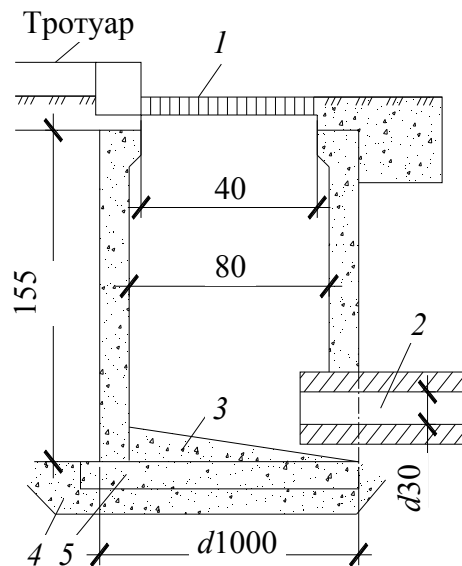


Рис. 3.1.5. Схема устройства железобетонного дождеприемника: 1 – приемная решетка; 2 – соединительная ветка; 3 – лоток с набивкой; 4 – песчаная подушка; 5 – основание (размеры даны в см)

В целях уменьшения сечения и длины дождевой (водосточной) сети ее трассируют вдоль городских проездов по кратчайшему расстоянию от мест сброса. При ширине проезда до 30 м подземная водосточная сеть проходит по его середине. При большей ширине проезда водосток можно прокладывать в две линии по обеим его сторонам.

При интенсивных дождях часть СВ через *ливнеспуски* сбрасывается в водоем без очистки. Схема работы ливнеспуска приведена на рис. 3.1.6.

**Канализационные насосные станции (КНС)** строят, когда рельеф местности не позволяет отводить сточные воды и атмосферные осадки самотеком к месту очистки. Эти станции необходимо строить, если глубина канализационных коллекторов превосходит 4–8 м

(в зависимости от грунтов). Наиболее целесообразно располагать канализационные насосные станции на свободных территориях вблизи промышленных предприятий, складских помещений и зеленых массивов.

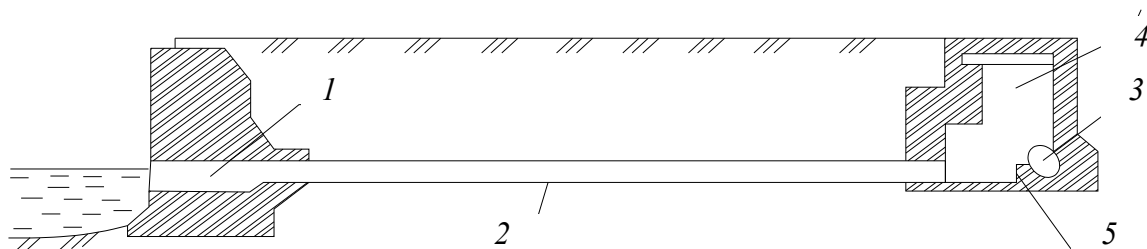


Рис. 3.1.6. Схема ливнеспуска: 1 – оголовок ливнеотвода; 2 – ливнеотвод; 3 – береговой коллектор; 4 – камера ливнеспуска; 5 – водослив

КНС разделяются на четыре группы: для перекачивания бытовых сточных вод, производственных сточных вод, атмосферных вод и осадков (на очистных сооружениях). Станции первой группы могут быть районными, перекачивающими сточную жидкость из отдельных коллекторов в главный коллектор, и главными, перекачивающими сточную жидкость на очистные сооружения. На станциях второй группы предусматривается защита оборудования от агрессивной сточной жидкости и периодическая промывка оборудования. Станции третьей группы предусматриваются в сети дождевой канализации, когда отвод дождевой воды самотеком на данном участке местности невозможен. Станции четвертой группы входят в состав очистных сооружений и обработки осадков. Эти станции служат для перекачивания осадка из первичных сборников на сооружения по обработке активного ила, песка, а также для повышения напора в канализационных магистралях большой протяженности.

Наличие КНС в технологической схеме не обязательно и определяется рельефом местности и пропускной способностью станций очистки. Технологический процесс перекачивания состоит из двух операций: освобождение жидкости от твердых габаритных отбросов, песка, камней и перекачивания относительно чистой жидкости. Поэтому всегда строят два помещения: помещение с приемным резервуаром и очистными решетками, дробилками и насосный зал. Эти помещения могут быть разделены или совмещены и, соответственно, станции называются: раздельного или совмещенного типа. КНС бывают незаглубленные (до 4 м относительно поверхности земли), полу-

заглубленные (до 7 м) и шахтного типа (свыше 8 м) с насосами горизонтального, вертикального или осевого типа, с ручным или автоматическим управлением.

### 3.2. Сооружения для очистки сточных вод

**Состав и свойства сточных вод, виды загрязнений, понятие о санитарно-химическом анализе.** По своей природе загрязнения сточных вод подразделяются на органические, минеральные и биологические. Органические загрязнения – это примеси растительного и животного происхождения. Минеральные загрязнения – это кварцевый песок, глина, щелочи, минеральные кислоты и их соли, минеральные масла и т. д. Биологические и бактериальные загрязнения – это различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии, в том числе болезнетворные – возбудители брюшного тифа, дизентерии и др.

По классификации Кульского все примеси сточных вод, независимо от их происхождения, разделяются на четыре группы в соответствии с размером частиц.

К первой группе примесей относят нерастворимые в воде грубодисперсные примеси. Значительная часть загрязнений этой группы может быть выделена из воды в результате гравитационного осаждения.

Вторую группу примесей составляют: вещества коллоидной степени дисперсности с размером частиц менее  $10^{-6}$  см. В зависимости от физических условий, примеси этой группы способны изменять свое агрегатное состояние. Малый размер их частиц затрудняет осаждение под действием сил тяжести. При разрушении агрегативной устойчивости примеси выпадают в осадок.

К третьей группе относят примеси с размером частиц менее  $10^{-7}$  см. Они имеют молекулярную степень дисперсности. При их взаимодействии с водой образуются растворы. Для очистки сточных вод от примесей третьей группы применяют биологические и физико-химические методы.

Примеси четвертой группы имеют размер частиц менее  $10^{-8}$  см, что соответствует ионной степени дисперсности. Это растворы кислот, солей и оснований. Некоторые из них, в частности, аммонийные соли и фосфаты частично удаляются из воды в процессе биологической очистки. Однако технология очистки бытовых сточных вод

(полная биологическая очистка) не позволяет изменить солесодержание воды. Для снижения концентрации солей используют следующие физико-химические методы очистки: ионный обмен, электролиз и т. д.

Состав сточных вод и их свойства оценивают по результатам санитарно-химического анализа. Сложность состава сточных вод и невозможность определения каждого из загрязняющих веществ приводит к необходимости выбора таких показателей, которые характеризовали бы определенные свойства воды без идентификации отдельных веществ. Такие показатели называются групповыми или суммарными. Полный санитарно-химический анализ включает следующие показатели: температура, окраска, запах, прозрачность, величина рН, сухой остаток, плотный остаток и потери при прокаливании, взвешенные вещества, оседающие вещества по объёму и по массе, перманганатная окисляемость, химическая потребность в кислороде (ХПК), биохимическая потребность в кислороде (БПК), азот (общий, аммонийный, нитритный, нитратный), фосфаты, хлориды, сульфаты, тяжелые металлы и другие токсичные элементы, поверхностно – активные вещества, нефтепродукты, растворенный кислород, микробное число, бактерии группы кишечной палочки (БГКП), яйца гельминтов. Кроме перечисленных показателей, в число обязательных тестов полного санитарно-химического анализа на городских очистных станциях может быть включено определение специфических примесей, поступающих в водоотводящую сеть населенных пунктов от промышленных предприятий.

Под концентрацией загрязнения понимается масса загрязнений в единице объема сточных вод,  $г/м^3$ ,

$$C = \frac{a}{q_n},$$

где  $a$  – норма поступления загрязнений,  $г/(чел \cdot сут)$ ;  $q_n$  – норма водоотведения,  $л/чел \cdot сут$ .

В случаях, когда производственные воды поступают в бытовую сеть, средняя концентрация загрязнений вычисляется по формуле:

$$C_{см} = \frac{C_{быт} \cdot Q_{быт} + C_{пр} \cdot Q_{пр}}{Q_{быт} + Q_{пр}},$$

где  $C_{быт}$  и  $C_{пр}$  – концентрации загрязняющего вещества в бытовой и производственной сточной воде соответственно,  $г/м^3$ ;  $Q_{быт}$  и  $Q_{пр}$  – расход бытовых и производственных сточных вод соответственно,  $м^3/сут$ .

**Определение необходимой степени очистки сточных вод перед сбросом в водоем.** Условия спуска сточных вод в водоемы рег-

ламентированы «Правилами охраны поверхностных сточных вод от загрязнений сточными водами».

Все водные объекты разделяются на два вида: объекты питьевого и культурно-бытового назначения (условно I вид); объекты, используемые для рыбохозяйственных целей (условно II вид).

Водные объекты I вида в свою очередь делятся на две категории: I категория включает объекты, используемые для централизованного и нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоснабжения предприятий пищевой промышленности. II категория включает объекты, используемые для отдыха людей и купания, а также территории объектов, находящихся в пределах населенных мест. Отнесение объектов к I или II категории производится Минздравом РФ.

Рыбохозяйственные водные объекты также делятся на две категории. К I категории относятся водные объекты, предназначенные для сохранения и воспроизводства ценных пород рыб, особо чувствительных к содержанию в воде растворенного кислорода. Ко II категории относят водные объекты, предназначенные для других рыбохозяйственных целей.

Требования, предъявляемые к качеству воды водоемов, зависят от их вида водоиспользования и категории и относятся к створам, расположенным на проточных участках на 1 км выше ближайшего пункта водопользования, на непроточных участках и водохранилищах – к створам в 1 км в обе стороны от пункта водопользования. Допустимые изменения состава воды в водоемах и водотоках после выпуска в них очищенных сточных вод приведены в табл. 3.2.1.

Технологические расчеты необходимой степени очистки сточных вод базируются на уравнении материального баланса:

$$q \cdot C_{\text{доп}} + Q \cdot C_{\text{ф}} = C_{\text{пдк}} (q + \gamma \cdot Q),$$

где  $q$ ,  $Q$  – расход сточных и речных вод, м<sup>3</sup>/ч;  $C_{\text{доп}}$  – концентрация загрязняющего вещества в сточной воде, допустимая к сбросу;  $C_{\text{ф}}$  – фоновая концентрация загрязняющего вещества в реке выше места выпуска, г/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{пдк}}$  – предельно допустимая концентрация в воде в зависимости от вида водопользования, г/м<sup>3</sup>;  $\gamma$  – коэффициент смешения, доли единицы.

При поступлении в водный объект вместе со сточными водами нескольких веществ с одинаковыми лимитирующими признаками вредности и относящихся к первому или второму классу опасности, должно соблюдаться условие:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – концентрации конкретных вредных веществ в воде водного объекта, мг/дм<sup>3</sup>;  $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$  – нормативное содержание этих веществ в воде, мг/дм<sup>3</sup>.

Таблица 3.2.1

**Требования к составу и свойствам воды в водоемах**

Показатели состава и свойств воды в водоеме после выпуска сточных вод	Требования к составу и свойствам воды в водоеме			
	Категории хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения		Категории рыбохозяйственного назначения	
	I	II	I	II
Содержание взвешенных веществ	Допускается увеличение не более чем на			
	0,25 мг/л	0,75 мг/л	0,25 мг/л	0,75 мг/л
	Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания на 5 % (взвешенные вещества со скоростью осаждения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются)			
Пленки нефтепродуктов, масел, жиров и других плавающих примесей	Не допускаются			
Запахи, привкусы и окраска	Допускаются запахи и привкусы интенсивностью не более 2 баллов (непосредственно или после хлорирования воды). Окраска не должна обнаруживаться в столбике воды высотой		Посторонние запахи, привкусы и окраска, влияющая на качество мяса рыб, не допускаются	
	20 см	10 мс		
Температура воды, °С	Допускается повышение не более чем на 3 °С по отношению к среднемесячной температуре самого жаркого месяца		Допускается повышение не более чем на 5 °С к естественной температуре воды (при наличии холодноводных рыб – лососевые, сиговые – общая температура воды не должна превышать 20 °С летом и 5 °С зимой; в остальных случаях – 28 °С и 8 °С)	
Водородный показатель	Не должен выходить за пределы 6,5–8,5			

Показатели состава и свойств воды в водоеме после выпуска сточных вод	Требования к составу и свойствам воды в водоеме			
	Категории хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения		Категории рыбохозяйственного назначения	
	I	II	I	II
Минеральный состав воды	Сухой остаток должен быть не более 1000 мг/л (в том числе хлориды до 300 и сульфаты до 100 мг/л)		Не нормируется	
Наличие растворенного кислорода	Должно быть не менее 4 мг/л		Должно быть не менее 6 мг/л	Зимой подо льдом должно быть не менее 4 мг/л, летом – не менее 6 мг/л
Биохимическая потребность в кислороде – БПК <sub>полн</sub> при температуре 20 °С	Не должна превышать			
	3 мг/л	6 мг/л	3 мг/л (если в зимний период содержание кислорода в воде снижается для водоемов I категории до 6 мг/л, II категории до 4 мг/л, то разрешается только сброс воды, не влияющий на БПК)	
Возбудители заболеваний	Не допускаются (после обеззараживания биологически очищенных вод коли – индекс не должен превышать 1000 при содержании остаточного хлора 1,5 мг/л)			
Токсичные вещества	Не допускаются в концентрациях, которые могут оказать прямо или косвенно вредное воздействие на живые организмы			

**Выбор места расположения канализационных очистных сооружений.** Относительно населенного пункта очистные сооружения устраивают ниже по течению реки и с подветренной стороны по отношению к преобладающим ветрам теплого времени года. Между границей жилой застройки и площадкой канализационных очистных сооружений должен быть разрыв, равный санитарно-защитной зоне, ширина которой зависит от состава и производительности очистных сооружений. Очистные сооружения не должны находиться в пределах водоохранной зоны.

**Методы очистки сточных вод.** Для очистки сточных вод применяют следующие методы:

– механический, основанный на механическом извлечении частиц загрязнений из сточных вод. К сооружениям механической очистки относятся решетки, решетки-дробилки, сита, песколовки, отстойники, жироловки, нефтеловушки, маслоловушки, смолоотделители;

– биологический, основанный на применении биохимических процессов окисления и восстановления загрязнений. Эти процессы могут происходить в естественных условиях или в искусственных, близких к естественным, на очистных сооружениях; они аналогичны процессам, происходящим в водных объектах или в почве. К сооружениям биологической очистки относятся аэротенки, биофильтры, биореакторы, поля орошения и поля фильтрации и биологические пруды;

– физико-химический: реагентная очистка, сорбция, экстракция, эвапорация, дегазация, ионный обмен, озонирование, электрофлотация, хлорирование, электродиализ и др. Для очистки городских сточных вод эти методы применяют весьма редко.

Для очистки городских сточных вод обычно используется следующая технологическая схема очистки (рис. 3.2.1).

### **Сооружения механической очистки сточных вод**

В блок механической очистки СВ входят: решетки, песколовки и первичные отстойники.

**Решетки** на очистных станциях применяются для задержания крупных загрязнений, в том числе плавающих (тряпок, бумаги и т. п.). Решетки состоят из ряда прутьев, установленных вертикально или под углом 45...60° к горизонту (рис. 3.2.2).

Решетки бывают с ручной очисткой – обычными вилами (граблями), но только при количестве отбросов не более 0,1 м<sup>3</sup>/сут, в иных случаях применяются механизированные решетки с движущейся бесконечной цепью, на которой установлены скребки (рис. 3.2.3). Они протаскивают отбросы вверх на транспортеры. Далее отбросы поступают в дробилки или вывозятся на захоронение. В последнее время дробилки применяются не всегда, поскольку они все равно забиваются волокнистыми веществами.

Полагается предусматривать не менее двух решеток. Путем включения или выключения в работу разного числа решеток можно регулировать скорость течения жидкости. Расстояние между прутьями – прозоры – раньше рекомендовали делать 16 мм. Однако опыт Мосводоканала и Водоканала Санкт-Петербурга показал, что прозоры луч-

ше назначать 4...6 мм, при этом производительность решеток по количеству задерживаемых отбросов возрастает в 5 раз.

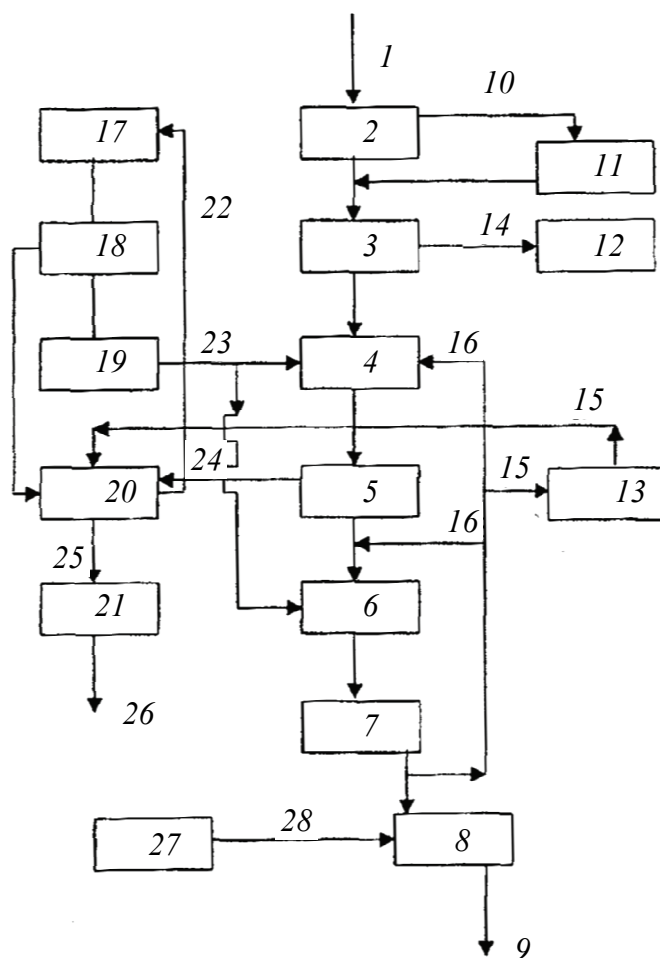


Рис. 3.2.1. Технологическая схема очистной станции с биологической очисткой: 1 – сточная вода; 2 – решетки; 3 – песколовки; 4 – преаэраторы; 5 – первичные отстойники; 6 – аэротенки; 7 – вторичные отстойники; 8 – контактный резервуар; 9 – выпуск; 10 – отбросы; 11 – дробилки; 12 – песковые площадки; 13 – илоуплотнители; 14 – песок; 15 – избыточный активный ил; 16 – циркуляционный активный ил; 17 – газгольдеры; 18 – котельная; 19 – машинное здание; 20 – метантенки; 21 – цех механического обезвоживания сброженного осадка; 22 – газ; 23 – сжатый воздух; 24 – сырой осадок; 25 – сброженный осадок; 26 – на удобрение; 27 – хлораторная установка; 28 – хлорная вода

Наиболее перспективно применение ступенчатых решеток РС с фильтрующими прозорами 2...6 мм, выпускаемых фирмой «РИО-ТЭК» в Санкт-Петербурге (рис. 3.2.4).

По конструкции они напоминают движущиеся эскалаторы метро, но с прорезями на каждой ступеньке. Ширина решеток от 630 до 1960 мм, они входят в существующие, построенные ранее каналы для решеток. Максимальный уровень воды перед решеткой от 600 до 2200 мм. Производительность решетки от 210 до 5900 м<sup>3</sup>/ч.

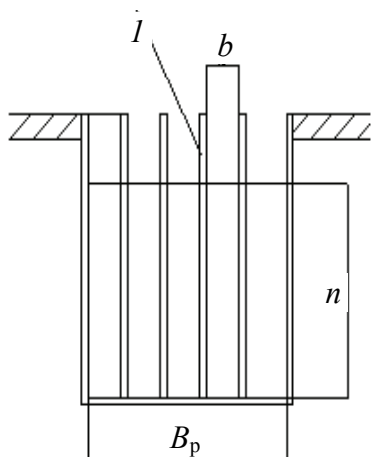


Рис. 3.2.2. Простая решетка: 1 – прутья

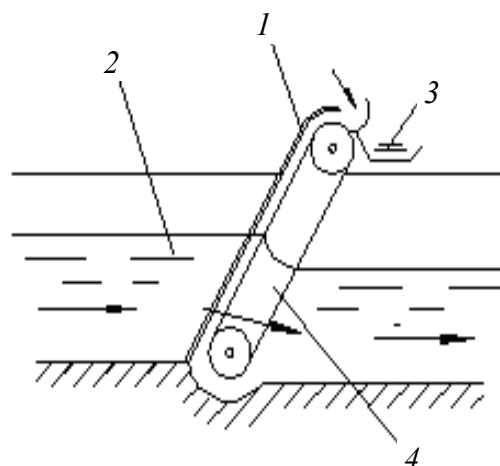


Рис. 3.2.3. Механизированная решетка: 1 – прутья; 2 – канал; 3 – транспортер; 4 – канат или бесконечная цепь для перемещения граблей

Аналогичные решетки выпускаются фирмой «ЭКОТОН» (Россия, Украина) с шириной канала от 400 до 2500 мм. Ширина прозоров 5,2 мм, мощность электродвигателя до 2,2 кВт.

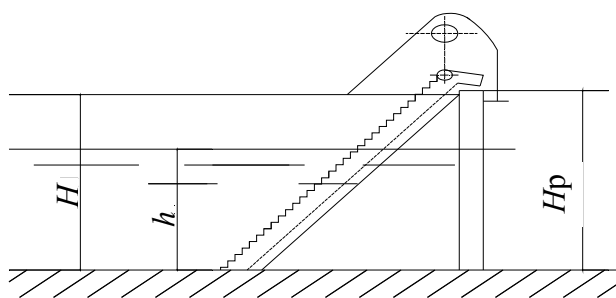


Рис. 3.2.4. Ступенчатая решетка фирмы «РИОТЭК»

**Песколовки** служат для удаления из сточных вод тяжелых примесей минерального происхождения главным образом песка. Они предусматриваются во всех случаях, когда производительность очистной станции более 100 м<sup>3</sup>/сут и состоят не менее чем из двух отделений (оба рабочие).

