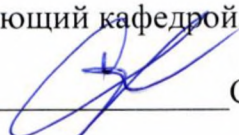


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Факультет инженерных систем и экологии
Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

СОГЛАСОВАНО

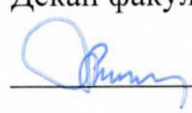
Заведующий кафедрой

 С.В.Андреюк

«26» июня 2025 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 О.П.Мешик

«26» июня 2025 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ»**

для специальности:

7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений»
профилизации – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного
бассейна», «Интеллектуальные системы жизнеобеспечения зданий и
сооружений»

Составители: Сторожук Н.Ю., старший преподаватель

Волкова Г.А., к.т.н., доцент

Рассмотрен и утвержден на заседании Научно-методического совета
университета 26.06.2025 г., протокол № 4.

Рег. № УМК 24/25-340(a)

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины

Водоснабжение и водоотведение являются важнейшими санитарно-техническими системами, которые создаются для обеспечения нормальной жизнедеятельности населения и всех отраслей экономики государства. От стабильного функционирования выше указанных систем зависит нормальная работа города, предприятий, здоровье и безопасность жителей.

Цель и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Водоснабжение и водоотведение» является подготовка специалистов, способных осуществлять проектирование, строительство и эксплуатацию инженерных сетей, оборудования зданий и сооружений.

Задачи изучения дисциплины:

- получение знаний об устройстве внутренних и наружных сетях водоснабжения и канализации, подъемных и повысительных установках, источниках водоснабжения, методах очистки природных и сточных вод, принципах расчета сетей и сооружений;
- приобретение умения осуществлять проектирование, строительство, эксплуатацию инженерных сетей и сооружений; анализировать полученные результаты по расчету систем, изучать по информативным источникам технические характеристики новейшего оборудования и решать вопросы о возможности и целесообразности его применения.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы учебно-методического обеспечения образовательного процесса, и представляет собой сборник материалов теоретического и практического характера для организации работы студентов специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений», профилизации – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», «Интеллектуальные системы жизнеобеспечения зданий и сооружений» дневной, заочной и заочной сокращенной форм получения образования по изучению дисциплины «Водоснабжение и водоотведение».

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 08 ноября 2022 г. № 427, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Водоснабжение и водоотведение» для специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений», профилизации – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», «Интеллектуальные системы жизнеобеспечения зданий и сооружений». ЭУМК разработан в полном соответствии с утвержденной учебной

программой по учебной дисциплине компонента учреждения высшего образования «Водоснабжение и водоотведение».

Цели ЭУМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют требованиям образовательного стандарта высшего образования специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений», а также учебно-программной документации по указанной специальности. Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура ЭУМК по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение»:

Теоретический раздел содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

Практический раздел содержит материалы для проведения практических учебных занятий в виде методических указаний для выполнения курсовой работы.

Раздел контроля знаний содержит примерный перечень вопросов, выносимых на зачет, позволяющих определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Вспомогательный раздел включает учебную программу по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК

– лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК теоретических материалов, часть материала представляется с использованием персонального компьютера и мультимедийного проектора; при подготовке к зачету, выполнению и защите курсовой работы студенты могут использовать конспект лекций;

– практические занятия и курсовое проектирование проводятся с использованием представленных в ЭУМК методических указаний,

– зачет может проводиться как в письменной форме, так и в форме тестирования. Вопросы к зачету приведены в разделе контроля знаний.

ЭУМК способствует успешному усвоению студентами учебного материала, дает возможность планировать и осуществлять самостоятельную работу студентов, обеспечивает рациональное распределение учебного времени по темам учебной дисциплины и совершенствование методики проведения занятий.

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

1 Теоретический раздел

Конспект лекций по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение»

Лекция 1 Водоснабжение зданий и отдельных объектов

Лекция 2 Устройство сети внутреннего водопровода

Лекция 3 Расчет внутреннего водопровода

Лекция 4 Устройства для повышения и стабилизации давления в сети водоснабжения зданий

Лекция 5 Противопожарное водоснабжение зданий. Специальные водопроводы, фонтаны

Лекция 6 Канализация зданий и отдельных объектов (часть 1)

Лекция 7 Канализация зданий и отдельных объектов (часть 2)

Лекция 8 Внутренние водостоки. Канализация твердых отходов

Лекция 9 Системы и схемы водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий

Лекция 10 Источники водоснабжения

Лекция 11 Сооружения на сети водоснабжения

Лекция 12 Очистка природной воды

Лекция 13 Водоотведение населенных мест и промышленных предприятий (часть 1)

Лекция 14 Водоотведение населенных мест и промышленных предприятий (часть 2)

Лекция 15 Очистка сточных вод

2 Практический раздел

Методические указания к выполнению курсовой работы «Водоснабжение и водоотведение жилого дома» по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение»

3 Раздел контроля знаний

Перечень Вопросы к зачету по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение»

4 Вспомогательный раздел

Учебная программа по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение» для студентов специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений», профилизации – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», «Интеллектуальные системы жизнеобеспечения зданий и сооружений»

1 Теоретический раздел

Конспект лекций по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение»

Лекция № 1

Водоснабжение зданий и отдельных объектов

1. Классификация систем водоснабжения зданий и отдельных объектов.

2. Элементы внутреннего водопровода. Схемы водопроводных сетей.

1. Классификация систем водоснабжения зданий и отдельных объектов

Внутренний водопровод – это водопроводная сеть в объеме, ограниченном наружными поверхностями ограждающих конструкций здания, включая водопроводный ввод длиной 5 м, обеспечивающая подачу воды к санитарно-техническим приборам, пожарным кранам и технологическому оборудованию.

Классификация внутренних водопроводов

По назначению:

- 1) питьевые,
- 2) производственные,
- 3) противопожарные,
- 4) поливочные.

По сфере обслуживания:

- 1) единые;
- 2) отдельные;
- 3) объединенные.

По способу использования воды:

- 1) проточные;
- 2) оборотные (питательные и циркуляционные);
- 3) с повторным использованием воды.

По способу снабжения водой:

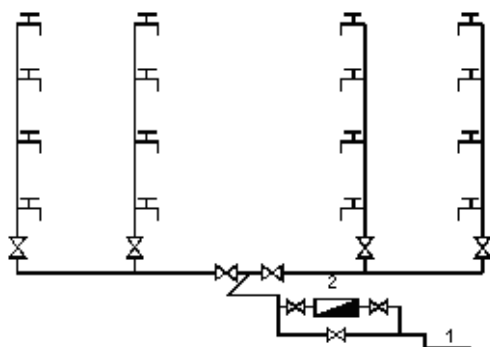
- 1) централизованные;
- 2) децентрализованные.

Системы водоснабжения зданий и объектов любого назначения должны обеспечивать потребителей водой **заданного качества, в требуемом количестве** и под **необходимым давлением**.

Требуемое давление – давление, обеспечивающее подачу нормативного расхода воды к наиболее высокорасположенному (диктующему) водоразборному устройству и покрывающее потери давления на преодоление сопротивлений по пути движения воды

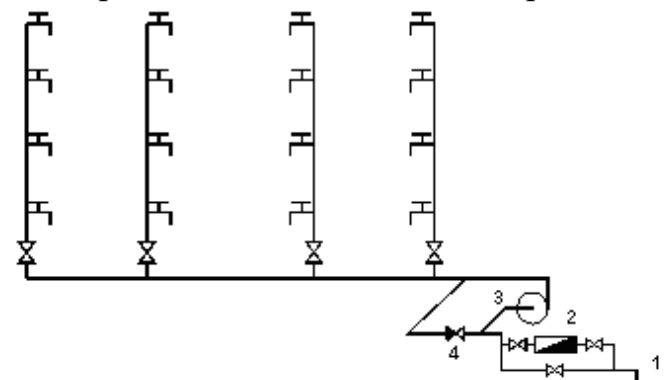
Гарантийное давление – давление в наружном водопроводе у места присоединения ввода.

Водопровод, работающий постоянно под давлением в сети наружного водопровода



1 – ввод; 2 – водомерный узел

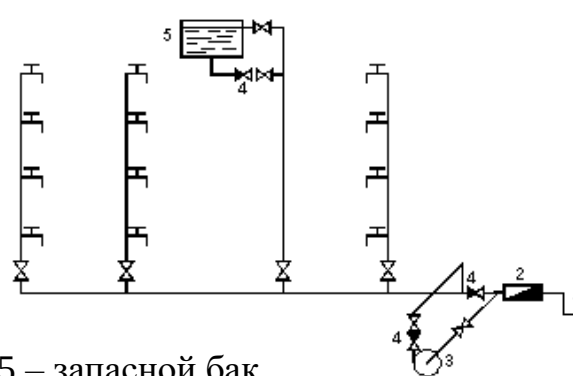
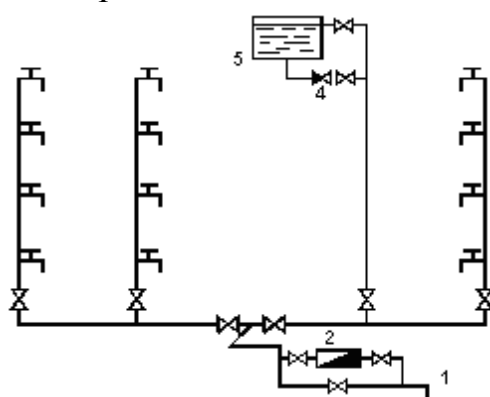
Водопровод с постоянной или периодической подкачкой воды



3 – насос;

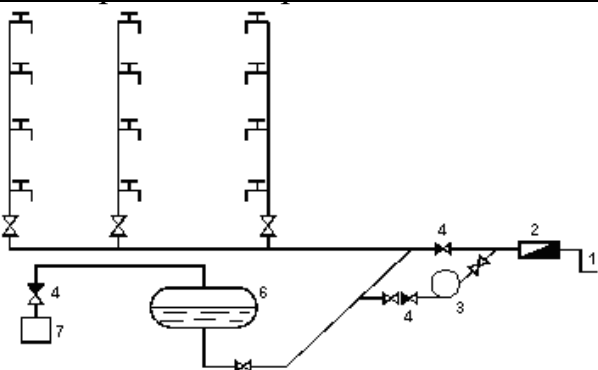
4 – обратный клапан

Водопровод с запасным баком, с запасным баком и насосами



5 – запасной бак

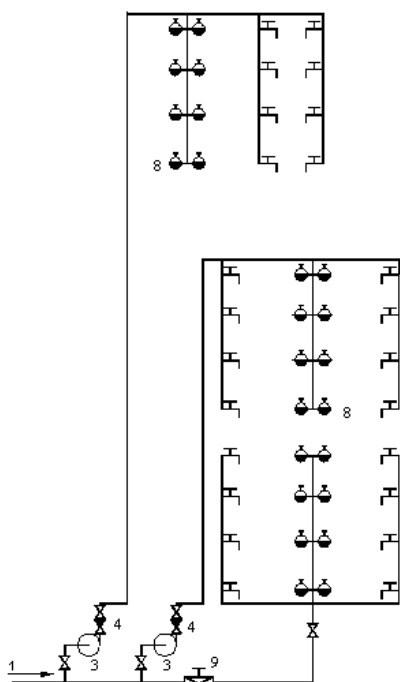
Водопровод с гидропневматическим баком



6 – гидропневматический бак;

7 – компрессор

Зонная система внутреннего водопровода



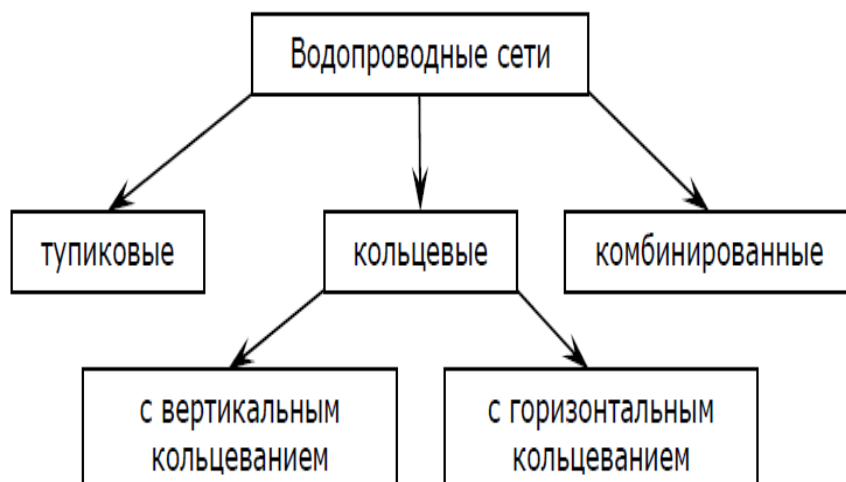
8 – пожарный кран;

9 – регулятор давления

2. Элементы внутреннего водопровода. Схемы водопроводных сетей

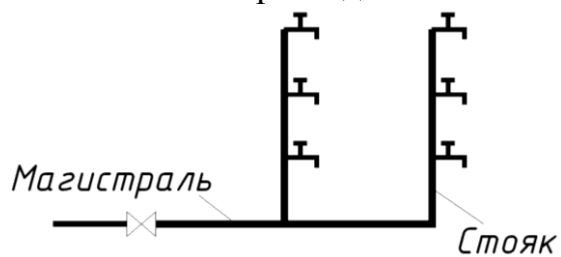
- вводы в здание,
- водомерные узлы,
- местные водонапорные установки (напорно-запасные баки, повысительные насосы, гидропневматические установки);
- водонагреватели;
- магистральная и разводящая (стояки, подводки к санитарно-техническим приборам) сети трубопроводов холодной воды,
- подающие трубопроводы горячей воды,
- циркуляционные трубопроводы горячей воды
- водоразборная, смесительная, запорная и регулирующая арматура,
- пожарные краны,
- поливочные водопровод и поливочные краны.

Схемы водопроводных сетей

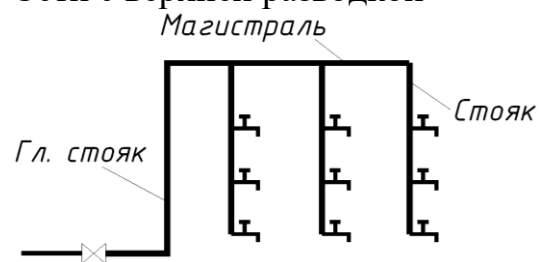


По расположению магистральных трубопроводов

Сети с нижней разводкой



Сети с верхней разводкой

[Вернуться в оглавление](#) 

Лекция № 2

Устройство сети внутреннего холодного водопровода

1. Устройство вводов.

2. Учет расхода воды, водомерные узлы и водосчетчики.

3. Материалы для водопроводной сети. Арматура.

1. Устройство вводов

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

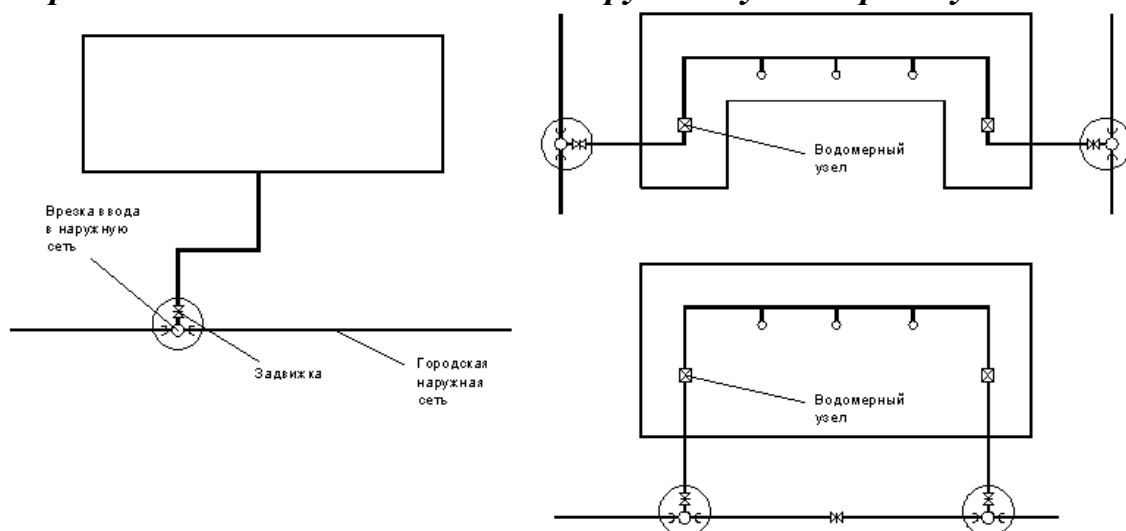
Вводы водопровода прокладывают на 0,5 м ниже глубины промерзания данной местности.

$$h_{\text{зал.вв.}} = h_{\text{промерз.}} + 0,5, \text{ м}$$

Минимальная глубина укладки труб в местностях с положительной температурой в зимнее время – 1 м.

Трубопроводы ввода укладывают с уклоном в сторону городской сети, достаточным для опорожнения ($i = 0,003-0,005$).

Варианты подключения вводов к наружному водопроводу



Два ввода и более следует предусматривать в следующих зданиях:

- в которых установлено 12 и более пожарных кранов;
- в жилых зданиях или группе зданий с числом квартир свыше 400;
- в клубах с эстрадой, а также в театрах и клубах независимо от числа мест;
- в кинотеатрах с числом мест свыше 300;
- в банях с числом мест более 200;
- в прачечных на 2 т сухого белья в сутки.

При проектировании трассировку вводов водопровода рекомендуется проводить таким образом, чтобы они пересекали строительные конструкции перпендикулярно с целью уменьшения общей длины отверстия.

Расстояния по горизонтали в свету между вводами хозяйственно-питьевого водопровода и выпусками канализации должно быть не менее 1,5 м

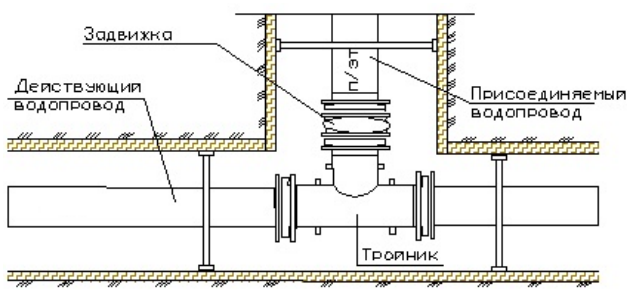
при диаметре ввода до 200 мм включительно и не менее 3 м – при диаметре свыше 200 мм. Допускается совместная прокладка вводов трубопроводов различного назначения.

Способы соединения вводов с трубопроводами наружной сети:

1) при помощи тройника, заранее установленного при прокладке наружной водопроводной сети;

2) врезкой тройника в существующую водопроводную сеть. Недостаток этого способа заключается в том, что необходимо выключить участок наружной сети, на котором производится присоединение, вследствие чего подача воды потребителям на время работы прекратится;

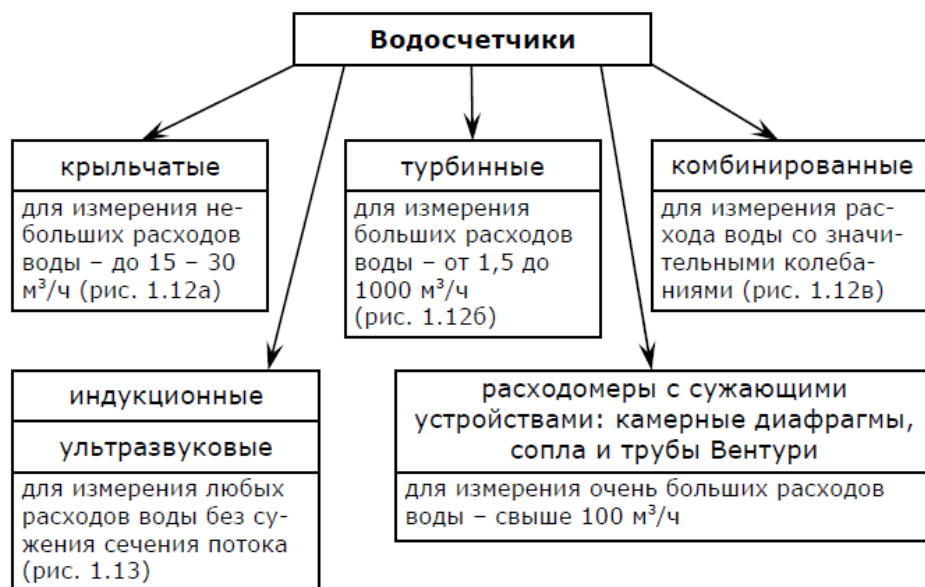
3) при помощи седелок, укрепляемых хомутами на трубе с высверливанием отверстия сверлильным аппаратом.



2. Учет расхода воды, водомерные узлы и водосчетчики.

Водосчетчики – измерители, суммирующие всю воду, прошедшую через них с разной скоростью за промежуток времени между отчетами.

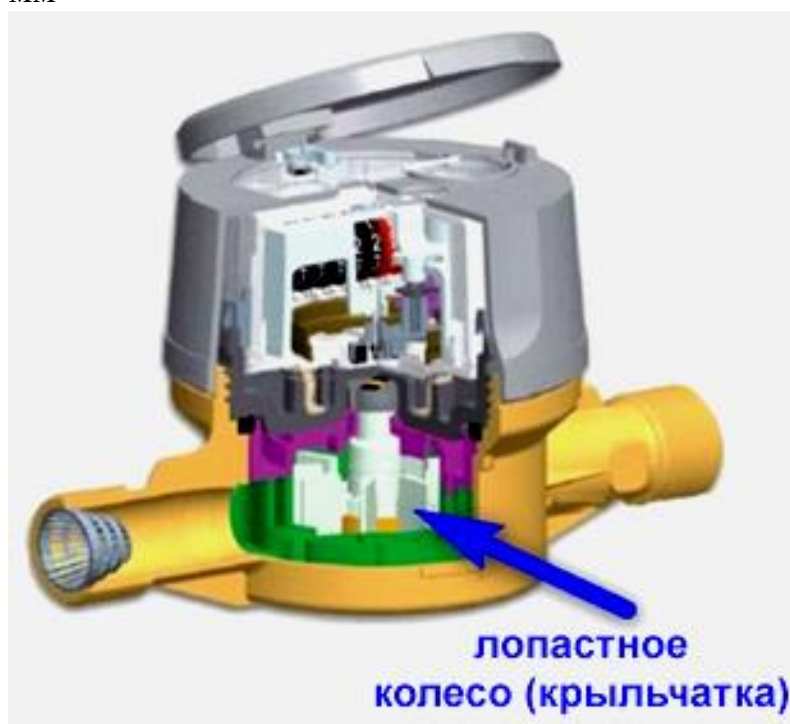
Расходомеры – приборы, измеряющие расход воды, проходящей через данное сечение трубопровода в единицу времени.



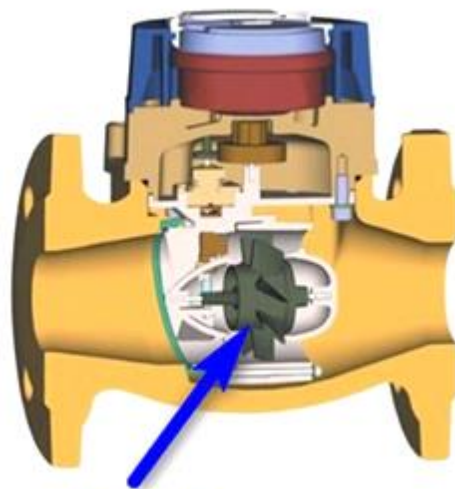
Крыльчатые счетчики используют для учета количества воды, расходуемой в жилых зданиях, отдельных цехах и промышленных предприятиях. Они выпускаются диаметрами условного прохода от 15 до 50 мм.

Турбинными счетчиками учитывают количество воды, расходуемой отдельными крупными зданиями, промышленными предприятиями и другими объектами со значительным потреблением воды, а также количество воды, подаваемой небольшими насосными станциями. Они выпускаются диаметрами условного прохода от 50 до 200 мм.

Крыльчатые счетчики воды. Устанавливаются на трубопроводах с Ду до 50 мм



Турбинные счетчики воды. Устанавливаются на трубопроводах с $Dy = 50\text{--}200$ мм



турбина

Индукционный (электромагнитный) счетчик воды



Для работы этого прибора требуется электричество. Действие прибора основано на способности воды проводить электричество. Прибор дорог, срок службы большой — более 10 лет, при отсутствии посторонних включений в воде и ржавчины/накипи в трубах выдает точные данные. Ставят его нечасто из-за высоких требований к качеству воды.

Ультразвуковой счетчик воды



Требуется наличие электропитания. Принцип работы — сравнение скорости распространения ультразвука «по» и «против» течения. Точность высокая, но только на чистых трубах.

Гидрометрические характеристики счетчиков воды

- $Q_{\max}$ — максимальный расход, при котором водосчетчик может работать кратковременно без ухудшения своих характеристик;
- $Q_{\text{ном}}$ — номинальный расход, при котором водосчетчик может работать в течение всего срока службы;

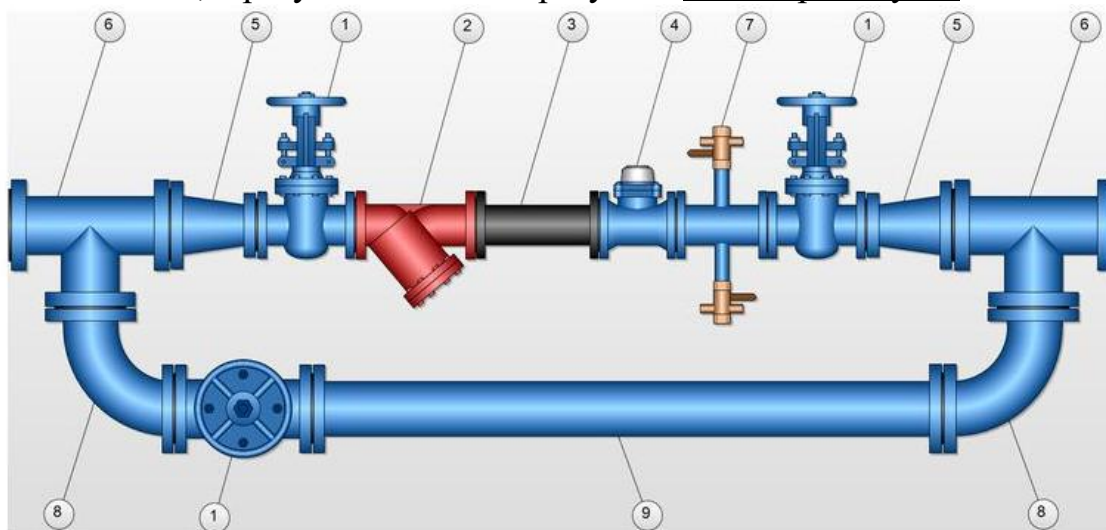
- q_3 – эксплуатационный расход, при котором водосчетчик может работать непрерывно;
- $q_{\min}$ – наименьший расход, для которого нормируется погрешность;
- $q_{п.ч}$ – порог чувствительности, т. е. наименьший расход, при котором начинается устойчивое вращение рабочего органа водосчетчика.

Счетчики воды устанавливают:

- на вводах холодного и горячего водоснабжения в каждое здание.
- на вводах в каждую квартиру и на всех ответвлениях трубопроводов в отдельные помещения: магазины, рестораны и др.

На раздельном противопожарном водопроводе счетчик воды устанавливать не требуется.

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



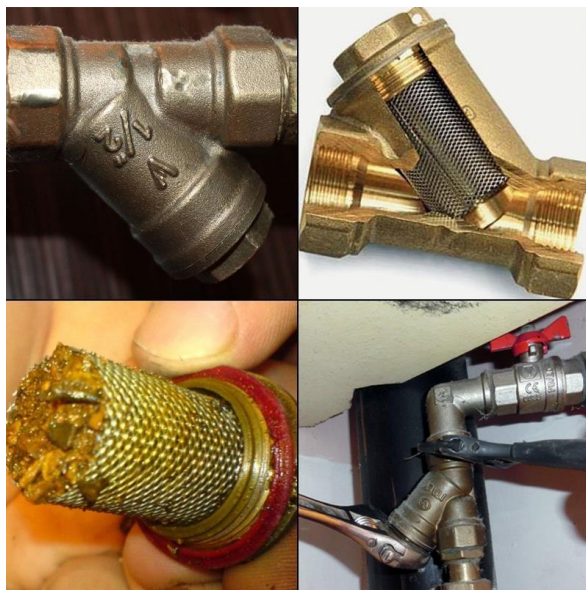
1. Задвижка; 2. Фильтр; 3. Проставка; 4. Счетчик воды; 5. Переход; 6. Тройник; 7. Крест специальный; 8. Колено; 9. Обводная проставка.



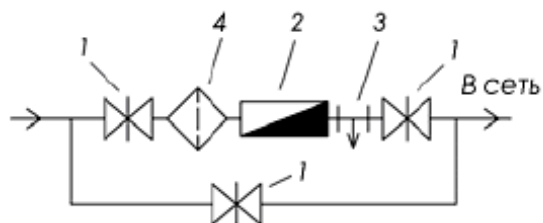
Устройство обводной линии на водомерном узле обязательно в тех случаях, когда не допускается перерыв в подаче воды или же водосчетчики не рассчитаны на пропуск противопожарного расхода воды.



Фильтр грубой очистки
(сетчатый фильтр)



Гидравлическая схема водомерного узла



Водомерный узел с обводной линией:

1 – запорная арматура; 2 – счетчик воды; 3 – контрольно-спускной кран;
4 – сетчатый фильтр

3. Материалы для водопроводной сети. Арматура.

Для трубопроводов систем внутреннего водоснабжения, подающих воду питьевого качества, следует применять:

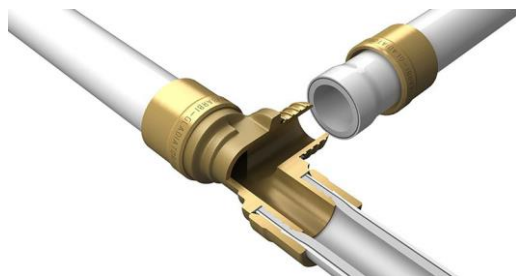
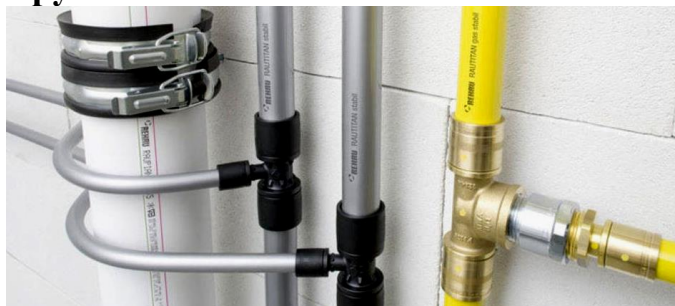
- полимерные и металлополимерные трубы;
- стальные трубы с внутренним и наружным защитным покрытием от коррозии;
- трубы и соединительные части из меди, бронзы, латуни.

Полимерные трубы

Материал изготовления труб	Свойства	Область применения	Способы монтажа	Срок эксплуатации
Полиэтилен	Эластичность, прочность, переносимость замерзаний, повышенная чувствительность к УФ-лучам. Плавятся при высокой температуре	Холодное водоснабжение	Сварка	50
Сшитый полиэтилен	Высокая прочность, устойчивость к высоким температурам, кислородопроводимость	Внутренние водопроводы	Обжимные металлические муфты	50

Полипропилен	Эластичность, герметичность, прочность, устойчивость к высоким температурам	Холодное и горячее водоснабжение	Сварка	50 (в холодном водоснабжении), 25 (в горячем)
Металло-пластик	Эластичны, эстетичны, легки способны выдерживать температурную нагрузку +95°C, кратковременно -- до +110°C	Водоснабжение и отопление	Фитинги	50

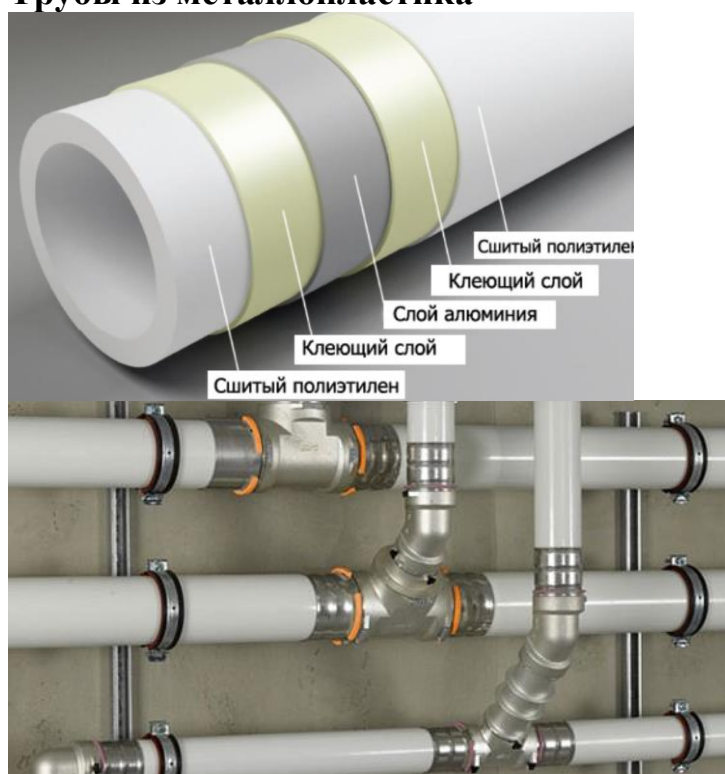
Трубы из сшитого полиэтилена



Трубы из полипропилена



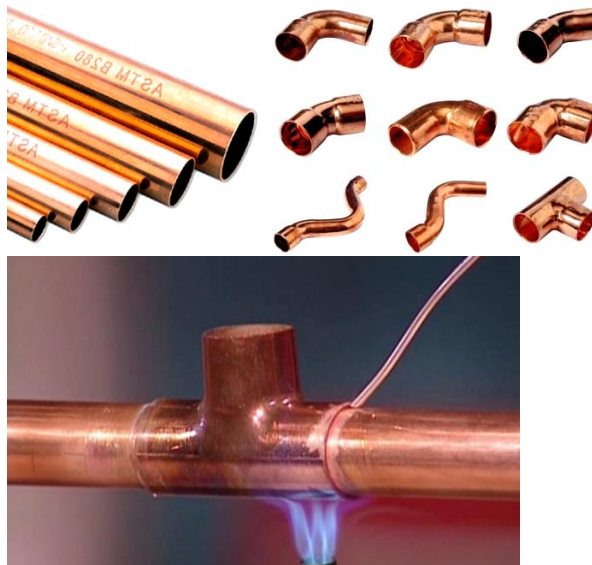
Трубы из металлопластика



Металлические трубы

Материал изготовления труб	Свойства	Область применения	Способы монтажа	Срок эксплуатации
Сталь	Подвержены коррозии, тяжелые, высокая теплопроводность	Водоснабжение и газоснабжение	Муфты, угольники, фитинги, сварка	30-40
Чугун	Большая толщина стенок; меньше, чем сталь, подвержены коррозии; тяжелые, стойкие к перепадам температур, прочные, неаварийные	Водоснабжение	Уплотняющие прокладки и раструбы	80-100
Медь	Мало подвержены коррозии, надежны, выдерживают перепады температур, непроницаемы для газов; обладают бактерицидным действием; диапазон рабочих температур от -200 до +500°C; не подвержены старению.	Трубопроводы систем отопления, холодного и горячего водоснабжения, маслопроводы, газопроводы	Капиллярная высокотемпературная пайка, фитинги	50-70

Медные трубы

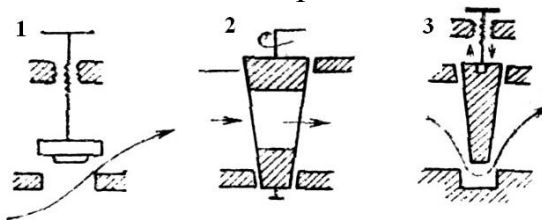


Трубопроводная арматура

Трубопроводная арматура разделяется на:

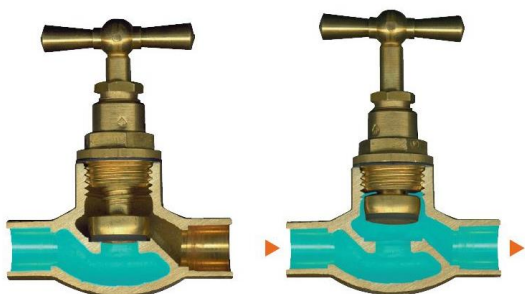
- запорную,
- регулирующую,
- предохранительную,
- водоразборную.

Запорная арматура перекрывает поток жидкости и отключает для ремонта отдельные участки трубопровода. К запорной арматуре относятся задвижки ($d_y \geq 50$ мм), клапаны проходные (вентили) ($d_y = 15-50$ мм), дисковые затворы, шаровые краны, проходные пробковые краны, автоматически закрывающиеся клапаны и т.д.



Принципиальная схема действия:

1 – вентиль; 2 – пробкового крана;
3 – задвижки.



Вентиль



Вентиль



Пробковый кран



Задвижка



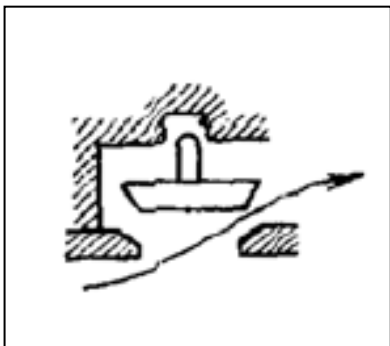
Дисковый затвор

Регулирующая арматура предназначена для поддержания в водопроводной сети здания более или менее постоянного давления и расхода, несмотря на изменение внешних условий системы (например, колебаний давления в городской водопроводной сети и т.п.). К регулировочной арматуре относятся трехходовые краны-регуляторы расхода (используются на системах отопления) и регуляторы давления.

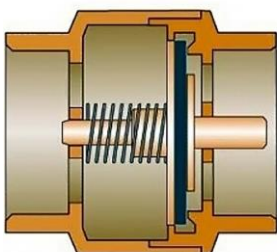


Устройство представляет регулируемый поршень, работающий под действием равновесия сил пружины и давления после клапана. За счет изменения условного прохода на выходе из клапана изменяется водоток, поддерживая заданный параметр. Если водопровод имеет давление ниже заданного, клапан откроется на весь условный проход трубы.

Предохранительная арматура защищает оборудование и трубопроводы от повышенных давлений жидкости, газа и пара. К предохранительной арматуре относят предохранительные клапаны, воздухоотводчики, а также обратные клапаны, обеспечивающие движение воды в трубопроводе только в одном направлении.



Принципиальная схема действия обратного клапана



Водоразборная арматура регулирует подачу воды потребителю. К водоразборной арматуре относят краны (водоразборные, туалетные, лабораторные, банные, поливочные смывные, пожарные и т.д.), смесители. Водоразборная арматура является запорно-регулирующей, так как в процессе использования она регулирует расход воды, а по окончании пользования герметично перекрывает поток воды.



По способу присоединения к трубопроводам арматура разделяется на [муфтовую](#), имеющую соединительные патрубки с внутренней резьбой, [цапковую](#), в которой патрубки с наружной резьбой, и [фланцевую](#).



Муфтовая



Цапковая



Фланцевая

[Вернуться в оглавление](#) 

Лекция № 3

Расчет внутреннего холодного водопровода

1. Давления в системах внутренних водопроводов.

2. Расчет внутреннего водопровода.

1. Давления во внутреннем водопроводе.

Системы водоснабжения зданий и объектов любого назначения должны обеспечивать потребителей водой заданного качества, в требуемом количестве и под требуемым давлением.

Требуемое давление в водопроводной сети – давление, обеспечивающее нормальную работу водоразборных устройств.

Для жилой застройки такое давление вычисляется по формуле:

$$H_{\text{тр}} = 0,1 + 0,04 (n - 1), \text{ МПа}$$

где: n – этажность застройки.

Свободное давление – давление, существующее в настоящее время в определенной точке сети. Между свободным и требуемым давлением должно соблюдаться соотношение:

$$H_{\text{св}} \geq H_{\text{тр}}$$

Избыточное давление – избыток свободного давления над требуемым:

$$H_{\text{изб}} = H_{\text{св}} - H_{\text{тр}}$$

Гарантийное давление – это такое давление, которое гарантируется в данной точке сети (в точке подключения ввода к наружному водопроводу).

Задача расчета водопровода состоит в определении требуемого давления в точке присоединения городской водопроводной сети и в сопоставлении результата с величиной гарантийного давления.

Требуемое давление – давление, обеспечивающее подачу нормативного расхода воды к наиболее высокорасположенному (диктующему) водоразборному устройству и покрывающее потери давления на преодоление сопротивлений по пути движения воды.

Требуемое давление внутреннего водопровода определяется из выражения:

$$H_{\text{тр}} = H_{\text{геом}} + h_l + h_{\text{вв}} + h_{\text{сч}} + h_m + H_f, \text{ МПа},$$

где – геометрическая высота подъема воды (разность отметок диктующего водоразборного устройства и ввода):

$$H_{\text{геом}} = (z_{\text{д.пр}} - z_{\text{вв}}) \cdot 0,01, \text{ МПа};$$

$z_{\text{д.пр}}$ – геодезическая отметка оси диктующего прибора, м;

$z_{\text{вв}}$ – геодезическая отметка ввода, м;

h_l – сумма потерь давления по длине на расчетных участках, МПа;

$h_{\text{вв}}$ – потери давления на вводе, МПа;

$h_{\text{сч}}$ – потери давления в счетчике воды, МПа;

h_m – сумма местных потерь давления, МПа;

H_f – свободное давление у диктующего водоразборного устройства, МПа, принимается по нормативным документам.

Внутренний водопровод считается обеспеченным давлением от наружного водопровода, если в точке присоединения ввода гарантийное (наименьшее) давление в наружной сети будет равно требуемому давлению для внутреннего водопровода.

Гидростатическое давление в системе внутреннего хозяйственно-питьевого водоснабжения или объединенной системе хозяйственно-противопожарного водоснабжения на отметке наиболее низко расположенного водоразборного устройства (санитарно-технического прибора) не должно превышать 0,6 МПа.

Гидростатическое давление в системе внутреннего противопожарного водоснабжения на отметке наиболее низко расположенного пожарного крана не должно превышать 1,0 МПа.

2. Расчет внутреннего холодного водопровода

Расчет внутреннего водопровода включает:

- определение общего расхода воды;
- гидравлический расчет отдельных участков расчетного направления водопроводной сети;
- подбор водосчетчика, водонапорных установок и другого оборудования.

Основная цель гидравлического расчета – определение диаметров отдельных участков водопроводной сети и требуемого давления для обеспечения надежной подачи воды к водоразборным устройствам.

Максимальный суточный расход воды, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в жилых зданиях определяют по формуле:

$$Q_{\text{сут}} = \frac{Q_0 \cdot U \cdot K_{\text{сут}}}{1000}$$

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

В производственных зданиях расходы воды, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды определяют по формуле:

$$Q_{\text{сут}} = \frac{Q_1 \cdot U_1}{1000} + \frac{Q_2 \cdot U_2}{1000}$$

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

Расход воды, м³/сут, на производственные нужды и режим водопотребления определяют с учетом данных, полученных на основании изучения технологии производства, по формуле:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{q_0 \cdot m \cdot z}{1000}$$

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

Расход воды для расчета внутреннего водопровода определяют как сумму максимальных расходов воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды.

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

Секундный расчетный расход воды q (л/с) на участке водопроводной сети можно определить как сумму секундных расходов q_0 одновременно действующих водоразборных устройств n из числа установленных N , т.е.

$$q_p = \sum_1^n q_0$$

или как произведение числа одновременно действующих водоразборных устройств n и характерного для всех секундного расхода воды q_0 :

$$q_p = nq_0$$

Секундные расходы воды для каждого водоразборного устройства нормируются для определенного рабочего давления, но фактически в жилых зданиях при различных давлениях и степени открытия водоразборных устройств для них может быть принят средний (характерный) расход 0,2 л/с (для холодной воды).

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

$$n = \alpha / 0,2 = 5\alpha$$

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

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

Величину α для различных значений N и P следует принимать по нормативной литературе.

Расчетный секундный расход воды, л/с, на участке определяют по формуле:

$$q_p = 5\alpha q_0$$

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

$$q_0 = \frac{\sum_{i=1}^i N_i P_i q_{0i}}{\sum_{i=1}^i N_i P_i},$$

$$q_{0,hr} = \frac{\sum_{i=1}^i q_{0,hr,i} N_i q_{0i}}{\sum_{i=1}^i q_{0,hr,i} N_i}.$$

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

$$P = t/T.$$

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

$$t = \frac{q_{hr} U}{q_0 N}$$

где q_{hr} – часовой расход в час максимального водопотребления, л/ч.

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

$$P = \frac{q_{hr} U}{3600 q_0 N}$$

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

Число потребителей U в современных жилых зданиях определяют либо по средней заселенности и числу квартир, либо по санитарной норме жилой площади и всей жилой площади здания.

Назначение диаметров труб на расчетном участке

Диаметры труб назначают по расчетному расходу воды, проходящему по данному участку и наиболее экономичной скорости.

Экономически наивыгоднейшая скорость определяется наименьшей суммой затрат на строительство сети (капитальные затраты) и затрат на подачу воды (эксплуатационные затраты). По рекомендациям НИИ санитарной техники экономичными можно считать скорости 0,7-1,2 м/с, в трубопроводах производственных водопроводов – не более 1,2 м/с, а в трубопроводах спринклерных и дренчерных установок – не более 10 м/с.

Скорость движения воды в трубопроводах внутренних систем водоснабжения различного назначения, в том числе и в трубопроводах

объединенных противопожарных водопроводов, следует принимать от 0,3 до 3 м/с. Скорость движения воды в магистральных трубопроводах и стояках рекомендуется принимать не более **1,5 м/с**, а в подводках к водоразборным устройствам – не более **2,5 м/с**. Для определения диаметров труб и потерь напора в них обычно пользуются «Таблицами для гидравлического расчета водопроводных труб» (Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф., М.: Стройиздат, 1984).

Определение потерь давления

В сетях внутреннего водопровода определяют потери давления на трение по длине труб для каждого расчетного участка и потери давления на местные сопротивления в соединительных частях и арматуре. Потери давления на участках трубопроводов систем холодного водоснабжения H_L , МПа, следует определять по формуле

$$H_L = iL \cdot (1 + K_L)$$

где i – удельные потери давления на трение при расчетном расходе, определяемые по таблицам для гидравлического расчета систем холодного водоснабжения, МПа/м (м/м);

L – длина расчетного участка трубопровода, м;

K_L – коэффициент, учитывающий потери давления в местных сопротивлениях, который следует принимать равным:

0,3 – для систем внутреннего (питьевого) водоснабжения жилых и общественных зданий;

0,2 – для объединенных систем противопожарного водоснабжения жилых и общественных зданий, а также систем производственного водоснабжения;

0,15 – для объединенных систем производственно-противопожарного водоснабжения.

Потеря давления на единицу длины тем больше, чем меньше диаметр и больше расход воды.

Порядок гидравлического расчета внутреннего водопровода

Определение расчетных расходов воды осуществляется после построения аксонометрической схемы внутреннего водопровода.

1) выбирается расчетное направление, которое разбивается на расчетные участки;

2) по расчетным расходам и рекомендуемой скорости воды подбираются диаметры труб расчетных участков;

3) вычисляются потери давления на расчетных участках;

4) подбирается водомер и определяется потери давления в нем;

5) определяется требуемое давление для внутреннего водопровода и сравнивается с величиной гарантийного давления;

6) в случае необходимости производится подбор насосной установки.

Расчет ведется в табличной форме.

№№ участков	число приборов на расчетном участке N	Вероятность действия приборов P	N*P	α	$q^c = 5q_o^c \cdot \alpha$ л/с	Диаметр расчетного участка d, мм	Скорость воды v , м/с	удельные потери давления 1000i, МПа/м	Длина расчетного участка l, м	Потери давления на участке $H = i \cdot l$, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Гидравлический расчет внутреннего водопровода производится по максимальному секундному расходу воды, который определяется по формуле:

$$q^c = 5q_o^c \cdot \alpha, \text{ л/с,}$$

где q_o^c – секундный расход холодной воды прибором, величину которого следует определять по нормативной литературе;

α – коэффициент, определяемый в зависимости от произведения общего числа приборов N на расчетном участке сети и вероятности их действия P, вычисляемой по формуле:

$$P = \frac{q_{hr,u}^c \cdot U}{q_o^c \cdot N \cdot 3600}$$

где $q_{hr,u}^c$ – норма расхода холодной воды потребителем в час наибольшего потребления;

N – общее число санитарно-технических приборов в здании;

U – общее число водопотребителей в здании, чел.

Диаметры труб на расчетных участках назначаются, исходя из расчетного расхода и рекомендуемой скорости движения воды, которая не должна превышать 1,5-2 м/с в магистральных и стояках, в подводках – не более 2,5 м/с. Рекомендуется наиболее экономичная скорость 0,7-1,2 м/с.

После определения диаметров труб на расчетных участках определяются потери давления, удельные потери давления 1000i определяются по таблицам Шевелева.

При подборе счетчика воды учитываются его гидрометрические характеристики (предел чувствительности, область учета, характерный предельно максимальный расход), а также допустимые потери напора и условия установки.

Диаметр условного прохода счетчика следует выбирать, исходя из среднечасового расхода воды за сутки, определяемого по формуле:

$$Q_{ч.ср} = \frac{0,001 \cdot Q_0 \cdot U}{24}, \text{ м}^3/\text{час},$$

где U – общее число водопотребителей в здании, чел.;

Q_0 – норма водопотребления, л/сут на 1 человека.

Диаметр условного прохода счетчика подбирается путем сравнения среднечасового расхода с эксплуатационным расходом счетчика.

При учете воды на питьевые, производственные и другие нужды потери давления в крыльчатых счетчиках не должны превышать $h_{доп} = 0,05$ МПа, а в турбинных – $0,025$ МПа. Если потери давления в счетчике оказались меньше 20% от $h_{доп}$, то принимается другой счетчик (меньшего калибра), чтобы он мог учитывать малые расходы воды.

Потери давления в счетчике воды определяются по формуле:

$$h_{сч} = S \cdot q^2, \text{ м,}$$

где: S – гидравлическое сопротивление счетчика, $\text{м}/(\text{л}/\text{с})^2$;

q – расчетный расход воды, проходящий через водомер (расход воды на вводе), л/с.

Требуемое давление $H_{тр}$ для внутреннего водопровода определяют по формуле:

$$H_{тр} = H_{геом} + h_l + h_{вв} + h_{сч} + h_m + H_f, \text{ МПа}$$

Полученную величину требуемого давления необходимо сравнить с величиной гарантийного давления.

Если в результате расчета требуемое давление меньше гарантийного, то повысительная насосная установка не требуется.

Если требуемое давление больше гарантийного на величину более $0,02$ МПа, необходимо предусмотреть насосную установку.

Подбор насоса осуществляется по расчетной его подаче, равной расходу воды на вводе и давлению, определяемому из выражения:

$$H = H_{тр} - H_{гар} + h_{ну}, \text{ МПа}$$

где $h_{ну}$ – потери давления в насосной установке ($0,015$ - $0,025$ МПа).

[Вернуться в оглавление](#) 

Лекция № 4

Устройства для повышения и стабилизации давления в сети водоснабжения зданий

1. Напорно-запасные баки.

2. Гидропневматические установки.

3. Насосные установки для повышения давлений в сети.

4. Стабилизация давлений в сети внутреннего водопровода.

