

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт дистанционного и дополнительного образования

Э. У. ЯМЛЕЕВА

Инженерные системы зданий и сооружений. Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики

Учебное пособие

Ульяновск
УлГТУ
2018

УДК 628.1/.2 (075)
ББК 38.761.1 я7
Я 55

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия.

Рецензенты:
главный инженер Территориального управления по
теплоснабжению в г. Ульяновске, филиал Ульяновского ПАО «Т Плюс»,
канд. техн. наук, доцент Феткуллов М. Р;
главный инженер Ульяновского муниципального унитарного
предприятия «Городской теплосервис», Половов О. В.

Ямлеева, Эльмира Усмановна

Я 55 Инженерные системы зданий и сооружений. Водоснабжение
и водоотведение с основами гидравлики: учебное пособие /
Э. У. Ямлеева; Ульян. гос. техн. ун-т. – Ульяновск: УлГТУ, 2018. –
237 с.

ISBN 978-5-9795-1794-0

В учебном пособии рассматриваются основы гидравлики, системы
водоснабжения и водоотведения зданий и населенных пунктов. Пособие
предназначено для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01
«Строительство», профили «Теплогазоснабжение и вентиляция», «Управление
и эксплуатация систем жилищно-коммунального хозяйства» и «Промышленное
и гражданское строительство».

УДК 628.1/.2 (075)
ББК 38.761.1 я7

ISBN 978-5-9795-1794-0

© Ямлеева Э. У., 2018
© Оформление. УлГТУ, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. РУКОВОДСТВО ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
1.1. Цель и задачи дисциплины.....	6
1.2. Методические рекомендации по изучению дисциплины.....	6
1.3. Связь разделов дисциплины с формируемыми компетенциями	7
1.4. Методические рекомендации (материалы) преподавателю.....	9
1.5. Методические рекомендации студентам	9
2. УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ	11
Раздел 1. Основы гидравлики.....	11
1.1. Определение науки «Гидравлика».....	15
1.2. Жидкости и их основные физические свойства	15
1.3. Основы гидростатики.....	19
1.4. Основные понятия гидродинамики.....	21
1.5. Уравнение неразрывности	23
1.6. Уравнение Бернулли.....	25
1.7. Потери напора	27
1.8. Гидравлические расчеты длинных трубопроводов.....	34
1.9. Истечение жидкости, гидравлические струи	37
Раздел 2. Внутренний водопровод зданий	45
2.1. Общие сведения	49
2.2. Системы и схемы холодного водопровода.....	50
2.3. Устройство и конструкция основных элементов холодного водоснабжения зданий.....	51
2.4. Расчет внутренних водопроводов различного назначения. Режимы и нормы водопотребления.....	61
2.5. Мероприятия по рациональному использованию воды.....	65
2.6. Установки для повышения напора в сети водоснабжения зданий	68
2.7. Противопожарные водопроводы зданий	72
2.8. Особенности снабжения водой зданий производственного назначения, систем теплоснабжения и вентиляции	76
Раздел 3. Канализация зданий и отдельных объектов	89
3.1. Системы водоотведения зданий различного назначения	92
3.2. Устройство и конструкция основных элементов внутренней канализации зданий.....	94
3.3. Основы расчета системы водоотведения	102
3.4. Дворовая канализационная сеть	105
3.5. Местные установки систем внутренней канализации	107
3.6. Внутренние водостоки зданий	110
3.7. Канализование твердых отходов и отходов	114
Раздел 4. Системы водоснабжения населенных мест	121
4.1. Системы и схемы водоснабжения.....	123
4.2. Источники водоснабжения и проблемы их охраны от истощения и загрязнений. Водозаборные сооружения	125
4.3. Комплекс сооружений по очистке вод из природных источников.....	130

4.4. Водоподъемные устройства.....	134
4.5. Водонапорные и регулирующие устройства	136
4.6. Устройство наружной водопроводной сети города	139
Раздел 5. Канализация (водоотведение) населенных мест.....	146
5.1. Системы и схемы канализации.....	147
5.2. Устройство и оборудование водоотводящих сетей. Основы расчета	151
5.3. Очистка и условия спуска очищенных сточных вод в водоемы.....	155
3. КУРСОВАЯ РАБОТА	168
3.1. Состав и объем курсовой работы.....	168
3.2. Порядок выполнения работы	173
4. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА	175
4.1. Содержание расчетно-графической работы	175
4.2. Порядок выполнения работы	175
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	180
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	181
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	184
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	192
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	192
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	193
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	195
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	196
ПРИЛОЖЕНИЕ И.....	197
ПРИЛОЖЕНИЕ К.....	198
ПРИЛОЖЕНИЕ Л.....	201
ПРИЛОЖЕНИЕ М.....	204
ПРИЛОЖЕНИЕ Н.....	206
ПРИЛОЖЕНИЕ П.....	209
ПРИЛОЖЕНИЕ Р	222
ПРИЛОЖЕНИЕ С.....	229
ПРИЛОЖЕНИЕ Т	230
ПРИЛОЖЕНИЕ У.....	231
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф.....	232
ПРИЛОЖЕНИЕ Х.....	233
ПРИЛОЖЕНИЕ Ц.....	234
ПРИЛОЖЕНИЕ Ш.....	235
ПРИЛОЖЕНИЕ Щ.....	236

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие разработано для изучения дисциплины «Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики» студентами направления «Строительство», профили «Теплогазоснабжение и вентиляция», «Управление и эксплуатация систем жилищно-коммунального хозяйства» и «Промышленное и гражданское строительство». Дисциплина является одной из базовых прикладных дисциплин и входит в модуль «Инженерные системы зданий и сооружений». Значение этой дисциплины особенно велико для бакалавров направления «Строительство» вследствие широкого использования холодной воды для бытовых, коммунальных, производственных и противопожарных нужд.

В учебном пособии раскрыты назначение и методические рекомендации по изучению дисциплины, лекционный курс. Приведены основные положения и законы гидростатики и гидродинамики, основные сведения по конструкции и элементам, особенностям расчета и эксплуатации систем водопровода и канализации зданий, водоснабжения и водоотведения населенных пунктов, устройство очистных станций и условия спуска сточных вод в водоемы. Лекционный курс дополнен практическими и лабораторными заданиями, курсовой (профили ТГВ и УЖКХ) и расчетно-графической работой (профиль ПГС) по системам внутреннего водопровода и канализации жилых зданий, что позволяет закрепить теоретические знания и овладеть практическими навыками проектирования систем водоснабжения и водоотведения. Система тестов позволяет оценить степень освоения студентами материала по каждой теме.

1. РУКОВОДСТВО ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель и задачи дисциплины

Целями изучения дисциплины «Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики» является получение и углубление знаний в области водоснабжения и водоотведения отдельных объектов и микрорайонов современной застройки, освоение основ проектирования, строительства и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения зданий различного назначения и населенных пунктов.

Задачами изучения дисциплины являются:

- понимание сущности основных законов гидростатики и гидродинамики;
- знание устройства и назначения основных элементов систем водоснабжения и водоотведения отдельных зданий и населенных пунктов;
- умение проектировать системы водоснабжения и водоотведения зданий и сооружений;
- умение применять полученные знания при решении конкретных инженерных задач.

1.2. Методические рекомендации по изучению дисциплины

Процесс изучения дисциплины у студентов профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция» и «Управление и эксплуатация систем жилищно-коммунального хозяйства» направлен на формирование следующих компетенций:

- знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест (ПК-1);
- владение методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования (ПК-2);
- способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК-3);
- способность участвовать в проектировании и изыскании объектов профессиональной деятельности (ПК-4);
- способность осуществлять и организовывать техническую эксплуатацию зданий, сооружений объектов жилищно-коммунального хозяйства, обеспечивать надежность, безопасность и эффективность их работы (ПК-6).

Процесс изучения дисциплины у студентов профиля «Промышленное и гражданское строительство» направлен на формирование следующих компетенций:

- умение использовать нормативно-правовые документы в профессиональной деятельности (ОПК-8);
- знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест (ПК-1).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- сущность основных законов гидростатики и гидродинамики;
- нормативную базу в области водоснабжения и водоотведения;
- разновидности систем водоснабжения и водоотведения зданий и населенных мест;
- устройство, конструкцию и основные элементы систем водоснабжения и канализации зданий и населенных мест;

- принципы проектирования систем водоснабжения и водоотведения зданий, дворовой канализации;

уметь:

- использовать полученные знания при проектировании системы водоснабжения и канализации зданий, дворовой канализации;

владеть навыками:

- построения аксонометрических схем водопроводной и канализационной сетей зданий;
- гидравлического расчета внутреннего водопровода и канализации;
- подбора калибра водосчетчика и другого оборудования.

1.3. Связь разделов дисциплины с формируемыми компетенциями

**Для профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция»
и «Управление и эксплуатация систем жилищно-коммунального хозяйства»**

Таблица 1

№	Наименование раздела	Формируемые компетенции/уровень компетенции							
		Лекции	Консультации	Семинары, (практич.) занятия	Коллоквиумы	Лабораторные работы	РГР*, реферат, эссе	Курсовой проект (работа)	Самостоят. прораб. теор. курса**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Основы гидравлики	ПК-1/1	ПК-1/2	–	–	–	–	–	ПК-1/3
2	Системы внутреннего водоснабжения зданий и объектов	ПК-1/1, ПК-2/1, ПК-3/1, ПК-4/1, ПК-6/1	ПК-2/2, ПК-3/2	ПК-1/2, ПК-2/2, ПК-3/2, ПК-4/2, ПК-6/2, ПК-3/3	–	ПК-4/2, ПК-6/2	–	ПК-1/3, ПК-2/3, ПК-3/3	ПК-1/3, ПК-2/3, ПК-3/3, ПК-4/3, ПК-6/3
2	Системы водоотведения (канализации) зданий и объектов	ПК-1/1, ПК-2/1, ПК-3/1, ПК-4/1, ПК-6/1	ПК-2/2, ПК-3/2	ПК-1/2, ПК-2/2, ПК-3/2, ПК-4/2, ПК-6/2, ПК-3/3	–	ПК-4/2, ПК-6/2	–	ПК-1/3, ПК-2/3, ПК-3/3	ПК-1/3, ПК-2/3, ПК-3/3, ПК-4/3, ПК-6/3
3	Системы водоснабжения населенных мест	ПК-1/1	ПК-1/2	–	–	–	–	–	ПК-1/3
4	Системы водоотведения (канализации) населенных мест	ПК-1/1	ПК-1/2	–	–	–	–	–	ПК-1/3

* РГР – расчетно-графическая работа, ** включая самотестирование.

Для профиля «Промышленное и гражданское строительство»

Таблица 2

№	Наименование раздела	Формируемые компетенции/уровень компетенции							
		Лекции	Консультации	Семинары, (практич.) занятия	Коллоквиумы	Лабораторные работы	РГР*, реферат, эссе	Курсовой проект (работа)	Самостоят. прораб. теор. курса**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Основы гидравлики	ПК-1/1, ОПК-8/1	ПК-1/2, ОПК-8/2	–	–	–	–	–	ПК-1/3, ОПК-8/3
2	Системы внутреннего водоснабжения зданий и объектов	ПК-1/1, ОПК-8/1	ПК-1/2, ОПК-8/2	ПК-1/2, ОПК-8/2	–	ПК-1/2, ОПК-8/2	ПК-1/3, ОПК-8/3	–	ПК-1/3, ОПК-8/3
3	Системы водоотведения (канализации) зданий и объектов	ПК-1/1, ОПК-8/1	ПК-1/2, ОПК-8/2	ПК-1/2, ОПК-8/2	–	ПК-1/2, ОПК-8/2	ПК-1/3, ОПК-8/3	–	ПК-1/3, ОПК-8/3
4	Системы водоснабжения населенных мест	ПК-1/1, ОПК-8/1	ПК-1/2, ОПК-8/2	–	–	–	–	–	ПК-1/3, ОПК-8/3
5	Системы водоотведения (канализации) населенных мест	ПК-1/1, ОПК-8/1	ПК-1/2, ОПК-8/2	–	–	–	–	–	ПК-1/3, ОПК-8/3

* РГР – расчетно-графическая работа, ** включая самотестирование

В приложении А к таблицам 1 и 2 детализированы цели (задачи), которые достигают студенты при освоении каждой компетенции, формируемой в результате освоения учебной дисциплины.

Практические (семинарские) занятия

Таблица 3

Номер занятия	Тема практического занятия	Номер раздела, тема дисциплины
1	Трассировка внутридомового холодного водопровода. Построение аксонометрической схемы внутреннего водопровода зданий	2, 2.1, 2.2, 2.3
2	Расчет систем внутреннего водопровода зданий	2.4
3	Трассировка систем внутридомовой канализации. Построение аксонометрической схемы внутренней канализации	3, 3.1, 3.2
4	Расчет внутренней канализации зданий	3.3
5	Трассировка дворовой канализационной сети	3.4

Номер занятия	Наименование лабораторной работы	Номер раздела, тема дисциплины
1	Лабораторная работа №1. Определение расходных характеристик водоразборной арматуры	2.3, 2.4
2	Лабораторная работа №2. Определение величин непроизводительных расходов воды в водоразборной арматуре	2.5

Учебным планом направления 08.03.01 «Строительство» по профилю «Теплогазоснабжение и вентиляция» и «Управление и эксплуатация систем жилищно-коммунального хозяйства» предусмотрена курсовая работа (КР), а для профиля «Промышленное и гражданское строительство» предусмотрена расчетно-графическая работа (РГР).

Выполнение курсовой и расчетно-графической работы «Системы внутреннего водоснабжения и водоотведения жилого здания» предусматривает самостоятельную работу студента с учебной, нормативной и справочной литературой с целью лучшего усвоения теоретических основ и приобретения навыков решения практических инженерных задач по водоснабжению и водоотведению зданий и объектов.

Курсовая и расчетно-графическая работа состоят из пояснительной записки и графических материалов.

Варианты заданий и требования к составу, объему и оформлению курсовой работы и РГР выдаются преподавателем индивидуально каждому студенту. Методические рекомендации по выполнению работ приведены в 3-м разделе учебного пособия.

1.4. Методические рекомендации (материалы) преподавателю

При преподавании дисциплины желательно придерживаться последовательности изучения разделов и тем дисциплины, представленных пособием.

Первоначально необходимо изложить теоретический материал на лекции. Указать студентам, какие вопросы нужно проработать самостоятельно. При проведении практических и лабораторных занятий необходимо опираться на уже изученный теоретический материал.

В начале лекции можно выделить несколько минут на повторение материала предыдущей лекции для установления логической связи. Контроль выполнения самостоятельной работы студентов осуществляется в начале каждого практического занятия.

В учебном процессе нужно использовать имеющееся демонстрационное оборудование, плакаты, электронные обучающие материалы. Для оценки промежуточных знаний и самоконтроля студентов разработан комплект тестовых заданий по дисциплине, который используется при промежуточной аттестации студентов и допуске к экзамену.

1.5. Методические рекомендации студентам

Изучение студентами разделов и тем дисциплины производится в последовательности, изложенной в оглавлении пособия. Студенты участвуют во всех видах учебной работы: лекциях, практических и лабораторных занятиях, часть материала изучается студентами самостоятельно.

При самостоятельной подготовке необходимо руководствоваться рекомендациями преподавателя, основной и дополнительной литературой, методическими указаниями, примерами решения задач, контрольными вопросами и заданиями.

При изучении теоретического курса необходимо совмещать работу на лекциях с самостоятельным изучением теоретического материала, решением тестовых и практических заданий.

Вопросы итогового контроля по дисциплине приведены в приложении Ц.

2. УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Раздел 1. Основы гидравлики

Основные термины и понятия

Гидравлика; гидравлический уклон; гидродинамика; гидростатика; жидкость; ламинарный режим движения жидкости; местные потери напора; потери напора по длине; турбулентный режим движения жидкости; уравнение Бернулли; уравнение неразрывности; число Рейнольдса.

Основные обозначения

ρ – плотность жидкости, кг/м^3 .
 μ – коэффициент динамической вязкости, $\text{кг/с}\cdot\text{м}$, $\text{Па}\cdot\text{с}$.
 ν – коэффициент кинематической вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$.
 γ – удельный (единичный) вес жидкости, Н/м^3 .
 ω – площадь сечения, м^2 .
 P – давление, кгс/см^2 .
 $P_{\text{вак}}$ – вакуумметрическое давление, кгс/см^2 , Па .
 $P_{\text{изб}}$ – избыточное давление, кгс/см^2 , Па .
 $P_{\text{абс}}$ – абсолютное давление, кгс/см^2 , Па .
 $P_{\text{ат}}$ – атмосферное давление, кгс/см^2 , Па .
 $h_{\text{тр}}$ – общие потери напора в трубопроводе, м.
 $h_{\text{дл}}$ – потери напора по длине, м.
 $h_{\text{м}}$ – потери напор на местные сопротивления, м.
 Q – расход жидкости, л/с.
 k – абсолютная внутренняя шероховатость труб (средняя высота выступов шероховатости).
 λ – коэффициент гидравлического трения.
 $\zeta_{\text{м}}$ – безразмерный коэффициент местного сопротивления.
 Re – число Рейнольдса.
 v – скорость движения жидкости, м/с.
 d – диаметр трубы, м.

Глоссарий к разделу

Абсолютная шероховатость – средняя высота выступов (бугров) шероховатости.

Атмосферное давление – давление атмосферного воздуха на находящихся в них предметах и на земную поверхность.

Безнапорное движение – движение жидкости, при котором поток имеет свободную поверхность, а давление атмосферное.

Вакуумметрическое давление, или вакуум, – недостаток давления до атмосферного (дефицит давления), т. е. разность между атмосферным или барометрическим и абсолютным давлением.

Вязкость – свойство жидкости оказывать сопротивление относительному движению (сдвигу) частиц жидкости. Характеристиками вязкости являются: динамический коэффициент вязкости μ и кинематический коэффициент вязкости ν .

Гидравлика – прикладная техническая наука, изучающая законы равновесия и движения капельных жидкостей.

Гидравлический диаметр – размерная величина, равная учетверенному гидравлическому радиусу.

Гидравлический радиус – размерная величина, равная отношению площади живого сечения к смоченному периметру.

Гидравлический удар – явление резкого изменения давления в напорном трубопроводе при внезапном изменении скорости движения жидкости, связанном с быстрым закрытием или открытием задвижки, крана, клапана и т. п., быстрым остановом или пуском гидродвигателя или насоса. В указанных случаях при уменьшении или увеличении скорости движения жидкости давление перед запорным устройством соответственно резко увеличивается (**положительный гидравлический удар**) или уменьшается (**отрицательный гидравлический удар**). Это изменение давления распространяется по всей длине трубопровода с большой скоростью, называемой скоростью распространения ударной волны.

Гидравлический уклон – потери напора, отнесенные к единице длины между рассматриваемыми сечениями.

Гидродинамика – раздел гидравлики, изучающий закономерности движения любых жидкостей и газов.

Гидростатика – раздел гидравлики, в котором изучаются законы равновесия жидкостей.

Давление – физическая величина, характеризующая интенсивность нормальных (перпендикулярных сил) сил, с которыми одно тело действует на поверхность другого.

Давление насыщенных паров или давление парообразования $p_{н.п}$ – давление, при котором жидкость закипает при данной температуре. Величина давления зависит от рода жидкости и ее температуры.

Динамика жидкости – раздел гидромеханики, который изучает законы движения жидкостей в зависимости от приложенных к ним сил.

Длинный трубопровод – трубопровод, у которого потери напора по длине значительно больше местных потерь, поэтому последние не вычисляют. Суммарные местные потери напора учитывают, увеличивая полученные значения $h_{дл}$ на 5 – 10%.

