

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

А. Ю. Плавич

ВОДОСНАБЖЕНИЕ. ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
08.03.01 Строительство

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2024

УДК 697.443.001.63 (035.5)

Рецензент

доктор технических наук, профессор кафедры строительства ФГБОУ ВО
«Калининградский государственный технический университет»

А. А. Герасимов

Плавич, А. Ю.

Водоснабжение. Водопроводные сети: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по направлению подгот. 08.03.01 Строительство / А. Ю. Плавич. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. – 73 с.

Учебно-методическое пособие содержит методические материалы по изучению дисциплины, которые включают тематический план занятий, методические указания по выполнению студентами самостоятельной работы, вопросы для самоконтроля по темам, оценочные средства и критерии оценивания.

Табл. 15, рис. – 21, список лит. – 10 наименований

Учебно-методическое пособие рекомендовано к использованию в качестве локального электронного методического материала в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 26.02.2024 г., протокол № 2

УДК 697.443.001.63 (035.5)

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2024 г.
© Плавич А. Ю., 2024 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	6
2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ЗАНЯТИЙ	8
2.1. Тема 1. Выбор системы и схемы водоснабжения населённого пункта.	8
2.2. Тема 2. Материал трубопроводов для систем водоснабжения.	12
2.3. Тема 3. Трассировка водопроводной сети.	13
2.4. Тема 4. Основные типы систем подачи и распределения воды и расчётные случаи их работы.	17
2.5. Тема 5. Расчёт полного водопотребления населенного пункта	24
2.6. Тема 6. Определение режимов водопотребления различными группами потребителей и суточной водопотребности всего объекта в целом.	33
2.7. Тема 7. Гидравлический расчёт сети.	36
2.8. Тема 8. Расчёт водоводов.	43
2.9. Тема 9. Определение полной вместимости и необходимого количества резервуаров чистой воды.	45
2.10. Тема 10. Построение графиков пьезометрических линий.	49
2.11. Тема 11. Подбор насосов для насосной станции II подъёма.	54
2.12. Тема 12. Конструирование сети.	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.	72

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Водоснабжение. Водопроводные сети» является:

- формирование начальных основных понятий и навыков проектирования сетей водоснабжения;
- формирование начальных навыков анализа явлений и процессов, происходящих в сетях;
- получение информации об оборудовании на водопроводных сетях.

Цель теоретической части дисциплины – познакомить студентов с основами проектирования сетей водоснабжения населённых пунктов. Значительное внимание уделено вопросам гидравлического расчёта сетей водоснабжения.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- основные нормативные, справочные и методические источники получения информации по проектированию, основные нормативные требования, применяемые в проектировании водопроводных сетей;
- основные термины и законы водоснабжения;
- типовые проектные решения и технологическое оборудование на водопроводных сетях;

уметь:

- выполнять графическую часть проектной документации водопроводных сетей населённого пункта, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования;
- определять основные параметры водопроводных сетей;

владеть:

- навыками применять полученные в ходе изучения дисциплины знания в сфере своей профессиональной деятельности;
- навыками чтения проектной документации в части водоснабжения и водопроводных сетей.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- задания для практических занятий;
- задания и вопросы для лабораторных работ;
- тестовые задания по дисциплине.

Практические задания и лабораторные работы оцениваются по системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно» с учё-

том наличия и сущности ошибок, допущенных студентом при выполнении задания/работы (таблица 1).

Тестовые задания используются для текущего контроля освоения дисциплины. Каждый из вариантов теста включает в себя 30 заданий, на каждый из которых приведены три варианта ответов, в том числе один правильный. Оценивание осуществляется по следующим критериям: «зачтено» – 50–100 % правильных ответов на заданные вопросы; «не зачтено» – менее 50 % правильных ответов.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачёта в 5-м семестре, в форме экзамена и выполнения курсового проекта – в 6-м семестре.

Зачёт выставляется обучающемуся, полностью выполнившему весь объём практических заданий, получившему оценку «зачтено» по результатам тестирования, получившим положительную оценку по результатам защиты лабораторных работ. Лабораторные работы выполняются по отдельному учебно-методическому пособию. Порядок и правила выставления зачета по дисциплине преподаватель сообщает обучающимся в начале учебного семестра (таблица 1).

Экзамен проводится в устной форме и оценивается по системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно» по критериям, представленным в таблице 1. Порядок и правила выставления экзамена по дисциплине преподаватель сообщает обучающимся в начале учебного семестра.

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Критерий \ Система оценок	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
	не зачтено	зачтено		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках постав-	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные ис-

Критерий \ Система оценок	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
	не зачтено	зачтено		
	информации в рамках поставленной задачи		ленной задачи	точники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении дисциплины «Водоснабжение. Водопроводные сети» основное внимание отводится самостоятельной работе студента.

Начиная изучение дисциплины, следует очень серьезно отнестись к вводной лекции, на которой преподавателем определяются цель и задачи дисциплины в общей программе профессиональной подготовки, её место в учебном плане, методы, которые будут использованы при её изучении. Указывается перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для самостоятельного изучения ряда тем и разделов.

Также на вводной лекции обосновывается роль водопроводных сетей в развитии человеческого общества и в обеспечении его научно-технического прогресса. Тем самым обеспечивается мотивация к изучению этой дисциплины как общепрофессиональной.

Материал лекций сопровождается историческими справками в развитии тех или иных направлений научного познания в рамках программы дисциплины. На лекциях обеспечивается формирование необходимых для дальнейшей профессиональной деятельности компетенций.

Приходя на очередную лекцию, необходимо обязательно предварительно освоить материал предыдущей лекции, а возникшие при этом вопросы постараться снять с помощью литературы или на консультации у преподавателя. В этом случае обеспечивается преемственность в последовательности изучения материала и устойчивое закрепление знаний. В случае вынужденного пропуска занятия нужно незамедлительно освоить его материал.

Ниже приведен тематический план занятий (таблица 2). Список рекомендуемой литературы вынесен в отдельный раздел.

Таблица 2 – Тематический план курса

5 семестр	
Тема 1	Выбор системы и схемы водоснабжения населённого пункта
Тема 2	Материал трубопроводов для систем водоснабжения
Тема 3	Трассировка водопроводной сети
Тема 4	Основные типы систем подачи и распределения воды и расчетные случаи их работы
Тема 5	Расчёт полного водопотребления населенного пункта
Тема 6	Определение режимов водопотребления различными группами потребителей и суточной водопотребности всего объекта в целом
6 семестр	
Тема 7	Гидравлический расчёт сети
Тема 8	Расчёт водоводов
Тема 9	Определение полной вместимости и необходимого количества резервуаров чистой воды
Тема 10	Построение графиков пьезометрических линий.
Тема 11	Подбор насосов для насосной станции II подъёма
Тема 12	Конструирование сети

Для тем, запланированных для самостоятельного изучения, использовать литературу, приведённую в соответствующем разделе данного пособия.

2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ЗАНЯТИЙ

В настоящем разделе приведены тематический план лекционных и практических занятий, а также темы для самостоятельной проработки (СРС).

Курсовой проект выполняется по отдельному учебно-методическому пособию [7]. Задание на курсовой проект берётся из пособия [7]. Номер варианта согласовывается с преподавателем. Через ЭИОС университета, можно получить всю необходимую нормативную и справочную литературу в достаточном для выполнения курсового проекта объёме.

2.1. Тема 1. Выбор системы и схемы водоснабжения населённого пункта

Ключевые вопросы темы:

1. Классификация систем водоснабжения.
2. Схема водоснабжения.

Рекомендуемая литература: [3, с. 11–17]; [4, с. 5–7]; [5, с. 31–36].

Системой водоснабжения, или водопроводом, называют комплекс сооружений, служащих для забора воды из источника водоснабжения (водозаборные сооружения), очистки воды (очистные сооружения), хранения запасов воды (резервуары и водонапорные башни) и подачи воды к местам её потребления (насосные станции, водоводы, распределительная сеть трубопроводов) (рисунок 1).

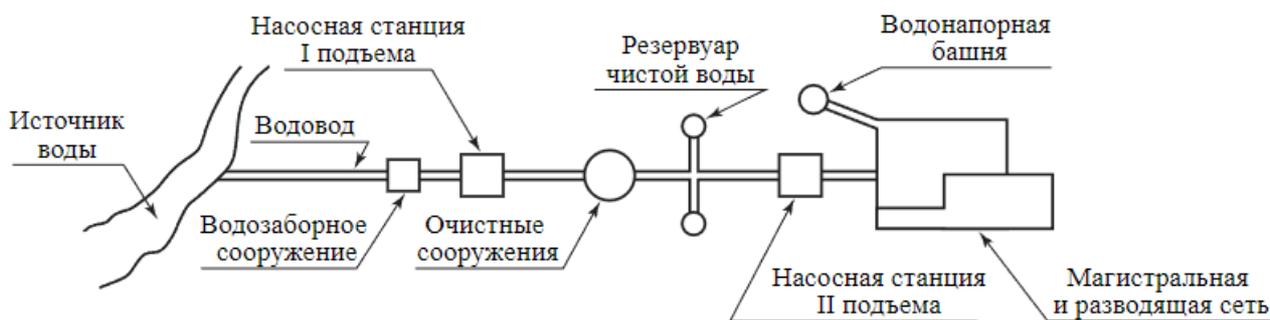


Рисунок 1 – Схема системы водоснабжения с основными элементами

Большое влияние на выбор системы и её элементов оказывают местные природные условия, характер потребления воды, экономические соображения и источник: его характер, мощность, качество воды в нём, расстояние от снабжаемого водой объекта и т. п.

Выбор системы и схемы водоснабжения – важнейший этап проектирования, который должен решаться с учётом технических и санитарных требований и экономических соображений. **Оптимальной** является такая схема водоснаб-

жения, при которой потребитель снабжается водой требуемого качества и в необходимом количестве при минимальной стоимости.

Системы водоснабжения различают:

По назначению:

- коммунальные (города, населенные пункты);
- сельскохозяйственные;
- производственные (их различают по отраслям промышленности, например, системы железнодорожного транспорта и т. п.).

По целевому назначению:

- хозяйственно-питьевые;
- хозяйственно-противопожарные;
- хозяйственно-производственные;
- поливочные;
- противопожарные.

По виду использования природных источников:

- воды поверхностных источников;
- воды подземных источников;
- смешанного питания.

По способам подачи воды:

- самотечные (гравитационные);
- напорные (механическое побуждение)

В городах обычно устраивают единый хозяйственно-противопожарный водопровод. Он же подаёт воду для хозяйственно-питьевых нужд тех предприятий, где требуется вода питьевого качества (пищевая промышленность и т. п.).

Для крупных промышленных предприятий города, которые могут использовать неочищенную воду, обычно устраивают самостоятельные производственные водопроводы. Иногда такие водопроводы устраивают для группы предприятий, расположенных в одном районе города.

Вопросы объединения противопожарного водопровода с хозяйственно-питьевым или производственным водопроводом решаются на основе технико-экономических расчетов. Чаще всего противопожарные функции выполняют системы хозяйственно-питьевого водопровода, имеющего большую разветвлённость на территории города.

Под **схемой** водоснабжения понимают начертание, генеральный план объекта водоснабжения с указанными на нём всеми водопроводными сооружениями. Проектирование схем водоснабжения осуществляется на основе генеральных планов городов (первая очередь на срок 8–10 лет и перспектива на срок 20–25 лет) и промышленных предприятий. Схема водоснабжения зависит от многих факторов, из которых главными являются следующие: расположение, мощность и качество воды источника водоснабжения, рельеф местности и кратность использования воды на промышленных предприятиях.

Схема водоснабжения города состоит из следующих основных элементов: 1) водоприёмных сооружений; 2) водоподъёмных сооружений, т. е. насосных станций, подающих воду к очистным сооружениям (насосная станция I подъёма, НС I) или потребителям (насосная станция II подъёма, НС II); 3) очистных сооружений; 4) башен и резервуаров, накапливающих запасы воды или регулирующих напоры и расходы; 5) водоводов и сети трубопроводов, предназначенных для транспортирования воды от сооружения к сооружению или к потребителям.

Потребление воды в городах и на промышленных предприятиях в течение суток неравномерно. В городах в ночное время вода потребляется значительно меньше, чем днём. На промышленных предприятиях в начале и конце смен воды для производственных целей расходуется меньше, чем в середине смен.

Для сокращения размеров и обеспечения стабильной работы водоприёмных и очистных сооружений, а также насосных станций I подъёма их проектируют на равномерную производительность. Насосные станции II подъёма проектируют с учётом необходимости изменения их производительности. Подаваемый ими в отдельные часы суток объём воды должен быть близок к потребляемому расходу.

Производительность водоприёмных и очистных сооружений и насосных станций I подъёма больше минимальной и меньше максимальной производительности насосных станций II подъёма. В часы минимальной производительности насосных станций II подъёма (в часы минимального водопотребления) излишек воды, поступающей от очистных сооружений, накапливается в резервуарах чистой воды; в часы максимальной производительности насосных станций II подъёма (в часы максимального водопотребления) накопившийся излишек воды расходуется потребителями. Таким образом, **резервуары чистой воды** являются регулирующими ёмкостями. Кроме того, в резервуарах чистой воды хранят запас воды для пожаротушения и собственных нужд очистных станций.

Для регулирования расходов воды, подаваемой насосными станциями II подъёма и расходуемой потребителями, служат водонапорные башни. Водонапорные башни представляют собой утеплённые резервуары, поднятые над землёй на специальных конструкциях, называемых стволами. Высота водонапорных башен определяется исходя из условий обеспечения подачи потребителям воды необходимыми напорами.

Состав сооружений системы водоснабжения зависит от вида источника водоснабжения и качества воды в нём, требований, предъявляемых к качеству воды потребителями, и ряда других факторов. При определенных условиях необходимость в некоторых сооружениях может отпасть, а некоторые соору-

жения могут быть совмещены. В современной практике наблюдается отказ от водонапорных башен, в пользу проектирования **безбашенных систем**.

Для обеспечения необходимой надёжности работы системы водоснабжения в ней проектируют по два и более однотипных сооружения, а также создают резерв насосного и механического оборудования.

На представленной схеме (см. рисунок 1) показаны лишь основные сооружения. Система водоснабжения, как правило, имеет много дополнительных сооружений, обеспечивающих бесперебойную подачу воды потребителям. Между основными сооружениями располагают камеры переключения или распределительные устройства, обеспечивающие отключение или включение отдельных сооружений, насосов или оборудования. На водопроводной сети устраивают смотровые колодцы, в которых располагают задвижки для отключения отдельных участков сети, гидранты, служащие для пожаротушения, водоразборные колонки и другое оборудование.

Пересечение водопроводной сети с реками и оврагами, железными или автомобильными дорогами выполняют путем прокладки труб по мостам (**эстакадам**), в **туннелях** или **дюкерах**, представляющих собой две нитки труб, уложенных по дну реки в траншее.

Источником водоснабжения могут служить поверхностные водоёмы (реки, озера, моря) и подземные воды. Место забора воды и местоположение водоприёмного сооружения и станции I подъёма определяются санитарными соображениями – стремлением получить из источника наиболее чистую воду. При заборе воды из рек эта цель достигается расположением водоприёмного сооружения выше по течению реки относительно объекта водоснабжения и других населенных пунктов и промышленных предприятий, т. е. выше мест возможного загрязнения воды водоёма; при заборе воды из озёр и морей – удалением водоприёмного сооружения от объекта водоснабжения и других населенных мест и промышленных предприятий. При заборе подземных вод эта задача может быть решена удалением водоприёмного сооружения от населенных пунктов и промышленных предприятий или получением воды из глубоких водоносных слоёв. В последнем случае водоприёмные сооружения могут располагаться даже в черте объекта водоснабжения.

Очистные сооружения можно размещать как вблизи водоприёмников, так и вблизи объектов водоснабжения. В первом случае оказывается целесообразным совмещение насосных станций I и II подъёма (расположение их в одном здании).

Воду необходимо подавать потребителям не только в требуемом количестве, но и под определённым напором, который называется свободным напором $H_{св}$. Этот напор должны обеспечивать насосная станция II подъёма и водонапорная башня (при её наличии), так как в часы максимального водопотребления вода подаётся в сеть и из водонапорных башен. В целях сокращения высоты

водо-напорных башен их располагают на наиболее высоких точках местности. В связи с этим они могут оказаться расположенными в начале сети, в середине её и в конце. В последнем случае башня называется **контррезервуаром**.

Вопросы для самопроверки:

1. Что называется системой водоснабжения?
2. Какая схема водоснабжения считается оптимальной?
3. По назначению системы водоснабжения подразделяются на ...
4. По виду использования природных источников системы водоснабжения подразделяются на ...

Методические материалы по теме 1:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; материалы, полученные в ходе практического занятия; рекомендованную литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов.

2.2. Тема 2. Материал трубопроводов для систем водоснабжения.

Ключевые вопросы темы:

1. Материалы, применяемые для водоводов и сетей.
2. Свойства материалов с точки зрения монтажно-эксплуатационных свойств.

Рекомендуемая литература: [4]; [9, с. 3–34].

Для напорных водоводов и сетей, как правило, следует применять неметаллические трубы (железобетонные напорные, пластмассовые, хризотилцементные напорные и др.). Применение чугунных (в том числе ВЧШГ) напорных труб допускается в пределах населенных пунктов, территорий промышленных предприятий. Применение стальных труб допускается при следующих условиях:

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

Вопросы для самопроверки:

1. Какие трубы применяются для наружных сетей водоснабжения?

2. Назовите преимущества и недостатки стальных труб.
3. Назовите преимущества и недостатки чугунных труб.
4. Что такое материал ВЧШГ (ЧШГ)? Его английский эквивалент?
5. Назовите преимущества и недостатки хризотилцементных труб.
6. Назовите преимущества и недостатки железобетонных труб.
7. Назовите преимущества и недостатки полимерных труб.

Методические материалы по теме 2:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; материалы, полученные в ходе практического занятия; рекомендованную литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов.

2.3. Тема 3. Трассировка водопроводной сети

Ключевые вопросы темы:

1. Трассировка как начальная стадия проектирования.
2. Рекомендации при выполнении трассировки сети.
3. Условия и факторы, влияющие на трассировку.

Рекомендуемая литература: [1, п. 11]; [3, с. 11–17]; [4, с. 7–9].

Сеть должна:

- распределять подаваемую воду по территории города;
- обеспечить возможность отбора в заданных точках:
 - а) требуемого количества воды;
 - б) при требуемых величинах свободного напора;
- обладать надёжностью (при любых авариях подавать воду не ниже аварийного графика);
- сохранять качество воды в процессе её транспортирования;
- осуществлять всё вышеперечисленное при наименьших затратах:
 - а) на строительство;
 - б) на эксплуатацию.

По характеру работы водопроводные линии подразделяют на линии:

- I категории (магистральные);
- II категории (распределительные).

Магистральные трубопроводы (сети) – предназначены для транспортирования воды при $q_{транз} \gg q_{пут.}$ (т. е. когда основные потоки воды транзитом проходят по трубопроводам). Здесь $q_{транз}$ – транзитный расход в водопроводах, тот расход, который отбирается в строго определенных точках водопроводной

сети; $q_{пут}$ – путевой расход, т. е. расход, который отбирается «по пути следования».

Распределительные трубопроводы (сети) – предназначены для раздачи воды в домовые ответвления при условии $q_{транз} \approx q_{пут}$.

Конфигурация сети зависит от:

- формы территории города;
- его планировки;
- системы улиц и проездов;
- мест подачи воды;
- расположения крупных ПП (промышленных предприятий);
- расположения естественных препятствий – рек, оврагов, рельефа и т. д.

При трассировке сети необходимо соблюдать правило, согласно которому основные магистрали должны:

- охватывать всю территорию города;
- обеспечивать подачу воды в его удаленные районы.

Направление магистралей должно соответствовать направлению основных потоков.

По своей конфигурации водопроводные сети могут быть **тупиковые** (рисунок 2), **кольцевые** (рисунок 3), **комбинированные** (рисунок 4).