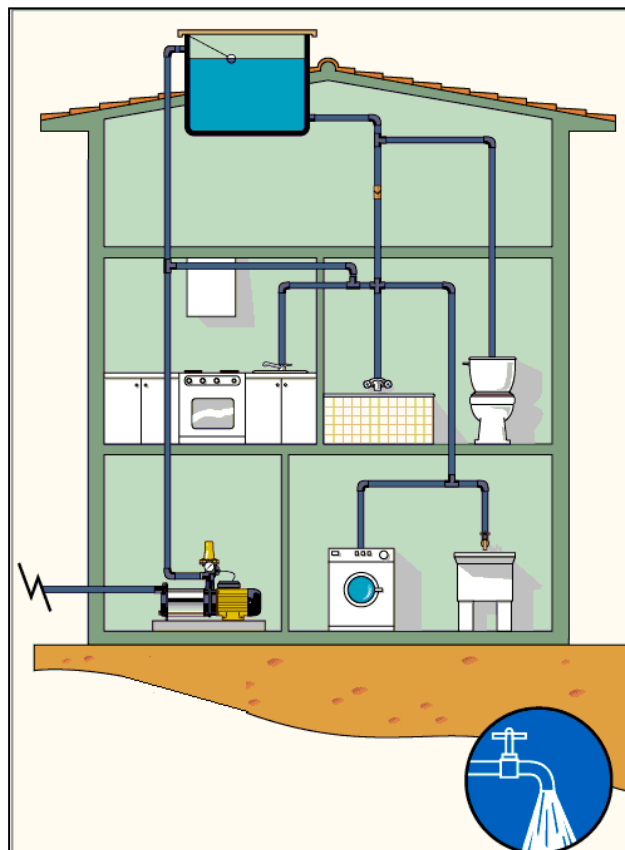
1. Напорно-запасные баки

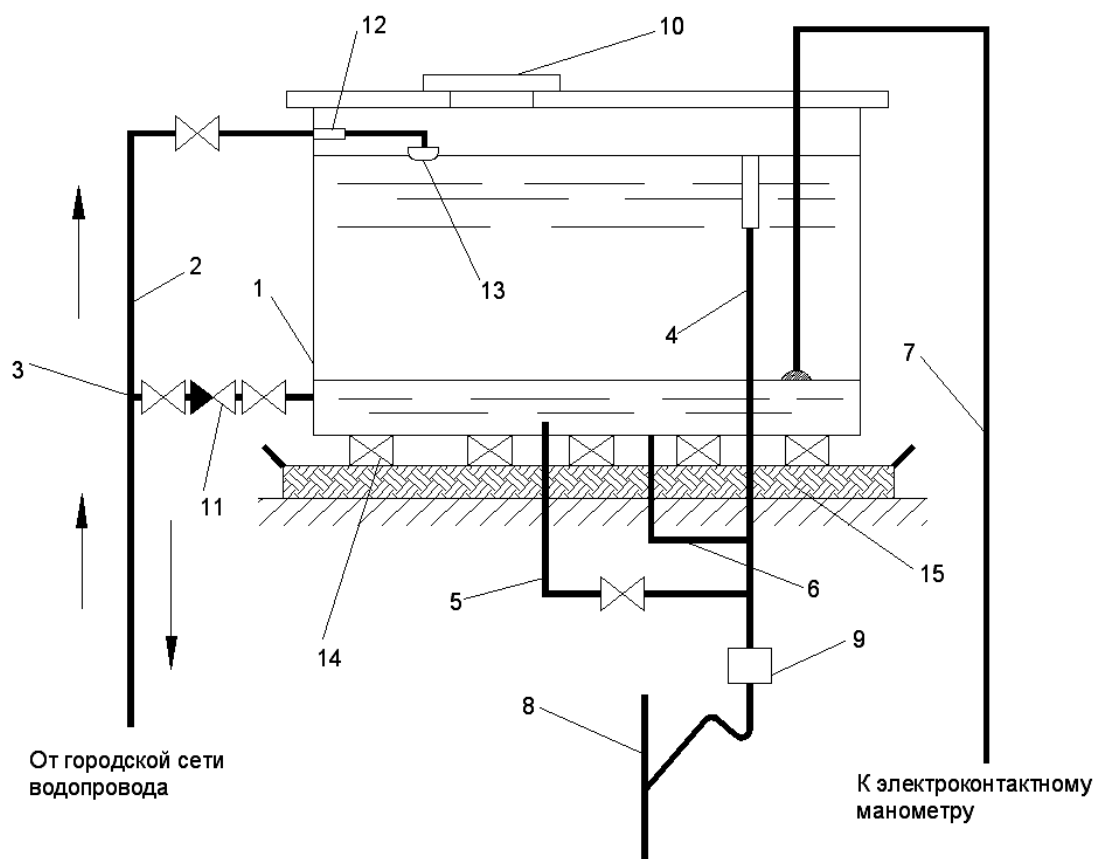
Напорно-запасные баки применяются для создания запаса давления воды, необходимого в случае снижения давления в наружной водопроводной сети, в часы отключения насосов при постоянном недостатке давления, при повышенных залповых расходах воды, а также при необходимости создания строго определенных давлений во внутренних водопроводных сетях.

Рекомендуется применять для одновременного хранения в них регулирующего и противопожарного запасов воды.

Напорно-запасные емкости должны устанавливаться в вентилируемом помещении с положительной температурой. Наименьшая высота помещения 2,2 м. Расстояния между баками и строительными конструкциями – не менее 1,0 м; от верха бака до перекрытия – не менее 0,6 м; от поддона до дна бака – не менее 0,5 м.

По конструкции различают баки: круглые и прямоугольные.





1 – бак; 2 – подающий трубопровод; 3 – разводящий трубопровод; 4 – переливной трубопровод; 5 – грязевой трубопровод; 6 – спускной трубопровод; 7 – импульсный трубопровод; 8 – канализационный стояк; 9 – промежуточный бачок; 10 – люк; 11 – обратный клапан; 12 – поплавковый клапан; 13 – поплавок; 14 – деревянные брусья; 15 – поддон из оцинкованного листового железа.

Достоинства напорно-запасных баков:

- рациональное использование энергии насосов городской водопроводной сети;
- осреднение расчетных секундных расходов воды до величины среднечасовых, что влечет за собой снижение нерационального расхода электроэнергии.

Недостатки применения напорно-запасных баков:

- возможность ухудшения высокого качества воды городского водопровода из-за попадания пыли через неплотно закрытые крышки баков, скопления гидроксида железа и пр.;
- необходимость усиления перекрытия, на котором приходится устанавливать баки, так как они с запасом воды представляют большую сосредоточенную нагрузку.

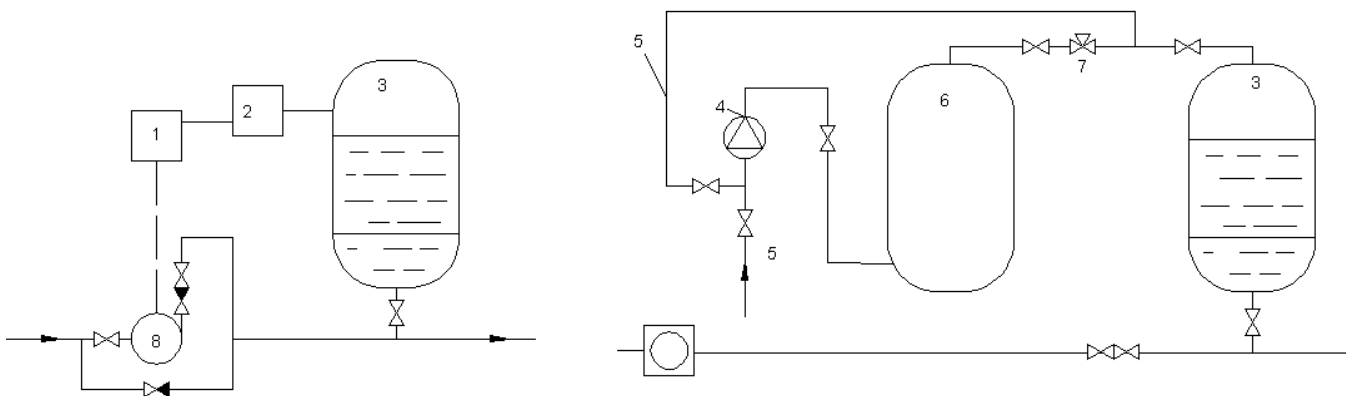
2. Гидропневматические установки

Гидропневматические установки в зданиях служат для повышения давления во внутренней сети водопровода и создания запаса воды на случай

пожара, а также для подачи части этой воды в домовую сеть в случае недостаточного давления в городской сети.

Пневматические установки могут работать при питании из различных источников (скважин, РЧВ, городской сети).

Гидропневматические установки состоят из насосной установки и гидропневматического бака. Как правило, они автоматизированы: при понижении уровня воды в баке насосы от датчика давления включаются, при достижении высшего уровня – выключаются. Различаются гидропневматические установки переменного и постоянного давления.



а) установка переменного давления

б) установка постоянного давления

1 – шкаф управления; 2 – реле давления; 3 – гидропневматический бак; 4 – компрессор; 5 – воздухопровод; 6 – воздушный бак; 7 – регулятор давления; 8 – насос.

Пневматические установки могут работать при питании из различных источников (скважин, РЧВ, городской сети).

Герметичные резервуары для пневматического водоснабжения изготавливают из листовой стали специальных марок на сварке и окрашивают с двух сторон. Баки должны быть оборудованы подающей, отводящей и спускной трубами, а также предохранительными клапанами, манометром, датчиками уровня воды и устройствами для пополнения и регулирования запаса воздуха. Баки гидропневматических установок могут располагаться вертикально и горизонтально.

Принцип работы установки заключается в следующем: вначале в водяной бак подается сжатый воздух (или запасается в воздушном баке) под большим давлением по сравнению с рабочим. В процессе водоразбора в водопроводной сети давление в баке будет снижаться.

В момент, когда давление снизится до допустимого минимума $P_{\min}$, с помощью реле давления и шкафа автоматического управления включается двигатель насоса, который начинает опять подавать воду в бак. Во время подачи воды давление в баке будет возрастать до прежних пределов.

Так как в системе имеются потери воздуха, то приходится предусматривать устройства для восстановления запаса воздуха (струйный

регулятор запаса воздуха). При достижении максимального значения давления насос также автоматически отключается.

Таким образом, гидроневматическая установка работает циклически с промежутками между включениями насосов тем большими, чем меньше водопотребление в водопроводной сети.

В системах автономного водоснабжения применяются **гидроаккумуляторы**.

Данные устройства выполняют сразу несколько важных функций:

- Обеспечивают стабильность работы водопровода. Благодаря бакам автономное водоснабжение частного дома работает также стабильно и с равномерным давлением, как и центральное, так как он поддерживает давление на одном определенном уровне;
- Обеспечивает автоматическое включение и отключение насоса. За этот процесс отвечает реле гидроаккумуляторы;
- Увеличивает срок службы насоса. Благодаря накопительной емкости насос включается не при каждом открытии крана, а только когда давление в гидроаккумуляторы падает ниже положенного уровня.



Гидроаккумуляторы еще называют мембранными баками, так как они представляют собой емкость, внутри которой расположена резиновая мембрана. Она делит емкость на две камеры. В результате в одной из камер накапливается вода, а вторую занимает воздух либо инертный газ.

Воздушный клапан

Бак выполнен из прочной стали. Специальная густая покраска стального кожуха для усиления прочности. Сварочный процесс по технологии MIG исключает появление внутренних острых краев, предотвращая мембрану от повреждений.

воздушная камера

Бутиловая мембрана, отделяющая воду от воздуха

Эксклюзивное внутреннее покрытие, гарантирующее защиту от коррозии

Наружное покрытие из полиэстера: защита от ржавчины



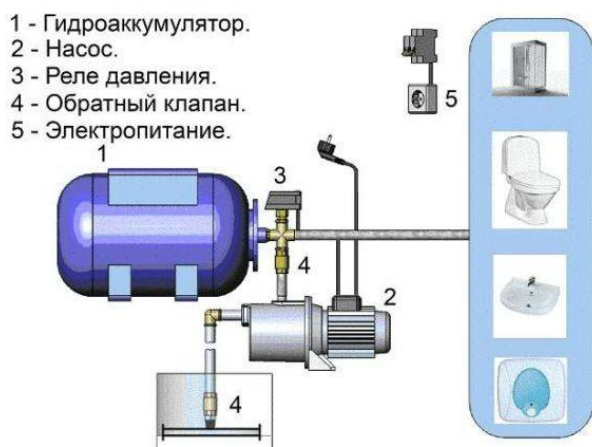
Гидроаккумулятор диафрагменного типа

Гидроаккумулятор
баллонного типа



Принцип работы гидроаккумулятора

Через ниппель между корпусом и мембраной закачан воздух. Когда включается скважинный насос, вода поступает внутрь мембраны и заполняет ее до определенного давления, которое регулируется автоматикой и насос отключается. Когда мы открываем кран, чтобы помыть руки, например, сжатый воздух между баком и мембраной начинает выдавливать воду из мембраны, тем самым создается давление в системе водоснабжения дома. Когда давление падает до критического уровня, автоматика снова включает насос и заполняет гидроаккумулятор.



При выборе расширительного бака для водоснабжения следует знать, что при рабочем давлении в гидроаккумуляторе, когда отключился насос, в нем находится всего 40% воды от его полного объема. Т.е. если бак на 100 литров, то воды в нем будет всего 40 литров. Самые применяемые модели находятся в интервале от 20 до 500 литров.

3. Насосные установки для повышения давлений в сети.

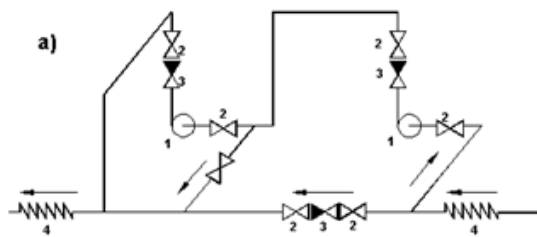
Повысительные насосные установки применяют в тех случаях, когда гарантированное давление в сети наружного водопровода ниже требуемого. Обычно при этом применяют центробежные насосы, непосредственно соединенные с электродвигателями. При необходимости бесперебойной подачи воды проектируют также установку резервных насосов, предусматривая параллельную работу.

Достоинства:

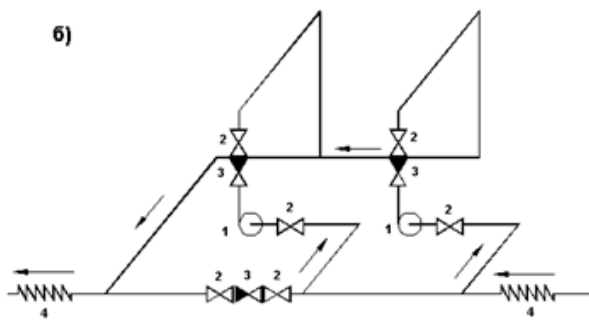
- не нарушается герметичность подачи воды, что гарантирует ее высокое качество;
- удобны в эксплуатации и достаточно-просты при монтаже.

Недостатки:

являются источниками шума и вибрации, поэтому их не рекомендуется устанавливать в помещениях, расположенных под спальными комнатами или помещениями, в которых может находиться ≥ 50 чел.; лучше всего их размещать в отдельно стоящем здании (например, ЦТП). Для повышения давления обычно применяют центробежные насосы различных производителей для перекачки чистых вод с электродвигателями.



Монтажная схема насосных установок: а – последовательная; б – параллельная; 1 – насосы; 2 – запорная арматура; 3 – обратные клапаны; 4 – вибровставки.



Параллельная работа нескольких разных или одинаковых по производительности насосов применяется в тех случаях, когда водопотребление в здании неравномерно по часам суток и установка одного рабочего насоса с производительностью, равной максимальному часовому расходу воды зданием, экономически нецелесообразна.

Последовательно насосы соединяют при необходимости создания значительного давления, которое не в состоянии обеспечить один насос требуемой производительности. Но такое соединение неэкономично и применяется на основании технико-экономического обоснования. При перепадах давления в наружной сети более 0,2 МПа, в жилых зданиях следует принимать последовательную схему работы повысительных насосов с автоматическим включением в зависимости от требуемого давления.



Для обвязки насосов применяют стальные трубы на сварке и фланцевые соединения с арматурой и насосами. На напорной линии у каждого насоса при необходимости следует предусматривать обратный клапан, задвижку или проходной клапан (вентиль) и манометр, а на всасывающей – установку задвижки и манометра.

Для снижения шума, возникающего при работе насосных агрегатов, насосы и электродвигатели должны иметь звукоизолирующие устройства. Для этого их размещают на виброизолирующих основаниях, а на всасывающих и нагнетательных трубопроводах устанавливают виброизолирующие вставки из резиновых гофрированных рукавов (патрубков) длиной не менее 1 м. Крепление резиновых вставок на металлические трубы осуществляется с помощью патрубков с фланцами и затяжкой хомутами. Насосные агрегаты устанавливают на фундаментах, возвышающихся над полом не менее чем на 0,2 м.

Насосы присоединяют к сети после водомерного узла. Размещают насосные установки, подающие воду на хозяйственно-питьевые, противопожарные и циркуляционные нужды, в тепловых пунктах, бойлерных и котельных, а также в сухом и теплом изолированном помещении высотой не менее 2,2 м.

Не допускается размещение хозяйственных насосных установок (кроме противопожарных) под жилыми квартирами, аудиториями учебных заведений, больничными помещениями, детскими комнатами и т.д. В исключительных случаях по согласованию с органами санитарного надзора допускается размещение насосных установок в вышеперечисленных зданиях, но суммарный уровень шума в насосной станции не должен превышать 30 дБ.

При автоматическом управлении повысительной насосной установкой должны предусматриваться:

- автоматический пуск и отключение рабочих насосов в зависимости от требуемого давления в системе;
- автоматическое включение резервного насоса при аварийном отключении рабочего насоса;
- подача звукового или светового сигнала об аварийном отключении рабочего насоса.
- включение и отключение вспомогательных насосных агрегатов (например, дренажных).

4. Стабилизация давлений в сети внутреннего водопровода.

Стабилизация давлений с целью уменьшения или ликвидации избыточных давлений достигается:

- 1) установкой регуляторов давления,
- 2) дросселированием;
- 3) зонированием.

В зданиях высотой до 20 м рекомендуется устраивать централизованную стабилизацию давления, устанавливая регуляторы давления $Dy=50-150$ мм, при высоте 20-40 м – централизованную стабилизацию и диафрагмы на подводках, при высоте здания более 40 м применять квартирные стабилизаторы давления (регуляторы давления на подводках или диафрагмы $Dy=15-20$).

Регуляторы давления устанавливают на вводе в здание или группу зданий (особенно малой этажности), а также на вводах на этажах (главным образом, нижних) или в квартирах. Применяют в сетях микрорайона с разноэтажной застройкой.



Они открыты при отсутствии давления. В случае превышения предельного давления воды на выходе закрываются. Устройства статического типа работают по принципу «после регулятора», то есть обеспечивают постоянство давления на выходе

Дросселирование – установка калиброванных дисковых диафрагм на подводках и у водоразборной арматуры. Позволяет снизить избыточные давления и расходы воды до нормативных. В то же время при установке диафрагм создается дополнительное местное сопротивление у арматуры, на которое тратится избыточное давление.



Параллельное зонирование сети в микрорайонах с разноэтажной застройкой приводит к максимальному использованию гарантированного давления в нижних этажах зданий; верхние этажи обеспечиваются давлением от повысительных насосных установок. Требуется устройство двух сетей – для нижней и верхней зон. При параллельном зонировании снижаются избыточные давления, сокращаются непроизводительные расходы воды и утечки, снижается общий расход воды и расход электроэнергии. Экономия электроэнергии и воды компенсируют дополнительные затраты на прокладку двух сетей.

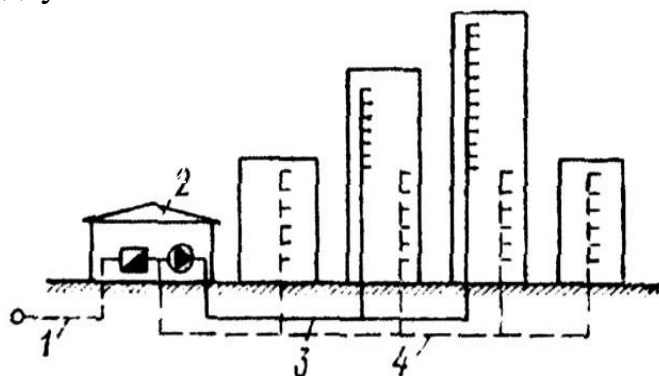


Схема параллельного зонирования системы водоснабжения микрорайона с разноэтажной застройкой: 1 – ввод; 2 – здание ЦТП; 3 и 4 – сети верхней и нижней зон

[Вернуться в оглавление](#)

Лекция № 5

Противопожарное водоснабжение зданий. Специальные водопроводы и фонтаны

- [1. Классификация систем противопожарного водоснабжения зданий.](#)
- [2. Устройство простых систем противопожарного водоснабжения.](#)
- [3. Автоматические системы пожаротушения.](#)
- [4. Специальные питьевые и поливочные водопроводы.](#)
- [5. Фонтаны](#)

1. Классификация систем противопожарного водоснабжения зданий.

По способу тушения пожаров системы водоснабжения города в целом и зданий в отдельности подразделяются на две категории:

- системы низкого давления, в которых вода через гидранты наружной водопроводной сети подается автонасосами пожарных команд (давление в наружной водопроводной сети у любого пожарного гидранта должно быть не менее 0,1 МПа над поверхностью земли);
- системы высокого давления должны обеспечить подачу пожарного расхода воды, при давлении достаточном для создания пожарных струй при питании непосредственно из гидранта.

В зависимости от огнеопасности и этажности зданий внутренние противопожарные водопроводы бывают раздельными или объединенными с водопроводом другого назначения.

Раздельные противопожарные водопроводы проектируют в зданиях, в которых другие внутренние водопроводы либо отсутствуют, либо когда объединение с ними запрещено по качеству транспортируемой воды или нецелесообразно по технико-экономическим соображениям.

Существенный недостаток раздельных противопожарных водопроводов состоит в том, что они являются закрытыми непроточными системами (при отсутствии водоразбора), поэтому вода в трубах портится и содержит продукты коррозии.

Наибольшее распространение получили объединенные противопожарные водопроводы, в которых обеспечивается движение воды. В отдельных случаях в неотапливаемых зданиях проектируют сухие противопожарные водопроводы с установкой выпусков и запорной арматуры в отапливаемых помещениях или колодцах.

По использованию технических средств подачи воды к очагу пожара противопожарные водопроводы подразделяются на:

- **простые** (оборудованные пожарными кранами ручного действия);
- **автоматические** (дренчерные, или водяные завесы, и спринклерные).

В2 – обозначение противопожарного водопровода

В1 – обозначение хозяйственно-питьевого водопровода

Здания и сооружения по функциональной пожарной опасности подразделяются на классы:

Ф1 Для постоянного проживания и временного (в том числе круглосуточного) пребывания людей (помещения в этих зданиях, как правило, используются круглосуточно, контингент людей в них может иметь различный возраст и физическое состояние, для этих зданий характерно наличие спальных помещений):

Ф1.1 Дошкольные учреждения, дома престарелых и инвалидов, больницы, спальные корпуса школ-интернатов и детских учреждений;

Ф1.2 Гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов;

Ф1.3 Многоквартирные жилые дома;

Ф1.4 Одноквартирные, в том числе блокированные жилые дома.

Ф2 Здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений, включая театры, кинотеатры, музеи, библиотеки, спортивные сооружения с трибунами;

Ф3 Здания обслуживания населения, такие как торговые центры, рестораны, вокзалы, поликлиники, аптеки и другие предприятия, оказывающие услуги населению;

Ф4 Здания административного и общественного назначения, включая офисные здания, банки, учебные заведения (школы, вузы), а также пожарные депо;

Ф5 Производственные и складские здания, сооружения и помещения, а также сельскохозяйственные объекты.

Противопожарные водопроводы устраивают:

- в жилых одно- и многосекционных зданиях высотой 12 этажей и более;
- общежитиях и гостиницах высотой в четыре этажа
- и более;
- в зданиях учебных заведений; санаториях, домах отдыха, лечебных и детских учреждениях, магазинах и др. при объеме здания 5000 м³ и более;
- кинотеатрах, клубах, домах культуры.

В жилых зданиях высотой 12-16 этажей устраивают объединенный хозяйственно-питьевой и противопожарный водопровод, а в зданиях высотой 17 этажей и более – раздельный противопожарный и хозяйственно-питьевой водопровод.

2. Устройство простых систем противопожарного водоснабжения.

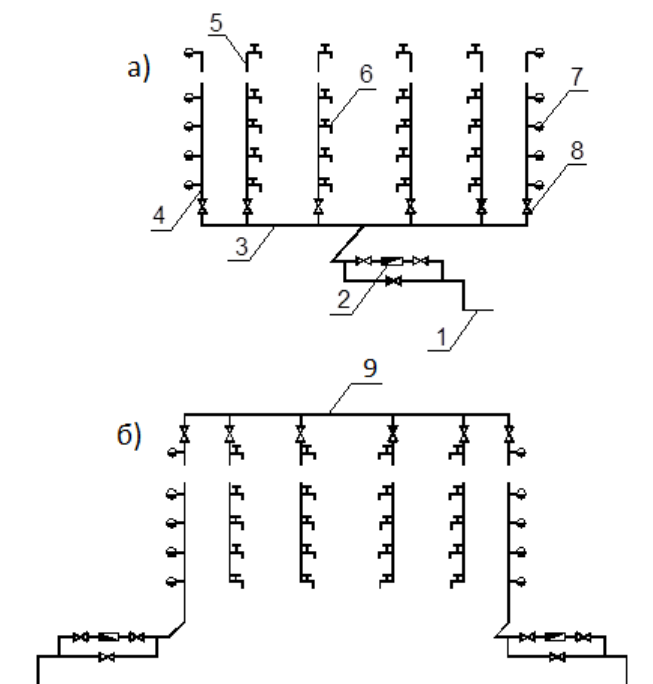
Простая система противопожарного водоснабжения – водопровод, оборудованный пожарными кранами ручного действия.

Системы противопожарного водоснабжения с пожарными кранами состоят из таких же элементов, что и системы питьевого водоснабжения, устраиваются раздельного и объединенного типов.

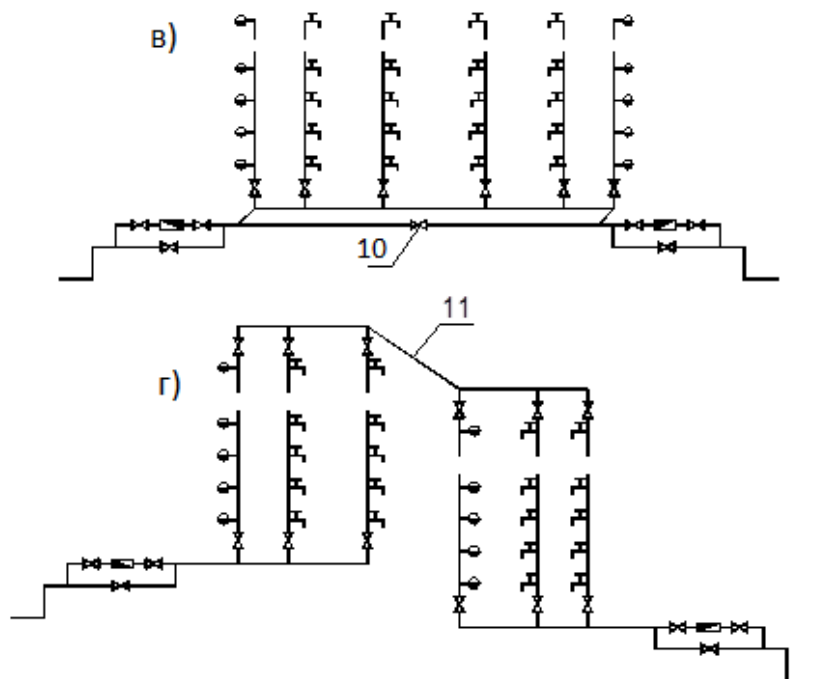
Для *раздельных* противопожарных трубопроводов применяются стальные трубы (применение пластмассовых труб запрещено);

Для **объединенных** с питьевым водопроводом допускается применять стальные оцинкованные трубы. Наибольшее распространение получили объединенные системы хозяйственно-противопожарного водоснабжения.

Схемы объединенных питьевых и противопожарных водопроводов



а) тупиковая с нижней разводкой;
 б) схема водопровода с верхней разводкой; 1 – ввод; 2 – водомерный узел; 3 – разводящий (магистральный) трубопровод; 4 – пожарные стояки; 5 – хозяйственные (водоразборные) стояки; 6 – пожарные краны; 7 – запорная арматура; 8 – верхний разводящий трубопровод.



в) схема, закольцованная вводами;
 г) схема хозяйственно-противопожарного водопровода с кольцевыми перемычками. 10 – трубопровод, кольцевой вводы; 11 – кольцевые перемычки.

Пожарные краны должны устанавливаться в пожарных шкафах преимущественно у входов в помещения, в вестибюлях, коридорах, проходах, тамбур-шлюзах при пожарных лифтах, на площадках отапливаемых лестничных клеток (за исключением незадымляемых) и других наиболее доступных местах. При этом расположение пожарных кранов не должно мешать эвакуации людей.

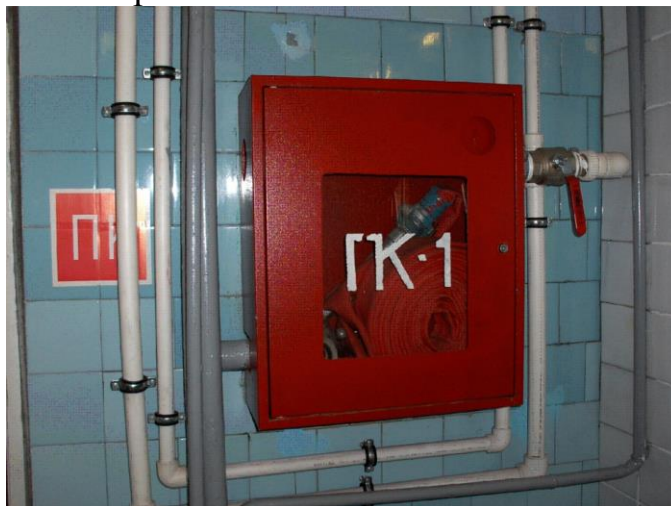
В зданиях с чердаками (в том числе техническими) установку пожарных кранов допускается предусматривать на площадках лестничных клеток перед входами в помещения чердака.

Клапан пожарного крана следует устанавливать на высоте $(1,35 \pm 0,135)$ м над уровнем пола (площадки). Спаренные пожарные краны допускается размещать один над другим, при этом нижний клапан устанавливается на высоте не менее 1 м от пола.

К пожарному крану должны быть присоединены при помощи соединительных головок пожарные рукава с пожарными стволами. Длину пожарных рукавов следует принимать 10, 15 или 20 м. (СН 2.02.02-2019 «Противопожарное водоснабжение»).

Противопожарный кран состоит из вентиля диаметром 50 мм или 65 мм, установленного на ответвлении от стояка, с ввернутой в него быстросмыкающейся полугайкой и рукава (пожарного шланга) длиной 10, 15 или 20 м, на одном конце которого закреплена полугайка, а на другом – металлический пожарный ствол (брандспойт). Противопожарный ствол – брандспойт с одной стороны имеет полугайку и диаметр, равный диаметру крана, а с другого конца - наконечник с распылением диаметром 13, 16, 19 мм.

Кран устанавливается на высоте 1,35 м от пола и совместно со шлангом заключается в шкафчик с остекленной дверкой. Желательно шкафчик заглублять в нишу. Дверка шкафчика пломбируется. На стекло наносится надпись «ПК №». Противопожарный шланг (рукав) наматывается на катушку или укладывается гармошкой на кронштейн. Как катушка, так и кронштейн навешивают на шарнирные петли для поворота в горизонтальной плоскости, что способствует быстрому разворачиванию шланга в нужном направлении.



3. Автоматические системы пожаротушения.

Автоматические установки пожаротушения (АУП) предназначены для автоматического обнаружения и тушения пожара в его начальной стадии с одновременной подачей сигнала пожарной тревоги.

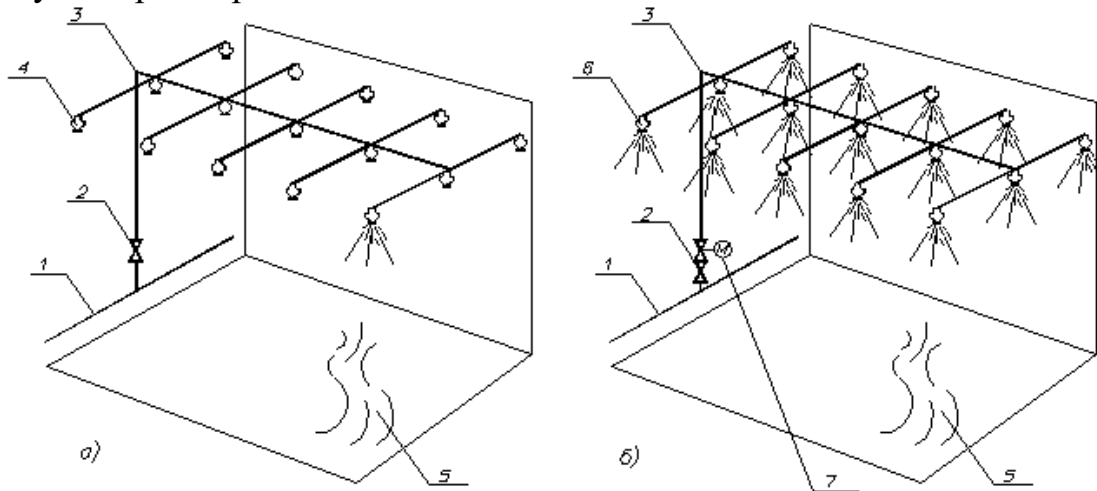
АУП подразделяют по конструктивному исполнению на:

- спринклерные;
- дренчерные.

По виду используемого огнетушащего вещества:

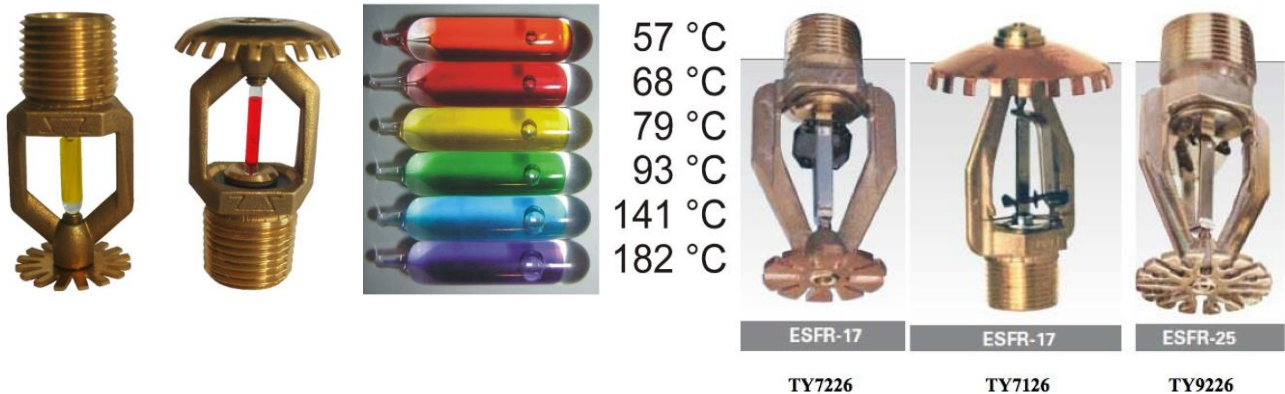
- пенные (в том числе с высокократной пеной. Кратность – число, которое показывает, во сколько раз объем пены превышает объем раствора, взятого для ее получения),
- газовые (с использованием диоксида углерода, азота, аргона, различных хладонов и др.),
- порошковые (модульные),
- аэрозольного пожаротушения,
- водяные (в том числе с тонкораспыленной водой, капли – до 100 мкм),
- комбинированного пожаротушения.

Автоматические водяные спринклерные (а) и дренчерные (б) противопожарные системы тушат огонь без участия человека и одновременно включают насосы, повышающие давление, и также одновременно включают систему пожарной тревоги.



а) спринклерная системы; б) дренчерная системы.

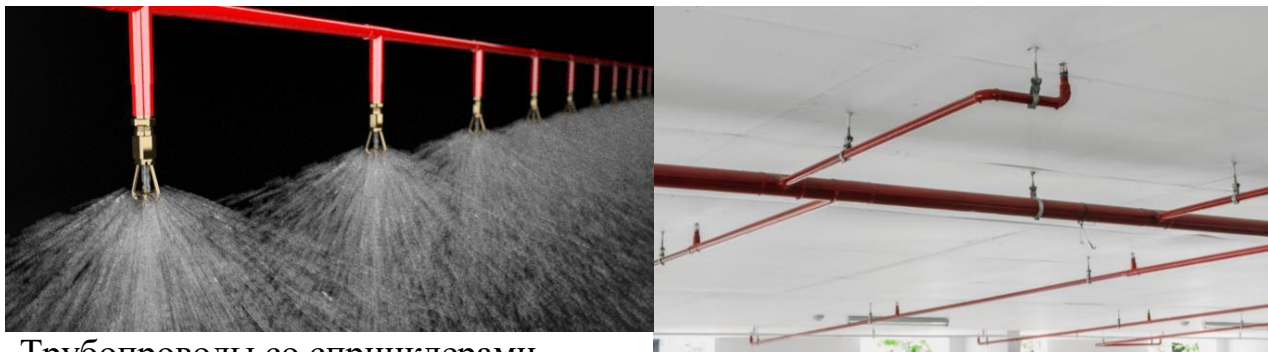
1 – водопровод; 2 – кран (затвор); 3 – система распределительных труб; 4 – спринклеры; 5 – место возгорания; 6 – открытые разбрызгиватели (дренчеры); 7 – клапан группового действия (затвор) с электрическим приводом.



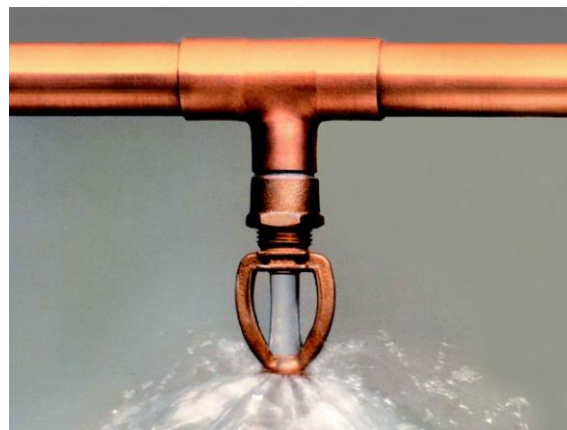
спринклерная
головка

спринклерные колбы

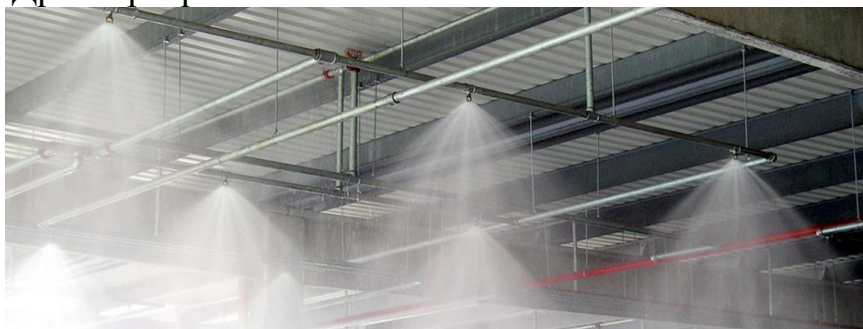
спринклерная головка
с легкоплавкой вставкой



Трубопроводы со спринклерами



Дренчеры розеточный и лопаточный



Дренчерная водяная завеса

4. Специальные питьевые и поливочные водопроводы.

Для подачи газированной, подсоленной, охлажденной или обычной питьевой воды в помещения и цехи промышленных предприятий проектируют специальные питьевые водопроводы. Такие водопроводы состоят из индивидуальных или централизованных установок для подготовки воды нужного качества, из сети трубопроводов и водоразборной арматуры.

В качестве водоразборной арматуры используют питьевые фонтанчики, состоящие из подводящей трубы диаметром 10-15 мм напорного устройства, наконечника, обеспечивающего подачу струи воды вверх, сливной части с выпуском и трубопроводом, присоединенным сифоном к водоотводящей или водосточной сети.



Питьевые фонтанчики в горячих цехах устанавливают из расчета один на 60 человек, в прочих цехах и бытовых помещениях – один на 75-100 человек, на территории плавательных бассейнов, стадионов, спортзалов – один на 50-75 человек. Расход воды на один фонтанчик обычно составляет 0,04 л/с. При групповой установке фонтанчиков расход воды в трубопроводах определяют из расчета одновременного действия 60% фонтанчиков, установленных в горячих цехах, и 30% фонтанчиков, установленных в остальных цехах и помещениях.



Для поливки территорий вокруг зданий и зеленых насаждений проектируют поливочные водопроводы, присоединяемые к сети наружного или внутреннего водопровода.

Для поливки территорий предприятий, парков, садов, стадионов, часто устраивают специальную сеть поливочного водопровода с установкой поливочных кранов. Поливочные краны размещают в чугунных колодцах (коверах) или открыто. Трубопроводы сети поливочного водопровода прокладывают по земле или на глубине 50-70 см от поверхности земли с уклоном для возможности полного опорожнения их в зимний период при отрицательных температурах наружного воздуха.

Количество воды, расходуемой для поливки территории и зеленых насаждений, зависит от климатических условий. На поливку 1 м² территорий или зеленых насаждений расходуется от 0,4 до 6 л воды поливочный кран обеспечивает расход воды около 0,4 л/с.



Для возможности полива территории вокруг зданий внутренние водопроводы, как правило, оборудуют поливочными кранами. Эти краны выводят к наружным стенам (цоколю) здания в ниши на высоте 0,3-0,35 м от поверхности земли через каждые 60-70 м по периметру здания. Подводки к кранам должны быть оборудованы запорными вентилями, расположенными в теплом помещении зданий. Для возможности спуска воды на зиму подводка прокладывается с уклоном в сторону поливочного крана, а в пониженной точке подводки дополнительно устанавливается тройник с пробкой или кран для спуска воды.

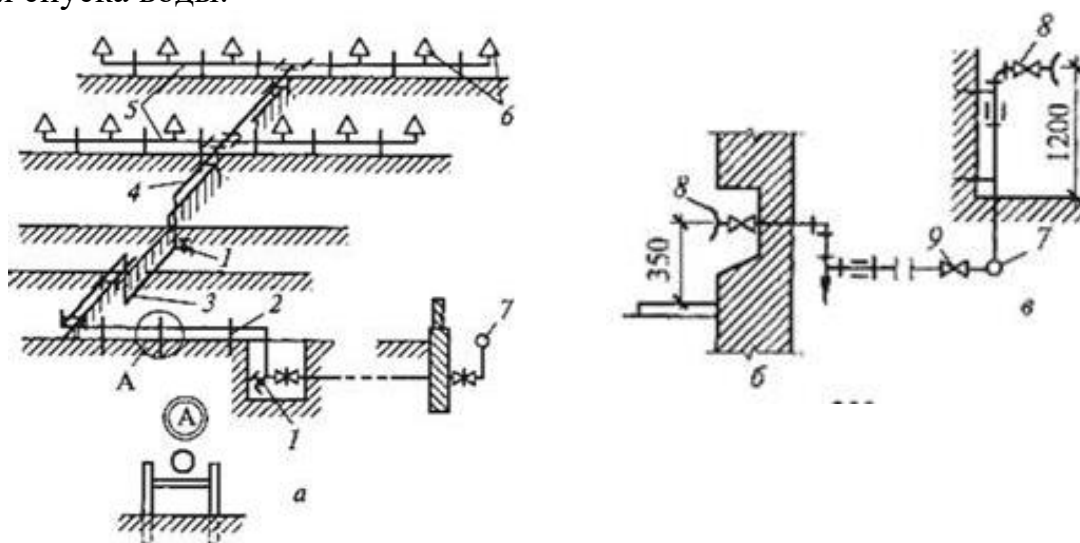


Схема поливочного водопровода:

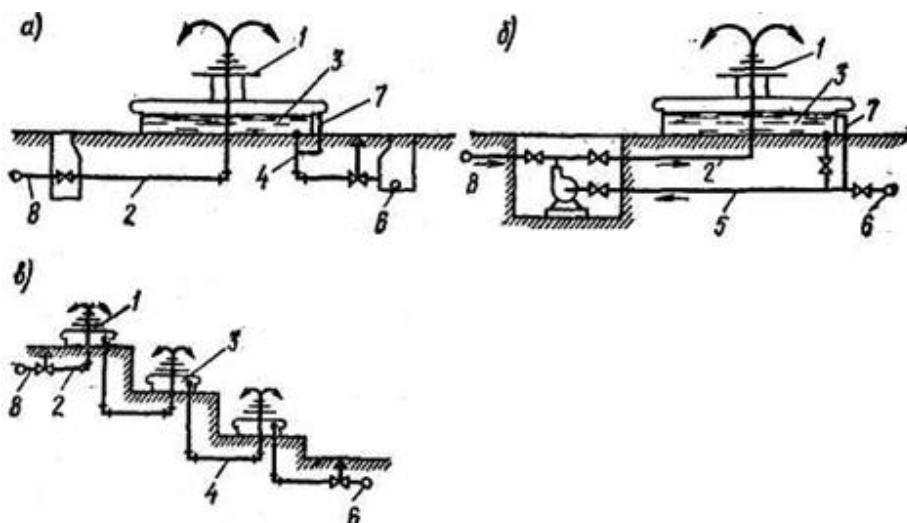
а – схема поливочного летнего водопровода; б – поливочный кран у здания; в – установка поливочного крана в помещении; 1 – спускной кран; 2 – опоры; 3 – пересечение пешеходной дорожки; 4 – магистраль; 5 – распределительная сеть; 6 – оросители (поливочные краны); 7 – внутренний водопровод; 8 – поливочный кран; 9 – вентиль

5. Фонтаны

Для фонтанов применяют проточную или оборотную схемы водоснабжения. Проточную схему водоснабжения применяют главным

образом для малых фонтанов производительностью до $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ при наличии надежных и дешевых источников водоснабжения.

Наибольшее распространение получила *оборотная* система водоснабжения фонтанов, как наиболее экономичная, расходующая воду лишь для восполнения потерь, образующихся вследствие испарения и разбрызгивания. Обратную схему водоснабжения фонтана применяют при его производительности $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ и более.



а — прямоточная схема водоснабжения; б — обратная схема водоснабжения; в — каскадная схема:

1 — распределительная сеть с насадками; 2 — главный трубопровод; 3 — чаша фонтана; 4 — спускной трубопровод; 5 — обратный циркуляционный трубопровод; 6 — наружный водосток; 7 — перелив; 8 — от городского водопровода.



Каскадные фонтаны

Анатомия городского фонтана

Брызги в фонтане появляются благодаря давлению насосов, либо за счет перепада высот, если фонтан берет воду из водоема. Любой фонтан, работающий на суше, состоит из двух частей — чаши и насосного оборудования. Мы предлагаем вашему вниманию классическую схему работы городского фонтана.

ЧАША
Во время работы она заполнена водой, скрывающей под собой оборудование — систему труб разного диаметра.

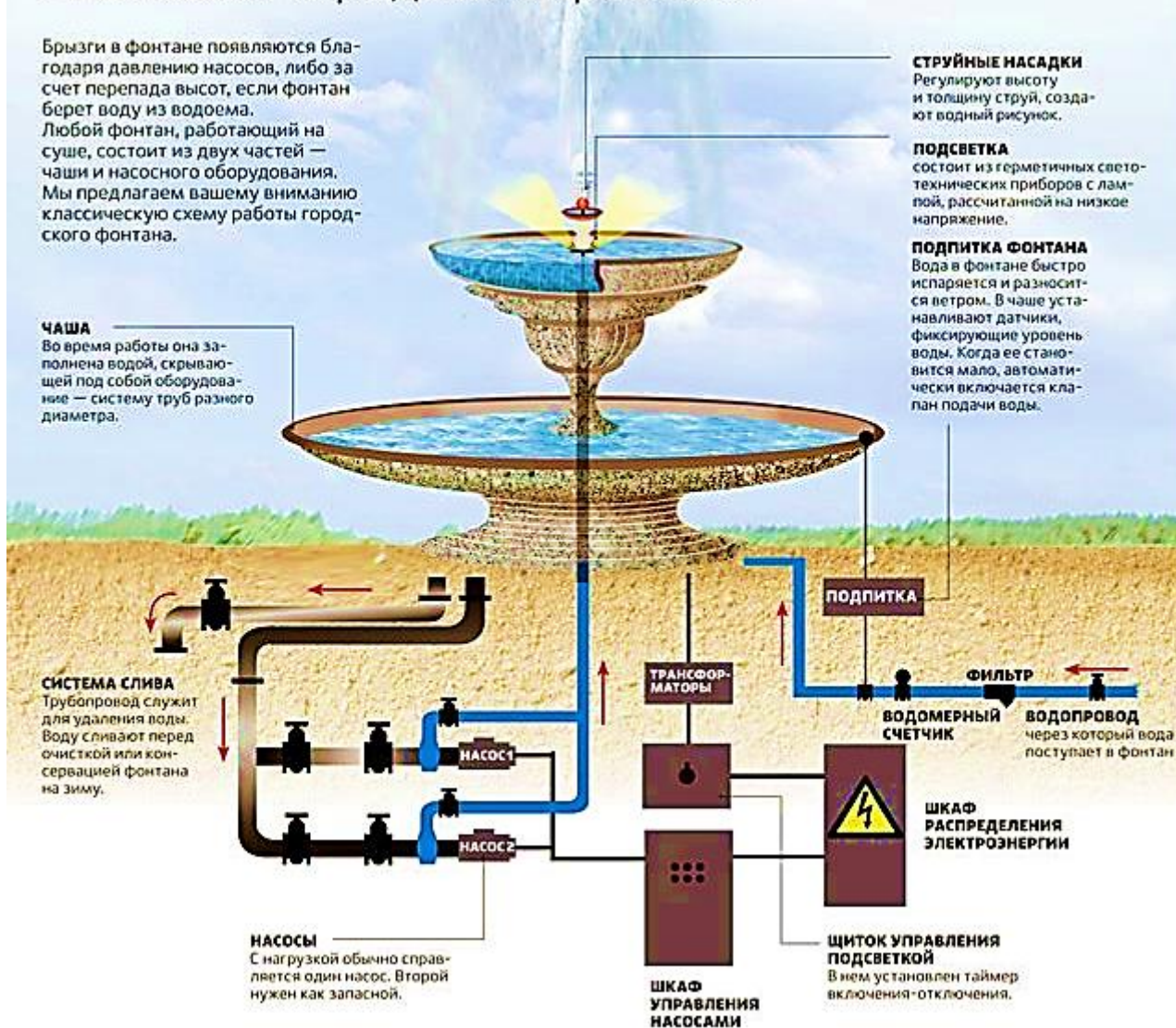
СИСТЕМА СЛИВА
Трубопровод служит для удаления воды. Воду сливают перед очисткой или консервацией фонтана на зиму.

НАСОСЫ
С нагрузкой обычно справляется один насос. Второй нужен как запасной.

СТРУЙНЫЕ НАСАДКИ
Регулируют высоту и толщину струй, создают водный рисунок.

ПОДСВЕТКА
Состоит из герметичных светотехнических приборов с лампой, рассчитанной на низкое напряжение.

ПОДПИТКА ФОНТАНА
Вода в фонтане быстро испаряется и разносится ветром. В чаше устанавливают датчики, фиксирующие уровень воды. Когда ее становится мало, автоматически включается клапан подачи воды.



[Вернуться в оглавление](#)

Лекция № 6

Канализация зданий и отдельных объектов (часть 1)

1. Системы внутренней канализации зданий.

2. Основные элементы внутренней системы канализации. Материалы и оборудование.

3. Трассировка и устройство канализационной сети. Вентиляция сети.

1. Системы внутренней канализации зданий.

Система внутренней канализации – система канализации в объеме, ограниченном наружными поверхностями ограждающих конструкций и выпусками до первого смотрового колодца, обеспечивающая отведение сточных вод от санитарно-технических приборов и технологического оборудования.

По назначению и характеристике сточных вод системы внутренней канализации бывают:

- *бытовые* – для отведения сточных вод от санитарно-технических приборов (унитазов, умывальников, ванн, душей и др.);
- *производственные* – для отведения производственных сточных вод;
- *объединенная* – для отведения бытовых и производственных сточных вод при условии возможности их совместного транспортирования и очистки;
- *внутренние водостоки* – для отведения дождевых и талых вод с кровли здания.

По сфере обслуживания системы бывают:

- *объединенные* – для сбора и отвода за пределы здания всех хозяйственно-бытовых, производственных, а иногда и дождевых сточных вод.
- *раздельные* – применяемые в тех случаях, когда сточные воды по составу загрязнений не допускается отводить в наружную канализационную сеть.

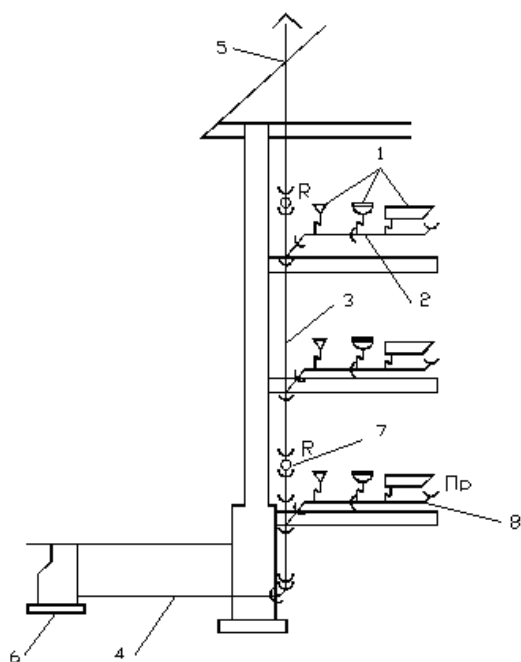
По устройству вентиляции системы внутренней канализации бывают:

- *с вентилируемыми стояками*;
- *с невентилируемыми стояками* (применяются при устройстве внутренней канализации в одно- и двухэтажных зданиях).

Системы внутренней канализации должны обеспечивать отведение сточных вод, соответствующее расчетному количеству водопотребителей или установленных санитарно-технических приборов.