Живое сечение потока – поверхность в пределах потока жидкости, перпендикулярная в каждой своей точке к вектору соответствующей местной скорости в этой точке. При плавно изменяющемся движении жидкости живое сечение представляет плоскость, перпендикулярную к направлению движения.

Жидкость – непрерывная среда, обладающая свойством текучести, т. е. способная неограниченно изменять свою форму под действием сколь угодно малых сил, но в отличие от газа мало изменяющая свою плотность при изменении давления.

Избыточное давление – разность между абсолютным давлением и атмосферным давлением.

Идеальная жидкость – воображаемая жидкость, не имеющая вязкости и теплопроводности.

Испарение – парообразование, происходящее лишь на поверхности капельной жидкости.

Капиллярность – свойство жидкости подниматься или опускаться в трубках малого диаметра под действием сил поверхностного натяжения.

Кинематика жидкости – раздел гидромеханики, в котором изучаются виды и кинематические характеристики движений жидкости, но не рассматриваются силы, под действием которых происходит движение.

Кипение – парообразование по всему объему жидкости. Оно происходит при определенной температуре, зависящей от давления.

Короткий трубопровод – трубопровод, в котором потери напора по длине и местные потери напора сопоставимы по значению.

Критическая скорость – скорость потока, при которой происходит смена режима движения.

Ламинарный режим движения жидкости – жидкость движется слоями без поперечного перемешивания, причем пульсации скорости и давления отсутствуют.

Линия тока – кривая, в каждой точке которой в данный момент времени вектор мгновенной местной скорости направлен по касательной.

Местные потери напора – потери напора, которые возникают на коротких участках при прохождении жидкости через конструктивные элементы. При этом происходит отрыв потока от стенок, образуются циркуляционные или водоворотные зоны, усиливаются пульсации скоростей.

Напорное движение – движение жидкости в закрытом русле, при котором поток не имеет свободной поверхности, а давление отличается от атмосферного.

Неустановившееся движение жидкости – движение, при котором параметры жидкости (давление, скорость, а иногда и плотность) в каждой точке потока зависят не только от координат, но и от времени.

Парообразование – свойство капельных жидкостей изменять свое агрегатное состояние на газообразное.

Поверхностью равного давления – поверхность, во всех точках которой давление одинаково.

Потери напора – потери, затрачиваемые на преодоление сопротивлений движению вязкой жидкости (*гидравлических сопротивлений*).

Потери напора по длине – потери, вызванные сопротивлениями по длине трубопровода силам трения.

Простой трубопровод – трубопровод, не имеющий ответвлений, состоящий из труб одинакового диаметра, выполненных из одинакового материала.

Пьезометрическая высота – высота столба жидкости в пьезометре, подключенном к рассматриваемому живому сечению струйки.

Равномерное движение – установившееся движение жидкости, при котором скорости частиц в соответствующих точках живых сечений, а также средние скорости не изменяются вдоль потока. При неравномерном движении скорость частиц в соответствующих точках живых сечений и средние скорости изменяются вдоль потока.

Расход – количество жидкости, протекающей через живое сечение потока в единицу времени. Расход может измеряться в единицах объема, веса или массы. Соответственно различают расходы: объемный, весовой и массовый.

Сжимаемость – свойство жидкости изменять свой объем под действием давления.

Смоченный периметр – длина линии, по которой живое сечение потока соприкасается с ограничивающими его стенками.

Температурное расширение жидкостей количественно характеризуется коэффициентом температурного расширения β_t , представляющим относительное изменение объема V_0 при изменении температуры t на 1°C .

Трубка тока – поверхность, образованная линиями тока, проведенными в данный момент времени через все точки замкнутого контура, нормального к линиям тока и находящегося в области движения жидкости.

Турбулентный режим движения жидкости – слоистость нарушается, движение жидкости сопровождается перемешиванием и пульсациями скорости и давления. Критерием для определения режима движения является безразмерное число Рейнольдса.

Удельный вес – вес единицы объема вещества.

Удельный объем – объем, занимаемый единицей массы жидкости.

Уравнение Бернулли – связывает скорость и давление в потоке идеальной несжимаемой жидкости при установившемся течении. Уравнение выражает закон сохранения энергии движущейся жидкости.

Уравнение неразрывности – отражает свойства несжимаемости и неразрывности, другими словами, сплошности движущейся жидкости.

Установившееся движение жидкости – когда характеристики (скорость, давление и др.) движения во всех точках рассматриваемого пространства не изменяются с течением времени.

Число Рейнольдса – безразмерная величина, являющаяся одной из основных характеристик течения вязкой жидкости и равная отношению сил инерции к силам вязкости.

Методические рекомендации для студента по изучению раздела

Цель: формирование знаний об основных законах и понятиях гидравлики.

Учебные вопросы:

Общие сведения. Жидкости и их основные физические свойства. Основы гидростатики. Основные понятия гидродинамики. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли. Потери напора. Гидравлические расчеты длинных трубопроводов. Истечение жидкости, гидравлические струи.

Изучив раздел, студент должен:

иметь представление:

- об основных физических свойствах жидкостей и газов;
- о положениях статики, кинематики и динамики жидкости и газа, составляющих основу расчета гидротехнических систем и инженерных сетей и сооружений;

знать:

- как определять давление в жидкости;
- силы гидростатического давления на твердые поверхности;
- как выполнять гидравлический расчет простых и сложных трубопроводов;
- как определять расход, среднюю скорость, давление в потоке жидкости при выполнении практических работ;

владеть навыками:

- гидравлического расчета простых и сложных трубопроводов;
- определения расходов и средней скорости.

При освоении темы необходимо:

- изучить раздел 1 из учебного пособия, а также материал по данному разделу из источников, указанных в библиографии;
- акцентировать внимание на особенностях гидравлического расчета трубопроводов, определения расхода и средней скорости;
- выполнить тесты к разделу 1;
- решить задачи к разделу 1;
- ответить на вопросы для самоконтроля.

1.1. Определение науки «Гидравлика»

При решении различных задач часто приходится встречаться с вопросами о движении различных жидкостей, а также с вопросами о силовом (механическом) воздействии жидкости на те или другие поверхности и на обтекаемые ею твердые тела.

Исследование этих вопросов постепенно привело к созданию обширной науки, которую следует называть «*Гидравлика*». Слово «гидравлика» произошло от слияния двух греческих слов, из которых первое означает «вода», а второе – «труба». По-видимому, ранее считалось, что гидравлика должна заниматься изучением движения именно воды и именно в трубах.

Однако в настоящее время термин «гидравлика» получил более широкое значение.

Гидравлика – прикладная техническая наука, изучающая законы равновесия и движения капельных жидкостей. Знание гидравлики необходимо для инженерных расчетов при проектировании гидротехнических сетей и сооружений, таких как плотины, мосты, каналы, отстойники, системы водоснабжения и канализации, осушения и орошения, при конструировании фильтров, трубопроводов, турбин, насосов и других гидравлических машин.

Гидравлика широко использует теоретические достижения *гидродинамики*, которая разрабатывает физико-математическую теорию движения и равновесия любых жидкостей и газов. Однако решение ряда задач гидравлики, выдвинутых практикой, получено экспериментальным путем в форме эмпирических зависимостей. Такие зависимости, пройдя проверку временем и получив теоретическое обоснование, широко используются в современной гидравлике.

Гидравлика является научной основой при изучении гидросистем, гидроприводов горных машин и комплексов, насосных, вентиляторных и компрессорных установок, рудничной аэрологии, вентиляции и дегазации шахт, обогащения полезных ископаемых, гидрмеханизации горных работ, гидрогеологии, гидротехники, мостостроения, водного транспорта и т. д.

Гидравлика – очень древняя наука. Так, закон о давлении жидкости на погруженное в нее тело был установлен Архимедом примерно 250 лет до н. э. Особое развитие гидравлика получила в средние века благодаря трудам Леонардо да Винчи (1452 – 1519 гг.), Г. Галилея (1564 – 1642 гг.), Э. Торричелли (1608 – 1647 гг.), Б. Паскаля (1623 – 1662 гг.), И. Ньютона (1642 – 1726 гг.). Позднее их труды развились в стройную теорию основных законов движения жидкости в трудах российских ученых Даниила Бернулли (1700 – 1782 гг.) и Леонарда Эйлера (1707 – 1783 гг.). После них наиболее интересные исследования проводили А. Шези, Д. Вентури, Дарси, Вейсбах, П. Базен и О. Рейнольдс. С конца XIX в. По настоящее время научно-техническая революция привела к широкому развитию гидравлики. Широко известны работы русских ученых, таких как И. С. Громека, Н. П. Петров, Н. Е. Жуковский, Н. Н. Павловский, А. Н. Колмогоров, М. А. Великанов и многие другие.

1.2. Жидкости и их основные физические свойства

В физике различают три агрегатных состояния тел, имеющих молекулярное строение: твердое, жидкое и газообразное. Молекулы твердых тел могут осуществлять тепловое движение в виде колебаний относительно стабильных центров. В жидкости это движение осуществляется в виде колебаний относительно мгновенных центров и скачкообразных переходов от одного центра к другому. Тепловое движение молекул газа – непрерывная скачкообразная перемена мест. Вследствие этого у жидкостей и газов имеется общее свойство – *текучесть*. Поэтому зачастую под *жидкостью* понимают все текучее, в том

числе и газы (в отличие от *капельной жидкости*). В газах молекулы располагаются далеко друг от друга, поэтому в них мало проявляются силы межмолекулярного взаимодействия, вследствие чего газы в отличие от твердых тел и капельной жидкости малосжимаемы.

Гидравлика занимается процессами макроскопического характера, вследствие этого жидкость рассматривается как *сплошная среда*. Это значит, что всякий малый элемент объема жидкости считается все же настолько большим, что все равно содержит большое количество молекул. Этот объем будет являться малым по сравнению с изучаемым объемом тела, но очень большим, по сравнению с межмолекулярными расстояниями. В аналогичном смысле надо понимать и понятия «*жидкая частица*» и «*точка жидкости*». Если мы говорим о смещении жидкой частицы, то говорим о смещении целого элемента объема жидкости, который содержит много молекул, но рассматривается в гидравлике как точка. Таким образом, в жидкости нет пустот и разрывов, что позволяет ввести в гидравлику математический аппарат дифференциальных уравнений. Так, математическое описание состояния жидкости осуществляется с помощью уравнений функций (в том числе в дифференциальных), определяющих распределение скорости жидкости $\vec{v} = \vec{v}(x, y, z, t)$ в пространстве и каких-либо ее двух термодинамических величин, чаще всего давления $p = p(x, y, z, t)$ и плотности $\rho = \rho(x, y, z, t)$.

Плотность жидкости ρ характеризует распределение массы жидкости m по объему V . В произвольной точке А плотность выразится по формуле

$$\rho_A = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V}. \quad (1.1)$$

Плотность однородной жидкости (определяется ареометром)

$$\rho = \frac{m}{V}, \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] \quad (1.2)$$

Удельный (единичный) вес жидкости – это вес единицы объема жидкости

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g, \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}^3} \right] \quad (1.3)$$

где g – ускорение свободного падения (обычно принимают $9,81 \text{ м/с}^2$).

Удельный объем – это объем, занимаемый единицей массы жидкости

$$V_{\text{ед.}} = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}. \quad (1.4)$$

Под действием давления p жидкость хоть и не значительно, но уменьшает свой объем. Это свойство жидкости называется *сжимаемость*. В ряде некоторых гидравлических инженерных задач приходится учитывать это изменение и для этого используется коэффициент объемного сжатия

$$\beta_V = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp} \text{ или } \beta_V = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dp}, [\text{Па}^{-1}] \quad (1.5)$$

Знак минус в первой формуле характеризует тот факт, что при увеличении давления объем жидкости уменьшается.

Обратную величину коэффициента объемного сжатия β_V называют *модулем упругости*

$$E_0 = \frac{1}{\beta_V}. \quad (1.6)$$

Через модуль упругости вводится **закон Гука** для жидкости

$$E_0 = \rho \frac{dp}{d\rho}. \quad (1.7)$$

При изменении температуры жидкость также изменяет свой объем. Это свойство называется **температурным расширением** и характеризуется **температурным коэффициентом объемного расширения**, показывающего относительное изменение объема жидкости при изменении ее температуры на 1 °С:

$$\beta_t = \frac{1}{V} \frac{dV}{dt} [^{\circ}\text{C}^{-1}] \quad (1.8)$$

Таким образом, плотность жидкости зависит от давления и температуры $\rho = f(p, t)$. У различных жидкостей с уменьшением температуры плотность, как правило, возрастает. Однако для воды наибольшая плотность наблюдается при 4 °С. Отметим, что при замерзании вода увеличивает свой объем примерно на 10%.

Силы, действующие в жидкости, делятся на две группы: **массовые** и **поверхностные**. Отметим, что эта классификация сил условна, потому что механика Ньютона знает лишь силы, приложенные к массам, сосредоточенным в некоторых объемах. Эти силы называют **массовыми**, или **объемными**. Однако в случае, когда сила действует в очень тонком слое жидкости, то можно без большой погрешности свести этот слой в материальную поверхность. В этом случае сила будет действовать на элементы этой поверхности.

Если жидкость рассматривается как сплошная среда, то рассматривают не сами силы, как это делается в динамике дискретных систем, а их плотности распределения в пространстве.

Массовые (объемные) силы действуют на каждую жидкую частицу с некоторой массой. К ним относятся сила тяжести, силы инерции, электромагнитные силы, гравитационные силы (например, влияние Солнца или Луны). Плотность распределения объемной силы $\vec{F}$ в точке А жидкой среды представляет собой предел отношения главного вектора сил $\Delta \vec{F}$ к точкам малого объема ΔV , содержащего массу $\Delta M = \rho \Delta V$

$$\vec{F}_A = \lim_{\Delta M \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta M} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{F}}{\rho \Delta V} = \frac{1}{\rho} \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{F}}{\Delta V}. \quad (1.9)$$

Поверхностными называют силы, действующие на каждый элемент поверхности, как ограничивающей жидкость, так и проведенной произвольно внутри жидкости. К ним относятся нормальные к поверхности силы давления $\vec{p}$ и касательные к поверхности силы трения $\vec{T}$. Плотность распределения нормальных сил

$$\vec{p}_A = \lim_{\Delta \omega \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta \omega} \quad (1.10)$$

называется **нормальным напряжением** (в точке А), где $\Delta \omega$ – элементарная площадка, содержащая точку А; $\Delta \vec{p}$ – сила, действующая на площадку $\Delta \omega$. Плотность распределения касательных сил называется **касательным напряжением**.

$$\vec{\tau}_A = \lim_{\Delta \omega \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{T}}{\Delta \omega} \quad (1.11)$$

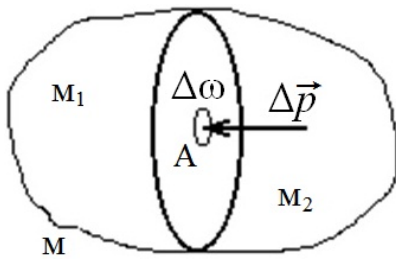


Рис. 1.1. Напряжения
нормальное и касательное

Рассмотрим массу M жидкости, находящуюся в состоянии покоя (рис. 1.1). Мысленно разрежем объем, занимаемый жидкостью, произвольной плоскостью ω на две части. Если отбросить одну из частей объема, то для сохранения равновесия оставшейся части нужно приложить силу, распределенную по плоскости разреза ω , эквивалентную действию отброшенной части. Напряжение этой силы в произвольной точке A площади ω определяется соотношением (1.10). Сила $\Delta \vec{P}$ и напряжение $\vec{p}$ направлены по внутренней нормали к площадке $\Delta \omega$, так как в противном случае силу можно было бы разложить на две составляющие: нормальную

и касательную. Тогда касательная составляющая привела бы жидкость в движение, что не соответствует нашему условию покоя жидкости. Эта сила может быть только сжимающей, так как жидкость не сопротивляется растягивающим усилиям. Ввиду того, что мы взяли площадку произвольно, то нам ничто не мешает взять эту площадку другой ориентации, и все вышесказанное останется в силе, вследствие этого можно сказать, что в покоящейся жидкости значение нормального напряжения не зависит от ориентации площадки $\Delta \omega$. Это позволяет характеризовать напряженное состояние жидкости в каждой точке скалярной величиной, представляющей значение нормального напряжения в точке. Эта величина называется **гидростатическим давлением** (далее слово «гидростатическое» будет опускаться). Давление может быть различным в разных точках покоящейся жидкости, т. е. $p = f(x, y, z)$.

При движении жидкости, согласно второму началу термодинамики, обязательно происходит рассеяние, или диссипация, энергии. Если различные участки жидкости движутся с разными скоростями, то имеет место движение частей жидкости друг относительно друга. В этом случае проявляются силы **внутреннего трения** или **вязкости**, вследствие чего возникают касательные напряжения, оказывающие сопротивление сдвигу слоев жидкости. Ее численное значение можно вычислить по формуле, предложенной Ньютоном:

$$\tau = \pm \mu \frac{du}{dn}, \quad (1.12)$$

где du/dn – градиент скорости по нормали между различными слоями жидкости, μ $\left[\frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}} = \text{Па} \cdot \text{с} \right]$ – **коэффициент динамической вязкости**, зависящий от температуры и давления. Знак «+» или «-» зависит от выбора направления отсчета расстояния по нормали. Жидкости, подчиняющиеся этой формуле, называются **ньютоновскими**, или **нормальными**. Существуют **вязкопластичные жидкости**, в которых движение начнется лишь после того как внешней силой будет преодолено напряжение сдвига τ_0 . В этом случае

$$\tau = \tau_0 \pm \mu \frac{du}{dn}. \quad (1.13)$$

В гидравлических расчетах обычно используется **коэффициент кинематической вязкости**

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]. \quad (1.14)$$

Слово «кинематическая» в названии этого коэффициента отражает тот факт, что в размерности ν входят только кинематические (а не динамические) величины. Вязкость каплярных жидкостей определяется вискозиметрами.

В гидравлике часто пользуются понятием *идеальной жидкости (невязкой жидкости)*, под которой понимается жидкость, не имеющая вязкости.

Капиллярность – свойство жидкости подниматься или опускаться в трубках малого диаметра под действием сил поверхностного натяжения. Поверхностное натяжение жидкости обуславливается силами взаимного притяжения молекул поверхностного слоя, стремящихся сократить свободную поверхность жидкости. Особенно сильно поверхностное натяжение проявляется в трубках весьма малого диаметра (капиллярах). Благодаря чему жидкость в них поднимается на высоту капиллярного поднятия. Она может быть рассчитана по формуле

$$h_{\text{кан}} = \frac{2\sigma}{\rho g r}, \quad (1.15)$$

где r – радиус капилляра (трубки) (м); σ – поверхностное натяжение (Н/м).

Кроме этого, жидкости имеют другие свойства, например, такие как смазывающая способность, поверхностное натяжение, испаряемость, кавитация, растворимость и другие.

1.3. Основы гидростатики

Законы равновесия жидкостей изучает раздел гидравлики – *гидростатика*. Для покоящейся жидкости, находящейся в поле тяжести Земли, уравнение Эйлера имеет вид

$$\text{grad } p = \rho g. \quad (1.16)$$

Это уравнение равновесия жидкости в общем виде, описывающее закон распределения гидростатического давления. Перепишем ее в проекциях на оси координат, направляя ось z вертикально вверх:

$$\begin{cases} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \end{cases}. \quad (1.17)$$

Если плотность жидкости считать постоянной во всем ее объеме, то уравнение (1.17) непосредственно интегрируется:

$$p = -\rho g z + \text{const}. \quad (1.18)$$

Переписав это уравнение в виде

$$z + \frac{p}{\rho g} = \text{const}, \quad (1.19)$$

получим *основное уравнение гидростатики*, определяющее гидростатический закон распределения давления в однородной несжимаемой жидкости, покоящейся в поле тяжести Земли. Для двух точек одного и того же объема покоящейся жидкости уравнение (1.19) представляется в виде

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g}. \quad (1.20)$$

Поверхность, во всех точках которой давление одинаково, называется *поверхностью равного давления*. Если единственной массовой силой является сила тяжести, то поверхности равного давления представляют собой семейство горизонтальных

плоскостей. Действительно, из (1.16) при $p = \text{const}$ получим $dz = 0$ или $z = \text{const}$. То есть каждому значению z соответствует плоскость, в каждой точке которой давление имеет одинаковое значение. Поверхность, граничащая с газовой средой, называется **свободной поверхностью**. В данном случае она является одной из плоскостей равного давления.