Песколовки, как и отстойники, работают по принципу осаждения взвеси при небольшой скорости течения. Для песколовки скорость течения должна быть не более 0,3 м/с и не менее 0,15 м/с. Такой диапазон изменения скорости объясняется тем, что по данным опытов превышение скорости сверх

0,3 м/с приведет к выносу песка из песколовки, а ее уменьшение ниже 0,15 м/с вызовет осаждение в песколовке легких органических загрязнений, которые для песколовки нежелательны по причине сложности их дальнейшей обработки. Регулирование скорости обычно обеспечивается водосливными устройствами на выходе из песколовки и числом их секций. При количестве песка менее 0,1 м<sup>3</sup>/сут разрешается его ручное удаление, а при больших расходах – только механизированное.

Песколовки бывают:

– горизонтальные – с прямолинейным или круговым течением воды;

– аэрируемые;

– тангенциальные.

Большое распространение получили компактные горизонтальные песколовки с круговым течением воды (рис. 3.2.5).

В этих песколовках вода течет по круговому желобу, имеющему в нижней (треугольной) части щель, через которую отстоянные загрязнения (песок) проваливаются в коническую (осадочную) часть песколовки. Подобные песколовки в плане занимают мало места и поэтому удобны для сравнительно небольших очистных сооружений.

Аэрируемые песколовки (с винтовым поступательно – вращательным течением жидкости) также относятся к горизонтальным, но отличаются от них тем, что вода в этих песколовках протекает вращательным путем. Такое движение создается впуском воздуха через дырчатые (пористые) трубы, расположенные вдоль одной из стенок песколовки (рис. 3.2.6).

При вращательном течении воды из нее выпадают органические примеси, поскольку они как более легкие поддерживаются во взвешенном состоянии. Поэтому осадок в таких песколовках на 90...95 % состоит из песка и после выгрузки на поверхность земли не загнивает.

Дырчатые трубы устанавливаются на подставках (выступах) на глубине 0,7 Н (Н – глубина воды в песколовке, может достигать до 3,5 м). Интенсивность аэрации 3...5 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>ч. Днище песколовки имеет уклон 0,2...0,4 к песковому лотку. Из этого лотка песок сгребается механическим способом или смывается водой в приямок, откуда удаляется гидроэлеватором. Впуск стоков в песколовку совпадает с направлением течения воды в ней, выпуск – затопленный.

Гидравлическая крупность песка 13,2...18,7 мм/с. Объем задерживаемого песка определяется при норме задержания песка 0,03 дм<sup>3</sup>/(чел·сут); влажность устанавливается на основе экспериментов.

Продолжительность протекания воды, как и в обычных горизонтальных песколовках, не менее 30 с. Скорость продольного течения воды  $V_m$  м/с.

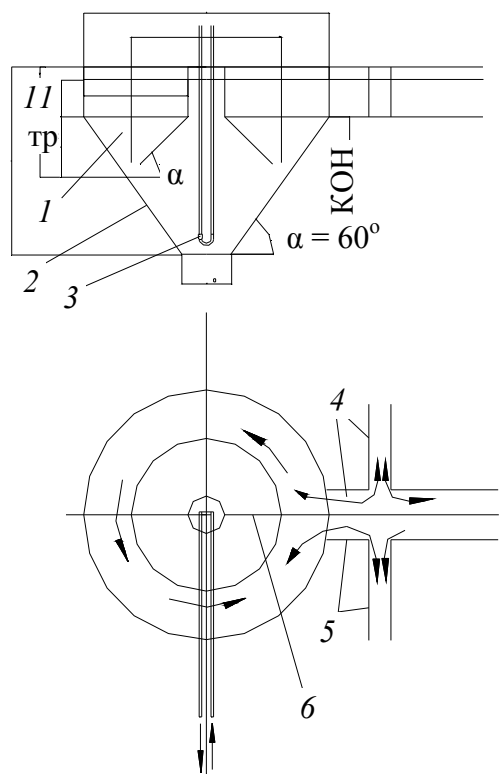


Рис. 3.2.5. Песколовка с круговым течением воды: 1 – круговой желоб; 2 – коническая часть песколовки; 3 – гидроэлеватор; 4 – подводящий канал; 5 – отводящий канал; 6 – перегородка

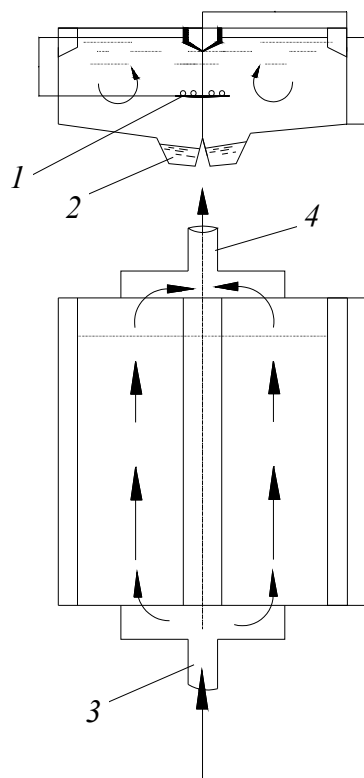


Рис. 3.2.6. Аэрируемая песколовка: 1 – пористые или дырчатые трубы; 2 – прямок; 3 – впуск воды; 4 – выпуск очищенной воды

Песок из песколовки имеет сравнительно большую влажность (до 60 %), поэтому его следует обезвоживать.

При расходах сточных вод до 80 тыс.м<sup>3</sup>/сут для обезвоживания песок сначала загружается в песковые бункеры, где песок частично отстаивается и хранится от 1,5 до 5 суток. Дренажная вода направляется в начало очистных сооружений.

В простейшем и наиболее распространенном случае песчаная смесь из песколовки гидроэлеваторами перекачивается на песковые площадки. Это спланированные участки земли, огражденные валиками высотой 1...2 м. Размеры площадок рассчитываются исходя из нагрузки 3 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> в год. Отстоянная вода с площадок переливается в боковые каналы через водосливы, устроенные в валиках, и снова направляется в начало очистных сооружений.

**Отстойники** по направлению течения жидкости делятся на: горизонтальные; вертикальные; радиальные, в которых вода течет в горизонтальном направлении, но по радиусам, т. е. от центра к периферии.

Для интенсификации процессов отстаивания загрязнений применяются специальные сооружения-осветлители и биокоагуляторы.

Выбор типа отстойников с учетом экономических соображений производится в зависимости от расхода сточной жидкости, уровня грунтовых вод, технологии очистки воды и обработки осадка, размеров площадки очистных сооружений и других факторов. При расходах сточных вод  $q = 10\text{--}20$  тыс. м<sup>3</sup>/сут и при низком уровне грунтовых вод наиболее экономичны вертикальные отстойники. При расходах сточных вод  $q \geq 15$  тыс. м<sup>3</sup>/сут и при высоком уровне грунтовых вод рекомендуется применять горизонтальные отстойники. При расходах  $q \geq 20$  тыс. м<sup>3</sup>/сут можно использовать как радиальные, так и горизонтальные отстойники, но тоже при условии высокого уровня грунтовых вод. Осветлители и биокоагуляторы обычно полностью или частично заменяют вертикальные отстойники, в основном при содержании взвешенных веществ более 300 мг/дм<sup>3</sup>.

Горизонтальные отстойники в плане представляют собой прямоугольные резервуары, по которым жидкость течет в горизонтальном направлении, а длина отстойника  $L_s$ , как правило, существенно превышает глубину воды  $H_s$ . Они выполняются обычно из железобетона и состоят не менее чем из двух секций, причем обе секции рабочие. Если секций две или более, то общий объем отстойников следует увеличить на 20...30 %.

Дну отстойника придают уклон 0,005...0,05 в сторону приемка для осадка, который устраивается в начале отстойника и выполняется в виде усеченной пирамиды. Осадок, выпавший на дно отстойника, сгребается в приемок при помощи движущейся бесконечной цепи со скребками или посредством одиночного скребка (рис. 3.2.7).

Скребки перемещаются вдоль отстойника при помощи электрифицированной тележки, движущейся в прямом и обратном направлении по верхней кромке стены отстойника. Из приемка осадок периодически удаляется по иловой трубе  $D \approx 200$  мм и под гидростатическим напором  $H_r = 1,5$  м.

В отстойнике находятся две полупогруженные доски. Первая, установленная в начале отстойника, служит для равномерного распределения воды по ширине и глубине отстойника, вторая – в конце отстойника – имеет лоток для отведения и задержки всплывших за-

грязнений. Между проточной частью отстойника и дном предусматривается нейтральный слой воды, предохраняющий выпавший осадок от размыва.

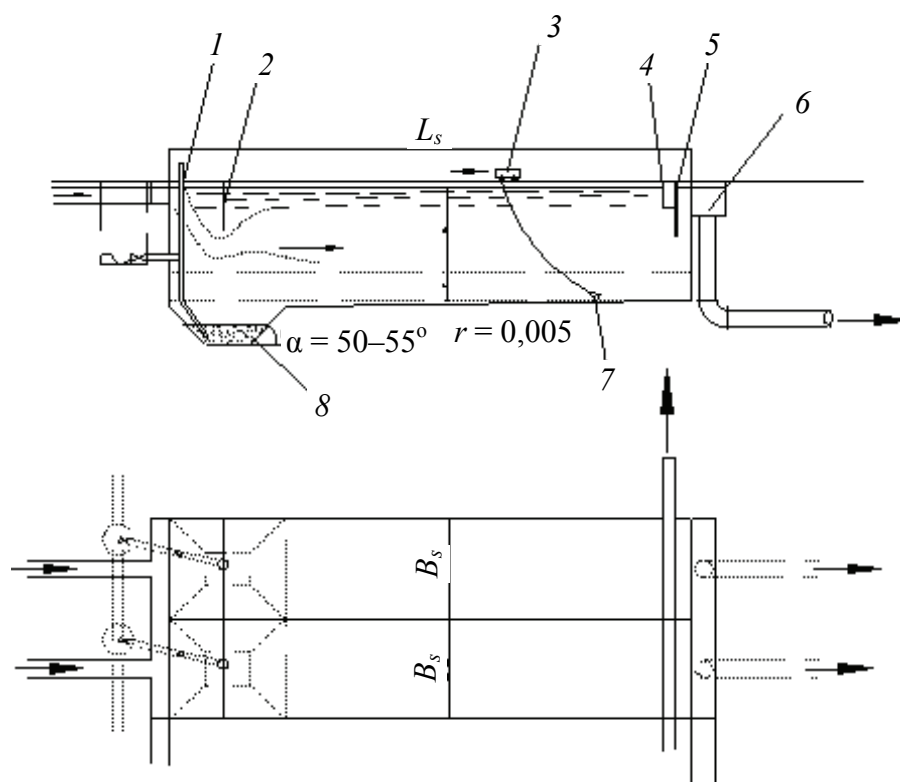


Рис. 3.2.7. Горизонтальный отстойник: 1 – иловая труба для выпуска осадка; 2 – входная погруженная доска; 3 – электрифицированная скребковая тележка; 4 – лоток для сбора всплывших веществ; 5 – выходная полупогруженная доска; 6 – приемный лоток; 7 – скребок; 8 – приямок

Вертикальные отстойники – круглые в плане, обычно железобетонные резервуары, сравнительно небольшого диаметра  $D \leq 9$  м (рис. 3.2.8).

На очистку сточная вода поступает по лотку в центральную трубу и по ней протекает вниз. В конце трубы устроен растроб, вследствие чего скорость течения по ней несколько уменьшается. Далее поток воды отражается от щита, попадает в отстойную часть и с медленной скоростью поднимается вверх, где и происходит отстаивание взвеси. Выпавший осадок скапливается в конической части отстойника, где находится не более двух суток во избежание слеживания. Щит предохраняет осадок от размыва. Длина центральной трубы принимается равной высоте зоны отстаивания  $H_s = 2,7 \dots 3,8$  м.

Более совершенными с технологической точки зрения являются вертикальные отстойники с нисходяще – восходящим потоком осветляемой воды (рис. 3.2.9).

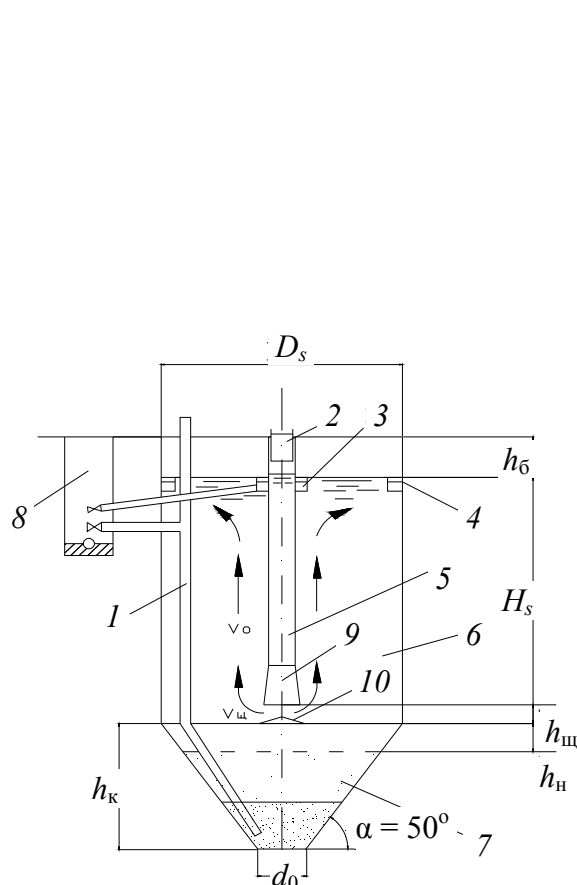


Рис. 3.2.8. Вертикальный отстойник: 1 – иловая труба для удаления осадка; 2 – подводящий лоток сточных вод; 3 – лоток круговой для сбора корки с поверхности воды; 4 – кольцевой сборный лоток; 5 – центральная труба; 6 – отстойная часть; 7 – коническая часть для сбора осадка; 8 – иловый колодец; 9 – раструб на центральной трубе; 10 – щель для выпуска воды

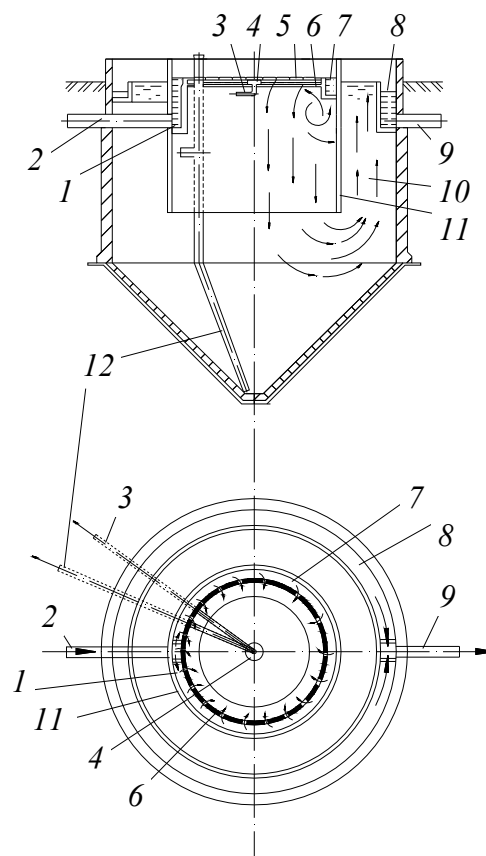


Рис. 3.2.9. Первичный вертикальный отстойник с нисходяще – восходящим потоком: 1 – приемная камера; 2 – подающий трубопровод; 3, 4 – трубопровод и воронка для удаления плавающих веществ соответственно; 5 – зубчатый распределительный водослив; 6 – отражательный козырек; 7 – распределительный лоток; 8 – периферийный сборный лоток осветленной воды; 9 – отводящий трубопровод; 10 – кольцевая зона восходящего движения; 11 – кольцевая перегородка; 12 – трубопровод для выпуска осадка

В отстойнике этого типа зона осветления разделена полупогружной перегородкой на две равные по площади зеркала воды части. Сточная вода поступает в центральную часть по лотку или трубопро-

воду и через зубчатый водослив с отражательным козырьком распределяется по площади зоны осветления, где происходит нисходящее движение потока осветляемой воды, обеспечивающее лучшее совпадение направлений векторов движения потока воды и выпадения агломерирующейся взвеси, чем в типовых вертикальных отстойниках с центральной распределительной трубой. Основная масса взвешенных веществ успевает выпасть в осадок до поступления потока осветляемой воды в кольцевую зону восходящего движения, где происходит доосветление воды, которая собирается периферийным сборным лотком. Коэффициент использования объема в этих отстойниках повышается до 0,65, и эффективность осветления воды по снижению концентрации взвешенных веществ достигает 60–65 %.

Осадок под действием гидростатического давления выгружается через центральный илопровод. Всплывающие вещества удаляются из центральной части через приемную воронку и самотечный трубопровод.

Радиальные отстойники – это круглые в плане железобетонные резервуары, как правило, имеют большой диаметр  $D = 18...40$  м (до 50 м). В этих отстойниках (рис. 3.2.10) сточная вода поступает в их центр и протекает горизонтально по радиусам, поэтому скорость по мере ее течения уменьшается и происходит интенсивное отстаивание жидкости. Осадок, выпадающий на дно, сгребается специальными скребками к середине отстойника в приямок, откуда удаляется, как обычно, по иловой трубе  $d = 200$  мм под гидростатическим напором  $h = 1,5$  м.

Скребки крепятся к специальной ферме, которая постоянно вращается при помощи электрифицированной тележки,двигающейся по рельсам, уложенным по кромке отстойника. Скорость тележки примерно 2...3 оборота в час. В ряде случаев скребки заменяются илососами, находящимися под вакуумом. Они засасывают осадок в специальный закрытый резервуар. Глубина воды в отстойниках  $H_s$ , 1,5...5 м. Плавающие на поверхности воды в отстойнике вещества собираются специальными телескопическими воронками, которые для сбора подобных загрязнений несколько понижаются под действием проходящей мимо них фермы со специально подвешенной к ней доской; иногда воронки заменяются качающимися металлическими ящиками.

### **Биологическая очистка сточных вод**

Биологические методы очистки сточных вод основываются на естественных процессах жизнедеятельности гетеротрофных микроор-

ганизмов. Микроорганизмы обладают целым рядом особых свойств, из которых следует выделить три основных, широко используемых для целей очистки:

1) способность потреблять в качестве источников питания самые разнообразные органические соединения для получения энергии и обеспечения своего функционирования;

2) свойство быстро размножаться;

3) способность образовывать колонии и скопления, которые сравнительно легко можно отделить от очищенной воды после завершения процессов изъятия содержащихся в ней загрязнений.

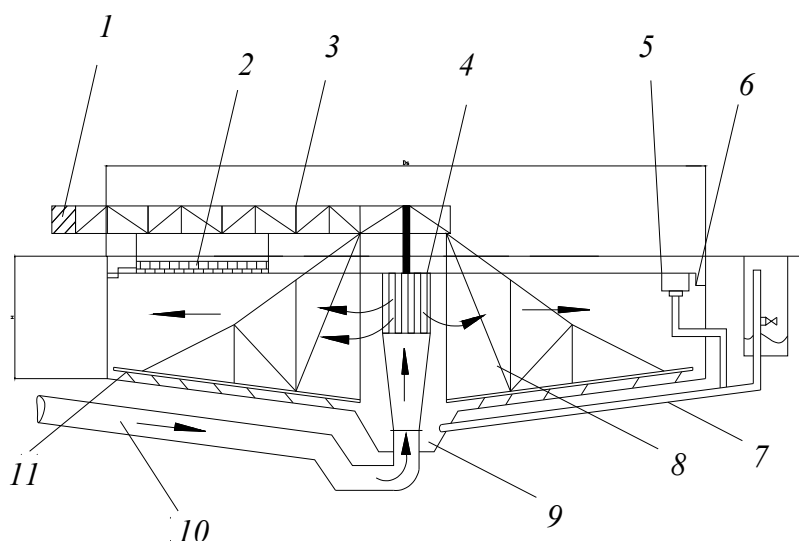


Рис. 3.2.10. Радиальный отстойник: 1 – электрифицированная тележка с двигателем; 2 – полупогруженная доска для сбора плавающих веществ; 3 – верхняя вращающаяся часть фермы с мостиком для прохода к центру отстойника; 4 – впускная воронка с жалюзи; 5 – воронка для сбора всплывших загрязнений; 6 – кольцевой лоток для сбора очищенной воды; 7 – иловая труба для удаления загрязнений; 8 – вращающаяся ферма; 9 – приемок; 10 – труба, подающая воду на очистку; 11 – скребки

Биологическая очистка сточных вод может осуществляться в естественных и искусственных условиях. В естественных условиях очистка проходит на полях орошения, полях фильтрации и биологических прудах. Сущность биологической очистки на полях орошения и полях фильтрации заключается в том, что сточная жидкость фильтруется через почву. В верхнем ее слое задерживаются взвешенные вещества, образующие на поверхности частичек грунта густонаселенную микроорганизмами пленку. Это пленка адсорбирует и окисляет

органические загрязнения, находящиеся в сточной жидкости. При этом используется кислород, проникающий в поры грунта из воздуха. Поля орошения представляют собой специально спланированные участки земли, предназначенные для очистки сточных вод, с одновременным использованием этих участков для выращивания сельскохозяйственных культур. Если участки земли предназначены только для очистки сточных вод, то они называются полями фильтрации.

В биологических прудах сточная вода протекает через водоем, куда кислород поступает за счет реаэрации или механической аэрации. Биологические пруды могут быть использованы как самостоятельные сооружения, а также для их доочистки в сочетании с другими сооружениями.

В искусственных условиях биологическая очистка осуществляется в аэротенках и биофильтрах.