2. Основные элементы внутренней системы канализации. Материалы и оборудование

Система внутренней канализации состоит из приемников сточных вод, отводных трубопроводов, стояков, коллекторов, вентиляционных стояков, выпусков, устройств для прочистки сети.



- 1 – приемники сточных вод;
- 2 – отводящая линия;
- 3 – стояк;
- 4 – выпуск;
- 5 – вентиляция;
- 6 – колодец дворовой сети;
- 7 – ревизия;
- 8 – прочистка.

Приемник сточных вод – это устройство в системах внутренней канализации и водостоков зданий, служащее для непосредственного приема сточных вод (бытовых, производственных и атмосферных).

По назначению приемники сточных вод могут быть сгруппированы следующим образом:

приемники – санитарные приборы, предназначенные не только для приема загрязнений, но выполнения гигиенических и санитарных процедур, необходимых в процессе жизнедеятельности людей. К санитарным приборам относятся: мойки, раковины, умывальники, рукомойники, ванны, душевые поддоны, биде, унитазы.



Приемники – сантехнические специальные приборы, предназначенные для установки в зданиях специального назначения (в больницах, поликлиниках, санаториях и других медицинских учреждениях и курортных зданиях): лечебные ванны, медицинские и хирургические умывальники, промывные медицинские камеры, видуары (больничные сливы, плевательницы), специальные мойки и др.



Лечебная ванна



Плевательница



Хирургический умывальник



Видуар



Трап

Приемники для сбора и отведения производственных сточных вод, образующихся в результате производственных технологических процессов.

Приемники, предназначенные для сбора и отвода с крыши зданий атмосферных осадков (водосточные воронки).



По функциональным характеристикам (режимам) приемники относятся к:

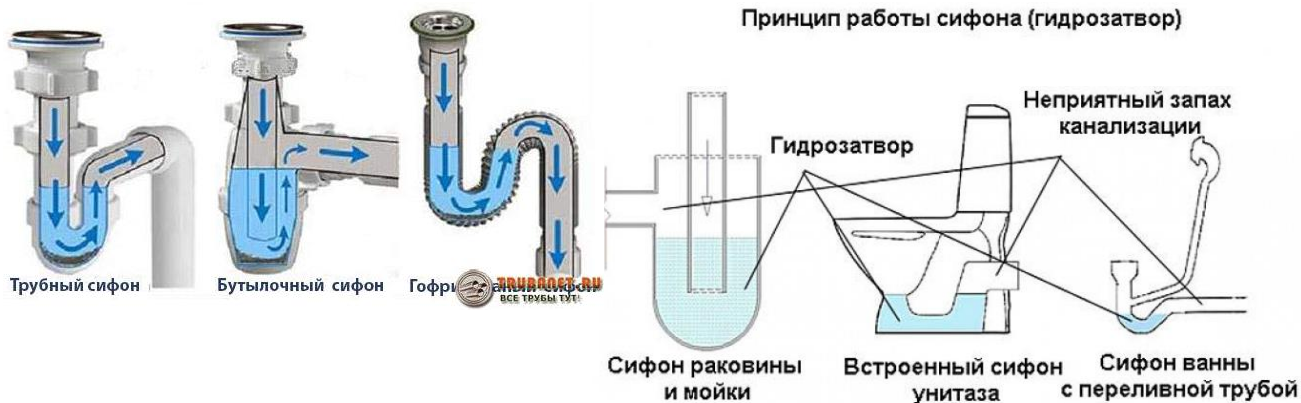
- *периодически* функционирующим, которые сначала наполняют свой объем или собирают стоки, а потом сбрасывают загрязненную воду в канализационную сеть;
- *непрерывно* функционирующим, т. е. проточным, работающим без наполнения своего объема.

Основные технические характеристики санитарных приборов:

- размеры,
- объем (вместимость),
- акустические показатели (частота и уровень шума, возникающего в процессе эксплуатации прибора),
- монтажное положение и взаимное расположение отдельных элементов (выпусков и переливов, водопроводной арматуры),
- химическая и термическая стойкость внутренней поверхности прибора, долговечность,
- надежность в работе,
- механическая прочность;
- эстетичность внешнего вида.

Приемники изготавливают из фаянса, стали эмалированной и нержавеющей, акрила, чугуна с эмалированием, пластмассы.

Обязательным и ответственным элементом является гидравлический затвор (сифон), которым должны быть оборудованы все без исключения приемники сточных вод, установленные на канализационной сети. Он предотвращает попадание в помещение зловонных, а зачастую токсичных газов из системы канализации.





Отводные трубопроводы предназначены для сбора и отведения сточных вод от приемников (санитарных приборов и др.) к стоякам – вертикальным трубопроводам.

Канализационные стояки образуют вертикальную внутреннюю канализационную сеть здания, назначение которой – отвести собранные сточные воды со всех этажей в нижнюю часть здания.

Выпуски предназначены для приема и отвода сточных вод от одного или нескольких стояков в дворовую и внутриквартальную сеть.

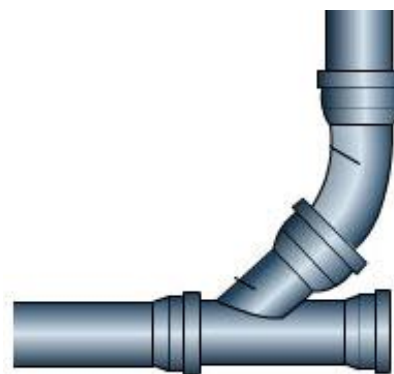
На сетях внутренней бытовой и производственной канализации следует предусматривать установку *ревизий* или *прочисток*:

- в нижнем и верхнем этажах на стояках при отсутствии на них отступов, а при наличии отступов – и в вышерасположенных над отступами этажах;
- не реже чем через три этажа в жилых зданиях высотой пять этажей и более;
- в начале участков (по движению сточных вод) отводных труб при количестве присоединяемых приборов три и более, под которыми нет устройств для прочистки;
- при изменении направления движения сточных вод не более одного поворота на одну прочистку, если участки трубопроводов не могут быть прочищены через другие участки на поворотах сети.

Ревизия – устройство, позволяющее прочищать трубу в обоих направлениях



Прочистка – устройство, позволяющее прочищать трубу только в одном направлении.



Прочистка

Для систем внутренней канализации с учетом температуры транспортируемой жидкости, требований прочности, коррозионной стойкости, экономии расходуемых материалов и финансовых средств необходимо предусматривать следующие трубы:

- полимерные, чугунные, асбестоцементные (при прокладке их в грунте)
- для самотечных трубопроводов;
- напорные полимерные, чугунные – для напорных трубопроводов.



Трубы из поливинилхлорида (ПВХ):

Преимущества – доступная стоимость; простой монтаж, раструбным способом, не требует использования специального оборудования; большой выбор монтажных элементов, отсутствие коррозии и отложений на стенках, высокая механическая прочность. Основной недостаток труб ПВХ – температурные ограничения, которые составляют не более $+65^{\circ}\text{C}$ и не менее -10°C .

Для внутренней канализации, как правило, применяют трубы ПВХ, имеющие серый цвет. Их характерные особенности: гладкостенные; соединение — раструб; линейка популярных размеров: диаметры — 32, 40, 50 и 110 мм, длины от 315 до 3000 мм; толщина выбирается из условий жесткости, но как требование для самотечных систем не бывает меньше 1,8 мм.



Трубы из полипропилена

Преимущества

- устойчивость к горячей воде до 75-80°C;
- благодаря низкой теплопроводности на поверхности не образуется конденсат;
- чрезвычайная легкость – 1 п/м трубы Ø110 весит почти 5 кг, что позволяет проводить погрузку/разгрузку, складирование и монтаж собственными силами;
- идеально гладкая внутренняя поверхность препятствует образованию разного рода отложений, поэтому диаметр и скорость движения внутри остаются неизменными; нейтральны к агрессивным веществам;
- пластичность – при замерзании воды стенки трубопровода расширяются, при оттаивании принимают прежние параметры;
- гасят шум и вибрацию, характерные для металлических трубопроводов;
- не подвержены коррозии.

В жилых и административных зданиях для внутренней разводки канализации применяют материал Ø50 мм. Толщина их стенок составляет 1,8 мм, длина колеблется в пределах 2,5-30 м. Стояки канализации обустраивают трубами Ø 110 мм, толщина стенки которой превышает 2 мм.

Трубы из чугуна

Для устройства сети внутренней канализации применяют чугунные трубы диаметром условного прохода 50, 100, 150 мм, длиной 500 – 2200 мм, с внутренней изоляцией на основе нефтяного битума. Трубы соединяют с помощью раструбов на конце каждой трубы или соединительных фасонных частей.



Преимущества:

- Прочность.
- Стойкость к коррозии.
- Длительный срок службы.
- Сохранение качеств длительное время.
- Износостойкость.
- Невысокий показатель температурного увеличения.
- Большой ассортимент продукции.

Недостатки:

- Большой вес конструкции.
- При маленьких диаметрах создаются проблемы в производстве, поэтому вариации выполнения оборудования с диаметром меньше 50 мм выполняются довольно редко.
- Высокая степень шероховатости.



3. Трассировка и устройство канализационной сети. Вентиляция сети

Участки канализационных трубопроводов должны прокладываться прямолинейно. Изменять направление прокладки канализационного трубопровода и присоединять приборы следует с помощью соединительных деталей.

Трубы прокладывают *открыто* с креплением к конструкциям зданий, а также на специальных опорах, или *скрыто* – с заделкой в строительные конструкции перекрытий, под полом, в панелях, бороздах стен, в подшивных потолках, санитарно-технических кабинах, вертикальных шахтах, под плинтусом в полу.

В местах сосредоточения приемников сточных вод предусматривают *стояки*. Для уменьшения числа стояков желательно, чтобы приемники сточных вод располагались группами и друг над другом по этажам.

Стояки размещают у колонн ограждающих конструкций по возможности ближе к приемникам, в которые поступают наиболее загрязненные стоки, и с таким расчетом, чтобы длина отводящих труб была минимальной. Во избежание замерзания не рекомендуется устраивать стояки около наружных стен, дверей, ворот.

Стояк водоотводящей сети в нижней части плавно присоединяют к горизонтальному трубопроводу, который прокладывают так же, как отводные трубопроводы к выпуску.

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

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

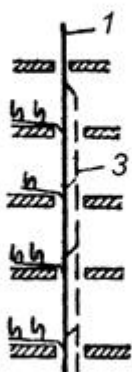
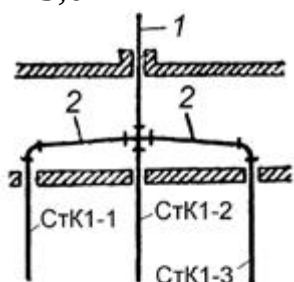
Отводные трубопроводы присоединяют к гидрозатворам санитарно-технических приборов и прокладывают к стояку прямолинейно с постоянным уклоном. Санитарные приборы в разных квартирах на одном этаже

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

Выпуски располагают, по возможности, с одной стороны здания перпендикулярно наружным стенам так, чтобы длина горизонтальных линий, соединяющих стояки, была минимальной. Выпуски от канализационной сети из подвальных помещений следует предусматривать с уклоном не менее 0,02. Выпуски присоединяют к дворовой сети в колодце под углом не менее 90°.

Системы бытовой и производственной канализации, отводящие сточные воды в наружную канализационную сеть, должны **вентилироваться** через стояки, вытяжная часть которых выводится через кровлю или сборную вентиляционную шахту здания с учетом снегового покрова на высоту, м, не менее:

- 0,1 – от обреза сборной вентиляционной шахты;
- 0,3 – от плоской неэксплуатируемой кровли;
- 0,5 – от скатной кровли;
- 3,0 – от плоской эксплуатируемой кровли.



Вентиляция канализационной сети:
1 – вытяжка;
2 – сборный трубопровод;
3 – вентиляционный стояк

Диаметр вытяжной части канализационного стояка должен быть равен диаметру сточной части стояка.

В зданиях, где нежелательна или невозможна установка вытяжных частей, допускается устройство сборного трубопровода без вентиляционной трубы при объединении не менее трех стояков.

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

Лекция № 7

Канализация зданий и отдельных объектов (часть 2)

1. Основы расчета внутренней канализации.

2. Дворовая, внутриквартальная канализационная сеть.

3. Местные установки для перекачки и очистки сточных вод.

1. Основы расчета внутренней канализации.

Режим водоотведения в зданиях тесно связан с режимом водопотребления и определяется теми же закономерностями, поэтому суточные, часовые и секундные расходы можно вычислять по той же методике определения расходов в системе водоснабжения, используя нормы водоотведения и секундные расходы санитарно-технических приборов.

Нормы водоотведения (суточные и часовые) равны нормам водопотребления на хозяйственно-бытовые и другие нужды, при которых безвозвратные потери водопроводной воды незначительны. Если нормы водопотребления включают расходы воды, которые не поступают в систему водоотведения, на поливку или другие нужды, то при определении нормы водоотведения эти расходы необходимо вычесть из нормы водопотребления.

Задачей гидравлического расчета канализационной сети является определение диаметров трубопроводов и их уклонов, обеспечивающих пропуск расчетных расходов сточных вод с требуемой скоростью движения и степенью наполнения труб.

Гидравлический расчет сети внутренней канализации проводится в следующей последовательности:

- размещают стояки в плане здания и прокладывают горизонтальные трубопроводы, одновременно назначая диаметр труб;
- определяют расчетные расходы сточных вод на расчетных участках;
- определяют на расчетных участках горизонтальных трубопроводов скорость движения сточных вод;
- определяют уклон горизонтальных трубопроводов по расчетным участкам;
- проверяют пропускную способность горизонтальных трубопроводов.

Сети внутренней канализации рассчитывают на максимальный секундный расход сточных вод.

Назначение диаметров отводных линий и канализационных стояков

Отводные трубопроводы от небольшого количества приборов обычно относят к категории безрасчетных и в зависимости от их диаметра принимают следующие уклоны: при Ø50 мм – 0,025, при Ø100 мм – 0,02.

Без расчета назначаются диаметры поэтажных отводных линий, при наличии унитаза – 100 мм, при отсутствии – 50 мм, т.е. диаметр до присоединения унитаза (по проходу воды) 50 мм, после присоединения унитаза – 100 мм.

Диаметр канализационного стояка надлежит принимать в зависимости от величины расчетного расхода сточной жидкости q_s , л/с, наибольшего

диаметра поэтажного отвода трубопровода и угла его присоединения к стояку.

Определение расчетных расходов сточных вод на канализационных стояках ведется в следующей последовательности:

1) определяется вероятность действия приборов по формуле:

$$P = \frac{q_{hr,u}^{tot} \cdot U}{q_0^{tot} \cdot N \cdot 3600}$$

где $q_{hr,u}^{tot}$ – общая норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/с;

U – общее число водопотребителей, обслуживаемых расчетным стояком, чел.;

q_0^{tot} – общий расход воды, л/с, санитарно-техническим прибором (арматурой);

N – общее число санитарно-технических приборов на стояке.

2) вычисляется произведение общего числа санитарно-технических приборов N на стояке и вероятности их действия P ;

3) в зависимости от произведения общего числа приборов N на расчетном стояке и вероятности их действия P подбирается коэффициент α ;

4) вычисляется общий максимальный расход воды по формуле:

$$q^{tot} = 5q_0^{tot} \cdot \alpha$$

5) рассчитывают максимальный секундный расход сточных вод по формуле:

при $q_{tot} \leq 8$ л/с:

$$q_s = q^{tot} + q_0^s$$

где q_0^s – расход сточных вод от прибора с максимальным водоотведением. Для различных санитарных приборов составляет (л/с): умывальник – 0,15; ванна – 0,8; душевая кабина – 0,2; мойка – 0,6; унитаз со смывным бачком – 1,6.

при $q_{tot} > 8$ л/с:

$$q_s = q^{tot}$$

Диаметр канализационного стояка принимается не менее наибольшего диаметра поэтажных отводов, а затем максимальный секундный расход, поступающий со всех отводных трубопроводов, подсоединенных к стояку, сравнивается с максимальной пропускной способностью вентилируемого канализационного стояка принятого диаметра при угле присоединения поэтажных отводов к стояку 90°. При необходимости угол присоединения принимается меньше (60° или 45°), что увеличивает пропускную способность стояка.

Расчет и проверка пропускной способности выпусков

1) определяется вероятность действия приборов по формуле:

$$P = \frac{q_{hr,u}^{tot} \cdot U}{q_0^{tot} \cdot N \cdot 3600}$$

где $q_{hr,u}^{tot}$ – общая норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/с;

U – общее число водопотребителей, обслуживаемых расчетным стояком, чел.;

q_0^{tot} – общий расход воды, л/с, санитарно-техническим прибором (арматурой);

N – общее число санитарно-технических приборов на расчетном выпуске (на всех стояках, присоединяемых к данному выпуску);

U – общее число водопотребителей, обслуживаемых расчетным выпуском, чел.;

2) вычисляется произведение общего числа санитарно-технических приборов N на выпуске и вероятности действия приборов P ;

3) в зависимости от произведения общего числа приборов N на расчетном выпуске и вероятности их действия P подбирается коэффициент α ;

4) вычисляется общий максимальный расход воды по формуле:

$$q^{tot} = 5q_0^{tot} \cdot \alpha$$

5) рассчитывают максимальный секундный расход сточных вод по формуле:

при $q_{tot} \leq 8$ л/с:

$$q_s = q^{tot} + q_0^s$$

где q_0^s – расход сточных вод от прибора с максимальным водоотведением.

При $q_{tot} > 8$ л/с:

$$q_s = q^{tot}$$

Диаметр выпуска должен быть не менее диаметра наибольшего из стояков, присоединяемых к данному выпуску.

Для надежной работы сети большое значение имеет скорость движения сточных вод, которая должна быть такой, чтобы смывать отложения со стенок труб и не допускать выпадения взвесей из сточной жидкости. *Минимальная скорость, удовлетворяющая этому условию, называется самоочищающей.* В пределах здания скорость движения сточных вод в трубах диаметром до 150 мм не должна быть менее 0,7 м/с.

Трубопроводы системы водоотведения работают при частичном наполнении, что позволяет удалять из сети вредные газы через пространство над уровнем воды, предотвращает нарушения гидрозатворов и позволяет принимать кратковременные пиковые расходы, не предусмотренные расчетом.

Максимальное наполнение для труб h/d внутри здания допускается до 0,5, минимальное наполнение, равное 0,3, принимается из условия транспортирования легких крупных взвесей (бумага, ветошь и т.д.). Для предотвращения засоров диаметр и уклон трубопровода должны быть подобраны так, чтобы соблюдалось условие

$$v \sqrt{\left(\frac{h}{d}\right)} \geq k$$

где $k = 0,5$ для трубопроводов из пластмассовых; $k = 0,6$ для трубопроводов из других материалов.

Если это условие соблюсти невозможно, участки сети считаются безрасчетными и уклон трубопроводов диаметром 50, 100, 150 мм принимается, соответственно 0,025; 0,02; 0,008.

2. Дворовая, внутриквартальная канализационная сеть.

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

Дворовая сеть принимает стоки от выпусков внутренней сети одного или нескольких домов.

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

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

Дворовые, внутриквартальные и внутриплощадочные сети устраивают из пластмассовых, асбестоцементных, бетонных, керамических труб

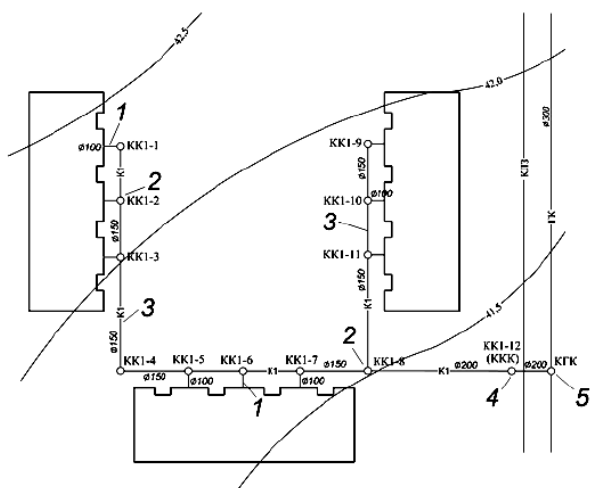


Рис. 2.9. Дворовая водоотводящая сеть:
1 – выпуск; 2 – смотровой колодец; 3 – трубопровод;
4 – контрольный колодец; 5 – колодец городской сети

Боковые присоединения и повороты трассы должны производиться под углом не менее 90° , так как при остром угле создаются встречные потоки, происходят выпадение осадков и засорение труб.

Перед присоединением к наружной сети на расстоянии 1,0-1,5 м от красной линии застройки устанавливают контрольный колодец. Присоединение к наружной сети желательно производить в одной точке к имеющемуся колодцу.

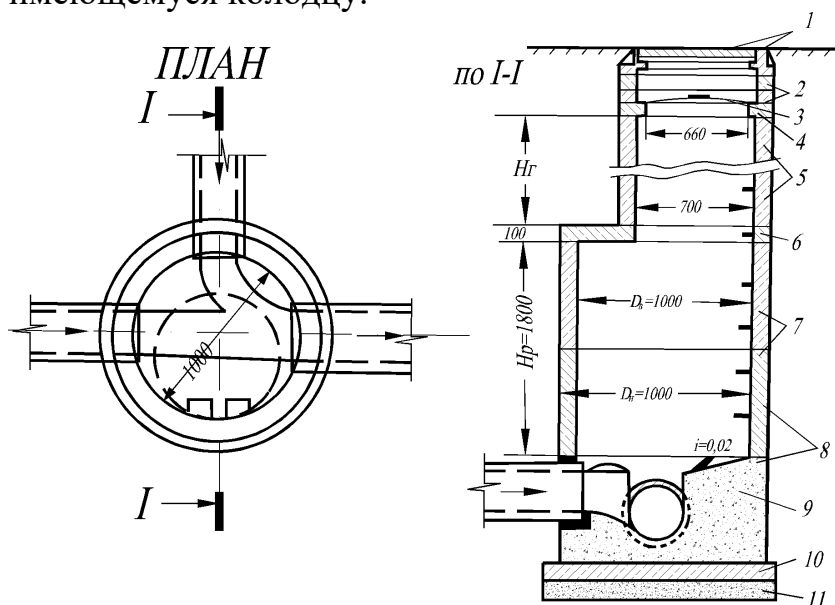
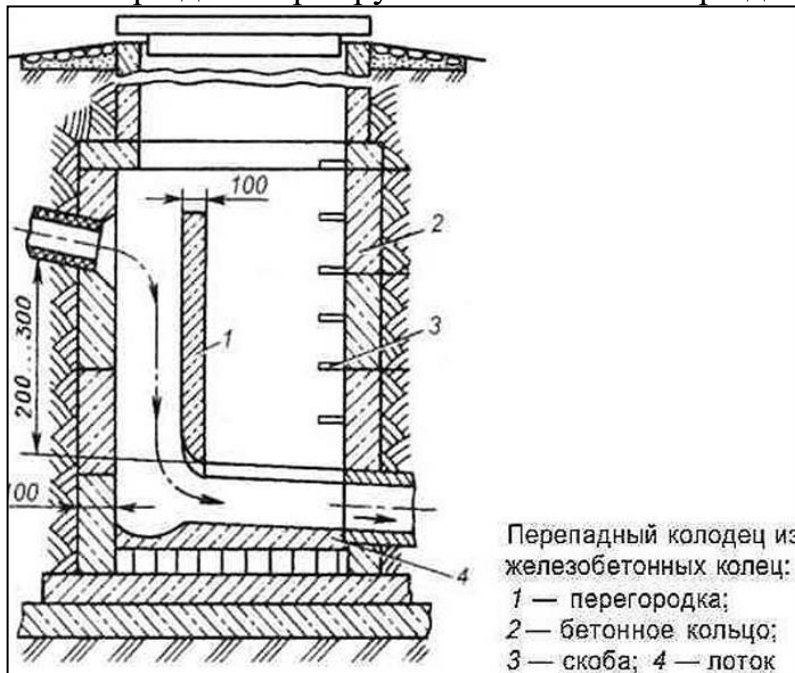


Схема устройства смотрового колодца: 1 – чугунный люк с крышкой; 2 – регулировочные камни (или кирпич); 3 – внутренняя крышка колодца; 4 – опорное кольцо; 5 – железобетонные стеновые кольца горловины колодца; 6 – плита перекрытия; 7 – железобетонные стеновые кольца рабочей камеры; 8 – ходовые скобы; 9 – набивной лоток; 10 – плита дна; 11 – песчаная или щебеночная подготовка

Трубопроводы прокладывают, как правило, параллельно зданиям по направлению к магистральным линиям и наружной сети так, чтобы направление движения стоков совпадало с уклоном местности. Протяженность сети должна быть минимальной.

Расстояние от стены здания принимается не менее 3-5 м, чтобы при проведении земляных работ не повредить основание здания.

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



Сопряжение труб, уложенных на разной глубине (дворовой или внутриквартальной сетей с уличной), осуществляется с помощью *перепадных* колодцев. Как правило перепад устраивается в контрольном колодце.

Определение расчетных расходов сточных вод на участках дворовой сети канализации:

1) определяется вероятность действия приборов по формуле:

$$P = \frac{q_{hr,u}^{tot} \cdot U}{q_0^{tot} \cdot N \cdot 3600}$$

где $q_{hr,u}^{tot}$ – общая норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/с;

U – общее число проживающих в здании, чел.;

q_0^{tot} – общий расход воды, л/с, санитарно-техническим прибором (арматурой);

N – общее число санитарно-технических приборов в здании.

Далее расчет ведется отдельно для каждого участка дворовой сети.

2) вычисляется произведение общего числа санитарно-технических приборов на расчетном участке (на всех выпусках, относящихся к данному участку) N и вероятности их действия P ;

3) в зависимости от произведения общего числа приборов N на расчетном стояке и вероятности их действия P подбирается коэффициент α ;

4) вычисляется общий максимальный расход воды по формуле:

$$q^{tot} = 5q_0^{tot} \cdot \alpha$$

5) рассчитывают максимальный секундный расход сточных вод по формуле:

при $q_{\text{tot}} \leq 8$ л/с:

$$q_s = q^{\text{tot}} + q_o^s$$

где q_o^s – расход сточных вод от прибора с максимальным водоотведением.

При $q_{\text{tot}} > 8$ л/с:

$$q_s = q^{\text{tot}}$$

Гидравлический расчет дворовой канализационной сети заключается в определении диаметров труб, скоростей движения сточной жидкости, уклонов, наполнения, а также глубин заложения труб. Результатом гидравлического расчета канализационной сети является построение ее продольного профиля.

При гидравлическом расчете дворовой канализационной сети необходимо выполнить ряд следующих требований:

- 1) минимальный диаметр труб принимается 150 мм;
- 2) скорость движения сточной жидкости рекомендуется принимать не менее 0,7 м/с;
- 3) уклон труб назначается не менее 0,008 при диаметре 150 мм;
- 4) максимальное наполнение не должно превышать 0,6 для труб диаметром 150-300 мм;
- 5) на канализационной сети не должно быть подпоров, т.е. лоток трубы в конце участка не должен находиться выше, чем лоток трубы в начале участка;
- 6) Расчетные участки в местах их соединения должны выравниваться по уровням воды (при одинаковом диаметре труб) или по шельгам (при разных диаметрах труб), в колодце ГК трубы соединяются по шельгам;
- 7) при необходимости перепада, последний устраивается в контрольном колодце;
- 8) начальная глубина заложения трубопровода должна быть не менее 0,7 м до верха трубы ($0,7 + d$). Допускается принимать заложение труб менее наибольшей глубины промерзания грунта в данном районе на 0,3 м при диаметре труб до 500 мм.

Должно выполняться условие:

$$h_{\text{зал.}} = z_{\text{пов.земли}} - z_{\text{лотка КК1}} > h_{\text{min}} = 0,7 + d, \text{ м.}$$

Отметка лотка трубы в колодце КК1 вычисляется по формуле:

$$z_{\text{лотка КК1}} = z_{\text{пов.земли}} - h_{\text{промерз.}} + 0,3, \text{ м.}$$

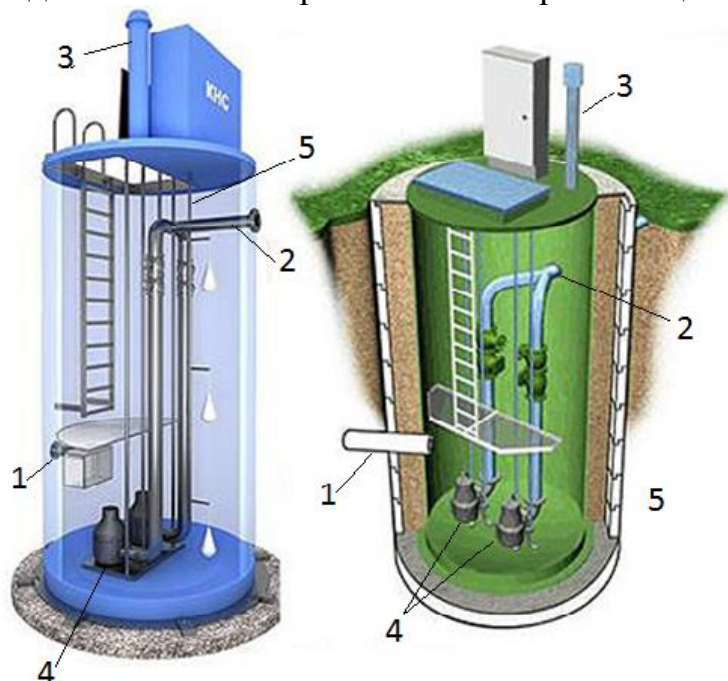
3. Местные установки для перекачки и очистки сточных вод.

Местные установки для перекачки сточных вод предусматриваются, если нельзя канализовать здание самотеком. Для определения такой возможности проводят предварительную трассировку дворовой канализационной сети на

генплане объекта и определяют требуемую (ориентировочную) отметку в колодце наружной сети.

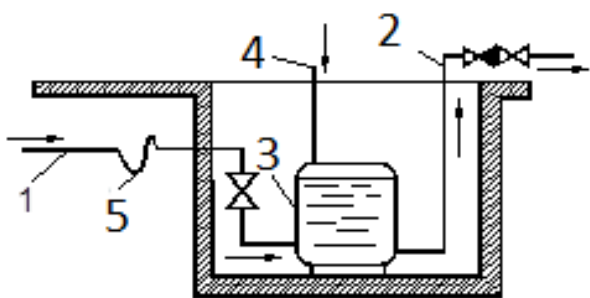
Для перекачки сточных вод целесообразно применять специальные погружные насосы, которые размещают в колодцах.

Насосы работают в автоматической режиме. Для ремонта насосы поднимают на поверхность по направляющим с помощью электротали.



1 – подающая труба; 2 – напорная труба; 3 – вентиляция; 4 – насосы; 5 – направляющие.

Пневматические установки используют для перекачки с помощью сжатого воздуха небольшого количества сточных вод. Установки работают периодически по мере наполнения герметичного резервуара (объемом до 1 м³), размещаемого на дне колодца. При наполнении резервуара в него автоматически подается сжатый воздух, который выдавливает стоки в напорную трубу.



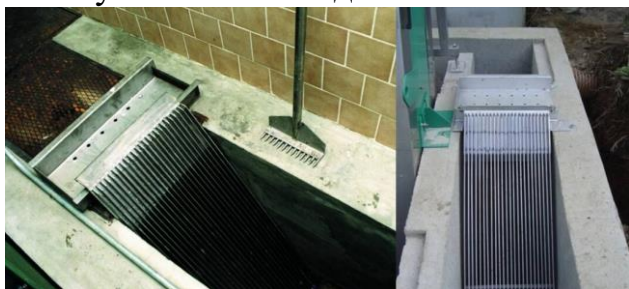
1 – поступление сточных вод; 2 – напорная линия; 3 – пневмобак; 4 – подача воздуха; 5 – гидрозатвор.

Пневматические установки расходуют около 3 м³ воздуха на 1 м³ сточных вод. Размещают их в помещениях, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией. Расчет объема резервуаров проводят аналогичного расчету объема приемных резервуаров насосной установки для перекачки сточных вод.

Пневматическая установка для перекачки сточных вод представляет собой герметически закрытый резервуар объемом, куда сточная жидкость

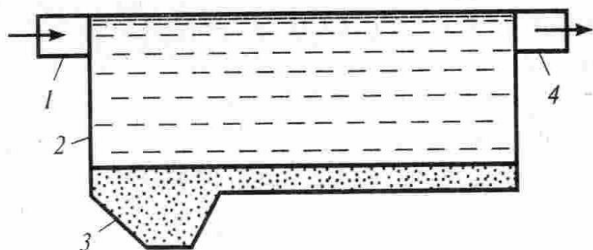
поступает самотеком по подающему трубопроводу. На подающем трубопроводе устанавливаются обратный клапан, задвижка и гидравлический затвор. На напорном трубопроводе, присоединенном к нижней части резервуара, также устанавливаются обратный клапан и задвижка. К верхней части резервуара присоединяют трубопровод, по которому при срабатывании реле уровня подается сжатый воздух от компрессора.

Местные установки для очистки сточных вод применяют в производственных системах. Они в основном предназначены для механической очистки сточных вод отстаиванием, процеживанием и т. д. К ним относятся: решетки, песколовки, отстойники, жиро-, масло-, бензоуловители и т. д.

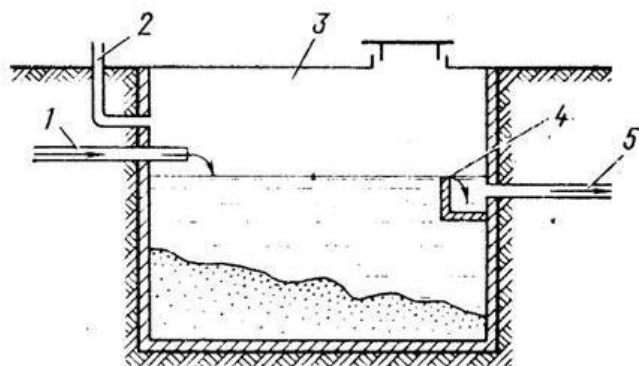


Решетки улавливают крупные примеси и имеют прозоры 15-20 мм. Их располагают в лотках приемных резервуаров перед отстойниками.

Песколовки отделяют песок и другие тяжелые взвеси, они находятся вблизи оборудования (моек, картофелечисток) и выполняются в виде бетонных, кирпичных или стальных резервуаров. Песколовки могут быть горизонтальными и вертикальными.

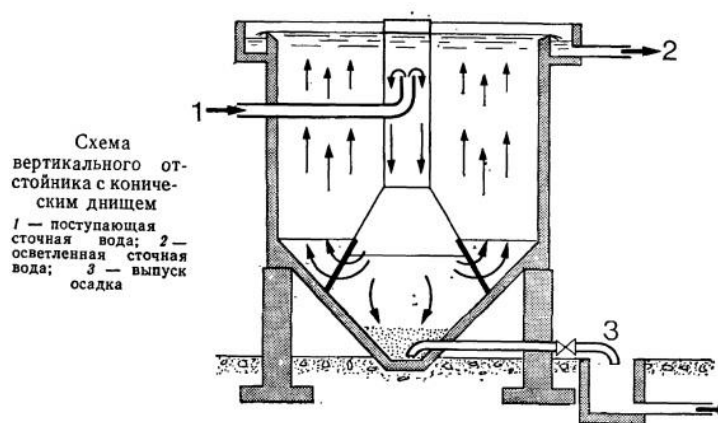


Тяжелые частицы оседают на дно резервуара, которое делается с уклоном, чтобы осадок собирался в одном месте. Осадок периодически удаляется скребками, гидроэлеваторами, песковыми насосами. Время пребывания воды в песколовке до 60 с.



Грязеотстойник

улавливает глину, грязь, песок. Он выполняется в виде резервуара из металла, кирпича, бетона. Скорость движения воды 0,0005-0,01 м/с, продолжительность отстаивания при расходе воды до 3 л/с – 600 с, при большем расходе – 900 с. Грязеотстойники часто ставят перед бензоуловителями.



Отстойник является основным сооружением механической очистки сточных вод. Отстойники используются для сдерживания нерастворенных взвешиваний. По конструкции бывают вертикальные и горизонтальные.

Жироуловители (жироловки) могут быть индивидуальными, устанавливаемыми после моек мясных продуктов, посуды и т. д., и групповыми, устанавливаемыми на группу приборов в отдельном помещении.

Наиболее распространены групповые жиротделители, изготавливаемые в виде бетонного или кирпичного колодца-резервуара с наклоном для сбора осадка. Вода подается по трубе под уровень воды и медленно, со скоростью не более 5 м/с, проходит к отводной трубе. Жир всплывает и периодически удаляется с поверхности. Осадок отводится через грязевую трубу. Для предотвращения выпадения осадка и ускорения отделения жира иногда используется продувка воздухом. Время пребывания сточных вод в жироловках 120-900 с.

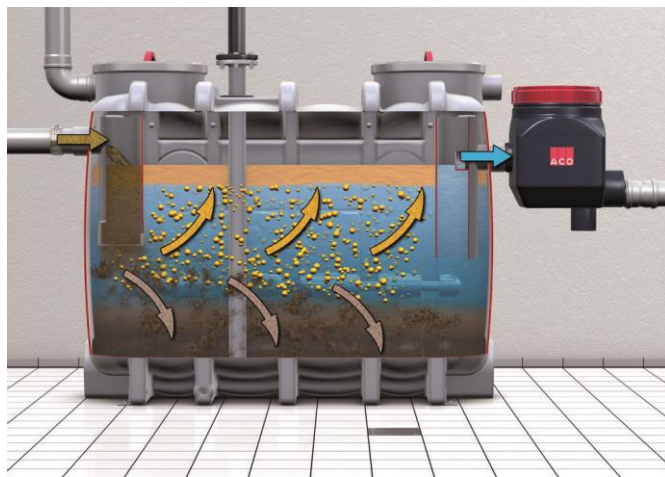
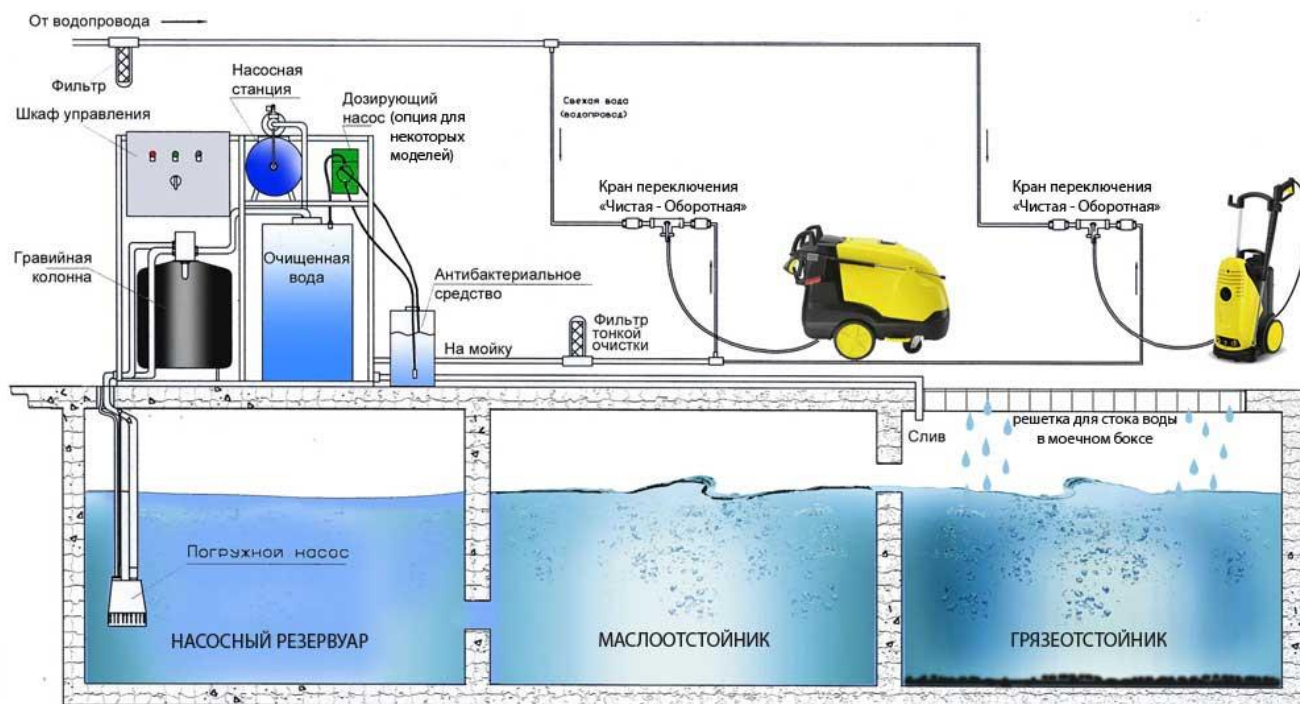


Схема очистки сточных вод после автомойки



[Вернуться в оглавление](#)

Лекция № 8

Внутренние водостоки. Канализация твердых отходов

1. Устройство и расчет внутренних водостоков.

2. Системы мусороудаления жилых и общественных зданий.

1. Устройство и расчет внутренних водостоков.

Системы, предназначенные для организованного сбора и отвода атмосферных осадков в виде ливневых и талых вод с поверхностей зданий, называются водостоками.

Отвод с кровель зданий дождевых и талых вод может осуществляться свободным сбором воды по свесам карниза или организованным отводом воды по *наружным* и *внутренним* водостокам.

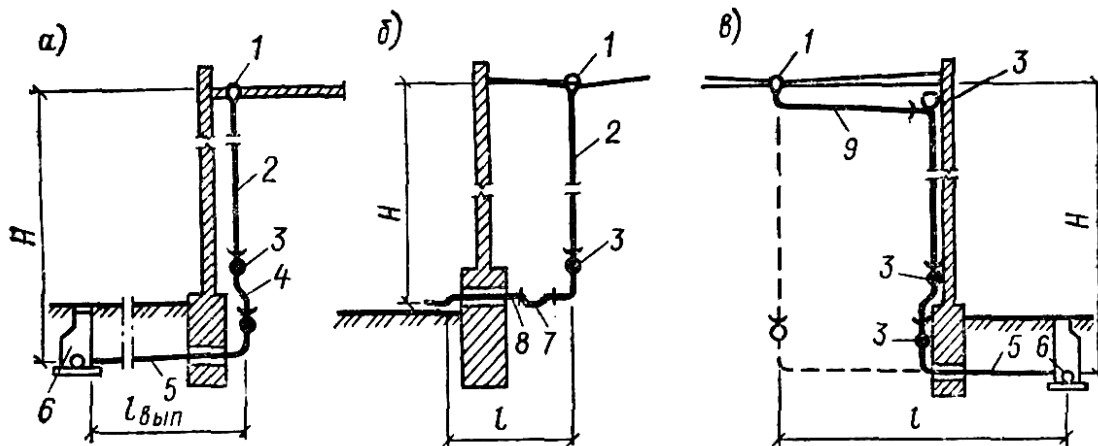
Внутренние водостоки состоят из следующих элементов:

- водосточные воронки;
- отводные трубопроводы, стояки, коллекторы и выпуски;
- устройства для осмотра и прочистки (ревизии, прочистки и смотровые колодцы).

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

Классифицируют внутренние водостоки в зависимости от трассировки и схемы сети: с *перпендикулярной* и *пересеченной* схемой.

Перпендикулярная схема характеризуется отсутствием сборных водосточных трубопроводов. От водоприемных воронок дождевые воды отводят по стоякам, соединенным непосредственно с открытыми или закрытыми выпусками. Это система с «одинокими» стояками.

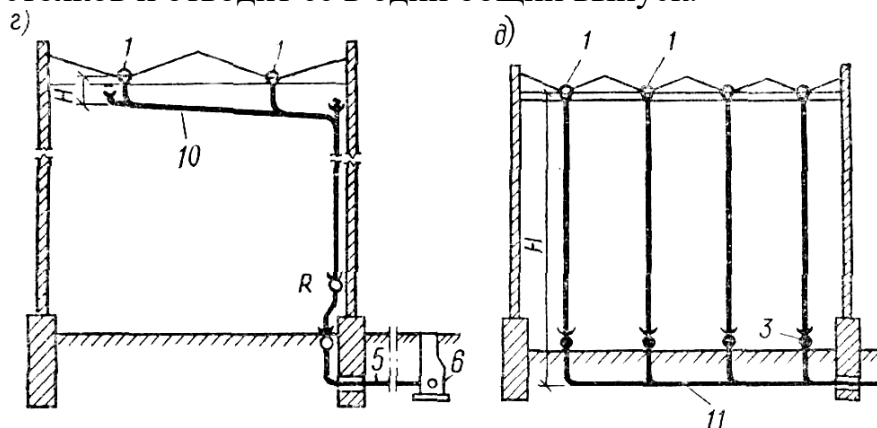


Схемы внутренних водостоков перпендикулярные

1 – водосточная воронка; 2 – стояк; 3 – прочистка и ревизия; 4 – отступ; 5 – выпуск; 6 – приемный колодец; 7 – гидрозатвор; 8 – открытый выпуск; 9 – подвесная линия

По *пересеченной* схеме на чердаке здания устраивают отводные сборные подвесные линии или сборные подпольные коллекторы, размещаемые в подвале или техническом подполье здания. Сборные подвесные трубопроводы объединяют все или часть водоприемных воронок и отводят

воду в один стояк и выпуск. Сборный коллектор собирает воду от группы стояков и отводит ее в один общий выпуск.

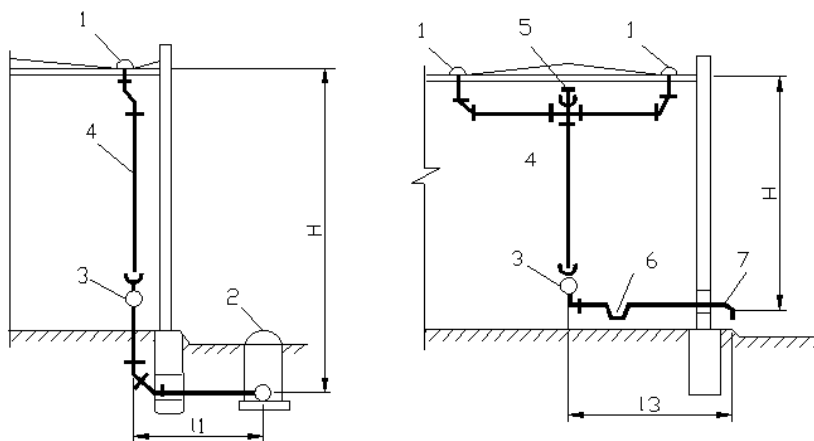


Схемы внутренних водостоков пересеченные (з, д)

1 – водосточная воронка; 5 – выпуск; 6 – приемный колодец; 10 – подвесная линия; 11 – сборный трубопровод.

Вода из внутренних водостоков отводится в наружные сети дождевой или общесплавной канализации – **закрытый** выпуск. Присоединение водостоков к бытовой канализации не допускается.

При отсутствии канализации выпуск предусматривается в лотки около здания – **открытый** выпуск. Водостоки с открытым выпуском при отрицательных температурах наружного воздуха оборудуют гидравлическими затворами, которые препятствуют поступлению охлажденного воздуха и промерзанию водостока.



а)

б)

Схемы внутренних водостоков: а) закрытая; б) открытая.

1 – водосточная воронка; 2 – колодец на выпуске; 3 – ревизия; 4 – водосточный стояк; 5 – прочистка; 6 – гидравлический затвор; 7 – открытый выпуск.

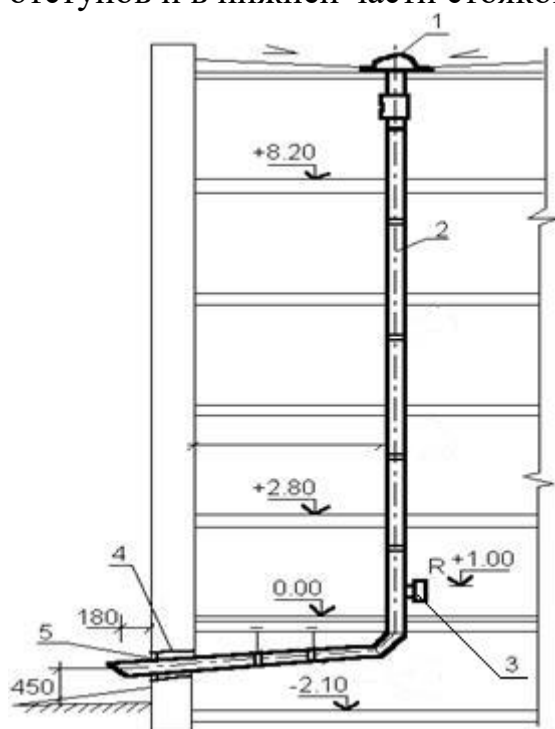
Для устройства водосточной сети применяют *асбестоцементные, чугунные и пластмассовые* трубы. На подвесных сборных линиях при наличии вибрационных нагрузок допускается применение стальных трубопроводов. Отводные подвесные трубопроводы прокладывают с уклоном 0,005, а подпольные – с уклоном менее 0,02.

Пластмассовые трубы в жилых зданиях прокладывают *скрыто* в бороздах, которые снизу и сверху наглухо закрывают несгораемыми

диафрагмами. На чердаке и в подвале рекомендуются трубы из негорючих материалов.

Водосточные стояки в жилых зданиях прокладывают в лестничных помещениях у стен, не смежных с жилыми комнатами, в коридорах, подсобных помещениях общественных зданий. Стояки устанавливают в отапливаемых помещениях у стен, перегородок или колонн открыто или в бороздах стен, в коробах и шахтах с устройством у ревизий открывающихся дверок.

Ревизии для чистки трубопроводов устанавливают на подвесных отводных линиях диаметром 50-200 мм через 10-25 м, на стояках выше отступов и в нижней части стояков.



- 1 – водосточная воронка, 2 – стояк,
3 – ревизия; 4 – тепловая изоляция;
5 – выпуск.

Отводные трубы подвесных сборных линий прокладывают с уклоном не менее 0,008, а сборных труб и коллекторов – с уклонами, обеспечивающими самоочищающую скорость движения воды не менее 0,7 м/с при максимальных наполнениях в трубах 0,8-0,9 диаметра. Подвесные отводные трубопроводы укрепляют на фермах, балках, стенах чердачных помещений и технических этажей с помощью хомутов, подвесок, скоб, крючьев, кронштейнов. В помещениях, где расположены оборудование и готовая продукция, прокладка трубопроводов водостока не рекомендуется.

Водосточные воронки должны обеспечивать быстрый прием, отвод атмосферных вод и задерживать предметы (листья, ветки, мусор), которые могут засорить систему.

Водосточные воронки устанавливают с учетом рельефа кровли и допускаемой на одну воронку площади водосбора. Максимальное расстояние между воронками не должно превышать 48 м. На плоских кровлях жилых домов допускается устанавливать одну водосточную воронку на каждую

секцию. Уклон участков кровли в сторону воронок должен быть не менее 0,005.

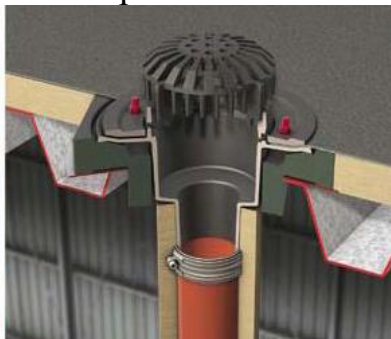
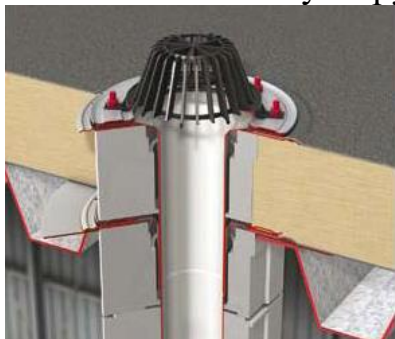
Воронки должны герметично соединяться с кровлей, чтобы, атмосферные воды не просачивались и не разрушали перекрытия. Для этого слой гидроизоляции зажимается болтами между корпусом и рамой и заливается сверху мастикой. Применяются водосточные воронки $d_y = 80, 100, 150$ и 200 мм.

В зависимости от назначения кровли (эксплуатируемая, неэксплуатируемая) и условий эксплуатации и имеется несколько конструкций воронок.

Воронки с решетками – *плоские воронки* – устанавливают на плоских кровлях, используемых для ресторанов, кафе, спортивных площадок и т.д. Иногда их используют и на скатных кровлях.



Воронки с колпаком – *колпаковые воронки* – применяют на скатных, а также плоских неэксплуатируемых кровлях.



Проектирование внутренних водостоков включает в себя следующие этапы:

- детальное изучение поэтажных планов здания (включая подвал, чердак, технические этажи, кровлю, перекрытия, фундаменты);
- решение вопросов размещения приемных водосточных воронок и трубопроводов;
- нанесение всех элементов на планы и разрезы здания;

- построение аксонометрической схемы с изображением сети и всех элементов;
- расчет и подбор оборудования.

Порядок расчета внутренних водостоков:

Расчетный расход дождевых вод Q определяется по методу предельных интенсивностей, в зависимости от величины водосборной площади кровли (F , м^2) и интенсивности дождя (q , л/с с 1 га).