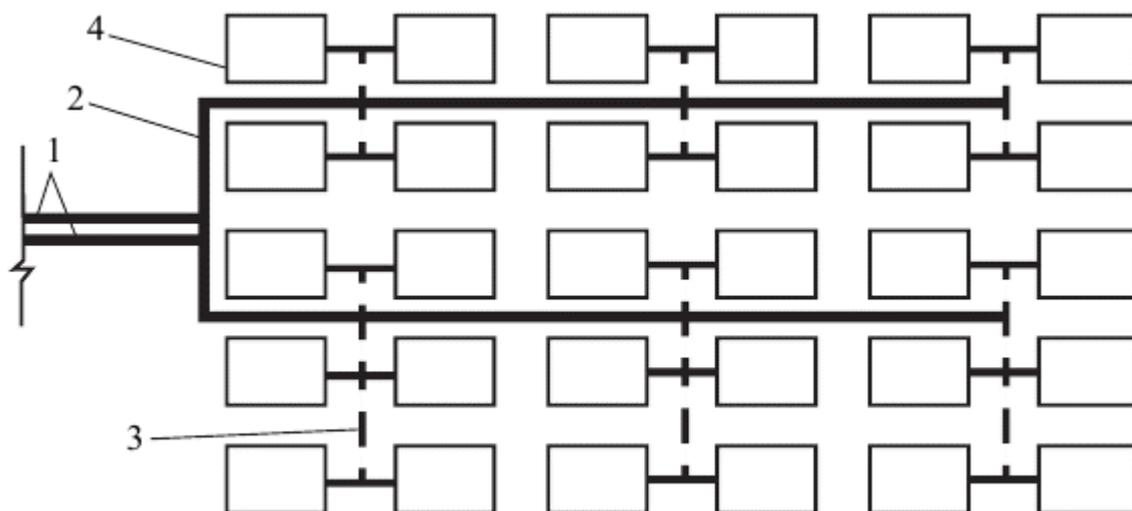


Рисунок 2 – Схема тупиковой водопроводной сети

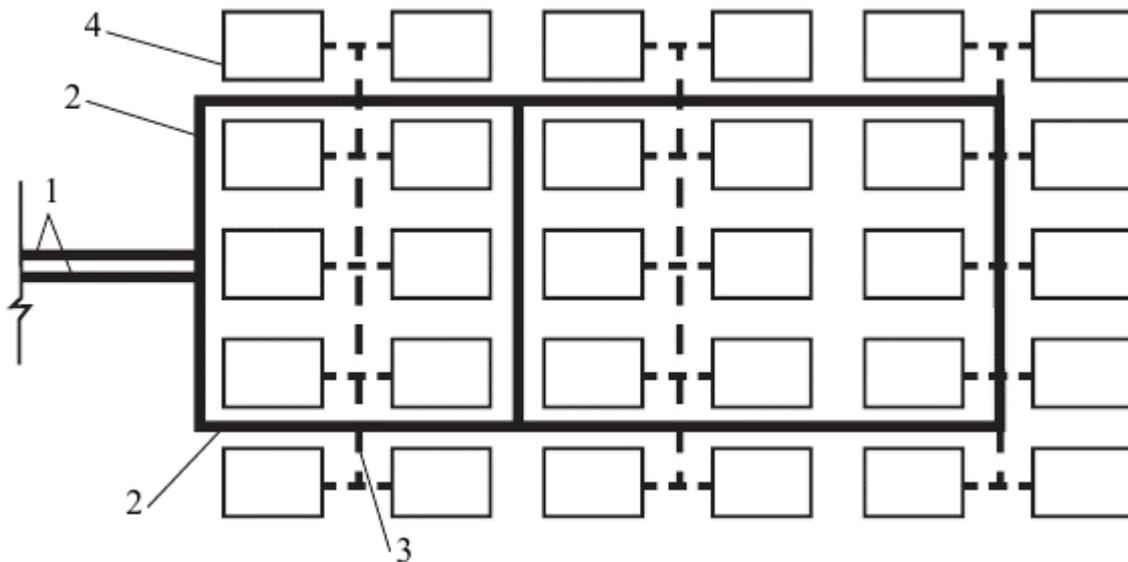


Рисунок 3 – Схема кольцевой водопроводной сети

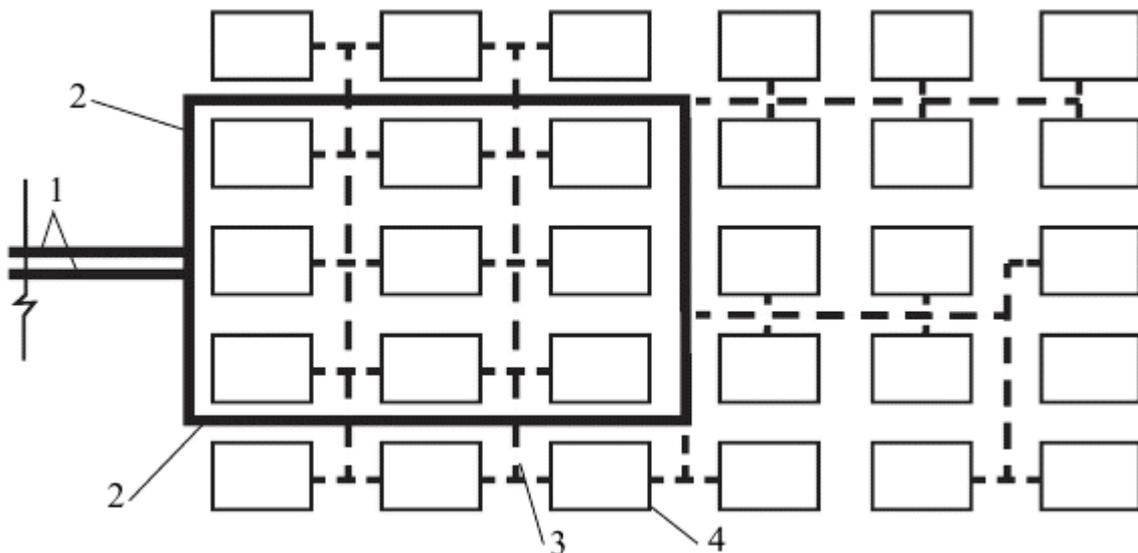


Рисунок 4 – Схема комбинированной сети:

1 – водоводы; 2 – магистральные водопроводы; 3 – распределительные трубопроводы; 4 – кварталы застройки

Области применения данных сетей.

Сеть тупиковая. Применяется для небольших поселков при диаметре трубопроводов не менее 100 мм, если в случае аварии можно допустить перерыв в подаче воды, и при устройстве специальных аварийных (запасных) и противопожарных ёмкостей. Длина тупиковых частей водоводов должна быть менее 200 м. Если это условие не соблюдается, то необходимо в конце предусматривать регулируемую ёмкость (напор и расход).

Положительными моментами можно считать устойчивый гидравлический режим, простоту расчёта, минимальное количество труб.

Недостатками таких систем является то, что вода может замерзнуть, так как отсутствует циркуляция, сильнее действуют гидравлических удары (создается «накопительный» эффект при продвижении по трубе, кроме того, ухудшается качество в конечных участках сети из-за возможного застоя воды).

Сеть кольцевая. Обеспечивает бесперебойную подачу, меньше подвержена авариям, так как в них гидроудары не так сильны (удар «распределяется» по разветвлениям водовода). Вода не замерзает из-за циркуляции. Рекомендованы в городских и производственных сетях. Кольцевые сети длиннее тупиковых, но диаметры в них меньше (в начальных участках), и полностью отвечают противопожарным требованиям, так как обеспечивают бесперебойную подачу воды. (Даже при аварии на каком-либо участке и размыкании кольца вода к аварийному участку может подходить с двух сторон.)

Недостатками данной системы являются трудности при эксплуатации и расчёте, поскольку вода не только подается по основным магистральным направлениям, но и циркулирует в кольцах.

Обычно водопроводная сеть проектируется кольцевой. Основных магистралей должно быть **не менее двух**.

Основные магистрали соединяются между собой **перемычками**, располагающимися перпендикулярно к основному направлению движения воды. При обычной работе они практически не загружены, они включаются при аварии. Кольца целесообразно вытягивать по направлению движения воды.

Расстояние между пожарными гидрантами не должно превышать 150 м. Задвижки устанавливаются для отключения отдельных участков (причем на любом отключаемом участке должно быть **не более 5 гидрантов**), кроме того, на сети предусматриваются воздушные вантузы, водовыпуски и т. п. Рекомендуемая длина магистральных участков:

- длина магистральных линий – 500÷1000 м;
- расстояние между ними (длина перемычек) – 300÷800 м;

Глубина заложения зависит от:

– глубины промерзания. Для диаметров до 500 мм включительно глубина заложения определяется по формуле:

$$h_{\text{залож}} = h_{\text{пром}} + 0,3 + d, \quad (1)$$

где $h_{\text{пром}}$ – глубина промерзания, м; d – диаметр трубы, м.

Для диаметров свыше 500 мм – по формуле [1, п. 11.40]:

$$h_{\text{залож}} = d + h_{\text{пром}} \quad (2)$$

- температуры воды;
- режима подачи воды;
- места прокладки;
- в зоне прохождения водопроводных труб динамическая и статическая нагрузка не должна превышать допустимую;

– для защиты труб от нагревания не менее 0,5 м до их верха.

Вопросы для самопроверки:

1. Вспомните, из каких основных линий состоит водопроводная сеть.
2. Назовите факторы, влияющие на конфигурацию водопроводной сети.
3. Вспомните, какие преимущества кольцевой водопроводной сети.
4. Назовите основные принципы трассировки водопроводной сети.

Методические материалы по теме 3:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; рекомендованную литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов.

2.4. Тема 4. Основные типы систем подачи и распределения воды и расчётные случаи их работы

Ключевые вопросы темы:

1. Понятие нефиксированного отбора воды.
2. Системы с различным расположением водонапорной башни и расчётные случаи их функционирования.

Рекомендуемая литература: [3, с. 13–15]; [4, с. 10–12]; [5, с. 4650]; [7, п. 7.2].

Нефиксированным отбором называется такой отбор воды, при котором необходимо учитывать влияние изменений давлений в сетях систем подачи и распределения воды (сбросы воды в запасные и регулирующие резервуары промпредприятий, отборы воды станциями подкачки, пожарными насосами и т. д).

Основные типы систем

А. Системы, имеющие один водопитатель и не имеющие нефиксированных отборов:

– безбашенные (вода подается в сеть насосной станцией (НС), расход от 25000 до 30000 м³/сут, рельеф не допускает строительства напорных ёмкостей).

– с башней в начале сети (вода подается НС к водонапорной башне (ВБ) и в сеть) (рисунок 5, а). Для населенных пунктов с суточной производительностью менее 25000 м³/сут; при большей производительности устраивают напорные резервуары, но перепад рельефа должен быть не менее 20–25 м; регулирующий объём башни составляет 2–8 % от расчётного; полная вместимость баш-

ни типовых проектов: 50, 100, 150, 200, 300, 500, 800 м³; регулирующий объём занимает не более 70 % полной вместимости.

В. Системы, в которых суммарное число водопитателей и нефиксированных отборов равно двум (имеется один напорно-регулирующий резервуар, расположенный в удаленной от НС точке сети (рисунок 5, б, в); в сети не имеется нефиксированных отборов).

С. Системы, в которых общее число водопитателей и нефиксированных отборов более двух:

- с одним водопитателем и несколькими нефиксированными отборами;
- с несколькими водопитателями без нефиксированных отборов;
- с несколькими водопитателями и нефиксированными отборами.

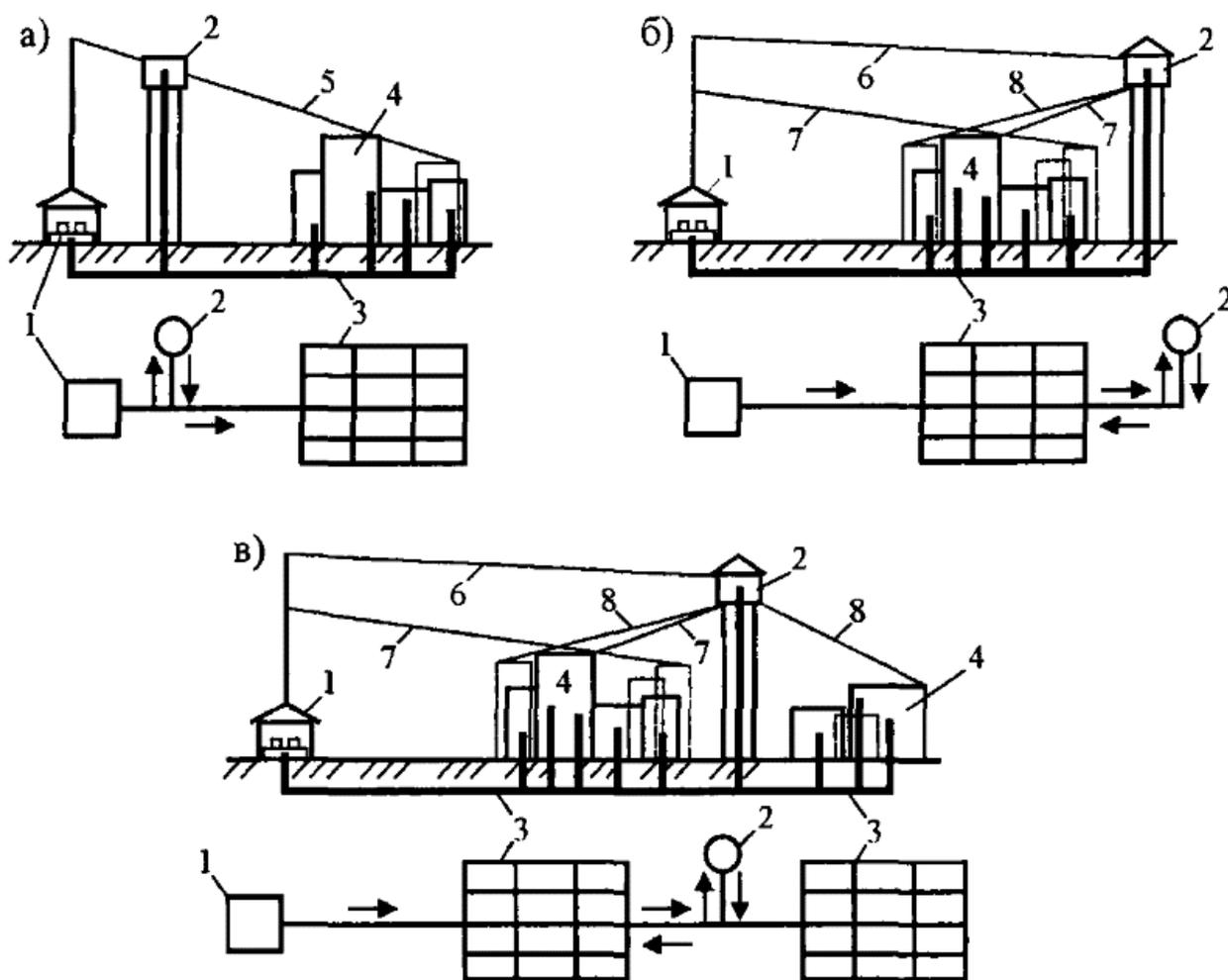


Рисунок 5 – Схемы с различным расположением водонапорной башни (питания разводящих сетей): а – односторонняя через башню; б – сеть с контр-резервуаром; в – комбинированная; 1 – насосная станция второго подъёма (НС-II); 2 – водонапорная башня; 3 – разводящая сеть труб; 4 – объект водоснабжения; 5 – линия пьезометрического напора в сети; 6 – то же при транзите воды в башню; 7 – то же при питании сети от НС-II и от башни; 8 – то же при питании только от башни

Расчётные случаи для систем типа А:

- 1) работа в часы максимального и минимального расхода в сутки наибольшего водопотребления;
- 2) работа системы при пожаре в часы наибольшего водопотребления;
- 3) работа сети при возникновении аварий на основных магистралях в часы максимального водопотребления.

Системы типа В, в которых суммарное число водопитателей и нефиксированных отборов равно двум – система с контррезервуаром (рисунок 5, б, в).

Вода подаётся в неё одной питающей станцией, башня расположена на противоположном конце сети. В этих системах в часы минимального водопотребления вода транзитом проходит в башню (нефиксированный отбор), а в час максимального водопотребления из ВБ (водопитатель) вода подаётся в сеть (недостающая её часть).

Расчетные случаи для систем типа В:

- 1) совместная работа насосов и водоводов, сети и башни в часы наибольшего водопотребления (двухстороннее подключение сети) в сутки с максимальным водопотреблением;
- 2) то же, в сутки наибольшего транзита воды в башню (обычно это в часы наибольшей подачи насосов) в сутки с максимальным водопотреблением;
- 3) то же, при пожаре в часы и дни наибольшего потребления;
- 4) то же, при авариях на магистральной сети в часы и дни наибольшего водопотребления.

Все эти расчёты требуют проведения внутренней и внешней увязки сети. Необходимо учитывать изменение колебания уровня воды в башне, а также проверять достаточность принятой ёмкости бака.

Системы типа С, в которых общее число водопитателей и нефиксированных отборов более двух.

Расчёт сводится к нахождению действительного режима работы системы:

- 1) действительных подач и напоров насосов;
- 2) фактических величин нефиксированных отборов;
- 3) действительного расхода по линиям сети;
- 4) потерь напора в них при совместной работе насосов и сети, нефиксированных отборов всех видов.

При этом одним из основных наиболее значительных и часто встречающихся типов нефиксированных отборов являются **напорные регулирующие ёмкости**.

Расчётные случаи для систем типа С (рассчитывается на те же случаи, как и система с контррезервуаром):

- 1) при наличии нескольких напорно-регулирующих ёмкостей важно выяснить действительную полезность их совместной работы, т. е. убедиться, что они являются регулирующими ёмкостями для насосов и сети;

2) проверить правильность выбора первоначального намеченного объёма баков.

Задача расчёта системы заключается в определении: диаметров трубопроводов, потерь напора на участках сети и определения свободных напоров по профилю сети. Основой для расчёта сети является заданная схема и величина узловых отборов.

Необходимо помнить, что сеть – это часть общего комплекса сооружений **«насосы – водоводы – сеть – напорно-регулирующие ёмкости»**.

Поэтому чем выше диаметры, тем больше строительная стоимость сетей и меньше затраты на электроэнергию для насосов; чем ниже диаметр, тем меньше затраты на строительство, но выше затраты на электроэнергию.

Прежде чем приступить к расчету сети, необходимо:

1. Предварительно задаться некоторым распределением расходов воды в линиях водопроводной сети.

2. Выбрать основные случаи работы системы (расчётные случаи).

Для того чтобы осуществить предварительное распределение расходов, необходимо ввести несколько ограничений. Их можно определять двумя способами.

1 способ. Условно считаем, что общие отборы воды с каждого участка городской сети пропорциональны его длине при одинаковой плотности застройки и одинаковой норме водопотребления. При этом все крупные и известные по величине отборы (ПП, пожарные ёмкости и др.) вычитаются из общего количества отдаваемой из сети воды и учитываются в виде **сосредоточенных расходов**.

Тогда суммарная отдача воды остальным потребителям на единицу длины, л/(с·м):

$$q_{уд} = \frac{Q - \sum Q_{соср}}{\sum l}, \quad (3)$$

где $q_{уд}$ – удельный расход воды на один погонный метр, л/(с·м); Q – полный расход воды, отбираемый из сети, л/с; $\sum Q_{соср}$ – сумма отборов воды по крупным водопотребителям, л/с; $\sum l$ – длина всех линий водопроводной сети (не включая линии без домовых присоединений и линии, проходящие через незастроенные территории, парки, площади, длинные мосты и т. п.).

Путевой расход – суммарная отдача воды с каждого участка сети:

$$Q_n = q_{уд} \cdot l, \quad (4)$$

где l – длина участка сети, м.

2 способ. Условно считаем, что общие отборы воды с каждого участка городской сети пропорциональны площади этого участка при одинаковой плотности населения, степени благоустройства и одинаковой норме водопотребления.

Тогда удельный расход можно рассчитать по формуле:

$$q'_{уд} = \frac{Q - \sum Q_{\text{соср}}}{\Omega}, \quad (5)$$

где Ω – площадь города или района с одинаковой плотностью населения и одинаковой нормой водопотребления.

$$Q_n = q'_{уд} \cdot \omega, \quad (6)$$

где ω – площадь участка, м².

Второй способ более точный, но более трудоёмкий.

Вопросы для самопроверки:

1. Вспомните назначение упрощенной схемы отбора воды из сети.
2. Дайте определение удельному расходу.
3. Какие расходы относятся к сосредоточенным?
4. Как определить путевые расходы?
5. Вспомните, что такое узловой отбор и как его определить.