В **аэротенках** микробиальная масса находится во взвешенном в жидкости состоянии в виде отдельных хлопьев, представляющих собой зооглейные скопления микроорганизмов, простейших и более высокоорганизованных представителей фауны (коловратки, черви, личинки насекомых), а также водных грибов и дрожжей. Этот биоценоз организмов, развивающихся в аэробных условиях на органических загрязнениях, содержащихся в сточной воде, получил название активного ила. Доминирующая роль в нем принадлежит различным группам бактерий – одноклеточным подвижным микроорганизмам с достаточно прочной внешней мембраной, способным не только извлекать из воды растворенные и взвешенные вещества органического и неорганического происхождения, но и самоорганизовываться в колонии – хлопья, сравнительно легко отделимые затем от очищенной воды отстаиванием или флотацией. Размер хлопьев зависит как от вида бактерий, наличия и характера загрязнений, так и от внешних факторов – температуры среды, гидродинамических условий в аэрационном сооружении и пр.

Наиболее часто аэротенк устраивается в виде прямоугольного резервуара, разделенного продольными перегородками на отдельные коридоры шириной 4–9 м, по которым иловая смесь протекает от входа в аэротенк к выходу из него при постоянном перемешивании и обеспечении кислородом воздухом.

Классическая схема очистки сточных вод включает аэрационные и отстойные сооружения, оборудование и коммуникации для подачи и распределения сточных вод по аэротенкам, сбора и подачи иловой смеси

на илоотделение, отведения очищенной воды, обеспечения возврата в аэротенки циркуляционного активного ила и удаления избыточного ила, подачи и распределения воздуха в аэротенках (рис. 3.2.11).

По способу подачи активного ила, сточной воды и отводу иловой смеси различают: аэротенки-вытеснители, аэротенки-смесители и аэротенки с рассредоточенной подачей сточной воды. Аэротенки-вытеснители отличаются сосредоточенной подачей воды и активного ила и сосредоточенным отводом иловой смеси. Аэротенки-смесители отличаются рассредоточенной подачей воды, ила и рассредоточенным отводом иловой смеси. В аэротенках с рассредоточенной подачей сточной воды подача ила и отвод иловой смеси сосредоточенные. Схемы различных видов аэротенков приведены на рис. 3.2.12, 3.2.13, 3.2.14.

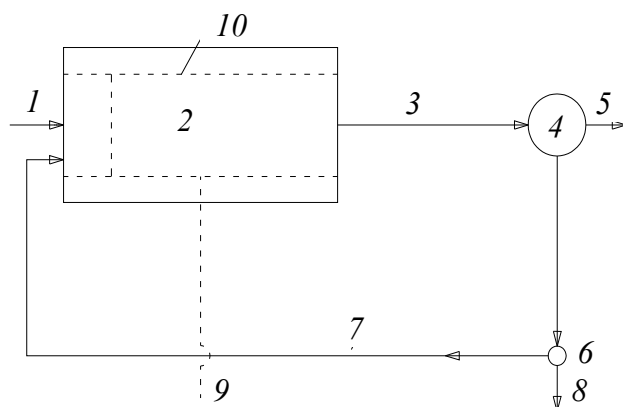


Рис. 3.2.11. Классическая схема биологической очистки сточных вод: 1 – сточная вода после первичных отстойников; 2 – аэротенк; 3 – иловая смесь из аэротенков; 4 – вторичный отстойник; 5 – очищенная вода; 6 – иловая камера; 7, 8 – циркуляционный ил соответственно; 9 – воздух из воздухоподувок; 10 – аэрационная система для подачи и распределения воздуха в аэротенке

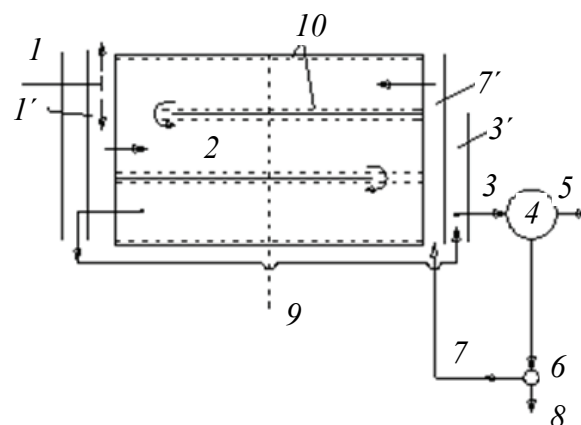


Рис. 3.2.12. Аэротенк-вытеснитель с регенерацией ила (33 %): 1' – канал сточной воды на биологическую очистку; 3' – канал иловой смеси; 7' – канал циркуляционного активного ила; 1 – сточная вода после первичных отстойников; 2 – аэротенк; 3 – иловая смесь из аэротенков; 4 – вторичный отстойник; 5 – очищенная вода; 6 – иловая камера; 7, 8 – циркуляционный ил соответственно; 9 – воздух из воздухоподувок; 10 – аэрационная система для подачи и распределения воздуха в аэротенке

Для создания аэробных условий процесса биологической очистки в аэротенках и поддержания ила во взвешенном состоянии аэротенки оборудуются системами аэрации.

Системы аэрации подразделяются на пневматическую, механическую, смешанную и струйную.

Пневматическая аэрация может быть: мелкопузырчатой, среднепузырчатой и крупнопузырчатой. Мелкопузырчатые аэраторы могут быть изготовлены из керамики, ткани, пластмассы, а также форсуночного или ударного типов.

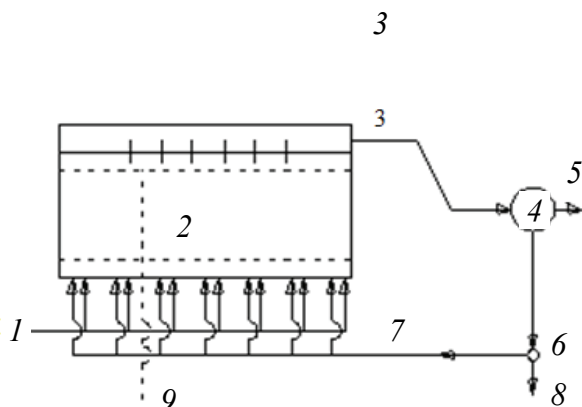


Рис. 3.2.13. Аэротенк-смеситель с рассредоточенным подводом воды и ила вдоль сооружения (условные обозначения даны на рис. 3.2.12)

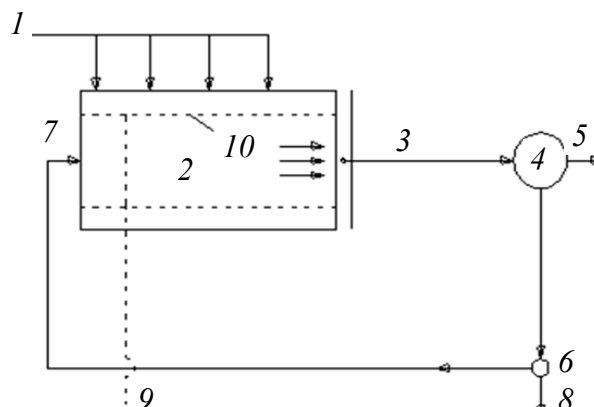


Рис. 3.2.14. Аэротенк с рассредоточенным впуском воды на очистку (условные обозначения даны на рис. 3.2.12)

В качестве среднепузырчатых аэраторов применяются перфорированные трубы, щелевые аэраторы и др. Крупнопузырчатые – трубы с открытым концом, сопла.

Механические аэраторы классифицируются следующим образом:

- по принципу действия: импеллерные (кавитационные) и поверхностные;
- по плоскости расположения оси вращения ротора: с горизонтальной и вертикальной осью вращения;
- по конструкции ротора: конические, дисковые, цилиндрические, колёсные, турбинные и винтовые.

Наиболее широкое распространение получили аэраторы поверхностного типа, особенностью которых является незначительное погружение их в сточную воду.

**Биологический фильтр** (биофильтр) – сооружение биологической очистки, в котором сточная вода фильтруется через загрузочный материал, покрытый биологической пленкой (биопленкой), образованной колониями микроорганизмов. Биофильтр состоит из резервуара круглой или прямоугольной формы в плане; фильтрующей загрузки; водораспределительного устройства, обеспечивающего равномерное орошение сточной водой поверхности загрузки биофильтра; дренажного устройства для удаления очищенной сточной воды; вентиля-

ционного устройства, с помощью которого поступает необходимый для окислительного процесса воздух (рис. 3.2.15).

Микроорганизмы биопленки в процессе ферментативных реакций окисляют органические вещества, получая при этом питание и энергию, необходимые для своей жизнедеятельности. В результате из сточной воды удаляются органические загрязнения, проходят процессы денитрификации, и увеличивается масса активной биологической плёнки в теле биофильтра.

Отработавшая и омертвевшая плёнка смывается и выносится из тела биофильтра протекающей сточной водой. Необходимый для биохимического процесса кислород поступает в толщу загрузки путём естественной или искусственной вентиляции фильтра. Схема обмена веществ в элементарном слое биофильтра приведена на рис. 3.2.16.

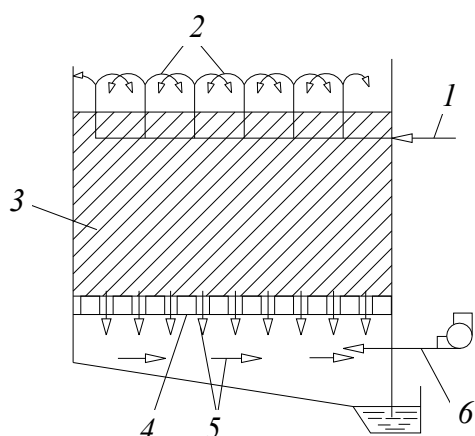


Рис. 3.2.15. Схема биологического фильтра: 1 – подача сточных вод; 2 – водораспределительное устройство; 3 – фильтрующая загрузка; 4 – дренажное устройство; 5 – очищенная сточная вода; 6 – вентиляционное устройство

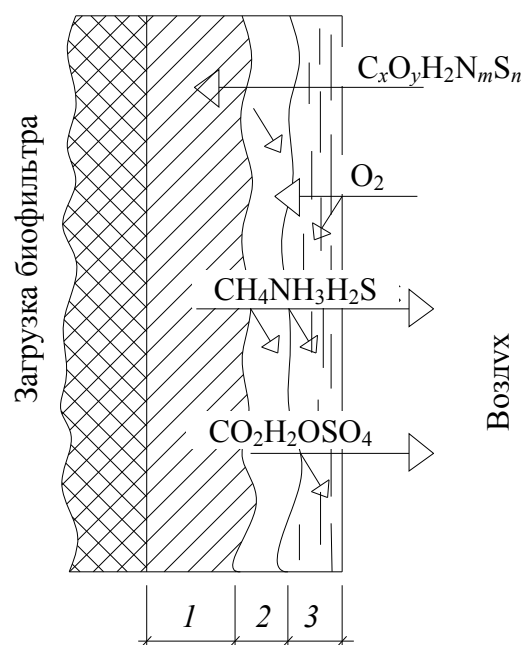


Рис. 3.2.16. Схема обмена веществ в элементарном слое биофильтра: 1 – анаэробный слой биопленки; 2 – аэробный слой биопленки; 3 – слой сточной воды

В технологических схемах очистки после аэротенков и биофильтров предусматриваются **вторичные отстойники**, которые служат для разделения иловых смесей и выделения отмершей биопленки из биологически очищенной воды.

Вторичные отстойники бывают: вертикальными, горизонтальными и радиальными. Для очистных станций небольшой пропускной способности (до 20 000 м<sup>3</sup>/сут) применяются вертикальные вторичные отстойники, для очистных станций средней и большой пропускной способности (более 20 000 м<sup>3</sup>/сут) – горизонтальные и радиальные.

### **Обработка осадков сточных вод**

Осадки городских сточных вод имеют большие объемы, высокую влажность, неоднородный состав и свойства и содержат органические вещества, которые могут быстро разлагаться и гнить. Осадки заражены бактериальной и патогенной микрофлорой и яйцами гельминтов.

Осадок из первичных отстойников и избыточный активный ил на 65–75 % состоят из органических веществ, которые на 80–85 % представлены белками, жирами и углеводами.

Осадки сточных вод относятся к труднофильтруемым иловым суспензиям. Водоотдающие свойства осадков характеризуются удельным сопротивлением фильтрации и индексом центрифугирования.

Технологический процесс обработки осадков можно подразделить на следующие основные стадии: уплотнение (сгущение); стабилизация органической части; кондиционирование; обезвоживание; термическая обработка; утилизация ценных продуктов или ликвидация осадков.

**Уплотнение илов и осадков сточных вод.** В зависимости от принятой схемы очистной станции уплотнению могут подвергаться осадки из первичных отстойников, избыточные активные илы, смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила, флотационный шлам, осадки и илы после стабилизации.

Для уплотнения избыточного активного ила на очистных сооружениях используют вертикальные и радиальные илоуплотнители гравитационного типа или флотационные илоуплотнители, работающие по принципу компрессионной флотации.

Гравитационное уплотнение – наиболее распространенный прием уменьшения объема избыточного активного ила. Оно в значительной мере уменьшает объем сооружений и затраты электроэнергии, необходимые для последующей его обработки. Конструкции вертикальных и радиальных уплотнителей аналогичны конструкциям первичных отстойников.

Сбор и удаление осадка в радиальных илоуплотнителях осуществляется илоскребами или илососами. Сопоставление работы вертикаль-

ных илоуплотнителей с радиальными, оборудованными илоскребами и илососами, показало, что наибольшей эффективностью отличаются радиальные илоуплотнители с илоскребами. Это объясняется медленным перемешиванием активного ила в процессе уплотнения, а также меньшей высотой радиальных илоуплотнителей по сравнению с вертикальными. При перемешивании снижаются вязкость активного ила и его электрокинетический потенциал, что способствует лучшему хлопьеобразованию и осаждению. Поэтому в современных конструкциях илоуплотнителей предусматривается устройство низкоградиентных мешалок.

Флотационное уплотнение активного ила позволяет предотвратить его загнивание, сократить продолжительность уплотнения и объемы сооружений. Флотаторы для уплотнения избыточного активного ила обычно представляют собой резервуары круглые в плане диаметром 6, 9, 12, 15, 18, 20, 24 м и глубиной 2–3 м, различающиеся внутренним оборудованием.

**Стабилизация осадков сточных вод и активного ила в анаэробных и аэробных условиях.** Стабилизация первичных и вторичных осадков достигается путем разложения органической части до простых соединений или продуктов, имеющих длительный период ассимиляции окружающей средой. Стабилизация осадков может быть осуществлена разными методами – биологическими, химическими, физическими, а также их комбинацией.

Наибольшее распространение получили методы биологической анаэробной и аэробной стабилизации. При небольшом количестве осадков применяют септики, двухъярусные отстойники и осветлители – перегниватели. Для обработки больших объемов осадков применяют метантенки и аэробные минерализаторы.

В метантенках биохимический процесс стабилизации осуществляется в анаэробных условиях и представляет собой разложение органического вещества осадков в результате жизнедеятельности сложного комплекса микроорганизмов до конечных продуктов, в основном метана и диоксида углерода.

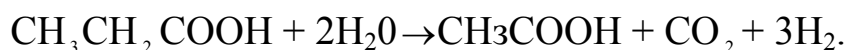
Согласно современным представлениям анаэробное метановое сбраживание включает четыре взаимосвязанные стадии, осуществляемые разными группами бактерий:

1. Стадия ферментативного гидролиза осуществляется быстрорастущими факультативными анаэробами, выделяющими экзоферменты, при участии которых осуществляется гидролиз нерастворенных сложных органических соединений с образованием более про-

стых растворенных веществ. Оптимальное значение рН для развития этой группы бактерий находится в интервале 6,5–7,5.

2. Стадия кислотообразования (кислотогенная) сопровождается выделением летучих жирных кислот, аминокислот, спиртов, а также водорода и углекислого газа. Стадия осуществляется быстрорастущими, весьма устойчивыми к неблагоприятным условиям среды гетерогенными бактериями.

3. Ацетатогенная стадия превращения ЛЖК, аминокислот и спиртов в уксусную кислоту осуществляется двумя группами ацетатогенных бактерий. Первая группа, образующая ацетаты с выделением водорода из продуктов предшествующих стадий, называется ацетатогенами, образующими водород:

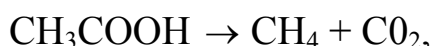


Вторая группа, также образующая ацетаты и использующая водород для восстановления диоксида углерода, называется ацетатогенами, использующими водород:

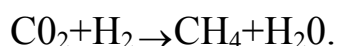


4. Метаногенная стадия, осуществляемая медленно растущими бактериями, являющимися строгими анаэробами, весьма чувствительными к изменениям условий среды, особенно к снижению рН менее 7,0–7,5 и температуры. Разные группы метаногенов образуют метан двумя путями:

– расщеплением ацетата:



– восстановлением диоксида углерода:



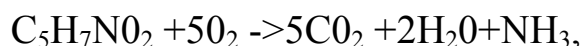
По первому пути образуется 72 % метана, по второму – 28 %.

Процесс сбраживания протекает медленно. Для его ускорения и уменьшения объема сооружений применяют искусственный подогрев ила. При этом значительно эффективнее идет выделение газа – метана, который улавливается и может быть использован в качестве горючего. В зависимости от температуры различают два типа процесса: мезофильный ( $t = 30\text{--}35^\circ\text{C}$ ) и термофильный ( $t = 50\text{--}55^\circ\text{C}$ ).

Метантенки представляют собой герметичные вертикальные резервуары с коническим или плоским днищем, выполненные из железобетона или стали.

Схема метантенка представлена на рис. 3.2.17. Уровень осадка поддерживается в узкой горловине метантенка, что позволяет повысить интенсивность газовыделения на единицу поверхности бродящей массы и предотвратить образование плотной корки.

Аэробная стабилизация осадков сточных вод – процесс окисления органических веществ в аэробных условиях. В отличие от анаэробного сбраживания аэробная стабилизация протекает в одну стадию:



с последующим окислением  $NH_3$  до  $NO_3$ .

Аэробной стабилизации может подвергаться неуплотненный и уплотненный избыточный активный ил и его смесь с осадком первичных отстойников.

Аэробная стабилизация осадков проводится обычно в сооружениях типа аэротенков глубиной 3–5 м. Отстаивание и уплотнение аэробно стабилизированного осадка следует производить в течение 1,5–5 ч в отдельно стоящих илоуплотнителях или в специально выделенной зоне внутри стабилизатора. Влажность уплотненного осадка 96,5–98,5 %. Иловая вода должна направляться в аэротенки. Схема аэробного стабилизатора представлена на рис. 3.2.18.

Аэробная стабилизация осадков обеспечивает получение биологически стабильных продуктов, хорошие показатели влагоотдачи, простоту эксплуатации и низкие строительные стоимости сооружений. Однако значительные энергетические затраты на аэрацию ограничивают целесообразность использования этого процесса на очистных сооружениях производительностью более 50–100 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

**Обеззараживание осадков сточных вод.** В осадках городских сточных вод находится большое количество патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов, поэтому осадки перед утилизацией и хранением необходимо обеззараживать. Обеззараживание осадков сточных вод достигается разными методами:

- термическими – прогревание, сушка, сжигание;
- химическими – обработка химическими реагентами;
- биотермическими – компостирование;
- биологическими – уничтожение микроорганизмов простейшими, грибами и растениями почвы;
- физическими воздействиями – радиация, токи высокой частоты, ультразвуковые колебания, ультрафиолетовое излучение и т. п.

Общая характеристика процессов обеззараживания осадков сточных вод приведена в табл. 3.2.2. На крупных станциях аэрации целесообразно применение термической сушки механически обезвоженных осадков, позволяющей сократить транспортные расходы и получить удобрение из осадков в виде сыпучих материалов. Для сокращения топливно-энергетических расходов на станциях аэрации пропускной способностью до 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут целесообразно применение камер дегельминтизации, до 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут – методов химического обеззараживания. В случаях, когда осадок не подлежит утилизации в качестве удобрения, может применяться сжигание с использованием получаемого тепла.

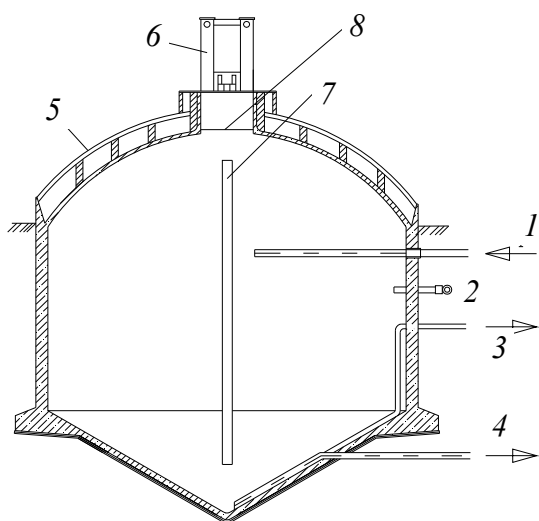


Рис. 3.2.17. Метантенк: 1 – подача осадка; 2 – паровой инжектор; 3 – выпуск сброженного осадка; 4 – опорожнение метантенка; 5 – теплоизоляция; 6 – система сбора и отвода газа; 7 – циркуляционная труба; 8 – уровень осадка

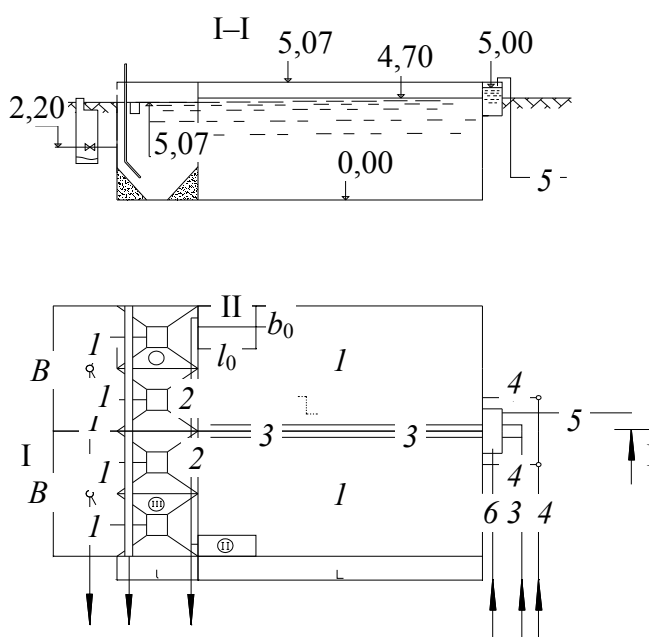


Рис. 3.2.18. Схема минерализатора: I – зона аэрации; II – отстойная зона; III – осадкоуплотнитель; 1 – стабилизированный осадок; 2 – выпуск отстойной воды; 3 – воздуховод; 4 – опорожнение; 5 – иловая смесь; 6 – фугат из цеха механического обезвоживания

## Процессы и сооружения

### для обезвоживания осадков сточных вод

*Обезвоживание осадков в естественных условиях.* Иловые площадки предназначены для естественного обезвоживания осадков, образующихся на станциях биологической очистки сточной воды, и до сих пор остаются самым распространенным в России методом обез-

воживания. Работа иловых площадок в большой степени зависит от климатических и других природных факторов. Иловые площадки представляют собой спланированные участки земли, разделенные на карты с земляными валиками.