1. Водосборная площадь:

$$F = F_{\text{кровли}} + F_{\text{верт.}}, \text{ м}^2$$

где $F_{\text{верт.}}$ – площадь вертикальных стен, примыкающих к кровле и возвышающихся над ней, м^2 .

2. При расчета плоских кровель с уклоном менее 1,5% задаются интенсивностью дождя q_{20} для данной местности продолжительностью 20 минут при периоде однократного превышения расчетной интенсивности дождя $P = 1$ год и определяют Q , л/с.

2.1. Для кровель с уклоном менее 1,5% (0,015):

$$Q = \frac{F \cdot q_{20}}{10000}$$

где F – водосборная площадь, м^2 ,

q_{20} – интенсивность дождя (для данной местности) продолжительностью 20 минут при периоде однократного превышения расчетной интенсивности дождя $P = 1$ год, л/с с 1 га.

2.2. Для кровель с уклоном более 1,5% (0,015):

$$Q = \frac{F \cdot q_5}{10000}$$

где q_5 – интенсивность дождя (для данной местности) продолжительностью 5 минут при периоде однократного превышения расчетной интенсивности дождя $P = 1$ год, л/с с 1 га, определяется по формуле:

$$q_5 = 4^n q_{20}$$

где n – параметр (для данной местности), принимаемый по нормативной литературе.

3. Пропускная способность, то есть максимальный расчетный расход (в л/с) при напорном режиме определяется по формуле:

$$Q_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{H}{S_0}}$$

где H – разность отметок кровли у воронки и оси выпуска, м;

S_0 – полное сопротивление системы, $\text{м} \cdot \text{с}^2/(\text{л})^2$, то есть сумма сопротивлений по всей длине труб ($A_l \cdot l$) и местных сопротивлений фасонных частей труб, включая сопротивления воронки и выпуска, определяется по формуле:

$$S_0 = A_l \cdot l + A_m \cdot \sum \xi,$$

где A_1 – удельное сопротивление по длине трубопровода, определяется по справочной литературе в зависимости от диаметра трубопровода; l – длина трубопровода, м; A_m – удельное местное сопротивление, принимается в зависимости от диаметра трубопровода по справочной литературе; $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений, определяется по справочной литературе.

4. После вычисления расчетного расхода определяется необходимое количество водосточных воронок с учетом допустимых расходов, расчетный расход должен быть меньше допустимого расхода.

$$Q < Q_{кр}$$

То есть пропускная способность запроектированного водостока должна превышать расчетный расход, что обеспечит отвод дождевых вод без повышения уровня воды на крыше.

2. Системы мусороудаления жилых и общественных зданий.

В процессе жизнедеятельности людей (бытовой, производственной и общественной) образуются различные отбросы и отходы, представляющие собой бытовой мусор и вторичное сырье – утиль.

Твердые бытовые отбросы зданий – бытовой мусор, включающий: отбросы органического характера, способные гнить, – 65-70%; вторичное сырье (утильсырье): бумага, текстиль, металлы и др. – 20-25%; балласт (камни, стекло и др.) – 6-8%; горючие не утилизируемые материалы (дерево; уголь, не утилизируемая бумага, резина и др.) – 8-10%.

Нормативы образования коммунальных отходов регламентируются Постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 27.06.2003 N 18/27 «Об утверждении Правил определения нормативов образования коммунальных отходов».

Объект образования (происхождения) отходов	Фонд времени образо- вания отходов, сут	Дифференцированный норматив образования отходов				Средняя плотность отходов, кг/куб.м
		среднегодовой		среднесуточный		
		кг	куб.м	кг	л	
Жилищный фонд: благоустроенные жилые здания	365	190-285	0,9-1,35	0,52-0,77	2,47-3,7	210

Системы мусороудаления служат для организованного сбора, правильного хранения и своевременного удаления твердых отходов на обезвреживание и переработку.

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

При использовании сплавной системы мусороудаление основано на использовании сети внутренней канализации. Система предусматривает установку непосредственно под мойками или раковинами мусородробилок, в которых пищевые отходы измельчаются, разбавляются водой из расчета 8-10 л на 1-1,5 кг пищевых отходов и сбрасывается в канализационную сеть здания.

Недостатки:

- 1) отбросы, не поддающиеся дроблению, собираются в отдельные сборники;
- 2) удорожание системы канализации;
- 3) создание шума, превышающего санитарные нормы.

Сплавная система не нашла широкого распространения.

Вывозная система предусматривает сбор и транспортировку мусора на сортировочные мусороперерабатывающие предприятия или организованные свалки, расположенные за пределами города. При удалении отбросов с помощью мусоропроводов, отбросы собирают в бункеры мусоропроводов, а затем в специальных контейнерах или мусоровозах вывозят за пределы домовладения. Такие системы применяются в многоэтажных зданиях, гостиницах, общежитиях.

Централизованные системы сбора и удаления мусора применяются в зданиях различного назначения: жилых, общественных и специальных.

В настоящее время известны следующие три типа мусоропроводов: *сухие* (холодные), *огневые* (горячие) и *мокрые*.

Наибольшее распространение получили *сухие* мусоропроводы.

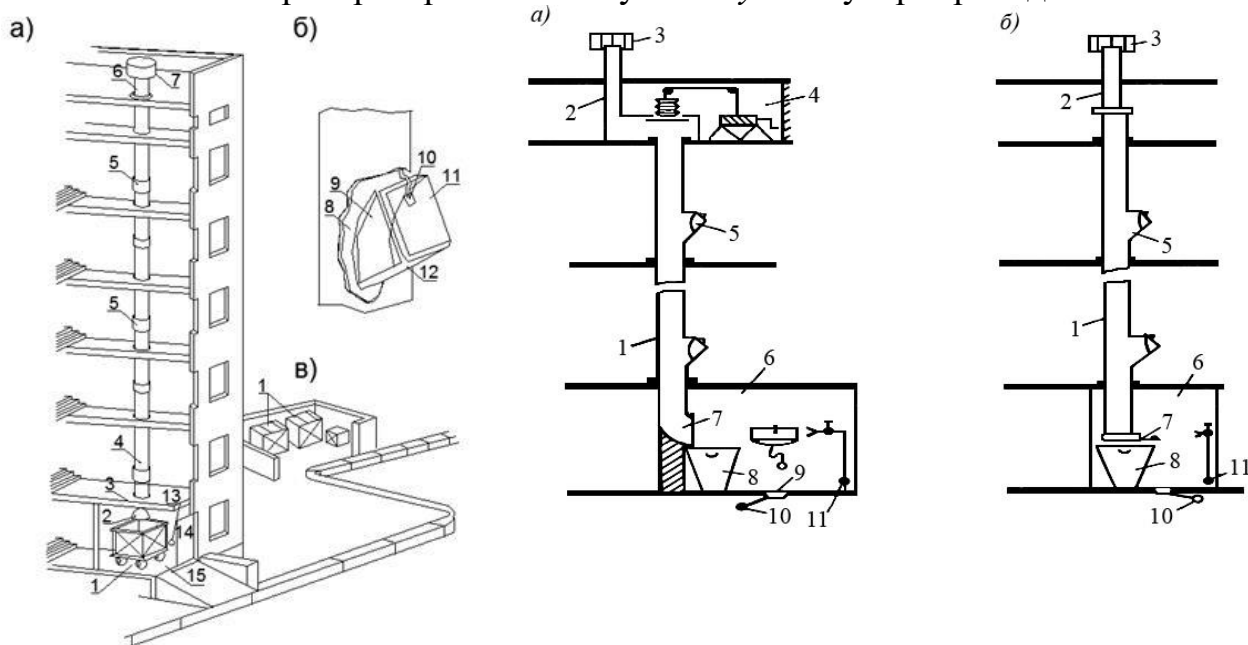


Схема холодных сухих трубопроводов: *а* – с верхней и нижней камерами (полная схема); *б* – то же, упрощенная схема; 1 – ствол (шахта); 2 – вентиляционная труба; 3 – дефлектор; 4 – верхняя камера; 5 – приемный кран; 6 – нижняя камера; 7 – бункер с шибером; 8 – мусоросборник; 9 – трап; 10 – канализация;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

Основными элементами сухих мусоропроводов являются: вертикальный канал (ствол) диаметром 400-500 мм из гладких труб (асбестоцементных, стальных или бетонных), проходящий через все этажи здания; приемные (загруженные) клапаны, установленные на каждом этаже; нижняя мусоросборная камера, в которой собирается сбрасываемый мусор, верхняя камера или оголовок, оборудованные устройствами для вентиляции и чистки мусоропровода.

Ствол мусоропровода не должен примыкать или располагаться в стенах, ограждающих жилые или служебные помещения, уровень шума в которых нормируется. Для снижения уровня шума рекомендуется также предусматривать звуковую изоляцию ствола. Ствол мусоропровода должен быть отделен от строительных конструкций звукоизолирующими прокладками.

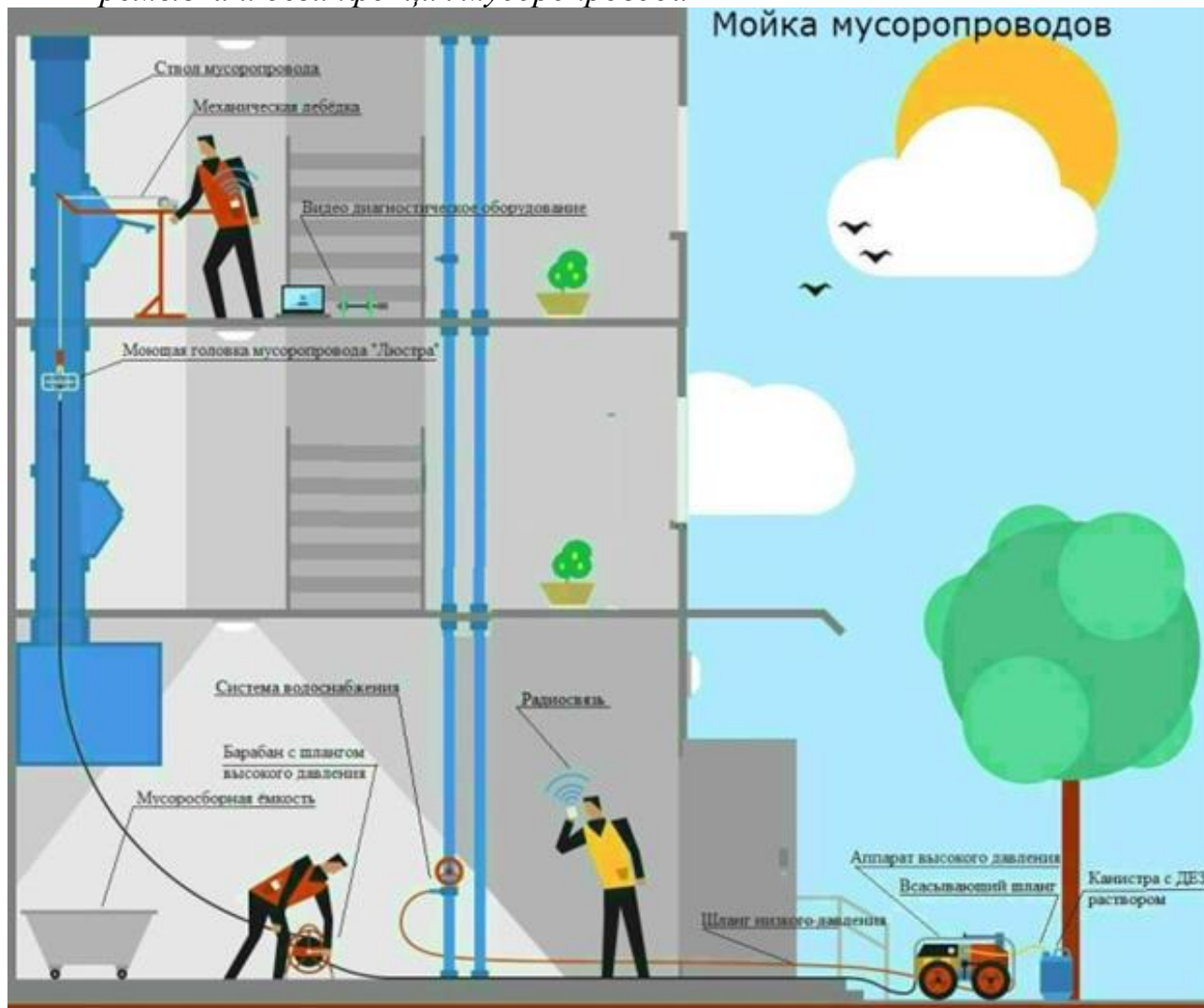
Мусоросборная камера оборудуется:

- подводкой горячей и холодной воды от систем водоснабжения здания и оснащена водоразборным смесителем, соединительным штуцером с вентилями, ниппелем и шлангом длиной 2-3 м для санитарной обработки камеры и оборудования;
- трапом в полу, присоединенным к бытовой канализации здания для стока моюще-дезинфицирующих водных растворов;
- отоплением с подачей теплоты от системы отопления здания;
- электрическим освещением с выключателем и светильником в пыле- и влагозащищенном исполнении.

По правилам эксплуатации мусоропровод не реже двух раз в месяц подвергают профилактическому осмотру все элементы, устройства; проверяют плотность закрытия приемных клапанов, состояние резиновых уплотнительных прокладок, функционирование вытяжной вентиляции, наличие насекомых, работу подъемных механизмов, насосов (если ими оборудованы нижние камеры).



Промывка и дезинфекция мусоропровода



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

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

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

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

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

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

[Вернуться в оглавление](#) 

Лекция № 9

Системы и схемы водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий

1. Системы и схемы водоснабжения населенных мест и промпредприятий

2. Нормы и режимы водопотребления.

3. Устройство и оборудование водопроводной сети.

4. Основные сведения по расчету водопроводной сети.

1. Системы и схемы водоснабжения населенных мест и промпредприятий

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

- *по виду обслуживаемого объекта:*

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

- *по назначению:*

- хозяйственно-питьевые;
- производственные;
- противопожарные.

- *по способу подачи воды:*

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

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

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

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

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

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

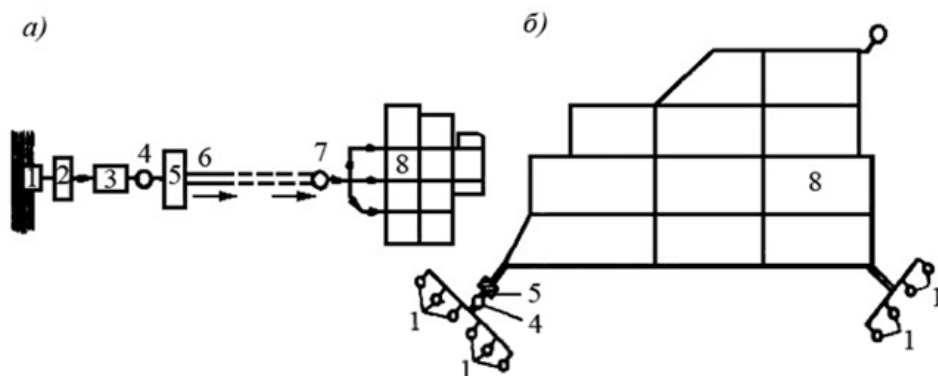


Схема водоснабжения с забором воды из поверхностного источника (а) и с забором воды из подземного источника (б): 1 – сооружения водозаборные; 2 и 5 – сооружения для подъема и перекачки воды; 3 – сооружения очистки воды; 4 – резервуары чистой воды; 6 – водоводы; 7 – водонапорная башня; 8 – водопроводная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

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

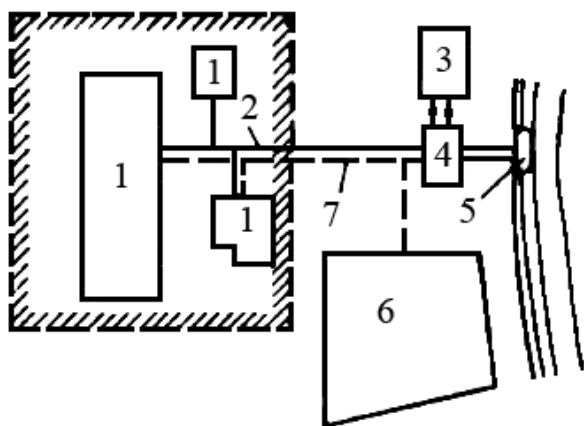
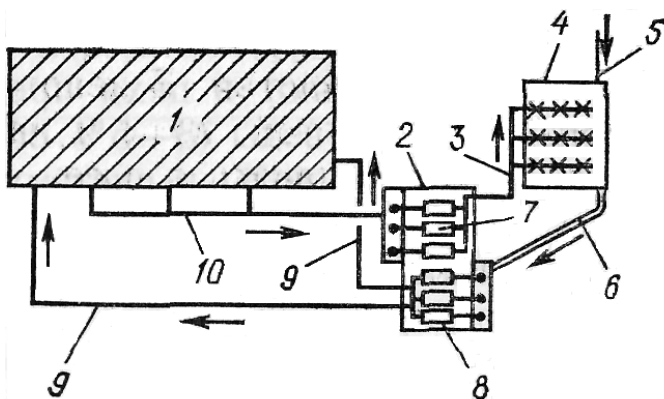


Схема прямоточного водоснабжения предприятия

1 – цеха; 2 – сеть производственного водоснабжения; 3 – очистные сооружения; 4 – насосная станция; 5 – водозабор; 6 – жилой район; 7 – хозяйственно-питьевая сеть.

Схема оборотного водоснабжения предприятия

1 – цех; 2 – насосная станция нагретой воды; 3 – напорный трубопровод подачи воды на охлаждение; 4 – сооружения охлаждения воды; 5 – трубопровод подпитки; 6 – самотечный трубопровод охлажденной воды; 7 – насосная станция нагретой воды; 8 – насосная станция охлажденной воды; 9 – напорный трубопровод охлажденной воды; 10 – самотечный трубопровод нагретой воды.



2. Нормы и режим водопотребления

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

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления в населенных пунктах назначают по СН 4.01.01-2019 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» в зависимости от степени благоустройства районов жилой застройки и климатических условий.

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

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

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

Нормы расхода воды на полив территорий при заборе из централизованной системы водоснабжения принимается согласно СН 4.01.01-2019.

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

Нормы потребления воды для тушения пожаров. Эти нормы также устанавливаются по СН 2.02.02-2019 «Противопожарное водоснабжение». Расчетный расход воды на тушение пожаров в населенных пунктах определяют по табл. 1, 2, а на промышленных предприятиях – по табл. 3, 4. Расчетное число одновременных пожаров для объединенного противопожарного водопровода населенного пункта и расположенного вне населенного пункта промышленного предприятия или сельскохозяйственного производственного комплекса принимают в зависимости от площади территории предприятия и числа жителей в населенном пункте. Расчетная продолжительность тушения пожара принимается 3 часа. Расчетный расход на пожаротушение должен быть обеспечен при наибольшем расходе на другие нужды. Максимальный срок восстановления неприкосновенного противопожарного расхода, хранящегося в резервуарах, составляет 1-2 сут.

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

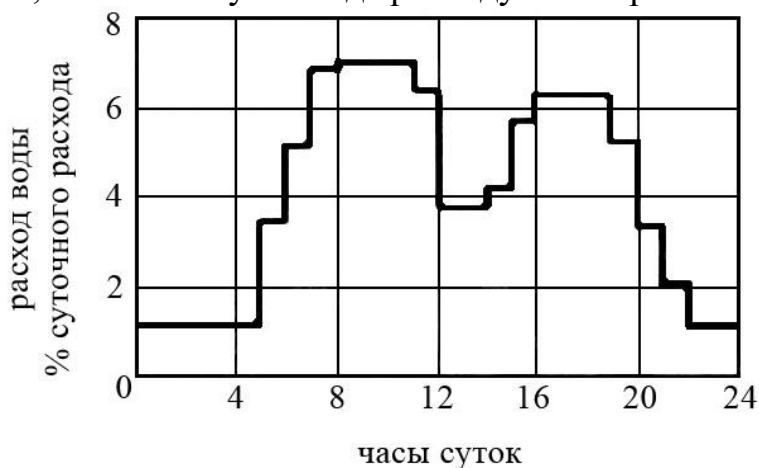
$$K_{\text{сут}} = Q_{\max}^{\text{сут}} / Q_{\text{ср}}^{\text{сут}}$$

Величина $K_{\text{сут}}$ зависит от степени благоустройства зданий. С увеличением степени благоустройства коэффициент суточной неравномерности уменьшается. На промышленных предприятиях коэффициент суточной неравномерности хозяйственно-питьевого водопотребления принимают равным 1, т.е. считают, что водопотребление равномерно в течение года. Коэффициент суточной неравномерности потребления производственной воды устанавливают технологии соответствующих производств.

В течение суток потребление воды также неравномерно: ночью оно меньше, чем днем. *Колебания потребления воды по часам суток зависит от расчетного числа жителей.* Чем меньше населенный пункт, тем эта неравномерность больше. Отношение часового расхода в часы наибольшего (максимального) водопотребления $Q_{\max}^{\text{час}}$ к среднему часовому расходу называют *коэффициентом часовой неравномерности водопотребления*.

$$K_{\text{ч}} = Q_{\max}^{\text{час}} / Q_{\text{ср}}^{\text{час}}$$

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



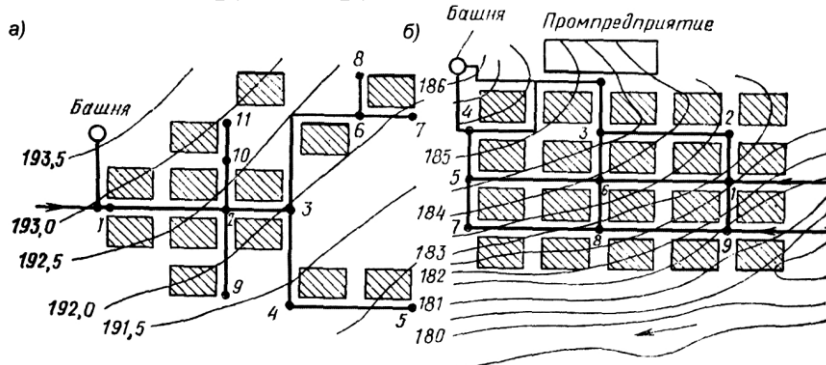
3. Устройство и оборудование водопроводной сети

При трассировании линий водопроводной сети необходимо учитывать планировку объекта водоснабжения, размещение отдельных потребителей воды, рельеф местности и т.д.

Водоводы служат для транспортирования воды от источников к объектам водоснабжения. Их выполняют из двух или более ниток трубопроводов, укладываемых параллельно друг другу.

Водопроводная сеть служит для подачи воды непосредственно к местам ее потребления (жилым зданиям, цехам промышленных предприятий).

По конфигурации водопроводные сети бывают тупиковые (разветвленные) (а) и кольцевые (б). Тупиковые сети выполняют для небольших объектов водоснабжения, допускающих перерывы в снабжении водой. Эти сети целесообразны при непосредственном потреблении воды в отдаленных друг от друга точках сети.



Кольцевые водопроводные сети выполняют при необходимости бесперебойного водоснабжения, что гарантируется в данном случае возможностью двухстороннего питания водой любого потребителя.

Для городских и производственных водопроводов, как правило, устраивают кольцевые сети.

Выбор материала и прочностных характеристик труб для водоводов и водопроводных сетей следует принимать на основании статического расчета, оценки агрессивности грунтов, грунтовых вод и транспортируемой воды, условий работы трубопроводов, требований к качеству воды и технико-экономических показателей, с учетом требований ТНПА к качеству труб для водоснабжения.

Для устройства наружного водопровода применяют трубы *чугунные, стальные, железобетонные, пластмассовые*.

Для напорных водоводов и сетей преимущественно следует применять неметаллические трубы.

Чугунные напорные трубы допускается применять для сетей в пределах населенных пунктов и территорий объектов производства.

Стальные трубы допускается применять:

- на участках с расчетным внутренним давлением более 1,5 МПа;
- для переходов под автомобильными и железными дорогами, через водные преграды и овраги;
- в местах пересечения хозяйственно-питьевого водопровода с сетями канализации;
- при прокладке трубопроводов по автодорожным и городским мостам, по опорам;
- эстакад и в тоннелях.

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

Достоинства: Прочность, коррозионная стойкость, долговечность, высокая коррозионная стойкость и прочность, сохранение свойств на протяжении длительного периода, износостойкость, низкий коэффициент температурного расширения.



Недостатки: Хрупкость, металлоемкость, большой вес получаемых конструкций, что приводит к существенному увеличению и к возникновению проблем во время транспортировки и выполнения монтажных работ. Внутренняя поверхность имеет высокий показатель шероховатости. Возникают сложности на момент обработки. Малая пластичности чугуна: при прокладке чугунных труб всегда учитывается уровень промерзания грунта и проводится качественная теплоизоляция.

В необходимых случаях для устройства наружных водопроводов применяют *стальные* трубы следующих сортаментов: электросварные прямошовные (ГОСТ 10704-91, ГОСТ 10706-76 и ГОСТ 10705-80) и со спиральным швом (ГОСТ 8696-74); водогазопроводные по ГОСТ 3262-75 и др.

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



Достоинства: прочность, устойчивость к разрывному давлению, позволяющее делать толщину стенки в 1,5-3 раза меньше, чем полимерной; низкий коэффициент теплового расширения; практически 100%-я газовая и кислородная герметичность.

Недостатки: коррозия, небольшой срок эксплуатации – максимум 10-15 лет. Продукты коррозии ухудшают качество воды и засоряют внутреннюю полость труб, большой вес, трудоемкий монтаж, требующий высокой квалификации монтажников; высокая теплопроводность; монтаж сетей осуществляется с помощью сварки (сварной стык – самый уязвимый для коррозии участок); электропроводность, неустойчивость к агрессивной химической среде, высокий процент разрушений при замерзании жидкости; ограниченная длина поставляемых отрезков (на 1 км трубопровода диаметром 110 мм приходится от 84 стыков), ограниченная гибкость, требуется большое количество фасонных и соединительных деталей.

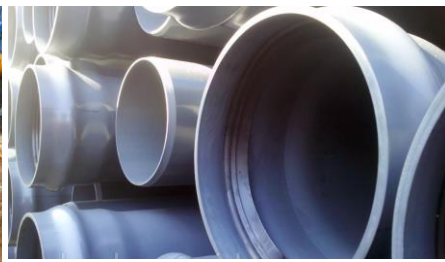
Для устройства водопроводов применяют *железобетонные* трубы диаметрами 500-1600 мм, которые имеют раструбное стыковое соединение. Герметичность стыкового соединения обеспечивается применением резинового уплотнительного кольца круглого сечения.

Достоинства: высокая прочность, долговечность, коррозионная стойкость, способность сохранять в условиях эксплуатации постоянную пропускную способность, диэлектрические свойства; устойчивость к высоким и низким температурам; простота стыковки отдельных элементов трубопровода; низкий коэффициент шероховатости; минимальная металлоёмкость.



Недостатки: большая масса, которая требует применения специальной техники при монтаже, большое количество стыковых соединений на 1 км трубопровода по сравнению со стальными трубами; слабая устойчивость к агрессивным средам.

Для наружных сетей водоснабжения применяют *пластмассовые* напорные трубы из *полиэтилена* низкой и высокой плотности, *полипропилена* диаметром до 230 мм на рабочее давление до 1,0 МПа. Соединяют трубы путем сварки и склеивания.



Достоинства полимерных труб

- высокая коррозионная и химическая стойкость, долговечность (гарантированный срок эксплуатации – от 25 лет), незначительная вероятность образования отложений на внутренней поверхности трубы;
- низкий коэффициент шероховатости;
- небольшой вес, что облегчает монтажные работы и удешевляет доставку;
- низкая теплопроводность материала;
- отсутствие необходимости в обслуживании;
- стыковая сварка полиэтиленовых труб дешевле, проще, занимает меньше времени, не требует дополнительных расходных материалов; возможность многократного монтажа и демонтажа при низких затратах; высокая надежность сварных швов соединений в течение всего срока эксплуатации трубопроводов;
- ремонтпригодность, позволяющая быстро ликвидировать механические повреждения;
- низкая вероятность физического разрушения трубопровода при замерзании жидкости, так как при этом труба увеличивается в диаметре, а затем, при оттаивании жидкости, приобретает прежний размер;
- практически отсутствует опасность физического разрушения трубопровода от гидроударов вследствие сравнительно низкого модуля упругости;
- возможность поставки длинномерными отрезками (бухтами), что сокращает сроки и стоимость монтажа и прокладки трубопровода (на 1 км трубопровода диаметром 110 мм приходится всего два стыка);
- гибкость труб позволяет проходить повороты трассы трубопровода без использования фасонных деталей;
- возможность объединения в одной оболочке до четырех труб, что позволяет максимально оптимизировать схему прокладки нескольких сетей (горячего и холодного водоснабжения и теплоснабжения) в зависимости от назначения и характера трассы;
- существенная экономия воды при промывке вводимых в строй трубопроводов. Их достаточно промыть один раз, тогда как стальные – как минимум три раза.

Недостатки полимерных труб:

«Полимеры» имеют жесткие ограничения по рабочему давлению, напрямую зависящему от средней температуры в течение всего срока эксплуатации, а также максимальному диаметру трубы.

На наружных водопроводных сетях для обеспечения их правильной и надежной эксплуатации применяются следующие типы арматуры:

Тип арматуры	Арматура водопроводной сети
Запорно-регулирующая	Вентили (для d до 50 мм). Задвижки (для d от 50 мм и выше): – параллельные, клиновые,

	– с выдвижным и невыдвижным шпинделем, с ручным приводом, – с электро- и гидроприводом
Предохранительная	Предохранительные и обратные клапаны; редуccionные клапаны; воздушные вантузы (для выпуска-выпуска воздуха)
Водоразборная	Водоразборные колонки; спускные краны (выпуски); пожарные гидранты (подземные и надземные)
Компенсаторы	Компенсаторы используются в системах трубопроводов для обеспечения компенсации теплового расширения (изменения длины) прямолинейных участков трубопровода и неточностей их монтажа



Воздушный вантуз



Задвижка



Водоразборная колонка



Сильфонный компенсатор



Пожарный гидрант



Обратный клапан

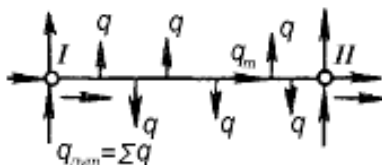
4. Основные сведения по расчету водопроводной сети

Гидравлический расчет водопроводных сетей выполняют с целью определения потерь напора в них и диаметров труб участков сети.

Потери напора необходимо знать для определения высоты водонапорной башни и напора насосов. Водопроводная сеть должна быть рассчитана на случаи наибольшего водопотребления и момента пожара, совпадающего по времени с часом максимального водопотребления.

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

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



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

$$q_{уд} = (q_{\max} - q_{\text{соср}}) / L$$

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

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

$$q_{\text{пут}} = q_{уд} \cdot l$$

где l – длина рассматриваемого участка сети, м.

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

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{тр}} + 0,5q_{\text{пут}}$$

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

$$q_{\text{узл}} = 0,5 \sum q_{\text{пут}}$$

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

Диаметры труб линий сети определяют как

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}},$$

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

Диаметр трубы зависит как от расхода, так и от скорости. Ориентировочно диаметр труб иногда выбирают по экономичным скоростям, составляющим 0,7-1,2 м/с. Меньшие значения скоростей принимаются для труб малого диаметра, а большие – для труб большего диаметра.

В практике расчетов существуют таблицы, позволяющие определять потери напора

$$h = i \cdot l$$

где i – удельные потери напора (принимаются по таблицам расчета).
Потери напора могут быть также определены по формуле

$$h = sq^2,$$

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

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

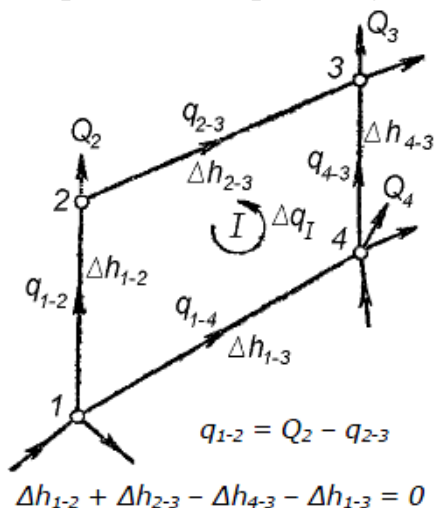
Общая потеря напора по рассматриваемому направлению может быть определена как сумма потерь напора в последовательно соединенных участках трубопроводов:

$$h_l = i_1 l_1 + i_2 l_2 + \dots + i_n l_n.$$

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

Первый закон Кирхгофа: Сумма расходов воды, поступающих в рассматриваемый узел, равна сумме узлового отбора в данном узле и расходов, вытекающих из него. Если расходы, поступающие в узел, принять со знаком «+», а узловой и вытекающие расходы – со знаком «-», то алгебраическая сумма расходов будет равна нулю, т. е. $\sum q = 0$.

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



Для определения расходов воды в сети, удовлетворяющих этим законам, необходимо знать диаметры линий. Для нахождения диаметров, в первую очередь, нужно задаться предварительным распределением расходов с соблюдением их баланса в узлах, т. е. $\sum q = 0$. По этим расходам выбирают диаметры линий, после чего появляется возможность определения потерь напора в линиях.

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

Лекция № 10

Источники водоснабжения

1. Природные подземные и поверхностные источники водоснабжения.

2. Сооружения для забора подземных вод.

3. Сооружения для забора поверхностных вод.

4. Зоны санитарной охраны.

1. Природные подземные и поверхностные источники водоснабжения.

Выбор источника является одной из наиболее ответственных задач при проектировании системы водоснабжения, так как он определяет в значительной степени характер самой системы, наличие в ее составе тех или иных сооружений, а, следовательно, стоимость и строительства и эксплуатации.

Источник водоснабжения должен удовлетворять следующим основным требованиям:

а) обеспечивать получение необходимых количеств воды с учетом роста водопотребления на перспективу развития объекта;

б) подавать воду такого качества, которое в наибольшей степени отвечает требованиям потребителей или позволяет достичь его за счет простой и экологичной обработки исходной воды;

в) обеспечивать возможность подачи воды потребителям с наименьшей затратой средств;

г) обладать такой мощностью, чтобы расчетный отбор воды из него не нарушал сложившуюся экологическую систему.

Для водоснабжения используются *поверхностные* и *подземные* воды. Поверхностные источники – это реки, озера, реке моря; подземные источники – грунтовые и артезианские воды, и родники.

Природные воды представляют собой собственно воду, в которой находятся растворенные неорганические и органические примеси, нерастворимые примеси – взвешенные вещества и коллоиды, а также микроскопические водоросли и микроорганизмы, бактерии и их споры, вирусы.

Качество всех *поверхностных* вод сильно зависит от атмосферных осадков и таяния снегов. Вода в большинстве рек обладает значительной мутностью, высоким содержанием органических веществ и бактерий, а часто и значительной цветностью.

Подземные воды, как правило, не содержат взвешенных веществ (т.е. весьма прозрачны), обладают низкой бактериальной загрязненностью, но наряду с этими положительными качествами во многих случаях сильно минерализованы.

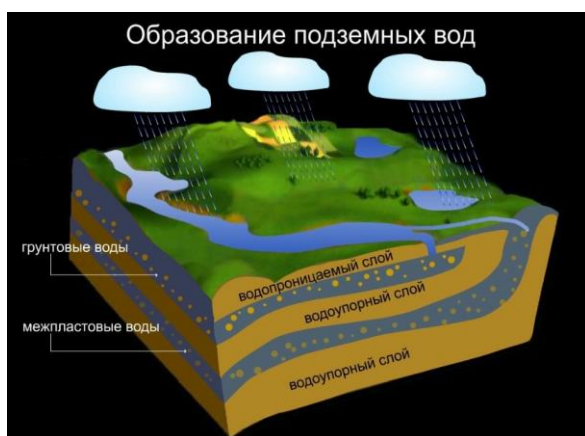


При выборе источника водоснабжения следует учитывать качество воды и его мощность.

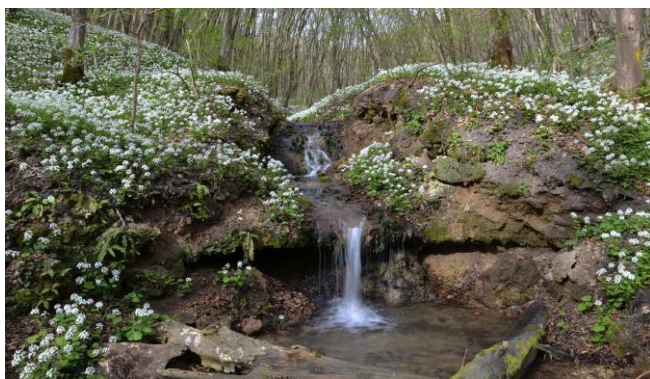
Для хозяйственно-питьевого водоснабжения рекомендуется использовать *подземные источники воды*, отказ от которых требует всестороннего обоснования. При наличии нескольких источников воды прибегают к технико-экономическому сравнению возможных вариантов.

Основные показатели качества природных вод:

- физические (температура, электропроводность);
- органолептические (запах, привкус, мутность, цветность, прозрачность); химические (общая минерализация, водородный показатель, жесткость, окисляемость, содержание различных органических и неорганических примесей);
- бактериологические и паразитологические (общее микробное число, содержание в воде бактерий и их спор, вирусов);
- гидробиологические (фитопланктон и зоопланктон);
- радиационные (общая α - и β -радиоактивность).



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



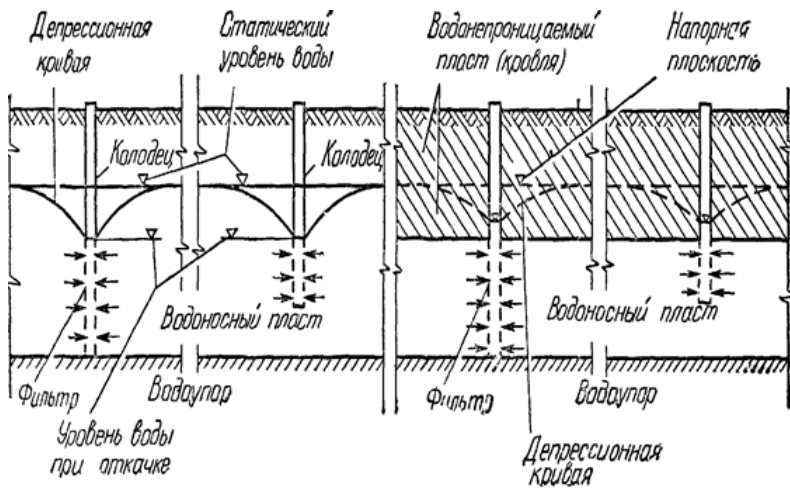
В колодцах или скважинах, вскрывающих напорные водоносные горизонты, вода поднимается до некоторой пьезометрической линии. Если пьезометрическая линия проходит выше поверхности земли, то наблюдается излив воды.

Безнапорные воды заполняют водоносные горизонты не полностью и имеют свободную поверхность. Безнапорные подземные воды первого от поверхности земли водоносного горизонта называются грунтовыми. Грунтовые воды характеризуются повышенной загрязненностью, поэтому при их использовании в большинстве случаев необходима очистка.

Напорные (артезианские) воды заполняют водоносные горизонты полностью. При откачке воды из колодца уровень ее снижается, при этом тем больше, чем интенсивнее откачка.

Напорные воды, как правило, характеризуются высоким качеством и в большинстве случаев могут использоваться для хозяйственно-питьевых целей без очистки.

Безнапорные и напорные воды могут выходить на поверхность земли в виде родников. Выход безнапорных вод называют нисходящим ключом.



Уровень воды, устанавливающийся в колодце при отсутствии забора воды, называется *статическим*. При безнапорных водах статический уровень совпадает с уровнем подземных вод, при напорных водах — с пьезометрической линией.

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

Такой 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 и скважин при откачке воды, образуют кривые депрессии.

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

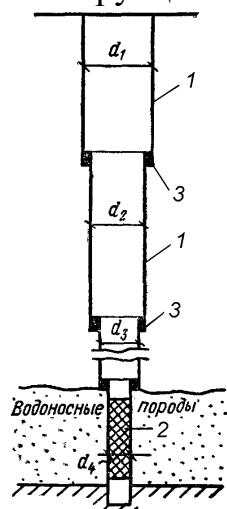
2. Сооружения для забора подземных вод.

Выбор типа сооружений и схемы их размещения зависит от глубины залегания водоносного пласта, его мощности и водообильности, условий залегания, геологических и гидрогеологических условий.

Сооружения, применяемые для захвата подземных вод, подразделяются на следующие группы: скважины (трубчатые буровые колодцы), шахтные колодцы, горизонтальные водозаборы, лучевые водозаборы, каптаж источников.

Скважины устраиваемые путем бурения, предназначены для приема как напорных, так и безнапорных подземных вод, залегающих на глубине более 30 м. Это наиболее распространенный тип водозаборных сооружений подземных вод. В рыхлых грунтах стенки скважин крепят обсадными трубами. Для предохранения скважины от попадания в нее частиц грунта из

водоносного пласта ее, как правило, оборудуют фильтром. Тип фильтра и его конструкцию выбирают в зависимости от водоносной породы.



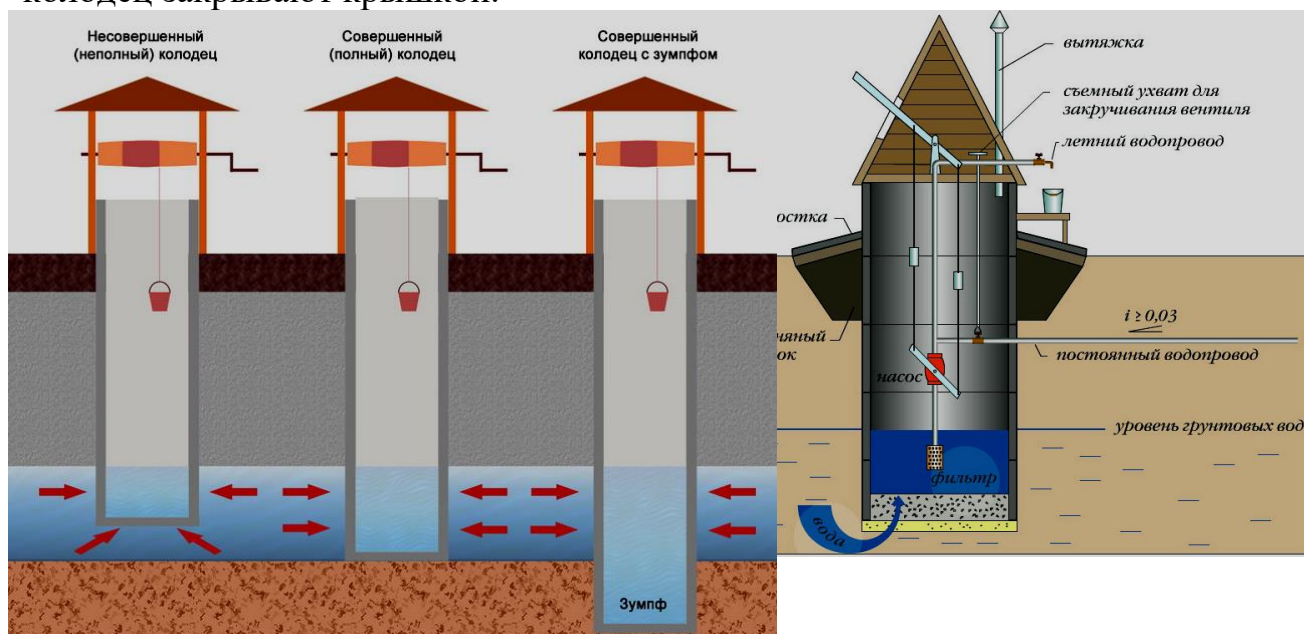
Устройство скважины:

1 – обсадная труба; 2 – фильтр; 3 – сальник.

Скважины располагают перпендикулярно направлению потока подземных вод. При самоизливающихся скважинах вода отводится самотеком в сборный резервуар, а затем перекачивается либо на очистные сооружения, либо потребителям. При глубоком залегании динамического уровня скважины оборудуют артезианскими насосами или эрлифтами. В зависимости от грунтовых условий над водозаборной скважиной устраивают павильон или камеру из кирпича, бетона или железобетона.

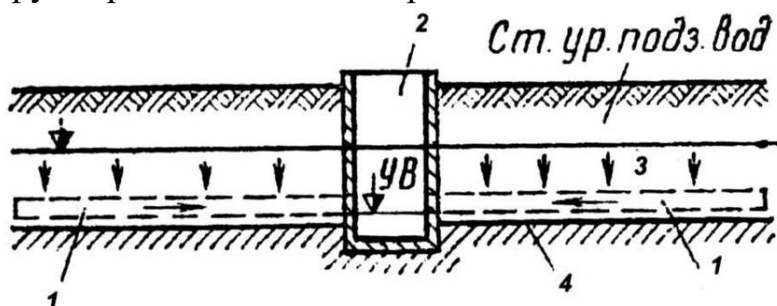
Шахтные колодцы применяют для забора воды из маломощных водоносных пластов, залегающих на глубине до 30 м от поверхности земли. Их выполняют из кирпича, бетона, железобетона, дерева и камня. Вода поступает в колодец через боковые отверстия, устраиваемые в стенках, и дно, засыпанное крупнозернистым материалом. Забор воды из шахтного колодца осуществляется с помощью сифонов или насосов. Для защиты колодца от попадания загрязнений и поверхностных стоков вокруг него устраивают отсыпку с мощением камнем.

Стенки колодца поднимают на 0,8-1 м над поверхностью земли. Сверху колодец закрывают крышкой.



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. Для этих

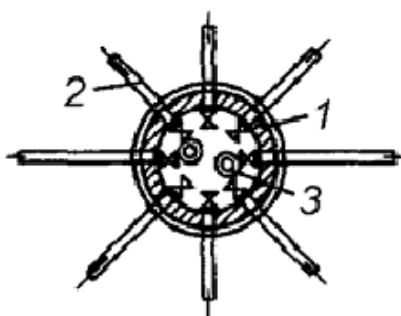
водозаборных сооружений используют перфорированные бетонные трубы круглого или овоидального сечения. Вокруг труб устраивают гравийно-песчаную обсыпку, которая предотвращает попадание в воду частиц грунта. При значительной длине водозабора через каждые 50-150 м устраивают смотровые колодцы, предназначенные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



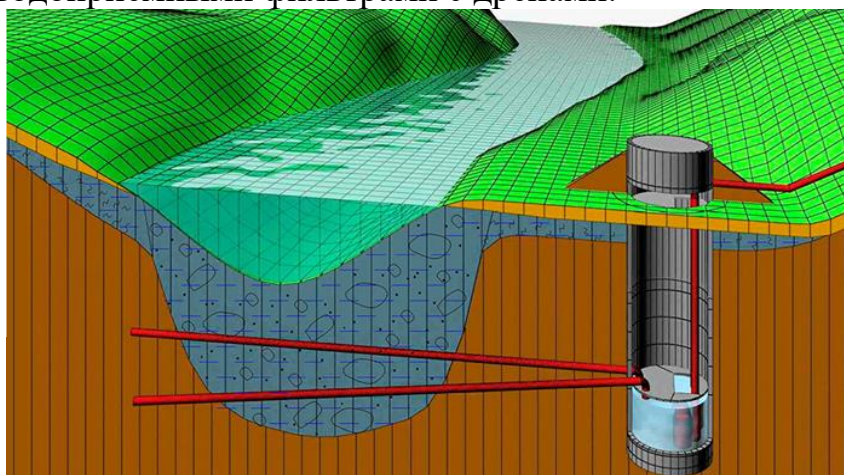
Горизонтальный водозабор:

1 – горизонтальные водосборы; 2 – сборный колодец; 3 – водоносный пласт; 4 – водоупор

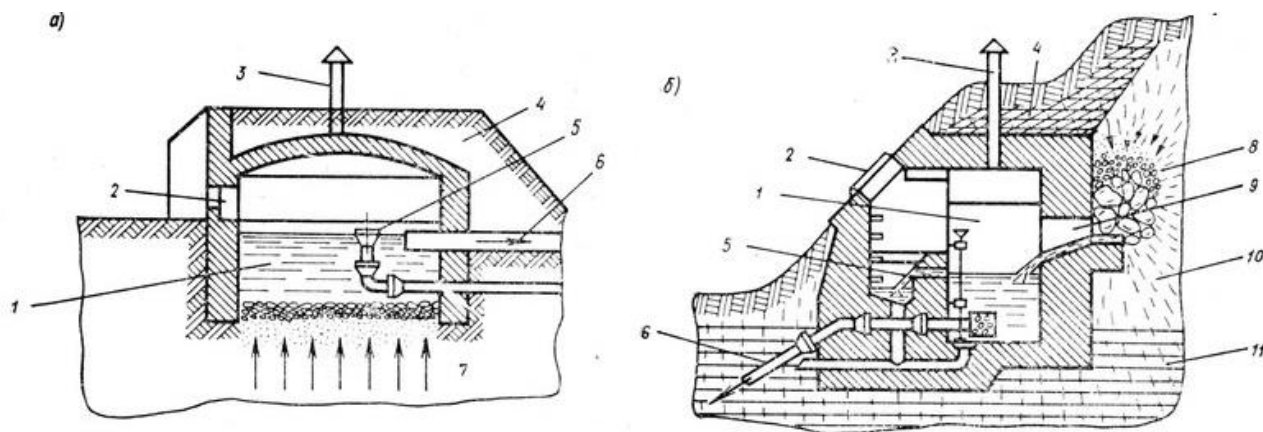
Лучевой водозабор применяют для забора подрусловых и подземных вод, не имеющих питание из открытых водоемов. Водозаборы этого типа предусматривают при залегании водоносных пластов на глубине не более 15-20 м. Лучевой водозабор представляет собой разновидность шахтного колодца, оборудованного водоприемными фильтрами с дренами.



Лучевой водозабор: 1 – водосборный колодец (шахта); 2 – перфорированные стальные трубы; 3 – напорная труба.



Дрены располагают в водоносном слое радиально по отношению к колодцу. Их выполняют из перфорированных стальных труб, прокладываемых способом продавливания из сборного колодца. Лучевые водозаборы позволяют максимально использовать водоносные слои.



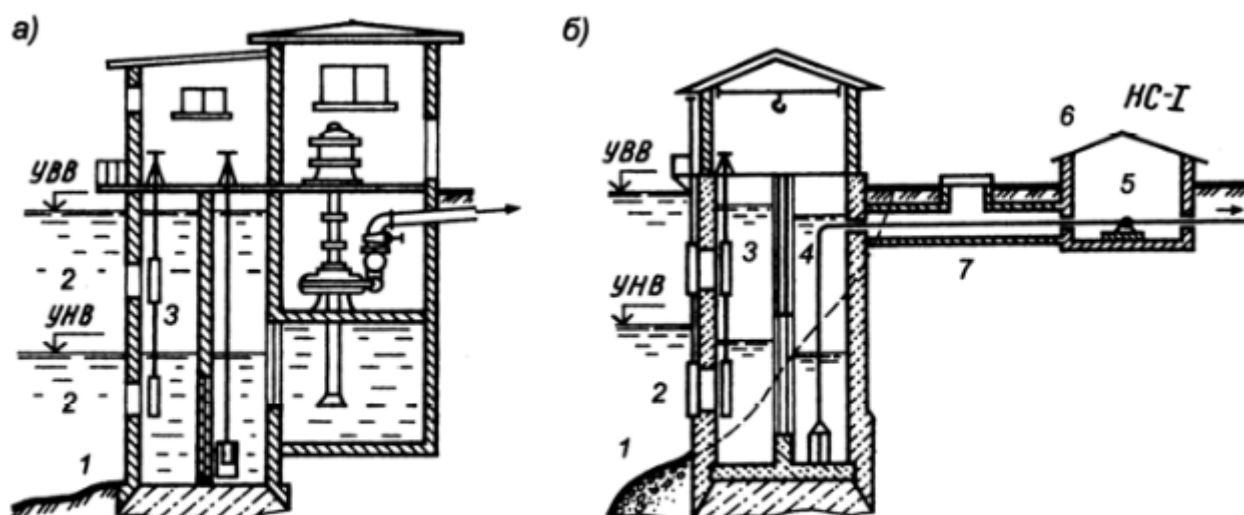
Водоприемные сооружения для каптажа восходящих (а) и нисходящих (б) родников
 1 — водоприемная камера; 2 — люк для осмотра; 3 — вентиляционная труба; 4 — глиняный замок; 5 — перелив; 6 — расходная труба; 7 — скальный грунт; 8 — обратный фильтр; 9 — водоприемное отверстие; 10 — водоносный пласт; 11 — водоупор

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

3. Сооружения для забора поверхностных вод

В практике водоснабжения наиболее часто используемыми поверхностными источниками являются реки. На выбор типа речных водоприемников влияют: амплитуда колебаний уровня воды, ледовые условия, топография берега и дна реки в месте водозабора, характер грунтов и др. Разнообразие местных природных условий в сочетании с различными количествами забираемой воды обуславливает весьма большое разнообразие конструкций водоприёмных сооружений.