Задания для практических занятий.

Цель занятия: формирование навыка определения путевых расходов и узловых отборов из сети.

Задача 1. Определить путевые расходы и узловые отборы воды из сети населённого пункта

Решение

Определение основных расчётных режимов работы системы подачи и распределения воды.

Расход в час максимального водопотребления (задан):

$$q_{\text{ч.макс}} = 897,17 \text{ м}^3/\text{ч} = 249,21 \text{ л/с.}$$

Сосредоточенный отбор для нужд промышленного предприятия (задан)

$$q_{\text{соср}} = 102,76 \text{ м}^3/\text{ч} = 28,55 \text{ л/с.}$$

Тогда равномерно распределенный расход $q_{\text{р.р.}}$ определится:

$$q_{\text{р.р.}} = q_{\text{ч.макс}} - q_{\text{соср}} = 249,22 - 28,55 = 220,67 \text{ л/с.}$$

Определение путевых расходов и узловых отборов воды из сети.

Определим удельный расход:

$$q_{уд} = q_{\text{р.р.}} / \sum L = 220,67 / 11945 = 0,018474 \text{ л/с на 1 м длины сети,}$$

где $\sum L = 11945$ м – общая длина в метрах участков водопроводной распределительной сети (без учёта длин водоводов от НС-II и водонапорной башни) – по схеме.

Путевые расходы по участкам сети (таблица 3) определим по формуле:

$$q_{\text{пут}} = q_{уд} \times L_i, \text{ (л/с),}$$

где L_i – длина соответствующего участка водопроводной сети (заданы на схеме).

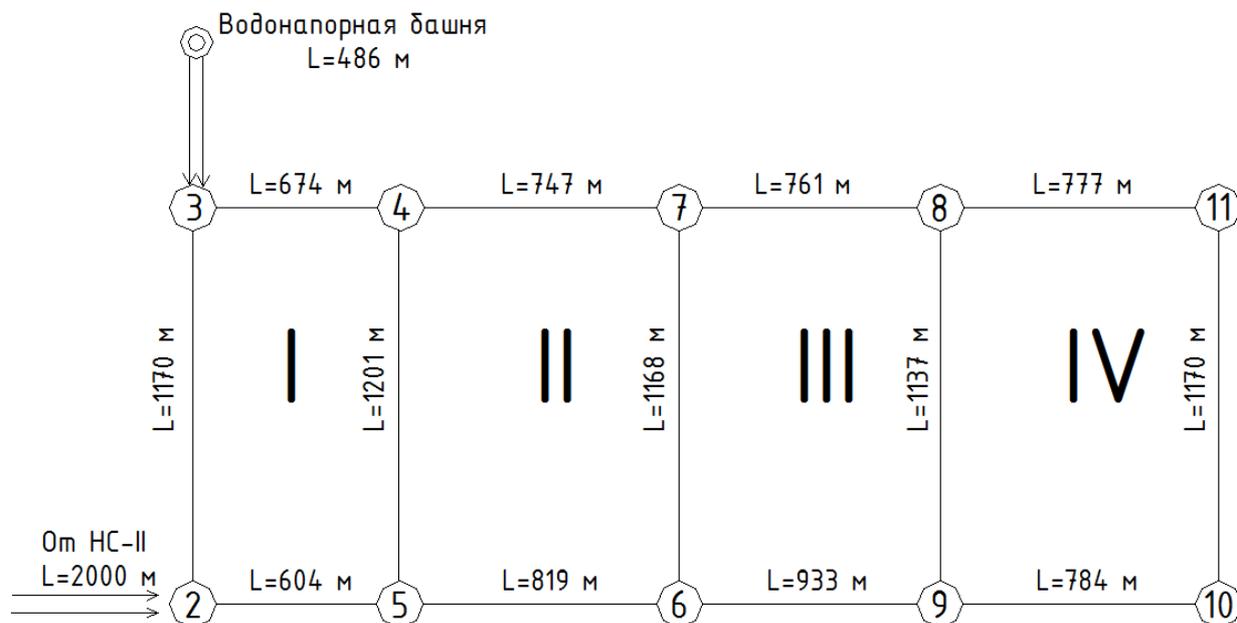


Рисунок 6 – Расчётная схема водопроводной сети населенного пункта

Таблица 3 – Определение путевых расходов в час максимального водопотребления

Номер участка	Длина участка L_i , м	Равномерно распределенный расход воды по участкам сети $q_{\text{пут}}$, л/с
1	2	3
2–3	1170	21,6144
3–4	674	12,4514
4–5	1201	22,1871
5–2	604	11,1582
5–6	819	15,1301
6–7	1168	21,5774
7–4	747	13,8000
7–8	761	14,0586
8–9	1137	21,0048
9–6	933	17,2361
9–10	784	14,4835
10–11	1170	21,6144
11–8	777	14,3542
ИТОГО:	11945	220,67

Определим узловые расходы (таблица 4, рисунок 7):

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

Таблица 4 – Определение узловых расходов

Номер узла	Линии, прилегающие к узлу	Сумма приложенных расходов, л/с	Узловой расход, $q_{\text{узл}}$, л/с
2	2--3, 2--5	32,7726	16,386
3	2--3, 3--4	34,0658	17,033
4	3--4, 4--5, 4--7	48,4384	24,219
5	5--4, 5--2, 5--6	48,4754	24,238
6	6--5, 6--9, 6--7	53,9436	26,972
7	7--4, 7--8, 7--6	49,4360	24,718
8	8--7, 8--11, 8--9	49,4175	24,709
9	9--6, 9--10, 9--8	52,7243	26,362
10	10--9, 10--11	36,0979	18,049
11	11--10, 11--8, П/П (28,55 л/с)	35,9686	= $0,5 \cdot 35,9686 + 28,55 = 46,534$
ИТОГО			249,22

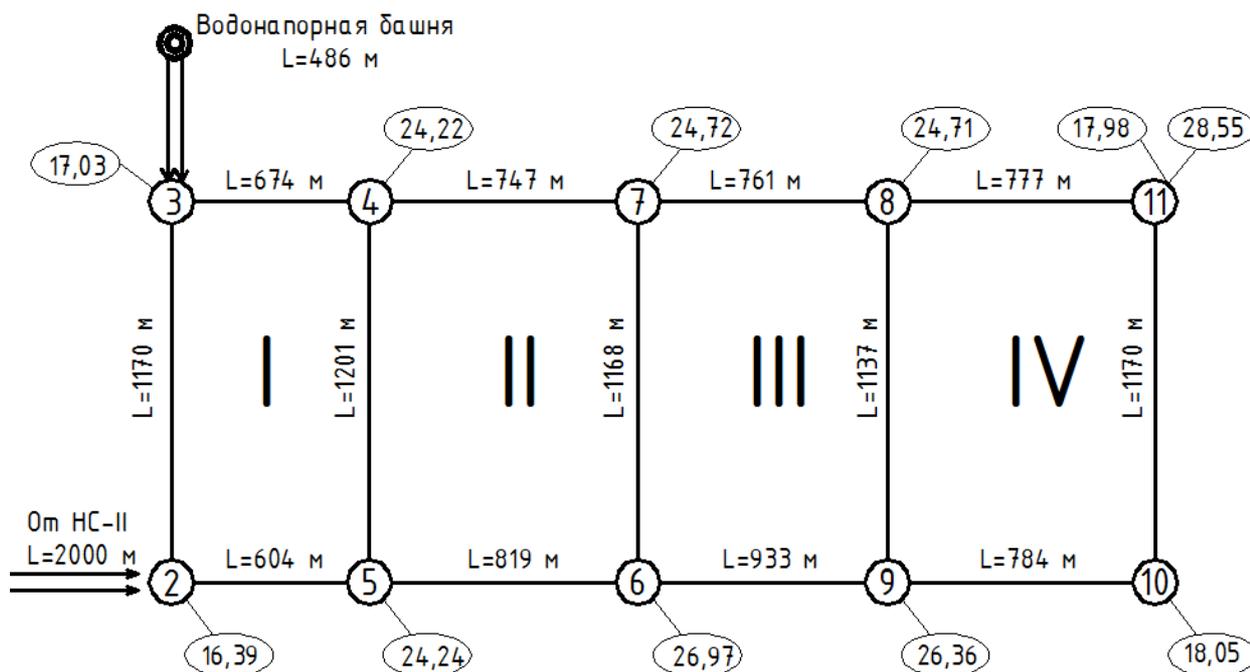


Рисунок 7 – Узловые расходы водопроводной сети

Таблица 5 – Исходные данные по вариантам

Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q_{ч.макс}$, л/с	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
$q_{соср}$, л/с	35	33	31	29	27	26	25	24	23	22
L каждого участка вычислить умножением на коэффициент	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
$q_{ч.макс}$, л/с	250	260	270	280	290	300	310	320	330	
$q_{соср}$, л/с	21	20	19	18	17	16	15	14	13	
L каждого участка вычислить умножением на коэффициент	1,6	1,7	1,8	1,9	2	1,8	1,7	1,6	1,5	
Примечание. Данные, не указанные в настоящей таблице, оставить как в примере										

Методические материалы по теме 4:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; материалы, полученные в ходе практического занятия; рекомендованную литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов. Выполнить практическое задание (задачу) по персональному варианту.

2.5. Тема 5. Расчёт полного водопотребления населенного пункта

Ключевые вопросы темы:

1. Основные категории водопотребителей населённого пункта.
2. Методика определения расходов воды по каждой категории потребителей.

Рекомендуемая литература: [1, п. 5]4 [4, с. 12–17]; [7, п. 2].

Проектирование водоснабжения объекта (города, района, ПП (промышленного предприятия) или их комплекса) начинается с определения количества потребляемой воды и режима её расходования на перспективный (расчетный) период. Величина водопотребления объектом определяется в кубических метрах в сутки максимального и в сутки среднего за год водопотребления воды. Все водопроводные сооружения рассчитываются из условия обеспечения максимального водопотребления в конце расчетного периода, а технико-экономические показатели – из условия среднего за год.

Так как каждый объект включает различные категории потребителей, имеющие свои нормы водопотребления и свои режимы расходования воды, количество её определяется отдельно для каждой категории потребителей.

В городах водопотребление определяется отдельно для следующих категорий потребителей:

- хозяйственно-питьевое водопотребление населением с учётом нужд в воде общественных зданий;
- расход воды на поливку и мойку улиц, площадей и зелёных насаждений;
- хозяйственно-питьевое водопотребление рабочими и служащими во время пребывания их на производстве (для предприятий, не имеющих своих обособленных водопроводов);
- расход воды на производственные нужды промышленных предприятий, получающих её из городского водопровода;
- расход воды на нужды пожаротушения.

Количество воды, потребляемое каждой категорией потребителей, определяется как произведение числа потребителей на норму водопотребления, а суточный расход всего объекта как сумма слагаемых по отдельным категориям потребителей:

$$Q = \Sigma N_{жс}q_{жс} + \Sigma N_nq_n + \Sigma N_pq_p + \Sigma N_mq_m \quad (7)$$

где Q – общее количество воды, потребляемое в сутки объектом; $N_{жс}$, N_n , N_p , N_m – число потребителей воды по категориям: население, площадь поливки, рабочие и служащие ПП, единица продукции или технологических устройств; $q_{жс}$, q_n , q_p , q_m – нормы водопотребления соответствующих категорий потребителей.

Полное водопотребление $Q_{пол}$ кроме суточного расхода объекта учитывает также расход воды на собственные нужды водопровода $Q_{с.н.}$ (периодическую промывку сети, фильтров, удаление осадка из резервуаров и т. п.) и определяется по формуле:

$$Q_{пол} = Q + Q_{с.н.} = Q + \alpha Q, \quad (8)$$

где α – коэффициент, учитывающий собственные нужды водопровода; для предварительных расчётов может быть принят равным 0,05–0,10.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения

Расчётный (средний за год) суточный расход воды на нужды населения определяется в м³/сут по формуле:

$$Q_{\text{сут.т}} = N_{\text{жи}i} q_{\text{жи}i} / 1000, \quad (9)$$

где $q_{\text{жи}i}$ – удельное водопотребление на одного жителя i -го района, л/сут, принимается в зависимости от степени санитарно-технического оборудования в соответствии с классификацией действующих норм [1]; $N_{\text{жи}i}$ – расчётное число жителей i -го района города, чел., определяется по формуле:

$$N_{\text{жи}i} = S_i \cdot p_i, \quad (10)$$

где S_i – площадь населённого пункта, га, определяется как суммарная площадь кварталов на плане населённого пункта, без учёта межквартальных проездов и площади, занимаемой промышленным предприятием; p_i – плотность населения, чел./га (принимается по заданию на проектирование).

В приведенные нормы включены расходы воды на хозяйственно-питьевые и коммунальные нужды жителей независимо от того, где происходит расходование воды – в жилых домах или общественных зданиях. Большие значения расходов (в пределах указанных норм) следует принимать для южных районов, а меньшие – для северных.

Согласно [1] расход воды на неучтённые нужды необходимо учитывать дополнительно в размере 10–15 % от $Q_{\text{сут.т}}$. Тогда среднесуточный расход для каждого района населенного пункта, м³/сут, корректируется по формуле:

$$Q'_{\text{сут.т}} = (1,1 \dots 1,15) \cdot Q_{\text{сут.т}}. \quad (11)$$

Поскольку расход воды не является постоянным и меняется в течение года, при проектировании необходимо определять также расчётные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления, м³/сут, по формулам:

$$Q_{\text{сут.т.max}} = K_{\text{сут.т.max}} \cdot Q'_{\text{сут.т}}, \quad (12)$$

$$Q_{\text{сут.т.min}} = K_{\text{сут.т.min}} \cdot Q'_{\text{сут.т}}, \quad (13)$$

где коэффициент суточной неравномерности водопотребления $K_{\text{сут.т}}$, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели, принимают равным: $K_{\text{сут.т.max}} = 1,1-1,3$; $K_{\text{сут.т.min}} = 0,7-0,9$.

Учёт $K_{\text{сут.т.max}}$ в зависимости от степени благоустройства зданий условно осуществляется следующим образом:

– жилая застройка с централизованным горячим водоснабжением (III степень благоустройства)

$$K_{\text{сут.т.max}} = 1,1; K_{\text{сут.т.min}} = 0,9;$$

– для зданий с местными водонагревателями (II степень благоустройства)

$$K_{\text{сут.т.max}} = 1,2; K_{\text{сут.т.min}} = 0,8;$$

– для зданий, оборудованных только водопроводом и канализацией без ванн (I степень благоустройства), $K_{\text{сут.т.max}} = 1,3$; $K_{\text{сут.т.min}} = 0,7$.

Максимальный и минимальный часовые расходы воды соответственно:

$$q_{ч. max} = K_{ч. max} \times Q_{сут. max} / 24 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (14)$$

$$q_{ч. min} = K_{ч. min} \times Q_{сут. min} / 24 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (15)$$

где коэффициенты часовой неравномерности водопотребления $K_{ч}$ следует определять из выражений:

$$K_{ч. max} = \alpha_{max} \beta_{max}, \quad (16)$$

$$K_{ч. min} = \alpha_{min} \beta_{min}, \quad (17)$$

где α – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимаемые $\alpha_{max} = 1,2-1,4$; $\alpha_{min} = 0,4-0,6$; β – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимаемый по таблице 2 [1].

По расчётному значению $K_{ч. max}$ для населённого пункта выбирается типовой график водопотребления. Такие графики составлены по многолетним наблюдениям за водопотреблением населённых пунктов.

Если в населённом пункте несколько районов с разной плотностью населения, то расчёт водопотребления удобно заносить в таблицу – см. практическое задание.

Расход воды на нужды промышленного предприятия

Промышленные предприятия, располагаемые на территории населённого пункта или близко к его границам, для целей водоснабжения используют городской водопровод.

Вода хозяйственно-питьевого качества на ПП обычно расходуется:

- на хозяйственно-питьевые нужды работающих;
- на пользование душами в бытовых помещениях;
- на технологические нужды в процессе производства продукции.

Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды работающих определяются для каждой смены в зависимости от типа цехов. Условно цехи подразделяются на горячие – с тепловыделением более 80 кДж на 1 м³/ч и холодные – к ним относятся все остальные.

Расход воды на работающих за смену, м³/смену, определяется по формулам:

$$Q_{см.х-п}^{хол} = \frac{N_{см}^{хол} \cdot q_{см}^{хол}}{1000}, \quad (18)$$

$$Q_{см.х-п}^{гор} = \frac{N_{см}^{гор} \cdot q_{см}^{гор}}{1000}, \quad (19)$$

где $Q_{см.х-п}^{хол}$, $Q_{см.х-п}^{гор}$ – расход воды на хозяйственно-питьевые нужды работающих в холодных и горячих цехах соответственно, м³/смену; $N_{см}^{хол}$, $N_{см}^{гор}$ – ко-

личество работающих за смену в холодных и горячих цехах соответственно, чел.; $q_{см}^{хол}$, $q_{см}^{гор}$ – норма расхода воды на одного работающего в холодных и горячих цехах соответственно, л/смену, [1] (для холодных принимается равным 25 л/смену, для горячих – 45 л/смену).

Расход на пользование душем определяется для каждой смены, при этом душем пользуются 45 мин после каждой смены.

Согласно [1] расход воды на одну душевую сетку независимо от типа цехов составляет 500 л/ч. Количество душевых сеток, шт., за смену для каждого типа цехов определяется по формулам:

$$m_{душ}^{хол} = \frac{N_{душ}^{хол}}{n_{душ}} \quad (20)$$

$$m_{душ}^{гор} = \frac{N_{душ}^{гор}}{n_{душ}} \quad (21)$$

где $m_{душ}^{хол}$, $m_{душ}^{гор}$ – количество душевых сеток для холодных и горячих цехов соответственно, шт.; $N_{душ}^{хол}$, $N_{душ}^{гор}$ – количество людей, пользующихся душем в холодных и горячих цехах, чел.; $n_{душ}$ – количество людей, пользующихся одной душевой сеткой, чел.

Расход воды на пользование душем за смену определяется по формулам:

$$Q_{душ}^{хол} = \frac{500 \cdot m_{душ}^{хол}}{1000} \quad (22)$$

$$Q_{душ}^{гор} = \frac{500 \cdot m_{душ}^{гор}}{1000} \quad (23)$$

где $Q_{душ}^{хол}$, $Q_{душ}^{гор}$ – расход воды на пользование душем в холодных и горячих цехах соответственно, м³/час; 500 – норма расхода воды на одну душевую сетку, л.

Все расчеты рекомендуется производить в табличной форме.

Расход воды на технологические нужды обычно задается технологами или рассчитывается по нормам расхода воды на единицу продукции.

Расход воды на мойку улиц, площадей и поливку зелёных насаждений

Расход воды на мойку улиц, проездов, площадей и поливку зелёных насаждений в городах, поселках и промышленных предприятиях определяют по формуле:

$$Q_{п} = \sum S_{пi} q_{пi} \quad (24)$$

где $S_{пi}$ – площадь улиц, проездов и зелёных насаждений, подлежащих мойке и поливке; $q_{пi}$ – нормы расхода воды на одну мойку или поливку в зависимости от типа покрытия улиц, типа насаждений, климатических условий, вида поливки. Для расчетов нормы принимаются согласно [1].

Поливка может осуществляться вручную дворниками или поливочными машинами, при этом нормативы будут отличаться.

Расход воды на одну поливку в м³ определяется по формулам:

$$Q_{\text{п}}^{\text{руч}} = 10q_{\text{п}}^{\text{руч}} S_{\text{п}}^{\text{руч}}, \quad (25)$$

$$Q_{\text{п}}^{\text{мех}} = 10q_{\text{п}}^{\text{мех}} S_{\text{п}}^{\text{мех}}, \quad (26)$$

где $Q_{\text{п}}^{\text{руч}}$ – расход воды на полив вручную, м³; $Q_{\text{п}}^{\text{мех}}$ – расход воды на механизированный полив, м³; $q_{\text{п}}^{\text{руч}}$ – норма расхода воды на поливку вручную, л/м², [1]; $q_{\text{п}}^{\text{мех}}$ – норма расхода воды на механизированную поливку, л/м²; $S_{\text{п}}^{\text{руч}}$ – площадь, поливаемая вручную, га, принимается по заданию; $S_{\text{п}}^{\text{мех}}$ – площадь механизированной поливки, га; 10 – переводной коэффициент из л/м² в м³/га.