Таблица 3.2.2

**Показатели методов обеззараживания осадков сточных вод**

Процесс	Расход теплоты, МДж на 1 м <sup>3</sup> обезвоженного осадка	Влажность после обработки, %	Основные преимущества метода	Основные недостатки метода	Предпочтительная область применения
Обработка в камерах дегельмизации	600–700	60–70	Простота эксплуатации, невысокий расход топлива	Относительно высокие влажность и стоимость транспортировки осадка	Сооружения по очистке сточных вод пропускной способностью до 20 тыс. м <sup>3</sup> /сут
Термическая сушка в сушилках со встречными струями	1900–2800	35–40	Сокращаются транспортные расходы, упрощается утилизация как удобрения, так и топлива	Высокий расход топлива, потребность в квалифицированном персонале, необходимость очистки отходящих газов	То же, пропускной способностью более 100 тыс. м <sup>3</sup> /сут
Биотермическая обработка (компостирование)	–	45–50	Сокращаются топливно-энергетические и транспортные расходы, готовится качественное удобрение	Необходимость устройства площадок с водонепроницаемым покрытием и применения наполнителей (бытовых отходов, готового компоста, торфа, опилок и т. п.)	То же, пропускной способностью до 200 тыс. м <sup>3</sup> /сут
Сжигание с использованием получаемой теплоты	От –300 до +1800	–	Значительно сокращаются транспортные расходы, возможно получение дополнительной теплоты	Необходимость эффективной очистки отходящих газов, потребность в квалифицированном персонале	Сооружения по очистке сточных вод при отсутствии потребителей удобрений из осадков или высокой их токсичности

Иловые площадки на естественном основании без дренажа проектируются на хорошо фильтрующих грунтах при залегании грунтовых вод на глубине не менее 1,5 м от поверхности карт и только тогда, когда допускается фильтрация иловой воды в грунт.

При плотных и водонепроницаемых грунтах устраиваются иловые площадки на естественном основании с трубчатым дренажом, укладываемом в дренажные канавы. Искусственное дренирующее основание иловых площадок должно составлять не менее 10 % их площади.

Схема иловых площадок на естественном основании с дренажом представлена на рис. 3.2.19.

Наибольшее распространение получили иловые площадки на естественном основании каскадного типа с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды. После заполнения карт иловой площадки осадком и слива отделившейся иловой воды дальнейшее обезвоживание осадка осуществляется путем испарения с поверхности оставшейся влаги.

Иловые площадки – уплотнители представляют собой прямоугольные железобетонные резервуары (карты) с отверстиями, расположенными в продольной стенке на разных глубинах, и перекрытыми шиберами. Для выпуска иловой воды, выделяющейся при отстаивании осадка, по высоте продольных стен карт-резервуаров устраивают отверстия, перекрываемые шиберами. Иловую воду направляют для очистки в голову сооружений по аналогии с иловыми площадками с отстаиванием и поверхностным удалением воды. Расстояние между выпусками иловой воды устанавливается не более 18 м. Для механизированной уборки высушенного осадка устраивают пандусы с уклоном до 12 %.

*Механическое обезвоживание осадков сточных вод.* Обезвоживание осадков на иловых площадках требует свободных земельных площадей и нерационально как с экономической, так и с экологической точки зрения. Наиболее перспективным является механическое обезвоживание осадков на вакуумфильтрах, фильтр-прессах и центрифугах. Для улучшения водоотдающих свойств осадки перед механическим обезвоживанием кондиционируют (изменяют структуру осадка).

Методы кондиционирования подразделяются на реагентные и безреагентные. Первой стадией подготовки осадка к обезвоживанию является его промывка. Промывка применяется только для сброжен-

ных осадков. В результате промывки из сброженного осадка удаляются коллоидные частицы и мелкая взвесь.

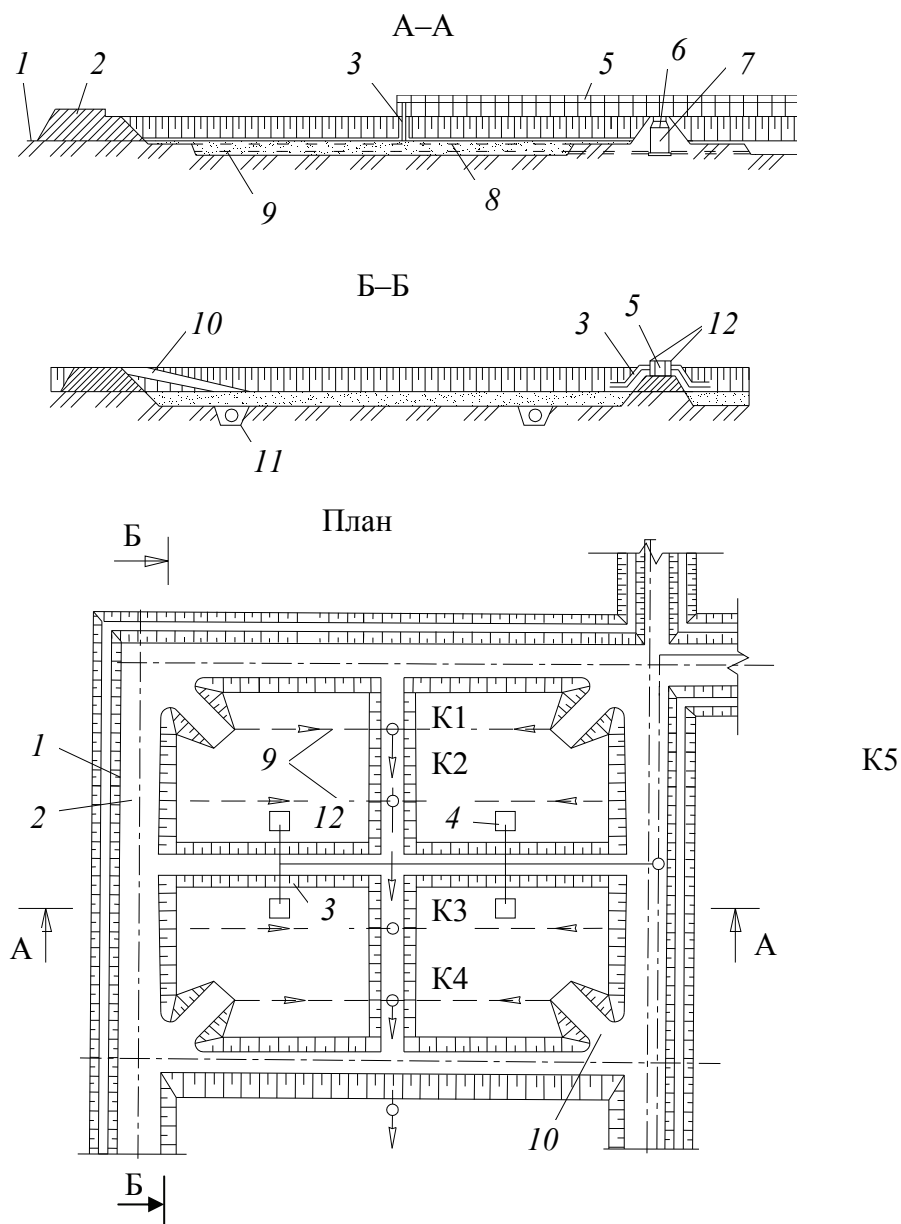


Рис. 3.2.19. Иловые площадки на естественном основании с дренажом: 1 – кювет оградительной канавы; 2 – дорога; 3 – сливной лоток; 4 – щит под сливным лотком; 5 – разводящий лоток; 6 – дренажный колодец; 7 – сборная дренажная труба; 8 – дренажный слой; 9 – дренажные трубы; 10 – съезд на карту; 11 – дренажная канава; 12 – шиберы; К1–К5 – колодцы

Реагентные методы предполагают использование для обработки осадков неорганических реагентов (хлорное железо, сернокислое железо, известь) или органических высокомолекулярных соединений

(полиэлектролитов). И те, и другие приводят к снижению удельного сопротивления фильтрации в результате агрегации коллоидных и мелких нерастворенных частиц. Дозы реагентов устанавливаются экспериментально в ходе производственных испытаний обезвоживающего оборудования.

Кондиционирование минеральными реагентами характеризуется рядом существенных недостатков, к которым относятся: большой массовый расход; высокая коррозионная активность; трудности с транспортировкой и хранением; внесение большого количества балластных веществ.

Однако эти проблемы разрешимы при использовании органических реагентов (флокулянтов). Флокулянты – растворимые в воде высокомолекулярные вещества, применяемые для отделения твердой фазы от жидкости и образующие с находящимися в жидкой фазе коллоидными и тонкодисперсными частицами трехмерные структуры (хлопья). Для обезвоживания осадков сточных вод наиболее широко используются синтетические флокулянты – полиакриламид и сополимеры на его основе. В осадках станций биологической очистки сточных вод в основном содержатся отрицательно заряженные частицы, поэтому для флокуляции таких осадков необходимы катионные флокулянты.

Отечественные флокулянты катионного типа, такие как КФ, ВПК, КО, ППС, ВА – 2, ОКФ и др., недостаточно эффективны и используются пока редко. Наилучшие результаты были получены при применении катионоактивных флокулянтов фирм «Штокхаузен», «Аллайд коллоидз» (обе Германия), «Магнифлок» (США) и «Кемира» (Финляндия). При дозах 3,5–4,5 кг/м<sup>3</sup> сухого вещества осадка происходило интенсивное флокулообразование и выделение свободной воды.

Безреагентное кондиционирование осуществляется методами тепловой обработки и замораживания – оттаивания.

*Процессы и оборудование для механического обезвоживания осадков.*

Обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах. Различают обычные барабанные, барабанные со сходящим полотном, дисковые и ленточные вакуум-фильтры.

Барабанный вакуум-фильтр – вращающийся горизонтально расположенный барабан, частично погруженный в корыто с осадком. Барабан имеет две боковые стенки: внутреннюю сплошную и наружную перфорированную, обтянутую фильтровальной тканью. Пространство между стенками разделено на 16–32 секции, не сообщающиеся между

собой. Каждая секция имеет отводящий коллектор, входящий в торце в цапфу, к которой прижата неподвижная распределительная головка. В зоне фильтрования осадок фильтруется под действием вакуума. Затем осадок просушивается атмосферным воздухом. Фильтрат и воздух отводятся в общую вакуумную линию. В зоне съема осадка в секции подается сжатый воздух, способствующий отделению обезвоженного осадка от фильтровальной ткани. Осадок снимается с барабана ножом. В зоне регенерации ткань продувается сжатым воздухом или паром. Для улучшения фильтрующей способности ткани через 8–24 ч работы фильтр регенерируют, промывают ингибированной кислотой или растворами ПАВ.

В последнее время находят применение барабанные вакуум-фильтры со сходящим полотном. В этих фильтрах регенерация фильтровальной ткани производится непрерывно. Применение их особенно эффективно в тех случаях, когда осадки сточных вод по своей структуре способны быстро заиливать фильтровальную ткань, в частности сырые осадки из первичных отстойников.

Недостатками вакуум-фильтров являются сложность управления, низкая надежность, невозможность использования органических флокулянтов для кондиционирования осадка, громоздкость и загрязненность рабочей среды.

Кроме барабанных вакуум-фильтров, используются (в основном для обезвоживания осадков производственных сточных вод) ленточные вакуум-фильтры и листовые фильтры. Ленточные вакуум-фильтры применяют для обезвоживания быстро расслаивающихся осадков, преимущественно минерального происхождения, таких как окалина, осадки газоочисток доменного и конвертерного цехов. Фильтр (рис. 3.2.20) имеет бесконечную резиново-тканевую ленту, натянутую на двух барабанах, и фильтровальный стол. Щелевое отверстие, расположенное посередине стола, сообщается с вакуум-камерой. Лента имеет поперечные рифления и продольные сквозные прорези. Фильтровальная ткань укладывается на ленту и закрепляется в пазах резиновым шнуром. Верхняя рабочая ветвь ленты протягивается по столу так, что ее продольные прорези совпадают с щелевым отверстием стола. Фильтрат отводится с внутренней стороны ткани по поперечным пазам и через продольные отверстия поступает в вакуум-камеру и сборный коллектор. При фильтровании быстроосаждающиеся крупные частицы образуют подслоя, который улучшает условия фильтрования и повышает пропускную способность фильтра.

Обезвоживание осадков сточных вод на фильтр-прессах. В последнее время фильтр-прессы находят довольно широкое распространение для обезвоживания осадков сточных вод. Их применяют для обработки сжимаемых аморфных осадков. По сравнению с вакуум-фильтрами, при прочих равных условиях после обработки на фильтр-прессах получают осадки с меньшей влажностью. Фильтр-прессы применяют в тех случаях, когда осадок направляют после обезвоживания на сушку или сжигание, или когда необходимо получить осадки для дальнейшей утилизации с минимальной влажностью.

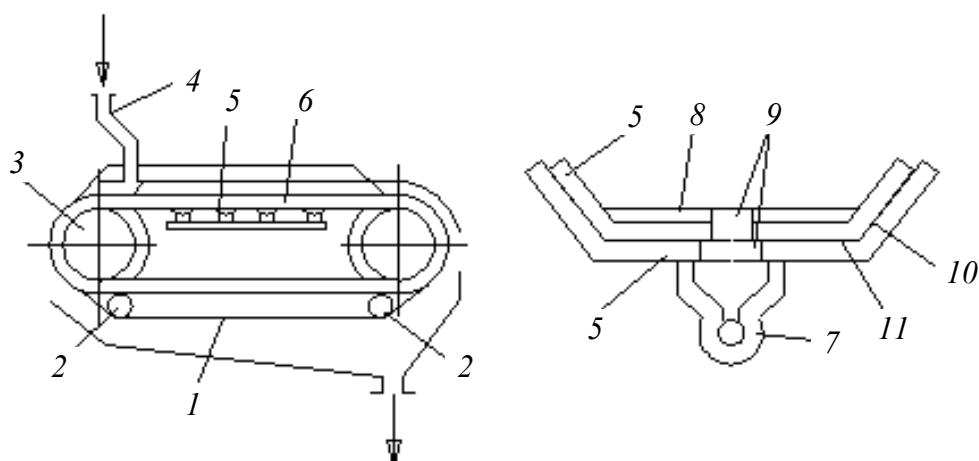


Рис. 3.2.20. Ленточный вакуум-фильтр: 1 – фильтровальная ткань; 2 – направляющие для фильтровальной ткани; 3 – барабан; 4 – лоток для подачи осадка; 5 – фильтровальный стол; 6 – прорезиненная лента; 7 – сборный коллектор фильтрата; 8 – поперечный желоб для отвода фильтрата; 9 – продольная прорезь; 10 – направляющие для ленты; 11 – резиновый шнур

Различают рамные, камерные, мембранно-камерные, ленточные, барабанные и винтовые (шнековые) фильтр-прессы.

Рамный фильтр-пресс имеет набор вертикально расположенных чередующихся плит и рам. Между поверхностями плит и рам проложена фильтровальная ткань. Сначала собирают комплект рам и плит, загружают камеры осадком и отжимают его. Затем рамы и плиты поочередно отодвигают и обезвоженный осадок сбрасывают в бункер. Рамные фильтр-прессы имеют низкую пропускную способность. Кроме того, выгрузка осадка из фильтра обычно производится вручную. В настоящее время эти фильтры практически не применяются.

Фильтр-прессы ФПАКМ (фильтр-пресс, автоматизированный камерный модернизированный) находят довольно широкое распространение. Они выпускаются серийно и имеют площадь поверхности фильтрования 2,5–50 м.

Фильтр состоит из нескольких фильтровальных плит и фильтрующей ткани, протянутой между ними с помощью направляющих роликов. Поддерживающие плиты связаны между собой вертикальными опорами, воспринимающими нагрузку от давления внутри фильтровальных плит. В натянутом состоянии ткань поддерживается с помощью гидравлических устройств.

Каждая фильтровальная плита (рис. 3.2.21) состоит из верхней и нижней частей. Нижняя часть перекрыта перфорированным листом, под которым расположена камера приема фильтрата. На перфорированном листе находится фильтровальная ткань. Верхняя часть представляет собой раму, которая при сжатии плит образует камеру, куда подается осадок. В верхней части расположена эластичная водонепроницаемая диафрагма. В верхней части расположена эластичная водонепроницаемая диафрагма.

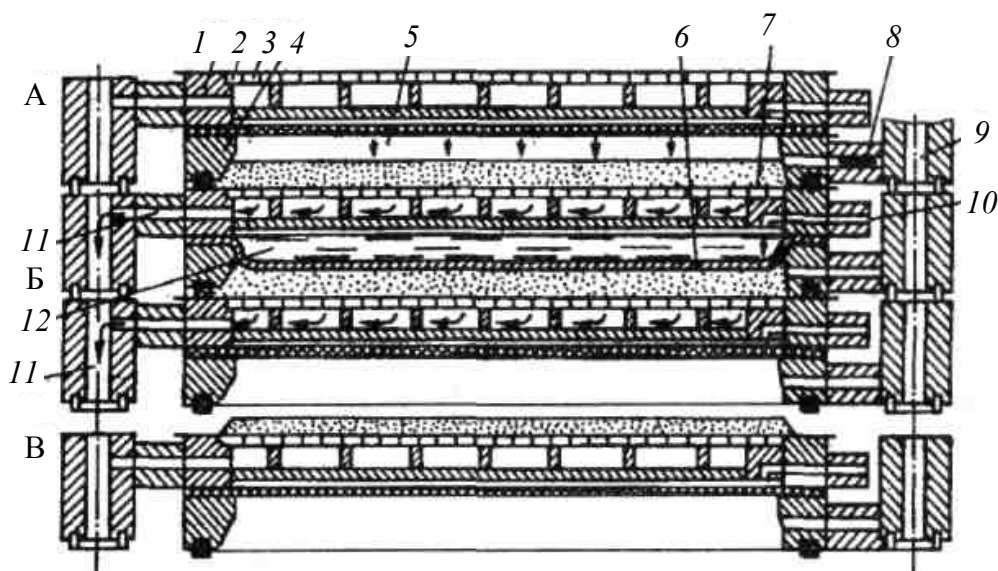


Рис. 3.2.21. Схема фильтр – пресса ФПАКМ: 1 – верхняя часть плиты; 2 – перфорированный лист; 3 – камера для приема фильтрата; 4 – нижняя часть плиты в виде рамы; 5 – камера для осадка; 6 – эластичная водонепроницаемая диафрагма; 7 – фильтровальная ткань; 8 и 10 – каналы; 9 – коллектор для подачи осадка; 11 – коллектор для отвода фильтрата и воздуха; 12 – полость для воды

В камеру по коллектору подаются осадок и воздух (положение А). По каналам фильтрат и воздух отводятся в коллектор. Затем осадок отжимается диафрагмой, для чего в полость нагнетается вода под давлением (положение Б). После этого раздвигаются плиты (положение В), передвигается фильтровальная ткань, и кек снимается с нее ножами, ткань промывается и очищается в камере регенерации ткани.

При необходимости перед подачей на фильтр-пресс в осадок вводятся химические реагенты – хлорное железо, известь, полиакриламид и др.

Наиболее эффективно обезвоживаются на камерных фильтр-прессах осадки производственных сточных вод минерального происхождения. Осадки городских сточных вод обезвоживаются хуже.

В настоящее время все большее распространение получают мембранно-камерные фильтр-прессы. Схема установки мембранно-камерного фильтр-пресса приведена на рис 3.2.22.

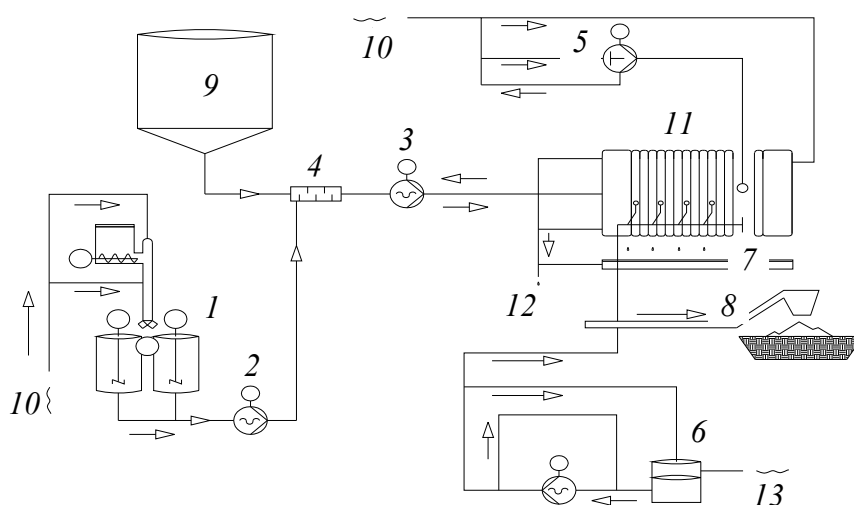


Рис. 3.2.22. Технологическая схема механического обезвоживания осадков на мембранно-камерном фильтр-прессе: 1 – система приготовления флокулянта; 2 – система дозирования флокулянта; 3 – система подачи осадка; 4 – система смешения осадка с флокулянтом; 5 – система промывки фильтровального полотна; 6 – система дожима мембран; 7 – система отвода капельных утечек и воды от промывки ткани; 8 – система отвода обезвоженного осадка; 9 – резервуар исходного осадка; 10 – подача воды питьевого качества; 11 – мембранно-камерный фильтр-пресс; 12 – отвод фильтрата; 13 – подача технической воды

Мембранно-камерный фильтр-пресс представляет собой серию вертикальных плит, имеющих каналы и покрытых тканью для поддержания кека. Плиты смонтированы в корпусе, верхние опоры которого соединены двумя тяжелыми горизонтальными и параллельными брусками или рельсами. Конструктивно фильтр – прессы подразделяются на: прессы с верхней подвеской плит и с боковой подвеской плит.