Применим основное уравнение гидростатики к точкам А и В, расположенным на глубине h и свободной поверхности соответственно (рис. 1.2). Давление на свободной поверхности обозначим p_0 , его называют внешним давлением. Оно может быть равным атмосферному ($p_0 = p_{\text{ат}}$), большим ($p_0 > p_{\text{ат}}$) или меньшим ($p_0 < p_{\text{ат}}$) атмосферного. Из основного уравнения гидростатики имеем

$$z + \frac{p}{\rho g} = z_0 + \frac{p_0}{\rho g}. \quad (1.21)$$

Отсюда

$$p = p_0 + \rho g(z_0 - z), \quad (1.22)$$

где $z_0 - z = h$.

Тогда

$$p = p_0 + \rho gh. \quad (1.23)$$

Величину ρgh называют **весовым давлением**, так как она равна весу столба жидкости при единичной площади и высоте h . Давление p иногда называют **абсолютным давлением**.

Избыточным давлением называют разность

$$p_{\text{изб}} = p - p_{\text{ат}} = p_0 + \rho gh - p_{\text{ат}}. \quad (1.24)$$

В гидротехнических сооружениях, как правило, на свободной поверхности давление равно атмосферному, в этом случае избыточное и весовое давления совпадают. Если давление в жидкости меньше атмосферного, то имеет место **вакуумметрическое давление**

$$p_{\text{вак}} = p_{\text{ат}} - p. \quad (1.25)$$

Закон распределения в жидкости гидростатического давления графически представляют в виде **эпюр давления** (рис. 1.3). Они изображаются векторами, их направления и длины соответствуют направлениям и значениям давлений.

Если свободная поверхность открыта в атмосферу ($p_0 = p_{\text{ат}}$), то сила избыточного давления на горизонтальную площадку площадью ω на глубине h определяется по формуле

$$p_{\text{изб}} = \rho gh\omega. \quad (1.26)$$

Если налить жидкость в сосуды различной формы, то из этой формулы очевидно, что при равенстве p_0 , плотностей ρ , площадей основания ω и глубин h сила давления на горизонтальное дно будет одной и той же. Этот факт получил название **гидростатического парадокса**.

Из основного уравнения гидростатики вытекает **закон Паскаля**: изменение давления в любой точке покоящейся жидкости передается в остальные ее точки без изменений. Действительно, если изменить в одной точке давление на Δp_1 , не нарушая равновесия жидкости, то во второй жидкости давление должно измениться на величину Δp_2 , т. е.

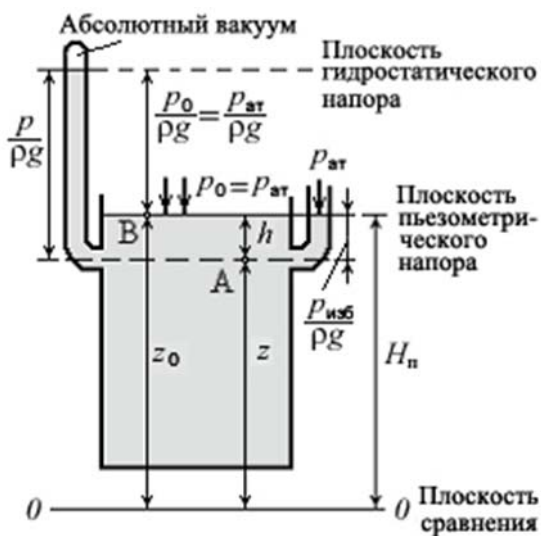


Рис. 1.2. Схема к выводу основного уравнения гидростатики

$$z_1 + \frac{p_1 + \Delta p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2 + \Delta p_2}{\rho g}. \quad (1.27)$$

Отсюда следует, что $\Delta p_1 = \Delta p_2$.

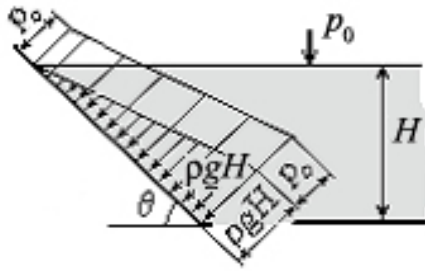


Рис. 1.3. Эпюра давления

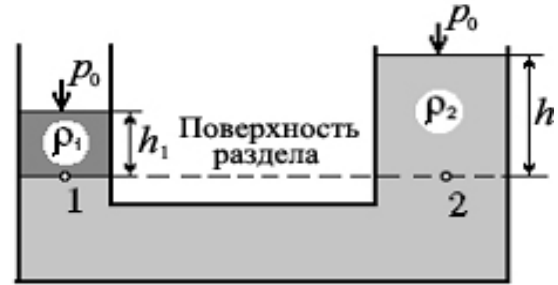


Рис. 1.4. Открытые сообщающиеся сосуды

Пусть имеется два открытых сообщающихся сосуда, содержащих жидкости с различными плотностями ρ_1 и ρ_2 (рис. 1.4). Внешнее давление на их свободных поверхностях одинаково. Поверхность раздела жидкостей является поверхностью равного давления, представляющую собой горизонтальную плоскость. Следовательно, $\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$. Тогда

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}. \quad (1.28)$$

То есть в этом случае высоты уровней над плоскостью раздела жидкостей будут обратно пропорциональны плотностям жидкостей.

1.4. Основные понятия гидродинамики

Гидродинамика – раздел гидравлики, изучающий закономерности движения любых жидкостей и газов.

Кинематика жидкости – раздел гидромеханики, в котором изучаются виды и кинематические характеристики движений жидкости, но не рассматриваются силы, под действием которых происходит движение.

Динамика жидкости – раздел гидромеханики, который изучает законы движения жидкости в зависимости от приложенных к ним сил.

Существуют два способа описания движения жидкости: Лагранжа и Эйлера.

В гидравлике способ Эйлера является основным, так как при решении большинства инженерных задач необходимо знать скорости прохождения частиц жидкости через определенные сечения потоков или элементов гидротехнических конструкций. Отметим также, что этот способ значительно облегчает теоретические выкладки и экспериментальные исследования.

В способе Эйлера движение жидкости описывается функциями, выражающими изменения скоростей в точках некоторой неподвижной области, выбранной в пределах потока. В данный момент времени в каждой точке этой области, определяемой координатами x, y, z , будет находиться жидкая частица, которая имеет скорость $\vec{u}$. Эта скорость называется **мгновенной местной скоростью**. Совокупность этих скоростей представляет собой векторное поле, которое называется **полем скоростей**.

Поле скоростей может быть охарактеризовано линиями тока. **Линия тока** – кривая, в каждой точке которой в данный момент времени вектор мгновенной местной скорости

направлен по касательной. Для данного момента времени линии тока выражаются следующими дифференциальными уравнениями:

$$\frac{dx}{u_x(x, y, z, t)} = \frac{dy}{u_y(x, y, z, t)} = \frac{dz}{u_z(x, y, z, t)}. \quad (1.29)$$

Здесь t рассматривается как параметр, имеющий заданное значение. Задаваясь различными значениями t , можно определить линии тока для различных моментов времени.

По характеру изменения поля скоростей во времени движения жидкости могут описываться как установившееся и не установившееся.

Неустановившееся (или **нестационарное**) движение – это такое, при котором в точках области движения жидкости местные скорости изменяются с течением времени. В этом случае линии тока соответствуют только мгновенному состоянию поля скоростей. При этом линии тока в общем случае изменяются и не совпадают с траекторией частиц. Однако возможен такой случай нестационарного движения, когда направления скоростей не изменяются, а изменяются только значения скоростей в точках, тогда линии тока во времени не изменяются и совпадают с траекторией частиц жидкости.

Установившееся (или **стационарное**) движение жидкости – это движение, при котором в каждой области движения жидкости местные скорости во времени не изменяются. При установившемся движении линии тока и траектории движения частиц совпадают.

Установившееся движение потока подразделяется на равномерное и неравномерное.

Равномерное движение характеризуется параллельностью и прямолинейностью линий тока. Размеры и форма живых сечений и средние скорости по длине потока не изменяются. Местные скорости в соответствующих точках всех живых сечений по длине потока также одинаковы. Ускорения равны нулю.

Неравномерное движение характеризуется тем, что линии тока не представлены параллельными прямыми. Площади живых сечений и средние скорости могут быть переменными по длине потока. Неравномерное движение может быть ускоренным или замедленным.

Неустановившееся движение подразделяют на быстроизменяющееся и медленноизменяющееся, в этом случае говорят о квазиустановившемся или квазистационарном движении (*квази – якобы, почти, лат.*).

Трубка тока – поверхность, образованная линиями тока, проведенными в данный момент времени через все точки замкнутого контура, нормального к линиям тока и находящегося в области движения жидкости. Жидкость, движущаяся внутри трубки тока, образует **струйку тока**. Если контур трубки тока ограничивает бесконечно малую площадку, то струйка называется **элементарной**. Если контур ограничивает конечную площадку, то струйка называется **конечной**. От понятия об элементарной и конечной струйках жидкости вытекает понятие потока жидкости как совокупности струек, при этом **потоки жидкости** всегда ограничены направляющими твердыми поверхностями, поверхностями раздела жидкостей или свободными поверхностями. В зависимости от характера и сочетания ограничивающих поток поверхностей потоки классифицируются как безнапорные, напорные и гидравлические струи.

Безнапорные потоки ограничены частично твердой, частично свободной поверхностью. Примером таких потоков может служить поток в реке или канале, поток в трубе, сечение которой не полностью заполнено жидкостью.

Напорные потоки ограничены твердыми поверхностями, например поток в трубе, все сечение которой заполнено движущейся жидкостью и стенки трубы испытывают давление со стороны потока, отличающееся от давления окружающей среды (в этом случае говорят, что труба работает полным сечением под напором).

Гидравлические струи ограничены только жидкостью или газовой средой, например вода, вытекающая из шланга в атмосферу.

Живым сечением струйки называется сечение, нормальное в каждой своей точке к линиям тока. Обозначим площадь живого сечения элементарной струйки через $d\omega$, а конечной струйки и потока – ω .

В силу малости живого сечения элементарной струйки местные скорости жидкости в его пределах можно считать одинаковыми; для конечных струек и потоков равномерность распределения значений скоростей в пределах живого сечения в общем случае не выполняется. Скорости и площади живых сечений по длине струйки могут изменяться. Частицы жидкости не выходят из струйки и не входят в нее через боковую поверхность, так как данная поверхность образована линиями тока. При установившемся движении форма струйки остается неизменной, и можно говорить, что струйка существует физически. При неустановившемся движении в связи с изменениями поля скоростей во времени струйки являются только мгновенными, так как трубки тока непрерывно изменяются.

Расходом Q струйки называется объемное количество жидкости, которое проходит через данное живое сечение в единицу времени $[м^3/с]$. Расход элементарной струйки с равномерным распределением скоростей

$$dQ = u d\omega. \quad (1.30)$$

Для конечной струйки и потока вводится понятие **средней по живому сечению скорости**

$$v = \frac{Q}{\omega}. \quad (1.31)$$

Следовательно, **расход конечной струйки и потока** будет определяться по формуле

$$Q = v\omega. \quad (1.32)$$

С другой стороны, расход потока равен сумме расходов элементарных струек, составляющих поток:

$$Q = \int_{\omega} dQ = \int_{\omega} u d\omega. \quad (1.33)$$

А площадь живого сечения потока равна сумме площадей $d\omega$ живых сечений струек:

$$\omega = \int_{\omega} d\omega. \quad (1.34)$$

Смоченный периметр представляет собой длину линии, по которой жидкость в живом сечении соприкасается с твердыми поверхностями, ограничивающими поток, обозначается буквой χ .

Гидравлическим радиусом называется отношение площади живого сечения к смоченному периметру в этом сечении:

$$R = \frac{\omega}{\chi}. \quad (1.35)$$

1.5. Уравнение неразрывности

Одним из основных уравнений гидродинамики является уравнение неразрывности, выражающее закон сохранения вещества. Рассмотрим некоторый конечный объем V , выделенный в пространстве, где течет жидкость. Масса жидкости в этом объеме в данный момент времени

$$\int_V \rho dV. \quad (1.36)$$

Интегрирование производится по объему V . За единицу времени масса жидкости в объеме изменится на величину

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho dV. \quad (1.37)$$

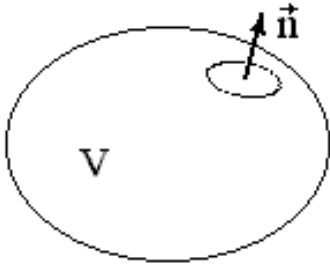


Рис. 1.5. К уравнению неразрывности

Эта величина будет отрицательной, если в объеме количество жидкости уменьшится, и положительной, если увеличится.

Выделим на поверхности, ограничивающей объем V , некоторую единичную площадку, через которую проходит нормаль $\vec{n}$, направленная во внешнюю сторону (рис. 1.5). Тогда в единицу времени через эту площадку будет протекать количество жидкости $\rho \vec{u} d\vec{n}$. Эта величина будет положительной, если жидкость вытекает из объема, и отрицательной, если жидкость втекает в него. Интегрируя по всей замкнутой поверхности σ , охватывающей объем V , получим изменение количества жидкости за единицу времени

$$\int_{\sigma} \rho \vec{u} d\vec{n}. \quad (1.38)$$

Интеграл по поверхности преобразуем в интеграл по объему по выражению Остроградского-Гаусса:

$$\int_{\sigma} \rho \vec{u} d\vec{n} = \int_V \left(\frac{\partial(\rho u_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho u_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho u_z)}{\partial z} \right) dV. \quad (1.39)$$

Приравнявая оба выражения, получим:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho dV = - \int_V \text{div}(\rho \vec{u}) dV, \quad (1.40)$$

где $\text{div}(\rho \vec{u}) = \frac{\partial(\rho u_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho u_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho u_z)}{\partial z}$, читается дивергенция $\rho \vec{u}$.

Таким образом,

$$\int_V \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{u}) \right) dV = 0. \quad (1.41)$$

Так как это выражение должно быть верным для любого объема V , то примем подынтегральное выражение равным нулю:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{u}) = 0. \quad (1.42)$$

Это **уравнение неразрывности**, выражающее закон сохранения вещества.

В случае, если жидкость несжимаемая ($\rho = \text{const}$), то уравнение неразрывности переписывается в виде

$$\text{div} \vec{u} = 0. \quad (1.43)$$

Для потока несжимаемой (капельной) жидкости в данный момент времени расход по длине потока не изменяется, и уравнение неразрывности имеет вид

$$Q = v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2 = \dots = v_i \omega_i. \quad (1.44)$$

При установившемся движении расход жидкости не изменяется как во времени, так и по длине, т. е. $Q = \text{const}$.

1.6. Уравнение Бернулли

Напишем уравнение Бернулли для установившегося движения идеальной жидкости в двух различных сечениях вдоль линии тока

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g}. \quad (1.45)$$

Поскольку все члены уравнения имеют линейную размерность, их можно интерпретировать как высоты (рис. 1.6): z – **геометрическая высота**, или высота положения; $p/\rho g$ – высота, соответствующая давлению; $u^2/2g$ – скоростная высота. Отложив все эти высоты от **плоскости сравнения** $0-0$, получим **напорную линию**. Линия, соответствующая сумме высот $z + p/\rho g$, называется **пьезометрической**. Падение пьезометрической линии на единицу длины называется **пьезометрическим уклоном** i_p .

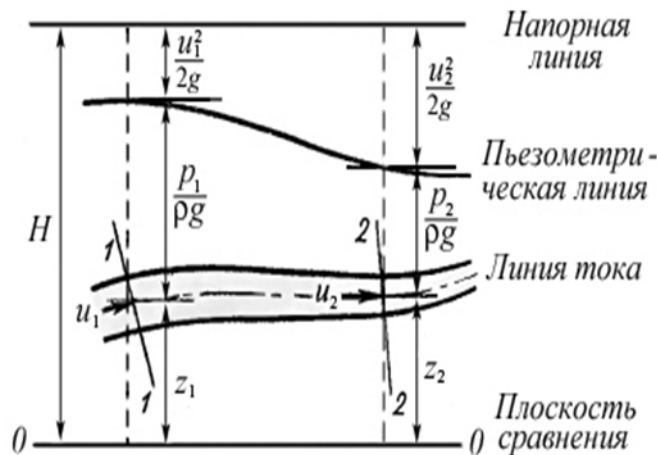


Рис. 1.6. Схема к выводу уравнения Бернулли

Каждый член уравнения Бернулли интерпретируется с энергетической точки зрения. Примем плоскость сравнения за плоскость нулевой потенциальной энергии, тогда масса жидкости m на высоте z будет иметь потенциальную энергию mgz . Следовательно, $z = mgz/mg$ выражает потенциальную энергию, отнесенную к единице веса, называемую удельной потенциальной энергией положения.

Величине $p/\rho g$ также придается энергетический смысл. Рассмотрим элементарную струйку с площадью живого сечения $d\omega$, на это сечение действует сила давления $p d\omega$, и жидкость имеет скорость u . Жидкие частицы, расположенные в данном сечении, за время dt переместятся на расстояние $u dt$, и сила давления произведет работу на этом пути, которая равна $p d\omega u dt$. Тогда $\frac{p}{\rho g} = \frac{p d\omega u dt}{\rho g d\omega u dt}$, т. е. второй член уравнения Бернулли представляет собой работу силы давления, отнесенной к единице веса жидкости.

Масса жидкости m при движении со скоростью u имеет кинетическую энергию $E_k = mu^2/2$. Удельная кинетическая энергия (т. е. отнесенная к единице веса — E_k/mg) будет $u^2/2g$.

Сумма всех членов уравнения Бернулли представляет собой **полную удельную энергию жидкости в сечении потока**, для которой в гидравлике используется термин «**напор**», обозначаемый буквой H (см. рис. 1.6).

В случае вязкой жидкости часть энергии уйдет на преодоление сил вязкости и превращается из механической в тепловую, таким образом, происходит диссипация энергии. Уравнение (1.45) переписывается в виде

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + h_{\text{тр}}. \quad (1.46)$$

Итак, на участке между сечениями 1-1 и 2-2 происходит потеря напора (потеря удельной энергии) $h_{\text{тр}}$.

Последнее уравнение является основой, от которой переходят к уравнению Бернулли для потока. Для этого целесообразно перейти от местных скоростей к средней скорости потока в живом сечении, потому что вычисление удельной кинетической энергии потока E_{ku} по местным скоростям u весьма затруднительно

$$E_{kv} = \frac{v^2}{2g}. \quad (1.47)$$

Однако $E_{ku} = \alpha E_{kv}$, где безразмерная величина α называется **коэффициентом кинетической энергии**, или **коэффициентом Кориолиса**. Она показывает разницу между величинами удельных кинетических энергий, вычисленных по u и v .

Многочисленные экспериментальные исследования показали, что потери энергии при движении жидкости существенно зависят от характера движущейся жидкости. Выделяют два режима движения:

- ламинарный (*ламина* – *слой*, лат.), при котором линии тока прямолинейны и устойчивы;
- турбулентный (*турбулентус* – *беспорядочный*, лат.), при котором происходят пульсационные изменения местных скоростей, приводящие к перемешиванию жидкости.