Общая поливаемая площадь указывается в задании в % от общей площади районов населенного пункта. Если в задании на проектирование не указываются размеры поливаемых площадей по видам поливок, то обычно принимается механизированный полив, составляющий 50–80 % от общей площади полива. Две поливки назначаются для районов с жарким климатом.

Расчет необходимого количества воды на полив территории ПП производят аналогично. Если в задании на проектирование не уточняется количество поливок, то производят механизированный полив. При этом следует проверить возможность использования для полива воды не питьевого качества: технической или вод из естественных или искусственных водоёмов, расположенных вблизи ПП. В этом случае расход воды на полив не учитывают при определении суточной водопотребности города.

Расход воды на нужды пожаротушения

В населённых пунктах обычно проектируют объединённую систему хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения.

Расход воды на пожаротушение складывается из расходов воды на **внутреннее и наружное** тушение пожаров. Наружное пожаротушение осуществляется из пожарных гидрантов, располагаемых на наружной водопроводной сети; внутреннее – через пожарные краны, расположенные внутри зданий, и автоматические системы пожаротушения (спринклерные и дренчерные).

Для **населения** количество наружных пожаров и расход воды на один пожар определяется в зависимости от числа жителей, проживающих в населённом пункте, и этажности застройки по [1].

Необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода нормируется по СП 10.13130.2020. Согласно данным рекомендациям, противопожарный водопровод проектируют в жилых зданиях высотой 12 и более этажей.

Для промышленного предприятия количество одновременных пожаров согласно [2] зависит от площади промпредприятия и принимается равным при площади ПП до 150 га – 1-му пожару, при большей площади – 2-м пожарам.

Расход воды на наружное пожаротушение определяется в зависимости от категории производства по пожарной опасности: А, Б, В, Г, Д; степени огнестойкости здания: I, II, III, IV, V; а также объёма наибольшего здания по [2].

Необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода в производственных зданиях нормируется СП 10.13130.2020.

Расход воды на внутренний пожар и число струй в производственных зданиях определяется по СП 10.13130.2020.

Если проектируется единая система пожаротушения и для населения, и для ПП, то общий расход определяется исходя из месторасположения ПП относительно жилой застройки: в черте населённого пункта; вне населённого пункта (более 500 м от жилой застройки).

Если в черте населённого пункта, то количество одновременных пожаров и расход на пожаротушение определяются в [2], причём количество одновременных пожаров принимается по числу жителей, а расходы на пожаротушение должны быть не менее расходов, определенных для населения и ПП.

Вопросы для самопроверки:

1. На какие нужды расходуется вода в населённом пункте?
2. В каком объёме учитываются собственные нужды водопровода в полном водопотреблении?
3. В каком объёме учитываются «неучтённые» нужды расхода воды при расчёте среднесуточного водопотребления?
4. Что выбирается по расчётному значению $K_{ч.мах}$?
5. На какие нужды расходуется вода на промпредприятии?
6. Какие виды моек улиц вы знаете?
7. Какие виды пожаротушения рассматриваются при определении расчётных расходов?

Задания для практических занятий.

Цель занятия: формирование навыка определения водопотребления населённого пункта.

Задача 2. Определить расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения

Дано:

По заданию на проектирование заданы площади кварталов населённого пункта – таблица 6.

Расчётная плотность населения 124 чел/га.

Степень санитарно-технического оборудования – застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией с ванными и местными водонагревателями.

Таблица 6 – Площади кварталов населенного пункта

№ квартала	$F, \text{ м}^2$	$F, \text{ Га}$	№ квартала	$F, \text{ м}^2$	$F, \text{ Га}$
1	52176,2	5,21762	25	27073,96	2,707396
2	72485,96	7,248596	26	145190,6	14,51906
3	53943,36	5,394336	27	90021,28	9,002128
4	26030,36	2,603036	28	28231,92	2,823192
5	53998,6	5,39986	29	27260,12	2,726012
6	99350,56	9,935056	30	80289,32	8,028932
7	89632,24	8,963224	31	106353,5	10,63535
8	26177,28	2,617728	32	108343,2	10,83432
9	78324,68	7,832468	33	133506,6	13,35066
10	146349,3	14,63493	34	78043,12	7,804312
11	57275,96	5,727596	35	55720,16	5,572016
12	26762,4	2,67624	36	109972,7	10,99727
13	77292,12	7,729212	37	107338	10,7338
14	81868,52	8,186852	38	77426,64	7,742664
15	84910,8	8,49108	39	62476,76	6,247676
16	154347,5	15,43475	40	68268,76	6,826876
17	153182,3	15,31823	41	108032,1	10,80321
18	94581,24	9,458124	42	55174,44	5,517444
19	80052,52	8,005252	43	30367,52	3,036752
20	27941,76	2,794176	44	31450,76	3,145076
21	30767,44	3,076744	45	98993,56	9,899356
22	40141,52	4,014152	46	117942,9	11,79429
23	27308,64	2,730864	47	207666,1	20,76661
24	86154,84	8,615484	Итого		367,62

Решение

Используя вышеприведённые формулы выполним расчёты.

Расчетный среднесуточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды:

$$Q_{\text{сут.т}} = (q_{\text{ж}} \times N_{\text{ж}}) / 1000 = (q_{\text{ж}} \times S \times p) / 1000 = (180 \times 367,62 \times 124) / 1000 = 8205,28 \text{ м}^3/\text{сут}$$

где $q_{\text{ж}}$ – удельное водопотребление на одного жителя, принято $q_{\text{ж}} = 180 \text{ л}/\text{сут}$ согласно степени благоустройства (из задания и таблицы 1 [1]); $N_{\text{ж}} = S \times p = 367,62 \times 124 = 45585$ – расчетное число жителей, чел.; p – расчетная плотность населения города (из задания), чел/га; S – площадь города, Га (из задания).

$$Q'_{\text{сут.т}} = 1,15 \cdot Q_{\text{сут.т}} = 1,15 \times 8205,28 = 9436 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления $K_{ч}$ следует определять из выражений:

$$K_{ч.max} = \alpha_{max}\beta_{max},$$

$$K_{ч.min} = \alpha_{min}\beta_{min},$$

где α – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимаемые $\alpha_{max} = 1,2-1,4$; $\alpha_{min} = 0,4-0,6$; β – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимаемый по таблице 2 [1].

$$K_{ч.max} = 1,3 \cdot 1,157 = 1,505,$$

$$K_{ч.min} = 0,5 \cdot 0,585 = 0,293.$$

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления $Q_{сут.max(min)}$, м³/сут, следует определять по формуле:

$$Q_{сут.max} = K_{сут.max} \cdot Q'_{сут.m} = 1,2 \cdot 9436 = 11323,28 \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$Q_{сут.min} = K_{сут.min} \cdot Q'_{сут.m} = 0,8 \cdot 9436 = 7548,9 \text{ м}^3/\text{сут},$$

где в нашем случае $K_{сут.max} = 1,2$; $K_{сут.min} = 0,8$ (II степень благоустройства).

Максимальный и минимальный часовые расходы воды соответственно:

$$q_{ч.max} = K_{ч.max} \times Q_{сут.max} / 24 = 1,505 \times 11323,28 / 24 = 709,9 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$q_{ч.min} = K_{ч.min} \times Q_{сут.min} / 24 = 0,293 \times 7548,9 / 24 = 92 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таблица 7 – Исходные данные по вариантам

Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расчётная плотность населения p , чел/га	80	90	100	120	130	140	150	160	80	90
Степень санитарно-технического оборудования	Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией, с ванными и местными водонагревателями									
Множитель для вычисления площадей таблице 6	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Величина и размерности	Исходные данные к вариантам									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

Расчётная плотность населения p , чел/га	100	120	130	140	150	160	85	95	105	
Степень санитарно-технического оборудования	Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией, с ванными и централизованным горячим водоснабжением									
Множитель для вычисления площадей таблице 6	1,6	1,7	1,8	1,9	2	1,8	1,7	1,6	1,5	

Методические материалы по теме 5:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; материалы, полученные в ходе практического занятия; рекомендованную литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов. Выполнить практическое задание (задачу) по персональному варианту.

2.6. Тема 6. Определение режимов водопотребления различными группами потребителей и суточной водопотребности всего объекта в целом

Ключевые вопросы темы:

1. Понятие режима водопотребления, его свойства.
2. Графики водопотребления.

Рекомендуемая литература: [4, с. 17–18]; [5, с. 46–50]; [7, п. 3].

Определив требуемые расходы в населённом пункте, для каждой группы потребителей необходимо назначить **режимы** водопотребления. Под режимом водопотребления понимается режим расходования (отбора) воды в течение определенного промежутка времени: года, суток и т. п.

Водопотребление в населённых пунктах на хозяйственно-питьевые нужды является процессом **случайным** и мало поддается управлению в течение не только года, но и суток. Оно зависит от численности населения, климатических и демографических условий, санитарно-технического оборудования зданий, сезона года и др. Распределение расходов воды по часам суток производится на основании расчётных **графиков водопотребления**, которые могут быть полу-

чены путем изучения и анализа действительных графиков водопотребления населённых пунктов со сходными начальными условиями.

В населённом пункте режим водопотребления назначается для каждого района в отдельности.

Для населения режим всегда неравномерный и характеризуется коэффициентом часовой неравномерности.

Выбрав типовой график, производят его корректировку. За сутки потребители забирают из городской сети 100 % расход – $Q_{сут.max}$. Среднечасовой расход $q_{ч.м}$ за сутки составит:

$$q_{ч.м} = Q_{ср.сут.}/24 \text{ или } 100\%/24 = 4,17 \%. \quad (27)$$

Полив территорий населённых пунктов обычно предусматривается в часы минимального и среднего водопотребления: механизированный – в течение 6–8 ч в ночные, утренние и вечерние часы. График полива назначают равномерный. Данные расходы фиксируются в м³/час и заносятся в таблицу.

На промышленном предприятии режим водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды работающих неравномерный и принимается по графикам Б. С. Тикунова. Графики в % повторяются для каждой смены, т. е. расход за смену условно приравнивается к 100 %.

Графики сводятся в таблицу 8 и производится пересчет часового расхода из % в м³/час.

Расходы на пользование душем предусматриваются после смены: I смена – с 16 до 17 ч; II смена – с 0 до 1; III смена – с 8 до 9 ч и фиксируются в таблице 8.

Таблица 8 – Распределение водопотребления по часам суток

Часы суток	Хозяйственно-питьевое водопотребление		Расход воды на мойку и полив		Мест. пром, м ³ /ч	Промышленное предприятие				Суммарн. расход, $Q_{сут}$	
	%	м ³ /час	маш., м ³ /час	дворн., м ³ /час		хоз.-питьев. хол. цех,	хоз.-питьев. гор. цех, м ³ /ч	душ, м ³ /ч	техн. расх., м ³ /ч	м ³ /ч	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-1											
1-2											
2-3											
3-4											
...											
23-24											
Итого											

Режим водопотребления на технологические нужды промышленного предприятия задается технологами, для курсового проектирования считаем его равномерным.

Зная часовые расходы воды по основным потребителям, определяют часовой расход воды, м³/час, в целом по населённому пункту. Для построения графика водопотребления необходимо сделать пересчет значений расходов из м³/час в %:

$$q_{ч} = \frac{q_{ч(м^3/ч)}}{Q_{сут.маx}^{нас.п}} 100\%, \quad (28)$$

где $Q_{сут.маx}^{нас.п}$ – суммарный суточный расход: население, промышленное предприятие, полив, м³/час (в таблице 8, итоговое значение).

По полученным значениям строят **ступенчатый график водопотребления**. Он наглядно отражает величину часового расхода в % в течение суток. По ступенчатому графику выбирается час максимального водопотребления в сутки максимального водопотребления, на который рассчитываются все основные сооружения.

Затем необходимо рассчитать ординаты интегрального графика. По данному графику можно определить суммарный расход воды от начала суток водопотребления. Все расчёты сводятся в таблицу к концу суток с 23 до 24 ч, данный суммарный расход будет составлять 100 %.

Интегральный график водопотребления используется для назначения режима работы насосной станции II подъёма.

Задания для практических занятий.

Цель занятия: формирование навыка построения графиков водопотребления населённого пункта.

Задача 3. Построение ступенчатого и интегрального графиков водопотребления

Дано:

Распределение водопотребления по часам суток приведено в таблице 9. Построить ступенчатый и интегральный графики водопотребления используя теоретические рекомендации и рекомендуемую литературу настоящего раздела.

Таблица 9 – Распределение водопотребления по часам суток

Часы суток	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Водопотребление, %	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,25	6,25	6,25	6,25
Часы суток	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-0
Водопотребление, %	5,00	5,00	5,50	6,00	6,00	5,50	5,00	4,50	4,00	3,00	2,00	1,5

Вопросы для самопроверки:

1. Объясните общий процесс заполнения таблицы 8.
2. Что такое ступенчатый график водопотребления? Как его построить?
3. Что такое интегральный график водопотребления? Как его построить?

Методические материалы по теме 6:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; материалы, полученные в ходе практического занятия; рекомендованную литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов. Выполнить практическое задание (задачу).

2.7. Тема 7. Гидравлический расчёт сети

Ключевые вопросы темы:

1. Определение расчётных случаев.
2. Определение узловых отборов воды из водопроводной сети.
3. Предварительное потокораспределение.
4. Выбор оптимальных диаметров труб на участках магистральной сети.
5. Увязка кольцевой сети по потерям напора.

Рекомендуемая литература: [4, с. 19–23]; [5, с. 53–87].

Этап 1. Определение расчётных случаев

Определяется схема системы водоснабжения и тип системы, затем рассматриваются расчётные случаи для этой системы. Для кольцевой сети с водонапорной башней принимаем следующие расчётные случаи:

- на час максимального водопотребления в сутки максимального водопотребления;
- на пожар в час максимального водопотребления.

Этап 2. Определение узловых отборов воды из водопроводной сети

При трассировке водопроводную сеть разбивают на расчётные участки. Начало и конец расчётного участка обозначаются узлами, которым присваивается номер. К каждому узлу вода может подаваться не менее чем с двух сторон.

Фактически отбор воды из сети происходит в огромном числе точек с неизвестной и непрерывно меняющейся интенсивностью. Для упрощения расчётов составляют схемы отбора воды. С этой целью вычисляют удельный, путевые и узловые отборы воды.

Удельный расход воды – это средний расход воды на единицу длины водопроводной сети $q_{уд}$, л/с на 1 пог. м, определяется в час максимального водопотребления для каждого района населённого пункта по формуле

$$q_{уд} = \frac{q_{рас}}{\sum l_{рас} \cdot 3,6}, \quad (29)$$

где $q_{рас}$ – расчётный часовой расход воды по районам населённого пункта, соответствующий часу максимального водопотребления, м³/ч; $\sum l_{рас}$ – сумма расчётных длин всех участков сети района, м.

Так как магистральная сеть отбирает воду по пути следования на различных участках по-разному, вводится понятие «фактической» и «расчётной» длины. Фактическая длина соответствует действительной протяженности трубопровода (определяется в масштабе по генплану). Внимание!!! Расчётная длина не всегда равна фактической и зависит от конкретного отбора. Расчётная длина определяется по формуле

$$l_{рас} = 0,5l_{ф}, \quad (30)$$

если:

1) магистраль проходит вдоль зелёной зоны (если зелёная зона проходит с двух сторон магистрали, то $l_{рас} = 0$);

2) магистраль проходит вдоль незастроенной территории (если незастроенная территория проходит с двух сторон от магистрали, то $l_{рас} = 0$);

3) магистраль проходит вдоль промпредприятия;

4) магистраль проходит вдоль границы разделов районов с разной плотностью населения (если границы соприкасаются частично, то и длина распределяется по частям).

Расчётные длины участков и суммарная расчётная длина сети заносятся в таблицу.

Таблица 10 – Определение расчётных длин трубопроводов

Наименование участка	Фактическая длина участка $l_{ф}$, м	Расчетная длина участка $l_{рас}$, м
1	2	3
Итого длина сети		

Определив суммарную длину расчётных участков сети, определяем удельный расход на один погонный метр по формуле (29).

Определив удельный расход воды, вычисляем **путевые расходы** по формуле

$$q_{пут} = q_{уд} \cdot l_i, \quad (31)$$

где l_i – расчётная длина участка, м (таблица 10).

Данные заносятся в таблицу 11.

Таблица 11 – Определение путевых расходов на участках сети

№ участка	Длина участка, м	Путевой расход на участке $q_{пут}$, л/с
1	2	3
Итого		Расчетный максимальный

После определения путевых расходов необходимо определить значения узловых расходов по формуле

$$q_{уз} = 0,5 \sum q_{пут}, \quad (32)$$

где $\sum q_{пут}$ – сумма путевых расходов расчётных участков сети, примыкающих к узлу, л/с. Результаты сводим в таблицу 12.

Таблица 12 – Определение узловых расходов сети в час максимального водопотребления

№ узла	№ примыкающих участков	Удельный расход $q_{уд}$, л/с на 1 пог. м	$\sum q_{пут}$ этих участ- ков, л/с	$q_{уз}$, л/с	Сосредоточенные расходы $q_{соеп}$, л/с	Полный узловой расход, л/с
1	2	3	4	5	6	7

В узлах, где расположены ПП, к сумме полученных узловых отборов прибавляются сосредоточенные отборы.

Узловые отборы воды при пожаре в час максимального водопотребления должны определяться с учетом рекомендаций [1].

Поэтому для промышленного предприятия расход, указанный в таблице, необходимо уменьшить: при пожаре не допускается пользоваться душем, мыть технологическое оборудование, а также осуществлять полив территории. Полученные расходы на пожар фиксируются в наиболее удалённых и высоко расположенных узлах водопроводной сети относительно первоначального узла подключения водоводов к водопроводной сети.

Данные заносятся в таблицу 13.

Таблица 13 – Узловые расходы с учетом пожаротушения в населённом пункте в час максимального водопотребления

№ узлов	Узловой расход в час макс. водо- потребления $q_{уз}$, л/с	Сосредоточенные расходы $q_{соеп}$, л/с	Расход воды на пожар, л/с	Полный узловой расход, л/с
1	2	3	4	5

Этап 3. Предварительное потокораспределение

После определения расходов воды для всех расчётных случаев составляются схемы питания сети, на которые наносятся узловые отборы воды. Затем производится предварительное потокораспределение, определяющее направление потоков воды и расчётные расходы на участках сети. Так как для кольцевых сетей характерным является то, что к любому узлу можно подавать воду по разным направлениям, то возникает несколько вариантов распределения расходов воды. От того, насколько удачно намечено предварительное потокораспределение, зависит количество увязок сети.

Поэтому при потокораспределении необходимо учитывать:

1. Как происходит питание сети (с одной или двух сторон). Двухстороннее питание предусматривается в схемах с контррезервуаром для часа максимального водопотребления. В этом случае можно выделить характерные узлы, где потоки встречаются.

2. Местоположение крупных потребителей воды (ПП, ТЭЦ и т. д.), к которым вода должна подаваться наикратчайшим путем.

3. Взаимозаменяемость основных магистральных линий на случай аварии.

При предварительном потокораспределении используется I закон Кирхгофа, обеспечивающий баланс расходов воды относительно любого узла сети:

$$\Sigma q = 0. \quad (33)$$

Согласно данному закону, алгебраическая сумма расходов воды в любом узле сети должна быть равна нулю.

Предварительное потокораспределение всегда производится на расчётных схемах. На схемах при составлении баланса воды относительно любого узла на каждом участке сети стрелкой показывается направление движения потока.

Подсчет расчётных расходов воды по участкам обычно производится от концевых узлов к первоначальным.

1. Схема с контррезервуаром:

- а. В часы максимального водопотребления и транзита в башню расчёт ведётся от узла, к которому подключается башня.

- б. В час пожара – от наиболее удаленного узла питания сети.

2. Схема с ВБ в начале сети. В этом случае расчёт ведётся от наиболее удаленного узла питания сети.

3. Безбашенная схема – от наиболее удалённого узла питания сети.

Этап 4. Выбор оптимальных диаметров труб на участках магистральной сети

Наметив расходы воды на участках магистральной сети, для всех расчётных случаев принимают единый диаметр трубопровода. Вначале необходимо выбрать материал труб, согласно рекомендациям [1].