Центрифугирование осадка городских сточных вод получило широкое распространение после начала промышленного выпуска

синтетических высокомолекулярных органических флокулянтов катионного типа и использование их для повышения эффективности процесса обезвоживания, так как при центрифугировании осадков без применения флокулянтов образующийся фугат имеет высокие значения БПК, ХПК и содержание взвешенных веществ.

Основные преимущества метода:

- широкий диапазон производительности центрифуг – от 6 до 60 м<sup>3</sup>/ч;
- высокая эффективность задержания сухого вещества – до 98–99 % и удовлетворительная влажность кека – 78–82 %;
- герметичность машин и невысокий уровень шума;
- простота, надежность в эксплуатации и управляемость процессом.

Основной недостаток метода – относительно высокая стоимость флокулянтов.

Основными элементами центрифуги являются конический ротор со сплошными стенками и полый шнек. Ротор и шнек вращаются в одну сторону, но с разными скоростями. Под действием центробежной силы нерастворенные частицы осадка отбрасываются к стенкам ротора и вследствие разности частоты вращения ротора и шнека перемещаются к отверстию в роторе, через которое обезвоженный осадок попадает в бункер кека. Образовавшаяся в результате осаждения нерастворенных частиц исходная фаза (фугат) отводится через отверстия, расположенные с противоположной стороны ротора (рис. 3.2.23) В настоящее время налажен выпуск центрифуг этого типа с расчетной производительностью по суспензии до 30 м<sup>3</sup>/ч.

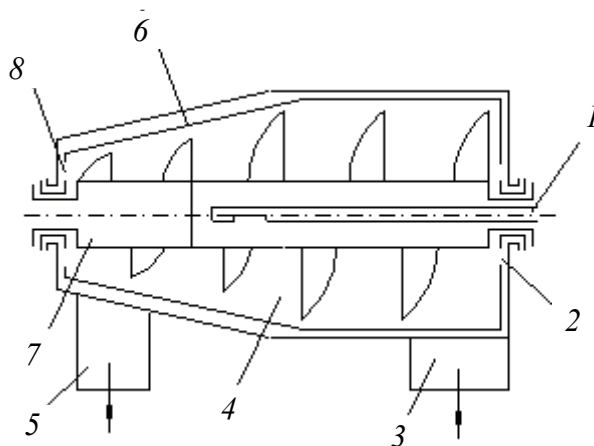


Рис. 3.2.23. Осадительная центрифуга: 1 – трубопровод для подачи осадка; 2 – отверстия для выгрузки фугата; 3 – выпуск фугата; 4 – отверстие для поступления осадка в ротор; 5 – выгрузка кека; 6 – ротор; 7 – полый шнек; 8 – выгрузочные окна

В настоящее время в отечественную практику кроме центрифуг типа ОГШ широко внедряются центрифуги и центрипрессы зарубежного производства.

**Проблема утилизации осадков.** В конце XX в. в числе обострившихся экологических проблем существенное место заняла утилизация осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод населенных пунктов.

Наиболее реально утилизировать осадок как удобрение в сельском и садово-парковом хозяйствах, а также для приготовления растительных грунтов. Однако этому должна предшествовать работа по сокращению содержания токсичных веществ в сточных водах и осадках. В результате проведенных исследований были установлены нормативные ПДК тяжелых металлов в осадках сточных вод для использования последних в качестве удобрений, даны методики расчета объемов внесения таких удобрений на сельскохозяйственные поля и в зеленые строительства. Однако в настоящее время осадки с городских очистных сооружений в сельском хозяйстве не используются из-за присутствия в них в очень высоких концентрациях тяжелых металлов. В ограниченном количестве осадки применяются в садово-парковом хозяйстве.

Осадки сточных вод могут быть применены как выгорающая добавка при производстве строительных материалов – кирпича, керамзита. При производстве бетонов и в дорожном строительстве можно использовать золу от сжигания осадков.

Одним из наиболее разработанных процессов промышленной переработки осадков сточных вод, отдельно и в комплексе с переработкой твердых бытовых отходов (ТБО) является пиролиз – процесс переработки углеродсодержащих веществ путем высокотемпературного нагрева без доступа кислорода.

В результате пиролиза осадков остается полукокс, представляющий собой черную массу, легко рассыпающуюся в порошок. Содержание золы и беззольного вещества в этой массе примерно одинаковое. Полукокс, или пирокарбон, широко используется в промышленности. Его можно утилизировать как топливо, а также использовать в процессе получения азота и фосфора.

Наибольший интерес представляет образуемый при пиролизе первичный деготь, который при фракционной разгонке может дать такие ценные продукты, как парафины, асфальтены, карбоновые кислоты, фенолы, коксовую пыль, органические основания.

Все технологии по термообработке осадков подразделяются на две категории: термическая сушка и сжигание. Основным преимуществом термической сушки является сохранение в высушенном осадке

органических веществ – ценных компонентов удобрений. При сжигании осадков органические вещества превращаются в газообразные продукты сгорания, при этом значительно сокращается общий объем осадков.

Необходимо отметить, что если осадок сжигается, то нецелесообразно его предварительно сбраживать. Сбраживание приводит к минерализации части органических веществ и снижению теплотворной способности осадка.

Таким образом, для крупных очистных сооружений, осадки которых могут быть использованы в качестве удобрений, наиболее рациональный метод их окончательной обработки – термическая сушка. Если же применение осадков в сельском хозяйстве недопустимо из-за повышенного содержания в них опасных загрязнений, то единственным способом, позволяющим максимально сократить объем осадков, является их сжигание.

**Установки для термической сушки и сжигания осадков.** Термическая сушка предназначена для обеззараживания и уменьшения массы осадков сточных вод.

Осадок после термической сушки представляет собой незагнивающий, свободный от гельминтов и патогенных микроорганизмов, внешне сухой (влажностью 10–50 %) сыпучий материал.

Наиболее распространен конвективный способ сушки, при котором необходимая для испарения влаги тепловая энергия непосредственно передается высушиваемому материалу теплоносителем — сушильным агентом. В качестве сушильного агента могут использоваться топочные газы, перегретый пар или горячий воздух.

Сушилки конвективного типа можно разделить на две группы: I – при продувке сушильного агента через слой материала частицы его остаются неподвижными – барабанные, ленточные, щелевые и др.; II – частицы материала перемещаются и перемешиваются потоком сушильного агента – сушилки со взвешенным (псевдооживленным) слоем (кипящим, фонтанирующим, вихревым) и пневмосушилки.

Сначала для сушки обезвоженного осадка применяли вращающиеся барабанные сушилки, но опыт их эксплуатации на станциях аэрации Москвы заставил отказаться от сушилок такой конструкции. Было рекомендовано использовать сушилки со встречными струями (СВС). Однако сушилки потребляли большое количество топлива, при работе становились источниками зловонных запахов и были взрывоопасны. По этим причинам от СВС пришлось отказаться.

Сложившаяся ситуация, а также неудачные попытки использования отечественных технологий термической обработки осадка заставили обратиться к опыту наиболее развитых стран мира. Самым эффективным методом было признано сжигание осадков. В мире существует несколько основных вариантов технологий сжигания осадков, технические решения которых заимствованы из технологии работы металлургических печей и энергетических твердотопливных установок. Пример тому – многоподовые печи.

Другое устройство, достаточно часто применяющееся для сжигания осадков, – барабанная вращающаяся печь. Устройства подобного типа установлены на Курьяновской станции аэрации в Москве.

Часто используются технологии совместного сжигания осадка и твердых бытовых отходов. Однако во второй половине XX в. проблема утилизации осадка в крупных городах обострилась настолько, что применение заимствованных или гибридных технологий стало экономически нецелесообразным. Потребовались новые технические решения. Наиболее рациональным методом сжигания осадков, который сегодня получил наибольшее распространение в мире, было признано сжигание в псевдоожиженном слое.

Печь представляет собой металлическую обечайку, обмурованную изнутри тяжелым огнеупорным кирпичом. Внутренняя полость труба разделена на две части сводом псевдоожижения – дутьевую камеру и реактор. Свод псевдоожижения выполнен из огнеупорных кирпичей, оборудован стальными соплами, на него нагружается подушка высокопрочного кварцевого песка. В дутьевую камеру подается большой расход воздуха, нагретого отходящими дымовыми газами. Конструкция сопел такова, что они позволяют воздуху подниматься в реактор, но удерживают песок от попадания в дутьевую камеру. Частицы песка в высокоскоростном турбулентном потоке воздуха находятся во взвешенном состоянии, не опускаясь на свод, но и не поднимаясь под купол реактора, образуя так называемый псевдоожиженный слой.

Обезвоженный осадок подается непосредственно в слой песка, смешиваясь с ним. Частицы осадка, попадая в зону высоких температур, отдают остаточную влагу и, истираясь в турбулентном потоке частиц песка, превращаются в мелкодисперсную пыль. Удельный вес частиц осадка меньше, чем у песка, поэтому они поднимаются в верхнюю часть реактора, где и происходит горение. Органическая часть осадка превращается в газообразные продукты, а минеральная выносятся потоком дымовых газов в газоход в виде мелкодисперсной золы.

### 3.3. Методы глубокой очистки и обеззараживания сточных вод

В связи с повышением требований к качеству очищенных сточных вод полная биологическая очистка дополняется сооружениями доочистки. Чаще всего для городских сточных вод требуется доочистка от взвешенных веществ, БПК и биогенных элементов.

**Методы доочистки сточных вод от взвешенных веществ и органических загрязнений.** Для глубокой очистки сточных вод от взвешенных веществ используется метод фильтрования на сетчатых барабанных фильтрах и фильтрах с зернистой загрузкой. Эффективность снижения взвешенных веществ на фильтрах с зернистой загрузкой составляет 70–90 %, эффективность снижения БПК<sub>пол</sub> – 50–60 %.

В общем виде станция для доочистки сточных вод фильтрованием включает следующие сооружения: насосную станцию с приемным резервуаром, обеспечивающую подачу воды на доочистку, барабанные сетки, предохраняющие фильтры от засорения крупными примесями; фильтр; резервуар для сбора промывных вод; резервуар – накопитель промывной воды и насосы для её подачи на промывку фильтров.

Схема узла доочистки сточных вод фильтрованием приведена на рис. 3.3.1.

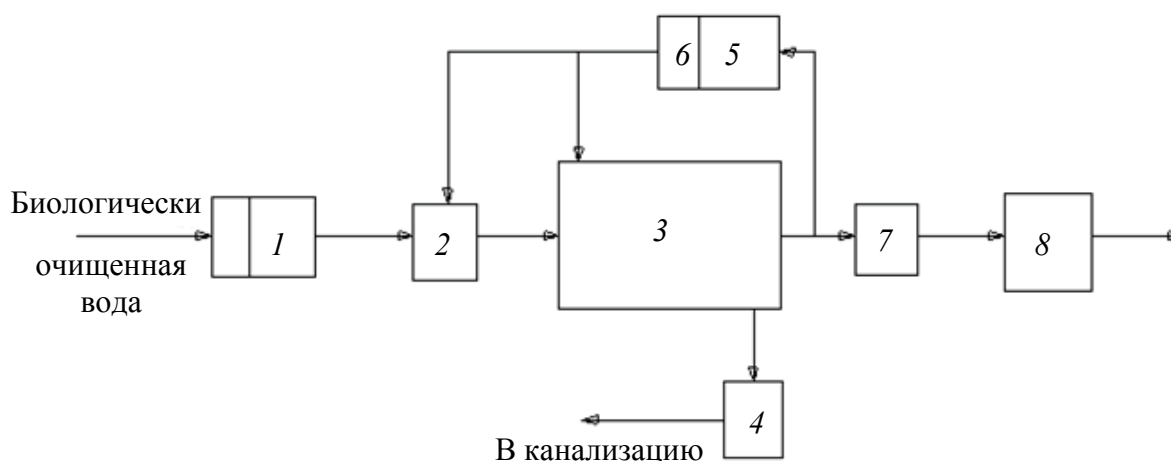


Рис. 3.3.1. Схема доочистки сточных вод фильтрованием: 1 – насосная станция с приемным резервуаром; 2 – барабанные сетки; 3 – зернистые фильтры доочистки; 4 – резервуар для сбора промывных вод; 5 – резервуар-накопитель промывной воды; 6 – насосная станция промывки фильтров; 7 – обеззараживание воды; 8 – сооружения для насыщения воды кислородом

Барабанные сетки устанавливаются перед фильтрами с зернистой загрузкой для выделения из сточных вод крупных примесей.

Фильтры с зернистой загрузкой могут быть следующих конструкций: однослойные с восходящим или нисходящим потоком жидкости; аэрируемые двухслойные и каркасно-засыпные (КЗФ).

В качестве материала фильтрующего слоя допускается использовать кварцевый песок, гравий, гранитный щебень, гранулированный доменный шлак, антрацит, керамзит, полимеры, а также другие зернистые загрузки, обладающие необходимыми свойствами, химической стойкостью и механической прочностью.

В последние годы в системах доочистки сточных вод стали широко применять новые методы, которые сочетают в себе достоинства фильтров и предусматривают возможность биологической деструкции остаточных органических загрязнений после полной биологической очистки сточных вод при помощи прикрепленной биомассы.

В качестве загрузочного материала, на котором происходят процессы глубокого изъятия загрязнений, используются полимерные элементы типа «Контур», «Водоросль» и некоторые другие материалы. В практике очистки сточных вод эти сооружения получили наименование биореакторов доочистки.

Принцип работы биореакторов заключается в следующем. В резервуар с загрузочным материалом подается биологически очищенная сточная вода, под загрузочным материалом установлена система аэрации, которая обеспечивает в резервуаре необходимую циркуляцию сточной воды через контейнеры с загрузкой. Этот поток вовлекает поступающую сточную жидкость в циркуляцию, снабжает биомассу гидробионтов, прикрепляющуюся на загрузке, кислородом, активным илом из вторичных отстойников и растворенными в воде органическими веществами.

Биоценоз биореактора образуется спонтанно и состоит из довольно большого количества видов различных микроорганизмов, в результате чего на загрузке формируется вполне устойчивая экосистема.

При заиливании загрузочного материала его отмывают подачей воздуха через аэрационную систему. Водовоздушный поток внутри контейнеров срывает иловые отложения с загрузки, в это же время осуществляют опорожнение биореактора, и ил выводится из сооружения. На период промывки биореактора подача очищаемой сточной жидкости на доочистку прекращается.

Скорость фильтрации в биореакторах принимается в диапазоне от 5 до 7 м/ч при пропуске максимального часового расхода при вре-

мени обработки сточных вод в 0,5–1 ч. Путем простой обработки биологически очищенных сточных вод достигается снижение взвешенных веществ и органических загрязнений (по БПК) с 15–50 до 1–5 мг/л.

**Методы глубокой очистки сточных вод от биогенных элементов.** Традиционная биологическая очистка сточных вод позволяет изъять основную массу органических загрязняющих веществ, но не может обеспечить достаточную глубину удаления соединений азота и фосфора, которые являются биогенными элементами. К наиболее важным биогенным элементам относятся азот, фосфор и сера. Попадая в водоемы, биогенные элементы способствуют развитию условий, угнетающих отдельные виды гидробионтов, а в некоторых случаях вызывают их гибель. Поступление большого количества азота и фосфора в водные объекты приводит к их эвтрофированию.

Основными источниками поступления биогенных элементов в природные водоемы являются объекты сельского хозяйства, а также неочищенные или недостаточно очищенные бытовые и промышленные сточные воды.

В поступающих на очистные сооружения городских сточных водах азот представлен в основном в виде минеральной ( $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{NO}_2^-$ ;  $\text{NO}_3^-$ ) и органической (аминокислоты, белок тканей организмов, органические соединения) составляющих, причем на долю аммиака или мочевины приходится примерно 80–90 % всех азотсодержащих соединений. Фосфор находится в бытовых сточных водах в основном в виде орто- и полифосфатов и фосфорсодержащих органических соединений.

Удаление общего фосфора в процессе биологической очистки не превышает 30–40 %, а соединения азота 50 %.

Для извлечения фосфора из сточных вод могут быть использованы физико-химические, химические и биологические методы, а также их комбинация.

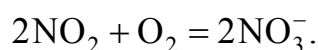
Наибольшее распространение получил реагентный метод, сущность которого заключается в образовании нерастворимых соединений фосфора и выведении их из системы в виде осадка. В качестве реагентов используют разнообразные соединения железа и алюминия. При этом реагенты могут быть введены: на стадии механической очистки, в сооружения биологической очистки, а также на стадии доочистки.

Эффективность реагентного удаления фосфора может достигать практически 100 %. Однако реагентный метод нельзя признать экономически оправданным из-за большого расхода реагента, затрат на

доставку и эксплуатацию реагентного хозяйства. Поэтому в последнее время специалистами в области очистки все большее внимание уделяется разработке технологии глубокого удаления фосфора модифицированными биологическими методами, за счёт чередования аэробных и анаэробных условий пребывания активного ила. Этот способ основан на том, что в анаэробных условиях клетки ила в результате гидролиза полифосфатов отдают накопленный фосфор в окружающую их воду, а в последующей аэробной стадии активно его потребляют, освобождая тем самым очищенную воду от фосфатов.

Для удаления азота из сточных вод могут быть использованы как физико-химические (отдувка аммиака, ионный обмен, адсорбция активным углем с предварительным хлорированием, электролиз, озонирование, химическое восстановление, деминерализация – обратный осмос, электродиализ, дистилляция), так и биологические (нитрификация и денитрификация) методы. В практике очистки городских сточных вод для удаления азота все шире используется метод биологической нитрификации – денитрификации.

Нитрификация – процесс окисления кислородом воздуха аммонийного азота до нитритов и нитратов, осуществляемый нитрифицирующими микроорганизмами. На первой стадии процесса нитрификации аммоний окисляется до нитритов, на второй стадии нитриты окисляются до нитратов:



Денитрификация – процесс восстановления нитритов и нитратов до свободного азота, который выделяется в атмосферу. Процесс может быть реализован при наличии в воде определенного количества органического субстрата, окисляемого сапрофитными микроорганизмами до углекислого газа и воды за счет кислорода азотсодержащихся соединений. В качестве органического субстрата в процессе денитрификации могут быть использованы любые биологически окисляемые органические окисления, а также осветленные сточные воды и органические производственные стоки, предпочтительно не содержащие азота.

Для процессов нитрификации и денитрификации могут быть использованы традиционные сооружения биологической очистки: аэротенки и биофильтры.

При использовании технологии глубокого удаления азота биологическим методом предполагается искусственное создание в аэро-

тенки различных зон, которые по степени обеспеченности кислородом подразделяются на три основные: аэробная, анаэробная и анаэробная.

**Обеззараживание сточных вод.** Обеззараживание сточных вод производят с целью уничтожения оставшихся в них патогенных бактерий и устранения опасности заражения воды водного объекта.

К наиболее распространенным методам обеззараживания сточных вод в настоящее время относятся: хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение (УФО) и их сочетание. Кроме того, перспективны разрабатываемые обеззараживающие технологии сточных вод, такие как гамма-облучение, электрический импульсный разряд, виброакустический, термический и другие способы.

Устойчивость микроорганизмов при любом способе обеззараживания во многом определяется различиями в механизмах процессов воздействия дезинфектанта. Механизм окислительного бактерицидного действия хлора связан с повреждением клеточной оболочки, подавлением ферментной системы бактерий, разрушением нуклеиновых кислот. Инактивирующее действие озона обусловлено высоким окислительно-восстановительным потенциалом, восстановительным потенциалом, в результате чего происходит разрушение протоплазмы, стенок и цитоплазматических мембран бактерий, протеиновых оболочек вирусов. Бактерицидное действие УФО основано преимущественно на повреждении структур ДНК и РНК микробной клетки нарушении проницаемости клеточных мембран. При фотохимическом воздействии лучистой энергии изменяются и разрываются химические связи органической молекулы.

Обеззараживание сточных вод хлором и озоном относится к реагентным способам. Обеззараживание сточных вод хлором является наиболее простым технологическим решением. Однако в результате хлорирования возможно образование нескольких десятков высокотоксичных веществ, включая канцерогенные и мутагенные, с величинами ПДК на уровне сотых и тысячных мг/л. Появление таких веществ в сточных водах после хлорирования ужесточает условия сброса в водоем, влияет на здоровье населения при водопользовании. При отведении хлорированных сточных вод в водоем поступают значительные концентрации хлора. В результате может иметь место гибель водных биоценозов и практически полное прекращение процессов самоочищения, в том числе и от патогенной микрофлоры. Решить эту проблему можно путем адекватного дехлорирования обеззараженных хло-

ром стоков перед их сбросом в водоемы. Необходимо учитывать также попадание в водоемы хлорустойчивых штаммов как индикаторных, так и патогенных микроорганизмов, что создает проблему при водоподготовке питьевой воды на водопроводных станциях.

Применение озона на крупных очистных станциях может быть целесообразным, так как образуется гораздо меньше новых вредных веществ, в основном альдегидов и кетонов, не обладающих высокой токсичностью. Озон как сильный окислитель обеспечивает не только обеззараживание, но и при озонировании некоторых видов стоков происходит улучшение органолептических свойств воды.

При использовании УФО бактерицидный эффект, как правило, не сопровождается образованием токсичных продуктов трансформации химических соединений сточных вод. Отсутствие пролонгированного биоцидного действия также является существенным преимуществом метода УФО, так как сток при сбросе в водоем не оказывает влияния на водные биоценозы. При обеззараживании стоков УФО необходимо учитывать возможность репарации под действием солнечного света микроорганизмов, поврежденных в процессе облучения.

Согласно действующим санитарным правилам по охране поверхностных вод от загрязнения, индикаторными микробиологическими показателями эффективности обеззараживания являются:

– общие колиформные бактерии как микробиологические показатели, характеризующие уровень фекального загрязнения сточных вод и степень вероятности присутствия возбудителей бактериальных кишечных инфекций;

– колифаги как индикаторы вирусного загрязнения хозяйственно-бытовых сточных вод.