Режим движения зависит от скорости. Скорость потока, при которой происходит смена режима движения, называется **критической скоростью**.

Из опытов О. Рейнольдса (1883 г.) было показано, что для трубы критическая скорость пропорциональна кинематической вязкости и обратно пропорциональна диаметру трубы

$$v_{\text{кр}} = \frac{kv}{d}. \quad (1.48)$$

Коэффициент пропорциональности k оказался равен 2320 для различных v и d . Его называли **критическим числом Рейнольдса** и обозначают $Re_{\text{кр}}$. Для любого потока можно вычислить число Re и сравнить с $Re_{\text{кр}}$. Если $Re < Re_{\text{кр}}$, то режим ламинарный; если $Re > Re_{\text{кр}}$, то режим турбулентный.

Поскольку характерный размер живого сечения выбирается произвольно, то часто к числу Рейнольдса приписывают нижний индекс, указывающий характерную линейную величину (это обычно диаметр трубы d , гидравлический радиус R , глубина жидкости в открытом русле h)

$$Re_d = \frac{vd}{\nu}; Re_R = \frac{vR}{\nu}; Re_h = \frac{vh}{\nu}. \quad (1.49)$$

Коэффициент Кориолиса α при прямолинейном турбулентном движении в трубах принимает значения от 1,05 до 1,10; при таком же движении в земляных каналах $\alpha \approx 1,1 \div 1,25$; при прямолинейном ламинарном движении в трубах $\alpha = 2$.

В любой точке живого сечения плавно изменяющегося потока, ограниченного неподвижными границами (канал, трубопровод), значение $z + p/\rho g$ будет одинаковым. Следовательно, уравнение Бернулли для потока между двумя сечениями (установившееся движение вязкой несжимаемой жидкости) имеет вид

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_{\text{тр}}. \quad (1.50)$$

Отметим, что движение должно быть плавно изменяющимся только в сечениях, к которым применяется уравнение Бернулли. На участках между сечениями движение может быть и не плавно изменяющимся.

Падение линии удельной энергии называется **гидравлическим уклоном**

$$i = -\frac{dH}{dl} = \frac{h_{\text{тр}}}{l}. \quad (1.51)$$

При равномерном движении средняя скорость вдоль потока остается постоянной, а гидравлический уклон равен пьезометрическому: $i = i_{\text{п}}$.

Уравнение Бернулли при решении гидравлических задач удобнее применять по следующей схеме:

- 1) устанавливаются сечения, которые будут объединены уравнением Бернулли. В качестве этих сечений выбираются те, для которых известно как можно большее число гидродинамических характеристик. Если требуется найти тот или иной гидродинамический элемент для какого-либо живого сечения, то это живое сечение должно быть включено в число сечений, соединенных уравнением Бернулли;
- 2) намечается горизонтальная плоскость сравнения, причем ее строят так, чтобы z_1 или z_2 , входящие в уравнение Бернулли, обратились в нуль;
- 3) пишется уравнение Бернулли в полном виде;
- 4) устанавливаются значения отдельных слагаемых, входящих в это уравнение;
- 5) подставляются найденные выражения для отдельных слагаемых в уравнение Бернулли с соответствующими преобразованиями.

1.7. Потери напора

Для применения уравнения Бернулли необходимо численно знать потери напора $h_{\text{тр}}$, затрачиваемые на преодоление сопротивлений движению вязкой жидкости (*гидравлических сопротивлений*). Общие потери напора условно считают равными сумме потерь напора, вызываемых каждым сопротивлением:

$$h_{\text{тр}} = \sum h_{\text{дл}} + \sum h_{\text{м}}. \quad (1.52)$$

где $\sum h_{\text{дл}}$ – сумма потерь напора по длине отдельных участков трубопроводов или русла потока; $\sum h_{\text{м}}$ – сумма всех местных сопротивлений на преодоление гидравлических сопротивлений в пределах коротких участков в непосредственной близости к тем или иным местным конструктивным устройствам труб, каналов (расширение, сужение, поворот, арматура и т. п.).

Обычно потери напора выражают через скоростной напор **формулой Вейсбаха**

$$h_{\text{тр}} = \frac{\zeta v^2}{2g}, \quad (1.53)$$

где ζ – коэффициент сопротивления, показывающий, какому количеству долей скоростного напора соответствует потеря напора, затрачиваемого на преодоление данного гидравлического сопротивления.

Большинство коэффициентов сопротивления, приводимых в справочниках, найдены экспериментальным путем. Экспериментально было установлено, что общая формула для потери напора по длине имеет вид (*формула Дарси-Вейсбаха*)

$$h_{\text{дл}} = \lambda \frac{l}{4R} \frac{v^2}{2g}, \quad (1.54)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения (коэффициент Дарси); R – гидравлический радиус; l – длина участка.

Экспериментальные исследования Никурадзе, посвященные коэффициенту Дарси λ при напорном движении в трубах, свидетельствуют о наличии различных **областей сопротивления**, зависящих в общем случае от числа Рейнольдса и относительной шероховатости.

Никурадзе создавал равнозернистую шероховатость, равномерно наклеивая песчинки определенных размеров на стенку трубы. Размеры зерен песка принимались за размер выступа шероховатости Δ . В опытах были измерены потери напора и расход, вычислены средние скорости потоков и коэффициенты λ . Данные опытов Никурадзе изобразил на графике $\lg \text{Re} - \lg (100\lambda)$ (рис. 1.7). Исследования позволили выделить различные области сопротивления при напорном движении в трубах.

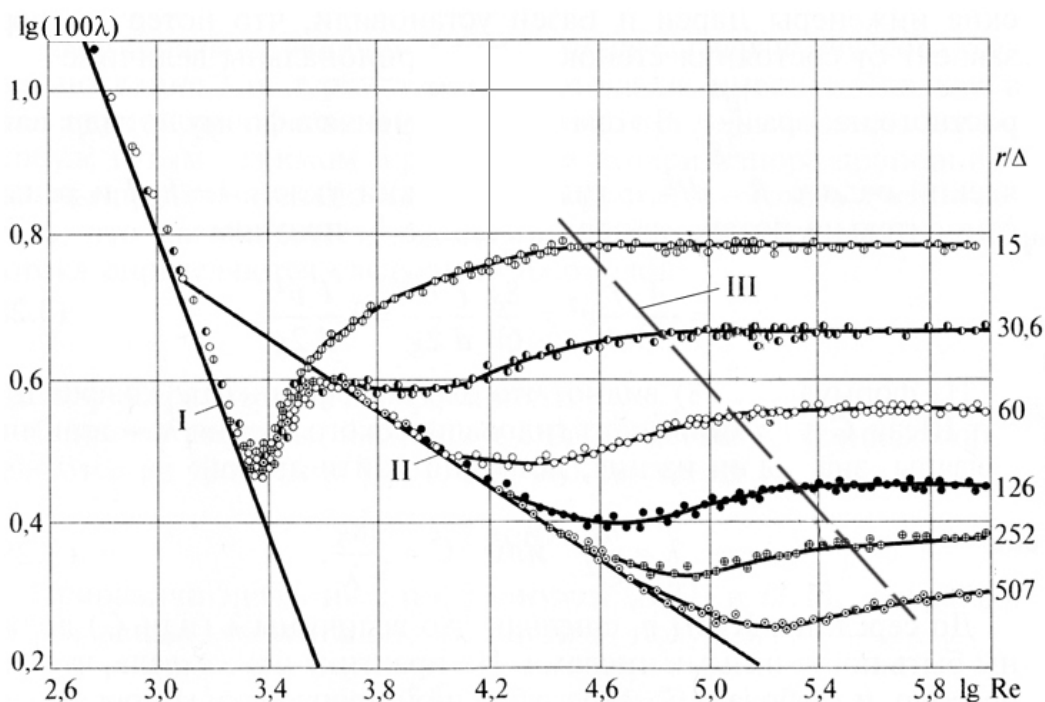


Рис. 1.7. Зависимость $\lg (100\lambda)$ от $\lg \text{Re}$ (по Никурадзе):

I – линия ламинарного движения; II – линия турбулентного движения в гидравлически гладких трубах; III – то же, во вполне шероховатых трубах

I-я область сопротивления – область ламинарного режима движения. Коэффициент λ является функцией числа Рейнольдса и определяется по формуле

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}_d} = \frac{16}{\text{Re}_R} \quad (1.55)$$

при этом потери напора пропорциональны скорости в первой степени. Экспериментальные точки, найденные при различных значениях r/Δ , ложатся на одну прямую (прямая I, рис. 1.7).

Эпюра распределения скоростей в трубах представляет собой параболу, выраженную уравнением

$$u = u_{\text{макс}}[1 - (r/r_0)^2], \quad (1.56)$$

где u – местная скорость в точке, расположенной на произвольном расстоянии r от оси трубы; r_0 – радиус трубы; $u_{\text{макс}}$ – максимальная скорость на оси трубы при $r = 0$.

Максимальная скорость на оси трубы определяется по формуле

$$u_{\text{макс}} = \frac{gi}{4\nu} r_0^2 = \frac{\gamma i}{4\mu} r_0^2, \quad (1.57)$$

где i – гидравлический уклон; ν и μ – соответственно кинематическая и динамическая вязкости.

Средняя скорость при ламинарном движении в круглой трубе равна половине максимальной скорости

$$v = 0,5u_{\text{макс}}. \quad (1.58)$$

2-я область сопротивления – область скачкообразного перехода от ламинарного к турбулентному режиму. Она соответствует небольшому диапазону чисел Рейнольдса, примерно от 3300 до 3600, или соответственно $3,3 < \lg \text{Re} < 3,6$. Эта область не имеет практического значения, поэтому не характеризуется какой-либо формулой.

3-я область сопротивления – область гидравлически гладких стенок (прямая II, см. рис. 1.7), характеризуемая условием (рис. 1.8, а):

$$\delta_{\text{л}} \gg \Delta, \quad (1.59)$$

где $\delta_{\text{л}}$ – толщина ламинарного слоя (в ее пределах жидкость движется в ламинарном режиме), расположенного в непосредственной близости от стенок трубы; Δ – средняя высота выступов шероховатости, зависящая от материала стенки и характера его обработки. Для круглых напорных труб толщина ламинарного слоя определяется по формуле

$$\delta_{\text{л}} = 30 \frac{d}{\text{Re} \sqrt{\lambda}}. \quad (1.60)$$

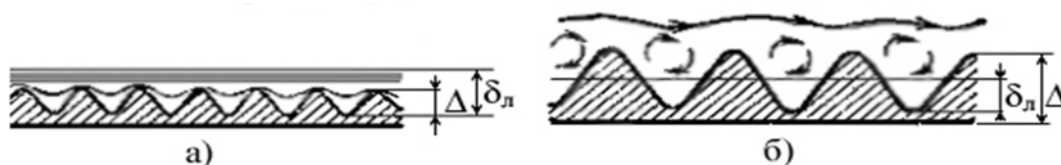


Рис. 1.8. Шероховатость труб:

а) гидравлически гладкие стенки труб; б) гидравлически шероховатые стенки труб

Если режим турбулентный, а число Рейнольдса удовлетворяет условию

$$\text{Re} \leq 27 \left(\frac{d}{\Delta} \right)^{8/7}, \quad (1.61)$$

то имеет место область гидравлически гладких труб.

Для гидравлически гладких труб коэффициент Дарси λ не зависит от шероховатости стенок, и его можно вычислить по **формуле Келлебрука**

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \lg \text{Re} - 1,52)^2} \quad (1.62)$$

или по формуле Блазиуса

$$\lambda = 0,3164 / \text{Re}^{0,25}. \quad (1.63)$$

4-я область сопротивления – переходная область сопротивления (между линиями II и III, см. рис. 1.7), характеризуемая тем, что высота выступов шероховатости Δ имеет тот же порядок, что и толщина ламинарного слоя $\delta_{\text{л}}$. То есть область перехода от гидравлически гладких к гидравлически шероховатым. В этой области λ зависит и от числа Re , и от шероховатости.

В данном случае число Re находится в интервале

$$27 \left(\frac{d}{\Delta} \right)^{8/7} < \text{Re} < 191 \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \frac{d}{\Delta}. \quad (1.64)$$

В переходной зоне сопротивления рекомендуется **формула Френкеля**

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[\frac{\Delta}{3,7d} + \left(\frac{6,81}{\text{Re}} \right)^{0,9} \right]. \quad (1.65)$$

5-я область сопротивления – квадратичная область сопротивления (правее линии III, см. рис. 7.1). Это область гидравлически шероховатых стенок (см. рис. 1.8, б), которая характеризуется условием

$$\delta_{\text{л}} \ll \Delta. \quad (1.66)$$

Число Рейнольдса для квадратичной области сопротивления должно удовлетворять условию

$$\text{Re} \geq \text{Re}_{\text{кв}} = 191 \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \frac{d}{\Delta} \quad (1.67)$$

или

$$\text{Re} \geq \text{Re}_{\text{кв}} = 21,6 C \frac{d}{\Delta}. \quad (1.68)$$

В уравнениях (1.66) и (1.67) $\text{Re}_{\text{кв}}$ – число Рейнольдса, соответствующее началу квадратичной области сопротивления; C – коэффициент Шези:

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}, \text{ м}^{0,5}/\text{с}. \quad (1.69)$$

В квадратичной области сопротивления коэффициент Дарси λ зависит от относительной гладкости R / Δ :

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \lg \frac{2AR}{\Delta} \right)^2}, \quad (1.70)$$

где R – гидравлический радиус; A – по опытам Никурадзе для равнозернистой шероховатости равна 7,4.

Часто ввиду отсутствия данных по шероховатости λ определяется через **коэффициент Шези C** :

$$\lambda = \frac{8g}{C^2}. \quad (1.71)$$

Для приближенных расчетов чугунных водопроводных труб с диаметром $d < 500$ мм можно воспользоваться **формулой Дарси**:

$$\lambda = 0,02 \left(1 + \frac{1}{40d} \right) = 0,02 + \frac{0,0005}{d}, \quad (1.72)$$

где d – диаметр, м.

В целях упрощения расчета и избежания вычисления коэффициента λ формулу (1.53) в квадратичной области сопротивления удобно представить в виде

$$h_{\text{дл}} = \frac{v^2 l}{C^2 R}. \quad (1.73)$$

Как видно из последней формулы, потери напора прямо пропорциональны скорости во второй степени, поэтому эта область и носит название квадратичной области сопротивления.

Местные потери напора h_m возникают на коротких участках при прохождении жидкости через конструктивные элементы. При этом происходит отрыв потока от стенок, образуются циркуляционные, или водоворотные, зоны, усиливаются пульсации скоростей. Местные потери напора вычисляются по формуле, которая в общем виде записывается как

$$h_m = \zeta_m \frac{v^2}{2g}, \quad (1.74)$$

где ζ_m – безразмерный коэффициент местного сопротивления. Таким образом, вычисление h_m в основном сводится к нахождению ζ_m , определяемых на основании экспериментальных данных.

Рассмотрим некоторые типичные случаи местных гидравлических сопротивлений при турбулентном напорном движении, которые обусловлены изменением поперечного сечения потока или изменением направления потока.

Внезапное расширение трубы (рис. 1.9). Напорное движение жидкости происходит в трубе, сечение которой внезапно расширяется от площади ω_1 до площади ω_2 .

При достаточно высокой скорости в узкой трубе поток в месте расширения отрывается от ограничивающих твердых стенок, образуя транзитную струю, которая постепенно расширяется и заполнит на некотором расстоянии от места расширения сечение. Между стенкой и поверхностью транзитной струи жидкость медленно вращается, образуя водоворотную область. Граница между транзитной струей и водоворотной областью является поверхностью раздела, на которой происходит интенсивное вихреобразование, она не устойчива и ее положение постоянно меняется.

Местные потери напора при внезапном расширении трубы находят по **формуле Борда**

$$h_{\text{вр}} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (1.75)$$

или по формуле

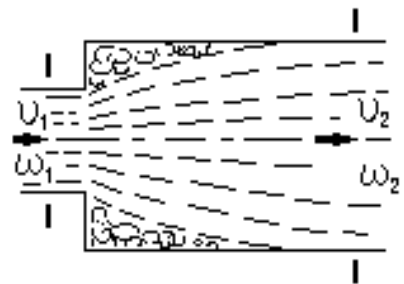


Рис. 1.9. Внезапное расширение трубы

$$h_{\text{вр}} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2 \frac{v_2^2}{2g} = \zeta_{\text{вр}} \frac{v_2^2}{2g}. \quad (1.76)$$

Так как по уравнению неразрывности $v_1\omega_1 = v_2\omega_2$, то (1.75) можно переписать в следующем виде:

$$h_{\text{вр}} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2 \frac{v_1^2}{2g} = \zeta_{\text{вр}} \frac{v_1^2}{2g}. \quad (1.77)$$

Выход из трубы в резервуар больших размеров (бак, бассейн, водохранилище и т. д.) является частным случаем внезапного расширения. В этом случае можно воспользоваться выражением для коэффициента сопротивления из формулы (1.77)

$$\zeta_{\text{вр}} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2, \quad (1.78)$$

так как ω_2 в этом случае много больше, чем ω_1 , то принимаем

$$\zeta_{\text{вых}} = 1. \quad (1.79)$$

Конический диффузор (рис. 1.10) представляет собой постепенно расширяющийся конусный участок. Местные сопротивления считаются по формуле (1.74). При этом

$$\zeta_d = k_d \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2, \quad (1.80)$$

где k_d – безразмерный коэффициент, выражающий долю потерь в диффузоре от потерь при внезапном расширении и зависящий от угла θ (табл. 1.1).

Таблица 1.1

θ°	7,5	10	15	20	30
k_d	0,14	0,16	0,27	0,43	0,81

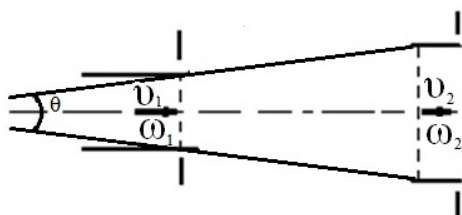


Рис. 1.10. Конический диффузор

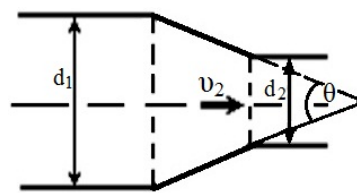


Рис. 1.11. Конический конфузор

Конический конфузор (рис. 1.11). Коэффициент $\zeta_{\text{кон}}$, отнесенный к $v_2^2/2g$, зависит от соотношения d_1/d_2 и угла θ (табл. 1.2). Опыты показывают, что при одном и том же угле конусности θ потери напора на участках расширения больше, чем на участках сужения.

Таблица 1.2

d_1/d_2	Угол				
	θ°	10	20	30	40
При $d_1/d_2 = 1,2$	$\zeta_{\text{кон}}$	0,04	0,05	0,07	0,08
При $d_1/d_2 = 2$	$\zeta_{\text{кон}}$	0,07	0,09	0,12	0,14
При $d_1/d_2 = 3$	$\zeta_{\text{кон}}$	0,08	0,10	0,14	0,17

Вход в трубу является частным случаем внезапного сужения. Если труба подсоединена перпендикулярно стенке бассейна и кромка входного отверстия острая, то $\zeta_{\text{вх}} = 0,50$; при закругленных кромках и плавном входе $\zeta_{\text{вх}} = 0,20$, а при весьма плавном входе $\zeta_{\text{вх}} = 0,05$.

Поворот трубы (колена) без закругления (рис. 1.12). Значения $\zeta_{\text{кол}}$ зависят от угла α . В таблице 1.3 приведены данные, полученные на основании опытов с трубами $d < 50$ мм.

Таблица 1.3

α°	30	40	50	60	70	80	90
$\zeta_{\text{кол}}$	0,20	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90	1,10

Поворот трубы (колена) с закруглением (рис. 1.13). Значения $\zeta_{\text{зак}}$ для $\alpha = 90^\circ$ представлены в таблице 1.4.