Затем принимают минимально допустимый диаметр магистральных труб. Согласно [1], для объединённых сетей хозяйственно-питьевого – противопожарного водоснабжения диаметр труб должен быть не менее 100 мм.

Далее, используя таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб [8] (таблицы Шевелева), с учетом экономичной скорости подбирают диаметр. Экономичная скорость находится в пределах от 0,7 до 1,5 м/с.

При подборе диаметров на нормальный режим работы в схемах с контррезервуаром диаметр назначается с учётом экономического фактора по большому расходу в час максимального водопотребления или транзита. Подобранные диаметры на нормальный режим работы, проверяют его на пропуск воды в период тушения пожара. При пожаре допустимо увеличивать скорость воды в трубах до 2,5 м/с для больших диаметров и до 2 м/с для малых.

Кроме того, при выборе диаметров труб необходимо соблюдать следующие условия:

1. Диаметры трубопроводов в одном кольце должны отличаться не более чем на два сортамента.
2. Диаметры перемычек принимаются не менее чем на один-два сортамента ниже диаметров прилегающих магистралей.
3. Диаметры магистральных линий должны уменьшаться плавно от участка к участку.

Все расчёты по выбору труб сводятся в таблицу 14.

Таблица 14 – Предварительные диаметры участков водопроводной сети

Номер участков	Час максимального водопотребления			Пожар в час максимального водопотребления			Принятый диаметр
	Расчетный расход, л/с	Скорость, м/с	Диаметр, мм	Расчетный расход, л/с	Скорость, м/с	Диаметр, мм	Диаметр, мм
1	2	3	4	5	6	7	8

Этап 5. Увязка кольцевой сети по потерям напора

После назначения диаметров труб для всех участков кольцевой магистральной сети необходимо выполнить так называемую увязку сети, т. е. произвести её гидравлический расчёт при уже заданных диаметрах труб.

Нахождение действительного распределения потоков воды по участкам сети при уже выбранных диаметрах труб и определенных величинах узловых отборов воды из сети и составляет задачу увязки сети.

Эту трудоемкую задачу практически можно решить способом последовательного приближения.

Увязка водопроводной сети производится по потерям напора. В этом случае используется II закон Кирхгофа – алгебраическая сумма потерь в любом замкнутом контуре равна нулю:

$$\sum h_i = 0, \quad (34)$$

т. е. расходы воды на участках сети должны распределяться таким единственным образом, при котором в каждом кольце будут сбалансированы потери напора.

Как было указано ранее, при предварительном потокораспределении на каждом участке сети стрелкой указывалось предполагаемое направление движения потока. Поэтому условно принимается, что сумма потерь напора на участке с движением воды по часовой стрелке носит положительное значение, а сумма потерь напора воды на участках с движением против часовой стрелки – отрицательное значение. Так как предварительное потокораспределение воды по участкам сети является приблизительным, условие баланса напора обычно оказывается нарушенным, т. е. $\sum h_i \neq 0$. Следовательно, при несоблюдении условия по формуле (34) в любом кольце появляется величина невязки Δh :

$$\Delta h = \pm \Delta h, \quad (35)$$

где Δh – величина невязки по замкнутому контуру, м; «+» или «-» - знак невязки.

Поэтому гидравлический расчёт кольцевых сетей заключается в отыскании истинного распределения расходов воды на участках и соответствующих им потерь напора, при которых соблюдалось бы условие баланса потерь напора в кольцах.

Допустимая величина невязки при гидравлическом расчёте составляет:

1. Для часа максимального водопотребления и транзита:

– по кольцу $|\Delta h| < 0,5$ м;

– по контуру $|\Delta h| < 1,0$ м.

2. Для часа пожара:

– по кольцу $|\Delta h| < 1,0$ м;

– по контуру $|\Delta h| < 1,5$ м.

Существует несколько способов увязки сети. Рекомендуются метод Лобачева–Кросса, основанный на итеративном способе решения системы уравнений и который наиболее распространён.

В этом случае для каждого тура увязки потери на участке сети определяются по формуле:

$$h = S \cdot q^2, \quad (36)$$

где h – потери напора, м; q – расчётный расход на участке, л/с; S – сопротивление на участке сети,

$$S = S_0 \delta l, \quad (37)$$

где S_0 – удельное сопротивление, в зависимости от материала труб принимается по [8]; δ – поправочный коэффициент на скорость по [8]; l – фактическая длина участка, м.

Затем проверяется величина невязки Δh в каждом кольце. Если она недопустимая, то необходимо определить для данного кольца поправочный расход Δq , л/с, по формуле

$$\Delta q = -\frac{\pm \Delta h}{2 \sum S \cdot q}. \quad (38)$$

На этот расход корректируются расходы на участках сети. При этом надо учитывать, что поправочные расходы должны иметь знак, противоположный знаку невязки согласно этой формуле. Если $\Delta h = -$, то $\Delta q = +$, если $\Delta h = +$, то $\Delta q = -$.

Определив величину Δq , делают поправку расходов на участке сети. При этом расход на участке для второго тура увязки q_2 , л/с, составит

$$q_2 = q_1 \pm \Delta q, \quad (39)$$

где q_1 – расчётный расход, определенный при предварительном потокораспределении, л/с.

Кроме того, необходимо помнить, что для расчётных участков, относящихся к двум кольцам, учитывается влияние поправочных расходов смежных колец. Если в каком-то кольце достигается увязка, то данное кольцо можно не увязывать, но необходимо проверять смежный участок на влияние смежного кольца.

Расчёты производятся в табличной форме.

Результаты увязки сети для всех расчётных случаев наносятся на схемы окончательного распределения расходов.

Задания для практических занятий.

Цель занятия:

1. Формирование навыка определения путевых расходов.
2. Формирование навыка выполнения предварительного потокораспределения и назначения диаметров труб.

Задача 4. Определение путевых расходов и узловых отборов воды из сети.

Выполнить определение путевых расходов и узловых отборов воды из сети для схемы водопроводной сети, представленной на рисунке 2 [7]. Задание выполнить по вариантам. Длины участков сети на рисунке 2 [7] получить использованием множителя из таблицы 7.

Задача 5. Предварительное потокораспределение и назначение диаметров труб.

Выполнить предварительное потокораспределение и назначить диаметры труб для сети, представленной на рисунке 2 [7]. Задание выполнить по вариантам. Длины участков сети на рисунке 2 [7] получить использованием множителя из таблицы 7.

Задача 6. Гидравлический расчёт кольцевой водопроводной сети на ЭВМ.

В силу того, что увязка кольцевых сетей является сложным и трудоёмким процессом, в настоящее время практически всегда данный расчёт выполняется при помощи компьютерных программ. В учебных целях и из-за ограниченности по времени используем программу WSLI1. Она проста и не требует большого времени для освоения. Следует отметить, что данная программа устарела. Рекомендуем использовать такие программные комплексы как ZuluHydro (<https://www.politerm.com/products/hydro/zuluhydro/>), EPANET, SimInTech (<https://simintech.ru/>).

Выполнить гидравлический расчёт сети, представленной на рисунке 2 [7] на программе WSLI1.

Вопросы для самопроверки:

1. Для чего выполняется начальное потокораспределение?
2. Каким образом диаметр труб водопроводной сети влияет на величину напора насосной станции, подающей воду в эту сеть?
3. Каковы задачи гидравлического расчета водопроводных сетей?
4. Сформулируйте II закон Кирхгофа.
5. Вспомните в чем суть гидравлического расчета по методу Лобачева-Кросса.

Методические материалы по теме 7:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; материалы, полученные в ходе практического занятия; рекомендованную литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов. Выполнить практические задания (задачи).

2.8. Тема 8. Расчёт водоводов

Ключевые вопросы темы:

1. Понятие водоводов.
2. Место водоводов в различных схемах водоснабжения населённого пункта.

Рекомендуемая литература: [1, п. 7, 11]; [3, п. 20.7, 25.12]; [4, с. 23–24], [7, п. 8.2].

Вопросы для самопроверки:

1. От каких факторов зависит количество водоводов?
2. В чём заключается смысл гидравлического расчёта водоводов?

Водоводы – это трубопроводы, служащие только для транспортирования воды, они всегда присутствуют в схемах водоснабжения. Для населённых пунктов I и II категории надёжности водоводы прокладываются не менее чем в две нитки.

Количество водоводов зависит от наличия ВБ на сети и ее месторасположения.

1. Схема с контррезервуаром. Водоводы прокладываются от НС II подъёма до магистральной сети и от магистральной сети до ВБ.

2. Схема с ВБ в начале сети. Водоводы прокладываются только от НС II подъёма до магистральной сети. При этом ВБ подключается непосредственно к водоводам.

3. Безбашенная схема. Водоводы прокладываются от НС II подъёма до магистральной сети. Обязательно строится график совместной работы НС II подъёма и водоводов.

Гидравлический расчёт водоводов заключается в определении наивыгоднейших диаметров труб и потерь напора в них. Такие расчёты очень трудоёмки и выполняются с использованием современной вычислительной техники. Поэтому в практике проектирования часто используют различные приближенные способы определения экономически наивыгоднейших диаметров труб. Экономический диаметр труб и соответствующие ему потери напора можно определять из таблиц гидравлического расчёта трубопроводов Ф.А. Шевелева [8]. Область экономически выгодных диаметров и соответствующих им гидравлических уклонов и скоростей для каждого расчётного расхода в таблицах выделена жирными линиями.

Водоводы должны быть рассчитаны на все основные расчётные случаи и проверены на пропуск расхода при тушении пожара, на случай аварии на одном из водоводов.

Данные заносятся в таблицу 15.

Таблица 15 – Выбор диаметров водоводов

Расчётные случаи	Расчётные расходы по 1 водоводу, л/с	D , мм	V , м/с	$1000i$	L , м	$h_{вод}$
1	2	3	4	5	6	7
Час максимального водопотребления	$\frac{q_{НС II}^{ч.мах}}{2}$	Const				
Пожар в час максимального водопотребления	$\frac{q_{ч.мах} + Q_{пож}}{2}$					
Авария на водоводе	$0,7 \cdot Q_{х-п}^{нас} + Q_{ПП}^{ав}$					

Диаметр для всех расчётных случаев принимается единый.

Скорость движения воды для часа максимального водопотребления и транзита соответствует либо экономически целесообразной скорости, либо экономическому фактору. При пожаре и аварии возрастает до 2,5 м/с, а иногда до 3,5 м/с.

Подобрав диаметры водоводов, определяют потери напора в них по формуле

$$h_{вод} = (1,05 \dots 1,1)il, \quad (40)$$

где $h_{вод}$ – потери напора, м; i – гидравлический уклон; l – длина водоводов, м (от НС II подъёма до магистральной сети); 1,05...1,1 – коэффициент, учитывающий потери напора на местных сопротивлениях.

Методические материалы по теме 8:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; материалы, полученные в ходе практического занятия; рекомендованную литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов.

2.9. Тема 9. Определение полной вместимости и необходимого количества резервуаров чистой воды

Ключевые вопросы темы:

1. Назначение резервуаров чистой воды (РЧВ).
2. Составные части полного объёма РЧВ, их назначение.
3. Определение полной вместимости РЧВ.

Рекомендуемая литература: [1, п. 12]; [3, п. 21]; [4, с. 24–26]; [7, п. 5].

Резервуары чистой воды (РЧВ) всегда присутствуют в системах водоснабжения населённых пунктов. Они располагаются на площадке очистных сооружений вблизи НС II подъёма.

РЧВ служат для создания необходимых запасов воды, используемых в случае возникновения пожаров и на собственные нужды водопроводных очистных сооружений.

Полная вместимость РЧВ $W_{РЧВ}$, в м^3 , определяется согласно [3] по формуле

$$W_{РЧВ} = W_{\text{рег}}^{\text{РЧВ}} + W_{\text{НПЗ}}^{\text{РЧВ}} + W_{\text{о.с}}^{\text{РЧВ}}, \quad (41)$$

где $W_{\text{рег}}^{\text{РЧВ}}$ – регулирующий объём воды, м^3 ; $W_{\text{НПЗ}}^{\text{РЧВ}}$ – неприкосновенный пожарный запас воды, м^3 ; $W_{\text{о.с}}^{\text{РЧВ}}$ – объём воды на собственные нужды водопроводных очистных сооружений, м^3 .

Регулирующий объём воды обычно определяется графическим способом, путём совмещения интегральных графиков НС I подъёма и НС II подъёма.

Работа НС I подъёма всегда принимается равномерной, а работа НС II подъёма – обычно неравномерной. Поэтому график работы НС I подъёма почти всегда пересекает график работы НС II подъёма, так как в равномерном режиме НС II подъёма работают крайне редко. Согласно интегральным графикам, регулирующий объём равен сумме двух максимальных отрезков ординат между ними. Поэтому регулирующий объём $W_{\text{рег}}^{\text{РЧВ}}$, в м^3 , составит:

$$W_{\text{рег}}^{\text{РЧВ}} = \frac{(W' + W'') Q_{\text{сут max}}}{100}, \quad (42)$$

где W' и W'' – максимальные отрезки ординат между интегральными графиками, %; $Q_{\text{сут max}}$ – максимальный суточный расход, $\text{м}^3/\text{сут}$, итоговое значение в таблице.

Неприкосновенный пожарный запас воды, хранящийся в РЧВ согласно СП 8.13130.2020, должен включать расходы на пожаротушение при максимальном расходе воды на другие нужды. Данный запас воды $W_{\text{НПЗ}}^{\text{РЧВ}}$, м^3 , определяется по формуле

$$W_{\text{НПЗ}}^{\text{РЧВ}} = 3 \cdot 3,6 \cdot Q_{\text{пож}} + 3 \cdot (q_{\text{ч.max}} - q') - 3 \cdot q_{\text{ч.т}}, \quad (43)$$

где $Q_{\text{пож}}$ – расчётный пожарный запас воды на тушение пожаров из наружных гидрантов и внутренних пожарных кранов, л/с; $q_{\text{ч.max}}$ – максимально-часовой расход, $\text{м}^3/\text{ч}$; q' – расход воды на приём душа, мойку технологического оборудования, полив территории ПП, если данные расходы совпадают с часом максимального водопотребления, м^3 ; $q_{\text{ч.т}} = \frac{Q_{\text{сут max}}}{24}$ – среднечасовой расход воды, подаваемый насосами I подъёма на водопроводные очистные сооружения, а затем в РЧВ, согласно [1] учитывается для систем водоснабжения I и II категории надежности, $\text{м}^3/\text{ч}$; 3 – три часа.

Объём воды на собственные нужды очистных сооружений с повторным использованием воды после промывки фильтров согласно [1] принимается равным 3–4 % от $Q_{сут\ max}$.

После определения полной вместимости РЧВ необходимо решить вопрос о количестве резервуаров. Согласно [1], количество РЧВ в одном узле должно быть не менее двух. Используя данные по типовым проектам, определяют общее количество РЧВ.

Приняв объём и количество типовых резервуаров, делают привязку расчётных РЧВ по уровням воды.

Высоту слоёв воды в РЧВ, м, определяют исходя из размеров типовой площади $F_{m,n}$ и общего количества n резервуаров чистой воды.

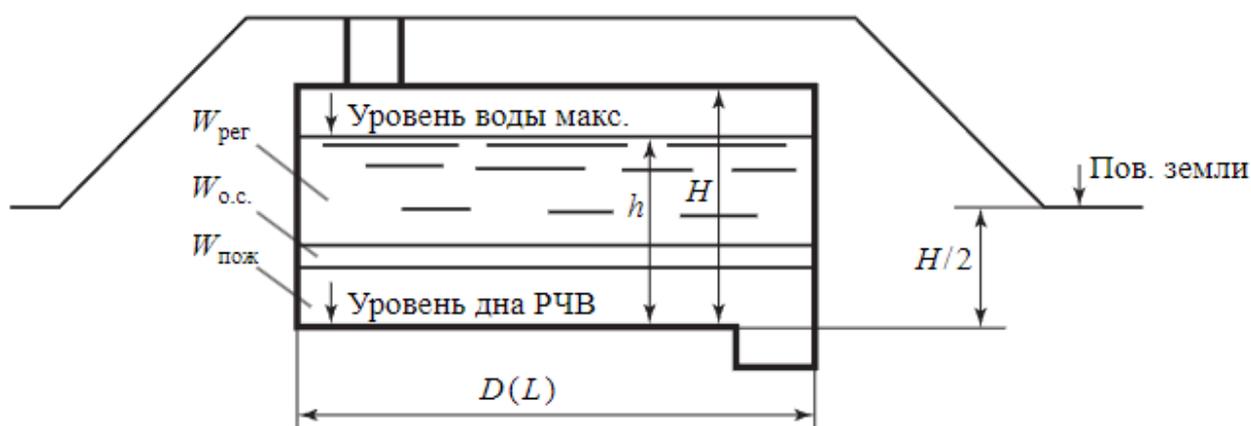


Рисунок 8 – Схема резервуара чистой воды: $W_{рег}$ – регулирующий объём воды, m^3 ; $W_{о.с.}$ – объём воды для нужд очистных сооружений, m^3 ; $W_{пож.}$ – противопожарный объём воды, m^3

Высота слоя регулирующего объёма

$$h_{рег} = \frac{W_{рег}^{РЧВ}}{nF_{Т.п}}. \quad (44)$$

Высота слоя воды неприкосновенного пожарного запаса

$$h_{НПЗ} = \frac{W_{НПЗ}^{РЧВ}}{nF_{Т.п}}. \quad (45)$$

Высота объёма воды на собственные нужды водопроводных очистных сооружений

$$h_{соб} = \frac{W_{о.с.}^{РЧВ}}{nF_{Т.п}}. \quad (46)$$

Определив высоту слоёв воды, рассчитывают необходимые расчётные отметки в РЧВ.

В зависимости от заглубления резервуары подразделяются на подземные и полуподземные. Они бывают объёмом от нескольких сот до десятков тысяч кубических метров и в основном выполняются по типовым проектам.

На территории объекта общее число резервуаров одного назначения должно быть не менее двух. При этом их объёмы необходимо назначать так, чтобы при выключении одного из резервуаров в остальных сохранялся противопожарный и аварийный запас в размере не менее 50 %. В том случае, если в резервуарах не содержится противопожарный и аварийный запас воды, то в соответствии с [1] допускается устройство одного резервуара.

Резервуары, как и водонапорные башни, оборудуют подводными и отводящими трубопроводами, переливными и спускными устройствами, системой вентиляции, люками-лазами для прохода обслуживающего персонала и транспортирования оборудования. Кроме того, в зависимости от назначения они должны быть оборудованы контрольно-измерительной аппаратурой для измерения уровня воды, взятия проб и передачи данных на диспетчерский пункт и насосную станцию. В целях предотвращения застаивания воды и изменения её качества в резервуарах питьевого назначения должен быть обеспечен обмен пожарного и аварийного объёмов в течение 48 ч.

Верхний уровень воды в резервуаре чистой воды обычно принимается на 0,5 м выше отметки поверхности земли в месте установки резервуара.

Для утепления резервуаров их обычно засыпают грунтом толщиной слоя 1; 0,7; 0,5 или 0,25 м. В некоторых случаях прибегают к созданию повышенного снежного покрова, применению искусственных утеплителей и обогреву. Толщина слоя утепления и его конструкция в основном зависят от коэффициента теплопередачи и от теплопроводности материалов перекрытия и грунтов засыпки.

Отметки уровней воды и конструктивных элементов:

– верхнего уровня воды в резервуаре, воронки переливного трубопровода, м:

$$\nabla_{в.у} = \nabla_{п.з} + 0,5, \quad (47)$$

где $\nabla_{п.з}$ – естественная отметка поверхности земли в месте установки резервуара, м;

– противопожарного уровня воды и приёмной воронки, м:

$$\nabla_{пож} = \nabla_{в.у} - h_{рег}, \quad (48)$$

где $h_{рег}$ - высота регулирующего слоя воды, м;

- дна и приёмной воронки трубопровода, м, подающего воду на тушение пожара:

$$\nabla_{дна} = \nabla_{пож} - h_{пож}, \quad (49)$$

где $h_{пож}$ – высота противопожарного слоя воды, м;

– дна грязевого приямка, м:

$$\nabla_{пр} = \nabla_{дна} - (1,0 \dots 1,5), \quad (50)$$

– грязевого трубопровода, м:

$$\nabla_{гр} = \nabla_{пр} + (0,1 \div 0,2). \quad (51)$$

Вопросы для самопроверки:

1. Вспомните, какими трубопроводами оборудуются резервуары чистой воды.
2. Подумайте, какое количество резервуаров может быть минимальным.
3. Подумайте, из каких объёмов может состоять полный объём резервуара чистой воды.
4. Подумайте, в каких случаях предусматриваются дополнительные объёмы воды в резервуаре.