В качестве индикаторных микроорганизмов в ряде стран рекомендуется использовать термотолерантные (фекальные) колиформные бактерии, *E.coli*, фекальные стрептококки.

При отведении очищенных сточных вод в водные объекты допустимый остаточный уровень содержания общих колиформных бактерий составляет не более 100 КОЕ/100 мл, колифагов – не более 100 БОЕ/100 мл, фекальных стрептококков – не более 10 КОЕ/100 мл, термотолерантных колиформных бактерий не более 100 КОЕ/100 мл при остаточном содержании хлора не менее 1,5 мг/л, озона – не менее 0,5 мг/л.

*Обеззараживание хлором.* При обеззараживании хлором расчетную дозу активного хлора следует принимать, г/м<sup>3</sup>:

- после механической очистки – 10;
- после механохимической очистки при эффективности отстаивания свыше 70 % и неполной биологической очистки – 5;
- после полной биологической, физико-химической и глубокой очистки – 3 .

Время контакта хлора или гипохлорита со сточной водой в резервуаре или в отводящих лотках и трубопроводах должно быть не менее 30 мин.

Контактные резервуары необходимо проектировать как первичные отстойники без скребков; число резервуаров — не менее двух. Допускается предусматривать барботаж воды сжатым воздухом при интенсивности  $0,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

Количество осадка, выпадающего в контактных резервуарах, следует принимать  $0,03 \text{ л}$  на  $1 \text{ м}^3$  сточной воды при влажности 98 %:

- после механической очистки – 1,5;
- после биологической очистки в аэротенках и на биофильтрах – 0,5.

*Обеззараживание озоном.* Озон обладает более высоким бактерицидным действием, чем хлор. Озон оказывает универсальное действие, проявляющееся в том, что одновременно с обеззараживанием воды происходит улучшение физико-химических и органолептических показателей воды. Озонаторные установки состоят из следующих основных элементов: озонаторов для синтеза озона, оборудования для подготовки и транспортирования воздуха, устройств электропитания, камер контакта озона с обрабатываемой водой, оборудования для утилизации остаточного озона в обрабатываемой газовой смеси.

Обеззараживание озоном целесообразно предусматривать после доочистки воды на микрофильтрах или на фильтрах. Дозу озона в этом случае следует принимать равной  $6\text{--}10 \text{ мг/л}$  при продолжительности контакта  $8\text{--}10 \text{ мин}$ . После полной биологической очистки требуемая доза озона равна  $15\text{--}30 \text{ мг/л}$ , а продолжительность контакта  $0,3\text{--}0,5 \text{ ч}$ .

*Ультрафиолетовое облучение.* Применяется для обеззараживания воды без применения химикатов. Бактерицидное действие УФ-лучей заключается в разрушении молекул ДНК бактерий, вирусов, водорослей и других микроорганизмов. Для обеззараживания применяются высокоинтенсивные ртутные лампы низкого и высокого давления. Эффективность обеззараживания 99 %. В системах очистки сточных

вод используются в основном безнапорные установки, в которых облучению ультрафиолетовыми лучами подвергается поток воды, протекающий по лотку. В этом лотке установлены кассеты водопогружных УФ-ламп. Очистка защитных кварцевых чехлов на лампах производится не чаще двух раз в месяц, замена ламп – 1 раз в год. Сточные воды перед подачей на УФ-облучение должны быть очищены до нормативов.

*Радиационное обеззараживание.* Радиационный метод целесообразно применять при обеззараживании сточных вод инфекционных больниц. Обеззараживание проводят в гамма-установках типа РХУНД, которые работают по следующей схеме: сточная вода поступает в полость сетчатого цилиндра приемно-разделительного аппарата, где твердые включения (бинты, вата, бумага и т. п.) увлекаются вверх шнеком, отжимаются в диффузоре и направляются в бункер-сборник. Затем сточные воды разбавляются условно-чистой водой до определенной концентрации и подаются в аппарат гамма-установки, в котором под воздействием гамма-излучения изотопа  $\text{Co}^{60}$  происходит процесс обеззараживания. Обработанная вода сбрасывается в городской канализационный коллектор.

## **Глава 4. РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ПРИМЕР КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗДАНИЙ. СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ХОЛОДНОГО ВОДОПРОВОДА И КАНАЛИЗАЦИЙ»**

Выполнение курсовой работы включает следующие этапы:

1. Анализ исходных данных.
2. Подключение жилого дома к уличным сетям водопровода (В1) и канализации (К1).
3. Нанесение на план этажа и план подвала стояков, водомерного узла и сетей В1 и К1.
4. Составление аксонометрических схем систем В1 и К1.
5. Гидравлический расчет систем В1 и К1.
6. Построение продольного профиля дворовой канализации.
7. Составление спецификации.

### **Исходные данные для проектирования:**

- генплан участка приведен на рис. 1 прил. 1;
- план типового этажа приведен на рис. 2 прил. 1;
- количество этажей 4;
- высота этажа (от пола до пола при толщине перекрытия 0,3) 3 м;
- высота подвала (до пола первого этажа), 2,8 м;
- расстояние от красной линии до здания, 10 м;
- расстояние от здания до городского канализационного колодца ГКК 14 м;
- диаметр трубы городского водопровода 300 мм;
- диаметр трубы городской канализации 350 мм;
- уклон трубы городской канализации  $i = 0,007$ ;
- абсолютная отметка поверхности земли у здания 39,4 м;
- абсолютная отметка пола первого этажа 40,2 м;
- абсолютная отметка лотка колодца ГКК 36 м;
- нормативная глубина сезонного промерзания грунта 2,5 м;
- гарантийный напор 38 м;
- средняя заселенность квартир 3,1 чел/квартира.

**Генплан участка** выполняется в масштабе 1:400 или 1:500. При подключении дома к уличным сетям соблюдаются следующие правила: ввод В1 желательно делать в ту часть здания, где сосредоточено большое количество водопроводной арматуры. При равномерном

распределении санитарно-технических приборов в здании предпочтительнее устраивать ввод в среднюю часть здания. В месте присоединения ввода к наружной водопроводной сети устраивают колодец диаметром не менее 700 мм с вентилем или задвижкой для отключения ввода. При расчетном диаметре до 65 мм ввод может быть запроектирован из стальных водогазопроводных труб, соединяемых на сварке, с обязательной противокоррозионной изоляцией. При диаметре более 65 мм применяются чугунные раструбные трубы с обязательной заделкой стыка. В последние годы для прокладки ввода используются пластмассовые трубы. Глубина заложения ввода зависит от глубины заложения наружной водопроводной сети, но не менее чем на 0,5 м ниже глубины сезонного промерзания грунта. Пересечение ввода со стенами подвала в сухих грунтах выполняют с зазором 0,2 м между трубопроводом и строительными конструкциями с заделкой отверстия в стене водонепроницаемыми и газонепроницаемыми (в газифицированных районах) эластичными материалами. В мокрых грунтах пересечение трубы ввода со стеной подвала устраивается с помощью сальниковых уплотнений. Для опорожнения ввода его укладывают с уклоном 0,003–0,005 в сторону наружной сети. Расстояние по горизонтали в свету между вводами хозяйственно-питьевого водопровода и выпусками канализации должно быть не менее 1,5 м при диаметре ввода до 200 мм включительно и не менее 3 м при диаметре ввода более 200 мм. Число вводов зависит от режима работы здания и принимается по СНиП 2.04.01–85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий», п. 9.1.

Канализационные выпуски обычно устраивают отдельно от каждого подъезда во двор. Канализационные колодцы располагают в местах присоединения выпусков, в точках поворота, перед или на красной линии, в точках изменения диаметров или уклонов труб, а также на прямых и длинных участках сети на расстоянии друг от друга 35 м (при  $d$  150 мм) или 50 м (при  $d$  более 150 мм). Минимальное расстояние от стены здания до оси смотрового колодца дворовой сети принимается 3 м в сухих грунтах и 5 м в мокрых. Минимальный диаметр труб дворовой сети 150 мм. Глубина заложения дворовой сети определяется глубиной заложения выпуска в начале сети, но не менее чем на 0,3 м меньше глубины промерзания грунта. Колодцы выполняют из кирпича или сборных железобетонных элементов диаметром 700 мм для колодцев глубиной не более 2 м и трубопроводов диаметром до 200 мм. При большей глубине колодца и трубопроводов диа-

метром более 200 мм диаметр колодца принимают 1000–1200 мм и более. На днище (основании) колодца устраивают лоток для плавного соединения труб одного или разных диаметров. Соединение труб разных диаметров обычно выполняют «шелыга в шелыгу».

Пример выполнения генплана участка по заданным исходным данным приведен в прил. 2.

### **Правила конструирования внутренней водопроводной и канализационной сети (выполнение планов этажа и подвала)**

*Сеть В1.* Как правило, в жилых зданиях сеть В1 устраивается с нижней разводкой. Магистральный трубопровод прокладывают под потолком подвала или техподполья (на расстоянии 0,5 м от него). При отсутствии подвала или техподполья магистраль можно прокладывать в подпольных каналах первого этажа. Прокладка магистральных линий в земле под полом не допускается. Подпольные каналы бывают непроходные ( $h = 0,3–0,7$  м), проходные ( $h = 1,7–1,8$  м) и полупроходные ( $h = 0,8–1,0$  м). Ширина каналов 0,3–1,0 м. Каналы выполняют из негорючих материалов и перекрывают съемными плитами. Магистраль прокладывают с уклоном 0,003–0,005 в сторону ввода. При прокладке магистрального трубопровода, стояков и подводок к поливочным кранам предусматривают теплоизоляцию.

Стояки и подводки к водоразборным устройствам прокладывают двумя основными способами:

- открытой прокладкой по колоннам, балкам, фермам, стенам;
- скрытой прокладкой в бороздах, каналах и панелях санитарно-технических кабин вместе с трубопроводами другого назначения.

Борозды и каналы заделывают штукатуркой по сетке или облицовкой, а в местах установки арматуры предусматривают дверцы. В местах пересечения вертикальных трубопроводов с перекрытиями на трубы надевают гильзы.

Материалы, применяемые в системах хозяйственно-питьевого водопровода, должны иметь разрешение Госсанэпиднадзора России. В настоящее время к использованию разрешены трубы стальные водогазопроводные оцинкованные, медные, пластмассовые. Трубы внутреннего водопровода и фасонные части к ним должны выдерживать давление не менее 0,45 МПа при температуре + 20 °С в течение 50 лет без потери прочности. В качестве водоразборной арматуры в жилых зданиях устанавливают смесители моек, ванн и умывальников и поплавковые клапаны смывных бачков унитазов. Квартирные под-

водки от стояков к водоразборным устройствам прокладывают на высоте 0,3 м над полом. На подводке водопровода в квартиру после запорного вентиля рекомендуется устанавливать грязевик с фильтром и водосчетчик. Запорная арматура (вентили или задвижки) устанавливается у основания стояков, у клапанов смывных бачков унитазов, в водомерном узле, на вводе водопровода в квартиру, у поливочных кранов, на разветвлениях магистрали. Поливочные краны располагают в нишах наружных стен здания на высоте 0,35 м от отмостки тротуара. На подводке к поливочным кранам устанавливают вентиль и спускной кран (пробка) для опорожнения кранов на зимний период. Один поливочный кран устанавливают на каждые 60–70 м (п. 10.7 СНиП 2.04.01–85\*).

Водомерные узлы устанавливают на вводах у наружной стены здания, в удобном легкодоступном помещении с искусственным или естественным освещением с температурой не ниже + 5 °С. Водомерные узлы могут быть простые или с обводной линией. Обводная линия обязательна, если не допустим перерыв в подаче воды или водосчетчик не рассчитан на пропуск противопожарного расхода. В последнем случае на обводной линии устанавливается электрифицированная задвижка, которая отрывается автоматически при сигнале о пожаре.

Наиболее распространены скоростные счетчики воды, принцип работы которых состоит в суммировании числа оборотов рабочего органа (турбинки или крыльчатки). Число оборотов пропорционально количеству протекающей воды. Водосчетчики характеризуются пределом допускаемой относительной погрешности, классом, максимальным, минимальным, эксплуатационным расходами и порогом чувствительности. Крыльчатые водосчетчики выпускаются с условным проходом от 15 мм до 50 мм, турбинные от 65 мм до 250 мм.

*Сеть К1.* Внутренняя канализационная сеть состоит из следующих элементов: приемники сточных вод, отводные трубы, канализационные стояки, выпуски, устройства для прочистки и вентиляции сети, местные установки для перекачки и очистки сточных вод.

В качестве приемников сточных вод в жилых зданиях применяют кухонные мойки, умывальники, ванны различных типов, душевые поддоны и унитазы.

Отводные трубы от приборов к стоякам прокладывают по полу открыто, либо скрыто в бороздах, панелях или монтажных коридорах.

От ванн, моек и унитазов отводные трубы диаметром 50 мм прокладывают с уклоном  $i = 0,035$ , диаметром 100 мм с уклоном  $i = 0,02$ . Наибольший уклон не должен превышать  $i = 0,15$ . Приемники сточных вод по этажам желательно располагать друг под другом. При монтаже сети следует придерживаться следующих правил:

— двустороннее присоединение отводных труб от ванн к одному стояку допускается только с применением косых крестовин;

– к стоякам отводные трубы могут присоединяться с помощью косых тройников;

– для присоединения унитаза непосредственно к стояку применяются отводы кресты;

– для присоединения к стояку отводных линий  $d$  50 мм и  $d$  100 мм, расположенных в разных плоскостях, используют двухплоскостные крестовины.

Конструктивно диаметры канализационных стояков принимают равными по всей высоте (если к стояку присоединен унитаз, принимают диаметр 100 мм, если только кухонные мойки – 50 мм).

Размещают стояки открыто у стен или скрыто в монтажных шахтах санитарно-технических кабин.

Выпуски могут быть проложены по полу подвала на столбиках или подставках с обеспечением плавного присоединения к стоякам двумя отводами по  $135^\circ$  или скрыто в штробе в полу подвала. Диаметр выпуска следует принимать не менее диаметра наибольшего стояка. Для осмотра и прочистки на сети предусматривают ревизии и прочистки. Ревизии располагают на стояках в подвале, на первом и последнем этажах и через три этажа по высоте стояка на высоте 1 м от пола до центра ревизии. Прочистки устанавливают в начале участков отводных труб при числе присоединенных приборов три и более, на поворотах сети, на прямолинейных участках сети через каждые 8 м при диаметре труб 50 мм и через 15 м при диаметре труб 100–150 мм.

Для удаления газов из сети канализационные стояки выводят выше кровли на 3 м при эксплуатируемой кровле, на 0,3 м при неэксплуатируемой плоской кровле и на 0,5 м – при не эксплуатируемой скатной кровле. Вытяжную часть канализационных стояков следует размещать от открываемых окон и балконов на расстоянии не менее 4 м по горизонтали в свету.

Примеры выполнения планов этажа и подвала приведены в прил. 3 и 4 соответственно.

### **Составление аксонометрических схем систем В1 и К1**

Аксонометрические схемы выполняются в масштабе 1:100. Схема системы В1 выполняется для всего дома, схема системы К1 – для подъезда, наиболее удаленного от городского колодца. На схемах указываются все необходимые отметки (поэтажные отметки, отметки ввода, магистрали, оси водосчетчика, оси обводной линии, диктующего прибора, отметка выпуска К1, отметки основания стояков и т. д.). Подводки к приборам показываются на последнем этаже каждого стояка.

Для расчета сетей на расчетной без масштабной схеме, которая приводится в пояснительной записке, сеть разбивают на участки, отличающиеся расходом. Разбивку сети В1 ведут от диктующего прибора до присоединения магистрали к наружной водопроводной сети. Разбивку сети К1 ведут от основания наиболее удаленного стояка до колодца городской канализации.

Пример аксонометрических схем В1 и К1 приведен в прил. 5 и 6 соответственно (так как в данном пособии не приведен пример оформления пояснительной записки, номера расчетных участков представлены на аксонометрических схемах).

### **Определение расчетных расходов в системах водоснабжения и канализации**

Максимальный секундный расход воды  $q^c$ , л/с, на расчетном участке в системе холодного водопровода определяют по формуле:

$$q^c = 5 q_0^c \cdot a ,$$

где  $q_0^c$  – расход холодной воды, л/с, санитарно-техническим прибором, принимаемый согласно п. 3.2 [1];  $a$  – коэффициент, определяемый согласно рекомендуемому приложению 4 [1] в зависимости от общего числа приборов  $N$  на расчетном участке сети и вероятности и их действия  $P^c$ .

Вероятность действия санитарно-технических приборов при одинаковых водопотребителях определяют по формуле

$$P^c = \frac{q_{hr,u}^c U}{q_0^c N \cdot 3600},$$

где  $q_{hr,u}^c$  – норма расхода холодной воды, л, потребителем в час наибольшего водопотребления, принимаемая согласно обязательному прил. 3[1],  $U$  – число потребителей.

Максимальный секундный расход сточных вод  $q^s$ , л/с следует определять:

а) при общем максимальном секундном расходе воды  $q^{tot} \leq 8$  л/с по формуле

$$q^s = q^{tot} + q_0^s$$

б) в других случаях  $q^s = q^{tot}$

$$q^{tot} = 5 \cdot q_0^{tot} \cdot \alpha,$$

где  $q_0^{tot}$  – общий расход воды, л/с, санитарно-техническим прибором, принимаемый согласно п. 3.2 [1];  $\alpha$  – коэффициент, определяемый согласно рекомендуемому прил. 4 [1] в зависимости от общего числа приборов  $N$  на расчетном участке сети и вероятности их действия  $P^{tot}$ .

$$P^{tot} = \frac{q_{hr,u}^{tot} \cdot U}{q_0^{tot} \cdot N \cdot 3600},$$

где  $q_{hr,u}^{tot}$  – общая норма расхода воды, л, в час наибольшего водопотребления, принимаемая согласно обязательному прил. 3 [1];  $q_0^s$  – расход стоков от санитарно-технического прибора, л/с, принимаемый согласно обязательному прил. 2 [1].

### Гидравлический расчет сети В1

Целью гидравлического расчета хозяйственно – питьевых сетей внутреннего водопровода является определение диаметров трубопроводов и потерь напора на участках сети, определение требуемого напора и подбор водосчетчика. Диаметры трубопроводов на участках определяют по таблицам Ф. А. Шевелева [2]. Скорость движения воды в сетях хозяйственно-питьевого водопровода рекомендуется принимать в пределах 1–1,7 м/с при питании от городского водопровода. Потери напора на участках определяют по формуле:

$$h_l = i \cdot l (1,0 + K_l),$$

где  $i$  – уклон трубопровода на участке; где  $l$  – длина расчетного участка, м; значение  $K_l$  следует принимать в сетях хозяйственно-питьевых водопроводов жилых и общественных зданий равным 0,3.

Результаты гидравлического расчета сети В1 для заданных исходных данных приведены в прил. 8.

**Подбор водосчетчика.** При подборе водосчетчиков необходимо определять соответствие калибра водосчетчика режиму водопотребления и определять потери напора, который он может вызвать при расчетных расходах воды. Диаметр условного прохода водосчетчика выбирается согласно п. 11.2 [1] исходя из среднечасового расхода воды (который не должен превышать эксплуатационный, принимаемый

по табл. 3.1 и 3.2 [3].) и проверяется на допустимые потери напора, принимаемые по п. 11.3\*[1].

Потери давления в водосчетчиках  $h$ , м, определяют по формуле

$$h = Sq^2,$$

где  $S$  – гидравлическое сопротивление счетчика, принимаемое согласно табл. 4\* [1];  $q$  – расчетный секундный расход воды, л/с.

Необходимый (требуемый) напор вычисляется по формуле

$$H_{\text{тр}} = H_{\text{вв}} + h + H_{\text{geom}} + \sum H^{\text{tot}}_1 + H_f,$$

где  $H_{\text{вв}}$  – потери напора на вводе, м;  $h$  – потери напора в водосчетчике, м;  $H_{\text{geom}}$  – геометрическая высота подачи воды, определяется как разница отметок диктующего прибора и отметки поверхности земли в точке присоединения ввода к уличному водопроводу, м;  $\sum H^{\text{tot}}_1$  – сумма потерь напора на участках сети, м;  $H_f$  – нормированный свободный напор расчетного санитарно-технического прибора, определяется по прил. 2 [1].

#### **Пример подбора водосчетчика и расчет требуемого напора**

Максимальный суточный расход воды  $Q_{\text{макс сут}} = q^c_u \cdot U / 1000$ , где  $q^c_u$  – норма расхода воды потребителем в сутки наибольшего водопотребления, л/сут (принимается по прил.3 [1]).

$$Q_{\text{макс сут}} = 180 \cdot 99,2 / 1000 = 17,9 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

4 % среднего расхода в сутки максимального водопотребления составляет  $17,9 \cdot 0,04 = 0,72 \text{ м}^3/\text{час}$ . Принимаем водосчетчик типа ВСКМ-32 с сопротивлением  $S = 1,3 \text{ м}/(\text{л/с})^2$  (табл. 4\*[1]).

Потери напора в водосчетчике  $h = 1,3 \cdot 0,842^2 = 0,92 \text{ м}$ , где  $0,842 \text{ л/с}$  – максимальный расчетный расход через водосчетчик, принят по таблице, приведенной в прил. 8 .

Потери напора на вводе, м,  $H_{\text{вв}} = i \cdot l$ , где  $i$  – единичные потери напора, м. При диаметре ввода 50 мм  $i = 0,0113 \text{ м}$ ;  $l$  – длина ввода от точки врезки в наружную сеть до водомерного узла, м;  $l = 22,6 \text{ м}$  (принято по генплану).  $H_{\text{вв}} = 0,0113 \cdot 22,6 = 0,26 \text{ м}$ .

$$H_{\text{geom}} = 49,2 + 1,1 - 39,4 = 10,9 \text{ м},$$

где  $49,2$  – отметка пола верхнего этажа, м;  $1,1$  – высота расположения диктующего прибора над полом, м.

$$H_f = 3 \text{ м}.$$

Требуемый напор  $H_{\text{тр}} = 0,26 + 0,92 + 10,9 + 4,872 + 3 = 19,95 \text{ м}$ .

Так как требуемый напор меньше гарантийного (38 м), повышения напора не требуется.