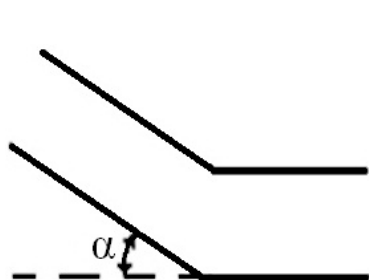


Рис. 1.12. Поворот трубы без закругления

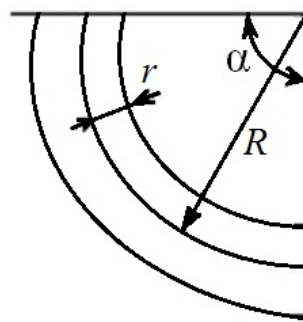


Рис. 1.13. Поворот трубы с закруглением

При углах $\alpha \neq 90^\circ$ значение $\zeta_{\text{зак}}$ нужно умножить на отношение $\alpha / 90$.

Таблица 1.4

r / R	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\zeta_{\text{зак}}$	0,131	0,138	0,158	0,206	0,294
r / R	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\zeta_{\text{зак}}$	0,440	0,661	0,977	1,408	1,978

Задвижка (рис. 1.14). Коэффициент потерь $\zeta_{\text{зад}}$ зависит от степени перекрытия сечения трубы, которая характеризуется отношением a / d (табл. 1.5)

Таблица 1.5

a / d	Откр.	1 / 4	3 / 8	4 / 8	5 / 8	6 / 8	7 / 8
$\zeta_{\text{зад}}$	0,12	0,26	0,81	2,06	5,25	17,0	97,8

Кран (рис. 1.15). Для крана коэффициент $\zeta_{\text{кр}}$ зависит от степени закрытия крана или угла α (табл. 1.6).

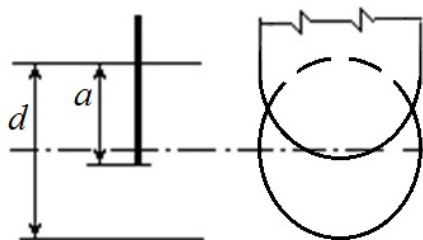


Рис. 1.14. Задвижка

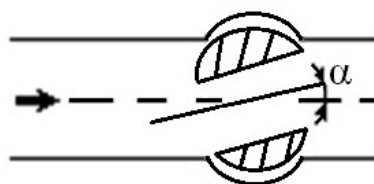


Рис. 1.15. Кран

Таблица 1.6

α°	5	10	20	30	40	50	60
$\zeta_{кр}$	0,05	0,29	1,56	5,47	17,3	52,6	206

Для упрощения расчета трубопровода часто используют понятие *эквивалентной длины местного сопротивления*, т. е. об участке данного трубопровода такой длины, на котором потери напора по длине равны местной потере напора.

1.8. Гидравлические расчеты длинных трубопроводов

Простым трубопроводом называется трубопровод, не имеющий ответвлений, состоящий из труб одинакового диаметра, выполненных из одинакового материала.

Длинным трубопроводом называется такой, у которого потери напора по длине значительно больше местных потерь, поэтому последние не вычисляют. Суммарные местные потери напора учитывают, увеличивая полученные значения $h_{дл}$ на 5 – 10%.

В *коротком трубопроводе* потери напора по длине и местные потери напора сопоставимы по значению.

Формула для определения средней скорости при равномерном движении получается из (1.53) и (1.69) (*формула Шези для средней скорости*):

$$v = C\sqrt{Ri}, \quad (1.81)$$

где C – коэффициент Шези; i – гидравлический уклон; R – гидравлический радиус.

Зная среднюю скорость, можно определить расход Q при равномерном движении (*формула Шези для расхода*, или *основное уравнение равномерного движения*):

$$Q = \omega v = \omega C\sqrt{Ri}. \quad (1.82)$$

Произведение $\omega C\sqrt{R}$ называется *расходной характеристикой* и обозначается K .

Для определения расхода, напора и расходной характеристики простого трубопровода используются следующие формулы:

$$Q = K\sqrt{\frac{H}{l}}; \quad (1.83)$$

$$H = \frac{Q^2 l}{K^2}; \quad (1.84)$$

$$K = Q\sqrt{\frac{l}{H}}. \quad (1.85)$$

Длину трубопровода вычисляют в километрах, поэтому

$$H = Q^2 l \frac{1000}{K^2}, \text{ м}. \quad (1.86)$$

При этом расход и расходная характеристика имеют одинаковую размерность. При последовательном соединении труб (рис. 1.16) напор складывается из суммы потерь напора H_i на отдельных участках:

$$H = H_1 + H_2 + \dots + H_n = \sum_{i=1}^n H_i. \quad (1.87)$$

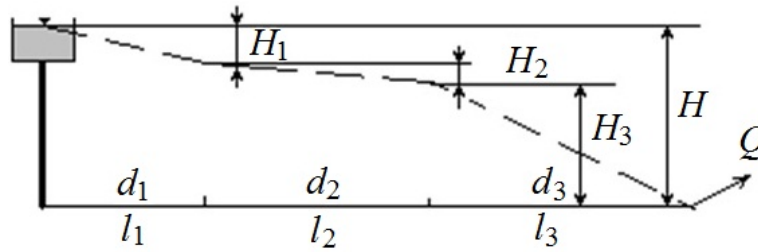


Рис. 1.16. Последовательное соединение труб

Вследствие того, что расход идет транзитом через все участки, то

$$H_i = \frac{Q^2 l_i}{K_i^2}, \quad (1.88)$$

и расход при последовательном соединении будет

$$Q = \sqrt{\frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{K_i^2}}}. \quad (1.89)$$

При параллельном соединении труб (рис. 1.17) расход складывается из суммы расходов Q_i на отдельных линиях:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = \sum_{i=1}^n Q_i. \quad (1.90)$$

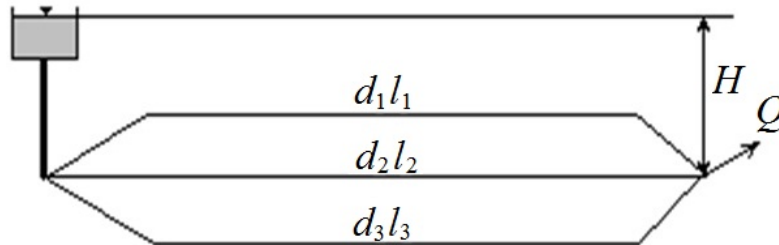


Рис. 1.17. Параллельное соединение труб

При этом напор будет одинаковым для всех параллельных линий, поэтому

$$Q_i = K_i \sqrt{\frac{H}{l_i}}, \quad (1.91)$$

и напор при параллельном соединении будет

$$H = \frac{Q^2}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{K_i}{\sqrt{l_i}} \right)^2}. \quad (1.92)$$

Когда расход распределяется по длине трубы в виде непрерывной раздачи $Q_{н.р.}$ (рис. 1.18), то имеем **трубопровод с непрерывным расходом**.

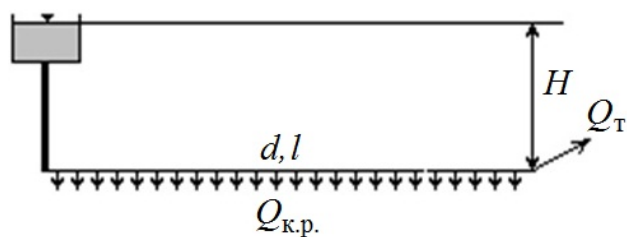


Рис. 1.18. Трубопровод с непрерывным расходом

Если транзитный расход Q_T , идущий до конца трубопровода, отсутствует, то потери напора выражаются формулой

$$H = \frac{1}{3} \frac{Q_{н.р.}^2 l}{K^2}. \quad (1.93)$$

Если транзитный расход Q_T не равен нулю, то в этом случае потери напора выражаются следующей формулой:

$$H = \frac{(Q_T + 0,55 Q_{н.р.})^2 l}{K^2} \quad (1.94)$$

Распределительные водопроводные сети по плановой схеме делятся на разветвленные (или тупиковые) (рис. 1.19, а) и замкнутые (или кольцевые) (рис. 1.19, б).

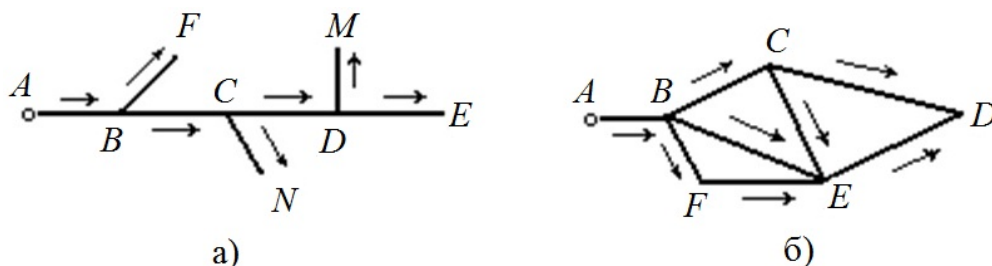


Рис. 1.19. Распределительная водопроводная сеть:

а) разветвленная (или тупиковая) сеть; б) замкнутая (или кольцевая) сеть

Кольцевые водопроводные сети являются более предпочтительными, вследствие того, что они обладают большей надежностью, чем разветвленные. В кольцевых сетях выключение одного или нескольких участков может быть компенсировано подачей воды по параллельным или обходным линиям. Кольцевые сети более надежны и в отношении гидравлического удара.

Гидравлический удар – явление, возникающее в текущей жидкости при быстром изменении скорости в одном из сечений. Это явление характеризуется возникновением волны повышенного или пониженного давления. Гидравлический удар может возникнуть вследствие быстрого закрытия или открытия запорных и регулирующих устройств; внезапной остановки насоса; выпуска воздуха; пуска насоса при открытом затворе на нагнетательной линии. В экстремальном варианте гидравлический удар может приводить к разрыву стенок трубопровода.

1.9. Истечение жидкости, гидравлические струи

Рассмотрим истечение жидкости из малого отверстия в тонкой стенке при постоянном напоре. Отверстие называют **малым**, если его размер по высоте значительно меньше величины напора – не более $0,1 H$. Тонкой стенкой считают такую, что струя, вытекающая из отверстия, преодолевает лишь местные сопротивления, это будет иметь место в том случае, если отверстие имеет заостренную кромку. При вытекании жидкости из открытого сосуда в атмосферу через отверстие площадью ω (рис. 1.20) струя постепенно сжимается. Ближайшее к отверстию наименьшее живое сечение $C-C$, в котором движение можно рассматривать плавноизменяющимся, называется **сжатым сечением**, обозначим его площадь ω_c .

Основная формула расхода жидкости из отверстия при постоянном напоре

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0}, \quad (1.95)$$

где $\mu = \varphi \varepsilon$ – коэффициент расхода; $\varphi = 1/\sqrt{\alpha + \sum \xi}$ – коэффициент скорости; ξ – коэффициент сопротивлений; $\varepsilon = \omega_c/\omega$ – коэффициент сжатия; ω – площадь отверстия;

ω_c – площадь струи в сжатом сечении; $H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g}$ – напор с учетом скорости подхода

жидкости к отверстию; α – коэффициент Кориолиса.

Часто к отверстию в тонкой стенке присоединяют короткую трубу, называемую **насадком**. Длина насадка равна трем – пяти диаметрам отверстия. По форме насадок может быть внешним цилиндрическим (а), внутренним цилиндрическим (б), коническим сходящимся (в), коническим расходящимся (г) и коноидальным (д) (рис. 1.21).

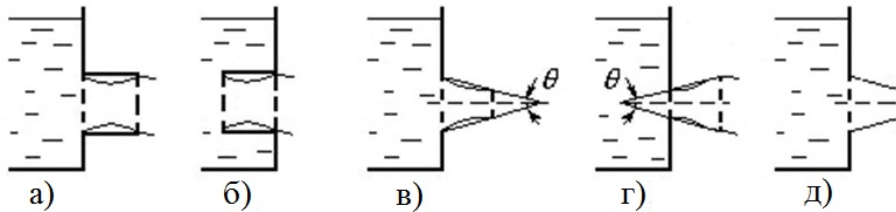


Рис. 1.21. Насадки:

- а) внешний цилиндрический; б) внутренний цилиндрический;
в) конический сходящийся; г) конический расходящийся; д) коноидальный

Для малых отверстий численные значения коэффициентов приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Вид отверстия	φ	ε	M	Примечание
Отверстие с острой кромкой	0,97	0,64	0,62	При полном совершенном сжатии
Внешний цилиндрический насадок	0,82	1,0	0,82	При длине насадка $l = (3 - 4) \cdot d$
Внутренний цилиндрический насадок	0,71	1,0	0,71	–
Конический сходящийся насадок	0,96	0,98	0,94	При $\theta = 13^\circ$
Конический расходящийся насадок	0,45	1,0	0,45	При $\theta = 6^\circ$ коэффициент μ отнесен к выходному отверстию
Конический насадок	0,97	1,0	0,97	–

В случае истечения из отверстий при переменном напоре основным дифференциальным уравнением является равенство

$$\Omega dH = (Q_0 - \mu\omega\sqrt{2gH})dt. \quad (1.96)$$

Ниже приводятся случаи, для которых уравнение (1.96) интегрируется, в результате чего получаются простые расчетные формулы.

1. Истечение при переменном напоре при наличии постоянного притока Q_0 . Время t изменения напора от H_1 до H_2 в случае призматического резервуара ($\Omega = \text{const}$) определяется формулой, причем формула справедлива как для случая повышения, так и для случая понижения горизонта в резервуаре, т. е. при $Q_0 > Q$ и $Q_0 < Q$.

$$t = \frac{2\Omega}{\mu\omega\sqrt{2g}} \left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} + \sqrt{H_0} \ln \frac{\sqrt{H_0} - \sqrt{H_1}}{\sqrt{H_0} - \sqrt{H_2}} \right), \quad (1.97)$$

где H_0 – напор при установившемся движении, когда расход из отверстия равняется притоку, т. е. $H_0 = \frac{Q_0^2}{\mu^2\omega^2 2g}$. Остальные обозначения упомянуты выше.

2. Истечение при переменном напоре при отсутствии притока ($Q_0 = 0$; $H_0 = 0$). Время t изменения напора от H_1 до H_2 определяется формулой

$$t = \frac{2\Omega}{\mu\omega\sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}). \quad (1.98)$$

Время наполнения или опорожнения резервуара при начальном напоре H_1 и конечном H_2 будет равно

$$t = \frac{2\Omega\sqrt{H}}{\mu\omega\sqrt{2g}}. \quad (1.99)$$

3. Истечение при переменном напоре под переменный уровень. Время изменения напора от H_1 до H_2 при $\Omega_1 = \text{const}$ и $\Omega_2 = \text{const}$ определяется формулой

$$t = \frac{2\Omega_1\Omega_2}{(\Omega_1 + \Omega_2)\mu\omega\sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}). \quad (1.100)$$

При одинаковых площадях резервуаров $\Omega_1 = \Omega_2$ время изменения равно

$$t = \frac{\Omega}{\mu\omega\sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}). \quad (1.101)$$

Гидравлические струи классифицируют по нескольким признакам. Прежде всего, различают затопленные струи, движущиеся в жидкости, и незатопленные струи, движущиеся в газовой среде. Примерами незатопленных струй являются струи дождевых и пожарных установок, фонтанов, гидромониторов. Различают свободные струи, движущиеся в неограниченном пространстве, и ограниченные струи, движение которых происходит в присутствии стенки (пристенные струи) или тупиковой конструкции. По форме сечения струи делят на осесимметричные (круглого сечения) или плоские. Физические свойства (температура, вязкость, плотность) струи и пространства, где она движется, могут отличаться. Режим движения струй чаще бывает турбулентный.

Рассмотрим затопленную струю, выходящую из насадка в неподвижную однородную жидкость (рис. 1.22). При этом из-за действия сил трения струя постепенно расширяется, в центральной части струи существует ядро струи с постоянными осредненными

скоростями. На границе струи с окружающей неподвижной жидкостью образуются вихри, формируется струйный пограничный турбулентный слой. По мере удаления от насадка, с увеличением поперечного размера пограничного слоя толщина ядра уменьшается. Затем ядро с равномерным распределением скоростей исчезает. Сечение, где это происходит, называется *переходным*, и оно разделяет начальный и основной участки струи. На основном участке осевая скорость уменьшается. Если продлить внешние границы основного участка, то образуется точка их пересечения, которая называется *полюсом струи*. Поперечные составляющие скорости в струях заметно меньше, чем продольные.

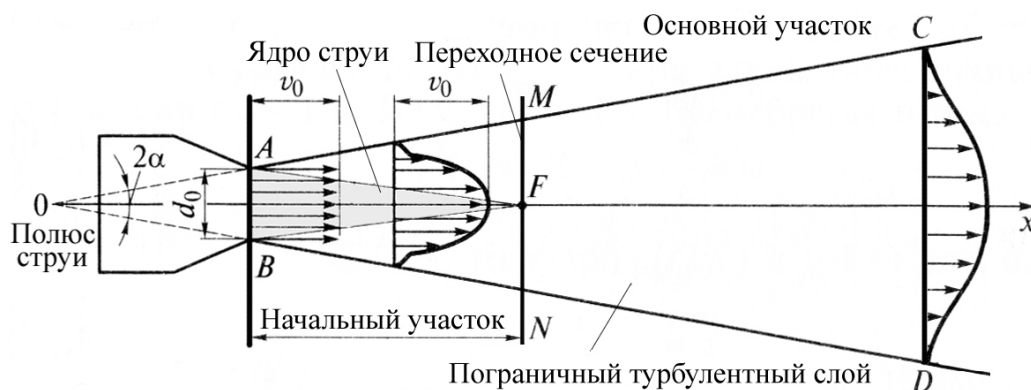


Рис. 1.22. Затопленная струя

Расширение струи зависит от структуры и интенсивности турбулентности на выходе из насадка, а также от формы поперечного сечения струи.

Для незатопленных струй различают три части: компактную, раздробленную и распыленную (рис. 1.23).

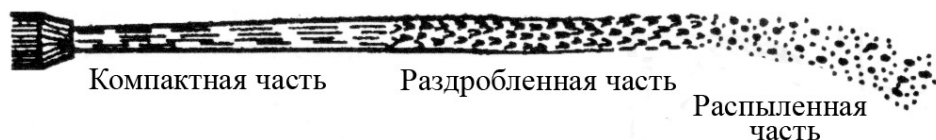


Рис. 1.23. Незатопленная струя

Компактная часть струи имеет цилиндрическую или близкую к ней форму, сплошность потока здесь сохраняется. В раздробленной части происходят расширение струи и ее разрушение на отдельные крупные части. В распыленной части струя состоит из отдельных капель.

При полете струи в воздухе на нее действуют сила тяжести, сопротивление воздушной среды и силы внутри струи, связанные с турбулентностью и колебательно-волновым движением жидкости в струе. Все эти силы приводят к распаду струи до отдельных капель, для которых существенную роль играют силы поверхностного натяжения.

Для разработки грунтов используются гидромониторные струи. Они должны иметь компактную часть максимально возможной длины, так как именно эта часть струи обладает необходимой мощностью.