Методические материалы по теме 9:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; материалы, полученные в ходе практического занятия; рекомендованную литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов. Выполнить практическое задание.

Задания для практических занятий.

Цель занятия: формирование навыка работы с типовыми проектами.

Задача 7.

Получить у преподавателя типовой проект РЧВ. Ознакомиться со структурой типового проекта, альбомами. Изучить альбом № 6 «Технологические трубопроводы и сигнализация для резервуаров емк. 50–20000 м³».

2.10. Тема 10. Построение графиков пьезометрических линий

Ключевые вопросы темы:

1. Построение окончательной схемы потокораспределения.
2. Определение свободных напоров.
3. Определение пьезометрических отметок в диктующей точке и в узлах сети.
4. Определение величин фактических напоров.
5. Анализ фактических напоров на предмет допустимости и достаточности.

Рекомендуемая литература: [3, с. 50]; [4, п. 10]; [7, п. 9].

После гидравлического расчёта водопроводной сети и водоводов необходимо определить пьезометрические отметки для всех узлов сети и построить графики пьезометрических линий (пьезометрический профиль). Расчёт и построение графиков для всех расчётных случаев проводятся в следующей последовательности.

1. Чертятся схемы окончательного потокораспределения. На схемы по всем участкам сети наносятся данные результатов увязки и направления потоков воды.

2. Определяется величина требуемого свободного напора.

Согласно [1] минимальный свободный напор в сети водопровода поселения или города при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание над поверхностью земли должен приниматься при одноэтажной застройке не менее 10 м, при большей этажности свободный напор следует принимать по пункту 8.21 СП 30.13330.2020. Пункт 8.21 СП 30.13330.2020 гласит: «Свободный напор (давление) на отметке наиболее высоко расположенного санитарного прибора в зоне системы водоснабжения следует принимать не менее 20,0 м вод.ст. (0,2 МПа)». Ранее действовала формула определения минимального свободного напора $H_{св.тр.}$ для любой этажности:

$$H_{св.тр.} = 10 + 4(n - 1), \quad (52)$$

где n – этажность застройки.

Эту формулу необходимо изменить для этажности выше 1 этажа в связи с действующим п. 8.21 СП 30.13330.2020:

$$H_{св.тр.} = 20 + 4(n - 1), \quad (53)$$

При пожаре во всех узлах сети для систем противопожарного водопровода низкого давления минимальная величина свободного напора должна быть не менее 10 м [2].

3. Для каждого расчётного случая выбирается диктующая точка, относительно которой начинается расчёт по определению пьезометрических отметок.

В схемах с ВБ в начале сети и безбашенных схемах:

А) в час максимального водопотребления диктующая точка располагается в наиболее удалённом узле относительно НС II для района с большей этажностью;

Б) в час пожара диктующая точка располагается в узле – наиболее удалённом от НС II, иногда она совпадает с диктующей точкой в час максимального водопотребления.

В диктующей точке расчёт начинается с предположения, что фактический напор равен требуемому. Если в результате расчёта окажется, что фактический напор меньше требуемого, то за диктующую точку принимают другой узел.

4. Определяются пьезометрические отметки в диктующей точке $П_{д.т.}$, м:

А) для часа максимального водопотребления

$$П_{д.т.} = Z_{д.т.} + H_{св.тр.}, \quad (54)$$

где $Z_{д.т.}$ – отметка поверхности земли в диктующей точке, м; $H_{св.тр.}$ – свободный напор, м;

Б) для часа пожара

$$\Pi_{д.т.}^{пож} = Z_{д.т.}^{пож} + 10, \quad (55)$$

где $Z_{д.т.}^{пож}$ – отметка поверхности земли в диктующей точке, м; 10 – минимальный требуемый свободный напор при пожаре, м.

5. Вычисляются пьезометрические отметки в любом последующем узле сети:

$$\Pi_{i+1} = \Pi_i \pm h_{i-(i+1)}, \quad (56)$$

где Π_{i+1} – пьезометрическая отметка в диктующей или любой другой точке, м; $h_{i-(i+1)}$ – потери напора на участке между узлами, м.

Потери напора $h_{i-(i+1)}$ принимаются со знаком «+», когда движение воды, указанное стрелкой, на участке осуществляется к узлу, где пьезометрическая отметка уже определена, и со знаком «-», когда движение воды осуществляется от узла, где уже определена пьезометрическая отметка.

6. Определяются величины фактических напоров $H_{ф}$, м, для каждого узла по формуле

$$H_{ф} = \Pi_i - Z_i, \quad (57)$$

где Π_i – пьезометрическая отметка в расчётном узле, м; Z_i – отметка поверхности земли в расчётном узле.

Результаты наносятся на схемы окончательного потокораспределения в узлах сети (рисунок 9).

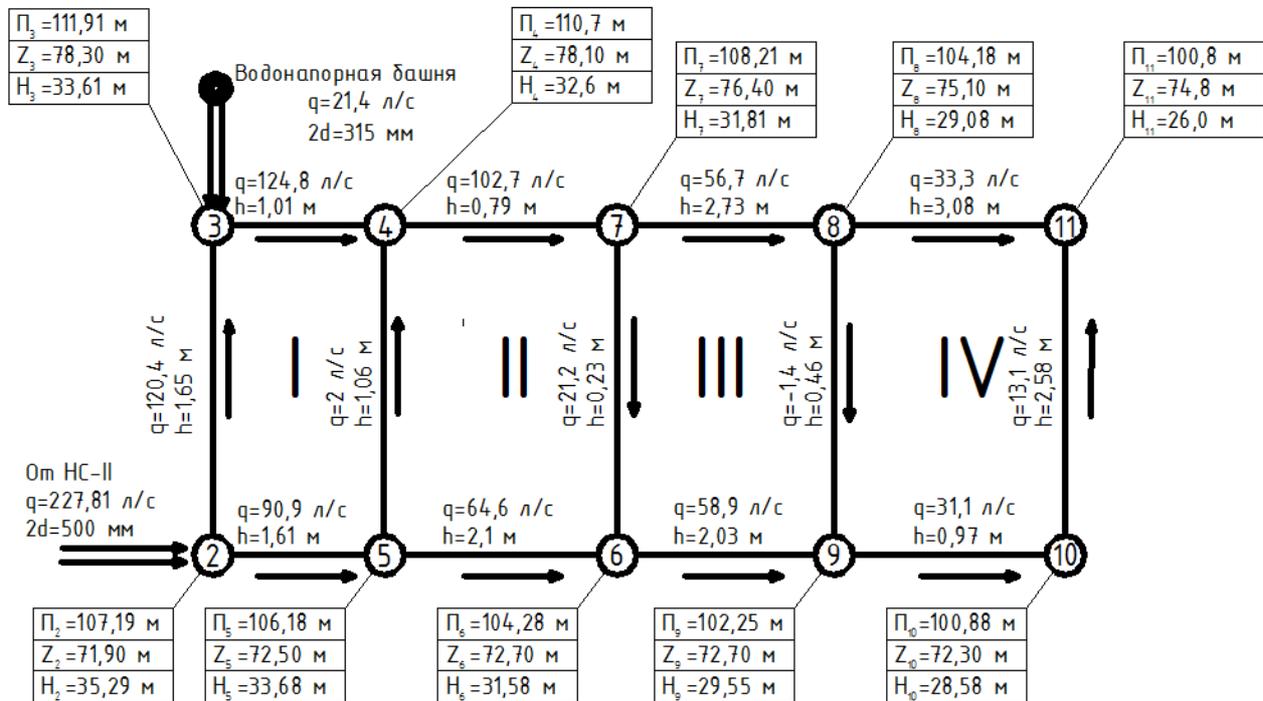


Рисунок 9 – Пьезометрическая карта водопроводной сети на час максимального водопотребления

7. Сравнивается величина фактического напора с допустимой величиной $H_{доп}$. Согласно [1] максимальный свободный напор в сети не должен превышать 60 м.

Если на основании расчётов оказалось, что $H_{ф} > H_{доп}$, то необходимо предусмотреть зонирование, а при высотной застройке можно установить в здании местные повысительные установки.

В результате расчётов также необходимо проверить условие

$$H_{ф} \geq H_{св.тр}. \quad (58)$$

Если условие не выполняется, то следует передвинуть диктующую точку на более высокую отметку и пьезометрический расчёт сделать заново.

Результаты пьезометрических расчётов наносятся на схемы окончательного потокораспределения. На основании данных строится график пьезометрических линий от диктующей точки до НС II (рисунок 10).

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое график пьезометрических линий, для чего он нужен?
2. Поясните общий алгоритм построения пьезометрических линий.
3. Если на основании расчётов оказалось, что $H_{ф} > H_{доп}$, то необходимо предусмотреть...
4. Если на основании расчётов оказалось, что $H_{ф} < H_{св.тр}$, то необходимо...

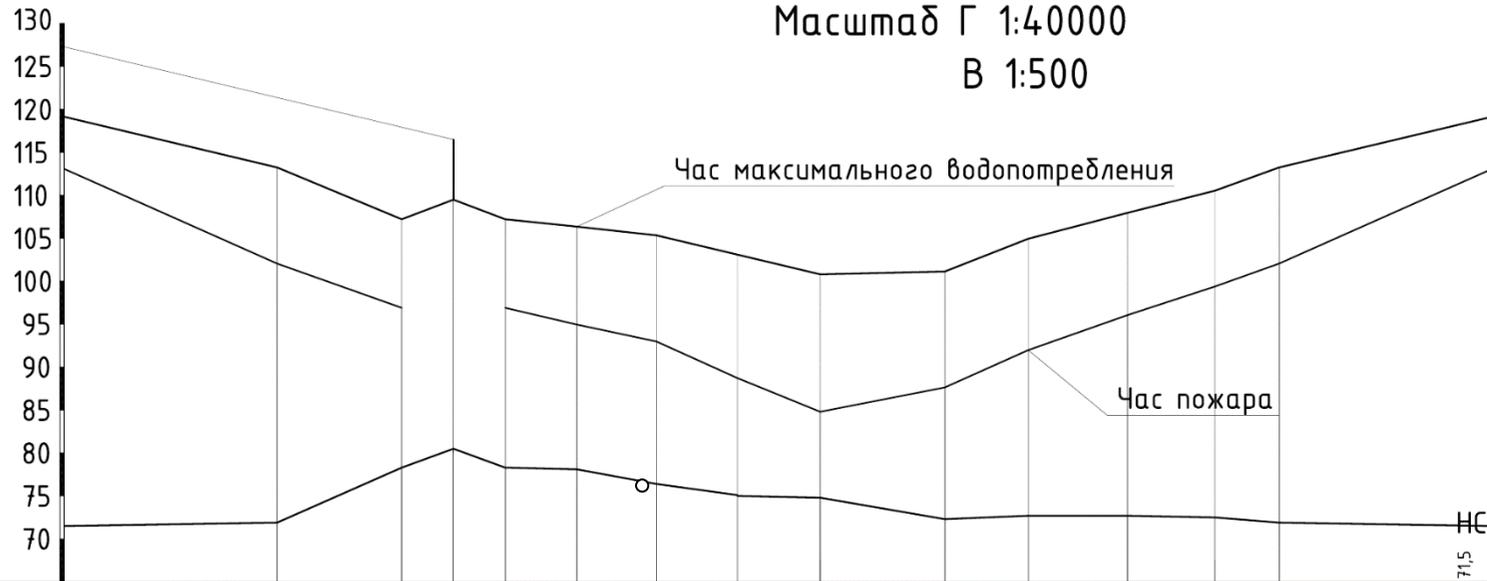
Методические материалы по теме 10:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; материалы, полученные в ходе практического занятия; рекомендованную литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов.

Пьезометрический профиль

Масштаб Г 1:40000

В 1:500



Номер узла		НС	2	3	ВБ	3	4	7	8	11	10	9	6	5	2	НС
Отметка земли, м		71,5	71,9	78,3	80,5	78,3	78,1	76,4	75,1	74,8	72,3	72,7	72,7	72,5	71,9	71,5
Расстояние, м		2000	1170	486	486	674	747	761	777	1170	784	933	819	604	2000	
Час максимального водопотребления	h, м	5.9	6	2.3	2.3	0.9	1	2.3	2.3	0.3	3.8	3.0	2.6	2.7	5.9	
	П, м	119,14	113,24	107,21	109,49	107,21	106,35	105,34	103,09	100,8	101,13	104,94	107,96	110,53	113,24	119,14
	H _{св} , м	40,1	41,3	28,9	29,0	28,9	28,3	28,9	28,0	26,0	28,8	32,2	35,3	38,0	41,3	40,1
Час пожара	h, м	11.02	5.15	0.00	0.00	1.95	1.97	2.96	3.92	2.83	4.35	4.08	3.32	2.67	11.02	
	П, м	113,07	102,05	96,90	96,90	94,95	92,98	88,72	84,80	87,63	91,98	96,06	99,38	102,05	113,07	
	H _{св} , м	41,57	30,15	18,6	18,6	16,85	16,58	13,62	10,00	15,33	19,28	23,36	26,68	30,15	41,57	

Рисунок 10 – Пьезометрический профиль

2.11. Тема 11. Подбор насосов для насосной станции II подъёма

Ключевые вопросы темы:

1. Определение расчётного напора насосов НС II.
2. Критерии выбора марки насосов.

Рекомендуемая литература: [4, с. 27–29]; [10, п. 6].

Категория надёжности насосной станции совпадает с категорией систем водоснабжения. Насосная станция II подъёма служит для подачи воды из РЧВ в водопроводную сеть потребителя.

Насосы, устанавливаемые на НС II, подбираются по двум параметрам: подаче и напору.

Определение подачи насосов

Режим работы насосной станции второго подъёма определяется режимом водопотребления населённого пункта. Для **безбашенных** систем подача насосов по часам суток должна полностью дублировать график водопотребления. Подача регулируется количеством одновременно работающих насосов или числом их оборотов. Расчётная максимальная подача насосов принимается равной максимальному часовому расходу

$$Q_p = q_{ч.мах}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (59)$$

Работа насосной станции II подъёма должна быть проверена на случай возникновения пожара. Подача насосов должна равняться сумме полного расчётного расхода воды на тушение пожара и расхода в час максимального водоразбора $q_{ч.мах}$.

Подачи определяются для каждого расчётного случая.

Определение расчётного напора

Для безбашенной системы расчётный напор определяется по формуле

$$H_p = H_z + H_{св} + h_c + h_{в.в} + h_{н.с} + h_{вдм} + h_{н.в}, \text{ м}, \quad (60)$$

где H_z – разность отметок поверхности земли в диктующей точке сети $Z_{д.т.}$ и минимального уровня воды в резервуаре чистой воды $Z_{мин}$; $H_{св}$ – необходимый свободный напор в диктующей точке сети (т. е. наиболее удаленной и высокорасположенной точке), м; h_c – потери напора в сети от места присоединения напорного трубопровода до диктующей точки, м; $h_{в.в}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе от РЧВ до насосной станции, м; $h_{н.с}$ – потери напора внутри станции, м; $h_{вдм}$ – потери напора на водомере, м; $h_{н.в}$ – гидравлические потери в напорном водоводе от насосной станции до начала водопроводной сети, м.

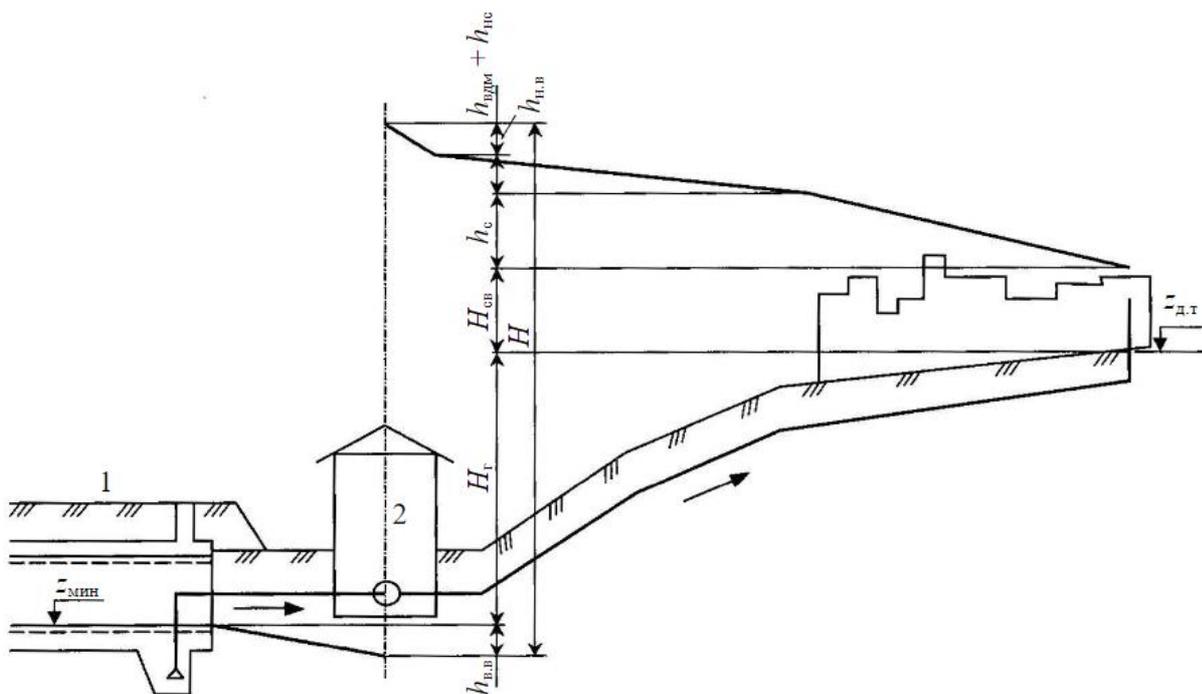


Рисунок 11 – Схема к определению расчётного напора насосов второго подъёма в безбашенной системе:

1 – резервуар чистой воды; 2 – насосная станция II подъёма

Напоры определяются для каждого расчётного случая.

Выбор типов основных насосов

Выбор насосного оборудования производят в следующем порядке:

- принимают тип и количество рабочих агрегатов;
- выбирают марку насоса, при необходимости изменяют его характеристику;
- выбирают электродвигатель к насосу;
- определяют допустимую высоту всасывания и отметку оси насоса;
- при выборе типа насоса и числа рабочих агрегатов необходимо учитывать следующие условия:
 - число рабочих агрегатов одной группы должно быть не менее двух;
 - необходимо устанавливать как можно меньше рабочих насосов;
 - насосы должны работать в области наивысших КПД;
 - целесообразно устанавливать насосы одного типоразмера
 - подача насосов должна быть достаточной для обеспечения максимального расхода.

Количество резервных агрегатов принимается в зависимости от категории надёжности станции и числа рабочих агрегатов. Для насосной станции I категории надёжности при числе рабочих насосов до 6 число резервных принимается равным 2.

На станциях малой и средней производительности в основном применяют горизонтальные центробежные насосы двухстороннего входа типа Д или консольного типа К и КМ.

Определив подачу Q_p и напор H_p по сводным графикам полей насосов соответствующего типа, выбирают по напору в соответствии с графиком ближайший подходящий насос. Определившись с точным типоразмером, делают выкопировку из каталога его характеристик.

Напор по графику при подаче Q_p должен быть равным или не более чем на 10 % превышать требуемый напор H_p . Если это условие не обеспечивается, то прибегают либо к изменению частоты вращения, либо к обточке колеса.

Режим работы с пониженной частотой вращения допускается, однако повышение более чем на 10–15 % должно быть согласовано с заводом-изготовителем.

Частотный регулятор устанавливается на группу однотипных насосов – 2–3. Включается при недостатке подачи одного насоса, затем второго и т. д.

Необходимая подача воды для насосов, подающих воду по водоводам в магистральную сеть, была задана при назначении работы НС II.

При этом необходимо помнить, что если насосы работают параллельно, то выключение одного или нескольких из них приводит к увеличению подачи оставшимися насосами. Это можно учесть введением коэффициента α : при выключении одного насоса $\alpha = 1,11$; двух – $\alpha = 1,18$; трёх – $\alpha = 1,25$; четырёх – $\alpha = 1,32$.