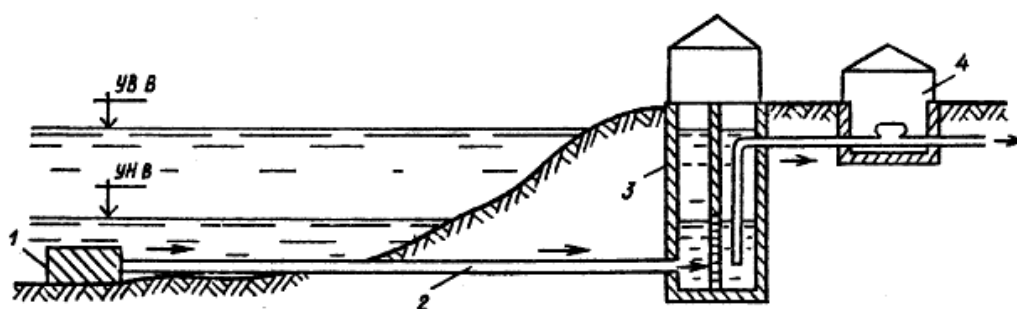
Водозаборные сооружения *берегового* типа применяют при относительно крутом берегу и наличии глубин, обеспечивающих условия забора воды. Их располагают на склоне берега с приемом воды непосредственно из русла реки.



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

Водоприемники этих водозаборов бывают двух видов: *раздельные* и *совмещенные* с насосной станцией. Совмещение насосной станции I подъема и водоприемного сооружения предусматривается в зависимости от амплитуды колебания воды в источнике, всасывающей способности устанавливаемых насосов, геологических и гидрологических условий.

Водозаборные сооружения *руслового* типа применяют при относительно пологом берегу, когда требуемые для забора воды глубины находятся на большом расстоянии от берега.

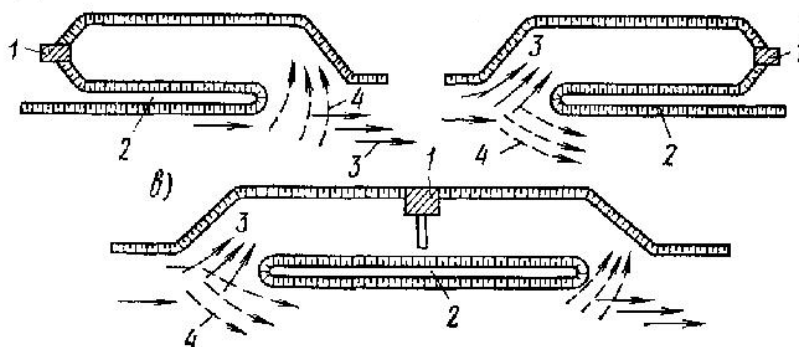


Водоприемник руслового типа: 1 – оголовка; 2 – самотечная линия; 3 – береговой колодец; 4 – насосная станция

Конструкция оголовка зависит от количества забираемой воды, глубины реки, ледовых условий, характера грунта и т.д. Существуют три типа оголовков: затопленные, затопливаемые высокими водами и незатопливаемые. Самотечные водоводы соединяют оголовка с береговым колодцем. Число водоводов принимают равным числу секций оголовка, но не менее двух.

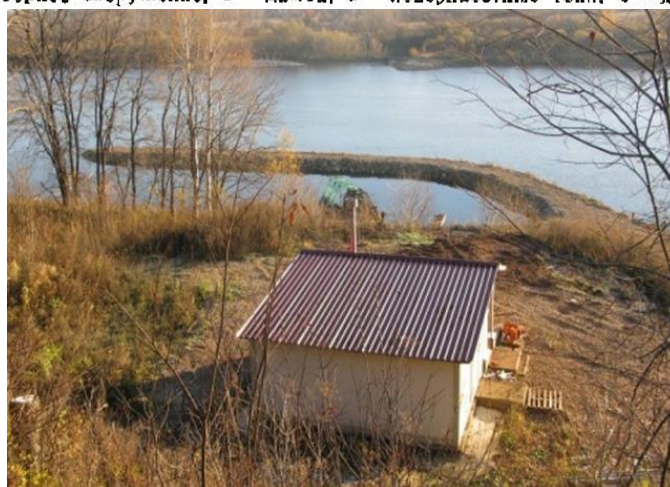
К *специальным* водозаборным сооружениям могут быть отнесены водоприемные ковши, передвижные и плавучие водозаборы, а также сооружения по забору воды из водохранилищ, горных рек и морей.

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



Схемы водопримных ковшей

1 — водозаборное сооружение; 2 — дамба; 3 — поверхностные токи; 4 — донные токи



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

4. Зоны санитарной охраны

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

Границы первого пояса зоны санитарной охраны (строгого режима) ограничивают источник в месте забора воды и площадку, занимаемую водозаборами, насосными станциями, очистными сооружениями и резервуарами чистой воды. Этот пояс охватывает акваторию рек и подводящих каналов не менее чем на 200 м от водозабора вверх по течению и не менее 100 м вниз по течению. По прилегающему берегу она проходит на расстоянии не менее, чем на 100 м от линии уреза воды при максимальном уровне.

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

Второй пояс охватывает территорию по обеим сторонам реки на расстоянии 500-1000 м вверх по течению реки. Зона санитарной охраны этого пояса назначается исходя из пробега воды от его границы до водозабора в течение 3 суток при расходе воды 95%-й обеспеченности. Границы второго пояса ЗСО определяются расчетами, учитывающими время продвижения микробного загрязнения воды до водозабора, принимаемое в зависимости от климатических районов и гидрогеологических условий (защищенности подземных вод) от 100 до 400 суток. Для Республики Беларусь это время составляет 400 суток для недостаточно защищенных подземных вод и 200 суток – для защищенных подземных вод.

Третий пояс охватывает территорию, окружающую источник, которая оказывает влияние на формирование в нем качества воды. Границы территории третьего пояса определяются исходя из возможности загрязнения источника химическими веществами. При определении границ третьего пояса ЗСО расчетными методами учитывается время продвижения химического загрязнения воды до водозабора, которое должно быть больше принятой продолжительности эксплуатации водозабора (25-50 лет). Если запасы подземных вод обеспечивают неограниченный срок эксплуатации водозабора, третий пояс должен обеспечить более длительное сохранение воды.

Правовое регулирование в области охраны источников питьевого водоснабжения в Республике Беларусь осуществляется в соответствии с Санитарными нормами и правилами «Требования к организации зон санитарной охраны источников и централизованных систем питьевого водоснабжения», утв. Постановлением министерства здравоохранения Республики Беларусь № 142 30.12.2016.

[Вернуться в оглавление](#) 

Лекция № 11

Сооружения на сети водоснабжения

1. Водоподъемные устройства и насосные станции.

2. Запасные и регулирующие емкости.

3. Резервуары чистой воды.

4. Водонапорные башни.

1. Водоподъемные устройства и насосные станции.

Насосы – одно из основных средств, используемых при напорном транспортировании воды. В настоящее время существует множество насосов, различающихся принципом действия, конструкцией и т.д.

Работа каждого насоса характеризуется следующими техническими параметрами:

подачей;	потребляемой мощностью;
напором;	КПД;
частотой вращения рабочего колеса;	высотой всасывания.

Подача насоса q_n – объем (или масса) жидкой среды, подаваемой насосом в единицу времени.

Напор H – приращение удельной энергии потока среды при прохождении ее через рабочие органы насоса.

Мощность насоса N , расходуемая для создания определенных q_n и H :

$$N = \rho g q_n H / \eta,$$

ρ – плотность среды; g – ускорение свободного падения; η – КПД.

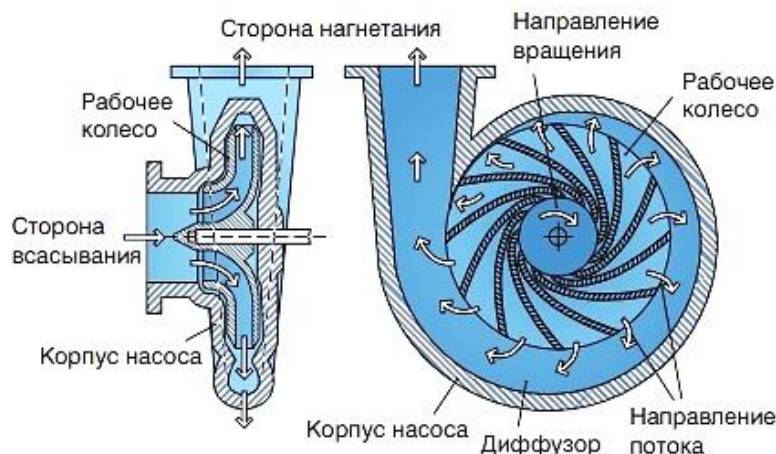
Коэффициент полезного действия насоса η , представляет собой отношение полезной мощности $N = \rho g q_n H$ к мощности насоса N :

$$\eta = N_0 / N.$$

Полезная мощность всегда меньше мощности насоса из-за потерь, возникающих в нем.

В централизованных системах водоснабжения наиболее широко применяются **центробежные насосы**.

Передача энергии перекачиваемой жидкости в центробежных насосах происходит в результате взаимодействия лопаток рабочего колеса с потоком. Под действием центробежной силы жидкость отбрасывается от центра рабочего колеса (**всасывающая полость**) к его периферии (**напорная полость**). Рабочее колесо, расположенное в корпусе насоса, приводится во вращение электродвигателем. С торцевой стороны к центру корпуса присоединен всасывающий патрубок, через который с помощью всасывающей трубы подводится перекачиваемая жидкость. От насоса жидкость отводится через напорный патрубок, к которому присоединен напорный трубопровод. Перед запуском насоса его корпус и всасывающий трубопровод заполняют водой.



Центробежный насос, поперечный разрез

Центробежные насосы классифицируются:

- по напору,
- числу рабочих колес (одноступенчатые и многоступенчатые),
- расположению вала (вертикальные и горизонтальные),
- виду перекачиваемой жидкости (водопроводные, канализационные, теплофикационные, кислотные, грунтовые),
- по подводу воды (одно- и двухстороннего входа).

Для нормальной работы центробежных насосов необходимо, чтобы вакуум во всасывающем патрубке не превышал определенной величины, называемой допустимой вакуумметрической высотой всасывания $H_{\text{вак доп}}$, которая зависит от ряда параметров. Обычно она не превышает 6-7 м. Высотное расположение насоса по отношению к уровню воды в источнике характеризуется геометрической $H_{\text{г}}$ и вакуумметрической $H_{\text{вак}}$ высотой всасывания.

Геометрическая высота всасывания $H_{\text{г.в.}}$ равна разности отметок уровня воды в источнике и центра колеса. Чтобы насос мог перекачивать жидкую среду, находящуюся ниже отметки установки насоса, последний на входе в рабочее колесо должен создавать вакуумметрическое давление.

Вакуумметрическая высота всасывания определяется по формуле:

$$H_{\text{вак}} = (p_a - p_{\text{вак}}) / \rho g,$$

где p_a и $p_{\text{вак}}$ – атмосферное и вакуумметрическое давление.

Геометрическая и вакуумметрическая высоты связаны соотношением

$$H_{\text{вак}} = H_{\text{г.в.}} + h_{\text{в}} + v^2 / 2g,$$

где $h_{\text{в}}$ – потери во всасывающем трубопроводе, v – скорость.

Для нормальной работы насоса необходимо, чтобы $H_{\text{вак}} \leq H_{\text{вак доп}}$.

Полный напор, развиваемый центробежным насосом, определяется по формуле:

$$H = H_{\text{г.н.}} + H_{\text{г.н.}} + h_{\text{в}} + h_{\text{н}} = H_{\text{г}} + \Sigma h,$$

где $H_{\text{г.н.}}$ – геометрическая высота нагнетания; $h_{\text{н}}$ – потери напора в напорном водоводе;

$$H_z = H_{z.в.} + H_{z.н.};$$

$$\Sigma h = h_6 + h_H$$

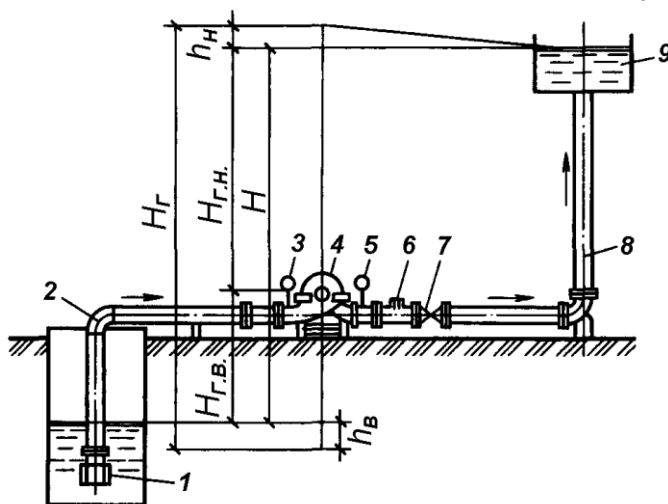
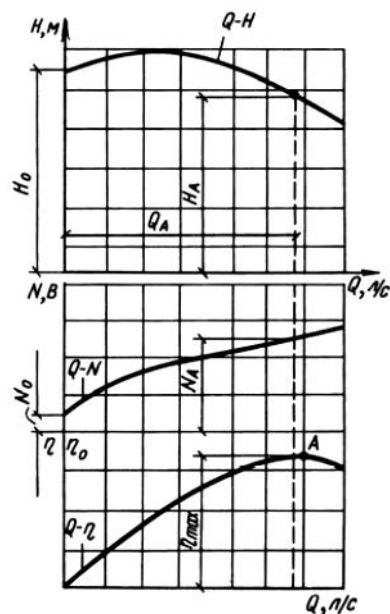


Схема насосной установки:

1 – приемный клапан; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – вакуумметр; 4 – насос; 5 – манометр; 6 – обратный клапан; 7 – задвижка; 8 – напорный трубопровод; 9 – бак

С изменением расхода, подаваемого насосом, изменяются развиваемый им напор, потребляемая мощность на валу, КПД. Взаимосвязь между указанными величинами определяется кривыми Q-H, Q-N, Q-η, которые называются *рабочими характеристиками насоса* (см. рис.).

Точка А характеристики Q-η, соответствующая максимальному значению КПД, называется *оптимальной точкой*, т.е. точкой, отвечающей оптимальному режиму работы насоса.



Насосная станция – сооружение, состоящее, как правило, из здания и оборудования – насосных агрегатов (рабочих и резервных), трубопроводов и вспомогательных устройств.

Насосной установкой называют комплекс устройств, обеспечивающих подачу воды из источника в напорный трубопровод с помощью насосного агрегата. Кроме насосного агрегата в состав ее входят примыкающие к нему всасывающий и напорный трубопроводы с арматурой и измерительные средства.

Насосный агрегат – это собранные в единый узел насос, двигатель и устройство для передачи мощности от двигателя к насосу.

По назначению и расположению в схеме водоснабжения насосные станции можно подразделить на

- станции I и II подъемов,
- повысительные,
- циркуляционные.

По расположению относительно поверхности земли станции бывают

- наземные,
- заглубленные.

В зависимости от применяемого насосного оборудования устраивают станции с горизонтальными центробежными насосами, вертикальными центробежными насосами и т.д.

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

Режим работы насосов станции II подъема зависит от графика водопотребления. Число насосных агрегатов на станции может быть различным в зависимости от заданного графика работы насосной станции. Обычно на насосных станциях II подъема устанавливают также пожарные насосы.

Все водопроводные линии в пределах насосной станции монтируют из стальных труб.

На напорных линиях устанавливают задвижки и обратные клапаны, а на всасывающих линиях – задвижки.

На водопроводах при необходимости устанавливают противоударную аппаратуру для смягчения действия гидравлических ударов, которые могут возникать при внезапном отключении электроэнергии.

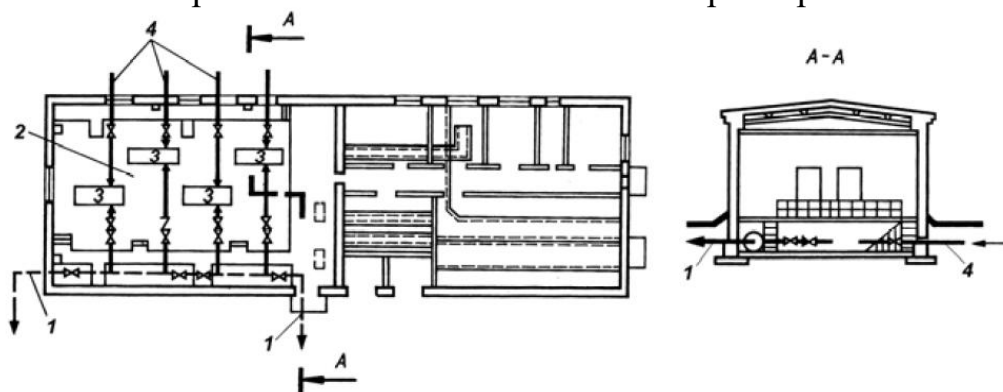


Схема
компоновки
насосной
станции II
подъема:
1 – напорные
трубопроводы
; 2 –
машинный
зал; 3 –
насосы; 4 –
всасывающие
трубопроводы



2. Запасные и регулирующие емкости

Виды регулирующих и запасных емкостей

Емкости, используемые в системах водоснабжения, могут быть классифицированы следующим образом.

1. *По функциональному признаку (по их назначению):*

- а) регулирующие;
- б) запасные;
- в) запасно-регулирующие (т. е. объединяющие в одном сооружении функции аккумуляции и хранения воды).

2. *По способу подачи воды из них в сеть:*

- а) напорные, которые обеспечивают напор, необходимый для непосредственной подачи воды в водопроводную сеть;
- б) безнапорные, из которых воду нужно забирать насосами.

Напорные емкости *в зависимости от конструкции* подразделяют на следующие основные типы:

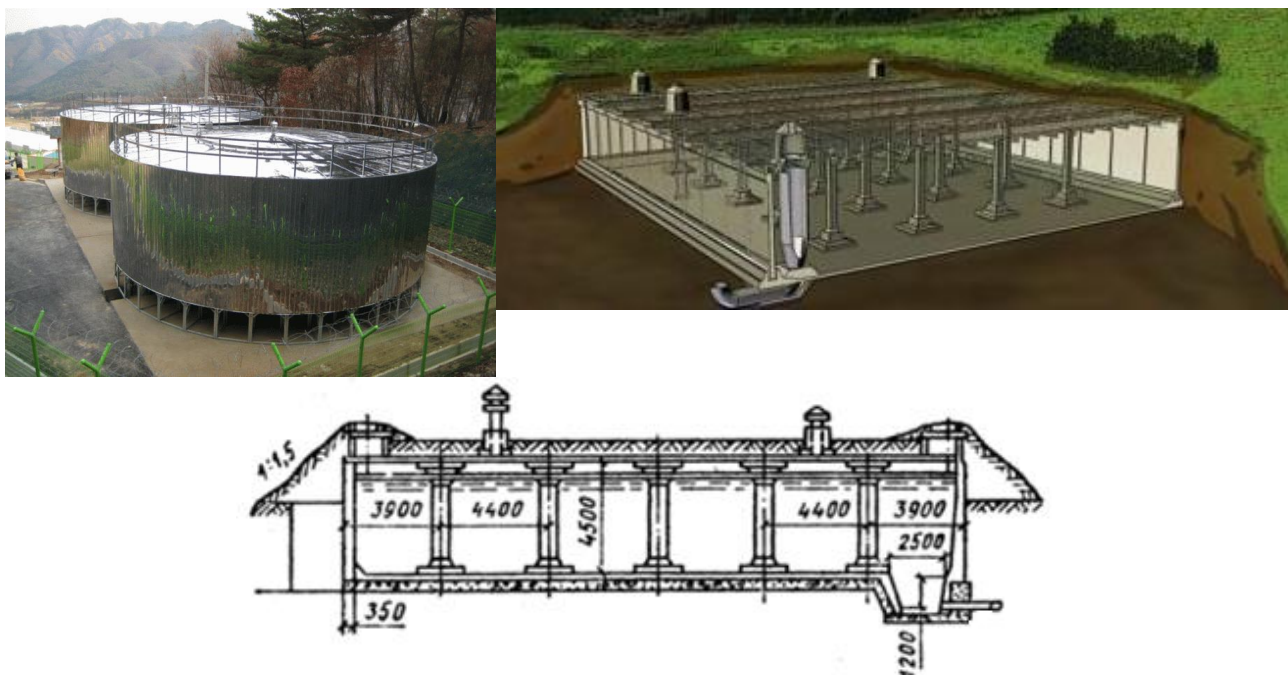
- а) водонапорные башни (напор обеспечивается установкой резервуара на поддерживающей конструкции требуемой высоты);
- б) напорные резервуары (напор обеспечивается установкой резервуара на естественных возвышенностях с требуемыми отметками);
- в) водонапорные колонны (занимают промежуточное положение между наземными резервуарами и башнями);
- г) пневматические водонапорные установки (напор обеспечивается давлением сжатого воздуха на поверхность воды в герметически закрытых резервуарах).

3. Резервуары чистой воды

Резервуары в системах водоснабжения используются как регулирующие емкости. Одновременно в них могут храниться противопожарные и аварийные запасы воды. Объем резервуаров зависит как от их назначения, так и от производительности системы водоснабжения.

Резервуар чистой воды (сокр. РЧВ) – накопительная ёмкость, в которой находится вода питьевого качества. Резервуары чистой воды предназначены для регулирования неравномерности работы насосных станций I и II подъёма и хранения неприкосновенного запаса воды на весь период пожаротушения.

В настоящее время наибольшее распространение получили железобетонные резервуары различных форм, конструкций и методов изготовления. При больших объемах применяют резервуары прямоугольной формы с плоскими балочными или безбалочными перекрытиями. В настоящее время при строительстве резервуаров широко используется предварительно напряженный железобетон, что обеспечивает их повышенную прочность и герметичность.



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

В резервуаре чистой воды хранится также запас воды, необходимый для *технологических* нужд очистной станции W_{ϕ} , и запас воды для *целей пожаротушения* W_n . Тогда суммарный объем резервуара чистой воды составит:

$$W = W_p + W_{\phi} + W_n.$$

Величина W_{ϕ} , определяемая технологическими расчетами, обычно составляет 2-8% суточной производительности. Противопожарный объем W_n назначают из условия длительности пожара в течение 3 ч. В этот период насосы будут забирать из резервуара пожарный расход и максимальный хозяйственно-питьевой расход.

Схема коммуникаций, присоединяемых к резервуару, и оборудование резервуара трубами и арматурой зависят от его назначения и места расположения в системе водоснабжения.

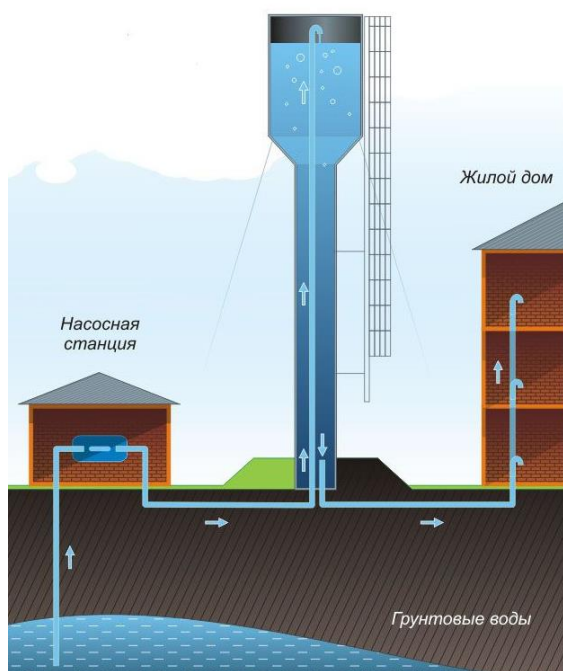
В целях обеспечения бесперебойной работы системы водоснабжения обычно устраивают *не менее двух* резервуаров (или двух изолированных отделений), хотя это и усложняет схему коммуникаций.

4. Водонапорная башня

Водонапорная башня предназначена для регулирования расхода и напора воды в водонапорной сети, создания её запаса и выравнивания графика работы насосных станций. Водонапорная башня состоит из бака, поддерживающей конструкции (ствола), фундамента и системы

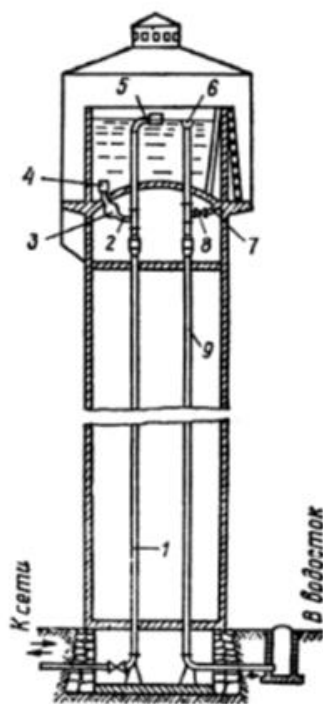
трубопроводов. При наличии опасности замерзания воды в баке вокруг него устраивают шатер.

Баки водонапорной башни бывают железобетонными и стальными, в большинстве случаев имеют цилиндрическую форму, плоское, полусферическое или радиально-коническое днище. Опорные конструкции выполняются в основном из стали, железобетона, иногда из кирпича, баки – преимущественно из железобетона и стали.



Регулирующая роль водонапорной башни заключается в том, что в часы уменьшения водопотребления избыток воды, подаваемой насосной станцией, накапливается в водонапорной башне и расходуется из неё в часы увеличенного водопотребления.

Водонапорные башни оборудуют трубами для подачи и отвода воды, переливными устройствами для предотвращения переполнения бака, а также системой замера уровня воды с телепередачей сигналов в диспетчерский пункт.



1 – водоподъемная труба; 2 – отводящий трубопровод; 3 – обратный клапан; 4 – сетка; 5 – поплавковый клапан; 6 – воронка; 7 – грязевая труба; 8 – задвижка; 9 – переливная труба

Объем резервуара башни, как и высота ее ствола, определяется согласно результатам расчётов водораспределительной сети.

Бак водонапорной башни должен содержать регулирующий объем $W_{\text{рег.ВБ}}$ и неприкосновенный запас воды на противопожарные нужды $W_{\text{пожВБ}}$ в количестве, необходимом на 10-минутную продолжительность тушения одного наружного и одного внутреннего пожаров в населенном пункте при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды.

Полный объем бака водонапорной башни $W_{\text{ВБ}}$ определяют:

$$W_{\text{ВБ}} = W_{\text{рег.ВБ}} + W_{\text{пож.ВБ}}, \text{ м}^3,$$

Регулирующий объем $W_{\text{рег.ВБ}}$ бака водонапорной башни определяется путем совмещения графиков водопотребления и подачи воды насосной станцией II подъема.

[Вернуться в оглавление](#) 

Лекция № 12

Очистка природной воды

1. Качество воды и основные способы ее обработки.

2. Принципиальная схема водопроводных очистных сооружений.

3. Сооружения для осветления и обесцвечивания воды.

4. Обеззараживание воды.

5. Специальные методы улучшения качества воды.

1. Качество воды и основные способы ее обработки

Качество воды источника водоснабжения и требования к качеству потребляемой воды являются основополагающими факторами для выбора методов ее обработки, состава очистных сооружений и определения общей технологической схемы водоподготовки.

Требования к качеству питьевой воды, правила контроля качества воды, производимой и подаваемой централизованными системами питьевого водоснабжения, регламентированы гигиеническим нормативом «Показатели безопасности питьевой воды», утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021.

Требования к качеству воды, используемой для различных производственных нужд, устанавливаются различными ведомственными нормами и техническими условиями.

Качественные характеристики природной воды, которые непосредственно определяют технологию ее очистки:

Эпидемиологическая безопасность питьевой воды нормируется по микробиологическим и паразитологическим показателям (общее микробное число, общие колиформные бактерии, колифаги и др.).

Безвредность воды *по химическому составу* нормируется по:

- обобщенным показателям (рН, общая минерализация, общая жесткость, окисляемость и др.),

- химическим веществам, наиболее часто встречающимся в природных водах:

- неорганическим (железо, марганец, нитраты, фосфаты, фториды, мышьяк, свинец, медь и др.);

- органическим (нефтепродукты, фенолы, ДДТ; 2,4-Д и др.);

- остаточным количествам реагентов (алюминий, хлор, озон, хлороформ и др.).

Органолептические свойства нормируются по запаху, привкусу, цветности и мутности.

Радиационная безопасность питьевой воды нормируется показателями общей α - и β -активности.

Для всех хозяйственно-питьевых систем централизованного водоснабжения требуется, чтобы запах и привкус были не более 2 баллов, цветность не более 20°; прозрачность по шрифту не менее 30 см; общая жесткость воды не более 10 мг-экв/л.

При наличии в системе водоснабжения очистных сооружений требуется, чтобы мутность осветленной воды не более 1,5 мг/л; содержание железа не более 0,3 мг/л; активная реакция рН при осветлении и умягчении воды не менее 6,5 и не более 9,5; содержание остаточного активного хлора не менее 0,3 и не более 0,5 мг/л.

Все разнообразные задачи, возлагаемые на очистные сооружения, могут быть сведены к следующим основным группам:

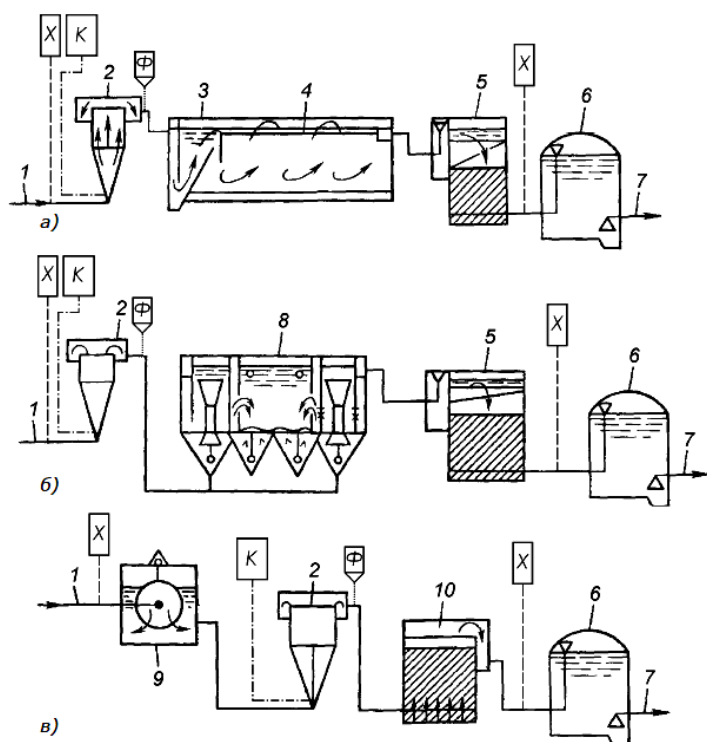
- удаление из воды содержащихся в ней взвешенных веществ (нерастворимых примесей), что обуславливает снижение ее мутности; этот процесс носит название осветления воды;
- устранение веществ, обуславливающих цветность воды – обесцвечивание воды;
- уничтожение содержащихся в воде бактерий (в том числе болезнетворных) – обеззараживание воды;
- удаление из воды катионов кальция и магния – умягчение воды; снижение общего солесодержания в воде – обессоливание воды; частичное обессоливание воды до остаточной концентрации солей не более 1000 мг/л носит название опреснения воды.

В некоторых случаях может производиться удаление отдельных веществ (обезжелезивание, обесфторирование, дегазация и т. п.).

Схему очистки воды, тип сооружений и их компоновку выбирают, исходя из качества воды в источнике и требований потребителей к качеству воды и на основании технико-экономических сравнений возможных вариантов.

2. Принципиальная схема водопроводных очистных сооружений

Наибольшее распространение в практике водоочистки, особенно в городских водопроводах, имеют схемы очистных сооружений с самотечным движением воды. Вода, поданная насосами станции I подъема, самотеком проходит последовательно все очистные сооружения и поступает в сборный резервуар чистой воды (РЧВ), из которого забирается насосами станции II подъема.



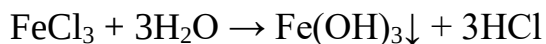
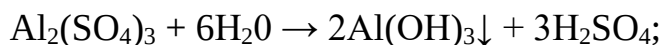
Схемы осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением отстойников и фильтров (а), осветлителей и фильтров (б) и контактных осветлителей (в): 1 – подача воды от насосной станции I подъема; 2 – смеситель; 3 – камера хлопьеобразования; 4 – горизонтальный отстойник; 5 – фильтр; 6 – резервуар чистой воды; 7 – к насосной станции II подъема; 8 – осветлитель со взвешенным слоем осадка; 9 – микрофильтр; 10 – контактный осветлитель; X – хлор; К – коагулянт; Ф – флокулянт

Схемы обработки подземных вод для хозяйственно-питьевых водопроводов в ряде случаев более просты, так как включают лишь сооружения для обеззараживания воды. При использовании подземных вод большой жесткости или содержащих железо схемы их обработки включают сооружения для умягчения или обезжелезивания воды. *Комплекс очистных сооружений должен быть запроектирован на расчетный расход, включающий максимальное суточное водопотребление снабжаемого объекта и водопотребление на собственные нужды станции. Очистные сооружения рассчитывают, как правило, на равномерную подачу воды в течение суток.*

Обработка воды коагулянтами и флокулянтами

Для укрупнения мелкодисперсных коллоидных частиц, содержащихся в природной воде и обуславливающих повышенную цветность и мутность, с целью увеличения скорости их осаждения и способности задерживаться пористыми фильтрующими материалами применяют *коагулирование*, то есть обработку воды специальными химическими реагентами. В качестве коагулянтов чаще всего применяют сернокислый алюминий $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, сернокислое закисное железо $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ или хлорное железо FeCl_3 , а также оксихлорид алюминия (ОХА) и основной сульфат алюминия (ОСА).

В результате реакций гидролиза коагулянтов образуются нерастворимые в воде гидроксиды алюминия или железа, которые дестабилизируют природные коллоиды



Приведенные реакции гидролиза могут протекать лишь при условии, если образующаяся при этом серная или соляная кислота будет частично нейтрализована содержащимися в воде бикарбонатами, а при их недостатке – добавляемыми в воду щелочными реагентами: известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$, содой Na_2CO_3 или едким натром NaOH .

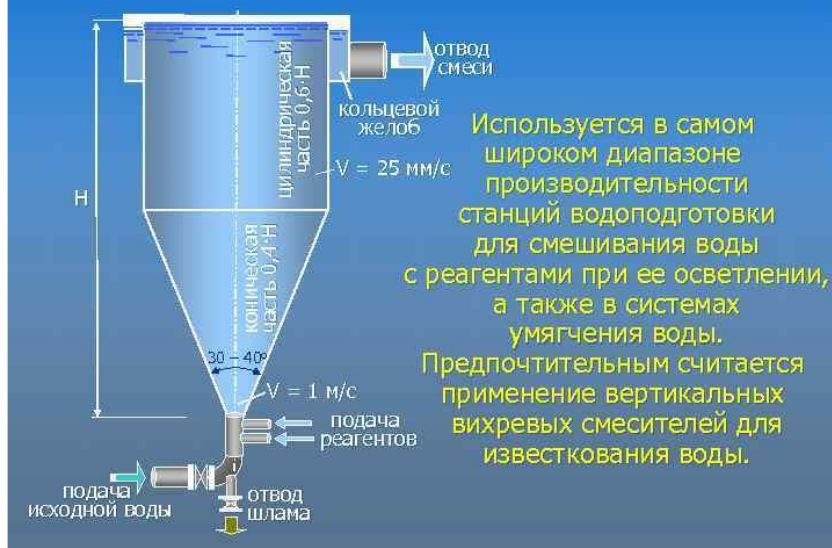
Для укрупнения образовавшихся хлопьев взвеси и ускорения их осаждения в воду вводят небольшое количество *флокулянта*. Доза коагулянта зависит от мутности и цветности воды и для природных вод обычно составляет примерно 20-50 мг/л.



Реагентное хозяйство. Наибольшее распространение имеет мокрый способ дозирования реагентов. При этом способе комья коагулянта загружают в растворный бак с водой, откуда после растворения коагулянт поступает в расходные баки, в которых приготавливается раствор определенной концентрации. Этот раствор направляется в дозировочный бачок, а из него подается в обрабатываемую воду.

3. Сооружения для осветления и обесцвечивания воды.

Вертикальный (вихревой) смеситель



Тщательное перемешивание очищаемой воды с реагентами осуществляется в смесителях различных конструкций. Наибольшее распространение получили дырчатые, перегородчатые, вертикальные (вихревые) и механические смесители.

Для интенсификации процесса хлопьеобразования смешанную с реагентами воду перед подачей в отстойники медленно и равномерно перемешивают в *камерах хлопьеобразования* (камерах реакции).

Камеры хлопьеобразования бывают различных типов: перегородчатые, вихревые, водоворотные, со взвешенным слоем осадка. Наиболее надежно работают системы осветления воды, в которых камеры хлопьеобразования совмещены с отстойниками или встроены в них.

Удаление взвешенных механических примесей и образовавшихся хлопьев коагулянта с загрязнениями чаще всего осуществляется:

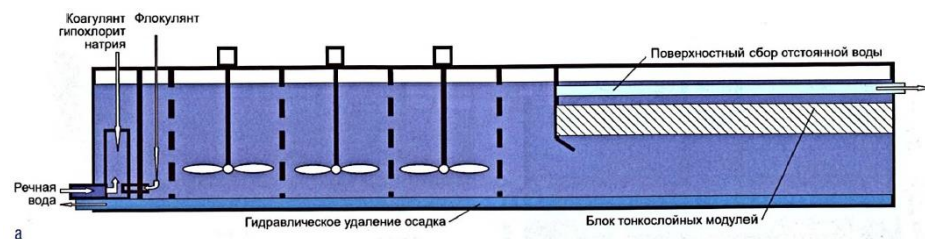
- путем отстаивания воды в отстойниках;
- пропуском воды через слой ранее выпавшего осадка в осветлителях;
- пропуском воды через слой зернистого материала в фильтрах.

Удаление взвешенных веществ из воды (осветление) осуществляется путем отстаивания ее в *отстойниках*. По направлению движения воды отстойники бывают горизонтальные, радиальные и вертикальные. Время пребывания воды в отстойниках составляет 2-4 ч.

Водоворотная камера хлопьеобразования применяется на сравнительно небольших станциях водоподготовки.

Такие камеры встраиваются в вертикальные отстойники.





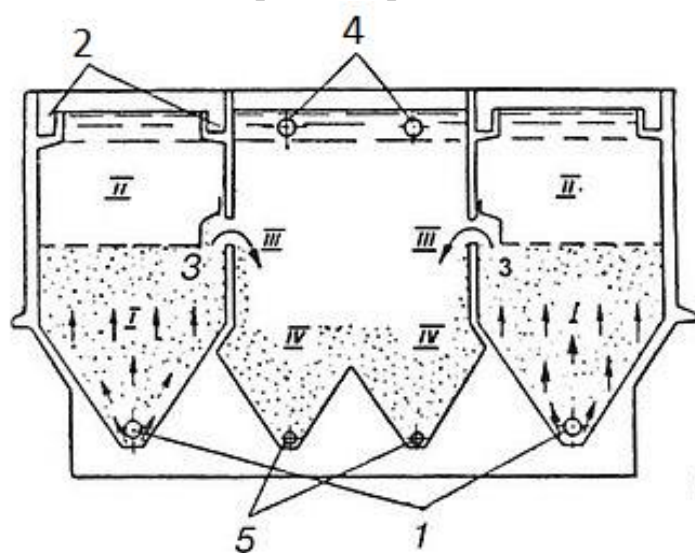
а



б



Осветлители со взвешенным слоем осадка предназначены для предварительного осветления воды перед фильтрованием и только при условии предварительного коагулирования. Вода в осветлителях движется снизу вверх, при этом за счет расширения его корпуса ее скорость постепенно уменьшается, и на определенной высоте образуется слой взвешенного осадка (хлопьев) через который «фильтруется» обрабатываемая вода. В этом слое происходит процесс прилипания частиц взвеси к образовавшимся в воде хлопьям коагулянта, т.е. своеобразный процесс контактной коагуляции. Избыток осадка равномерно отводится в отсек – осадкоуплотнитель.



Осветлитель со взвешенным осадком коридорного типа:

I – зона взвешенного осадка; II – зона осветления; III – зона отделения осадка; IV – зона накопления и уплотнения осадка;

1 – подающие трубопроводы; 2 – сборные желоба осветленной воды; 3 – осадкоприемные окна; 4 – трубопроводы для отвода воды из зоны уплотнения осадка; 5 – трубы для отвода уплотненного осадка

Важной стадией осветления воды является ее фильтрование. При фильтровании вода проходит через пористую среду, образованную слоем фильтрующего материала. Существует большое разнообразие фильтров, различающихся:

- видом фильтрующего материала;
- скоростью фильтрования;
- механизмом задержания взвешенных частиц;
- конструктивным оформлением.

Наибольшее распространение получили скорые фильтры, на которых осветляется предварительно коагулированная вода.

Схемы скорых осветлительных фильтров



В зависимости от количества воды, поступающей на фильтр, и содержания в ней взвешенных веществ периодически осуществляют промывку фильтра (через 12-72 ч.). Промывка скорых фильтров производится обратным током воды.

4. Обеззараживание воды

На современных очистных сооружениях обеззараживание воды производится во всех случаях, когда источник водоснабжения ненадежен с санитарной точки зрения. В технологии водоподготовки известно много методов обеззараживания воды, которые можно классифицировать на четыре основные группы:

- термический (кипячение или пастеризация);
- химический (с помощью сильных окислителей);
- олигодинамический (воздействие ионов благородных металлов);
- физический (с помощью ультразвука, радиоактивного излучения, ультрафиолетовых лучей).

Наиболее широко применяют химические методы. В качестве окислителей в основном используют хлор, гипохлорит натрия, озон, реже диоксид хлора; пероксид водорода, гипохлорит кальция, марганцовокислый калий, йод и др.

Хлорирование осветленной воды обычно производят перед поступлением ее в РЧВ, где и обеспечивается необходимое для их контакта время (не менее 30 минут). Серьезным недостатком хлорирования является образование побочных продуктов, в первую очередь, хлороформа.

Озонирование с целью обеззараживания воды применяют при специальном обосновании и при отсутствии опасности ухудшения качества воды в сети, поскольку в отличие от хлорсодержащих реагентов, озон быстро разлагается и не имеет защитного (пролонгированного) действия.

Обеззараживание с помощью бактерицидного облучения применяется также как и озонирование, чаще для небольших объектов.

5. Специальные методы улучшения качества воды

Для кондиционирования воды, удаления запахов, привкусов, токсичных соединений, улучшения других ее органолептических показателей применяют два основных метода: *окислительный* и *сорбционный*. Также в качестве более простого способа применяется аэрация воды для удаления летучих органических соединений биологического происхождения, придающих воде неприятные запахи и привкусы.

В качестве окислителей применяют хлор, гипохлорит натрия, озон, перманганат калия, возможно использование пероксида водорода и диоксида хлора. Окислители разрушают органические вещества, придающие воде цветность, запах и привкус, и токсичные соединения.

Озон является наиболее сильным окислителем и образует значительно меньше побочных соединений, чем хлор, что оправдывает его применение, несмотря на высокую стоимость его получения. При озонировании, в отличие от хлора, практически не образуется неприятных запахов. Озонировать можно как исходную, так и очищенную воду.

Перманганат калия применяют для удаления определенных видов запахов и дополнительно для обеззараживания воды.

Для борьбы с запахами, привкусами, удаления тяжелых металлов, пестицидов и других токсичных веществ применяют *сорбционную очистку* с помощью активированных углей. Возможны два варианта их применения: периодическое дозирование порошкообразного угля в исходную воду или постоянное фильтрование через специальные фильтры, загруженные гранулированным активированным углем.

[Вернуться в оглавление](#) 

Лекция № 13 (часть 1)

Водоотведение населенных мест и промышленных предприятий

1. Классификация и основные элементы систем водоотведения

2. Системы и схемы водоотведения

3. Нормы водоотведения. Расчетные расходы

1. Классификация и основные элементы систем водоотведения

Водопроводная вода, которая была использована в хозяйственных, производственных и других целях и получила при этом различные примеси (загрязнения), изменившие ее химический состав или физические свойства, называется *сточной жидкостью*.

К категории сточных относятся и атмосферные воды, образующиеся в результате выпадения дождей и таяния снегов.

В зависимости от происхождения и качественной характеристики примесей сточные воды разделяют на:

- хозяйственно-бытовые,
- производственные,
- атмосферные.

Основными характеристиками сточных вод являются:

- **количество сточных вод**, характеризующееся расходом, измеряемым в л/с или м³/с, м³/ч, м³/смену, м³/сут и т.д.;
- **степень равномерности** (или неравномерности) их образования и поступления в водоотводящие системы;
- **виды (компоненты) загрязнений** и содержание их в сточных водах, характеризующееся концентрацией загрязнений, измеряемой в мг/л или г/м³.

Различают три следующие основные группы загрязнений:

- **минеральные** загрязнения;
- **органические** загрязнения;
- **биологические** загрязнения.

По фазово-дисперсному состоянию все загрязнения делятся по степени дисперсности (т.е. измельченности) на:

- **Растворенные** вещества;
- **Коллоидные** вещества;
- **Нерастворенные** примеси.

В свою очередь эти примеси делятся на **всплывающие, оседающие и взвешенные** вещества.

Под водоотведением (канализацией) понимается комплекс оборудования, сетей и сооружений, предназначенных для организованного приема и удаления по трубопроводам за пределы населенных пунктов или промышленных предприятий загрязненных сточных вод, а также для их очистки и обезвреживания перед утилизацией или сбросом в водоем.

Существует два вида водоотведения: *вывозное* и *сплавное*.

При организации **вывозного** водоотведения жидкие загрязнения собирают в приемники (выгребы) и периодически вывозят автомобильным транспортом на поля ассенизации для обработки или в специальные места, согласованные с санитарными органами.

При организации **сплавного** водоотведения сточные воды по подземным трубопроводам транспортируются на очистные сооружения, где они подвергаются интенсивной очистке, преимущественно, в искусственно созданных условиях, после чего сбрасываются в ближайшие водоемы.

Система сплавного водоотведения состоит из следующих основных элементов:

- внутренних устройств зданий;
- наружных внутриквартальной и уличной сетей;
- насосных станций и напорных трубопроводов;
- очистных сооружений;
- устройств для выпуска очищенных сточных вод в водоем.

Схема водоотведения населенного пункта и промышленного предприятия



Наружная уличная сеть представляет собой систему подземных трубопроводов, принимающих сточные воды от внутриквартальных сетей и транспортирующих их к насосным станциям, очистным сооружениям и в водоем.

Водоотводящие сети строят, преимущественно, самотечными.

Для обеспечения самотечности территорию города или населенного пункта разделяют на бассейны водоотведения (территории, ограниченные водоразделами), где соответственно рельефу местности прокладывают самотечные трубопроводы уличной сети и **коллекторы**, т.е. участки сети, собирающие сточные воды с одного или нескольких бассейнов водоотведения.

Коллекторы подразделяют на следующие виды:

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

Очистные станции предназначены для очистки сточных вод и переработки их осадка. Очистные сооружения следует располагать ниже по течению реки относительно населенного пункта или промышленного предприятия, благодаря чему исключается опасность загрязнения водоема в пределах объекта. После очистки сточные воды через специальные устройства – выпуски – сбрасываются в водоем.

Трассировка коллекторов обычно осуществляется по пониженным участкам местности, что обеспечивает прокладку присоединяемых к ним вышележащих участков уличной сети на минимальной глубине.

Водоотводящая сеть всегда должна быть доступна для осмотра, промывки и прочистки от засорения, поэтому на ней устраивают *смотровые колодцы*.

Для приема атмосферных сточных вод предусматривают *дождеприемники*, представляющие собой круглые или прямоугольные в плане колодцы с металлической решеткой сверху.

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

При необходимости подъема сточных вод на более высокие отметки из-за невозможности их дальнейшего самотечного транспортирования к очистным сооружениям или в водоем на сети устраивают *насосные станции*, которые перекачивают воду по напорным трубопроводам.

Очистные станции предназначены для очистки сточных вод и переработки их осадка. Очистные сооружения следует располагать ниже по течению реки относительно населенного пункта или промышленного предприятия, благодаря чему исключается опасность загрязнения водоема в пределах объекта.

После очистки сточные воды через специальные устройства – *выпуски* – сбрасываются в водоем.

2. Системы и схемы водоотведения

В зависимости от того, как отводятся бытовые, производственные и атмосферные сточные воды – совместно или отдельно, системы водоотведения можно разделить на *общесплавные, раздельные* (полные или неполные) и *полураздельные*.

Общесплавная – система, при которой все сточные – бытовые, производственные и дождевые – сплавляются по одной общей сети труб и каналов на очистные сооружения.

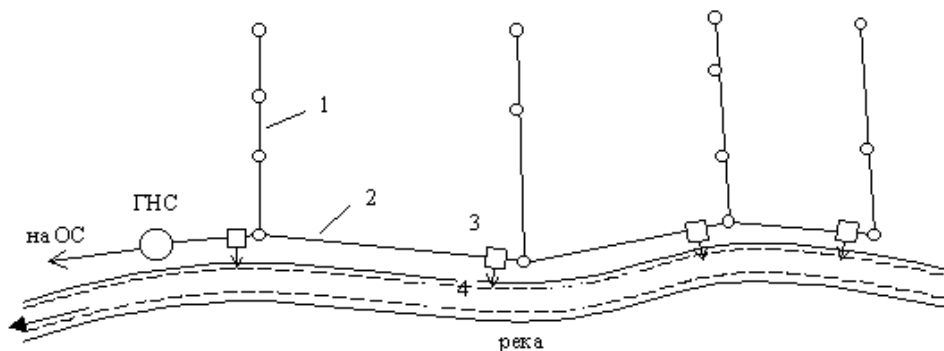


Схема общесплавной системы водоотведения

1 – коллектор бассейна водоотведения, 2 – главный коллектор, 3 – ливневпуск, 4 – выпуск

Общесплавную систему применяют для городов с многоэтажной застройкой:

- при наличии мощных водных протоков, допускающих прием дождевых вод;
- при ограниченном количестве районных насосных станций с небольшой высотой подъема сточных вод;
- при расчетной интенсивности дождя продолжительностью 20 мин. менее 80 л/с на 1 га.

Раздельная – система, при которой дождевые и условно-чистые производственные воды отводят по одной сети труб и каналов, а бытовые и загрязненные производственные сточные воды – по другой, одной или нескольким сетям. Раздельная система может быть:

- *полная раздельная* – система, которая включает две или несколько совершенной самостоятельных канализационных сети (сеть, по которой отводят только дождевые и условно чистые воды, сеть, по которой отводят бытовые и сеть, по которой отводят загрязненные производственные воды);
- *неполная раздельная* – система, при которой отводятся только бытовые и наиболее загрязненные производственные воды, а атмосферные воды стекают по кюветам, открытым каналам и лоткам.

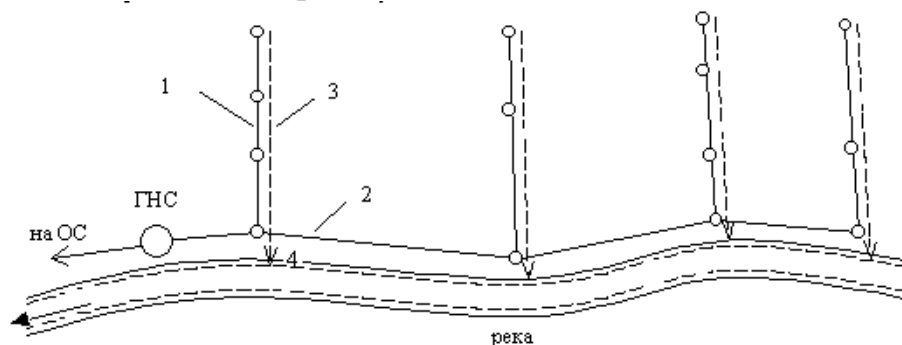


СХЕМА РАЗДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ

1 – коллектор бытовой сети, 2 – главный коллектор, 3 – коллектор дождевой сети, 4 – выпуск

Полную и раздельную систему канализации принимают для крупных и благоустроенных городов и промышленных предприятий:

- при возможности сброса дождевых вод в водные протоки;
- при необходимости по условиям рельефа местности устройства более трех районных насосных станций;
- при расчетной интенсивности дождя продолжительностью 20 мин. более 80 л/с на 1 га;
- при необходимости полной биологической очистки сточных вод.

Неполную раздельную систему устраивают в городах и поселках городского и сельского типов (или допускать ее как первую очередь строительства раздельной системы канализации).

Полураздельная – это система, состоящая из самостоятельных канализационных сетей, что и полная раздельная, и одного главного (перехватывающего) коллектора, отводящего бытовые, производственные и дождевые воды на очистные сооружения.

Полураздельную систему канализации применяют в следующих случаях:

- для городов с числом жителей более 50 тыс. чел.;
- при маловодных или непроточных водоемах;
- для районов, используемых для купания или водного спорта;
- при повышенных требованиях к защите водоемов от загрязнения дождевыми водами.