Дождевальные струи широко используются, прежде всего, в сельском хозяйстве для полива растений. Здесь значимым является распыленная часть, для ее формирования используют струю малой толщины в виде пленки, которая формируется через насадки различных конструкций. Силы поверхностного натяжения, значительные для пленки, быстро приводят к ее распаду на мелкие капли.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое плотность жидкости, от чего она зависит и какими единицами измеряется?
2. Что такое вязкость жидкости? Какова связь динамической и кинематической вязкости, каковы их единицы измерения?
3. В чем различие установившегося и неустойчивого движений?
4. Чем отличаются равномерное и неравномерное движение?
5. Чем отличаются стационарное и нестационарное движение жидкости?
6. В чем отличие напорного потока от безнапорного потока?
7. Что такое смоченный периметр, живое сечение и гидравлический радиус?
8. Что такое пьезометрический, скоростной и гидродинамический напоры? Как они изменяются по длине (вдоль направления движения)?
9. Какова размерность членов уравнения Бернулли? Как интерпретируются члены уравнения Бернулли с геометрической и энергетической точки зрения?
10. Каковы основные особенности ламинарного и турбулентного режима движения жидкости?
11. Какова структура числа Рейнольдса?
12. Какой смысл имеют критические скорости?
13. В каких единицах измеряется давление? Чему равно атмосферное давление?
14. Что такое абсолютное, весовое, избыточное, вакуумметрическое давление?
15. Что такое эквивалентная шероховатость, в каких расчетах она используется?
16. Какие параметры жидкости, русла (или трубопровода) потока влияют на потери напора?
17. От каких факторов в общем случае зависят значения коэффициентов местных сопротивлений?
18. Что такое простой трубопровод?
19. В чем различие между гидравлически длинным и коротким трубопроводами?
20. В чем гидравлические особенности работы трубопроводов из последовательно и из параллельно соединенных труб?
21. Как учитываются области сопротивления при расчете последовательно соединенных труб?
22. Сравните гидравлические характеристики отверстий и насадков.
23. Какие бывают струи? Перечислите признаки их классификаций.
24. На какие участки условно делят затопленные струи?
25. Какие особенности имеют гидромониторные и дождевальные струи?

Тесты к разделу

1. Гидравлика – это:
 - а) наука о законах движения газов и обтекании ими твердых тел;
 - б) прикладная техническая наука, изучающая законы равновесия и движения капельных жидкостей;
 - в) наука о свойствах идеальных жидкостей.
2. Величина кинематической вязкости измеряется:
 - а) в $\text{м}^2/\text{с}$;
 - б) в $\text{Па} \cdot \text{с}$;
 - в) в $\text{Н}/\text{м}^3$.
3. Движение, при котором отдельные струи жидкости скользят относительно друг друга, не смешиваясь между собой, называется:
 - а) ламинарным;

- б) турбулентным;
 в) поступательным.
4. Число Рейнольдса Re можно определить по формуле:
- а) $Re = \frac{\nu d}{\nu}$;
 б) $Re = \frac{\nu d}{\beta}$;
 в) $Re = \frac{\lambda d}{\mu}$.
5. Единицей измерения расхода жидкости является:
- а) $\text{м}^3/\text{с}^2$;
 б) $\text{м}^3/\text{с}$;
 в) $\text{Н}/\text{м}^3$.

Задачи с образцом решения

Задача 1. Определить гидравлический радиус круглой напорной трубы диаметром 350 мм.

Решение

Площадь живого сечения $\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,35^2}{4} = 0,096 \text{ м}^2$.

Смоченный периметр $\chi = \pi d = 3,14 \cdot 0,35 = 1,099 \text{ м}$.

Гидравлический радиус $R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{0,096}{1,099} = 0,087 \text{ м}$.

Задача 2. Определить полное гидростатическое давление на дно открытого прямоугольного сосуда, а также силу давления на дно. Сосуд наполнен ртутью ($\gamma = 133\,416 \text{ Н}/\text{м}^3$). Глубина наполнения $h = 0,8 \text{ м}$. Дно сосуда имеет следующие размеры: $a = 0,6 \text{ м}$ и $b = 0,4 \text{ м}$.

Решение

Гидростатическое давление в точке определяется по формуле (1.23). Так как в данном случае $p_0 = p_{\text{ат}}$, то $p = p_{\text{ат}} + \gamma h$.

Давление на дно сосуда будет $p = 9,81 \cdot 10^4 + 133\,416 \cdot 0,8 = 204\,832,8 \text{ Н}/\text{м}^2$.

Сила давления на горизонтальную поверхность определяется по формуле $p_{\text{полн}} = (p_{\text{ат}} + \gamma h) \omega$, где ω – площадь дна сосуда.

Таким образом, $p_{\text{полн}} = 204\,832,8 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 49\,159,87 \text{ Н}$.

Задача 3. Каковы будут потери напора при напорном движении воды в трубе с площадью живого сечения $\omega = 2,83 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 2,83 \text{ см}^2$, если расход воды равен $30 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с} = 30 \text{ см}^3/\text{с}$, температура воды $t = 10^\circ\text{С}$. Длина трубы 100 м, поперечное сечение трубы – круглое.

Решение

Вначале определяем, каким будет режим движения. Для этого найдем значение числа Рейнольдса, предварительно вычислив

$$d = \sqrt{\frac{4\omega}{\pi}} = 0,019 \text{ м} = 1,9 \text{ см и}$$

$$v = \frac{Q}{\omega} = 0,106 \text{ м/с} = 10,6 \text{ см/с}.$$

Тогда при $\nu = 0,0131 \text{ см}^2/\text{с}$ имеем

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{10,6 \cdot 1,9}{0,0131} = 1537 < Re_{кр} = 2320.$$

Следовательно, режим движения в трубе – ламинарный.

Определим значение коэффициента Дарси по формуле $\lambda = 64 / Re = 0,0416$. Тогда

$$h_{дл} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} = 0,0416 \frac{100}{0,019} \frac{0,106^2}{19,62} = 0,125 \text{ м}.$$

Задача 4. Трубопровод диаметром 250 мм внезапно расширяется до диаметра 400 мм (рис. 1.24). Центр тяжести сечения 1 – 1 расположен на 0,5 м выше центра сечения 2 – 2. Расход воды, пропускаемый по трубопроводу, равен 106 дм³/с. Коэффициент Кориолиса $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$. Определить разность давлений между сечениями, пренебрегая потерями напора.

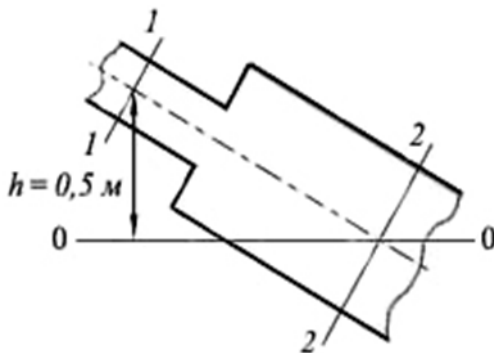


Рис. 1.24. К задаче 4

Решение

1. Составим уравнение Бернулли двух сечений 1 – 1 и 2 – 2 относительно плоскости сравнения 0 – 0, проходящей через центр сечения 2 – 2

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g};$$

$$0,5 + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} = \frac{p_2 - p_1}{\rho g}.$$

2. Вычислим скорости из формулы для расхода

$$Q = \omega v.$$

$$v_1 = \frac{Q}{\frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{0,106}{\frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4}} = 2,16 \text{ м/с}; \quad \frac{v_1^2}{2g} = \frac{2,16^2}{19,62} = 0,24 \text{ м}.$$

$$v_2 = \frac{Q}{\frac{\pi d_2^2}{4}} = \frac{0,106}{\frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4}} = 0,84 \text{ м/с}; \quad \frac{v_2^2}{2g} = \frac{0,84^2}{19,62} = 0,04 \text{ м}.$$

3. Таким образом, имеем

$$0,5 + 0,24 - 0,04 = \frac{p_2 - p_1}{\rho g}; \quad \frac{p_2 - p_1}{\rho g} = 0,7 \text{ м или } p_2 - p_1 = 6867 \text{ Н/м}^2.$$

Задача 5. Определить скорость и расход вытекания воды из малого круглого затопленного отверстия в тонкой стенке, диаметр отверстия $d = 0,25 \text{ м}$, перепад уровней жидкостей до отверстия и за ним $z = 4 \text{ м}$.

Решение

Скорость вытекания воды равна

$$v = \varphi \sqrt{2gz},$$

где φ – коэффициент скорости, примем φ , равное 0,97; тогда $v = 0,97 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 4} = 8,6 \text{ м/с}$.

Расход вытекания

$$Q = \mu \cdot \omega \sqrt{2gz},$$

где ω – площадь поперечного сечения отверстия, коэффициент расхода $\mu = 0,62$. Тогда

$$\omega = \pi \cdot d^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,25^2 / 4 = 0,049 \text{ м}^2,$$

$$Q = 0,62 \cdot 0,049 \sqrt{19,62 \cdot 4} = 0,27 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для проверки правильности принятых значений $\varphi = 0,97$ и $\mu = 0,67$ найдем число Рейнольдса ($t = 20^\circ\text{C}$).

$$\text{Re} = \frac{d \sqrt{2gz}}{\nu} = \frac{0,25 \sqrt{19,62 \cdot 4}}{1,01 \cdot 10^{-6}} = 2192795,$$

т. е. число Re больше чем 100 000, и решение было принято правильное.

Задача 6. Стальной водовод диаметром $d = 0,4 \text{ м}$ и длиной 1 км, проложенный открыто, находится под давлением $p = 2 \cdot 10^6 \text{ Па}$ при температуре воды $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Определить давление воды в водоводе при повышении температуры воды до $t_1 = 15^\circ\text{C}$ в результате наружного прогрева.

Задача 7. Трубопровод испытывается с помощью повышения внутреннего давления, чтобы проверить, сохранится ли прочность стенок трубопровода при высоком рабочем давлении. Определить (дополнительно подаваемый) объем, на который сожмется вода в заглушенном с торцов трубопроводе с внутренним диаметром $d = 1 \text{ м}$, длиной $l = 2000 \text{ м}$, для повышения давления на $\Delta p = 10^6 \text{ Па}$ по сравнению с $p_{\text{нач}} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Деформацией стенок трубопровода пренебречь.

Задача 8. Определить потери напора по длине при равномерном напорном движении воды с расходом $Q = 2 \text{ м}^3/\text{с}$ в трубопроводе длиной 1000 м, диаметром $d = 1 \text{ м}$; температура воды $t = 10^\circ\text{C}$, трубы стальные, после многих лет эксплуатации – с заметными отложениями на стенках, высота выступов шероховатости или эквивалентная шероховатость $\Delta = 0,002 \text{ м}$.

Задача 9. Определить расход, пропускаемый по трубопроводу, при следующих исходных данных: напор $H = 7,5 \text{ м}$, длина трубопровода $l = 1250 \text{ м}$, $d = 200 \text{ мм}$, трубы стальные нормальные.

Задача 10. Определить необходимый напор для пропуска расхода $Q = 62,8 \text{ л/с}$ через трубопровод длиной $l = 1000 \text{ м}$, $d = 200 \text{ мм}$, трубы чугунные новые.

Задача 11. Определить необходимый диаметр трубы для пропуска расхода $Q = 500 \text{ л/с}$ при следующих исходных данных: длина $l = 1750 \text{ м}$, $H = 35 \text{ м}$, трубы стальные нормальные.

Задача 12. Определить размеры отверстия, через которое вытекает мазут из бака расходом $Q = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$, если напор в баке поддерживается постоянным и равным $H = 3 \text{ м}$.

Перечень рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов

Основная литература

1. Гусев, А. А. Гидравлика : учебник для вузов / А. А. Гусев, – М. : Юрайт, 2013. – 285 с. – (Бакалавр. Базовый курс).
2. Кудинов, В. А. Гидравлика : учебник и практикум для академического бакалавриата: учебник для высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим направлениям и специальностям / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, А. Г. Коваленко и др.; под ред. В. А. Кудинова; Самар. гос. техн. ун-т. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2016. – 386 с. – (Бакалавр. Академический курс).

Дополнительная литература

1. Альтшуль, А. Д. Гидравлика и аэродинамика / А. Д. Альтшуль, П. Г. Киселев. – М. : Стройиздат, 1987. – 414 с.
2. Калицун, В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация : учебное пособие для вузов / В. И. Калицун, В. С. Кедров, Ю. М. Ласков. – М. : ОАО «Издательство «Стройиздат»», 2004. – 397 с.
3. Лапшев, Н. Н. Гидравлика : учебник для студентов вузов / Н. Н. Лапшев. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 272 с.
4. Ломовцева, Г. Г. Методические указания и контрольные работы по дисциплине «Гидравлика» / Г. Г. Ломовцева. – Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 32 с.
5. Пазушкина, О. В. Гидравлика : учебно-методический комплекс / О. В. Пазушкина; Ульян. гос. техн. ун-т – Ульяновск : УлГТУ, 2005. – 119 с.
6. Попов, В. Ф. Основы гидравлики : учебное пособие / В. Ф. Попов, Т. Р. Чжан. – Якутск, 2009. – 85 с.
7. Раинкина, Л. Н. Гидравлика : учебное пособие по решению задач / Л. Н. Раинкина. – М. : РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. – 113 с.
8. Чугаев, Р. Р. Гидравлика : учебник для вузов / Р. Р. Чугаев. – Л. : Энергоиздат, 1982. – 672 с.
9. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика : учебник для вузов / Д. В. Штеренлихт. – М. : Колосс, 2005. – 656 с.

Интернет-ресурсы

1. www.hap.ru. Гидравлика и пневматика (электронный ресурс). Сайт информационно-технического журнала «Гидравлика и пневматика». – (дата обращения: 04.06.2018).
2. www.hydraulik.ru. Гидравлика, гидравлическое (электронный ресурс). Международный портал «Гидравлическое оборудование». – (дата обращения: 04.06.2018).

Раздел 2. Внутренний водопровод зданий

Основные термины и понятия

Абонент; авария инженерных систем; ввод водопровода; внутренний противопожарный водопровод; внутренняя система водопровода; водомерный узел; водопотребление; водоснабжение; водоразборная арматура; гарантированное давление; дренажные системы; дросселирование; запорная арматура; квартирный прибор учета воды; коммерческий учет воды; местные водонапорные установки; питьевая вода; предохранительная арматура; расчетные расходы воды; регулировочная арматура; регулирующие и запасные баки; режим отпуска (получения) питьевой воды; система внутреннего водоснабжения; спринклерные системы; требуемый напор.

Основные обозначения

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

q_0^h – расход горячей воды санитарно-техническим прибором (арматурой), л/с.

q_0^c – расход холодной воды санитарно-техническим прибором (арматурой), л/с.

q_0^s – расход стоков от санитарно-технического прибора, л/с.

q^{tot} – общий максимальный расчетный расход воды, л/с.

q^h – максимальный расчетный расход горячей воды, л/с.

q^c – максимальный расчетный расход холодной воды, л/с.

$q_{0,hr}^{tot}$ – общий расход воды санитарно-техническим прибором, л/ч.

$q_{0,hr}^h$ – расход горячей воды санитарно-техническим прибором, л/ч.

$q_{0,hr}^c$ – расход холодной воды санитарно-техническим прибором, л/ч.

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

$q_{hr,u}^h$ – норма расхода горячей воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/ч.

$q_{hr,u}^c$ – норма расхода холодной воды потребителем в час наибольшего потребления, л/ч.

q_{hr}^{tot} – общий максимальный часовой расход воды, м³/ч.

q_{hr}^h – максимальный часовой расход горячей воды, м³/ч.

q_{hr}^c – максимальный часовой расход холодной воды, м³/ч.

q_T^{tot} – общий средний часовой расход воды, м³/ч.

q_T^h – средний часовой расход горячей воды, м³/ч.

q_T^c – средний часовой расход холодной воды, м³/ч.

q_u^{tot} – общий расход воды потребителем в сутки (смену), л/сут (смену).

q_u^h – расход горячей воды потребителем в сутки (смену), л/сут (смену).

q_u^c – расход холодной воды потребителем в сутки (смену), л/сут (смену).
 q_{uy}^h – расчетный удельный (средний за год) суточный расход горячей воды, л/сут.
 q_{uy}^{tot} – расчетный удельный (средний за год) общий (в том числе горячей воды) суточный расход воды, л/сут.
 q^{sp} – расход воды, подаваемой насосами, л/с ($\text{м}^3/\text{ч}$).
 q_{hr}^{sp} – часовой расход воды, подаваемой насосом, $\text{м}^3/\text{ч}$.
 U – количество водопотребителей, чел.
 N – количество санитарно-технических приборов, шт.
 P – вероятность действия санитарно-технических приборов.
 P_{hr} – вероятность использования санитарно-технических приборов (возможность подачи прибором нормированного часового расхода воды) в течение расчетного часа в зданиях или сооружениях с одинаковыми водопотребителями.
 T – расчетное время потребления воды (сутки, смена), ч.
 H_p – напор (давление), развиваемый насосной установкой, м вод.ст. (МПа).
 H_{geom} – геометрическая высота подачи воды от оси насоса до требуемого санитарно-технического прибора, м.
 H_l – потери напора (давления) на расчетном участке трубопровода, м вод.ст. (МПа).
 $H_{l,tot}$ – сумма потерь напора на расчетном участке трубопровода, м вод.ст. (МПа).
 H_g – наименьший гарантированный напор (давление) в наружной водопроводной сети, м вод.ст. (МПа).
 H_{cp} – избыточный напор (давление), который следует погасить диафрагмой, м вод.ст. (МПа).
 V – скорость движения жидкости в трубопроводе, м/с.

Глоссарий к разделу

Абонент – физическое либо юридическое лицо, заключившее или обязанное заключить договор горячего водоснабжения, холодного водоснабжения (или) договор водоотведения, единый договор холодного водоснабжения и водоотведения.

Авария инженерных систем – повреждение или выход из строя систем водоснабжения, устройств, повлекшие либо существенное снижение объемов водопотребления и водоотведения, качества питьевой воды или причинение ущерба окружающей среде, имуществу юридических или физических лиц и здоровью населения.

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

Внутренний противопожарный водопровод (ВПВ) – совокупность трубопроводов и технических средств, обеспечивающих подачу воды к пожарным кранам.

Внутренняя система водопровода (внутренний водопровод) – система трубопроводов и устройств, обеспечивающая присоединение к наружным сетям, подачу воды к санитарно-техническим приборам, технологическому оборудованию и пожарным кранам в границах внешнего контура стен одного здания или группы зданий и сооружений и имеющая общее водоизмерительное устройство от наружных сетей водопровода населенного пункта или предприятия.

Водомерный узел – элемент внутренней водопроводной системы, содержащий водосчетчик, установленный на трубопроводе между двумя вентилями, контрольно-спусковым краном и обводной линией с опломбированной задвижкой (если требуется).

Водопотребление – использование воды абонентом (субабонентом) на удовлетворение своих нужд или нужд потребителей услуг, жильцов.

Водоснабжение – водоподготовка, транспортировка и подача питьевой или технической воды абонентам с использованием централизованных или нецентрализованных систем холодного водоснабжения или приготовление, транспортировка и подача горячей воды абонентам с использованием централизованных или нецентрализованных систем горячего водоснабжения.

Водоразборная арматура – устройства (краны, смесители), предназначенные для раздачи воды потребителям из системы водоснабжения.

Гарантированное давление – давление на вводе абонента, которое гарантированно обеспечивает водоснабжающая организация по техническим условиям.

Дренчерные системы – автоматические и полуавтоматические (дистанционного действия включаются людьми при возникновении пожара или опасности его распространения) противопожарные системы.

Дросселирование – способ регулирования, при котором установка диафрагм на подводках и у водоразборной арматуры позволяет снизить избыточные напоры и расходы воды до нормативных.

Запорная арматура – пробковые проходные краны, запорные вентили, задвижки, предназначенные для отключения отдельных участков водопроводной сети.

Квартирный прибор учета воды – прибор учета, установленный на вводах систем горячего и холодного водоснабжения в жилое или нежилое помещение здания.

Коммерческий учет воды и сточных вод (далее – **коммерческий учет**) – определение количества поданной (полученной) за определенный период воды, принятых (отведенных) сточных вод с помощью средств измерений (далее – приборы учета) или расчетным способом.