Вопросы для самопроверки:

1. Как изменится подача оставшихся в работе насосов при выключении одного, если они включены параллельно?
2. Для чего применяется частотный регулятор?
3. В каких случаях допустимо повышение частоты вращения рабочего колеса центробежного насоса выше номинальной?
4. Какие типы насосов чаще всего устанавливают на насосных станциях малой и средней производительности?
5. Для каких систем применима формула (59)?

Методические материалы по теме 11:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; материалы, полученные в ходе практического занятия; рекомендованную литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов.

2.12. Тема 12. Конструирование сети

Ключевые вопросы темы:

1. Требования, предъявляемые к конструкции водопроводных сетей.
2. Водопроводные колодцы.
3. Определение размеров водопроводных колодцев.
4. Горловины колодцев.
5. Требования к расположению сети.
6. Оборудование на водопроводной сети.

Рекомендуемая литература: [1, п. 11]; [3, п. 20.6]; [4, с. 29–33], [9].

Основные требования, предъявляемые к конструкции водопроводных сетей

Для того чтобы водопроводные сети могли успешно и бесперебойно выполнять свои функции транспортирования и распределения воды по территории снабжаемого объекта, они должны иметь надлежащее конструктивное оформление.

подавляющее большинство водопроводных линий (водоводов и сетей) монтируется из труб, то есть элементов, изготавливаемых заводским способом. На месте строительства производится лишь соединение труб и их укладка.

В соответствии с условиями работы водопроводных линий в процессе их эксплуатации к ним предъявляются следующие основные требования:

- а) прочность, то есть хорошее сопротивление всем возможным (заданным) внутренним и внешним нагрузкам;
- б) герметичность (водонепроницаемость);
- в) гладкость внутренней поверхности их стенок, обеспечивающая наименьшие потери напора на трение при движении воды;
- г) долговечность, то есть длительный срок службы, обусловливаемый в основном хорошим сопротивлением материала труб (или их покрытий) внешним и внутренним агрессивным воздействиям среды (транспортируемой воды, грунтов, грунтовых вод и т. п.).

Кроме того, трубы, как и все элементы сборного строительства, должны обеспечивать возможность их легкого, простого, быстрого и надёжного соединения (монтажа стыков) на строительной площадке.

Наконец, водопроводные линии, как и всякие инженерные сооружения, должны удовлетворять требованиям наибольшей экономичности.

Напорные водопроводные трубы должны быть рассчитаны на сопротивление давлению воды на внутреннюю поверхность их стенок. Расчётное рабочее давление определяется в результате расчёта сетей и водоводов и может колебаться для различных сетей в широких пределах.

В соответствии с условиями укладки труб они должны также иметь достаточную прочность для сопротивления давлению грунта, прогибам от собственного веса (при неплотных грунтах), нагрузкам от транспорта и т. п.

Герметичность как самих труб, так и, особенно, стыковых соединений является важнейшим условием успешной и экономичной работы водопровода. Несоблюдение герметичности линий вызывает постоянные непроизводительные траты воды и повышает стоимость эксплуатации системы. Утечки воды из сети могут также повлечь подмыв грунта и привести к серьёзным авариям.

В системах водоснабжения различных объектов и в различных местных условиях все основные параметры, которые необходимо учитывать при выборе типа используемых труб (количество подаваемой воды, внутреннее рабочее давление, характер грунтов и т. п.), меняются в весьма широких пределах. Поэтому естественно, что в различных условиях более целесообразно использовать различные типы труб.

Таким образом, применение в мировой практике многих типов труб (как по материалам, так и по конструкции стыков) является следствием не только исторического развития производства труб, но и наличия различных условий их использования.

В современной практике строительства водоводов и наружных водопроводных сетей широко применяются трубы чугунные, стальные, и железобетонные. В настоящее время все более широкое применение в мировой практике получают чугунные трубы из высокопрочного чугуна и трубы из синтетических материалов (пластмассовые), являющиеся весьма перспективными.

Для возможности разумного выбора типов труб при определённых условиях необходимо ознакомиться с характеристикой современных типов труб из различных материалов и различных конструкций.

Водопроводные колодцы

Водопроводные колодцы устраиваются при установке:

- запорной арматуры (задвижки, поворотные клапаны, обратные клапаны);
- измерительных устройств (измерительная шайба, трубки Вентури, манометры и т. д.);
- пожарных гидрантов;
- вантузов или других устройств для впуска и выпуска воздуха;
- компенсаторов.

Во всех остальных случаях (повороты, тройники, ответвления, врезки, переходы, упоры и т. д.) устройство колодцев не требуется.

По расположению на сети колодцы подразделяют на:

- узловые (расположенные по узлам колец);

- ремонтные (предназначенные для установки запорной арматуры отключающие ремонтные участки);
- колодцы для установки пожарных гидрантов;
- «мокрые» колодцы;
- специальные колодцы.

По форме:

- круглые;
- прямоугольные.

По материалу изготовления:

- железобетонные;
- бетонные;
- кирпичные;
- на временной сети могут изготавливаться из дерева.

Определение размеров колодцев

а) Размеры колодцев в плане определяют следующим образом (рисунок 12):

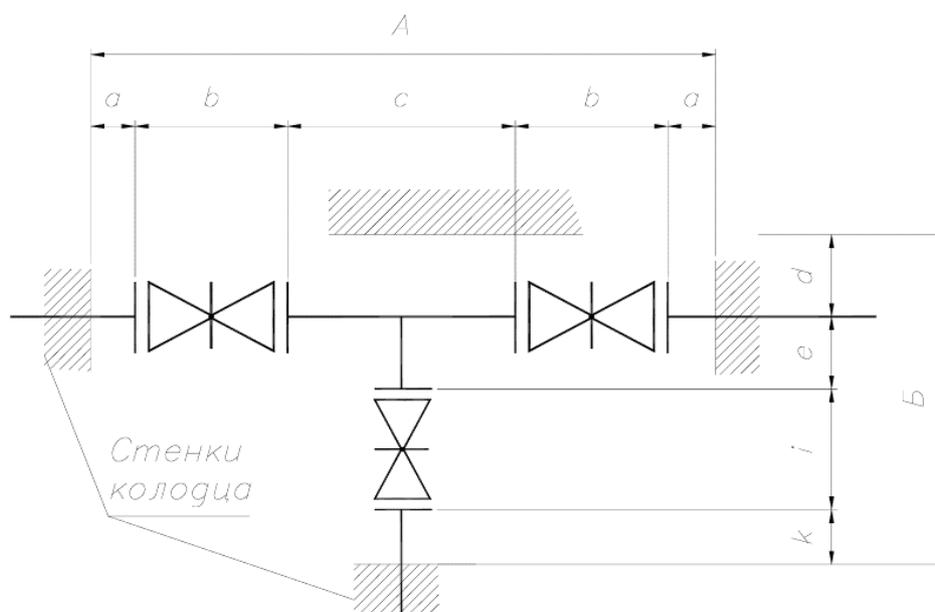


Рисунок 12 – Схема водопроводного колодца

Проставляются размеры по стороне, на которой установлено больше арматуры. Значение "а" определяется по СП в зависимости от диаметра. Значение "b" (длина задвижки) и "с" (размер тройника) определяются по справочной литературе.

$$\Sigma(2a + 2b + c) = A \quad (61)$$

Размер А должен быть не менее 0,7 м. Следующий размер 1 м. Последующие размеры принимаются кратными 0,5 м (1,5; 2,0 и т. д.).

Круглые колодцы устраиваются при размере А до 2 м. Трубопроводы в круглых колодцах расположены по осям.

Если размер А больше двух метров, то принимаются прямоугольные колодцы.

Размеры А и Б должны быть кратными 0,5 м.

Размеры колодца не должен превышать 6 м. В случае, если необходим больший размер, устраивают несколько колодцев, в которых устанавливают по одной или две задвижки.

Глубина колодца определяется в первую очередь отметкой заложения трубы:

– при $d \leq 300$ мм глубина заложения равна $h_{\text{пром}} + d + 0,2$ м;

– при $300 < d \leq 600$ мм; $h_{\text{зал}} = h_{\text{пр}} + 0,75d$;

– при $d > 600$ мм; $h_{\text{зал}} = h_{\text{пр}} + 0,5d$.

Для спуска в колодец предусматриваются заделанные в стенку скобы и, как исключение, можно предусмотреть лестницу стремянку.

Горловины колодцев

Имеется два типа люков: тяжёлый "Т" и лёгкий "Л".

Тяжёлый люк устанавливается только на проезжей части, а лёгкий – на тротуарах, газонах и т. д.

На дорогах с твёрдым покрытием люки устанавливают вровень с поверхностью покрытия, на газонах – на 5 см выше поверхности земли, с отмошкой 1 м вокруг него, на незастроенных территориях – на 20 см выше поверхности земли.

Горловина колодцев располагается в зависимости от размещения арматуры в колодце.

При отсутствии пожарного гидранта люк располагается возле стенки.

При наличии пожарного гидранта люк располагается таким образом, чтобы был обеспечен доступ к гидранту. Минимальное расстояние до стенки должно быть не меньше 150 мм.

Требования к расположению сети

Водопроводные сети прокладываются параллельно линии застройки и (по возможности) вне бетонных и асфальтовых покрытий. Трубопроводы между собой и проездами должны пересекаться под прямым углом.

Расстояние от трубопровода принимается следующее (не меньше):

– до оси железнодорожного пути – 4 м (но не меньше глубины траншеи);

– до оси трамвайных путей – 2,75 м;

– до бордюрного камня автодороги – 2 м;

– до кабелей связи – 1,5 м;

– до газопровода – $1 \div 2$ м;

– до электрокабеля напряжением до 35кВ – 1 м;

- до опор наружного освещения, связи, контактной сети транспорта – 1,5 м;
 - до ограждений территорий – 1,5 м;
 - до линии воздушных опор линий электропередачи $U < 35$ кВ – 2 м; $U > 35$ кВ – 3 м;
 - до фундаментов зданий и сооружений > 5 м (при соответствующем обосновании допускается 3 м, но с обязательной укладкой в футлярах);
 - до стволов отдельно стоящих деревьев – 2 м.
- В каждом случае расстояние между сооружениями уточняется, исходя из метода производства работ.

Расстояние между сетями по горизонтали в свету:

- до дренажных линий и водостоков – 1,5 м;
- до газопроводов: $P < 0,3$ МПа – 1 м; $0,3 < P < 0,6$ – 1,5 м; $P > 0,6$ – 2 м;
- до силовых кабелей – 0,5 м;
- до кабелей связи – 0,5 м;
- до теплотрасс – 1,5 м;
- до канализационных сетей при диаметре водопроводных труб, мм:
- до 200 – 1,5 м;
- свыше 200 – 3 м.

Водопроводные трубы в местах пересечения следует, как правило, прокладывать выше канализационных, а расстояние между стенками труб по вертикали должно быть не менее 0,4 м.

При прокладке водопроводных труб ниже канализационных, они должны быть стальными и размещаться в стальном футляре. При этом расстояние от конца футляра до канализационных труб должно быть не менее 5 м для глинистых грунтов и не менее 10 м для песков (в обе стороны от оси пересечения).

Расстояния в плане между наружными поверхностями водопроводных труб принимается по СП не менее 1,5 м.

Между пересекающимися водоводами расстояние должно быть не менее 0,4 м (в свету). При пересечении водовода с другими коммуникациями расстояние в свету – не менее 0,5 м.

Соединение водоводов питьевой и технической воды не допускается. Как исключение – при резервировании источника водоснабжения – выполняется через разрыв струи.

Расстояниях между параллельно укладываемыми водоводами.

При параллельной прокладке нескольких линий водоводов (заново или дополнительно к существующим) расстояние в плане между наружными поверхностями труб следует устанавливать с учётом проведения и организации

работ и необходимости защиты от повреждений смежных трубопроводов при аварии на одном из них:

– при допускаемом снижении подачи воды потребителям, предусмотренном п. 11.2 [1], – по таблице 26 [1] в зависимости от материала труб, внутреннего давления и геологических условий;

– при наличии в конце водоводов запасной ёмкости, допускающей перемены в подаче воды, объём которой соответствует требованиям п. 11.6, – по таблице 27 [1] как для труб, укладываемых в скальных грунтах.

На отдельных участках прокладки сетей водопровода в стесненных условиях городской застройки и на территории промышленных предприятий расстояния, приведенные в таблице 27 [1], допускается уменьшать при условии выполнения компенсационных мероприятий:

– обоснования прочностным расчётом, обеспечения сохранности при авариях, эксплуатации, производстве строительных и ремонтных работ;

– выбора типа основания водопровода по несущей способности грунтов, трубопроводов, защитных и строительных конструкций и воспринимаемых нагрузок в соответствии с СП 22.13330 и СП 45.13330;

– защиты от повреждений смежных трубопроводов при аварии на одном из них заключением их в футляры, заполненные цементно-песчаным раствором с характеристиками не ниже М 100.

Увеличение расстояния между водоводами относительно значений, приведенных в таблице 27 [1], должно быть обосновано расположением и габаритами камер и колодцев.

Затворы поворотные дисковые

Поворотные дисковые затворы применяются на трубопроводах для воды с температурой до 80 °С. Чаще они устанавливаются в тех случаях, когда имеются ограничения по габаритам. Например, на фильтровальных станциях в помещении фильтровального зала или на технических водоводах промышленности.

Условные проходы: 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000, 2200, 2400 мм.

Основной материал – сталь.

Присоединение может осуществляться как на фланцах, так под сварку.

Поворотные дисковые затворы бывают с ручным приводом и с электроприводом. Затворы с электроприводом изготавливаются на давление 2,5 и 10 кгс/см².

Затворы поворотные дисковые имеют следующую конструкцию (рисунок 13).

Основными частями дискового поворотного затвора, который изображен на рисунке 13 в закрытом положении, является диск 1, вращающийся на валу 3,

жёстко связанном с рычагом 4. Поворот системы диск – ось – рычаг производится шпинделем 11, который связан с рычагом шарнирно. Вращательное движение вала электропривода 8 или ручного штурвала 7 с помощью бугельного узла 10 преобразуется в поступательное движение шпинделя. Уплотнение осуществляется с помощью резинового кольца 6, заложенного в канавку по окружности диска. Резиновое кольцо прикреплено к диску прижимным кольцом 5. В закрытом положении уплотнительное кольцо прижато к седлу 2 корпуса затвора.

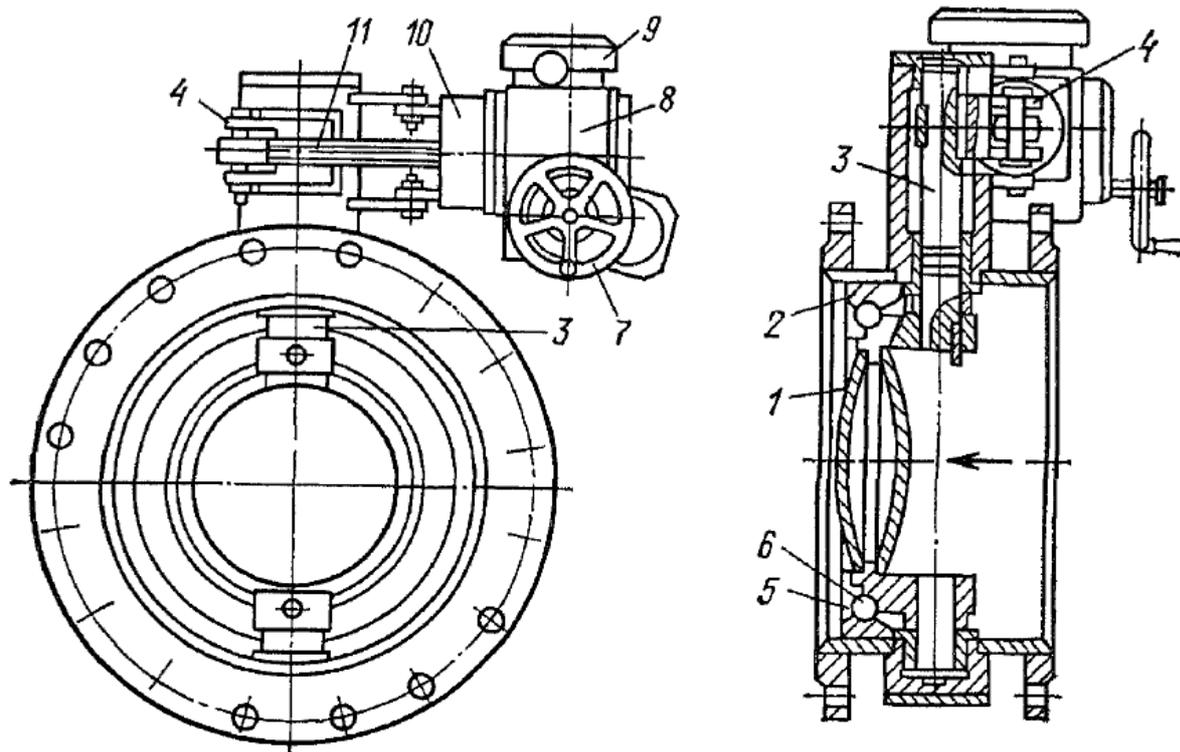


Рисунок 13 – Затвор поворотный дисковый на давление $p_y = 1$ МПа

Рабочее положение затвора – полностью открыт (в это время плоскость диска параллельна потоку жидкости) или полностью закрыт. Электропривод при достижении диском крайних положений выключается концевыми выключателями, расположенными в коробке 9.

Поворотные дисковые затворы изготовляют в диапазоне диаметров 50–2400 мм с ручным, электрическим и гидравлическим приводом на давление 0,25–1 МПа.

Клапаны обратные

Обратные клапаны предназначены для предотвращения обратного тока воды при внезапной остановке насосов или каких-либо других случаях.

Поворотные дисковые обратные клапаны устанавливают на горизонтальных трубопроводах крышкой вверх или в соответствии с маркировкой "Верх" на корпусе клапана.

Различают два типа клапанов:

- приёмные;
- поворотные.

Приёмные обратные клапаны (рисунок 14) устанавливаются на всасывающих трубопроводах насосных установок.

Клапаны приёмные выпускают двух типов: с неразъёмным корпусом (при $D = 50\text{--}200$ мм) и с разъёмным корпусом по фланцу (при $D = 250\text{--}400$ мм).

Применяются они при температуре воды до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, температуре окружающего воздуха от минус 30 до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Приёмные – диаметр от 50 до 400 мм

Материал корпусных деталей – серый чугун не ниже марки СЧ 18, материал уплотнения – резина.

Рабочее положение клапана – сеткой вниз

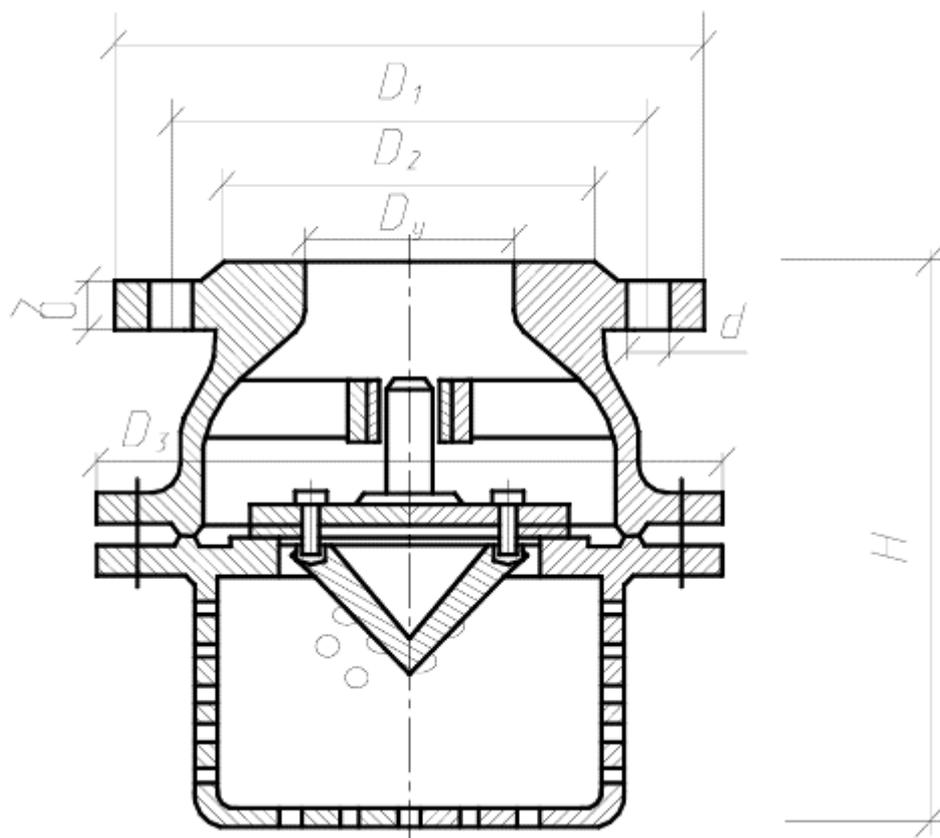


Рисунок 14 – Клапан обратный приёмный фланцевый

Поворотные обратные клапаны применяются на насосных станциях для того, чтобы после остановки насоса воспрепятствовать обратному току воды, находящейся в напорном трубопроводе. Их можно использовать также в качестве отсекающей арматуры при разделении длинных водоводов на отдельные

участки для локализации гидравлических ударов, а также на водоводах в местах разрыва сплошности потока для впуска и заземления воздуха.