По санитарным показателям является наилучшей по сравнению с общесплавной и раздельной системами, но эта система очень дорогостоящая, так как необходимо одновременное строительство двух сетей с перехватывающим коллектором. В настоящее время эта система применяется при реконструкции существующих систем канализации.

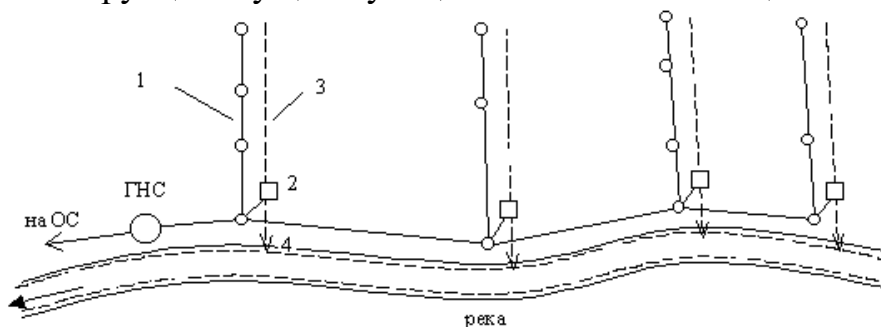


СХЕМА ПОЛУРАЗДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ

1 – коллектор бытовой сети, 2 – разделительная камера, 3 – коллектор дождевой сети,
4 – выпуск

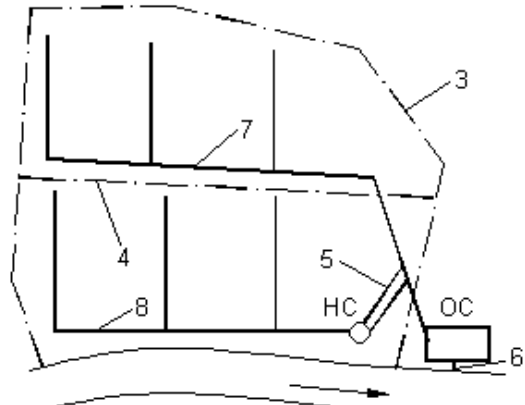
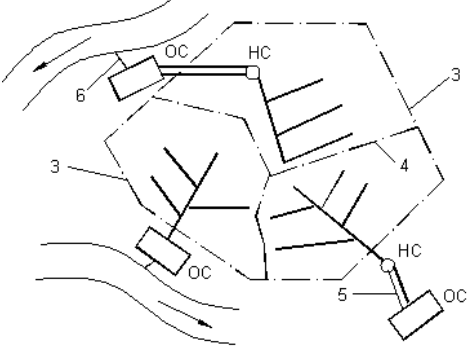
Комбинированная система водоотведения – это такая система, при которой населенный пункт в одной части оборудован общесплавной системой, а в другой – полной раздельной. Такие системы складываются исторически в развивающихся городах.

Схемой водоотводящей сети называют проектное решение принятой системы водоотведения, изображенной на генплане канализуемого объекта с учетом местных топографических и гидрогеологических условий и перспектив дальнейшего развития.

Имеются 5 основных схем начертания наружных водоотводящих сетей населенных пунктов: перпендикулярная, пересеченная, параллельная, зонная, радиальная.

Выбор той или иной схемы зависит от принятой системы водоотведения и особенностей рельефа местности.

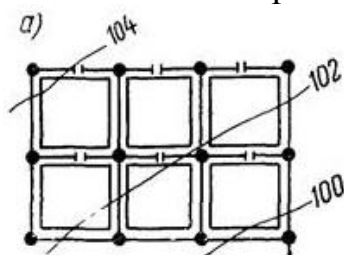
Перпендикулярная		Коллекторы бассейна канализования трассируются по кратчайшему направлению перпендикулярно водоему. Эту схему применяют в местностях с хорошо выраженным уклоном к водоему для отведения атмосферных и незагрязненных производственных сточных вод
Пересеченная		Коллекторы отдельных бассейнов перпендикулярной схемы перехватывают главным коллектором, прокладываемым параллельно водоему. Эту схему применяют в местностях с хорошо выраженным уклоном к реке для отведения сточных вод
1 – коллекторы бассейнов водоотведения; 2 – главные коллекторы; 3 – граница обслуживаемого объекта; 4 – граница бассейнов водоотведения; 5 – напорный трубопровод; 6 – выпуск.		
Параллельная		Эту схему применяют при резком падении рельефа местности к водоему, так как она позволяет исключить в коллекторах бассейнов канализования повышенные скорости движения воды, вызывающие разрушение трубопроводов.

Зонная		Схема применяется на объектах со значительной разницей отметок поверхности земли по террасам. Встречается редко. 7, 8 – главные коллекторы верхней и нижней зон
Радиальная		Схема, при которой сточные воды поступают не несколько очистных сооружений (децентрализованная).

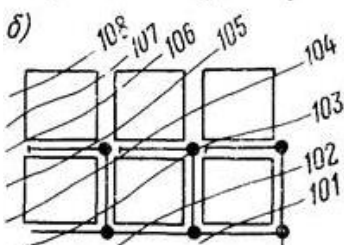
При проектировании той или иной рассмотренной схемы требуется соблюдать следующие общие условия:

- линии водоотводящей сети следует прокладывать прямолинейно;
- в местах изменения уклона линии или диаметра труб, поворотов сети, а также в местах соединения нескольких линий необходимо устраивать колодцы;
- повороты линии и присоединения к ним следует выполнять под углом, равным или меньшим 90° .

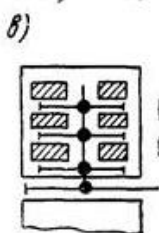
Различают три схемы трассирования уличных сетей:



объемлющая трассировка (а) – уличные сети опоясывают каждый квартал со всех четырех сторон. Эту схему применяют при плоском рельефе местности и больших кварталах;



трассировка по пониженной стороне квартала (б) – уличные сети проложены лишь с пониженных сторон обслуживаемых кварталов. Эту схему используют при значительном падении местности;



чрезквартальная трассировка (в) – уличные сети проложены внутри кварталов. Эта схема позволяет значительно сокращать протяженность сети, но затрудняет ее эксплуатацию.

3. Нормы водоотведения. Расчетные расходы

Норма водоотведения – расход сточных вод, л/сут, на одного жителя, пользующегося канализацией, или количество сточных вод (м^3) на единицу продукции, выпускаемой предприятием. Расход бытовых сточных вод зависит от числа жителей, пользующихся канализацией, и нормы водоотведения бытовых вод. Расход производственных сточных вод зависит от количества выпускаемой продукции и нормы водоотведения производственных вод.

Для характеристики неравномерности притока сточных вод используются *коэффициенты неравномерности*. В практике расчета водоотводящих сооружений неравномерность водоотведения оценивается с помощью максимальных и минимальных коэффициентов суточной, часовой и общей неравномерности.

$$K_{\text{сут. макс}} = \frac{Q_{\text{сут. макс}}}{Q_{\text{сут. ср.}}} \quad K_{\text{сут. мин}} = \frac{Q_{\text{сут. мин}}}{Q_{\text{сут. ср.}}} \quad K_{\text{час. макс}} = \frac{Q_{\text{час. макс}}}{Q_{\text{час. ср.}}} \quad K_{\text{час. мин}} = \frac{Q_{\text{час. мин}}}{Q_{\text{час. ср.}}}$$

Для практических расчетов бытовой канализации принят общий коэффициент неравномерности водоотведения – отношение максимального часового расхода бытовых сточных вод в сутки наибольшего водоотведения за год к среднечасовому годовичному расходу сточных вод. Он равен произведению двух коэффициентов неравномерности:

$$K_{\text{общ макс}} = K_{\text{сут макс}} \cdot K_{\text{час макс}}$$

Значения общего коэффициента неравномерности притока бытовых сточных вод в канализационную сеть в зависимости от среднесуточного расхода сточных вод для обычных населенных пунктов городского типа приведены в таблице 6.1 СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

Расчетными называются расходы, которые ожидаются к концу расчетного периода и на которые рассчитываются все сооружения водоотведения.

Расчетные расходы бытовых сточных вод от населения городов и поселков определяют по следующим формулам:

$$\begin{aligned} Q_{\text{ср.сут}} &= N \cdot q_n / 1000 \\ Q_{\text{макс.сут}} &= N q_n \cdot K_{\text{сут}} / 1000 \\ Q_{\text{макс.час.}} &= N q_n \cdot K_{\text{общ}} / 24 \cdot 1000 \end{aligned}$$

Канализационную сеть рассчитывают на максимальный секундный расход:

$$q_{\text{макс.сек.}} = (N q_n K_{\text{общ}}) / 86400, \text{ л/с}$$

где q_n – норма водоотведения на одного жителя, пользующегося канализацией, л/сут, N – расчетное число жителей, $K_{\text{сут}}$ – коэффициент суточной неравномерности, $K_{\text{общ}}$ – общий коэффициент неравномерности. Бытовые сточные воды на предприятиях учитывают отдельно.

Расчетные расходы производственных сточных вод определяют по формулам:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{пр}} = n^{\text{пр}} \cdot M, \text{ м}^3/\text{сут}; \quad q_{\text{час}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{T}, \text{ м}^3/\text{час} \quad q_{\text{макс.сек}} = \frac{q_{\text{час}}}{3,6} \cdot K, \text{ л/с},$$

M – количество продукции выпускаемой в сутки, в смену или в максимальную смену; $n_{\text{пр}}$ – удельное водоотведение производственных сточных вод, м³/ед. выпускаемой продукции; T – продолжительность работы предприятия либо продолжительность смены в часах; K – коэффициент часовой неравномерности.

[Вернуться в оглавление](#) 

Лекция № 14 (часть 2)

Водоотведение населенных мест и промышленных предприятий

1. Расчет водоотводящих сетей.

2. Устройство и оборудование водоотводящих сетей.

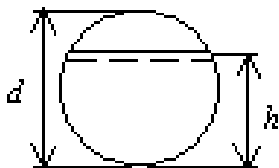
3. Проектирование, расчет и устройство дождевой сети.

1. Расчет водоотводящих сетей

Гидравлический расчет водоотводящих сетей заключается в определении диаметров труб для расчетных максимальных секундных расходов сточных вод, уклонов, потерь напора, скоростей течения и степени наполнения.

Водоотводящую сеть рассчитывают на частичное наполнение труб. Самотечный режим течения с частичным наполнением сечения трубопроводов позволяет:

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



Степень наполнения труб характеризуется отношением h/d (высоты слоя воды к диаметру трубы). Общесплавную и дождевую канализационную сеть рассчитывают на полное наполнение при максимальной интенсивности дождя.

В соответствии со СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» установлены следующие максимальные расчетные наполнения в трубопроводах круглого сечения:

Диаметр условного прохода труб, мм	Максимальное расчетное наполнение
До 200	0,60
От 200 до 400	0,70
От 400 до 1000	0,75
1000 и более	0,80

В начальных участках внутриквартальной и уличной канализации расчетный расход обычно невелик и его можно было бы пропустить по трубам небольшого диаметра. Однако практика показывает, что количество засорений в трубах геометрически растет с уменьшением диаметра. Поэтому при уменьшении диаметра эксплуатационные затраты на прочистку увеличиваются. Граничное значение расхода, при котором капитальные затраты на устройство сети равны эксплуатационным расходам на ее содержание – около 10 л/с.

Во избежание частого засорения труб и для удобства их прочистки в СН 4.01.02-2019 установлены *минимальные диаметры труб*, которые зависят от вида стоков, системы и сети водоотведения.

Вид водоотводящей сети	Системы водоотведения		
	Бытовая и производственная	Общесплавная	Дождевая
Уличная	200	250	250
Внутриквартальная и производственная	150	200	200

В населенных пунктах с расходом до 300 м³/сут для уличной сети допускается применение труб диаметром 150 мм, для производственной сети при соответствующем обосновании могут применяться трубы диаметром менее 150 мм.

Для создания нормальных условий работы водоотводящим сетям придают определенные уклоны, обеспечивающие течение сточных вод с *самоочищающимися* скоростями.

Проектирование сети ведут на так называемую *расчетную скорость течения*.

Минимальной незаиливающей расчетной скоростью называется наименьшая допустимая скорость протока сточных вод, при которой обеспечивается самоочищение труб и каналов.

В соответствии с СН 4.01.02-2019 следует принимать следующие минимальные расчетные скорости:

Диаметр условного прохода труб, мм	Минимальная расчетная скорость, м/с
До 200	0,70
300	0,80
400	0,80
500	0,90
600	1,00
800	1,00
1000	1,15
1200	1,20
1400	1,30
2000 и более	1,50

Максимальной расчетной скоростью называют наибольшую допустимую скорость течения, не вызывающую снижения механической прочности материала труб при истирающем действии песка и твердых веществ в стоках.

Для металлических труб значение максимальной скорости составляет не более 8 м/с, а для неметаллических – не более 4 м/с.

При проектировании водоотводящей сети минимальный уклон трубопровода можно определить по формуле:

$$i_{min} = 1/D,$$

где D – диаметр трубопровода в мм.

Трубы с начальным минимальным диаметром не рассчитываются, скорость и наполнение в них неизвестны, поэтому в СН 4.01.02-2019 приняты минимальные уклоны для труб диаметром 150 и 200 мм соответственно 0,008 и 0,007.

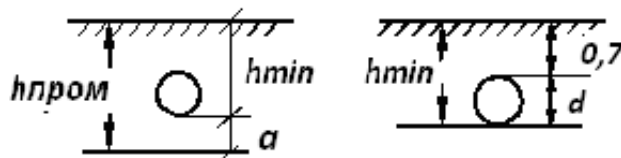
Стоимость и сроки строительства водоотводящей сети в значительной степени зависят от глубины заложения трубопроводов, которую принимают по возможности минимальной, учитывая следующие требования:

- защита труб от механических повреждений;
- предохранение сточных вод в трубопроводах от замерзания;
- обеспечение возможности присоединения к уличной сети внутриквартальных сетей.

Наименьшую глубину заложения лотка H для труб различных диаметров d определяют по формуле:

$$H = h_{\text{промерз.}} - (0,3 \dots 0,5) > (0,7 + d),$$

где $h_{\text{промерз.}}$ – нормативная глубина промерзания грунта, м



При *открытом* способе прокладки сети максимальная глубина заложения не должна превышать:

- в скальных грунтах – 4-5 м;
- в мокрых плавунах – 5-6 м;
- в сухих, песчаных – 7-8 м.

При *закрытом* способе производства работ (щитовая проходка) глубина заложения сети практически не ограничивается.

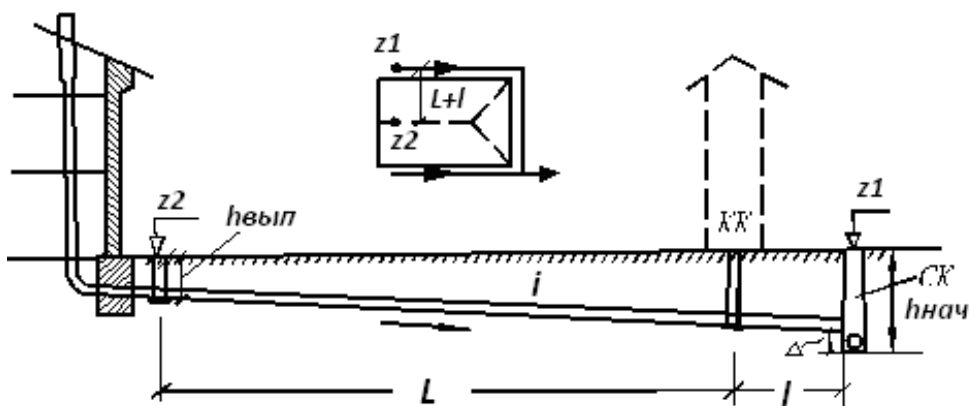
Начальную глубину заложения уличной сети определяют в зависимости от глубины заложения дворовой или внутриквартальной сети по формуле:

$$h_{\text{нач}} = h_{\text{вып}} + i(L + l) + Z_1 - Z_2 + \Delta$$

Z_1, Z_2 – отметки поверхности земли у колодца уличной сети и у наиболее удаленного колодца дворовой или внутриквартальной сети, м.;

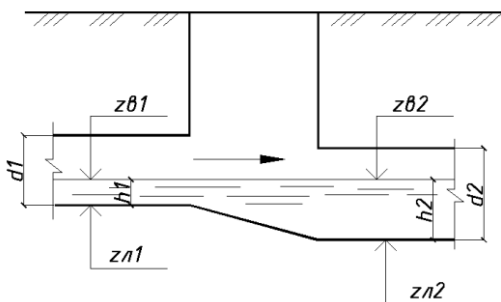
Δ – разница диаметров дворовой или внутриквартальной и уличной сети, м.

Для предохранения сети от повреждений тяжелым автотранспортом минимальную глубину заложения уличной сети следует принимать не менее 1,5 м. до верха трубы.



Соединение трубопроводов двух смежных участков водоотводящей сети производится тремя способами:

1. *По уровню воды.* Это сопряжение делают в тех случаях, когда глубина воды во второй трубе больше, чем в первой, т.е. $h_1 < h_2$. Как правило так соединяют трубы одного диаметра.



Отметки уровня воды в обеих трубах равны: $Z_{в1} = Z_{в2}$.

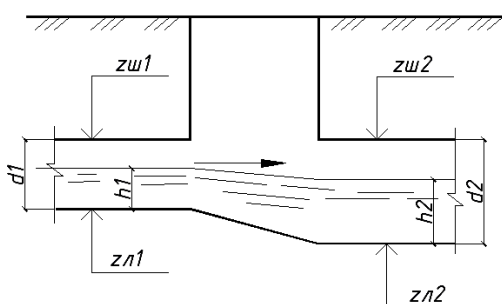
Отметка лотка трубы:

$$Z_n^2 = Z_n^1 - \Delta h = Z_n^1 - h_2$$

где $\Delta h = h_2 - h_1$.

2. *По шельгам.* Это соединение следует предусматривать в колодцах для трубопроводов разных диаметров в соответствии с СН 4.01.02-2019. При обосновании допускается соединение труб по расчетному уровню воды.

Глубина воды на первом участке меньше, чем на втором, и диаметр первой трубы тоже меньше, чем второй, т.е. $h_1 < h_2$ и $D_1 < D_2$



Отметки шельг обеих труб равны:

$$Z_{ш2} = Z_{ш1}.$$

Отметки поверхности воды:

$$Z_n^2 = Z_n^1 - \Delta h + \Delta d$$

Отметки лотка:

$$Z_n^2 = Z_n^1 - d_2 = Z_n^1 - \Delta d$$

2. Устройство и оборудование водоотводящих сетей

В соответствии с СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» для самотечных канализационных трубопроводов следует применять безнапорные пластмассовые, железобетонные, чугунные и хризотилцементные (асбестоцементные) трубы.

Для напорных канализационных трубопроводов следует применять напорные пластмассовые, железобетонные, стальные, чугунные и хризотилцементные (асбестоцементные) трубы.



Трубы из асбестоцемента устойчивы к химическим, а также биологическим воздействиям. Выпускаются диаметром 100-400 мм.

Достоинства:

- Длительный срок эксплуатации, который может достигать 100 лет.
- Высокая устойчивость к агрессивным веществам.
- Небольшой вес материала дает возможность значительно облегчить его монтаж.

- Гладкая внутренняя поверхность, что уменьшает возможность возникновения засора.

- Простота в монтаже. Все работы по прокладке трубопровода можно провести без использования какого-либо специального инструмента.

Недостаток: хрупкость и низкая стойкость к механическим повреждениям.

Чугунные трубы. Выпускаются диаметром 150-1000 мм.

Достоинства:

- высокая прочность, позволяющая трубопроводу выдерживать большие нагрузки;
- Долговечность;
- стойкость к перепадам температуры;
- довольно простой монтаж, предусматривающий использование раструбного способа.



Недостатки:

- Большой вес. Из-за тяжести элементов невозможно проложить чугунный трубопровод без применения спецтехники. Склонность к образованию отложений на поверхности: со временем это может привести к образованию засоров.

- Невозможность использования на ряде почв, особенно в солончаках. Достаточно высокая цена традиционных чугунных изделий.

Применяются в труднодоступных пунктах строительства; в просадочных грунтах, на подрабатываемых территориях; в местах переходов через водные преграды; под железными и автомобильными дорогами; в местах пересечения с трубопроводами питьевого водоснабжения; по опорам эстакад; в местах, где возможны механические повреждения труб.

Пластмассовые трубы. Изготавливаются из полиэтилена, ПВХ и полипропилена. Трубы из полиэтилена или полипропилена выпускают также двухслойными.



Достоинства:

- Морозоустойчивость. Изделия даже при полном замерзании не трескаются.
- Малый вес. Аналогично другим видам труб из пластика, монтаж систем выполняется без использования специального инструмента и техники.
- Устойчивость к возникновению на внутренних поверхностях осадочного налета.
- Абсолютная стойкость к коррозии.
- Износостойкость, даже при пропуске стоков с большим количеством песка.
- Неподверженность воздействию ультрафиолета, в связи с чем, могут применяться для устройства наружных коммуникаций.

Недостатки:

Ограничение максимальной рабочей температурой 60° и значительное температурное удлинение для труб ПВХ. В связи с этим труба ПВХ наружная не может использоваться для транспортировки горячей жидкости, что ограничивает ее сферу применения

Железобетонные трубы. Выпускаются диаметром от 400 до 2400 мм.



Достоинства:

- слабая подверженность коррозионным процессам;
- железобетонные изделия хорошо противостоят зарастанию;
- прочность на сжатие и растяжение;
- непроницаемость для жидкостей;
- стойкость к пониженным температурам;
- устойчивость к химическим и биологическим средам;
- высокая прочность;
- возможность производства серийным способом;
- небольшие затраты металла;
- относительно невысокая себестоимость.

Недостатки:

- большой вес;
- хотя изделия довольно устойчивы к коррозии, это не исключает ее появления, что приводит к выщелачиванию бетона, появлению наростов и истончению стенок.

Железобетонные трубы широко используются при строительстве бытовых и промышленных трубопроводов, по которым затем передаются производственные жидкости и канализационные стоки.

Для контроля за работой сети и ее прочистки устраивают *смотровые колодцы* в местах присоединения выпусков, на поворотах, в местах изменения диаметров и уклонов труб, на прямых участках на расстоянии не более 35 м при диаметре труб 150 мм и 50 м – при диаметре труб 200-450 мм. В зависимости от места расположения и назначения колодцы подразделяются на *линейные, поворотные, узловые, контрольные*.

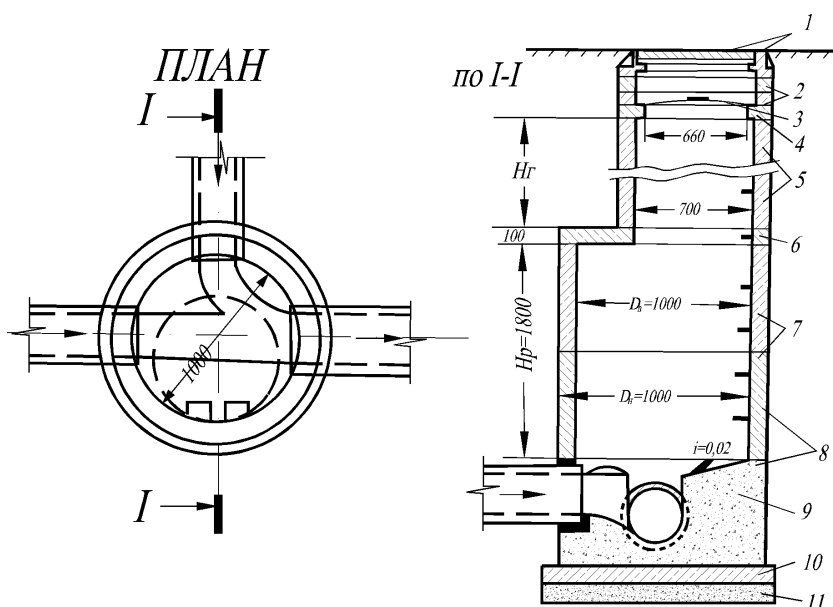
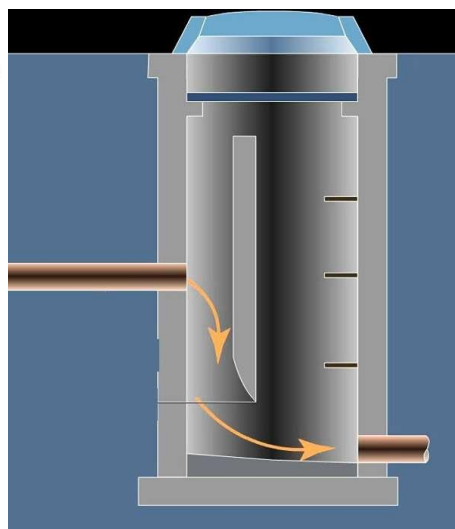
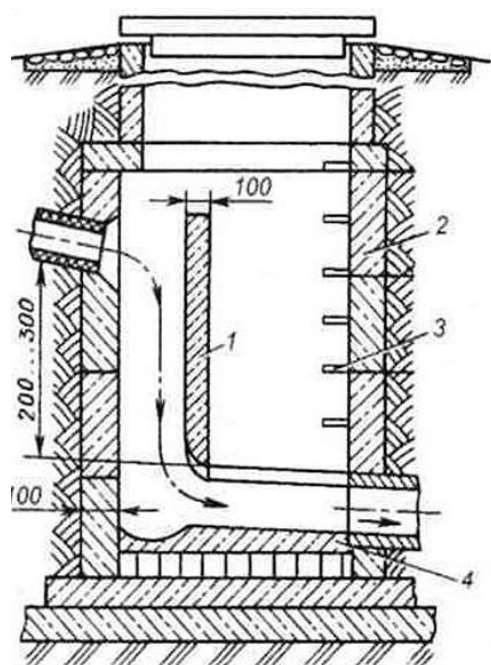


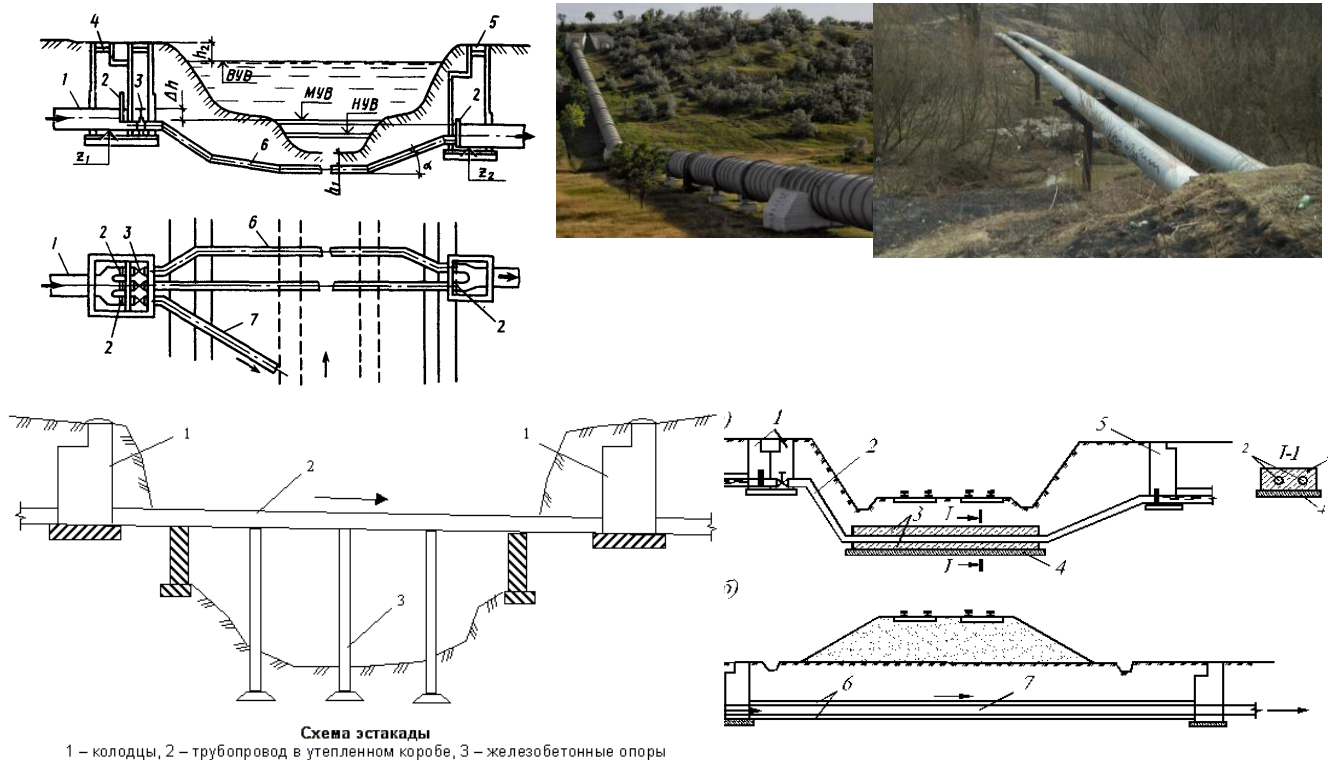
Схема устройства смотрового колодца: 1 – чугунный люк с крышкой; 2 – регулировочные камни (или кирпич); 3 – внутренняя крышка колодца; 4 – опорное кольцо; 5 – железобетонные стеновые кольца горловины колодца; 6 – плита перекрытия; 7 – железобетонные стеновые кольца рабочей камеры; 8 – ходовые скобы; 9 – набивной лоток; 10 – плита днища; 11 – песчаная или щебеночная подготовка.

Сопряжение труб, уложенных на разной глубине, осуществляется с помощью *перепадных колодцев*.



Перепадный колодец из железобетонных колец:
1 – перегородка;
2 – бетонное кольцо;
3 – скоба; 4 – лоток

При прокладке канализационной сети через реки, овраги и судоходные каналы, а также при пересечении сетей с железными и автомобильными дорогами предусматривают *дюкеры, эстакады и переходы*.



3. Проектирование, расчет и устройство дождевой сети

Система дождевого водоотведения может быть *открытого, закрытого и смешанного* типов. *Открытая* система представляет собой комплекс канав, кюветов, лотков и выпусков упрощенных конструкций, создаваемых при решении вопросов наружного благоустройства объектов.

Принципы трассирования *закрытой* ливневой сети аналогичны принципам трассирования бытовой канализационной сети. Ливневую сеть прокладывают вдоль городских проездов по кратчайшим расстояниям к водоемам, тальвегам и оврагам. При ширине проезда до 30 м ливневые сети рекомендуется трассировать в середине проезда, а при большей ширине – прокладывать в две линии по обеим сторонам проезда.

Атмосферные воды поступают в закрытую ливневую сеть через дождеприемники, представляющие собой колодцы, перекрытые приемной решеткой. В плане дождеприемники имеют прямоугольную или круглую форму. Дождеприемники располагают у бортовых камней проездов на расстоянии 50-80 м друг от друга.

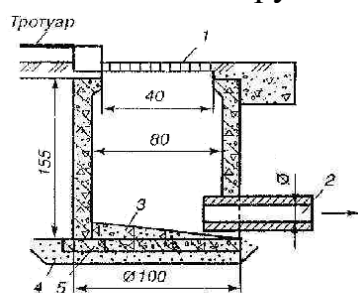
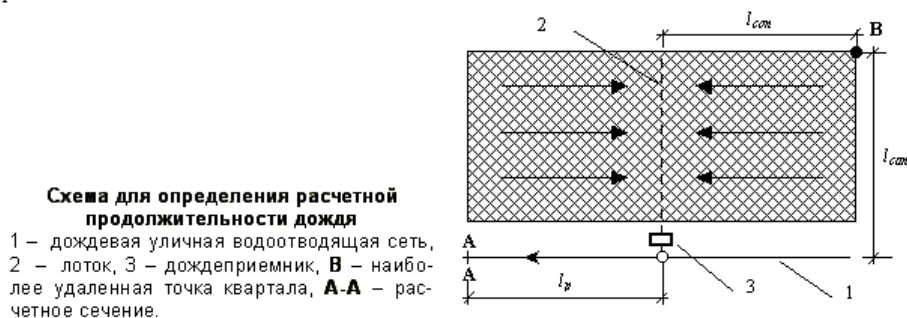


Схема дождеприемника.

1 – дождеприемная решетка; 2 – водоотводящая труба; 3 – лоток;
4 – песчаная подушка; 5 – основание.



Метод расчета дождевых сетей должен тесно увязывать метеорологические и гидравлические факторы действительных физических явлений. В ходе расчета определяются размеры и уклоны лотков, каналов и труб. Основным исходным данным является расчетный расход, который определяется по методу предельных интенсивностей прежде всего в зависимости от расчетного времени протока t_r до расчетного сечения.



Формула для расчетной продолжительности дождя:

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p,$$

где: t_{con} – продолжительность протекания дождевых вод до уличного лотка 2, t_{can} – продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемника 3; t_p – продолжительность протекания воды по подземным трубам до рассчитываемого сечения А-А.

Главной особенностью гидравлического расчета дождевых сетей является то, что величина расчетного расхода (по которому принимается диаметр и уклон трубы) связана с продолжительностью протока по сети, а значит, зависит от диаметра и уклона. По этой причине весь расчет приходится производить методом последовательных приближений.

Максимальный расход дождевого стока, рассчитанный по принципу предельных интенсивностей, определяется по следующей формуле:

$$Q_{max} = \Psi F q_t,$$

где F – расчетная площадь, Ψ – коэффициент стока, который зависит от рода поверхности (асфальт, грунтовая дорога, растительный слой), рельефа местности, а также от интенсивности дождя и его продолжительности, q_t – максимальная из равновероятных интенсивностей, отвечающая продолжительности t , равной времени добега от наиболее удаленной точки площади стока до расчетного сечения.

[Вернуться в оглавление](#)

Лекция № 15

Очистка сточных вод

1. Состав и свойства сточных вод. Виды загрязнений

2. Методы очистки сточных вод

3. Сооружения механической очистки

4. Сооружения биологической очистки

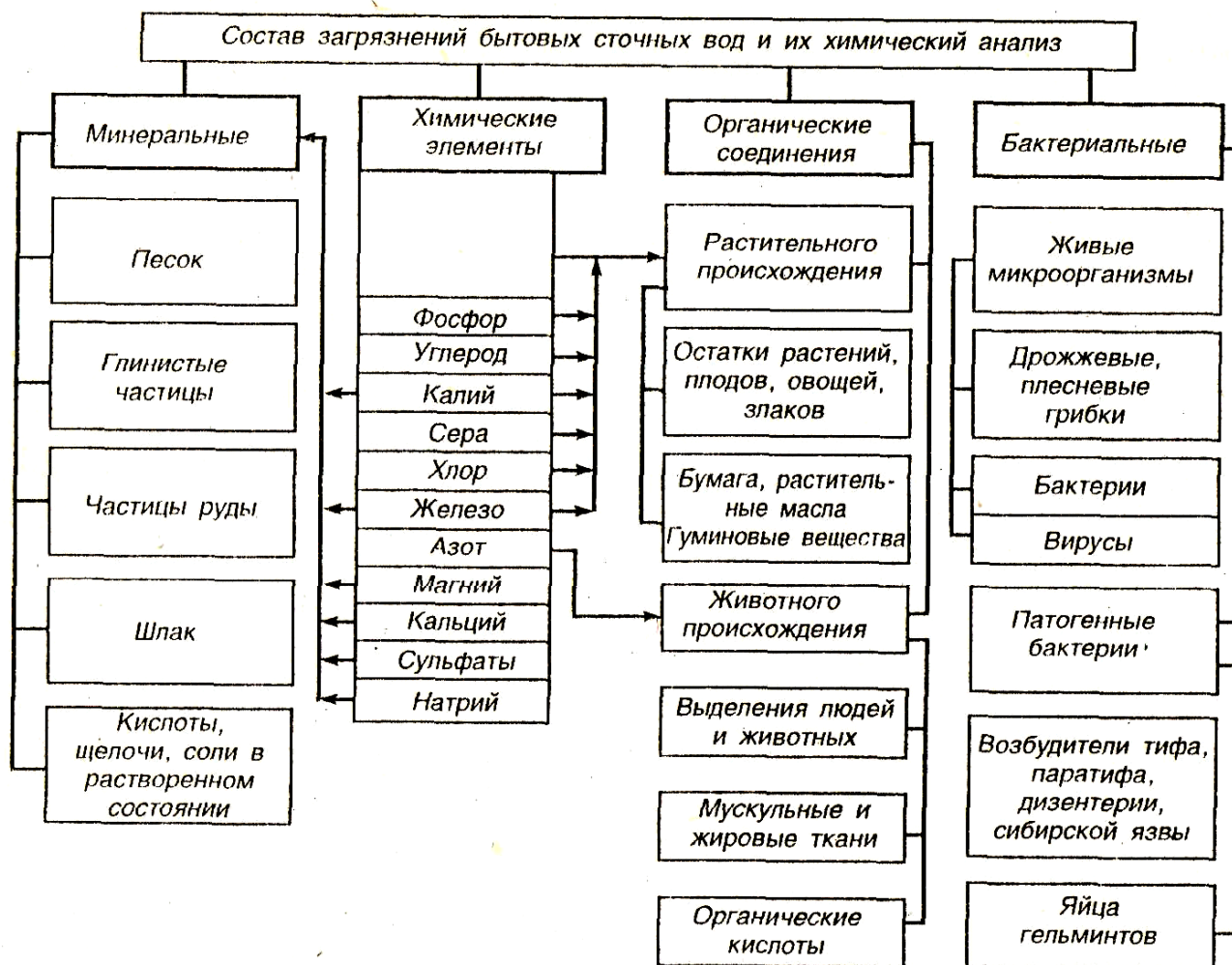
5. Сооружения доочистки сточных вод

6. Обеззараживание очищенных сточных вод

7. Сооружения для обработки осадка сточных вод

1. Состав и свойства сточных вод. Виды загрязнений





Качественная характеристика сточных вод включает большой перечень показателей, из которых определяющими для проектирования и расчета сооружений канализации являются:

- температура,
- содержание взвешенных и оседающих веществ,
- биохимическая и химическая потребности в кислороде (БПК и ХПК),
- величина pH,
- сухой и плотный остатки,
- содержание различных форм азота и фосфора,
- содержание синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ).

Биохимическое потребление кислорода (БПК) – количество кислорода, необходимого для полного биохимического окисления органических веществ, содержащихся в 1 литре воды при температуре 20°C (окисляются легкоокисляемые органические вещества). Выражается количеством кислорода в миллиграммах на 1 л (мг/л) или в граммах на 1 м³ (г/м³).

Химическое потребление кислорода (ХПК) – количество кислорода, пошедшее на окисление легко-, средне- и трудноокисляемых органических веществ, содержащихся в 1 литре воды до конечных минеральных продуктов окисления.

Содержание взвешенных веществ – один из главных показателей качества сточных вод, по которому рассчитывают сооружения для отстаивания и определяют количество образующихся осадков.

Содержание азотных форм и фосфора в сточных водах, так как они являются основными биогенными элементами питания микроорганизмов, обеспечивающих биологическую очистку сточных вод. Содержание биогенных элементов должно быть не менее 5 мг/л азота N и 1 мг/л фосфора P на каждые 100 мг/л БПКполн. Концентрация аммонийного азота в сточной воде является одним из дополнительных показателей ее загрязненности хозяйственно-бытовыми загрязнениями.

Биологические загрязнения в сточных водах представлены бактериями, вирусами, грибами, мелкими водорослями, гельминтами, поэтому сточные воды опасны в эпидемиологическом отношении.

Содержание синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) в сточных водах – группа химических соединений отрицательно влияет на работу очистных сооружений городских канализаций и санитарное состояние водоемов.

Содержание сульфатов и хлоридов в сточных водах определяют в качестве основных показателей минеральных загрязнений.

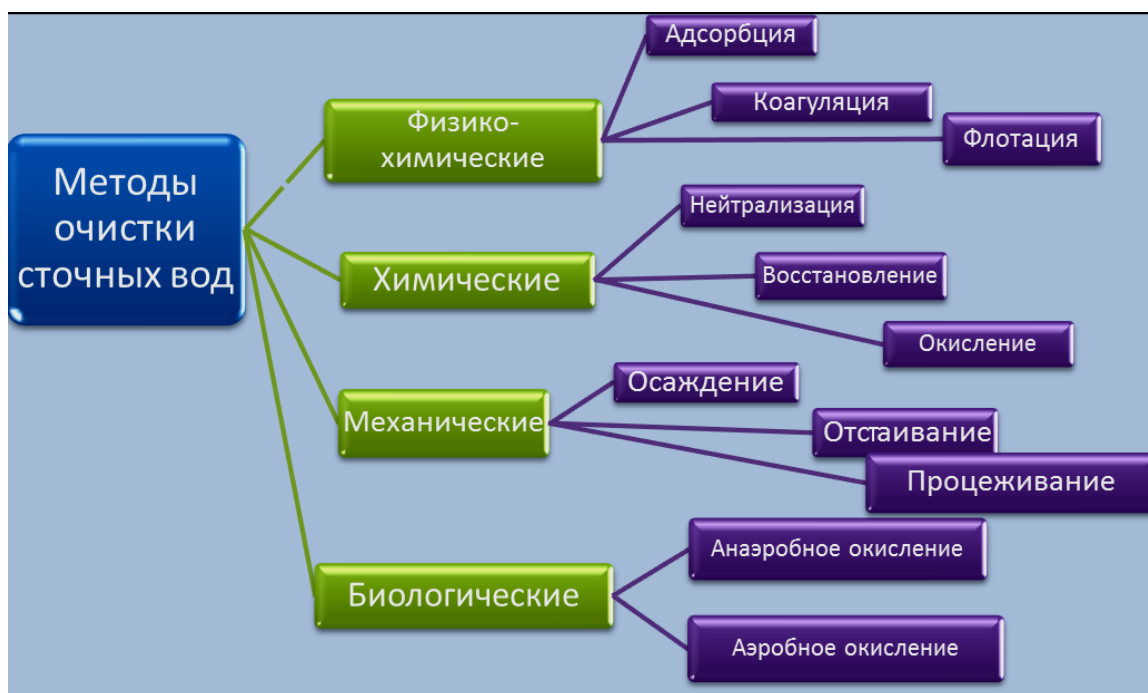
К группе *токсичных веществ* относятся железо, никель, медь, свинец, цинк, хром (особенно шестивалентный), мышьяк, сурьма, алюминий и т.д. Эти вещества при превышении их пороговых концентраций оказывают отрицательное воздействие на микрофлору, осуществляющую биологическую очистку сточных вод.

Концентрация поступающих в водоем загрязняющих веществ регламентируется разбавлением и прохождением комплекса химических, физико-химических и биологических процессов превращений и деструкции этих веществ, который называется *процессом самоочищения водоема*.

Анализ санитарно-химических показателей качества сточных вод и учет нормативных требований, предъявляемых к воде водоемов, которые являются приемниками сточных вод, позволяют определить необходимую степень очистки сточных вод.

2. Методы очистки сточных вод

Методы очистки сточных вод, общая технологическая схема, состав сооружений определяются в зависимости от требуемой степени очистки, количества сточных вод, климатических и других местных условий.



В результате *механической* очистки из сточных вод удаляются загрязнения, находящиеся в ней, главным образом, в нерастворенном и частично коллоидном состоянии. Для механической очистки используют решетки, песколовки, отстойники, жироловки, нефтеловушки, маслоотделители, гидроциклоны, фильтры и другие сооружения. Решетки служат для удаления крупных загрязнений (тряпье, бумаги и др., песколовки – для улавливания нерастворенных минеральных примесей (песка, шлака и др.), отстойники – для очистки сточных вод от взвешенных веществ. В результате механической очистки сточные воды должны быть очищены до состояния, когда их можно будет сбрасывать в грунт.

К *физико-химическим методам* относятся коагулирование, флотация, экстракция, сорбция, электролиз и др. При коагулировании в сточные воды вводят реагент, способствующий укрупнению частиц (коагуляции), вследствие чего увеличивается количество задержанных нерастворенных веществ. Такой вид очистки применяют для укоренения осаждения взвешенных веществ.

Флотацию применяют для удаления частиц, которые плохо отстаиваются, а также для удаления растворенных веществ, в том числе поверхностно-активных веществ, отходов нефтепереработки, производства искусственного волокна и целлюлозно-бумажного производства.

Адсорбция используется для глубокой очистки сточных вод в системах замкнутого водопотребления и доочистки сточных вод от органических веществ, в том числе и от биологически не разлагаемых. Адсорбция – это прилипание частиц, находящихся в очищаемой среде, к твердым веществам – сорбентам.

Ионообменные методы очистки применяют для извлечения из сточных вод металлов (медь, никель, свинец и т.д.), соединений фосфора, мышьяка, цианистых соединений, радиоактивных веществ. Метод позволяет утилизировать ценные вещества.

Биохимические методы применяют для очистки сточных вод от растворенных органических и некоторых неорганических (аммиак, сероводород и др.) веществ. Сущность биологической очистки состоит в окислении органических веществ микроорганизмами. Для проведения процесса очистки сточных вод используют два типа микроорганизмов: аэробные, для поддержания жизнедеятельности которых необходим кислород и температура не ниже 6°C; анаэробные, для жизнедеятельности которых доступ кислорода не нужен.

Различают биологическую очистку сточных вод в искусственно созданных условиях (биологические фильтры и аэротенки) и в условиях, близких к естественным (поля фильтрации и биологические пруды).

Химические методы очистки сточных вод используют для удаления растворенных загрязняющих веществ. К химическим методам очистки стоков относятся нейтрализация, окисление и восстановление. Эти методы связаны с расходом различных реагентов и поэтому дороги.

Окисление сточных вод проводят хлором, диоксидом хлора, перекисью водорода, кислородом воздуха, диоксидом марганца, перманганатом калия, озоном и др.

Нейтрализация сточной воды может быть проведена следующими способами: смешением кислых и щелочных стоков, образовавшихся на различных установках; добавлением реагентов; абсорбцией, кислых газов щелочными стоками или абсорбцией аммиака кислыми водами; фильтрованием кислых вод через нейтрализующие материалы.

Восстановление применяют для удаления из сточных вод соединений ртути, хрома, мышьяка, для чего в воду вводят сульфит железа, гидросульфит натрия, гидразин, сероводород или алюминиевую пудру.

В результате *механической очистки* из сточных вод удаляются загрязнения, находящиеся в ней, главным образом, в нерастворенном и, частично, коллоидном состоянии. Для механической очистки используют решетки, песколовки, отстойники, жироловки, нефтеловушки, маслоотделители, гидроциклоны, центрифуги, фильтры и др.

К *физико-химическим методам* относятся коагулирование, нейтрализация, экстракция, сорбция, электролиз и др. При коагулировании в сточные воды вводят реагент, способствующий укрупнению частиц (коагуляции), вследствие чего увеличивается количество задержанных нерастворенных веществ. Такой вид очистки применяют для ускорения осаждения взвешенных веществ.

Биологические методы очистки основаны на жизнедеятельности микроорганизмов, способствующих окислению и минерализации органических веществ, которые находятся в сточных водах в растворенном виде, в виде тонких суспензий или коллоидов. Биологическая очистка сточных вод осуществляется двумя методами: в условиях, близких к естественным (поля фильтрации), и в искусственно созданных условиях (биофильтры, аэротенки). Очистка сточных вод в естественных условиях происходит довольно медленно, значительно интенсивнее она осуществляется на биологических фильтрах и аэротенках.

Дезинфекция сточных вод производится хлором, хлорной известью или гипохлоритом натрия, озоном, ультрафиолетовым излучением.

Очистку сточных вод проводят последовательно на ряде сооружений; механическая очистка, как правило, предшествует биологической. Вначале сточные воды очищают от нерастворенных, а затем уже от растворенных органических загрязнений.

Обработка осадка, образующегося в процессе очистки сточных вод, заключается в предварительной стабилизации с последующим обезвоживанием в естественных (иловые площадки) или искусственных условиях (сооружения механического обезвоживания). При необходимости обезвоженные осадки могут подвергаться сушке или сжиганию.



Канализационные очистные сооружения



3. Сооружения механической очистки

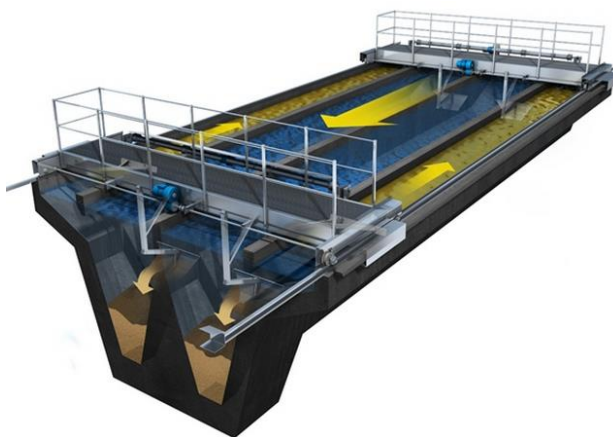
Механическая очистка сточной воды – отделение от сточной воды механических примесей: взвешенных веществ, крупных и мелких примесей. Это отделение происходит в блоке механической очистки сточных вод. Сооружения рассчитаны на отделение взвешенных веществ различных фракций, как крупных, так и мелких.



Решетка в технологической схеме блока механической очистки сточных вод занимает первое место и служит для задержания самых крупных примесей: палок, остатков пищи, бумаги, полиэтилена, и пр. Задерживаемые на решетках загрязнения собираются в специальных бункерах, затем их обеззараживают (посыпают хлоркой), после чего отходы вывозятся на полигоны технико-бытовых отходов.

Песколовка – сооружение блока механической очистки, рассчитанное на отделение от сточной воды минеральных примесей. Песколовки рассчитываются таким образом, что бы в них не задерживались органические примеси. Это достигается за счет того что в пескоулавливателях выдерживается определённая скорость течения жидкости, органические частички попросту не успевают осесть в песколовке. Широкое распространение для механической очистки получили *горизонтальные, горизонтальные с круговым движением воды, вертикальные, аэрируемые и тангенциальные* песколовки.

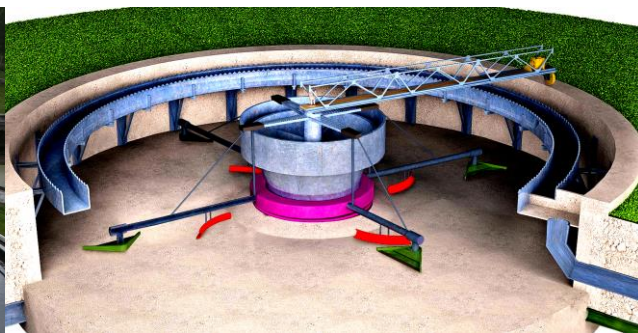
Осадок из песколовки транспортируется на песковые площадки или в бункера, в зависимости от производительности очистных сооружений.



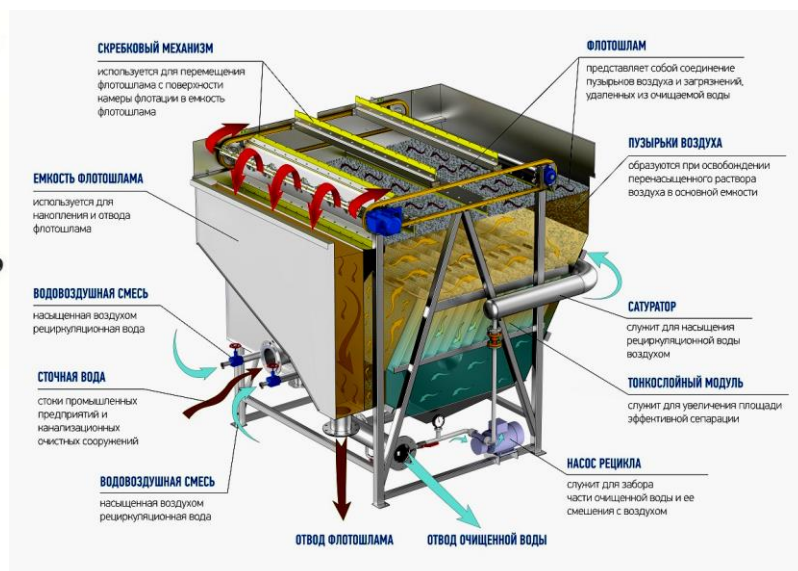
Первичные отстойники располагаются в конце технологической схемы механической очистки сточных вод и служат для гравитационного отделения взвешенных веществ, в основном это органические вещества, так как основная часть минеральных примесей удаляется в песколовке.

Отстойники бывают *горизонтальные*, *вертикальные* и *радиальные*. В первичных отстойниках за счет отделения органических веществ происходит снижение БПК.

Первичные отстойники применяются только на больших очистных сооружениях, так как снижение БПК при маленькой производительности очистных сооружений, может негативно влиять на количество питательных веществ необходимых для биологической очистки. Активному илу попросту может не хватать пищи (азота, фосфора и пр.), что приведет к его вымиранию.