Лимит водопотребления (водоотведения) – установленный абоненту техническими условиями предельный объем отпущенной (полученной) питьевой воды и принимаемых (сбрасываемых) сточных вод за определенный период времени.

Местные водонапорные установки – повысительные насосные и пневматические установки и водонапорные баки, предназначенные для повышения напора в сети внутреннего водопровода, когда гарантированный (минимальный) напор на вводе меньше требуемого и не обеспечивает подачу необходимого нормированного расхода воды.

Общедомовый прибор учета воды – прибор учета, установленный на вводах систем горячего и холодного водоснабжения в жилом здании.

Питьевая вода – вода после подготовки или в естественном состоянии, отвечающая гигиеническим требованиям санитарных норм и предназначенная для питьевых и бытовых нужд населения и (или) производства пищевой продукции.

Пожарный кран (ПК) – комплект, состоящий из клапана, установленного на внутреннем противопожарном водопроводе и оборудованного пожарной соединительной головкой, а также пожарного рукава с ручным пожарным стволом по ГОСТ Р 51844.

Пожарный шкаф – вид пожарного инвентаря, предназначенного для размещения и обеспечения сохранности технических средств, применяемых во время пожара по ГОСТ Р 51844.

Предохранительная арматура – предохранительные клапаны и устройства, предназначенные для защиты от повреждения сети и оборудования при внезапном повышении напора.

Расчетные расходы воды – расходы воды, определяемые расчетом с учетом основных влияющих факторов (числа потребителей, количества приборов, заселенности квартир жилых зданий, объема выпуска продукции и др.).

Регулировочная арматура – регуляторы расхода, напора, регулировочные вентили и т. п., предназначенные для регулирования расхода воды, а также для поддержания определенного напора в сети или перед водоразборными приборами.

Регулирующие и запасные баки (водоаккумулирующие и напорные устройства) – открытые и закрытые баки предназначены для аккумулирования некоторого объема воды при несоответствии режимов подачи и потребления воды в сети внутреннего водопровода.

Режим отпуска (получения) питьевой воды – гарантированный расход (часовой, секундный) и свободный напор при заданном характерном водопотреблении на нужды абонента.

Система внутреннего водоснабжения – система устройств, предназначенная для подачи холодной воды из наружных сетей или источника водоснабжения в отдельное здание под необходимым напором, заданного качества и в требуемом количестве.

Спринклерные системы – автоматические противопожарные системы гасят очаг пожара без участия человека с одновременной подачей сигнала пожарной тревоги.

Техническая вода – вода, не предназначенная для питья, приготовления пищи и других хозяйственно-бытовых нужд населения или для производства пищевой продукции.

Требуемый напор – напор, обеспечивающий подъем воды до диктующего водоразборного устройства, возмещающий потери напора на преодоление всех сопротивлений по пути движения воды и создающий необходимый рабочий напор, обеспечивающий нормативный расход.

Узел учета потребляемой воды и сбрасываемых стоков (узел учета) – совокупность приборов и устройств, обеспечивающих учет количества потребляемой (получаемой) воды и сбрасываемых (принимаемых) стоков.

Централизованная система холодного водоснабжения – комплекс технологически связанных между собой инженерных сооружений, предназначенных для водоподготовки, транспортировки и подачи питьевой и (или) технической воды абонентам.

Методические рекомендации для студента по изучению раздела

Цель: формирование знаний о системах холодного водоснабжения зданий и объектов, их основных элементах, принципах проектирования и расчета.

Учебные вопросы:

Общие сведения. Системы и схемы холодного водопровода. Устройство и конструкция основных элементов холодного водоснабжения зданий. Расчет внутренних водопроводов различного назначения. Режимы и нормы водопотребления. Мероприятия по рациональному использованию воды. Установки для повышения напора в сети водоснабжения зданий. Противопожарные водопроводы зданий. Особенности снабжения водой зданий производственного назначения.

Изучив раздел, студент должен:

иметь представление:

- об устройстве, классификации, принципе расчета противопожарных водопроводов зданий;

- об особенностях спринклерных и дренчерных противопожарных установок;

- об особенностях снабжения водой зданий производственного назначения;

знать:

- классификацию систем водоснабжения зданий;

- схемы водопроводных сетей для различных зданий и объектов;

- устройство и конструкция основных элементов холодного водоснабжения зданий (ввод водопровода, водомерные узлы, водопроводные сети, арматура);

- принципы расчета внутреннего водопровода;

- определение расчетных напоров воды в системах внутреннего водопровода;

- гидравлический расчет сетей;

- способы стабилизации напоров и борьбы с непроизвольными расходами воды;

- устройство, принцип действия, основы расчета установок для повышения напора в сети водоснабжения зданий (насосные установки, напорно-запасные баки и гидродинамические установки);

уметь:

- правильно выбрать схему водопроводных сетей;
- выполнить гидравлического расчета внутреннего водопровода;
- подобрать марку водосчетчика;
- определить требуемый напор воды в системе внутреннего водопровода;
- выполнить подбор повысительных установок;
- выполнить подбор мероприятий по рациональному использованию воды;

владеть навыками:

- проектирования систем внутреннего водоснабжения здания;
- расчета систем водоснабжения зданий.

При освоении темы необходимо:

- изучить раздел 2 из учебного пособия, а также материал по данному разделу из источников, указанных в библиографии;
- акцентировать внимание на особенностях проектирования систем внутреннего водоснабжения, на расчете внутреннего водопровода и подборе оборудования системы водоснабжения здания;
- выполнить тесты к разделу 2;
- решить задачи к разделу 2;
- ответить на вопросы для самоконтроля.

2.1. Общие сведения

Системы водоснабжения зданий и объектов любого назначения должны обеспечивать потребителей водой заданного качества, в требуемом количестве и под необходимым напором. Снабжение водой зданий и отдельных объектов может осуществляться от наружной водопроводной сети (населенного пункта, предприятия) или от собственного местного (подземного или поверхностного) источника водоснабжения.

Системы водоснабжения подразделяются по следующим основным признакам:

- **по назначению:** *хозяйственно-питьевые*, предназначенные для обеспечения потребителей питьевой водой на хозяйственно-бытовые, санитарно-гигиенические и другие нужды; *производственные*, предназначенные для подачи воды на технологические нужды предприятия, соответствующего качества и количества; *противопожарные* – для ликвидации очагов пожара (качество воды не лимитируется, а количество соответствует требованиям СП 10.13130.2009);

- **по сфере обслуживания:** *раздельные* (не соединенными одна с другой, поскольку качество воды в них может быть разным), *объединенные* (хозяйственно-противопожарные, производственно-противопожарные или хозяйственно-производственные, в которых предполагается подача воды идентичного качества), *единые* (обеспечивают подачу воды питьевого качества на все нужды);

- **по способу использования воды:** *прямоточные, оборотные и повторного использования*;

- **по обеспеченности напором:** *обеспеченные напором от сети наружного водопровода*, т. е. когда в точке присоединения внутреннего водопровода к наружной сети водоснабжения населенного пункта или предприятия минимальный (гарантированный) напор достаточен для нормального функционирования всей внутренней системы водоснабжения; *не обеспеченные напором*, т. е. системы с водонапорным оборудованием – водонапорным баком, насосной или пневматической установкой.

2.2. Системы и схемы холодного водопровода

Водопроводные сети в зданиях могут иметь различную конфигурацию в зависимости от мест расположения водоразборных приборов, а также от назначения здания, технологических и противопожарных требований. Сети состоят из магистральных и распределительных стояков трубопроводов, а также подводов к водоразборной арматуре. Для поддержания постоянного давления (напора) и обеспечения нормативного расхода воды на водопроводных вводах у водоразборной арматуры устанавливают регуляторы давления.

Водопроводные сети различаются:

- **по типу:** тупиковые, кольцевые и комбинированные;
- **по расположению магистральных трубопроводов:** с нижней, верхней, горизонтальной и вертикальной разводкой;
- **по виду подачи воды:** сети циркуляционные напорные и самотечные, двойные.

Тупиковые водопроводные сети целесообразно предусматривать в зданиях, где допускается перерыв в подаче воды при необходимости отключения отдельных участков для производства ремонтных работ. Тупиковые сети и отдельные тупиковые участки проектируют практически во всех зданиях любого назначения.

Кольцевые водопроводные сети применяют в зданиях с противопожарным водопроводом, а также в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую надежность и бесперебойность подачи воды потребителям. Кольцевые сети, как правило, присоединяют двумя или несколькими вводами к одному или нескольким участкам наружного водопровода. Кольцевание сети может быть в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 2.1).

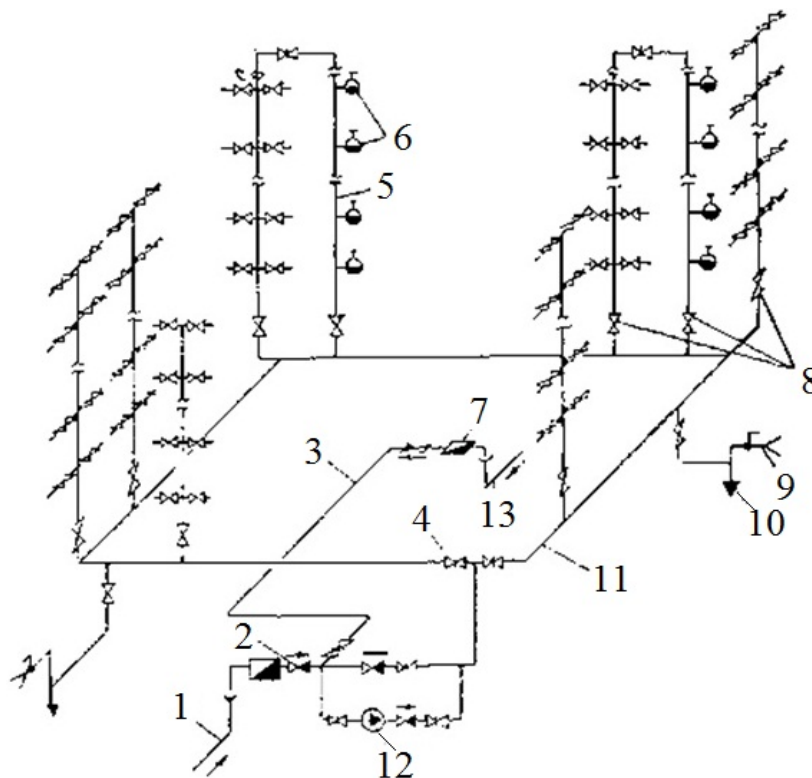


Рис. 2.1. Система водоснабжения здания с повысительной насосной установкой (сеть кольцевая с нижней разводкой):

- 1 – ввод №1; 2 – обратный клапан; 3 – перемычка; 4 – запорная арматура; 5 – пожарный стояк;
6 – пожарные краны; 7 – водомерный узел; 8 – запорные вентили; 9 – поливочный кран;
10 – спуск (пробка); 11 – кольцевая магистраль; 12 – насосная установка; 13 – ввод №2

Комбинированные водопроводные сети состоят из кольцевых магистральных и тупиковых распределительных трубопроводов. Комбинированные сети применяют в зданиях с противопожарным водопроводом, оборудованным 12-ю и более пожарными кранами, в зданиях с большим разбросом водоразборных устройств. Магистральные трубопроводы в сетях с нижней разводкой размещают в подвале или техническом подполье здания, а в сетях с верхней разводкой – под потолком верхнего этажа, на чердаке или в техническом этаже здания. Трубопроводы, прокладываемые в неотапливаемых помещениях, должны быть утеплены, если температура воздуха опускается ниже -2°C .

В производственных зданиях применяют *двойные* и *циркуляционные сети*. Двойные сети применяют при необходимости повышения надежности снабжения водой ответственных потребителей.

Водопроводная сеть высотных зданий состоит из самостоятельных зон, не соединенных одна с другой. При этом нижняя зона работает под напором наружного водопровода, а верхние – от повысительных насосов. Высота зоны определяется максимально допустимым гидростатическим напором в самой нижней точке сети. Для хозяйственно-питьевой водопроводной сети $H_{\text{доп}}$ равен 60 м, а для противопожарного водопровода – 90 м. Число зон n_3 назначают в зависимости от числа этажей $n_э$ и высоты этажа $H_э$:

$$n_3 = n_э H_э / H_{\text{доп}}. \quad (2.1)$$

Для каждой зоны в здании предусматривается технический этаж, где размещают магистральные трубопроводы водопроводных сетей, водонапорные баки, арматуру и другое оборудование.

Если воду из водонапорного бака, размещенного в одном техническом этаже, передают насосами в бак, обслуживающий сеть другой зоны, то такая схема называется *последовательной*. Если воду подают в сеть каждой зоны повысительными насосами, размещенными централизованно в первом техническом этаже (в подвале), то такая схема называется *параллельной*.

2.3. Устройство и конструкция основных элементов холодного водоснабжения зданий

Основными элементами внутреннего водопровода являются вводы (один или несколько), водомерный узел, местные водонапорные установки, регулирующие и запасные баки (водоаккумулирующие устройства), водопроводная сеть, оборудованная трубопроводами и необходимой арматурой (рис. 2.2). В производственных системах технического водоснабжения (особенно оборотных) иногда применяют местные установки кондиционирования воды (фильтры, осветлители и другие установки для специальной обработки).

Из наружной водопроводной сети через ввод *1* вода подается под давлением в разводящую магистраль *3* внутри здания и далее через стояки *4* и подводящие трубы *5* поступает в водоразборные устройства *6*. Для определения расхода воды на вводе в здание устанавливается водомерный узел *2*, состоящий из водомера и арматуры. Поливочные краны *7* используются для ухода за прилегающей к зданию территории.

Ввод водопровода

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

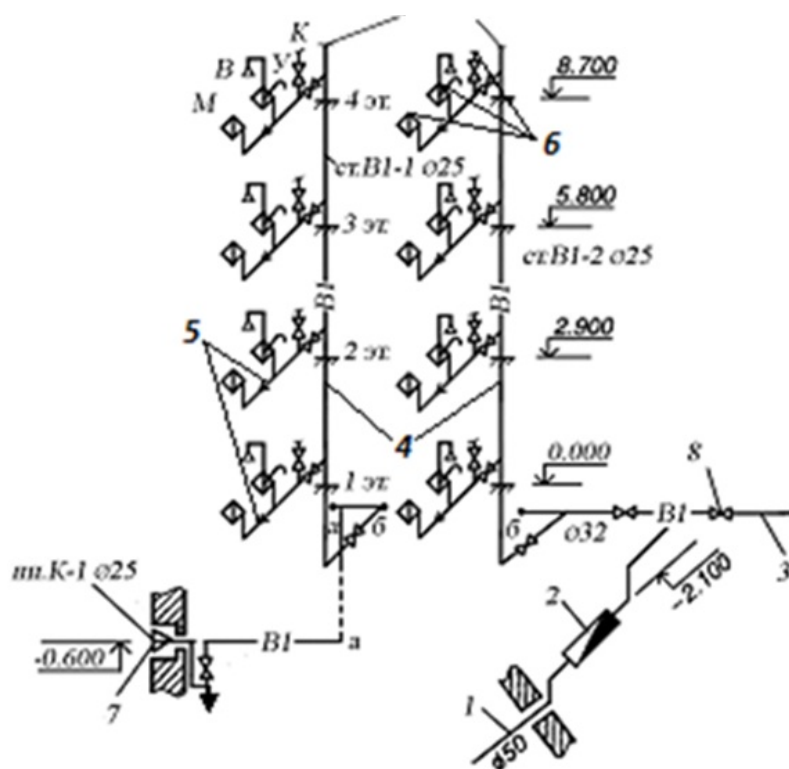


Рис. 2.2. Элементы внутреннего водопровода:

1 – ввод; 2 – водомерный узел; 3 – разводящая магистраль; 4 – стояки; 5 – подводки к водоразборной арматуре в квартирах; 6 – водоразборные устройства; 7 – поливочный кран; 8 – запорная арматура

Ввод водопровода проектируется по возможности по кратчайшему расстоянию под прямым углом к зданию. Если такое присоединение невозможно, то ввод выполняется по косой.

Два ввода и более следует предусматривать для зданий: жилых с числом квартир более 400; клубов и досугово-развлекательных учреждений с эстрадой, кинотеатров с числом мест более 300; театров, клубов и досугово-развлекательных учреждений со сценой независимо от числа мест; бань при числе мест 200 и более; прачечных на 2 и более тонны белья в смену; зданий, в которых установлено 12 и более пожарных кранов; с кольцевыми сетями холодной воды или с закольцованными вводами; зданий, оборудованных спринклерными и дренчерными системами согласно СП 5.13130.2009 при числе узлов управления более трех (рис. 2.3).

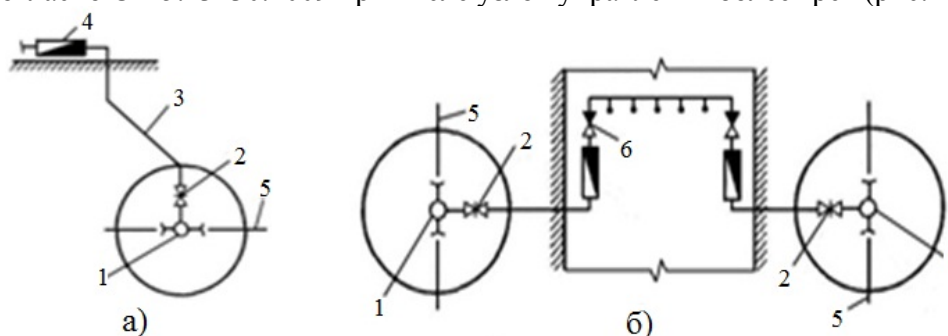


Рис. 2.3. Устройство ввода в здание:

а – косой ввод; б – кольцевание двумя вводами; 1 – врезка ввода в наружную сеть; 2 – задвижка; 3 – подземный трубопровод; 4 – водомерный узел; 5 – наружный водопровод; 6 – обратный клапан

В месте присоединения ввода к наружной водопроводной сети устраивают колодец диаметром не менее 700 мм, в котором размещают запорную арматуру (вентиль или задвижку) для отключения ввода.

Для устройства вводов применяют чугунные раструбные водопроводные трубы диаметром 50, 100 мм и более, стальные оцинкованные трубы с противокоррозионной битумной изоляцией (при диаметрах менее 50 мм) и определенные виды пластмассовых труб. Глубина заложения вводов зависит от глубины заложения наружной водопроводной сети, т. е. вводы размещают ниже глубины промерзания грунта. Минимальная глубина укладки ввода (при отсутствии промерзания грунта) – 1 м. Для возможности опорожнения ввод укладывают с уклоном 0,003 – 0,005 в сторону наружной водопроводной сети.

Расстояние по горизонтали в свету между вводами хозяйственно-питьевого водопровода и выпусками канализации или водостоков должно быть не менее 1,5 м при диаметре ввода до 200 мм и не менее 3 при диаметре ввода более 200 мм.

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

Пересечение трубопровода ввода со стенами здания следует выполнять: в сухих грунтах – с зазором 0,2 м между трубопроводом и строительными конструкциями и заделкой отверстия в стене водонепроницаемыми и газонепроницаемыми эластичными материалами; в мокрых грунтах – с установкой сальников.

На рис. 2.4 показан проход ввода через отверстие фундамента здания или стены подвала в стальной гильзе. Кольцевой зазор между трубой ввода и гильзой заделан просмоленной прядью, мятой глиной и цементным раствором. В водонасыщенных грунтах ввод заделывают бетоном и цементным раствором или с помощью сальника, применяя просмоленную льняную прядь и грундбуксу.