### **Гидравлический расчет сети К1**

Целью гидравлического расчета канализационной сети является определение диаметров и уклонов труб, обеспечивающих скорость движения сточных вод, при которой не выпадают взвеси и загрязнения на дно трубопровода, а наполнение  $H/d = 0,3–0,5$  из условия транспортирующей способности сточной жидкости. Диаметр, уклон и наполнение принимаем в зависимости от расчетного расхода по таблицам Лукиных [4]. Пропускную способность и надежность работы отдельных горизонтальных участков канализационной сети проверяют на соблюдение соотношения между скоростью движения сточных вод и наполнением так, чтобы было выполнено неравенство

$$v \cdot \sqrt{H/d} \geq 0,6.$$

Если это условие не выполняется, то эти участки труб считаются безрасчетными и при  $d = 100$  мм их уклон принимают равным 0,02, а при  $d = 150$  мм – 0,01.

Диаметры канализационных стояков принимаются конструктивно в зависимости от диаметров выпусков присоединенных приборов и проверяются на соответствие пропускной способности стояка (табл. 8, [1]). Результаты гидравлического расчета сети К1 приведены в прил. 9.

Выдержки из таблиц для гидравлического расчета водопроводных [2] и канализационных [4] сетей приведены в прил. 10 и 11.

### **Построение профиля дворовой канализации**

Продольный профиль дворовой канализации выполняется в масштабах: масштаб горизонтальный  $M_g$  1:400, масштаб вертикальный  $M_v$  1:100. Профиль строится от точки выхода сети К1 из дома до колодца городской канализации. При построении профиля необходимо учитывать, что соединение труб разных диаметров обычно производится «шелыга в шелыгу». В контрольном колодце обычно устраивают перепад, так как заглубление уличного коллектора, как правило, больше дворового. На профиле должны быть нанесены отметки лотков, земли, глубины, материал труб, расстояние между колодцами, длины участков и уклоны труб, пересечение с другими сетями.

Пример построения профиля приведен в прил. 7.

### **Составление спецификации**

Сводную спецификацию систем водопровода и канализации составляют по разделам по форме 1 или 2 ГОСТа 21.104–79: водопро-

вод, канализация. В каждой системе элементы и материалы записывают по группам в следующей последовательности: оборудование, приборы, арматура, трубопроводы по каждому диаметру, материалы.

В спецификации принимают следующие единицы измерения:

- трубопроводы – м;
- другие элементы систем – шт.;
- материалы изоляционные – м<sup>3</sup>;
- другие материалы — кг.

Спецификацию составляют на основе выполненных чертежей. Длину труб, определенную по схемам, увеличивают на 5 % на неучтенные проектом обводы балок, пилястр. Количество запорно-регулирующей арматуры определяют по схемам систем водопровода. При составлении спецификации внутренней канализации учитывают не только трубопроводы, оборудование и приборы, но и все виды применяемых фасонных частей и прочисток.

Для крепления трубопроводов внутренних систем водопровода и канализации требуется один крюк, хомут или подвеска на каждые три погонных метра трубы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.01–85\*. Внутренний водопровод и канализация зданий / Минстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 1996. – 60 с.
2. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений: учебник для вузов / Е. Н. Бухаркин, К. С. Орлов, О. Р. Самусь и др./ под ред. Ю. П. Соснина– 3 – е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2009. – 415 с.
3. Шевелев, Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб : справ. пособие. – 8-е изд., перераб. и доп. Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – М. : ООО «БАСТЕТ», 2007. – 336 с.
4. Кедров, В. С. Санитарно-техническое оборудование зданий : учеб. для вузов / В. С. Кедров, Е. Н. Ловцов – М. : Стройиздат, 1989. – 495 с.
5. Лукиных, А. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского: справ. пособие. А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных – М. : Стройиздат, 1987. – 151 с.
6. Белецкий, Б. Ф. Санитарно-техническое оборудование зданий (монтаж, эксплуатация и ремонт) / Б. Ф. Белецкий. – Ростов н/Д : «Феникс», 2002 – 512 с.
7. Водоснабжение, водоотведение, оборудование и технологии: справочник. – М. : Стройинформ, 2006. – 456 с.
8. Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод: учеб для вузов / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – М. : АСВ, 2002. – 704 с.
9. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения: справочник / Б. Н. Репин, С. С. Запорожец, В. Н. Ереснов и др. / под ред. Б. Н. Репина. – М.: Высш. шк., 1995. – 431 с.
10. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : в 3 т. / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова / под ред. М. Г. Журбы. – М. : АСВ, 2004.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

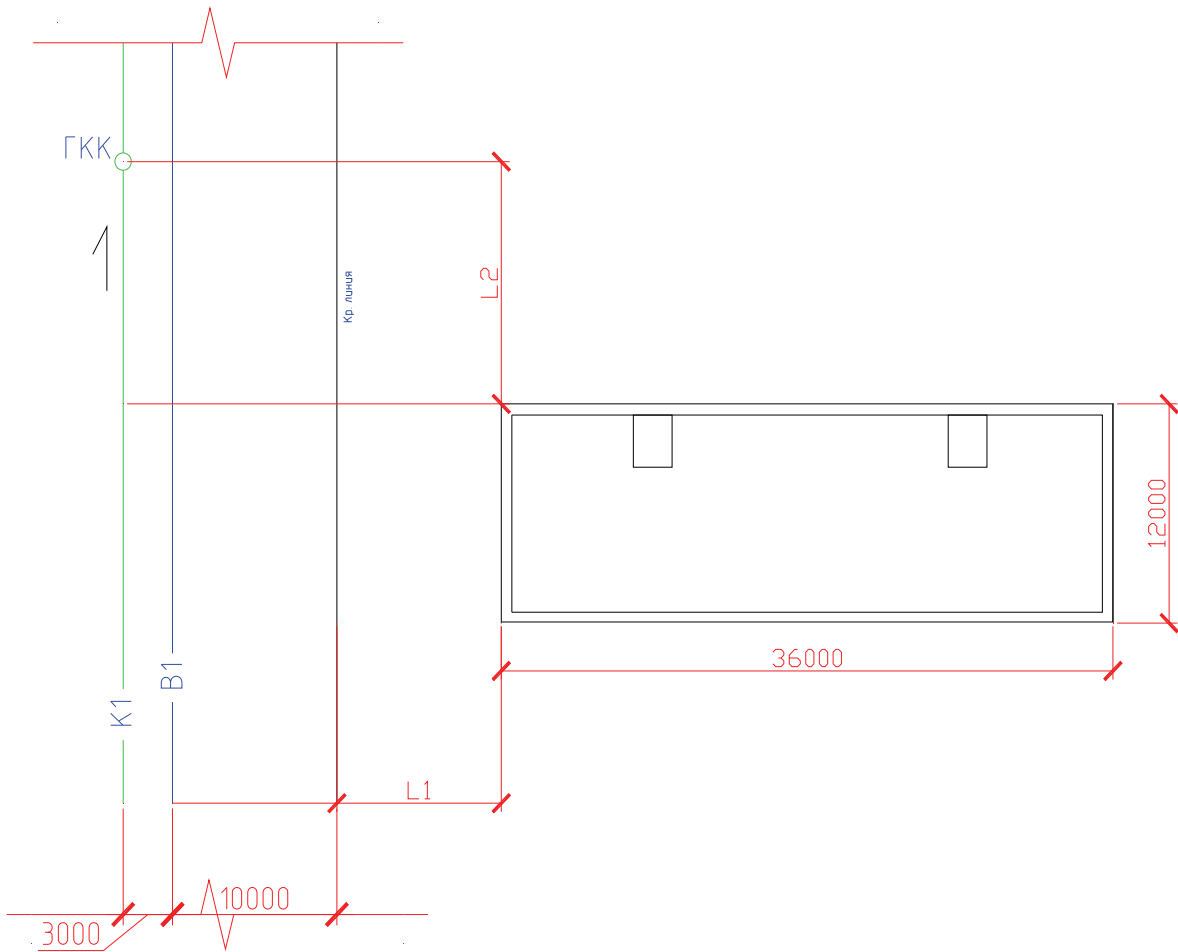


Рис. 1. Генплан участка

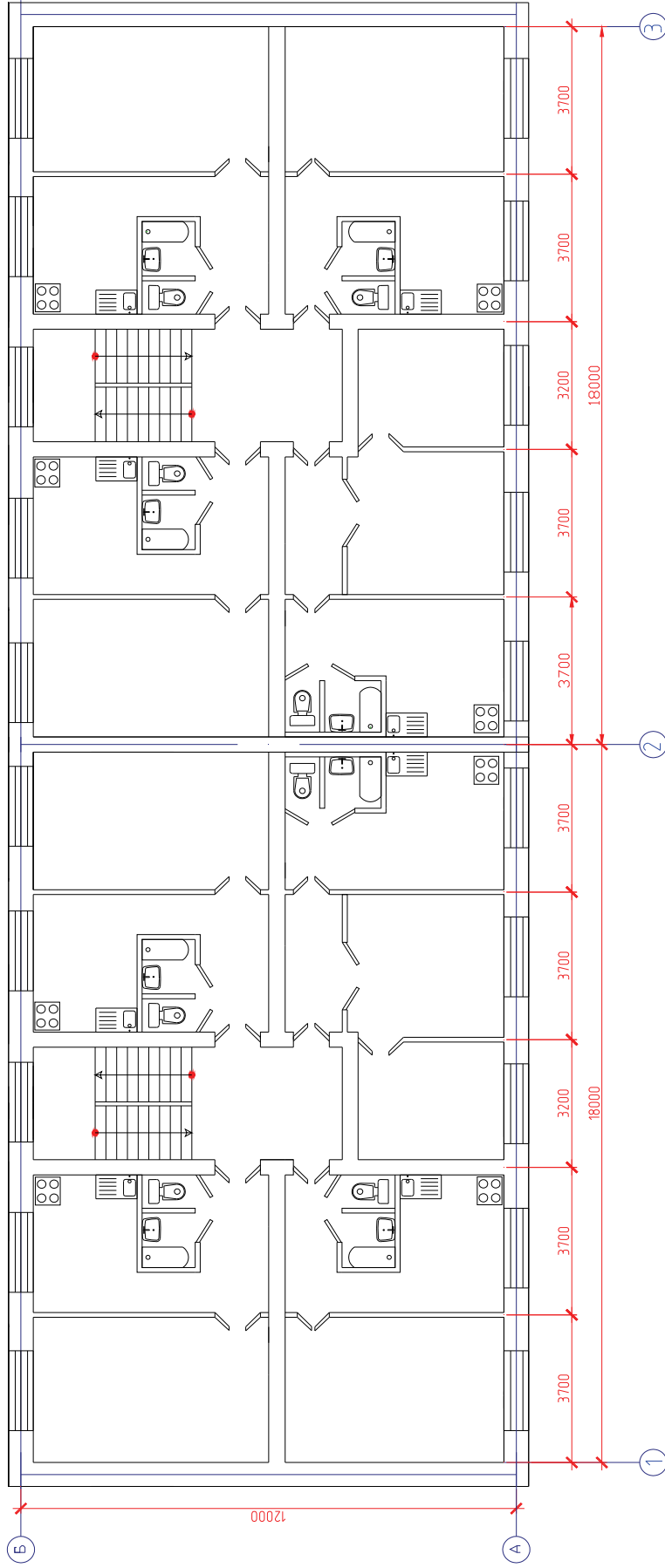
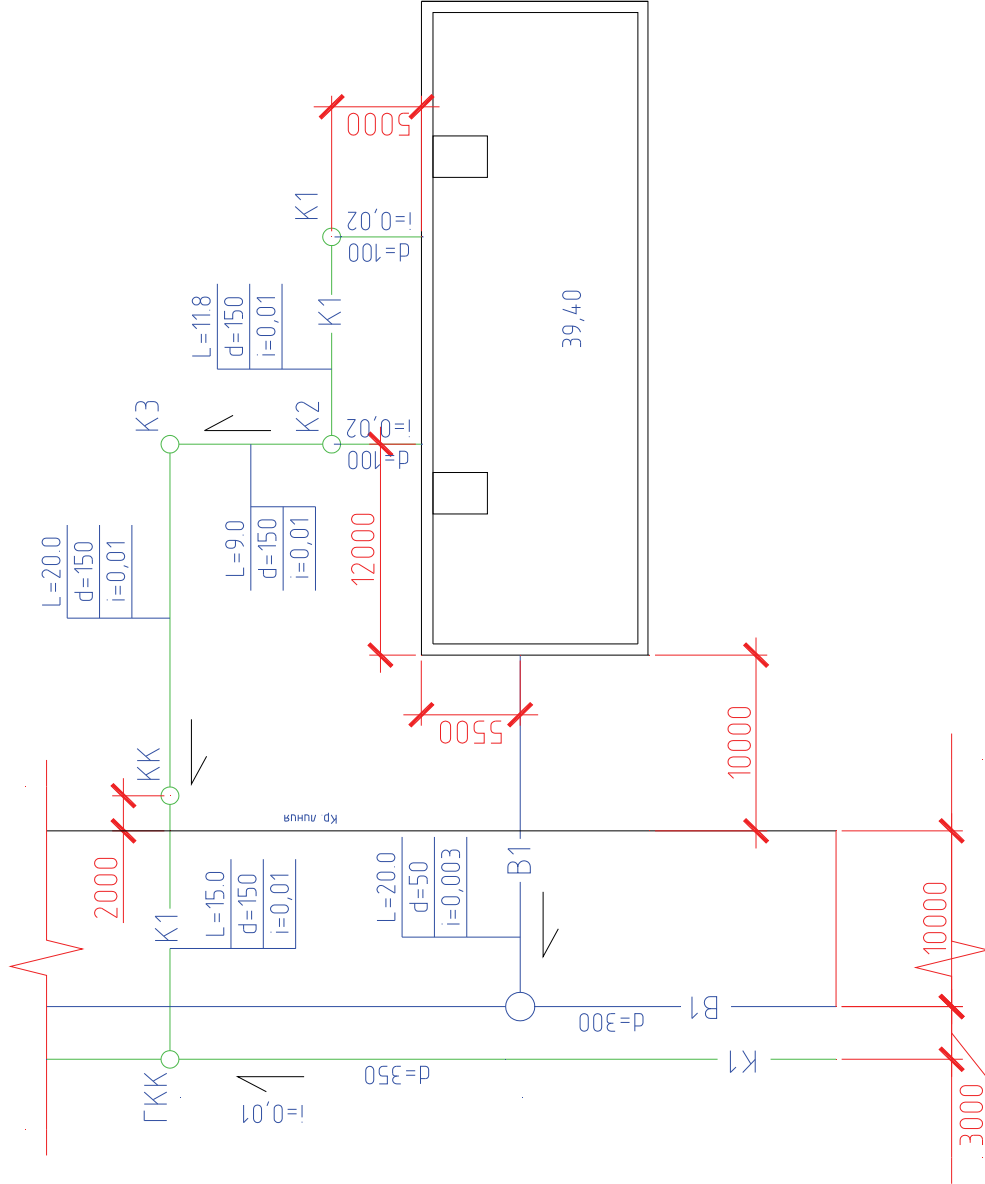