Флотаторы применяются для механической очистки сточных вод, вместо первичных отстойников. Очистка сточной воды от взвешенных веществ во флотаторе происходит за счёт добавления в воду пузырьков воздуха, загрязнение притягивается к пузырьку и закрепляется на его поверхности, после чего пузырек всплывает на поверхность, образуя пену или пленку, которая легко поддается удалению. Флотаторы за счет эффективности применяемой технологии, позволяют существенно сократить площадь, которую будет занимать механическая очистка сточных вод. Осадок из флотаторов подается в отстойники, бункеры и другие сооружения обработки осадка механической очистки сточных вод.



4. Сооружения биологической очистки

Для биологической очистки сточных вод применяют аэротенки, биологические фильтры (биофильтры) или окситенки.

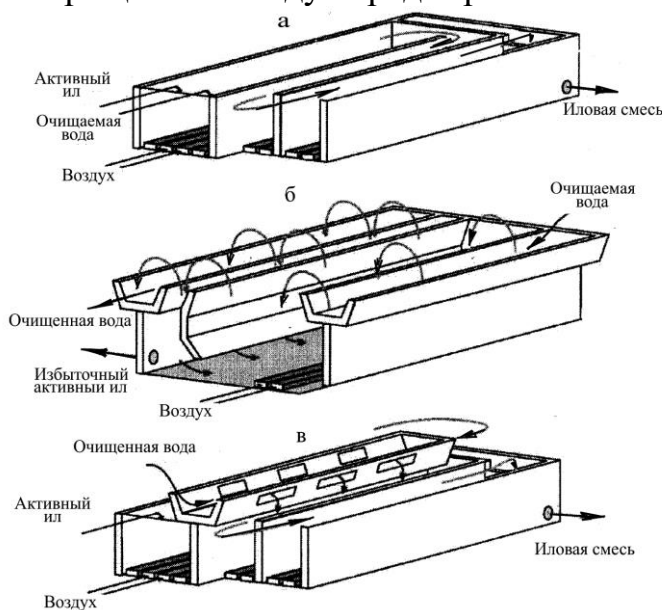
Аэротенки – это резервуары, в которые поступают сточная вода после механической очистки, активный ил и непрерывно подается воздух. Хлопья активного ила представляют собой биоценоз аэробных микроорганизмов минерализаторов (бактерий, простейших, червей и др.). Для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов необходима постоянная аэрация воды. Из аэротенка сточная вода в смеси с активным илом поступает во вторичные отстойники, где ил осаждается. Основная масса его возвращается в аэротенк, а вода подается в контактные резервуары для хлорирования - обеззараживания.



Для биологической очистки больших количеств сточных вод наиболее часто применяют *аэротенки* различных видов. Общими для всех аэротенков являются принципы их работы.

Очистка воды от загрязнений происходит с помощью активного ила – сообщества микроорганизмов, способных сорбировать на своей поверхности органические загрязнения и окислять их в присутствии кислорода воздуха. Ил

непрерывно циркулирует в системе – отделяется во вторичных отстойниках и возвращается в воду перед аэротенками.



Схемы аэротенков: а – вытеснения, б – смешения, в – с рассредоточенной подачей сточных вод и регенерацией активного ила

Биофильтры – сооружения, в которых создаются условия для интенсификации естественных биохимических процессов разложения органических веществ. Это резервуары с фильтрующим материалом, дренажем и устройством для распределения воды. Сточная вода с помощью распределительных устройств периодически разливается по поверхности загрузки, профильтровывается и отводится во вторичный отстойник. На поверхности фильтра постепенно созревает биопленка из различных микроорганизмов, способных перерабатывать органические вещества. Биофильтр состоит из следующих основных частей:

а) фильтрующей загрузки (тело фильтра) из шлака, гравия, керамзита, щебня, пластмасс, асбестоцемента, помещенной обычно в резервуаре с водопроницаемыми или водонепроницаемыми стенками;

б) водораспределительного устройства, обеспечивающего равномерное с небольшими интервалами орошение сточной водой поверхности загрузки биофильтра;

в) дренажного устройства для удаления отфильтровавшейся воды;

г) воздухораспределительного устройства, с помощью которого поступает необходимый для окислительного процесса воздух.



5. Сооружения доочистки сточных вод

Под доочисткой подразумеваются методы и процессы, дополняющие традиционные технологические схемы очистки сточных вод городов и населенных пунктов. Возможная степень удаления загрязнений в процессах доочистки практически не ограничена и определяется условиями сброса очищенных сточных вод или последующей их утилизации. К методам доочистки сточных вод городов и населенных пунктов относят:

- метод фильтрования, осуществляющийся на фильтрах с зернистой загрузкой, на сетчатых барабанных фильтрах;
- биологический метод, реализуемый традиционно в биологических прудах с естественной и искусственной аэрацией, а также на сооружениях доочистки, устроенных по принципу аэротенков с загрузкой;
- метод флотации, основанный на способности гидрофобных частиц прилипать к пузырькам газа (воздуха) и всплывать на поверхность с образованием пены;
- сорбционный метод удаления из очищенных вод остаточных растворенных органических загрязнений, например с использованием активированного угля;
- метод окисления остаточных растворенных загрязнений сильными окислителями (озон, хлор, двуокись хлора, перманганат калия и др.);
- различные методы доочистки вод от биогенных элементов (реагентные, ионообменные, биологические и т.д.);
- комбинации указанных методов.

Для удаления взвешенных веществ и БПК_{полн} до 6...8 мг/л после биологической очистки в стандартных аэротенках применяют *фильтры с зернистой загрузкой*. В них не развиваются микробиологические процессы и не изменяется содержание соединений азота и фосфора.

Фильтр представляет собой резервуар, загруженный зернистым материалом, через который вода просачивается сверху вниз или снизу вверх. Распределение воды по поверхности перед фильтрованием и сбор фильтрованной воды должны быть равномерными.

Озонирование как метод глубокой очистки биологически очищенных городских сточных вод, несмотря на высокую себестоимость, является универсальным, так как он позволяет одновременно снизить концентрацию загрязнений с одновременным обеззараживанием воды. Он позволяет одновременно снизить концентрацию загрязнений по ХПК, БПК, взвешенных веществ, ПАВ, фенолов, азота, канцерогенных веществ. Совмещение озонирования с процессом удаления взвеси флотацией в одном сооружении получило название озонофлотации.

Сорбцию осуществляют, как правило, после фильтров при необходимости снижения БПК_{полн} до 2...3 мг/л. В качестве сорбента применяют активированные угли различного класса или естественные сорбенты. Сорбцию проводят в фильтрах в статическом режиме

(фильтрация через неподвижную загрузку из зернистого гранулированного материала) или в динамическом режиме (контакт при интенсивном перемешивании с порошкообразным материалом).

Реагентное фильтрование производят с целью дополнительного удаления органических загрязнений после аэротенков, но главным образом для удаления фосфора.

6. Обеззараживание очищенных сточных вод

Из практики очистки сточных вод известно, что при первичном отстаивании количество бактерий группы кишечной палочки сокращается на 30-40%, а после вторичных отстойников на 90-95%. Следовательно, для полного освобождения сточных вод от патогенных бактерий и вирусов необходимо применение специальных методов обеззараживания.

Для дезинфекции сточных вод применяются:

- хлорирование,
- озонирование,
- ультрафиолетовое облучение.

В целях обеззараживания сточных вод наибольшее распространение получило *хлорирование* жидким хлором, хлорной известью или гипохлоритом натрия, полученным электролитическим путем. Доза хлора, необходимая для обеззараживания воды, зависит от количества болезнетворных бактерий, органических и неорганических веществ, способных к окислению, которые находятся в сточной воде.

При обеззараживании хлор должен быть хорошо перемешан с дезинфицируемой водой и находиться не менее 30 мин в контакте с ней. Контакт хлора со сточной водой осуществляется в сооружениях, называемых контактными резервуарами, а также в лотках и трубах до спуска воды в водоем.

Обеззараживание больших масс воды, как правило, осуществляется жидким хлором или гипохлоритом натрия; при малых количествах сточных вод (до 1000 м³/сут) применяют хлорную известь или гипохлорит натрия. Установка для дезинфекции сточной воды состоит из хлораторной, смесителя и контактных резервуаров.

Озонирование предполагает использование озона, являющегося одним из наиболее сильных окислителей. Озон действует на бактерии быстрее хлора и применяется в меньших дозах – 0,5...5 мг/л в зависимости от содержания в воде способных окисляться веществ.

При озонировании наряду с обеззараживанием происходят окисление и разрушение истинно растворенных и коллоидных органических примесей воды, что приводит к снижению цвета и запаха и исключает специальную обработку для этих целей, упрощая тем самым схему очистки воды.

Ультрафиолетовое обеззараживание относится к современным способам дезинфекции очищенных вод. Было замечено, что хлорирование воды приводит к образованию опасных побочных продуктов, большинство из

которых представляет опасность для здоровья людей. Вторым важным фактором в продвижении УФ-технологии явилась недостаточная эффективность хлорирования в отношении ряда микроорганизмов. Ультрафиолетовое обеззараживание оказалось идеальным решением обеих этих проблем, что и стало причиной бурного развития УФ-технологии во всем мире.

Бактерицидный ультрафиолет избирательно действует только на микроорганизмы, не оказывая воздействие на химический состав среды, что имеет место при использовании химических дезинфектантов.

Бактерицидное облучение действует почти мгновенно и, следовательно, вода, прошедшая через установку, может сразу же поступать непосредственно в систему оборотного водоснабжения или в водоем.

7. Сооружения для обработки осадка сточных вод

Состав и свойства осадков весьма разнообразны. Условно осадки можно разделить на три основные категории:

- минеральные;
- органические;
- избыточные активные илы.

Основные задачи современной технологии обработки осадков: превращение их в продукт, не вызывающий загрязнения окружающей среды; утилизация ценных компонентов осадков.

В зависимости от свойств осадков эти задачи решаются стабилизацией органической части осадков, естественным или искусственным обезвоживанием, сжиганием.

Стабилизация осадков – это процесс обработки осадков, в результате которого происходит разрушение биологически разлагаемой части органического вещества, что предотвращает загнивание осадков при длительном хранении на открытом воздухе (сушка на иловых площадках, использование в качестве сельскохозяйственных удобрений и т.п.).

Стабилизация проводится для уменьшения объема осадка и его обеззараживания. Стабилизация может осуществляться:

- в анаэробных условиях путем сбраживания осадков в метантенках,
- в аэробных условиях путем аэрирования осадков в стабилизаторах.

Технологические схемы обработки осадков включают следующие стадии: *уплотнение; обезвоживание; термическую сушку; сжигание.*

Анаэробное сбраживание применяется для обработки осадков промышленных сточных вод, содержащих сбраживаемые органические вещества, избыточных активных илов, а также их смеси. Сбраживание производится перед естественной сушкой осадка на иловых площадках, перед механическим обезвоживанием на фильтрах. При обезвоживании осадков на центрифугах, как правило, проводится их аэробная стабилизация. Сбраживание осадков с утилизацией газов брожения осуществляется в

метантенках в мезофильных (при температуре 30-35°C) или термофильных (при температуре 52-55°C) условиях.



В метантенках происходит щелочное (метановое) брожение. На современных очистных станциях сбраживанию обычно подвергается смесь сырого осадка и активного ила. Минерализация органических веществ осадка и ила в процессе брожения сопровождается выделением продуктов распада в газ и в иловую воду и приводит к значительным изменениям в химическом составе сброженной смеси.

Газ, получаемый в метантенках в результате процесса сбраживания осадка, используется на энергетические нужды канализационных станций.

При аэробной стабилизации производится длительное (в течение нескольких суток) аэрирование избыточного активного ила или его смеси с осадком первичных отстойников. Аэробная стабилизация применима в тех же случаях, что и анаэробное сбраживание. Аэробную стабилизацию рекомендуется применять на очистных сооружениях производительностью не более 80-100 тыс. м³/сут. Выбор того или иного метода стабилизации определяется технико-экономическими соображениями.

Для дополнительного снижения влажности осадки, выделенные в очистных сооружениях, *уплотняют*. Влажность осадков после уплотнения должна обеспечивать их свободное транспортирование по трубам.

Уплотнение илов производят в гравитационных уплотнителях, флотаторах.

Для *обезвоживания* осадков сточных вод используют вакуум-фильтры с наружной фильтрующей поверхностью: барабанные, барабанные со сходящим полотном, дисковые, ленточные.

Сжигание осадков производят в тех случаях, когда утилизация невозможна или нецелесообразна.

Сжиганию подлежат предварительно обезвоженные осадки. Аппараты для механического обезвоживания выбирают с учетом получения осадков такой влажности, при которой их можно сжигать без дополнительных затрат топлива. Осадки сжигают в печах кипящего слоя, в многоподовых печах, в барабанных печах.

[Вернуться в оглавление](#) 

2 Практический раздел

**Методические рекомендации к выполнению курсовой работы
«Водоснабжение и водоотведение жилого дома» по дисциплине
«Водоснабжение и водоотведение»**

Содержание

<i>Состав курсовой работы</i>	<i>150</i>
<i>1 Внутренний водопровод холодного водоснабжения.....</i>	<i>151</i>
<i>1.1 Выбор системы внутреннего водопровода, его устройство и трассировка</i>	<i>151</i>
<i>1.2 Составление аксонометрической схемы</i>	<i>153</i>
<i>1.3 Гидравлический расчет внутреннего водопровода.....</i>	<i>153</i>
<i>1.3.1 Определение расчетных расходов воды</i>	<i>154</i>
<i>1.3.2 Определение диаметров труб и потерь давления на расчетных участках.....</i>	<i>154</i>
<i>1.3.3 Подбор водомера</i>	<i>155</i>
<i>1.3.4 Определение требуемого давления</i>	<i>157</i>
<i>2 Внутренняя канализация.....</i>	<i>159</i>
<i>2.1 Устройство и трассирование внутренней канализации</i>	<i>159</i>
<i>2.2 Определение расчетных расходов сточных вод на канализационных стояках</i>	<i>161</i>
<i>2.3 Определение расчетных расходов сточных вод на канализационных выпусках.....</i>	<i>162</i>
<i>3 Дворовая канализационная сеть</i>	<i>164</i>
<i>3.1 Устройство дворовой канализационной сети</i>	<i>164</i>
<i>3.2 Определение расчетных расходов на участках дворовой сети</i>	<i>164</i>
<i>3.3 Гидравлический расчет дворовой канализационной сети</i>	<i>165</i>
<i>Расчет внутреннего водопровода холодного</i>	<i>166</i>
<i>водоснабжения.....</i>	<i>166</i>
<i>Расчет системы внутренней канализации</i>	<i>169</i>
<i>Гидравлический расчет дворовой канализационной сети</i>	<i>170</i>
<i>Литература</i>	<i>173</i>
<i>Приложение 1.</i>	<i>174</i>
<i>Приложение 2.</i>	<i>175</i>
<i>Приложение 3.</i>	<i>177</i>
<i>Приложение 4.</i>	<i>179</i>
<i>Приложение 5.</i>	<i>180</i>
<i>Приложение 6.</i>	<i>181</i>
<i>Приложение 7.</i>	<i>182</i>

Состав курсовой работы

1. Расчетно-пояснительная записка, включающая: титульный лист, состав проекта, задание на проектирование, оглавление, введение, основную часть, заключение, список литературы.

В расчетно-пояснительной записке должны быть приведены основные положения по выбору, конструированию, расчету внутренних систем водопровода и канализации. Объем пояснительной записки 15-20 страниц.

2. Графическая часть (1 лист формата А1):

генплан участка (М 1:500) с инженерными сетями с обозначением их основных параметров (диаметр, уклон, длина);

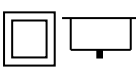
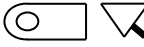
план типового этажа (М 1:100) с нанесением санитарных узлов, приборов, а также инженерных сетей В1, К1;

план подвала (М 1:100) с нанесением инженерных сетей В1, К1 с указанием их основных параметров (диаметр, уклон, длина);

аксонометрические схемы (М 1:100): внутреннего холодного водопровода (для всего здания), внутренней канализации (фрагмент, по одному выпуску, обслуживающему не менее двух стояков);

продольный профиль дворовой канализации (М^В 1:100, М^Г 1:500).

Условные обозначения и сокращения

В1	водопровод хозяйственно-питьевой.		манометр
В2	водопровод противопожарный		фильтр
В3	водопровод производственный		водомер (счетчик расхода воды)
К1	канализация бытовая		вентиль запорный (диаметром 15, 20, 25, 32, 40 мм)
К2	канализация дождевая (внутренние водостоки)		задвижка (диаметром 50 мм и более)
К3	канализация производственная		клапан обратный
Ст В1-1	стояк водопровода В1 по порядку нумерации 1-й		кран шаровый
Ст К1-1	стояк канализации К1 по порядку нумерации 1-й		мойка кухонная (на планах, разрезах и схемах)
	соединение трубопроводов		умывальник (на планах, разрезах и схемах)
	пересечение трубопроводов без соединения		ванна (на планах, разрезах и схемах)
	насос центробежного типа		унитаз (на планах, разрезах и схемах)
	смеситель для мойки или умывальника		колено (угол поворота 135°)

	смеситель с душевой сеткой		отвод (угол поворота 90°)
	смеситель общий для ванны и умывальника		тройник прямой (для стояков)
	прочистка (косой тройник с пробкой)		тройник косой (для горизонтальных участков)
	ревизия		крестовина прямая (для стояков)
	сифон (гидрозатвор) коленчатого типа		крестовина косая (для горизонтальных участков)
	сифон (гидрозатвор) для ванны		труба канализационная раструбная

1 Внутренний водопровод холодного водоснабжения

1.1 Выбор системы внутреннего водопровода, его устройство и трассировка

Водопроводная сеть в объеме, ограниченном наружными поверхностями ограждающих конструкций здания и водопроводным вводом, обеспечивающая подачу воды к санитарно-техническим приборам, пожарным кранам и технологическому оборудованию, называется *внутренним водопроводом*. Сети внутреннего водопровода бывают: 1) тупиковыми, которые применяют в хозяйственно-питьевых водопроводах при устройстве одного ввода; 2) кольцевыми, которые применяют в системах внутренних водопроводов, требующих непрерывной подачи воды; 3) комбинированными, которые применяют в крупных зданиях с большим разбросом водоразборных устройств; 4) зонными, при которых подача воды в здание производится не менее, чем по двум вводам, а в каждую зону – не менее, чем под двум стоякам из кольцевой магистральной сети (в высотных зданиях).

Системы внутреннего водопровода (хозяйственно-питьевого, производственного, противопожарного) включают: вводы в здание, водомерные узлы, разводящую сеть, стояки, подводы к санитарным приборам и технологическим установкам, водоразборную, смесительную, запорную и регулирующую арматуру. В зависимости от местных условий и технологии производства в систему внутреннего водопровода надлежит включать насосные установки и запасные и регулирующие емкости, присоединенные к системе внутреннего водопровода.

Материал трубопроводов сетей внутреннего водопровода выбирают в зависимости от требований к прочности материала и к качеству воды. В отечественной практике применяют стальные, пластмассовые и металлополимерные (металлопластиковые) трубы. Для устройства вводов водопровода рекомендуется применять чугунные напорные трубы класса А и Б по ГОСТ 9583-75.

Трассировкой сети называется размещение на водопроводной сети арматуры, фасонных частей, водопроводных колодцев и других деталей, которые показаны условными обозначениями (см. Приложение 1,2.). Трубы прокладывают по кратчайшим расстояниям, учитывая удобство монтажа труб, простоту и надежность крепления их к стенам, возможность свободного доступа к трубам и арматуре.

Вводом называется участок напорного трубопровода, проложенный в грунте ниже глубины промерзания и соединяющий внутренний водопровод с сетью наружного городского или производственного водопровода. Длина ввода определяется расстоянием между колодцем, в котором ввод присоединяется к наружной сети, и водомерным узлом, устанавливаемым внутри здания или в наружном водопроводном колодце. Ввод водопровода в здание состоит из узла присоединения к наружной сети водопровода, подземного участка трубопровода, проложенного от наружной сети до здания с уклоном 0,003 в сторону наружной сети для возможности его опорожнения. В местах присоединения вводов к наружным сетям городских и производственных водопроводов устраиваются колодцы с установленными в них задвижками, при диаметре вводов 40 мм и менее – вентилями. Ввод прокладывают из чугунных труб диаметром 50 мм и более, из стальных труб диаметром менее 50 мм. Количество вводов принимается на основании [1].

Для учета расхода воды применяют различного типа счетчики, которые устанавливаются на вводе в жилое здание. При диаметре ввода до 50 мм устанавливаются крыльчатые водомеры, при диаметре свыше 50 мм – турбинные водомеры.

Водомерный узел состоит из водомера, запорной арматуры и контрольно-спускного крана. Кроме того, водомерный узел включает обводную линию с установкой вентиля, который в обычное время запломбирован и находится в закрытом положении.

В зданиях водомеры размещают, открыто вблизи наружной стены в подвалах в прямых под лестничными клетками или под коридорами.

Магистральные трубопроводы служат для подачи воды к распределительным трубопроводам (стоякам). Магистральи могут прокладываться в подвале или под полом первого этажа (нижняя разводка), под потолком верхнего этажа или на чердаке (верхняя разводка). Магистральная сеть устраивается обычно открыто под потолком подвала с уклоном не менее 0,002 в сторону ввода.

Распределительные трубопроводы (стояки) служат для подачи воды к группам водоразборных приборов, установленных на разных этажах, а подводки – для подачи воды от стояка к отдельным водоразборным приборам. Стояки и подводки прокладывают двумя способами: открытой прокладкой (по колоннам, стенам) или скрытой прокладкой (в бороздах и каналах).

Подводки прокладывают на высоте 0,3 м от пола с уклоном 0,002-0,005 в сторону стояков для возможности выпуска воздуха из сети и спуска воды. На подводках в местах их ответвления от стояков устанавливают вентили.

1.2 Составление аксонометрической схемы

На аксонометрической схеме (см. Приложение 3) должны быть показаны все элементы внутреннего водопровода от водопроводного колодца на уличной сети: ввод водопровода, пересечение его со стеной подвала, водомерный узел, магистраль, стояки, поквартирные разводки и подводки к приборам, водоразборная арматура. Необходимо предусмотреть установку запорной арматуры (вентилей и задвижек) в следующих местах:

на каждом вводе; у основания стояков в зданиях высотой в три этажа и более; на ответвлениях, питающих пять и более водоразборных приборов; на ответвлениях в каждую квартиру; на подводках к смывным бачкам, к смывным кранам.

Кроме этого, следует проставить абсолютные отметки: поверхности земли, пола подвала и этажей, осей труб ввода, водомера, магистрали (с учетом уклона) и диктующего водоразборного устройства. На схеме необходимо обозначить расчетные участки и показать их диаметры, определенные в результате гидравлического расчета. Все стояки следует подписать (например, Ст. В1-1).

В тех случаях, когда близко расположенные стояки на чертеже накладываются друг на друга, следует отнести один из них на свободное место, как бы отсекая стояк у основания, точки отсечения соединить штриховой линией. Если планировка санузлов на всех этажах одинакова, можно ограничиться вычерчиванием всех разводящих трубопроводов по узлам только на верхних этажах, на остальных этажах на схеме можно показать только места и направления ответвлений трубопроводов от стояков до первого запорного вентиля.

Аксонометрическая схема строится без масштаба, но все же необходимо соблюдать некоторую соразмерность длин, участков и элементов системы. Это позволит обеспечить соответствие графического изображения системы ее реальному виду.

1.3 Гидравлический расчет внутреннего водопровода

Гидравлический расчет сети холодного водопровода начинают после конструктивного решения всей схемы системы холодного водоснабжения, вычерчивания аксонометрической расчетной схемы подающих трубопроводов всего расчетного здания.

Цель гидравлического расчета внутреннего холодного водопровода заключается в определении расчетных расходов, диаметров труб и потерь давления на расчетных участках и во всей системе таким образом, чтобы

обеспечить бесперебойное водоснабжение всех потребителей в здании с необходимым давлением.

Гидравлический расчет осуществляется в следующей последовательности:

Выбирается *диктующая* точка – наиболее удаленное от ввода и высоко расположенное водоразборное устройство.

Направление (путь), по которому движется вода к диктующей точке, является *расчетным*. В него входят: подводка к диктующему прибору, стояк, часть магистрали и ввод. Сеть разбивается на расчетные участки. Расчетным называется участок, расход воды на котором постоянный: участки трубопровода между точками присоединения подводов водоразборной арматуры к поквартирной разводке, квартирных разводов к стоякам, стояков к магистрали. Разбивка на расчётные участки осуществляется против хода движения воды, начиная от диктующей точки.

Определяется количество приборов, обслуживаемых расчетным участком. При этом поливочные краны в расчет не включаются.

1.3.1 Определение расчетных расходов воды

Гидравлический расчет внутреннего водопровода производят по максимальному секундному расходу воды, который определяется по формуле:

$$q^c = 5q_0^c \cdot \alpha, \text{ л/с}$$

где q_0^c – секундный расход холодной воды прибором, величину которого следует определять согласно [1];

α – коэффициент, определяемый по [1], в зависимости от произведения общего числа приборов N на расчетном участке сети и вероятности их действия P , вычисляемой по формуле:

$$P = \frac{q_{hr,u}^c \cdot U}{q_0^c \cdot N \cdot 3600}$$

где $q_{hr,u}^c$ – норма расхода холодной воды потребителем в час наибольшего потребления [1], л/час,

N – общее число санитарно-технических приборов в здании;

U – общее число водопотребителей в здании, чел., принимается по средней заселенности квартир.

1.3.2 Определение диаметров труб и потерь давления на расчетных участках

Скорость движения воды в трубопроводах внутренних систем водоснабжения следует принимать от 0,3 до 3 м/с [1]. Диаметры труб на расчетных участках назначают, исходя из расчетного расхода и

рекомендуемой скорости движения воды, которая не должна превышать 1,5 м/с в магистралях и стояках, в подводках – не более 2,5 м/с. Рекомендуется наиболее экономичная скорость 0,7-1,2 м/с. Минимальный диаметр труб – 15 мм.

После назначения диаметров труб на расчетных участках определяют потери давления:

$$h_l = i \cdot l, \text{ МПа}$$

где l – длина расчетного участка, м;

i – удельные потери давления на трение при расчетном расходе, определяемые по таблицам для гидравлического расчета систем холодного водоснабжения [6], МПа/м.

Результаты гидравлического расчета сети внутреннего холодного водопровода сводятся в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Гидравлический расчет внутреннего водопровода

№№ расчетных участков	Число приборов на расчетном участке N	Вероятность действия приборов P	N*P	α	$q^c = 5q_o^c \cdot \alpha$ л/с	Диаметр расчетного участка d, мм	Скорость воды v, м/с	Удельные потери давления 1000i, МПа/м	Длина расчетного участка l, м	Потери давления на участке H = i*l, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

1.3.3 Подбор водомера

На внутренних водопроводных сетях жилых и общественных зданий диаметром до 200 мм чаще всего применяют скоростные счетчики воды. Подразделяются они на две группы: крыльчатые, ось вращения которых перпендикулярна направлению движения жидкости, и турбинные с осью вращения турбины, расположенной параллельно направлению движения жидкости. Скоростные крыльчатые счетчики устанавливают при расчетном максимальном расходе воды до 15 м³/час и диаметрах трубопроводов 15...50 мм, турбинные – при большем расходе воды и диаметрах трубопроводов 50...250 мм. Счетчики расхода воды предназначены для установки на вводах внутренних водопроводных сетей (см. рис. 1.1.)

0,05 – для крыльчатых счетчиков;

0,025 – для турбинных счетчиков.

Потери давления в счетчиках определяют по формуле:

$$h_{сч} = S \cdot q^2$$

где S – гидравлическое сопротивление счетчика, МПа/(л/с)², принимаемое по паспортным данным изготовителя либо табл. 1.2;

q – расчетный расход воды, проходящий через водомер (расход воды на вводе), л/с.

Если потери давления в счетчике оказались меньше 20% от $h_{доп}$, то следует принять другой счетчик (меньшего калибра), чтобы он мог учитывать малые расходы воды.

1.3.4 Определение требуемого давления

При проектировании и расчетах систем внутреннего водопровода основным требованием является обеспечение подачи нормативного расхода к диктующему водоразборному устройству (наиболее высоко расположенному и удаленному от ввода прибору с максимальным рабочим давлением).

Гидростатическое давление в системе питьевого водопровода на отметке наиболее низко расположенного санитарно-технического прибора не должно превышать 0,6 МПа, а противопожарного, не более 1,0 МПа.

Задача расчета холодного водопровода состоит в определении требуемого давления в точке присоединения городской водопроводной сети и в сопоставлении результата с величиной гарантийного давления. При этом учитываются все сопротивления на вводе и в сети.

Требуемое давление внутреннего водопровода определяется из выражения:

$$H_{тр} = H_{геом} + h_{вв} + h_{сч} + h_l + h_m + H_f, \text{ МПа},$$

где $H_{геом}$ – геометрическая высота подъема воды (разность отметок диктующего водоразборного устройства и ввода):

$$H_{геом} = (z_{д.пр.} - z_{вв}) \cdot 0,01, \text{ МПа};$$

$z_{д.пр.}$ – геодезическая отметка оси диктующего прибора, м;

$z_{вв}$ – геодезическая отметка ввода, м;

$h_{вв}$ – потери давления на вводе, МПа;

$h_{сч}$ – потери давления в счетчике воды, МПа;

h_l – сумма потерь давления по длине на расчетных участках, МПа;

h_m – сумма местных потерь давления, МПа, для питьевого водопровода жилых и общественных зданий местные потери давления (в соединениях и фасонных частях труб) принимаются в размере 30% от потерь давления по длине труб [1];

H_f – свободное давление у диктующего водоразборного устройства, МПа, принимается по [1].

Полученную величину требуемого давления необходимо сравнить с величиной гарантийного давления.

Если в результате расчета требуемое давление меньше гарантийного на величину до 0,01 МПа, то повысительная насосная установка не требуется.

Если требуемое давление больше гарантийного на величину до 0,02 МПа, следует увеличить диаметры некоторых расчетных участков с целью уменьшения потерь давления в сети.

Если требуемое давление больше гарантийного давления на величину более 0,02 МПа, необходимо предусмотреть повысительную насосную установку.

Подбор насоса осуществляется по расчетной его подаче, равной расходу воды на вводе и давлению, определяемому из выражения:

$$H = H_{mp} - H_{gap} + h_{ny}, \text{ м}$$

где h_{ny} – потери давления в насосной установке (0,015-0,025 МПа).

Насосы присоединяют к сети после водомерного узла. Размещают насосные установки в тепловых пунктах, в сухом и теплом изолированном помещении высотой не менее 2,2 м. Не допускается размещение насосных установок под жилыми помещениями. Насосные агрегаты устанавливают на виброизолирующих основаниях, возвышающихся над уровнем пола не менее, чем на 20 см. Количество резервных насосов следует принимать: при количестве рабочих насосов 1-3 – один резервный насос, а при 4-6 рабочих – два резервных агрегата. При установке насоса целесообразно предусматривать устройство обводной линии с задвижкой и обратным клапаном в обход насосов. Для обвязки насосов применяют стальные трубы на сварке и фланцевые соединения с арматурой и насосами. На напорной линии каждого насоса устанавливают манометр, обратный клапан и задвижку или вентиль, а на всасывающей линии – задвижку.

Подачу хозяйственно-питьевых и производственных насосных установок следует определять по расчетному секундному расходу воды на вводе. Для подбора насосов можно использовать таблице 1.3.

Таблица 1.3. Подбор повысительной насосной установки

Марка насосов	Подача, м ³ /ч	Давление	
		МПа	м. вод. ст.
UPA 15-90, Grundfos	1,5	0,08	8
«Джилекс Джамбо 60/35» Н-К	3,6	0,35	35
BPE 5000/55, Karcher	3,6	0,55	55
Wilo PB-088-EA	2,4	до 0,095	до 9,5
Wilo PB-200-EA	3,3	0,08	8
Wilo PB-400-EA	4,7	0,2	20
WESTER WPA 15-90	0,4-1,5	0,02-0,09	2-9
WESTER WPA 20-120	0,4-2,7	0,02-0,12	2-12

2 Внутренняя канализация

2.1 Устройство и трассирование внутренней канализации

Система внутренней канализации состоит из следующих основных элементов:

1) приемники сточных вод. Понятие «приемники сточных вод» включает и санитарные приборы, предназначенные для санитарно-гигиенических процедур (унитазы, умывальники, ванны) и хозяйственно-бытовых нужд (раковины, мойки). Все санитарные приборы жилых зданий оборудуются гидравлическими затворами (сифонами), для того, чтобы газы, образующиеся в сети канализации, не проникали в помещение, где находятся люди. В некоторых санитарно-технических приборах гидравлические затворы уже входят в их конструкцию (унитазы, писсуары), поэтому после них установка отдельных сифонов не требуется.

2) внутренняя канализационная сеть здания, состоящая из отводных трубопроводов от санитарно-технических приборов; стояков, коллекторов (горизонтальных трубопроводов, объединяющих несколько стояков), вытяжных труб, устройств для прочистки и выпусков во внутриквартальную (дворовую) сеть.

3) дворовая канализационная сеть.

Отводные трубы от приемников сточных вод до стояков прокладывают открыто, по стенам, над полом, за приборами. Диаметры отводных труб принимаются, как правило, следующие:

- от умывальника: 32 или 40 мм;
- от раковины или мойки: 50 мм;
- от ванны: 50 мм;
- от унитаза: 100 мм.

Минимальный уклон прокладки отводных труб диаметром 50-80 мм – 0,03, максимальный – не должен превышать 0,15 (за исключением ответвлений от приборов длиной до 1,5 м).

Стояки устраивают по всей высоте здания в местах размещения приемников сточных вод открыто – у стен, перегородок или скрыто – в монтажных шахтах, бороздах, по возможности, ближе к прибору с максимальным расходом стоков. Стояки прокладываются вертикально и размещаются вблизи приемников сточных вод (в туалетах, кухнях), через которые отводится наиболее загрязненная жидкость (унитазы, мойки). По всей высоте стояки должны иметь одинаковый диаметр, который надлежит принимать в зависимости от величины расчетного расхода сточных вод, наибольшего диаметра поэтажного отвода и угла его присоединения к стояку. Присоединение к стояку необходимо осуществлять с применением косых крестовин и тройников. Вытяжная часть канализационного стояка выводится

через кровлю на высоту 0,3 м – от плоской неэксплуатируемой кровли или на 0,5 м – от скатной кровли.

На канализационной сети для устранения засоров следует предусматривать установку *ревизий* (устройств, позволяющих прочищать трубу в обоих направлениях) и *прочисток* (устройств, необходимых для прочистки трубы только в одном направлении): на стояках при отсутствии на них отступов – в нижнем и верхнем этажах, а при наличии отступов – также и в вышерасположенных над отступами этажах; в жилых зданиях высотой 5 этажей и более – не реже, чем через три этажа; в начале участков (по движению стоков) отводных труб при числе присоединяемых приборов 3 и более, под которыми нет устройств для прочистки; на поворотах сети – при изменении направления движения стоков, если участки трубопроводов не могут быть почищены через другие участки. Высота от пола до центра ревизии должна составлять 1 м.

На горизонтальных участках канализационной сети устройства для прочистки следует предусматривать в том случае, если на участке трубопровода имеет место поворот, который не может быть прочищен через другие участки. А также на длинных горизонтальных участках сети диаметром 100 и 150 мм следует устанавливать прочистные устройства не реже чем через каждые 15 м.

Выпуски предназначены для отвода сточных вод от стояков в дворовую или внутриквартальную сети канализации. Диаметр выпуска следует определять расчетом. Он должен быть не менее диаметра наибольшего из стояков, присоединяемых к данному выпуску. Стояк с выпуском соединяют двумя отводами, каждый из которых имеет угол 135°. Наименьшая длина выпуска от наружной стены до смотрового колодца 3 м. Выпуски следует предусматривать с уклоном не менее 0,02.

Как правило, дворовая сеть прокладывается на расстоянии 3-5 м от стены здания. Выпуски присоединяют к смотровым колодцам дворовой сети с перепадом (до 0,3 м) или «шелыга в шелыгу» под углом 90°, считая по движению воды. Обычно на один выпуск приходится 1-3 стояка (если здание высотой до 10-11 этажей). В случае более высокого здания или подсоединения к выпуску трех и более стояков его проверяют на пропускную способность, таким образом, чтобы при определенном расходе сточных вод, заданном диаметре 100 мм и минимальном уклоне 0,02, скорость была бы более 0,7 м/с, а наполнение было в пределах 0,3...0,5. Это значит, что расчетный расход сточных вод на выпуске будет пропущен назначенным диаметром. В противном случае придется увеличивать уклон трубы или ее диаметр.

Для устройства сетей внутренней бытовой канализации применяют полимерные, чугунные, бетонные, железобетонные, асбестоцементные трубы.

Вентиляцию сети необходимо предусматривать через вентиляционные стояки, присоединяемые к высшим точкам трубопроводов, вытяжная часть

которых выводится через кровлю или сборную вентиляционную шахту здания на высоту 0,3 м (плоская кровля) или 0,5 м (скатная кровля).

В курсовом проекте вычерчивается аксонометрическая схема внутренней канализации только для одного выпуска. Схему отводных труб в квартире для каждого стояка на аксонометрической схеме можно вычерчивать также только для одного этажа. На ней необходимо показать условными обозначениями все фасонные части, санитарно-технические приборы, указать высоту их установки над полом, гидравлические затворы. На всех участках сети необходимо показать длину-диаметр-уклон (l-d-i). На стояке и горизонтальных коллекторах необходимо показать ревизии и прочистки, указать высоту их установки и подписать. Кроме этого, необходимо показать выход вентиляционной части стояка на крышу. Стояки необходимо подписать. На всех этажах (по одному стояку) необходимо показать отметки полов. На аксонометрической схеме по выпуску должны быть указаны номера смотровых колодцев, их глубина, отметки лотков выпуска (у здания и колодца) и дворовой канализационной сети, поверхности земли у здания и смотрового колодца, а также длину-диаметр-уклон выпуска. Фрагмент аксонометрической схемы внутренней канализации представлен в Приложении 4.

2.2 Определение расчетных расходов сточных вод на канализационных стояках

Сети внутренней канализации рассчитывают на максимальный секунднй расход сточных вод.

Определение расчетных расходов сточных вод на канализационных стояках ведется в следующей последовательности:

1) определяется вероятность действия приборов по формуле:

$$P = \frac{q_{hr,u}^{tot} \cdot U}{q_0^{tot} \cdot N \cdot 3600}$$

где $q_{hr,u}^{tot}$ - общая норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/час [1];

N – общее число санитарно-технических приборов на стояке;

U – общее число жителей, обслуживаемых расчетным стояком, чел.;

2) вычисляется произведение общего числа санитарно-технических приборов N на стояке и вероятности их действия P ;

3) подбирается коэффициент α в зависимости от произведения общего числа приборов N на расчетном стояке и вероятности их действия P (по приложению 6);

4) вычисляется общий максимальный расход сточных вод по формуле:

$$q^{tot} = 5q_0^{tot} \cdot \alpha, \text{ л/с}$$

где q_0^{tot} – общий расход воды, л/с, санитарно-техническим прибором (арматурой), величину которого следует определять согласно [1];

5) рассчитывают максимальный секундный расход сточных вод по формуле:

при $q^{\text{tot}} \leq 8$ л/с

$$q_s = q^{\text{tot}} + q_o^s, \text{ л/с}$$

где q_o^s – расход стоков от прибора с максимальным водоотведением, л/с, величину которого следует определять согласно приложению 7;

при $q^{\text{tot}} \geq 8$ л/с

$$q_s = q^{\text{tot}}, \text{ л/с}$$

Диаметр канализационного стояка надлежит принимать по табл. 2.1, в зависимости от величины расчетного расхода сточной жидкости q_s , л/с, наибольшего диаметра поэтажного отвода трубопровода и угла его присоединения к стояку.

Таблица 2.1. Максимальная пропускная способность вентилируемого канализационного стояка

Диаметр поэтажного отвода	Угол присоединения поэтажного отвода к стояку, град.	Максимальная пропускная способность вентилируемого канализационного стояка, л/с, при его диаметре, мм			
		50	85	100	150
	90	0,8	2,8	4,3	11,4
50	60	1,2	4,3	6,4	17,0
	45	1,4	4,9	7,4	19,6
	90	—	—	3,2	8,5
100	60	—	—	4,9	12,8
	45	—	—	5,5	14,5
	90	—	—	—	17,2
150	60	—	—	—	11,0
	45	—	—	—	12,6

Примечание: Диаметр канализационного стояка должен быть не менее наибольшего диаметра поэтажных отводов, присоединенных к этому стояку.

2.3 Определение расчетных расходов сточных вод на канализационных выпусках

Для каждого выпуска расчет ведется отдельно в следующей последовательности:

1) определяется вероятность действия приборов по формуле:

$$P = \frac{q_{hr,u}^{\text{tot}} \cdot U}{q_0^{\text{tot}} \cdot N \cdot 3600}$$

где $q_{hr,u}^{tot}$ – общая норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/час, [1];

N – общее число санитарно-технических приборов на расчетном выпуске (на всех стояках, присоединяемых к данному выпуску);

U – общее число водопотребителей, обслуживаемых расчетным выпуском, чел.;

2) вычисляется произведение общего числа санитарно-технических приборов N на выпуске и вероятности действия приборов P ;

3) подбирается коэффициент α в зависимости от произведения общего числа приборов N на расчетном выпуске и вероятности их действия P (по приложению 6);

4) вычисляется общий максимальный расход воды по формуле:

$$q^{tot} = 5q_0^{tot} \cdot \alpha, \text{ л/с}$$

где q_0^{tot} – общий расход воды, л/с, санитарно-техническим прибором (арматурой), величину которого следует определять согласно [1];

5) рассчитывают максимальный секундный расход сточных вод по формуле:

при $q^{tot} \leq 8 \text{ л/с}$

$$q_s = q^{tot} + q_0^s, \text{ л/с}$$

где q_0^s – расход стоков от прибора с максимальным водоотведением, л/с, величину которого следует определять согласно приложению 7;

при $q^{tot} \geq 8 \text{ л/с}$

$$q_s = q^{tot}, \text{ л/с}$$

Диаметр выпуска должен быть не менее диаметра наибольшего из стояков, присоединяемых к данному выпуску. Гидравлический расчет выпусков следует производить расчетом, назначая скорость движения жидкости v , м/с, и наполнение h/d таким образом, чтобы было выполнено условие:

$$v \sqrt{\frac{h}{d}} \geq K$$

где $K = 0,5$ – для трубопроводов из пластмассовых и стеклянных труб;

$K = 0,6$ – для трубопроводов из других материалов.

При этом скорость движения жидкости должна быть не менее 0,7 м/с, а наполнение трубопроводов – не менее 0,3. Скорости v и наполнения h/d подбираются по [7] в зависимости от расхода q^s , диаметра d и уклона i .

В тех случаях, когда выполнить это условие не представляется возможным из-за недостаточной величины расхода бытовых сточных вод, безрасчетные участки трубопроводов диаметром 40-50 мм следует прокладывать с уклоном 0,03, а диаметром 85 и 100 мм – с уклоном 0,02.

3 Дворовая канализационная сеть

3.1 Устройство дворовой канализационной сети

Дворовая сеть принимает сточную жидкость из выпусков зданий. В местах присоединения выпусков к дворовой канализационной сети устраиваются смотровые колодцы. Последний колодец дворовой канализационной сети называют контрольным.

Дворовую канализационную сеть прокладывают параллельно фасаду здания, по кратчайшему расстоянию к уличному коллектору, с наименьшей глубиной заложения труб. Дворовая сеть устраивается из асбестоцементных или пластмассовых труб.

3.2 Определение расчетных расходов на участках дворовой сети

Смотровые колодцы на дворовой сети обозначаются КК1, КК2 и т.д. в зависимости от количества выпусков.

Определяется вероятность действия приборов по формуле:

$$P = \frac{q_{hr,u}^{tot} \cdot U}{q_0^{tot} \cdot N \cdot 3600}$$

где $q_{hr,u}^{tot}$ – общая норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/час [1];

N – общее число санитарно-технических приборов в здании;

U – общее число жителей в здании, чел.

Для каждого участка дворовой сети расчет ведется отдельно в следующей последовательности:

1) вычисляется произведение общего числа санитарно-технических приборов N на расчетном участке (на всех выпусках, относящихся к данному участку) и вероятности действия приборов P ;

2) подбирается коэффициент α в зависимости от произведения общего числа приборов N на расчетном участке и вероятности их действия P (по приложению 6);

3) вычисляется общий максимальный расход воды по формуле:

$$q^{tot} = 5q_0^{tot} \cdot \alpha, \text{ л/с}$$

где q_0^{tot} – общий расход воды, л/с, санитарно-техническим прибором (арматурой), величину которого следует определять согласно [1];

4) рассчитывают максимальный секундный расход сточных вод по формуле:

при $q^{tot} \leq 8 \text{ л/с}$

$$q_s = q^{tot} + q_0^s, \text{ л/с}$$

где q_0^s – расход стоков от прибора с максимальным водоотведением, л/с, величину которого следует определять согласно приложению 7;

при $q^{tot} \geq 8$ л/с

$$q_s = q^{tot}, \text{ л/с}$$

3.3 Гидравлический расчет дворовой канализационной сети

Гидравлический расчет дворовой канализационной сети заключается в определении диаметров труб, скоростей движения сточной жидкости, уклонов, наполнения, а также глубины заложения труб. Результатом гидравлического расчета канализационной сети является построение ее продольного профиля. Для гидравлического расчета используются [7].

При гидравлическом расчете канализационной сети необходимо выполнить ряд следующих требований:

- 1) минимальный диаметр труб принимается 150 мм;
- 2) скорость движения сточной жидкости рекомендуется принимать не менее 0,7 м/с;
- 3) уклон труб назначается не менее 0,008 при Ø150;
- 4) максимальное наполнение не должно превышать 0,6 для труб диаметром 150-250 мм;
- 5) на канализационной сети не должно быть подпоров, т.е. лоток трубы в конце участка не должен находиться выше, чем лоток трубы в начале участка;
- 6) Расчетные участки в местах их соединения должны выравниваться по уровням воды (при одинаковом диаметре труб) или по шельгам (при разных диаметрах труб), в колодце ГК трубы соединяются по шельгам;
- 7) при необходимости перепада, последний устраивается в контрольном колодце;
- 8) отметка лотка трубы в колодце КК1 вычисляется по следующим формуле:

$$\nabla_{\text{лотка КК1}} = \nabla_{\text{пов.земли}} - h_{\text{промерз.}} + 0,3, \text{ м}$$

При гидравлическом расчете начальная глубина заложения трубопровода должна быть не менее 0,7 м от верха трубы ($0,7 + d$). Допускается принимать заложение труб менее наибольшей глубины промерзания грунта в данном районе на 0,3 м при диаметре труб до 500 мм. Должно выполняться условие:

$$h_{\text{зал.}} = \nabla_{\text{пов.земли}} - \nabla_{\text{лотка КК1}} > h_{\text{min}} = 0,7 + d$$

Построение продольного профиля дворовой канализационной сети (см. Приложение 5) ведется после заполнения таблицы 3.1.

Таблица 3.1. Гидравлический расчет канализационной сети

№ участка сети	Длина участка сети L, м	Расчетный расход Q, л/с	d, мм	Уклон i	Скорость v, м/с	Наполнение		Падение уклона, H = i·L, м
						$\frac{h}{d}$	h, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Отметки, м						Глубина заложения лотка, м	
Поверхность земли, м		Поверхность воды, м		Поверхность лотка, м		В начале участка	В конце участка
Н	К	Н	К	Н	К		
10	11	12	13	14	15	16	17

Пример расчета

Исходные данные: Населенный пункт находится в Витебской области. Вид потребителей воды – жилые дома квартирного типа с водопроводом и канализацией, с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками, с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами. Кровля плоская. Количество этажей в здании – 5, высота этажа (от пола до пола) – 2,8 м, высота подвала (от пола первого этажа до пола подвала) – 2,2 м, отметка пола первого этажа – 90,1 м, отметка поверхности земли участка – 89 м, гарантийное давление в сети – 0,2 МПа, норма водопотребления – 180 л/сут·чел., глубина промерзания – 1 м, отметка лотка трубы в городском колодце – 85,5 м. Количество проживающих в здании по средней заселенности квартир (количество комнат + 1 без учета кухонь) – $U = ((1+1)+(2+1)+(3+1)) \cdot 5 = 45$ чел. Планы типового этажа и подвала – Приложения 1, 2.

Расчет внутреннего водопровода холодного водоснабжения

Для устройства внутреннего водопровода приняты трубы стальные (газовые) ГОСТ 3262-75. Составляется аксонометрическая схема внутреннего холодного водопровода (см. Приложение 3).

Выбирается расчетное направление, которое разбивается на расчетные участки – от диктующего прибора до обводной линии водомерного узла.

Определяется вероятность действия приборов:

$$P = \frac{q_{hr,u}^c \cdot U}{q_o^c \cdot N \cdot 3600} = \frac{5,6 \cdot 45}{0,2 \cdot 60 \cdot 3600} = 0,0058$$

где $q_{hr,u}^c$ – норма расхода холодной воды потребителем в час наибольшего потребления [1], $q_{hr,u}^c = 5,6$ л/час;

q_o^c – секундный расход холодной воды прибором, величину которого следует определять согласно [1]; $q_o^c = 0,2$ л/с;

N – общее число санитарно-технических приборов в здании, $N = 60$;

U – общее число водопотребителей в здании, $U = 45$ чел.

Результаты гидравлического расчета сети внутреннего холодного водопровода сводятся в таблицу.

Гидравлический расчет внутреннего холодного водопровода

№№ расчетных участков	Число приборов на расчетном участке N	Вероятность действия приборов P	N*P (приложение 6)	α (приложение 6)	$q^c = 5q_o^c \cdot \alpha$ л/с	Диаметр расчетного участка d, мм	Скорость воды v, м/с	Удельные потери давления 1000i, МПа /км	Длина расчетного участка l, м	Потери давления на участке $H = i \cdot l$, МПа*10 ⁻²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-1	1	0,0058	0,0058	0,200	0,200	15	1,178	360,527	0,7	0,252
1-2	2	0,0058	0,012	0,200	0,200	15	1,178	360,527	0,65	0,234
2-3	3	0,0058	0,018	0,210	0,210	15	1,237	395,24	0,15	0,059
3-4	6	0,0058	0,035	0,247	0,247	20	0,771	108,405	3,6	0,390
4-5	9	0,0058	0,053	0,280	0,280	20	0,874	136,64	2,8	0,383
5-6	12	0,0058	0,070	0,304	0,304	20	0,949	159,141	2,8	0,446
6-7	15	0,0058	0,088	0,328	0,328	20	1,023	183,249	4,8	0,880
7-8	35	0,0058	0,204	0,458	0,458	25	0,856	94,249	2,6	0,245
8-9	40	0,0058	0,233	0,467	0,467	25	0,873	97,752	3,9	0,381
9-10	45	0,0058	0,263	0,476	0,476	25	0,89	156,763	2,5	0,392
10-11	60	0,0058	0,350	0,573	0,573	25	1,071	142,955	3,2	0,457
										Σ3,662
11-ввод	60	0,0058	0,350	0,573	0,573	25	1,071	142,955	20	2,859

Выполняется подбор водомера.

Диаметр условного прохода счетчика следует выбирать, исходя из среднечасового расхода воды за сутки, определяемого по формуле:

$$Q_{\text{ч.ср}} = \frac{0,001 \cdot Q_0 \cdot U}{24} = \frac{0,001 \cdot 270 \cdot 90}{24} = 1,013 \text{ м}^3/\text{час}$$

где U – общее число водопотребителей в здании, чел.;

Q_0 – норма водопотребления, л/сут на 1 человека.

Диаметр условного прохода счетчика подбирается по таблице 1.2. по величине $Q_{\text{час.ср}}$. Эксплуатационный расход выбранного счетчика должен быть больше среднечасового расхода воды в здании. Принят счетчик с условным проходом 20 мм, эксплуатационный расход – 2 м³/час.