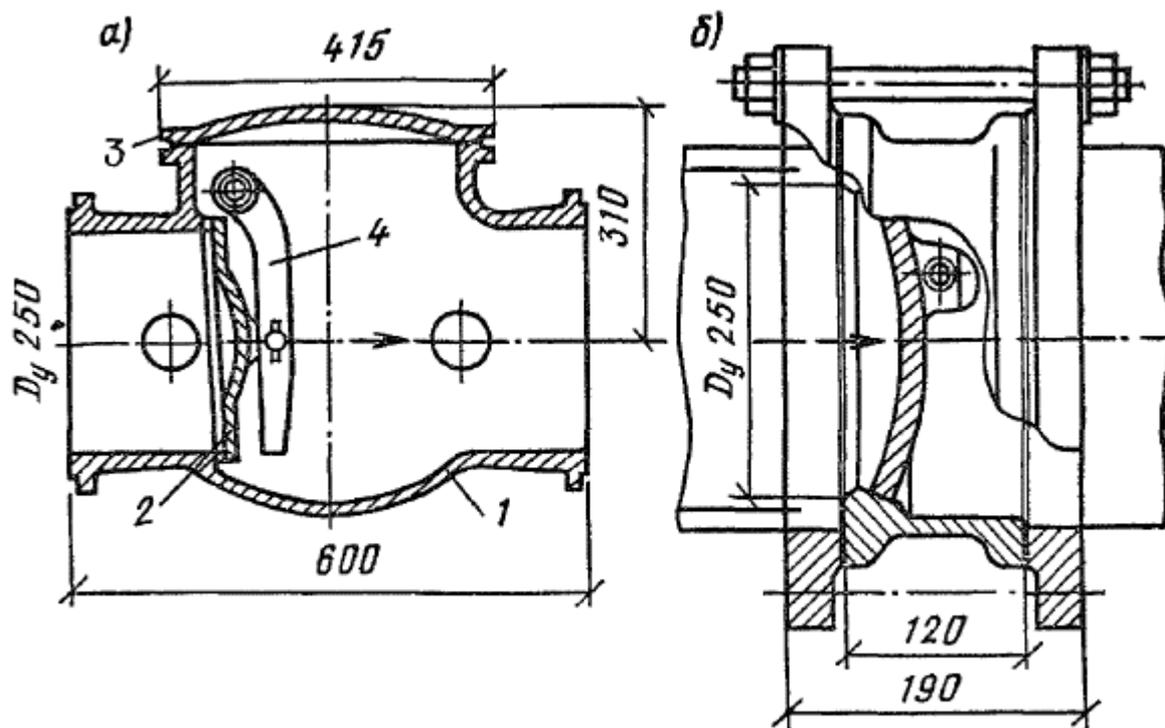


Рисунок 15 – Клапан обратный поворотный с нерегулируемым закрытием типа «захлопка» (а) и безударный (б):

1 – корпус; 2 – тарелка клапана; 3 – крышка; 4 – рычаг

Диаметры обратных клапанов 50–2400 мм.

Присоединяются с помощью фланцев или при помощи ответных фланцев.

Могут устанавливаться как горизонтально (предпочтительнее), так и вертикально. В последнем варианте вода должна поступать снизу.

Вантузы

Предназначены для впуска воздуха при опорожнении трубопровода и выпуска при наполнении. Устанавливаются в самых высоких точках ремонтного участка. На ремонтном участке их может быть 1–2 шт.

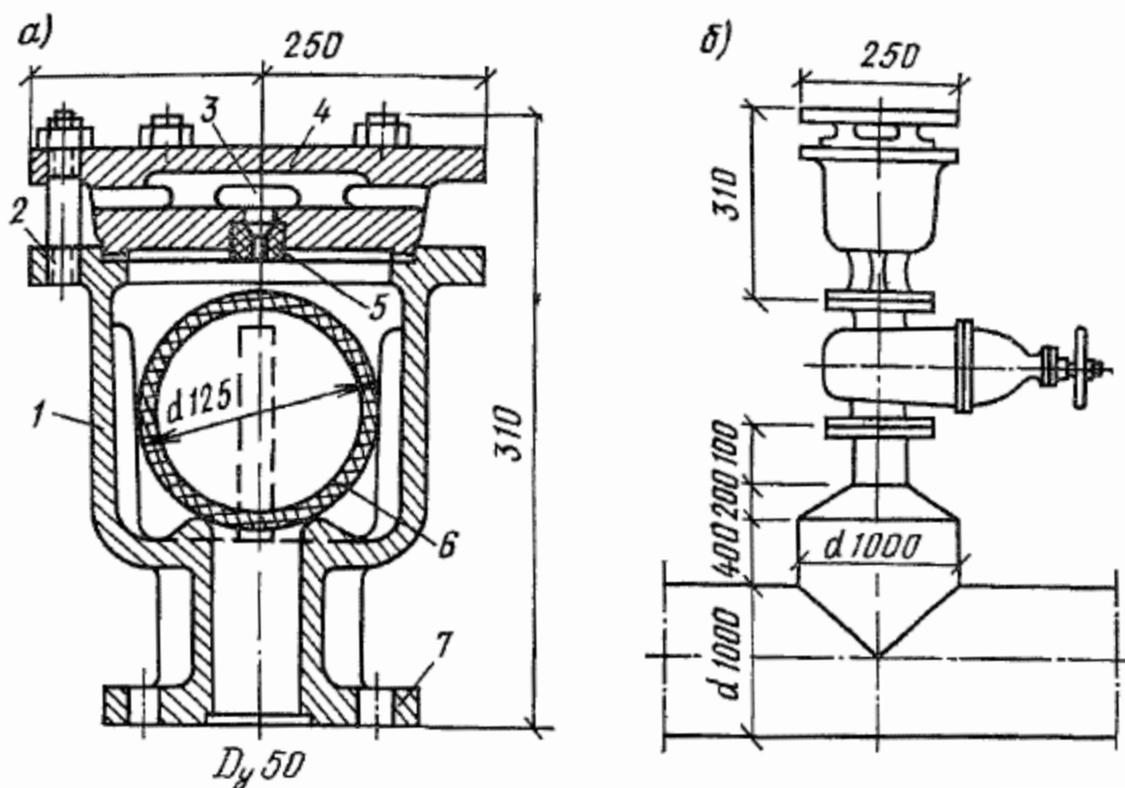


Рисунок 16 – Общий вид вантуза эксплуатационного $D_y = 50$ мм (а) и схема установки его на водоводе $D_y = 1000$ мм (б)

Эксплуатационный шаровой вантуз (рисунок 16) состоит из чугунного корпуса 1 цилиндрической формы с верхним 2 и нижним 7 фланцами. К верхнему фланцу прикрепляется чугунная крышка с центральным отверстием 3 для выпуска воздуха и зонт-крышка 4. В отверстие вставляется резиновая втулка 5 с отверстием диаметром 5 мм. Внутри корпуса помещен полиэтиленовый шар 6. При отсутствии воздуха в трубопроводе шар прижат к отверстию втулки. При скоплении воздуха в верхней части вантуза уровень воды падает, шар опускается, отверстие втулки открывается и воздух выходит наружу. Эксплуатационные вантузы устанавливают в повышенных точках (перелома профиля) водоводов.

Вантузы на сети устанавливаются обычно на фланцевый отросток тройника, включенного в трубопровод.

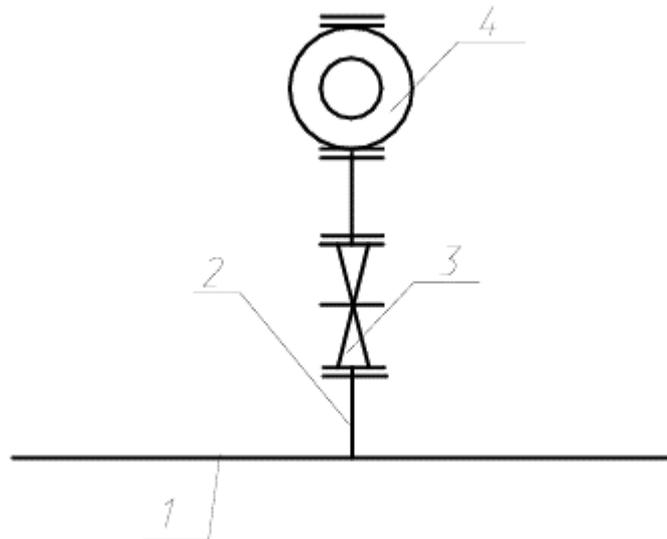


Рисунок 17 – Схема подключения вантуза:

1 – трубопровод; 2 – патрубок $d = 50$ или 100 мм; 3 – задвижка; 4 – вантуз

Для лучшего поступления воздуха в отросток тройника диаметр отростка рекомендуется принимать равным $0,5-0,75$ диаметра водовода.

В практике водоснабжения иногда для впуска или выпуска воздуха при выполнении ремонтных работ используют штуцера с вентилями.

Колонки управления задвижками

В некоторых случаях задвижки устанавливаются в малодоступных местах или на большой глубине, или под уровнем воды. Для работы с задвижкой используют колонки управления задвижками.

При переоборудовании задвижек с ручным приводом маховик не снимается, а к нему скобами присоединяется штанга колонки. Вращательное движение шпинделю передается с помощью штанги колонки (рисунок 18). При переоборудовании задвижек с электроприводом с них снимается двигатель и через штангу соединяется вновь с задвижкой (рисунок 19). Ручной привод может применяться для задвижек до 400 мм.

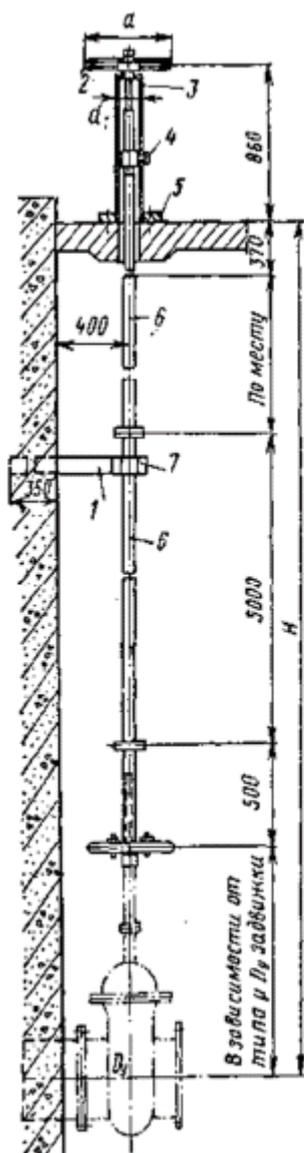


Рисунок 18 – Колонка для ручного дистанционного управления задвижкой:

1 – кронштейн; 2 – маховик; 3 – корпус; 4 – указатель степени открытия; 5 – фланец; 6 – штанга; 7 – подшипник

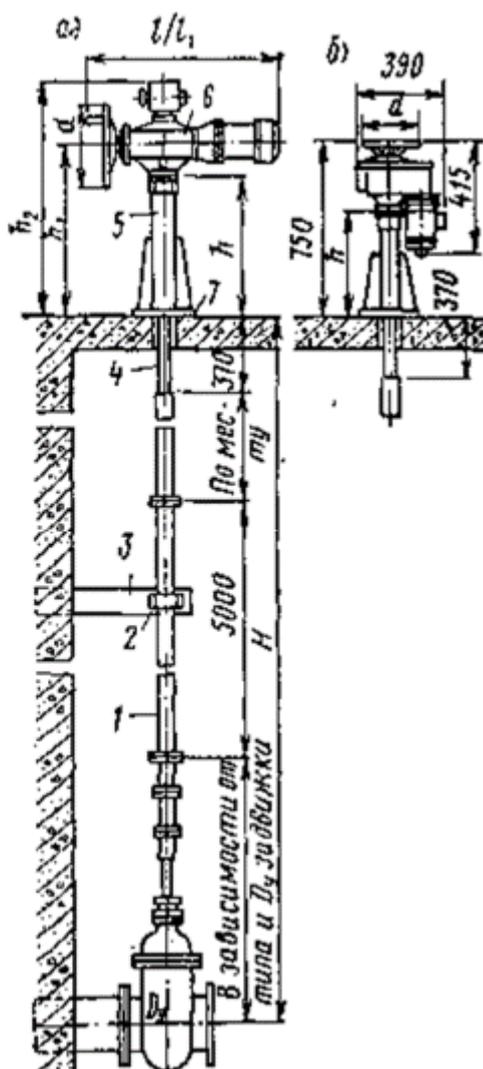


Рисунок 19 – Колонка с электроприводом для дистанционного управления задвижкой:

1 – штанга; 2 – подшипник; 3 – кронштейн; 4 – шпindelь; 5 – корпус; 6 – электропривод; 7 – фланец

Пожарные гидранты

Пожарные гидранты устанавливаются на сети для отбора воды на нужды пожаротушения. Пожарные гидранты состоят из двух частей: колонка пожарная и гидрант пожарный.

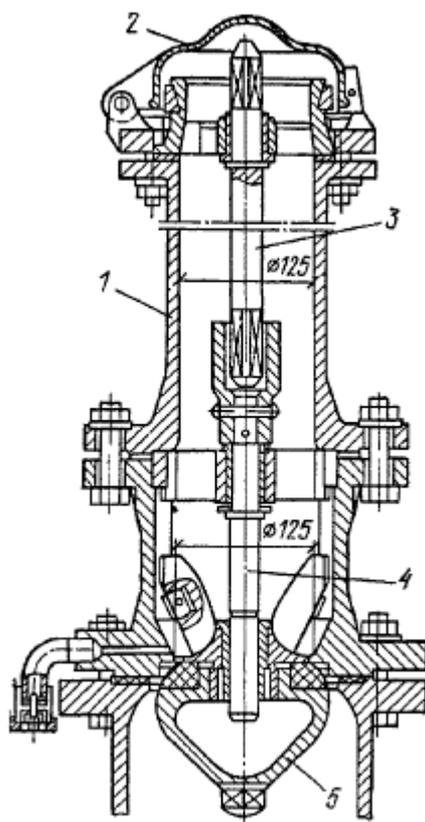


Рисунок 20 – Гидрант пожарный подземный:
 1 – чугунный корпус; 2 – крышка; 3 – штанга; 4 – шпindelь;
 5 – затвор с клапаном обтекаемой формы

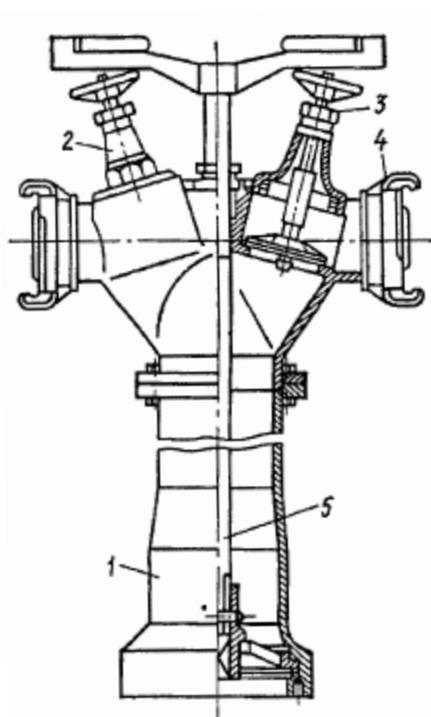


Рисунок 21 – Пожарная колонка

Пожарная колонка накручивается на гидрант.

Обозначение гидрантов – гидрант 500 ГОСТ 8220-85.

Рабочее положение – вертикальное. Гидранты устанавливаются в колодцах с помощью пожарной подставки.

Компенсаторы

Существует несколько типов компенсаторов. Для прокладки подземных сетей могут использоваться, например, сальниковые компенсаторы.

Компенсаторы воспринимают линейные деформации трубопроводов, которые возникают в результате изменения температур или просадок трубопровода.

Компенсаторы состоят из патрубка, грунд-буксы, сальниковой набивки (набивка – шнур), кольца уплотнительного; контр-буксы, кольца, корпуса, болта.

Компенсаторы изготавливаются из спокойной мартовенской стали марок 10, 15 и 20 по группе I ГОСТ 1050 и Вм-Ст. 3 сп по группе "В" ГОСТ 380.

Резиновое уплотнение компенсатора – замкнутые кольца из резины.

Водопроводные трубы

Водоводы и водопроводные сети должны иметь минимальное количество искусственных сооружений и должны быть доступными для ремонта и просты в эксплуатации.

При строительстве водопроводов необходимо применять, как правило, неметаллические трубы.

Рекомендуемые типы водопроводных труб следует принимать из [9].

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основные требования, предъявляемые к конструкции водопроводных сетей.
2. В каких случаях устраиваются круглые колодцы?
3. Какие типы люков колодцев вы знаете? В каких случаях они устанавливаются?
4. Каковы максимальная разрешённая температура воды в трубопроводе для установки поворотного дискового затвора?
5. Каково назначение обратных клапанов? Какие виды вам известны?
6. Каково назначение вантуза?
7. Каково назначение компенсаторов? Какие виды вам известны?

Методические материалы по теме 12:

В ходе работы по теме студенту следует использовать лекционный материал; материалы, полученные в ходе практического занятия; рекомендованную

литературу; все материалы в разделе дисциплины в ЭИОС КГТУ; рекомендованные сайты справочных нормативных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. База электронных нормативных документов «Техэксперт».
2. СП 8.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности. База электронных нормативных документов «Техэксперт».
3. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. / под ред. М. Г. Журбы. – Москва: АСВ, 2004. – Т. 3. Системы распределения и подачи воды. – 256 с.
4. Зубарева, О. Н. Водопроводные сети: учеб.-метод. пособие / О. Н. Зубарева, А. В. Михайлин. – Москва: МИСИ – МГСУ, 2020. – 54 с. – ISBN 978-5-7264-2183-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/145089> (дата обращения: 22.12.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Сомов, М. А. Водопроводные системы и сооружения: учебник для вузов. – Москва: Стройиздат, 1988. – 399 с.: ил. ISBN 5-274-00004-5.
6. Водоснабжение: учеб. пособие / Н. И. Куликов [и др.]. – Новосибирск: ООО «ЦСРНИ», 2016. – 704 с.
7. Плавич, А. Ю. Водопроводные сети населенного пункта: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине «Водоснабжение. Водопроводные сети» для студентов всех форм обучения, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 08.03.01 – «Строительство» (профиль подготовки «водоснабжение и водоотведение») / А. Ю. Плавич, И. С. Александров. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 45 с.
8. Шевелев, Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб / Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – Москва: Стройиздат, 1995. – 176 с.
9. Данилович, Д. А. Справочник наилучших эффективных технологий (Базовые материалы). Раздел: Водопроводные сети, сооружения и оборудование. М. ЖКХ Развитие, 2015. – 101 с.
10. Плавич, А. Ю., Александров, И. С. Насосные и воздуходувные станции: учеб.-методич. пособие по курсовой работе для студ. бакалавриата по направлению подгот. 08.03.01 Строительство / А. Ю. Плавич, И. С. Александров. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 53 с.

Локальный электронный методический материал

Андрей Юрьевич Плавич

ВОДОСНАБЖЕНИЕ. ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Редактор С. Кондрашова

Корректор Т. Звада

Уч.-изд. 5,2. Печ. л. 4,6.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1