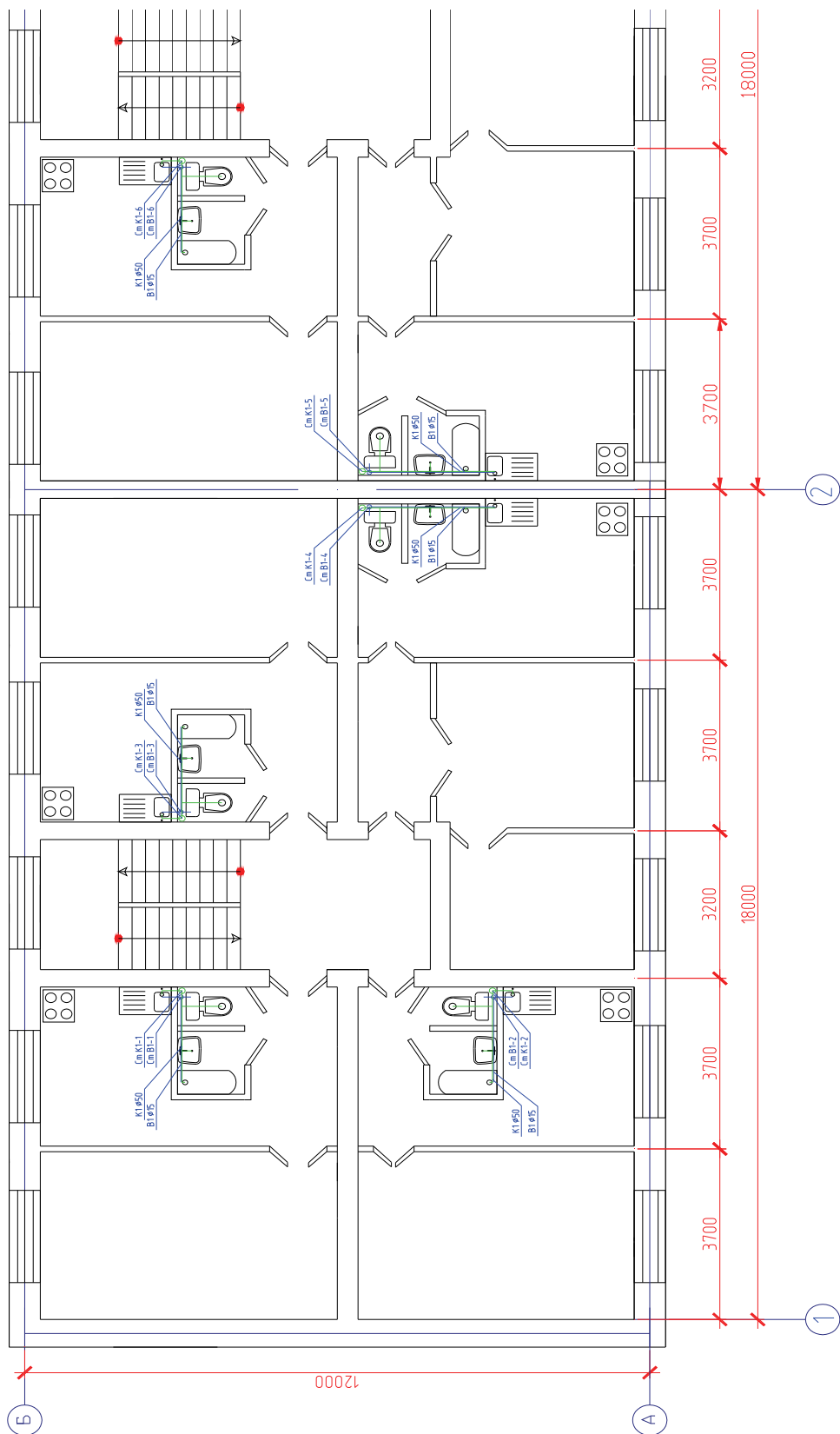
Рис. 2. План типового этажа

Генплан участка



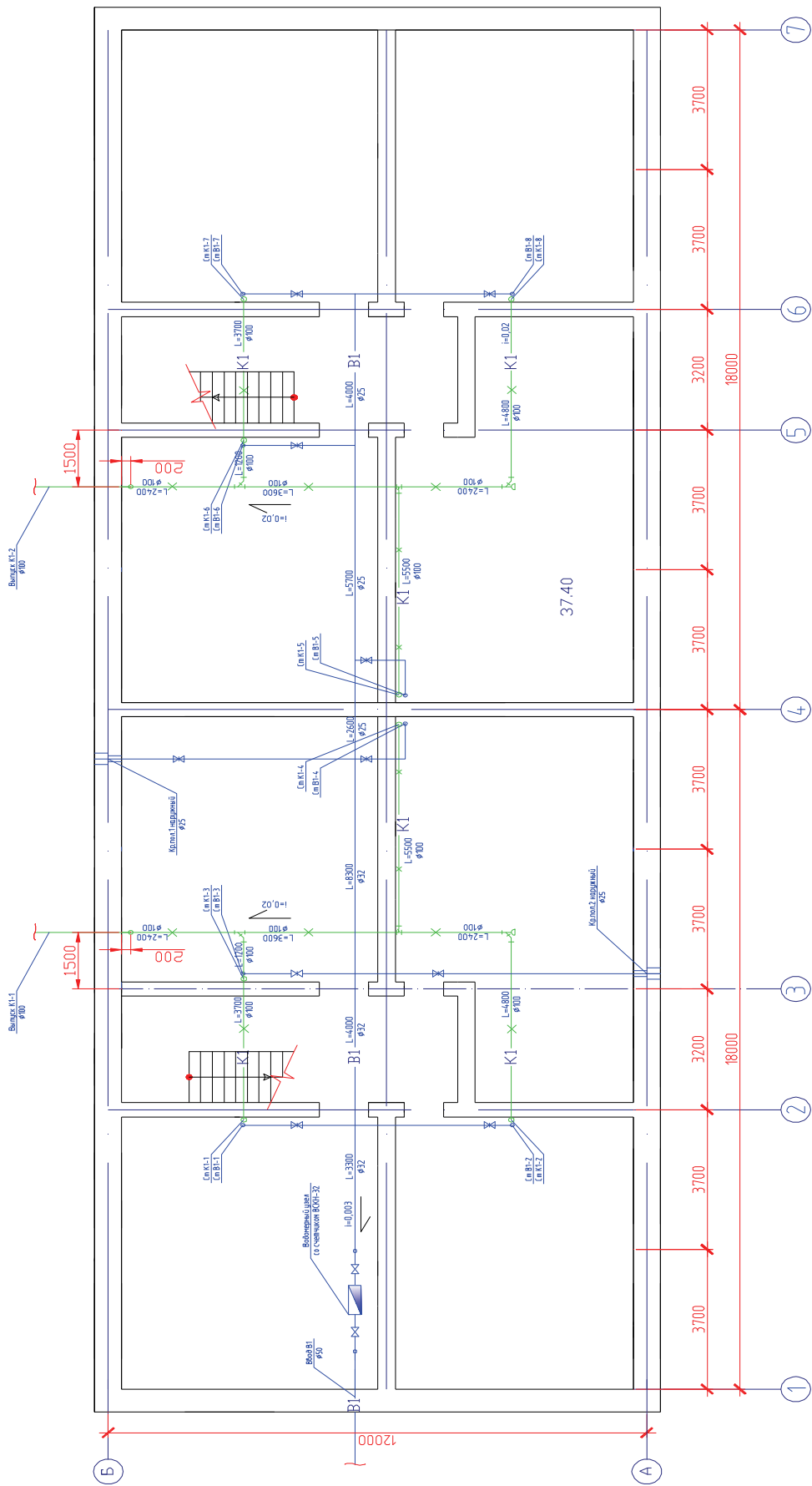
# Приложение 3

## План этажа

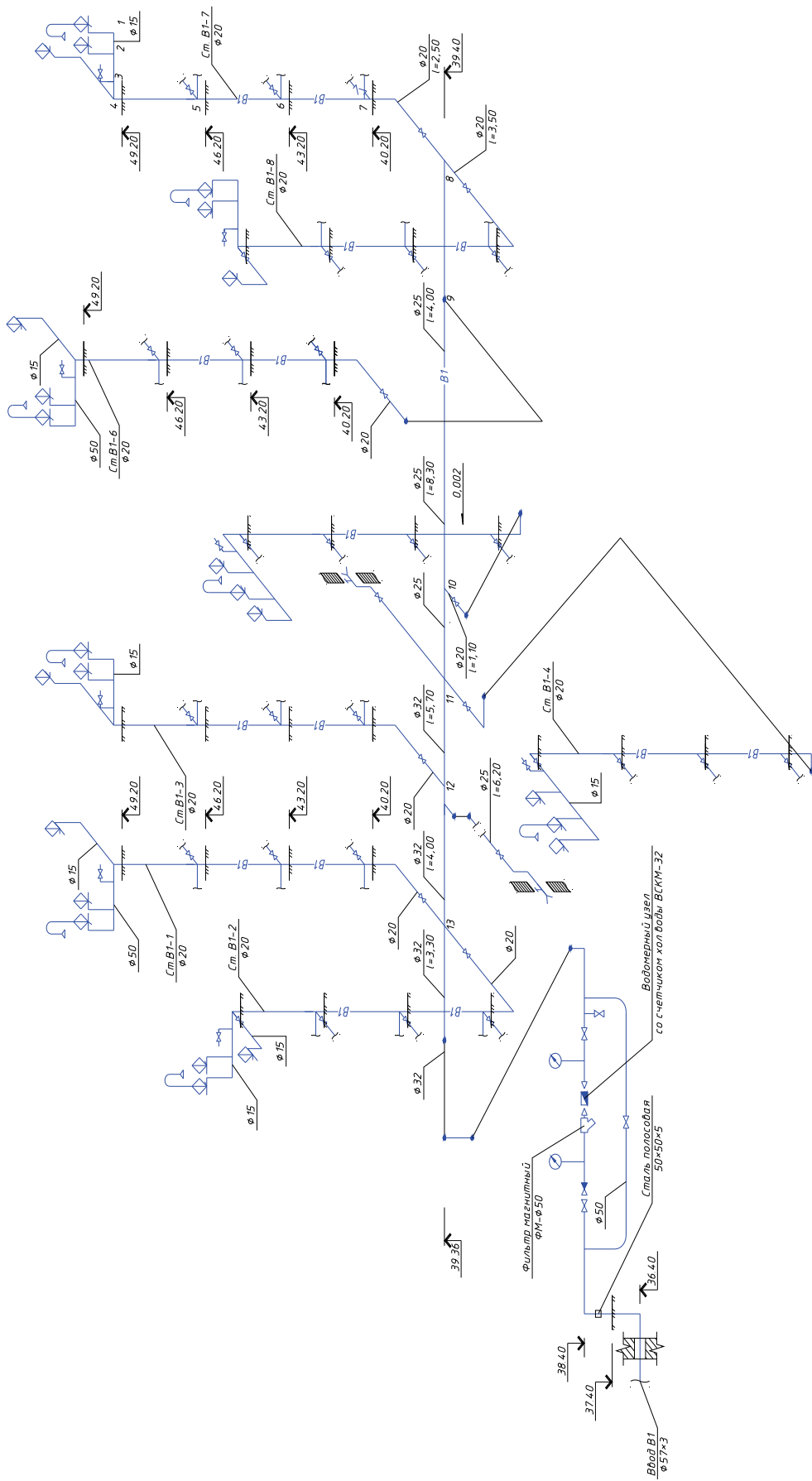


# Приложение 4

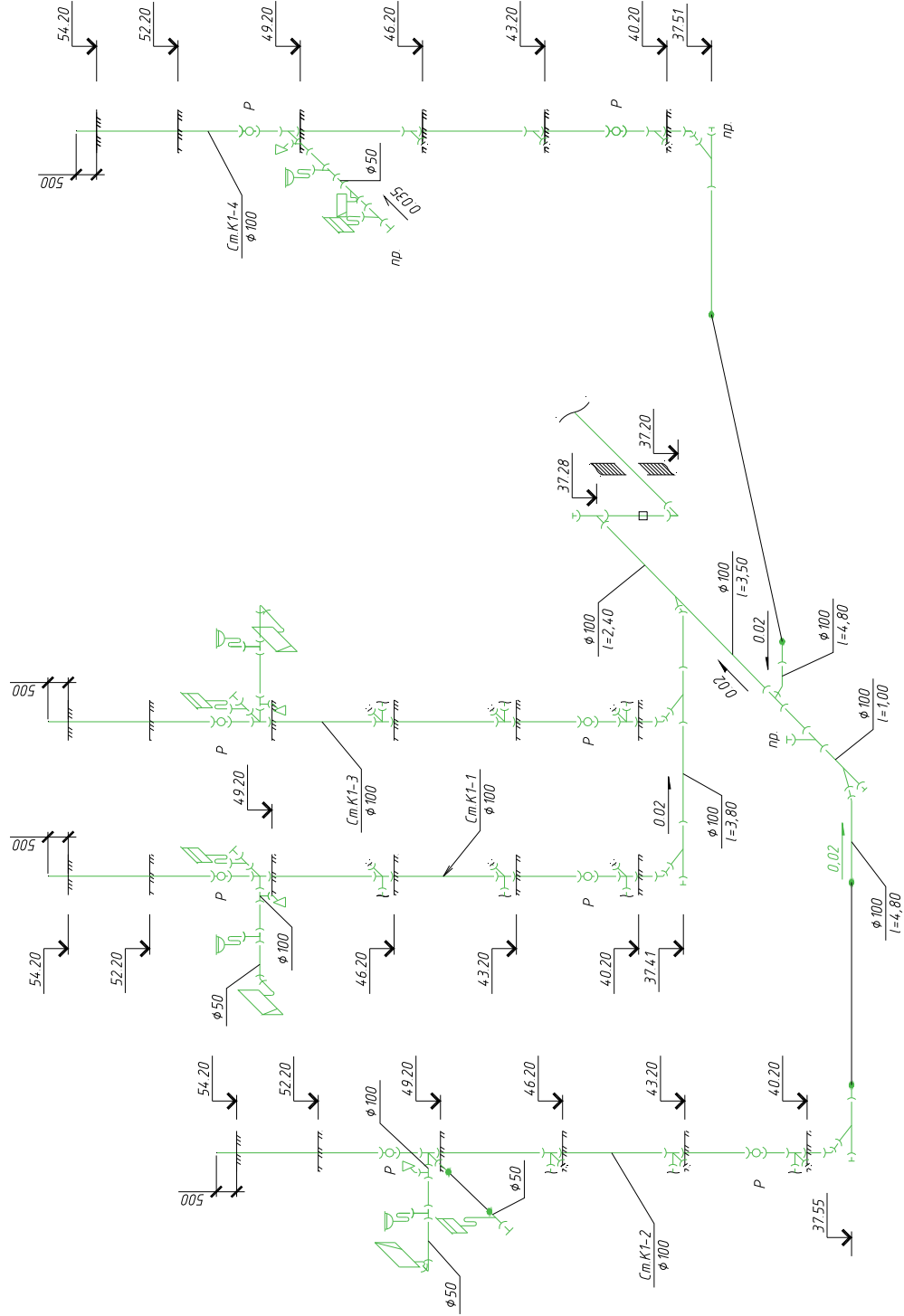
## План подвала



Аксонметрическая схема системы В1

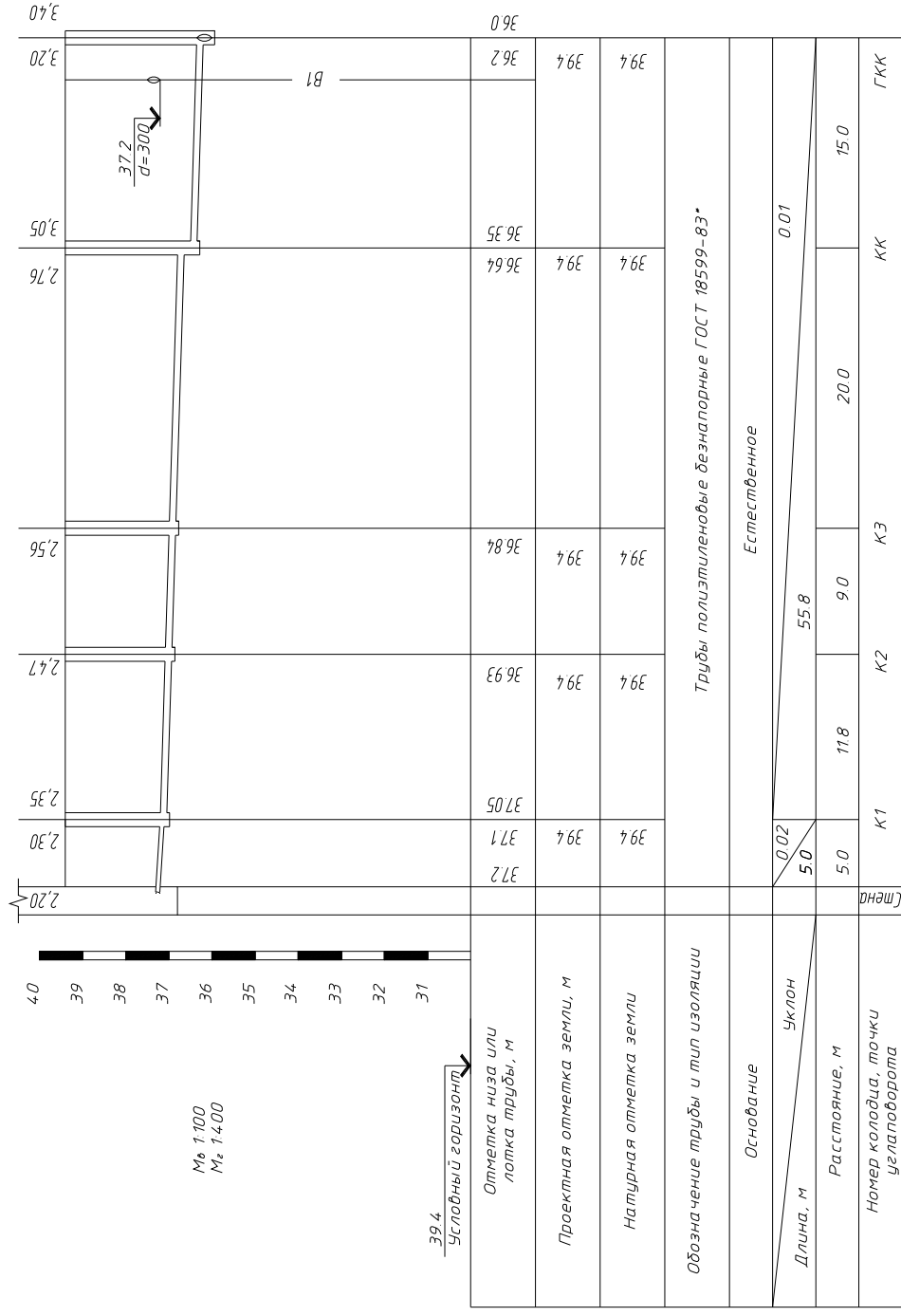


Аксонметрическая схема системы К1



# Приложение 7

## Продольный профиль дворовой канализации



## Приложение 8

### Таблица гидравлического расчета водопроводной сети

№ участка	Количество приборов, $N$	Вероятность действия, $P$	Расход холодной воды санитарно-техническим прибором, $q_0^c$ , л/с	$NP$	$\alpha$	Максимальный расход холодной воды, $q^c$ , л/с	Диаметр, $d$ , мм	Скорость, $V$ , м/с	Длина участка, $l$ , м	Потери напора, мм	
										на 1 м длины	на участке
1-2	1	0,006	0,2	0,006	0,2	0,2	15	1,18	0,55	360	198
2-3	2	0,006	0,2	0,012	0,2	0,2	15	1,18	0,8	360	288
3-4	3	0,006	0,2	0,018	0,21	0,21	20	0,652	0,43	81,65	35,1
4-5	4	0,006	0,2	0,024	0,224	0,224	20	0,697	3,0	93,06	279,2
5-6	8	0,006	0,2	0,032	0,241	0,241	20	0,751	3,0	106,92	320,8
6-7	12	0,006	0,2	0,078	0,315	0,315	20	0,986	3,0	171,5	514,5
7-8	16	0,006	0,2	0,096	0,338	0,338	20	1,057	4,0	196,8	787,2
8-9	32	0,006	0,2	0,192	0,441	0,441	25	0,823	4,1	88,83	364,2
9-10	48	0,006	0,2	0,288	0,526	0,526	25	0,979	6,0	122,57	735,4
10-11	64	0,006	0,2	0,384	0,599	0,599	25	1,12	1,3	155,35	202,0
11-12	80	0,006	0,2	0,480	0,665	0,665	25	1,243	6,0	190,64	1143,8
12-13	96	0,006	0,2	0,576	0,73	0,73	25	1,367	4,1	229,02	239,0
13-ВУ	128	0,006	0,2	0,768	0,842	0,842	32	0,928	5,2	75,21	391,1
										$\Sigma$	2990,5

## Приложение 9

### Гидравлический расчет канализационной сети

№ расчетного участка	Длина расчетного участка $l$ , м	Количество приборов, обслуживаемых участков, $N$	Вероятность действия приборов, $P$	$N \cdot P$	$\alpha$	Общий расход воды, л/с, санитарно-техническим прибором, $q_0^{tot}$	Расход стоков от санитарно-технического прибора, л/с, $q_0^s$	Расчетный расход сточных вод на участке, л/с, $q^s$	Диаметр трубопровода, мм	Наполнение	Уклон, $i$	Скорость, $V$ , м/с	Отметка, м			Глубина заложения труб, м	
													земли	лотка			
														начало	на-чало		кон-нец
1-2	7,2	16	0,011	0,176	0,426	0,3	1,6	2,24	100	0,38	0,02	0,77		37,55	37,4		
2-3	3,6	32	0,011	0,352	0,576			2,46	100	0,41	0,02	0,8		37,4	37,33		
3-4	2,4	64	0,011	0,704	0,804			2,81	100	0,48	0,02	0,86		37,33	37,28		
4-5	0,08	64	0,011	0,704	0,804			2,81	100	0,48	0,02	0,86		37,28	37,2		
5-К1	5,4	64	0,011	0,704	0,804			2,81	100	0,48	0,02	0,86		37,2	37,1		
К1-К2	11,8	64	0,011	0,704	0,804			2,81	150	0,35	0,01	0,7	39,4	39,4	37,05	36,93	2,35
К2-К3	9,0	128	0,011	1,408	1,169			3,35	150	0,41	0,01	0,705	39,4	39,4	36,93	36,84	2,47
К3-КК	20	128	0,011	1,408	1,169			3,35	150	0,41	0,01	0,705	39,4	39,4	36,84	36,64	2,56
КК-ГКК	15	128	0,011	1,408	1,169			3,35	150	0,41	0,01	0,705	39,4	39,4	36,35	36,2	3,05
2-2	5,5	16	0,011	0,176	0,426			2,24	100	0,38	0,02	0,77		37,51	37,4		
3-3	1,2	32	0,011	0,352	0,576			2,46	100	0,41	0,02	0,8		37,34	37,32		
3-3	3,7	16	0,011	0,176	0,426			2,24	100	0,38	0,02	0,77		37,41	37,34		

**Таблица для гидравлического расчета  
водопроводных труб**

Расход воды, л/с	Скорость V, м/с, и гидравлический уклон 1000 i при условном проходе труб, мм															
	15		20		25		32		40		50		65		80	
	V <sub>1</sub>	1000 i	V <sub>1</sub>	1000 i	V <sub>1</sub>	1000 i	V <sub>1</sub>	1000 i	V <sub>1</sub>	1000 i	V <sub>1</sub>	1000 i	V <sub>1</sub>	1000 i	V <sub>1</sub>	1000 i
0,1	0,59	100,2	0,31	21,1												
0,2	1,18	360,5	0,62	73,6	0,37	20,9	5,11									
0,3	1,77	807,0	0,94	155,2	0,56	43,4	10,5	0,24	5,41							
0,4	2,36	1434	1,25	266,1	0,75	73,5	17,5	0,32	9,00							
0,5	2,95	2241	1,56	415,7	0,94	110,9	26,2	0,4	13,4	0,24	3,75					
0,6			1,87	598,6	1,12	155,8	36,5	0,48	18,6	0,28	5,18					
0,7			2,18	814,8	1,31	209,5	48,4	0,56	24,6	0,33	6,81	0,2	2,07			
0,8			2,50	1064	1,50	273,6	61,9	0,64	31,4	0,38	8,65	0,23	2,62			
0,9					1,68	346,4	77,0	0,72	39,0	0,42	10,7	0,26	3,23			
1,0					1,87	427,6	93,7	0,8	47,3	0,47	12,9	0,29	3,89	0,2	1,64	
1,2					2,24	615,7	125	0,96	66,3	0,56	18,0	0,35	5,38	0,24	2,26	
1,4							146	1,11	88,3	0,66	23,8	0,4	7,09	0,28	2,97	
1,8							188	1,43	144,2	0,85	37,8	0,52	11,2	0,36	4,65	
2,0								1,59	178	0,94	45,9	0,58	13,5	0,4	5,62	
3,0								2,39	400,4	1,41	99,7	0,86	28,4	0,6	11,7	

**Таблица для гидравлического расчета  
канализационных труб**

Диаметр, мм	Наполнение $h/d$	$q_{\text{общ.}}$ л/с	$V$ , м/с	$q$ , л/с	$V$ , м/с	$q$ , л/с	$V$ , м/с	$q$ , л/с	$V$ , м/с	$q$ , л/с	$V$ , м/с
50	Уклон $i$	0,020		0,030		0,040		0,050			
	0,4	0,36	0,49	0,44	0,61	0,51	0,70	0,57	0,78		
	0,5	0,54	0,55	0,66	0,67	0,76	0,78	0,85	0,87		
	0,6	0,73	0,59	0,68	0,72	0,02	0,83	0,14	0,93		
	0,7	0,9	0,61	1,10	0,75	1,27	0,87	1,42	0,97		
100	Уклон $i$	0,010		0,014		0,016		0,018		0,020	
	0,2	0,42	0,38	0,50	0,45	0,53	0,48	0,57	0,51	0,60	0,54
	0,3	0,95	0,48	1,12	0,57	1,20	0,60	1,27	0,64	1,34	0,68
	0,4	1,63	0,56	1,93	0,66	2,06	0,70	2,19	0,75	2,31	0,79
	0,5	2,42	0,62	2,86	0,73	3,06	0,78	3,25	0,83	3,42	0,87
	0,55	2,84	0,64	3,35	0,76	3,59	0,81	3,80	0,86	4,01	0,90
	0,68	3,25	0,66	3,85	0,76	4,11	0,84	4,36	0,89	4,60	0,93
150	Уклон $i$	0,007		0,008		0,010		0,012		0,015	
	0,2	1,05	0,42	1,13	0,45	1,25	0,50	1,38	0,55	1,54	0,61
	0,3	2,35	0,53	2,51	0,56	2,61	0,63	3,08	0,69	3,44	0,77
	0,4	4,04	0,61	4,32	0,65	4,83	0,73	5,29	0,80	5,92	0,90
	0,5	6,00	0,68	6,41	0,72	7,7	0,81	78,5	0,89	8,78	0,99
	0,6	8,06	0,73	8,61	0,78	9,63	0,87	10,05	0,95	11,8	1,0
	0,7	10,0	0,76	10,7	0,81	12,0	0,91	13,1	0,99	14,7	1,11

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. ВОДОСНАБЖЕНИЕ.....	5
1.1. Системы и схемы водоснабжения.....	5
1.2. Нормы водопотребления. Режим водопотребления и расчетные расходы.....	11
1.3. Устройство и оборудование водопроводной сети	17
1.4. Проектирование водопроводной сети.....	25
1.5. Водоподъемные устройства.....	28
1.6. Напорные и регулирующие емкости. Водонапорные башни.....	30
1.7. Водозаборные сооружения.....	32
1.8. Водопроводные очистные сооружения.....	40
Глава 2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ.....	54
2.1. Требования качеству воды.....	54
2.2. Специальные методы для улучшения качества воды.....	55
Глава 3. ВОДООТВЕДЕНИЕ.....	63
3.1. Основные элементы и схемы систем канализации населенных пунктов.....	63
3.2. Сооружения для очистки сточных вод.....	77
3.3. Методы глубокой очистки и обеззараживания сточных вод.....	113
Глава 4. РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ПРИМЕР КУРСОВОЙ РАБОТЫ «ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗДАНИЙ. СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО ХОЛОДНОГО ВОДОПРОВОДА И КАНАЛИЗАЦИИ».....	121
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	131
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	132

Учебное издание

**Колова Алевтина Фаизовна  
Пазенко Татьяна Яковлевна**

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ  
И ВОДООТВЕДЕНИЕ**

**Учебное пособие**

Редактор А. В. Прохоренко  
Корректор Э. А. Королькова  
Компьютерная верстка Н. Г. Дербеновой

Подписано в печать 19.03.2012. Печать плоская. Формат 60x84/16  
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 8,60. Тираж 100 экз. Заказ № 4998

Редакционно-издательский отдел  
Библиотечно-издательского комплекса  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79  
Тел./ факс (391) 206-21-49, e-mail: [rio@lan.kras.ru](mailto:rio@lan.kras.ru)

Отпечатано полиграфическим центром  
Библиотечно-издательского комплекса  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а  
Тел/факс (391)206-26-58, 206-26-49  
E-mail: [print\\_sfu@mail.ru](mailto:print_sfu@mail.ru); <http://lib.sfu-kras.ru>