Потери давления в счетнике воды определяются по формуле:

$$h_{\text{сч}} = S \cdot q^2 = 0,0518 \cdot 0,573^2 = 0,017 \text{ МПа} < 0,05 \text{ МПа}$$

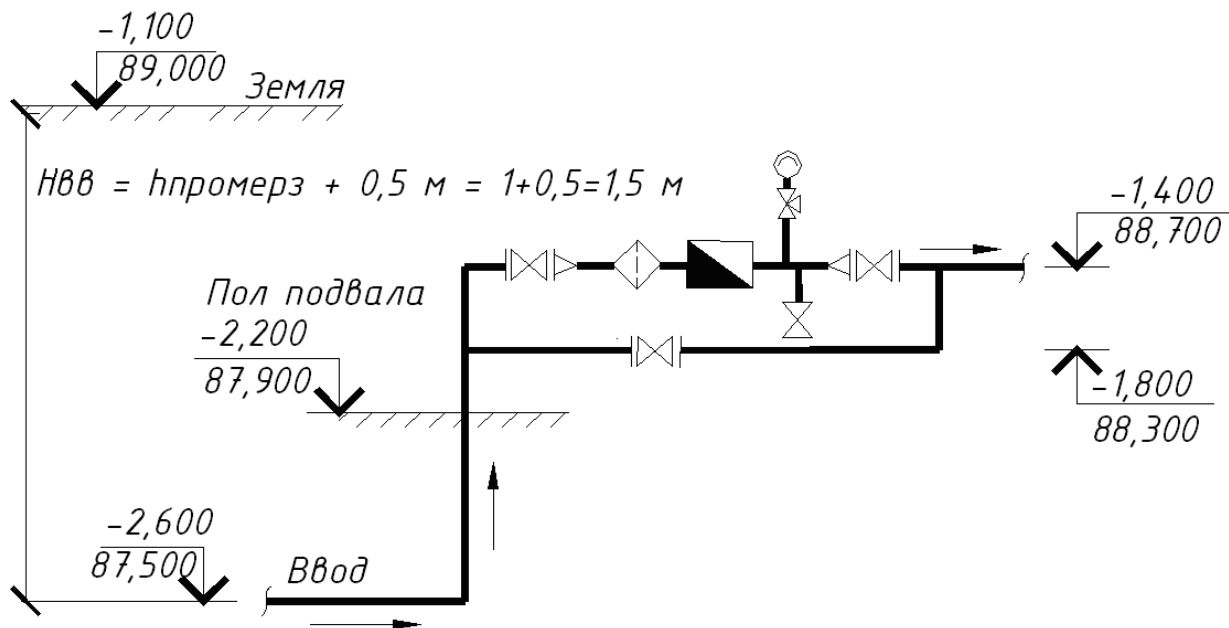
где S – гидравлическое сопротивление счетчика, $\text{м} \cdot \text{с}^2 / \text{л}^2$, принимаемое по таблице 1.2;

q – расчетный расход воды, проходящий через водомер (расход воды на вводе), л/с .

После выполнения гидравлического расчета определяется требуемое давление.

$$H_{\text{тр}} = H_{\text{геом}} + h_{\text{вв}} + h_{\text{сч}} + h_l + h_m + H_f, \text{ МПа}$$

где $H_{\text{геом}}$ – геометрическая высота подъема воды, определяемая как разность отметок диктующего водоразборного устройства и ввода, МПа.



$$H_{\text{геом}} = (z_{\text{д.пр.}} - z_{\text{вв}}) \cdot 0,01 = (102,6 - 87,5) \cdot 0,01 = 0,15 \text{ МПа};$$

$z_{\text{д.пр.}}$ – геодезическая отметка оси диктующего прибора (взята отметка верхней точки водопроводного стояка), м;

$z_{\text{вв}}$ – геодезическая отметка ввода, м;

h_l – сумма потерь давления по длине на расчетных участках, $h_l = 0,0366 \text{ МПа}$;

h_m – сумма местных потерь давления, МПа, для хозяйственно-питьевого водопровода жилых и общественных зданий местные потери давления (в соединениях и фасонных частях труб) принимаются в размере 30% от потерь давления по длине труб;

$$h_m = 0,0366 \cdot 0,3 = 0,011 \text{ МПа}$$

H_f – свободное давление у диктующего водоразборного устройства, принято у смесителя мойки – $0,02 \text{ МПа}$ (по [1]).

$h_{\text{вв}}$ – потери давления на трение во вводе, МПа:

$$h_{\text{вв}} = 1000i \cdot l, \text{ МПа}$$

где l – длина ввода (от наружной сети до водомерного узла), $l = 20 \text{ м}$;

$1000i$ – удельные потери, МПа/км.

$$h_{\text{вв}} = 1000i \cdot l = 0,001 \cdot 142,955 \cdot 20 = 2,89 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}$$

$$H_{\text{тр}} = 0,15 + 3,662 \cdot 10^{-2} + 0,011 + 2,89 \cdot 10^{-2} + 0,017 + 0,02 = 0,263 \text{ МПа}$$

Полученную величину требуемого давления необходимо сравнить с величиной гарантийного давления.

$$H_{\text{тр}} = 0,263 \text{ МПа} > H_{\text{гар}} = 0,2 \text{ МПа}$$

Поскольку требуемое давление больше гарантийного на величину более 0,02 МПа, необходимо предусмотреть установку повысительных насосов.

Подбор насоса осуществляется по его расчетной подаче, равной расходу воды на вводе – 0,573 л/с (2,06 м³/час), и давлению, определяемому из выражения:

$$H = H_{\text{тр}} - H_{\text{гар}} + h_{\text{н.у.}} = 0,263 - 0,2 + 0,02 = 0,083 \text{ МПа}$$

Для установки приняты насосы марки Wilo PB-088-EA (1 рабочий, 1 резервный), подача 2,4 м³/час, давление 9,5 МПа.

Расчет системы внутренней канализации

Трассировка сети внутренней канализации представлена в Приложении 2, фрагмент аксонометрической схемы внутренней канализации – в Приложении 4. Поэтажные отводы, стояки и выпуски монтируются из чугунных канализационных труб ГОСТ 6942-98.

Определяются расчетные расходы сточных вод на канализационных стояках и подбираются их диаметры. Диаметр канализационного стояка должен быть не менее наибольшего диаметра поэтажных отводов, присоединенных к этому стояку.

	№№ канализационных стояков				
	K1-1	K1-2	K1-3	K1-4	K1-5
Число жителей, обслуживаемых расчетным стояком U	20	20	15	15	10
Число приборов на расчетном стояке N	15	5	5	15	20
Вероятность P	0,0193	0,0578	0,0433	0,0144	0,0072
NP	0,289	0,289	0,217	0,217	0,144
α (приложение 6)	0,526	0,526	0,467	0,467	0,394
Общий максимальный расход сточных вод q_{tot} , л/с	0,789	0,789	0,701	0,701	0,591
Расход стоков от прибора с максимальным водоотведением q_0^s , л/с (приложение 7)	1,6	0,6	0,6	1,6	1,6
Максимальный секундный расход сточных вод q_s , л/с	2,39	1,39	1,30	2,30	2,19
Диаметр поэтажного отвода, мм	100	50	50	100	100
Диаметр стояка, мм	100	85	85	100	100
Пропускная способность стояка, л/с	3,2	2,8	3,2	2,8	3,2
Угол присоединения поэтажного отвода, град.	90	90	90	90	90

В здании имеются два выпуска. Для каждого выпуска расчет ведется отдельно. Диаметр выпуска должен быть не менее диаметра наибольшего из стояков, присоединяемых к данному выпуску, при этом скорость движения жидкости должна быть не менее 0,7 м/с, а наполнение трубопроводов – не менее 0,3.

	№№ канализационных выпусков	
	Выпуск 1	Выпуск 2
Число жителей, обслуживаемых расчетным выпуском U	20	45
Число приборов на расчетном выпуске N	15	45
Вероятность P	0,0193	0,0144
NP	0,289	0,650
α (приложение 6)	0,526	0,394
Общий максимальный расход сточных вод q_{tot} , л/с	0,789	0,591
Расход стоков от прибора с максимальным водоотведением q_0^s , л/с (приложение 7)	1,6	1,6
Максимальный секундный расход сточных вод q_s , л/с	2,389	2,191
Диаметр выпуска, мм	100	100
Уклон выпуска	0,02	0,02
Скорость движения сточных вод v , м/с	0,793	0,842
Наполнение h/d	0,404	0,465
$v\sqrt{\frac{h}{d}}$	0,504	0,574

Условие $v\sqrt{\frac{h}{d}} \geq 0,6$ не выполняется из-за недостаточной величины расхода бытовых сточных вод, однако принять меньший диаметр выпуска невозможно, так как диаметры стояков, присоединяемых к данному выпуску, 100 мм, а диаметр выпуска должен быть не менее диаметра наибольшего из стояков, присоединяемых к данному выпуску.

Гидравлический расчет дворовой канализационной сети

Гидравлический расчет дворовой канализационной сети заключается в определение диаметров труб, скоростей движения сточной жидкости, уклонов, наполнения, а также глубины заложения труб. Результатом гидравлического расчета канализационной сети является построение ее продольного профиля. В курсовой работе приняты трубы асбестоцементные канализационные ГОСТ 1839-80*.

Определяются расчетные расходы по участкам дворовой канализационной сети:

Участок КК1–КК2:

– вероятность действия приборов:

$$P = \frac{q_{hr,u}^{tot} \cdot U}{q_0^{tot} \cdot N \cdot 3600} = \frac{15,6 \cdot 45}{0,3 \cdot 60 \cdot 3600} = 0,0108$$

где $q_{hr,u}^{tot}$ – общая норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления [1]; $q_{hr,u}^{tot} = 15,6$ л/час;

U – общее число жителей в здании, чел.;

N – общее число санитарно-технических приборов в здании;

q_0^{tot} – общий расход воды санитарно-техническим прибором (арматурой), величину которого следует определять согласно [1], $q_0^{tot} = 0,3$ л/с;

	№№ участков дворовой сети			
	КК1- КК2	КК2- КК3	КК3- ККК	ККК- ГК
Число приборов на расчетном участке N	15	60	60	60
Вероятность P	0,0108	0,0108	0,0108	0,0108
NP	0,163	0,650	0,650	0,650
α (приложение 6)	0,415	0,779	0,779	0,779
Общий максимальный расход сточных вод q_{tot} , л/с	0,6225	1,169	1,1685	1,1685
Расход стоков от прибора с максимальным водоотведением q_0^s , л/с (приложение 7)	1,6	1,6	1,6	1,6
Максимальный секундный расход сточных вод q_s , л/с	2,223	2,769	2,769	2,769

Отметка лотка трубы в колодце КК1 вычисляется по следующей формуле:

$$\nabla_{\text{лотка КК1}} = \nabla_{\text{пов.земли}} - h_{\text{промерз.}} + 0,3 = 89 - 1 + 0,3 = 88,3 \text{ м}$$

При гидравлическом расчете начальная глубина заложения трубопровода должна быть не менее 0,7 м до верха трубы. Допускается принимать заложение труб менее наибольшей глубины промерзания грунта в данном районе на 0,3 м при диаметре труб до 500 мм.

Глубина заложения:

$$h = \nabla_{\text{пов.земли}} - \nabla_{\text{лотка КК1}} = 89 - 88,3 = 0,7 \text{ м} < h_{\min}$$

$$h_{\min} = 0,7 + d = 0,7 + 0,15 = 0,85 \text{ м}$$

Принимается к расчету глубина заложения $h = 0,85$ м.

По результатам гидравлического расчета построен продольный профиль дворовой сети (см. Приложение 5).

Результаты гидравлического расчета дворовой канализационной сети

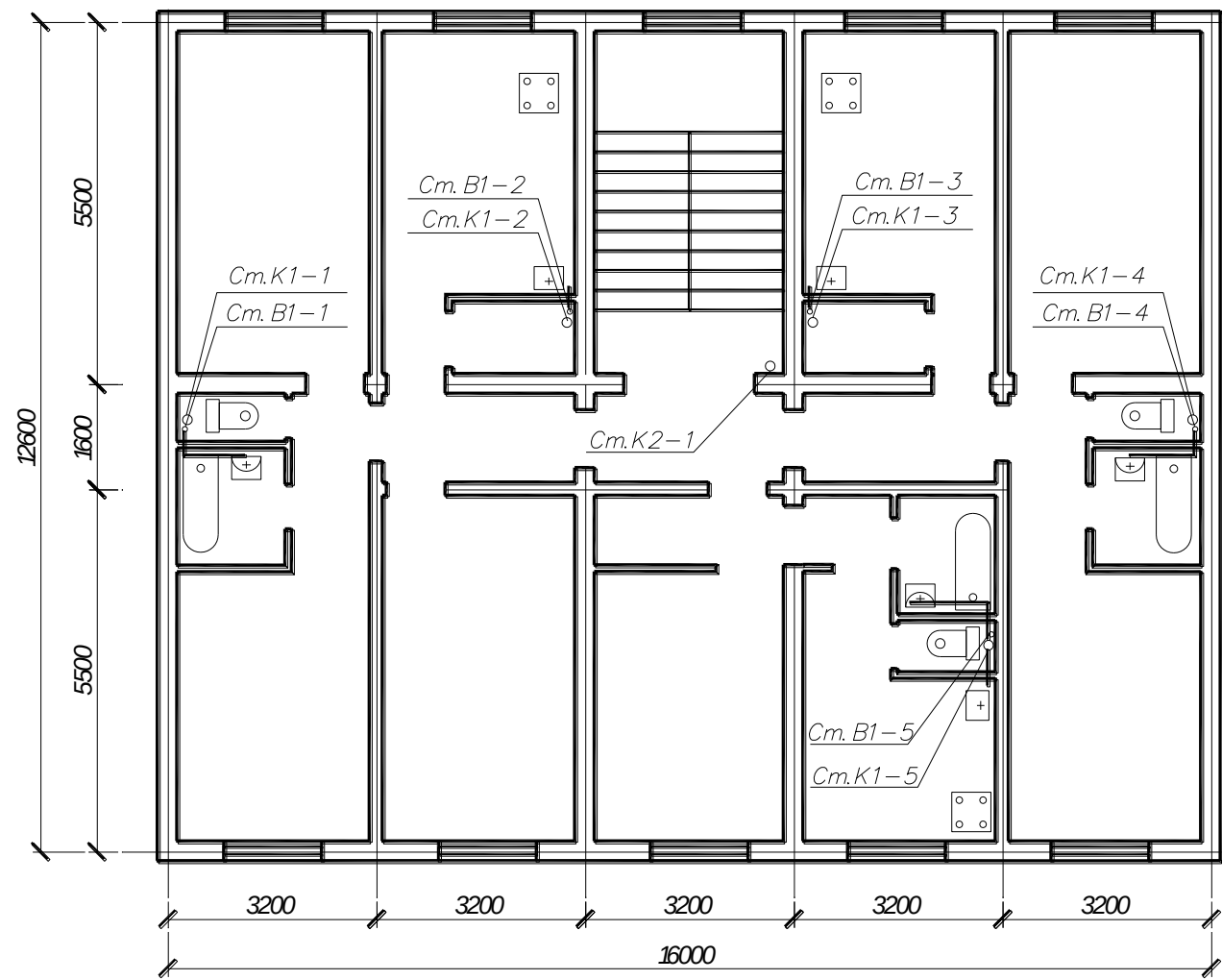
№ участка сети	Длина участка сети $L, \text{ м}$	Расчетный расход q , л/с	$d, \text{ мм}$	Уклон i	Скорость $v, \text{ м/с}$	Наполнение		Падение уклона, $H = i \cdot L, \text{ м}$	Отметки, м						Глубина заложения лотка, м	
						$\frac{h}{d}$	$h, \text{ м}$		Поверхность земли, м		Поверхность воды или шелыги, м		Поверхность лотка, м		В нача ле участ ка	В конце участ ка
									Н	К	Н	К	Н	К		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
КК1- КК2	12,2	2,223	150	0,008	0,541	0,281	0,042	0,098	89,000	89,000	88,300	88,202	88,150	88,052	0,850	0,948
КК2- КК3	10	2,769	150	0,008	0,575	0,315	0,047	0,080	89,000	89,000	88,052	87,972	87,902	87,822	1,098	1,178
КК3- ККК	23,5	2,769	150	0,008	0,575	0,315	0,047	0,188	89,000	89,000	87,822	87,634	87,672	87,484	1,328	1,516
ККК- ГК	5	2,769	150	0,008	0,575	0,315	0,047	0,040	89,000	89,000	85,690	85,650	85,540	85,500	3,460	3,500

Примечание: так как участки дворовой сети являются безрасчетными, т.е. скорость движения сточных вод по ним составляет менее 0,7 м/с, то при соединении участков в колодцах КК2, КК3 лоток выходящей трубы опускается на диаметр.

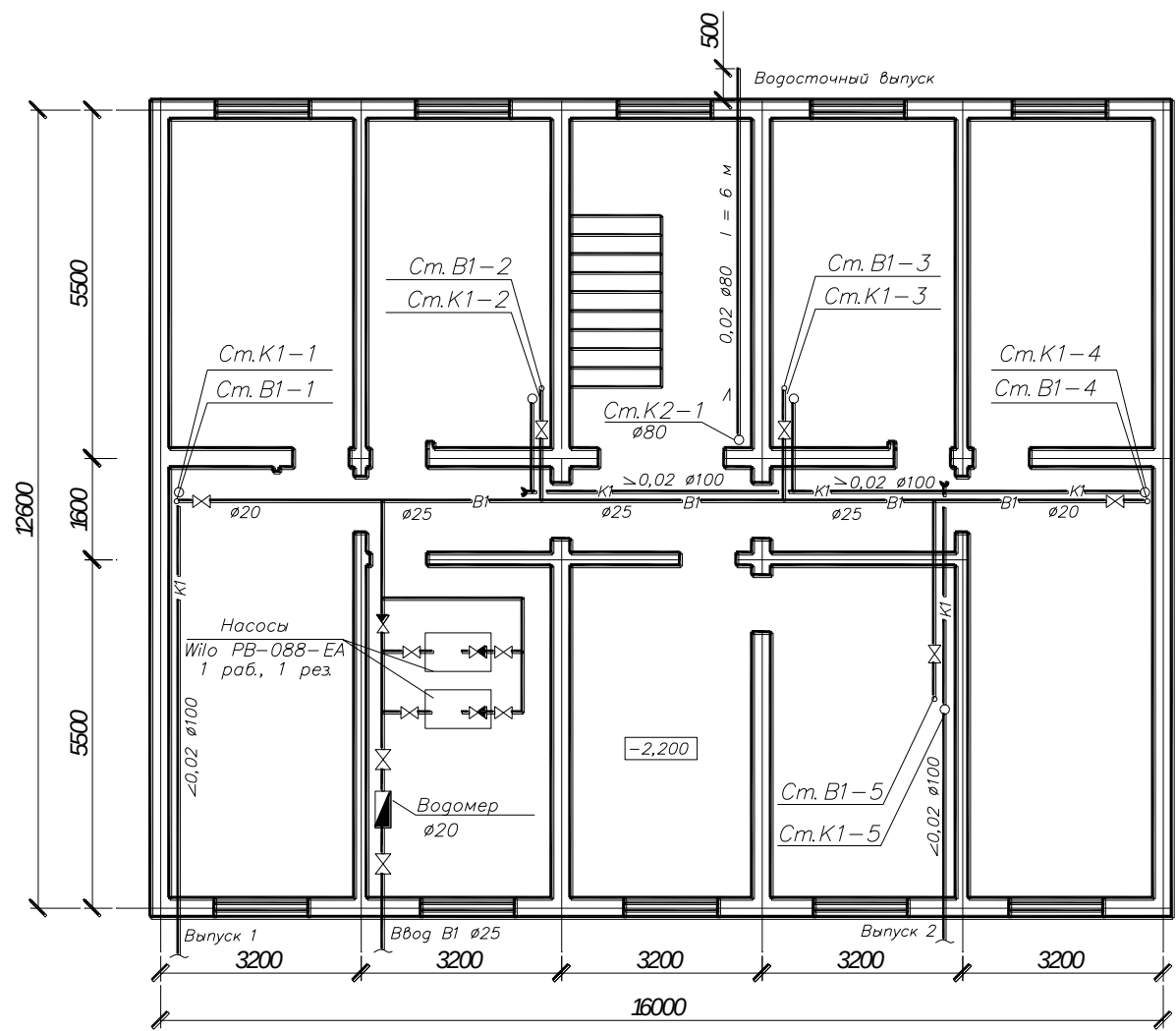
Литература

1. СН 4.01.03-2019 Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий. Строительные нормы Республики Беларусь. Минск, 2020.
2. Кедров В.С. Санитарно-техническое оборудование зданий. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Водоснабжение, канализация, рациональное использование и охрана водных ресурсов» / В.С.Кедров, Е.Н.Ловцов. – М.: БАСТЕТ, 2008. – 480 с.
3. ГОСТ 21.205-93 СПДС. Условные обозначения элементов санитарно-технических систем. – Минск: Минсктиппроект, 1994. – 23 с.
4. Тугай А.М., Ивченко В.Д., Кулик В.И. и др. Под ред. А.М. Тугая. Внутренние системы водоснабжения и водоотведения. Проектирование: Справочник. – Киев: Будівельник, 1982. – 256 с.
5. Санитарно-техническое оборудование зданий: учебник / Ю.М.Варфоломеев. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 249 с.
6. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1973, 113 с.
7. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н.Павловского. Изд. 4-е, доп. М., Стройиздат, 1974, 156 с.

План типового этажа со стояками холодного водопровода и канализации

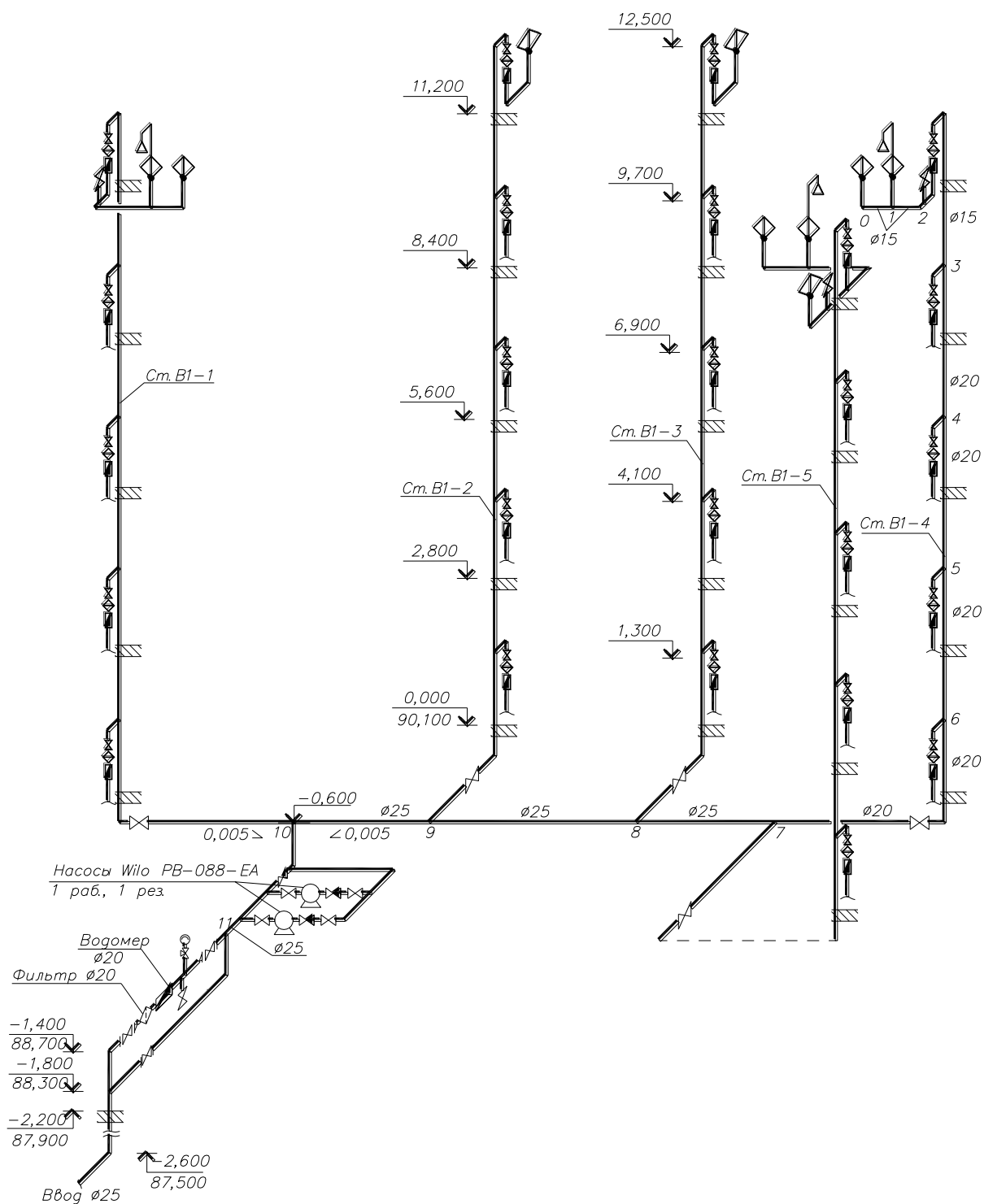


План подвала с сетями внутреннего холодного водопровода и канализации



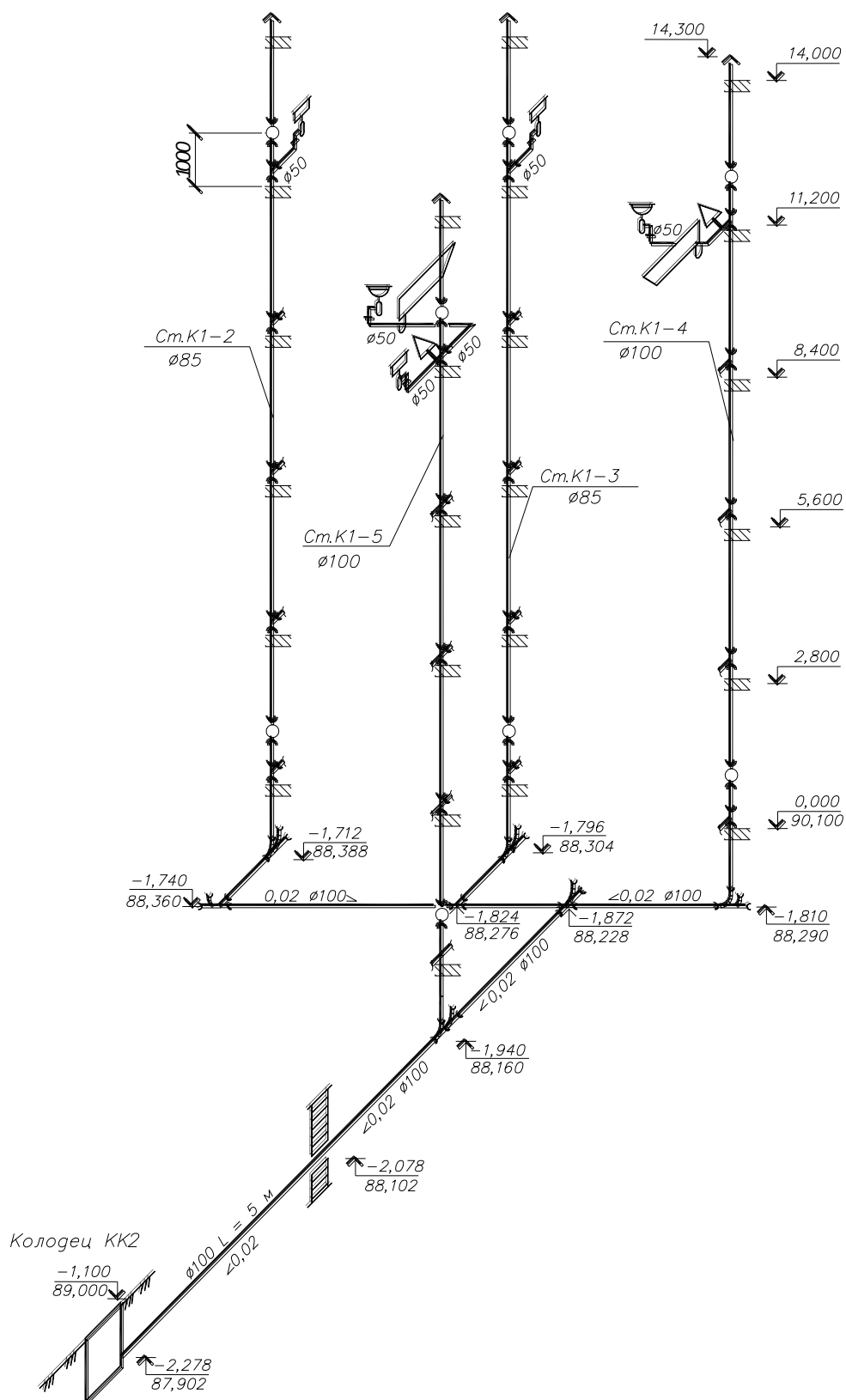
Приложение 3.

АксонOMETрическая схема внутреннего холодного водопровода

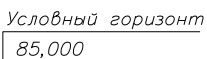


Приложение 4.

АксонOMETрическая схема внутренней канализации (по одному выпуску)



$M_{\text{гор}} 1:500$
 $M_{\text{вер}} 1:100$



Technical drawing of a building section showing structural details and dimensions. The drawing includes a cross-section of a building with a roof and internal structure. Key dimensions and labels are as follows:

- Vertical Dimensions:**
 - 5000 (Height from ground to the top of the main structure)
 - 10000 (Total height from ground to the top of the roof structure)
- Horizontal Dimensions:**
 - 12200 (Distance from the left edge to the center of the main structure)
 - 29500 (Distance from the center of the main structure to the right edge)
 - 5000 (Distance from the right edge to the center of the main structure)
 - 25000 (Distance from the left edge to the center of the main structure)
- Structural Details:**
 - Roof:** A rectangular structure with a small square feature on top.
 - Columns:** Labeled with $\phi 150$ and $i = 0.008$. Specific column labels include KK0, KK2, KK3, and KKK.
 - Beams:** Labeled with $\phi 150$ and $i = 0.008$. A specific beam is labeled B1.
 - Other Labels:** BK, K1, and K2 are also present.

Значения коэффициентов α (α_{hr}) при $P(P_{hr}) \leq 0,1$ и любом значении N , а также при $P(P_{hr}) > 0,1$ и $N > 200$

NP или NP_{hr}	α или α_{hr}	NP или NP_{hr}	α или α_{hr}	NP или NP_{hr}	α или α_{hr}	NP или NP_{hr}	α или α_{hr}	NP или NP_{hr}	α или α_{hr}
Менее 0,015	0,2	0,035	0,247	0,062	0,292	0,11	0,355	0,23	0,476
0,015	0,202	0,036	0,249	0,064	0,295	0,115	0,361	0,24	0,485
0,016	0,205	0,037	0,25	0,065	0,298	0,12	0,367	0,25	0,493
0,017	0,207	0,038	0,252	0,068	0,301	0,125	0,373	0,26	0,502
0,018	0,21	0,039	0,254	0,07	0,304	0,13	0,378	0,27	0,51
0,019	0,212	0,04	0,256	0,072	0,307	0,135	0,384	0,28	0,518
0,02	0,215	0,041	0,258	0,074	0,309	0,14	0,389	0,29	0,526
0,021	0,217	0,042	0,259	0,076	0,312	0,145	0,394	0,3	0,534
0,022	0,219	0,043	0,261	0,078	0,315	0,15	0,399	0,31	0,542
0,023	0,222	0,044	0,263	0,08	0,318	0,155	0,405	0,32	0,55
0,024	0,224	0,045	0,265	0,082	0,32	0,16	0,41	0,33	0,558
0,025	0,226	0,046	0,266	0,084	0,323	0,165	0,415	0,34	0,565
0,026	0,228	0,047	0,268	0,086	0,326	0,17	0,42	0,35	0,573
0,027	0,23	0,048	0,27	0,088	0,328	0,175	0,425	0,36	0,58
0,028	0,233	0,049	0,271	0,09	0,331	0,18	0,43	0,37	0,588
0,029	0,235	0,05	0,273	0,092	0,333	0,185	0,435	0,38	0,595
0,03	0,237	0,052	0,276	0,094	0,336	0,19	0,439	0,39	0,602
0,031	0,239	0,054	0,28	0,096	0,338	0,195	0,444	0,4	0,61
0,032	0,241	0,056	0,283	0,098	0,341	0,2	0,449	0,41	0,617
0,033	0,243	0,058	0,286	0,1	0,343	0,21	0,458	0,42	0,624
0,034	0,245	0,06	0,289	0,105	0,349	0,22	0,467	0,43	0,631

NP или NP_{hr}	α или α_{hr}	NP или NP_{hr}	α или α_{hr}	NP или NP_{hr}	α или α_{hr}	NP или NP_{hr}	α или α_{hr}	NP или NP_{hr}	α или α_{hr}
0,46	0,652	0,72	0,815	1,05	0,995	1,75	1,328	3	1,84
0,47	0,658	0,74	0,826	1,1	1,021	1,8	1,35	3,1	1,879
0,48	0,665	0,76	0,838	1,15	1,046	1,85	1,372	3,2	1,917
0,49	0,672	0,78	0,849	1,2	1,071	1,9	1,394	3,3	1,954
0,5	0,678	0,8	0,86	1,25	1,096	1,95	1,416	3,4	1,991
0,52	0,692	0,82	0,872	1,3	1,12	2	1,437	3,5	2,029
0,54	0,704	0,84	0,883	1,35	1,144	2,1	1,479	3,6	2,065
0,56	0,717	0,86	0,894	1,4	1,168	2,2	1,521	3,7	2,102
0,58	0,73	0,88	0,905	1,45	1,191	2,3	1,563	3,8	2,138
0,6	0,742	0,9	0,916	1,5	1,215	2,4	1,604	3,9	2,174
0,62	0,755	0,92	0,927	1,55	1,238	2,5	1,644	4	2,21
0,64	0,767	0,94	0,937	1,6	1,261	2,6	1,684	4,1	2,246
0,66	0,779	0,96	0,948	1,75	1,328	2,7	1,724	4,2	2,281
0,68	0,791	0,98	0,959	1,8	1,35	2,8	1,763	4,3	2,317
0,7	0,803	1	0,969	1,85	1,372	2,9	1,802	4,4	2,352

Характеристики приемников сточных вод и санитарно-технических приборов

Приемники сточных вод и санитарно-технические приборы	Характеристики приемников сточных вод и санитарно-технических приборов		
	Секундный расход сточных вод q_0^s , л/с	Уклон отводной трубы	Минимальный диаметр условного прохода отводной трубы, мм
1 Умывальник, рукомойник с водоразборным краном	0,15	0,020	32
2 То же, со смесителем	0,15	0,020	32
3 Мойка (в том числе лабораторная) со смесителем	0,60	0,025	40
4 Мойка (для предприятий общественного питания) со смесителем	0,60	0,025	50
5 Ванна со смесителем (в том числе общим для ванн и умывальника)	0,80	0,020	40
6 Душевая кабина с мелким душевым поддоном и смесителем	0,20	0,025	40
7 Душевая кабина с глубоким душевым поддоном и смесителем	0,60	0,025	40
8 Гигиенический душ (биде) со смесителем и аэратором	0,15	0,020	32
9 Унитаз со смывным бачком	1,60	0,020	85
10 Унитаз со смывным краном	1,40	0,020	85
11 Писсуар	0,10	0,020	40
12 Писсуар с полуавтоматическим смывным краном	0,20	0,020	40
13 Питьевой фонтанчик	0,05	0,020	25
14 Поливочный кран	0,30	—	—
15 Трап условным диаметром, мм:			
50	0,70	0,025	50
100	2,10	0,025	100

3 Раздел контроля знаний

Перечень вопросов, выносимых на зачет по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение»

1. Классификация систем водоснабжения зданий и отдельных объектов.
2. Элементы внутреннего водопровода.
3. Схемы водопроводных сетей.
4. Материалы для водопроводной сети. Арматура.
5. Трассировка водопроводных сетей внутри здания.
6. Устройство вводов водопровода.
7. Учет расхода воды, водомерные узлы и водосчетчики.
8. Режимы и нормы водопотребления.
9. Давления в системах внутренних водопроводов.
10. Расчет внутреннего водопровода.
11. Насосные повысительные установки.
12. Водонапорные баки, устройство и установка.
13. Пневматические водонапорные установки.
14. Противопожарные водопроводы, спринклерные и дренчерные установки.
15. Поливочные и специальные питьевые водопроводы.
16. Системы внутренней канализации зданий различного назначения.
17. Материалы и оборудование систем внутренней канализации.
18. Трассировка и устройство канализационной сети.
19. Вентиляция канализационной сети.
20. Основы расчета внутренней канализации.
21. Дворовая, микрорайонная канализационная сеть.
22. Местные установки для перекачки и очистки сточных вод.
23. Канализация твердых отходов, мусороудаление.
24. Внутренние водостоки, устройство и расчет.
25. Системы и схемы водоснабжения населенных мест и промпредприятий.
26. Нормы и режимы водопотребления.
27. Устройство и оборудование водопроводной сети.
28. Основные сведения по расчету водопроводной сети.
29. Природные подземные и поверхностные источники водоснабжения.
30. Зоны санитарной охраны. Сооружения для забора подземных вод.
31. Сооружения для забора поверхностных вод.
32. Водонапорные башни.
33. Резервуары чистой воды.
34. Водоподъемные устройства и насосные станции.
35. Сооружения для очистки воды.
36. Качество воды и основные способы ее обработки. Принципиальная схема водопроводных очистных сооружений.

37. Сооружения для осветления и обесцвечивания воды.

38. Обеззараживание воды.

39. Специальные методы улучшения качества воды.

40. Классификация, основные элементы и схемы систем канализации населенных пунктов.

41. Условия приема сточных вод в наружную канализационную сеть.

42. Расчет водоотводящих сетей.

43. Устройство и оборудование водоотводящих сетей.

44. Проектирование, расчет и устройство дождевой сети.

45. Состав и свойства стоков. Виды загрязнений.

46. Степень очистки и условия спуска очищенных сточных вод в водоем.

47. Методы очистки сточных вод.

Сооружения механической, биологической очистки сточных вод.

4 Вспомогательный раздел

Учебная программа по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение» для студентов специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений», профилизации – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», «Интеллектуальные системы жизнеобеспечения зданий и сооружений»

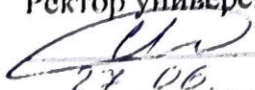
Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

К- /

2025

УТВЕРЖДАЮ

Ректор университета

 С.А. Касперович

27.06. 2025

Регистрационный № 25-1-020 /уч.

Водоснабжение и водоотведение

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине
для специальности:

7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений»
профилизации – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного
бассейна», «Интеллектуальные системы жизнеобеспечения зданий и
сооружений»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место учебной дисциплины.

Дисциплина «Водоснабжение и водоотведение» является основой профессиональной подготовки специалистов по специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений», профилизаций – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», «Интеллектуальные системы жизнеобеспечения зданий и сооружений». Основными целью изучения дисциплины является обучение будущих инженеров-строителей самостоятельно производить расчет и проектирование санитарно-технического оборудования зданий при устройстве внутренних водопровода, канализации и подготовить к инженерной деятельности по строительству и эксплуатации внутренних санитарно-технических систем для жилых, общественных, промышленных зданий, их комплексов.

Цель преподавания учебной дисциплины:

Подготовка специалистов в области проектирования, монтажа и эксплуатации инженерных сетей, оборудования зданий и сооружений.

Задачи учебной дисциплины:

Задачами изучения дисциплины являются получение знаний об устройстве внутренних и наружных сетей водоснабжения и канализации, подъемных и повысительных установках, источниках водоснабжения, методах очистки природных и сточных вод, принципах расчета сетей и сооружений; приобретение умений и навыков в области конструирования, расчета и проектирования санитарно-технических устройств и инженерного оборудования зданий.

В результате изучения учебной дисциплины «Водоснабжение и водоотведение» формируется **компетенция:**

Применять методы расчета и подбора оборудования систем водоснабжения и водоотведения.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- систему технических нормативных правовых актов в области водоснабжения и канализации зданий;
- устройство и принцип действия систем внутреннего водопровода, внутренней канализации и водостоков, мусороудаления, особенности внутренних санитарно-технических систем различного назначения;
- методы расчета санитарно-технических устройств на основе новейших достижений науки и техники и правила их эксплуатации;
- теоретические основы проектирования внутренних и дворовых санитарно-технических систем,
- устройство наружных сетей водоснабжения и канализации, подъемные и повысительные установки, источники водоснабжения, методы очистки природных и сточных вод, принципы расчета сетей и сооружений.

уметь:

- пользоваться техническими нормативными правовыми актами;
- выбирать систему и схему водоснабжения и канализации зданий;

- читать и уметь разрабатывать рабочие чертежи систем водоснабжения и канализации зданий;
- выполнять гидравлический расчет систем водоснабжения, канализации зданий, осуществлять подбор санитарно-технического оборудования.

владеть:

- приемами оформления проектной, изыскательской монтажной документации;
- навыками использования нормативных правовых документов в своей деятельности;
- навыками использования полученных данных в профессиональной деятельности;
- основами современных методов проектирования и расчета систем инженерного оборудования зданий.

Связи с другими учебными дисциплинами (перечень дисциплин, необходимых для изучения курса «Водоснабжение и водоотведение»): высшая математика, механика жидкости и газа, начертательная геометрия и инженерная графика, архитектура и строительные конструкции.

Для закрепления теоретического материала, овладения методикой проектирования и расчета предусмотрено проведение практических занятий по всем ключевым темам и выполнение курсовой работы.

План учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования

Код специальности	Наименование специальности	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-07-0732-02	«Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» (профилизации – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», «Интеллектуальные системы жизнеобеспечения зданий и сооружений»)	3	5	144	4	50	34		16		40/1 з.е.	зачет

План учебной дисциплины для заочной формы получения высшего образования

Код специальности	Наименование специальности	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-07-0732-02	«Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» (профилизация – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»)	3	5	144	4	12	8		4		40/1 з.е.	зачет

План учебной дисциплины для заочной формы получения высшего образования, интегрированного со средним специальным образованием

Код специальности	Наименование специальности	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-07-0732-02	«Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» (профилизация – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»)	2	3	144	4	12	8		4		40/1 з.е.	зачет

I. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1.1. ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

1.1.1. Водоснабжение зданий и отдельных объектов.

Санитарно-техническое оборудование зданий. Водоснабжение зданий и отдельных объектов. Введение. Классификация систем водоснабжения зданий и отдельных объектов. Элементы внутреннего водопровода. Схемы водопроводных сетей.

Материалы для водопроводной сети. Арматура. Трассировка водопроводных сетей внутри здания. Устройство вводов.

Учет расхода воды, водомерные узлы и водосчетчики. Режимы и нормы водопотребления. Давления в системах внутренних водопроводов.

Расчет внутреннего водопровода.

Местные водонапорные установки в системах водоснабжения зданий. Насосные повысительные установки, водонапорные баки, пневматические водонапорные установки.

Противопожарные водопроводы, спринклерные и дренчерные установки.

Поливочные и специальные питьевые водопроводы. Основы автоматизации систем водоснабжения зданий.

1.1.2. Канализация зданий и отдельных объектов.

Системы внутренней канализации зданий различного назначения. Материалы и оборудование. Трассировка и устройство канализационной сети. Вентиляция сети.

Основы расчета внутренней канализации. Дворовая, микрорайонная канализационные сети. Местные установки для перекачки и очистки сточных вод.

Канализация твердых отходов, мусороудаление.

Внутренние водостоки, устройство внутренних водостоков. Расчет внутренних водостоков.

1.1.3. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий.

Системы и схемы водоснабжения. Нормы и режимы водопотребления. Устройство и оборудование водопроводной сети. Основные сведения по расчету водопроводной сети.

Природные подземные и поверхностные источники водоснабжения. Зоны санитарной охраны. Сооружения для забора подземных вод. Сооружения для забора поверхностных вод.

Запасные и регулирующие емкости. Водонапорные башни. Резервуары чистой воды. Водоподъемные устройства и насосные станции.

Сооружения для очистки воды. Качество воды и основные способы ее обработки. Принципиальная схема водопроводных очистных сооружений. Сооружения для осветления и обесцвечивания воды. Обеззараживание воды. Специальные методы улучшения качества воды.

1.1.4. Водоотведение населенных мест и промышленных предприятий.

Классификация, основные элементы и схемы систем канализации населенных пунктов. Условия приема сточных вод в наружную канализационную сеть.

Расчет водоотводящих сетей. Устройство и оборудование водоотводящих сетей. Проектирование, расчет и устройство дождевой сети. Перекачка сточных вод. Насосные станции.

Состав и свойства стоков. Виды загрязнений. Степень очистки и условия спуска очищенных сточных вод в водоем. Методы очистки сточных вод. Сооружения механической, биологической очистки сточных вод. Доочистка.

1.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

1.1. Выбор систем и схем внутреннего холодного водопровода для зданий и сооружений.

1.2. Проектирование внутреннего водопровода. Построение аксонометрической схемы внутреннего холодного водопровода.

1.3. Определение расчетных расходов в системе хозяйственно-питьевого водопровода.

1.4. Расчет внутреннего холодного водопровода жилых и общественных зданий.

1.5. Подбор водомеров и повысительного оборудования.

1.6. Проектирование внутренней системы канализации. Построение аксонометрической схемы. Определение расчетных расходов сточных вод.

1.7. Проектирование и расчет дворовой сети канализации. Построение профиля дворовой канализации.

1.8. Проектирование и расчет внутренних водостоков.

2. ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

В рамках изучения дисциплины программой предусмотрено выполнение курсовой работы на тему «Водоснабжение и водоотведение жилого дома».

Курсовая работа состоит из пояснительной записки (12-15 стр.) и графического материала (лист формата A1). В состав пояснительной записки входят следующие разделы: проектирование и гидравлический расчёт внутреннего водопровода холодного водоснабжения (выбор и обоснование схемы внутреннего водопровода, его трассировка, определение расчетных расходов воды на участках водопровода, гидравлический расчет внутреннего водопровода, подбор насосов для повышения давления во внутренней сети водопровода (при необходимости)); проектирование и гидравлический расчёт внутренней канализации (устройство и трассировка сети внутренней канализации, определение расчетных расходов сточных вод на канализационных стояках и выпусках, гидравлический расчет выпусков); дворовой канализационной сети (устройство дворовой сети, определение расчетных расходов сточных вод, проектирование и расчет дворовой канализационной сети).

Графический материал включает: планы типового этажа и подвала здания с сетями водоснабжения и водоотведения, аксонометрические схемы внутреннего холодного водопровода и канализации (по одному выпуску), профиль дворовой канализационной сети, генплан участка с сетями водопровода и канализации.

3.1. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для дневной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1	Водоснабжение зданий и отдельных объектов	4		4		4	Аттестация Зачет Курсовая работа
2	Устройство сети внутреннего водопровода	2		2		4	Аттестация Зачет Курсовая работа
3	Устройства для повышения давления в сети водоснабжения зданий	2		2		2	Аттестация Зачет Курсовая работа
4	Расчет внутреннего водопровода	2		2		2	Аттестация Зачет Курсовая работа
5	Противопожарное водоснабжение зданий. Специальные водопроводы, фонтаны	2				4	Аттестация Зачет
6	Канализация зданий и отдельных объектов	2		4		4	Аттестация Зачет Курсовая работа
7	Основы проектирования и расчета внутренней канализации, дворовой и внутриквартальной канализационной сети. Местные установки для перекачки и очистки сточных вод	2		2		4	Аттестация Зачет Курсовая работа
8	Системы мусороудаления жилых и общественных зданий. Внутренние водостоки.	2				2	Аттестация Зачет
9	Системы и схемы водоснабжения населенных мест и промпредприятий	2				4	Аттестация Зачет
10	Источники водоснабжения	2				4	Аттестация

	и водозаборы. Насосные станции, запасные и регулирующие емкости						Зачет
11	Очистка природной воды	2				4	Аттестация Зачет
12	Водопроводные сети и сооружения на них	2				6	Аттестация Зачет
13	Системы и схемы водоотведения населенных мест и промпредприятий	2				4	Аттестация Зачет
14	Сети водоотведения и сооружения на них	4				4	Аттестация Зачет
15	Очистка сточных вод	2				6	Аттестация Зачет
	Итого	34		16		58	

3.2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для заочной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1	Водоснабжение зданий и отдельных объектов					6	Зачет
2	Устройство сети внутреннего водопровода	2				6	Зачет Курсовая работа
3	Устройства для повышения давления в сети водоснабжения зданий					4	Зачет
4	Расчет внутреннего водопровода	2		2		4	Зачет Курсовая работа
5	Противопожарное водоснабжение зданий. Специальные водопроводы, фонтаны					4	Зачет
6	Канализация зданий и отдельных объектов	2				6	Зачет Курсовая работа
7	Основы проектирования и расчета внутренней канализации, дворовой и внутриквартальной	2		2		6	Зачет Курсовая работа

	канализационной сети. Местные установки для перекачки и очистки сточных вод						
8	Системы мусороудаления жилых и общественных зданий. Внутренние водостоки.					4	Зачет
9	Системы и схемы водоснабжения населенных мест и промпредприятий	2				6	Зачет
10	Источники водоснабжения и водозаборы. Насосные станции, запасные и регулирующие емкости	2				8	Зачет
11	Очистка природной воды					8	Зачет
12	Водопроводные сети и сооружения на них					10	Зачет
13	Системы и схемы водоотведения населенных мест и промпредприятий					6	Зачет
14	Сети водоотведения и сооружения на них					8	Зачет
15	Очистка сточных вод					10	Зачет
	Итого	8		4		96	

3.3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для заочной формы получения высшего образования, интегрированного со средним специальным образованием

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1	Водоснабжение зданий и отдельных объектов					6	Зачет
2	Устройство сети внутреннего водопровода	2				6	Зачет Курсовая работа
3	Устройства для повышения давления в сети водоснабжения зданий					4	Зачет
4	Расчет внутреннего водопровода	2		2		4	Зачет Курсовая работа

5	Противопожарное водоснабжение зданий. Специальные водопроводы, фонтаны					4	Зачет
6	Канализация зданий и отдельных объектов	2				6	Зачет Курсовая работа
7	Основы проектирования и расчета внутренней канализации, дворовой и внутриквартальной канализационной сети. Местные установки для перекачки и очистки сточных вод	2		2		6	Зачет Курсовая работа
8	Системы мусороудаления жилых и общественных зданий. Внутренние водостоки.					4	Зачет
9	Системы и схемы водоснабжения населенных мест и промпредприятий	2				6	Зачет
10	Источники водоснабжения и водозаборы. Насосные станции, запасные и регулирующие емкости	2				8	Зачет
11	Очистка природной воды					8	Зачет
12	Водопроводные сети и сооружения на них					10	Зачет
13	Системы и схемы водоотведения населенных мест и промпредприятий					6	Зачет
14	Сети водоотведения и сооружения на них					8	Зачет
15	Очистка сточных вод					10	Зачет
	Итого	8		4		96	

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

4.1.1. Кедров В. С. Санитарно-техническое оборудование зданий. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Водоснабжение, канализация, рациональное использование и охрана водных ресурсов» / В.С.Кедров, Е.Н.Ловцов. – М.: БАСТЕТ, 2008. – 480 с.

4.1.2. Санитарно-техническое оборудование зданий: учебник / Ю.М.Варфоломеев. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 249 с.

4.1.3. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Водоснабжение и водоотведение» для специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений», профилизация – «Теплогазоснабжение,

4.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

4.2.1. Калицун, В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация : учеб. пос. / В. С. Кедров, Ю. М. Ласков. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Стройиздат, 2003. - 397 с.

4.2.2. Внутренние системы водоснабжения и водоотведения./ Под ред. Тугая А.М. – К.: «Будивэльник», 1982. – 180с.

4.2.3. Б.Н. Житенёв, Г.А. Волкова, Н.Ю. Сторожук. Санитарно-техническое оборудование зданий: учебное пособие / Б.Н. Житенёв, Г.А. Волкова, Н.Ю. Сторожук.– Минск: Высшая школа, 2008. – 191 с.

4.2.4. Справочник проектировщика. Отопление, водопровод, канализация. 4-е изд. / Под ред. И.Г.Старовойтова. – М: Стройиздат, 1989.

4.2.5. Ю.С. Сергеев, Э.Р. Боровский, А.М. Кравчук, В.Д. Ивченко. Санитарно-техническое оборудование зданий. Примеры расчетов: учебное пособие / Ю.С. Сергеев, Э.Р. Боровский, А.М. Кравчук, В.Д. Ивченко. – Киев: Вища школа, 2001.

4.2.6. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 2. Водопровод и канализация /Ю. Н. Саргин, Л. И. Друскин, И. Б. Покровская и др.; Под ред. И. Г. Старовойтова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 247 с: ил. – (Справочник проектировщика).

4.2.7. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей. – М.: Стройиздат, 1974.

4.2.8. Шевелев Ф.А., Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1986. – 351 стр.

4.2.9. СН 4.01.03-2019 Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий. – Мн.: Министерство строительства и архитектуры Республики Беларусь, 2020 г.

4.2.10. СН 2.02.02-2019 Противопожарное водоснабжение. – Мн.: Министерство строительства и архитектуры Республики Беларусь, 2020 г.

4.2.11. СН 4.01.01-2019 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Мн.: Министерство строительства и архитектуры Республики Беларусь, 2020 г.

4.2.12. СН 4.01.02-2019 Канализация. Наружные сети и сооружения. – Мн.: Министерство строительства и архитектуры Республики Беларусь, 2020 г.

4.2.13. Монтаж внутренних санитарно-технических устройств / Ю.Б. Александрович, Б.А. Блюменкрац, Д.Я. Вигдорчик и др.; Под ред. И.Г. Старовойтова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1984. – 783 с.

4.3. ПЕРЕЧЕНЬ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине используется следующий диагностический инструментарий:

для очной формы обучения:

- устный опрос на лекционных и практических занятиях;
- выполнение курсовой работы с ее устной защитой.

для заочной и заочной сокращенной форм обучения:

- устный опрос на практических занятиях;
- выполнение курсовой работы с ее устной защитой.

4.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Основной учебной работой студента является самостоятельная работа в течение всего срока обучения. Начинать изучение дисциплины необходимо с ознакомления с целями и задачами дисциплины, а также знаниями и умениями, приобретаемыми в процессе изучения. Далее следует проработать рекомендуемую литературу, рассмотрев темы лекционных и практических занятий. Все неясные вопросы по дисциплине студент может разрешить на консультациях, проводимых по расписанию.