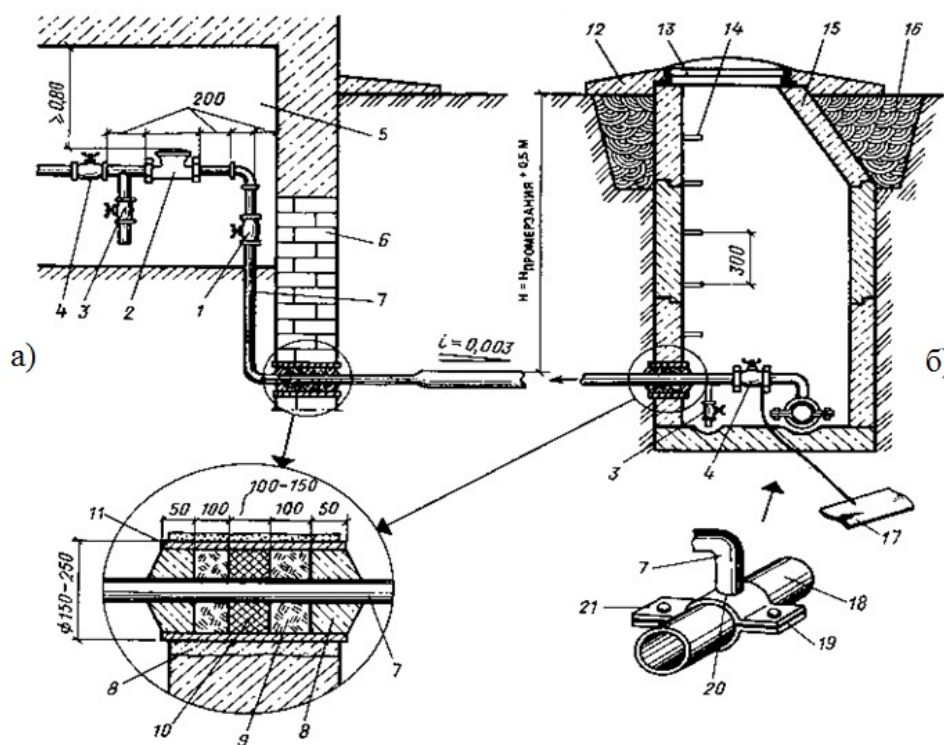


Рис. 2.4. Устройство водопроводного ввода:

- а – вид через фундамент; б – колодец; 1, 4 – вентили;
 2 – водомер; 3 – контрольно-спусковой кран; 5 – подвал (полуподвал);
 6 – фундамент; 7 – трубопровод ввода; 8 – цементный раствор; 9 – смоляная прядь (пакля);
 10 – мятая глина; 11 – футляр; 12 – отмотка; 13 – люк; 14 – ходовые скобы;
 15 – фасонное бетонное кольцо; 16 – глиняный замок; 17 – заземление; 18 – труба уличного водопровода; 19 – резиновая прокладка; 20 – сварка; 21 – хомут

Водомерный узел

Для учета количества потребляемой воды в системах водоснабжения зданий устанавливают водосчетчики или расходомеры – контрольно-измерительные интегрирующие приборы.

Счетчики воды следует устанавливать на вводах водопровода в каждое здание и сооружение, в каждую квартиру жилых зданий и на ответвлениях трубопроводов в любые нежилые помещения, встроенные или пристроенные к жилым, общественным или производственным зданиям. Их устанавливают на горизонтальных, вертикальных или наклонных участках трубопроводов, если такая установка предусмотрена паспортом счетчика. При размещении квартирных счетчиков на вертикальных участках трубопроводов применяются счетчики, соответствующие метрологическому классу А по ГОСТ Р 50193.1.

Водосчетчики на вводах водопровода, параметры которых должны соответствовать метрологическому классу В, устанавливают на трубопроводе между двумя задвижками или вентилями, в результате чего образуется водомерный узел. Различают водомерные узлы простые (без обводной линии) и с обводной линией, на которой устанавливают вентиль или задвижку в закрытом (опломбированном) положении (рис. 2.5).

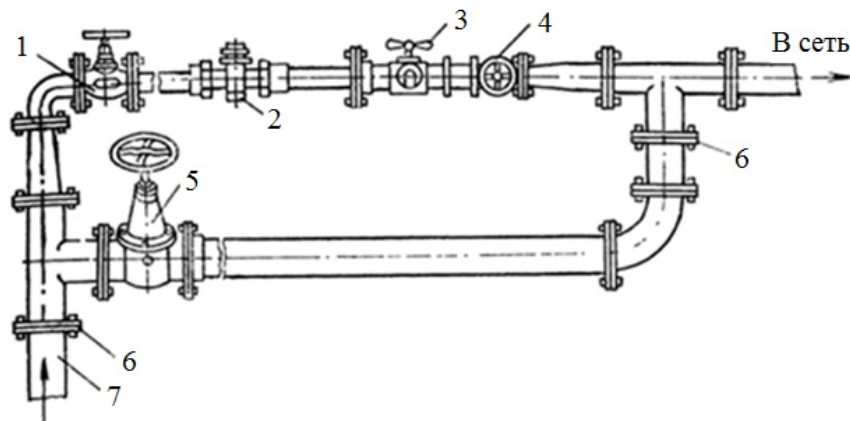


Рис. 2.5. Водомерный узел с обводной линией:

1, 4, 5 – запорная арматура; 2 – счетчик воды; 3 – контрольно-спусковой кран;
6 – фланцевые соединения трубопроводов; 7 – трубопровод ввода

Водомерный узел с обводной линией применяют, главным образом, на объединенных системах хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода для пропуска воды на пожар по обводной линии, минуя водосчетчик, а также в зданиях, где недопустим перерыв в подаче воды. Запорную арматуру (шаровые краны, вентили или задвижки) устанавливают перед водосчетчиком и после него. Между водосчетчиком и запорной арматурой по направлению движения воды устанавливают контрольно-спускной кран (или патрубок с пробкой), который служит для спуска воды из системы внутреннего водопровода, контроля располагаемого напора и для подключения устройств метрологической поверки счетчиков.

В квартирах запорную арматуру устанавливают только до счетчиков воды. С каждой стороны водосчетчиков предусматривают прямые участки трубопроводов, длина которых устанавливается в соответствии с требованиями паспортов приборов.

Кроме того, перед счетчиками (по ходу движения воды) следует предусматривать установку механических или магнитно-механических фильтров. Потери давления в фильтре не должны превышать 50% потерь давления в счетчиках.

Счетчики на вводах холодной воды в здания и сооружения следует устанавливать в помещении с искусственным или естественным освещением и температурой воздуха

не ниже 5 °С. Счетчики необходимо размещать так, чтобы к ним был доступ для считывания показаний, обслуживания, снятия и разборки на месте установки, для метрологической поверки.

Размещают водомерный узел в подвале, прямке коридора или подъезда здания, помещении центрального теплового пункта. Во избежание излишних потерь напора водомерные узлы собирают так, чтобы водосчетчик был установлен на прямом участке (направлении), а не на обводной линии.

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

Крыльчатые водосчетчики типа ВК (рис. 2.6, а) изготовляют калибром 15 – 50 мм. Ось вращения крыльчатки у водосчетчиков ВК расположена перпендикулярно направлению движения воды. В зависимости от способа подвода воды к крыльчатке водосчетчики бывают одноструйные и многоструйные. Водосчетчики ВК размещают только в горизонтальном положении на резьбовых соединениях.

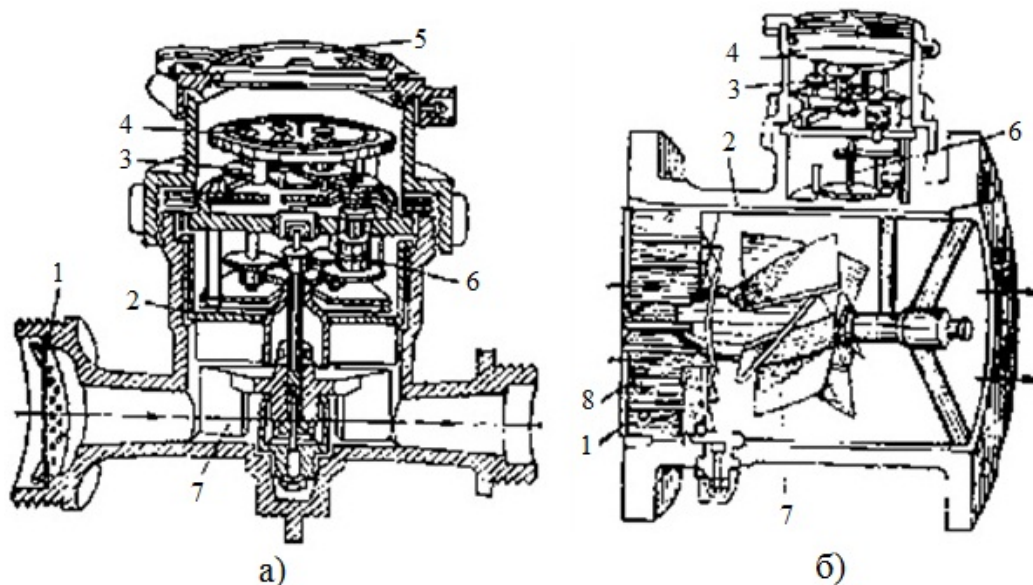


Рис. 2.6. Водосчетчики скоростные:

а – крыльчатый; б – турбинный; 1 – входной патрубок; 2 – корпус;
3 – счетный механизм; 4 – циферблаты; 5 – крышка; 6 – передаточный механизм;
7 – крыльчатка (турбинка); 8 – струевыпрямитель

Турбинные водосчетчики типа ВТ выпускают калибром 50 – 250 мм с фланцами для установки на трубопроводе. Ось вращения турбинки этого водосчетчика расположена параллельно направлению потока воды, поэтому его установка не зависит от ориентации в пространстве (рис. 2.6, б).

При значительных колебаниях расходов воды применяют комбинированные водосчетчики, состоящие из крыльчатого и турбинного, с переключающим клапаном.

Для учета больших расходов воды, которые не могут быть измерены скоростными водосчетчиками, применяют расходомеры с сужающими устройствами: камерные диафрагмы, сопла и трубы Вентури. Эти расходомеры измеряют расход воды по перепаду

напора (давления) до и после сужения потока. Перепад напора изменяется пропорционально скорости протока воды и фиксируется вторичным прибором – дифференциальным манометром.

Диаметр условного прохода счетчика воды следует выбирать по среднечасовому расходу воды за период потребления (сутки, смену), который не должен превышать эксплуатационный расход по паспорту.

Кроме того, диаметром условного прохода следует проверять:

а) на пропуск расчетного максимального часового или максимального секундного расхода; при этом потери давления в счетчиках воды не должны превышать для крыльчатых счетчиков 0,05 МПа, а для турбинных 0,025 МПа;

б) на пропуск расчетного максимального часового или максимального секундного расхода воды с учетом подачи расчетного противопожарного расхода воды; при этом потери давления в счетчике не должны превышать для крыльчатых счетчиков 0,1 МПа, а для турбинных 0,05 МПа;

в) на возможность измерения расчетных минимальных часовых расходов воды; при этом минимальный расход воды для выбранного счетчика (по паспорту прибора в зависимости от метрологического класса) не должен превышать расчетный минимальный часовой расход воды.

Если выбранный счетчик не соответствует условиям а) или б), то к установке следует принимать счетчик с ближайшим большим диаметром.

Если выбранный счетчик воды не соответствует условию в), то к установке следует принимать счетчик с ближайшим меньшим диаметром.

Если счетчик не соответствует одновременно условиям а) и в) или б) и в), то следует предусматривать установку комбинированного счетчика или счетчика метрологического класса С либо параллельно нескольких счетчиков одинакового диаметра.

Потери давления в счетчике воды:

$$h_{сч} = S \cdot q^2, \text{ м}, \quad (2.2)$$

где q – максимальный секунднй расход воды в здании на вводе, л/с; S – гидравлическое сопротивление, $\text{м} \cdot \text{с}^2/\text{л}^2$, или по формуле

$$h_{сч} = \left(\frac{q_{hr}}{q_{сч. \max}} \right)^2 \cdot 10,2, \text{ м}, \quad (2.3)$$

где q_{hr} – расчетный максимальный часовой расход, $\text{м}^3/\text{ч}$; $q_{сч. \max}$ – максимальный расход счетчика по паспорту, при давлении 1 бар, $\text{м}^3/\text{ч}$; 10,2 – коэффициент перевода бар в м вод. ст.

Водопроводные сети

Внутренняя водопроводная сеть состоит из трубопроводов, оборудованных необходимой арматурой, предназначенной для раздачи воды потребителям, отключения на случай ремонта отдельных участков, контроля и управления режимом подачи и потребления воды.

Для устройства водопроводных сетей холодного и горячего водоснабжения рекомендуют применять трубы пластмассовые, металлополимерные, из стеклопластика, стальные, чугунные и асбестоцементные. Допускается применять медные, бронзовые, латунные трубы и фасонные части к ним.

Пластмассовые трубы отличаются высокой химической стойкостью и меньшей шероховатостью, однако они имеют низкий предел прочности и значительный коэффициент линейного расширения. Поэтому трубопроводы прокладывают в бороздах, каналах, шахтах, применяя нежесткие крепления, отступы, изгибы, повороты для обеспечения свободной самокомпенсации. Для систем водоснабжения используют пластмассовые трубы

из полиэтилена высокой и низкой плотности, а также из полипропилена диаметром условного прохода 10 – 150 мм на давление до 1 МПа. Соединение труб между собой и с фасонными соединительными частями выполняют методом контактной сварки, а также с помощью фланцев и накидных гаек.

Стальные трубы водогазопроводные, оцинкованные и неоцинкованные изготавливают условным диаметром 10 – 150 мм; электросварные холоднодеформированные на давление 1 – 2,5 МПа изготавливают длиной 2 – 12 м. Стальные трубы, как более надежные, прочные, удобные в монтаже, применяют, в основном, для внутренних водопроводов. Для водопроводной сети, транспортирующей питьевую воду, используют стальные оцинкованные трубы, которые менее подвержены коррозии.

Чугунные трубы изготавливают условным диаметром 65 – 500 мм на давление до 1 МПа, длиной 2 – 6 м. Трубы обладают большой коррозионной стойкостью и долговечностью, поэтому их применяют для устройства вводов, внутриквартирных и микрорайонных сетей.

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

При выборе схемы водопроводной сети следует учитывать места размещения водоразборной арматуры на каждом этаже, условия подачи и режим потребления воды, удобство монтажа и ремонта всех трубопроводов. Выбранная схема сети должна иметь технико-экономическое обоснование. При проектировании систем водоснабжения стремятся к рациональному размещению трубопроводов, приблизив их к водозаборным устройствам. Например, в жилых и общественных зданиях водоразборную арматуру соединяют поэтажно стояками, прокладывая более короткие подводки к арматуре.

Трубопроводы прокладывают открытым или скрытым способом (рис. 2.7). Скрытая прокладка (в бороздах, шахтах, каналах, блоках, панелях, кабинах) применяется при повышенных требованиях к эстетике помещений. Борозды, в которых проложены трубы, закрывают щитами, оставляя смотровые люки для запорной арматуры и сборно-разборных соединительных частей труб (сгонов, накидных гаек и пр.). При пересечении строительных конструкций зданий трубопроводы прокладывают в стальных или пластмассовых футлярах (гильзах), избегая жесткой заделки с целью обеспечения самокомпенсации линейных удлинений при термических деформациях.

При открытой прокладке труб применяют различные способы крепления их к стенам, перегородкам, колоннам с помощью крючьев, хомутов, подвесок, кронштейнов. Открытая прокладка трубопроводов по сравнению со скрытой значительно экономичнее, позволяет вести постоянное наблюдение за состоянием трубопроводов, упрощает сборку и разборку их при ремонтных работах.

Горизонтальные участки трубопроводов прокладывают с уклоном 0,002 – 0,005 для возможности опорожнения их при производстве ремонтных работ. Участки трубопроводов, расположенные вблизи наружных дверей и в неотапливаемых помещениях, покрывают тепловой изоляцией. Устройство тепловой изоляции целесообразно также на трубопроводах, расположенных в отапливаемых помещениях, где на холодных поверхностях труб (в зимний период) наблюдается конденсация влаги, что усиливает их коррозию.

Арматура

Во внутренних водопроводах, в зависимости от назначения, различают арматуру: *запорную, водоразборную, регулировочную и предохранительную*. К трубопроводам арматуру присоединяют на резьбе или с помощью фланцев. Арматуру изготавливают из чугуна, стали, латуни, пластмассы.

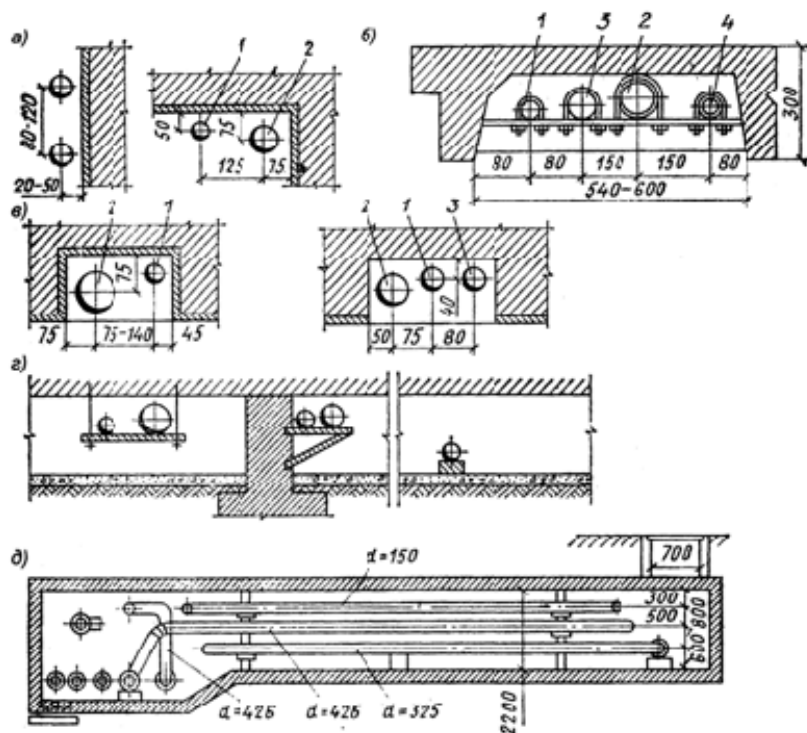


Рис. 2.7. Способы прокладки трубопроводов:

- а) открыто у стен; б) в шахтах; в) в бороздах; г) в подвале (подвеска на кронштейнах, и опорах);
 д) в каналах; 1 – водопровод; 2 – канализационный трубопровод;
 3 – трубопровод горячего водоснабжения; 4 – трубопровод системы отопления

По принципу перемещения затвора водопроводная арматура подразделяется на пять типов: вентильная, пробковая (крановая), дроссельная, шторная (задвижки) и клапанная (рис. 2.8).

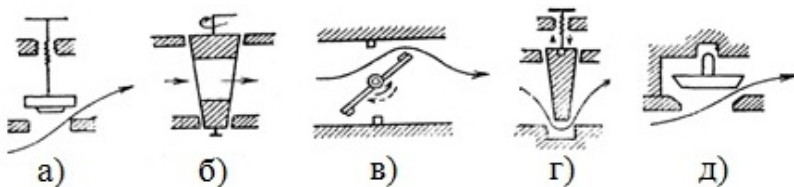


Рис. 2.8. Принципиальные схемы действия водопроводной арматуры:

- а) вентиль, б) пробкового крана, в) регулятора, г) задвижки, д) обратного клапана

Запорная арматура – пробковые проходные краны, запорные вентили, задвижки (рис. 2.9) – предназначена для отключения отдельных участков водопроводной сети. Запорную арматуру устанавливают: у основания стояков водопроводной сети в зданиях, имеющих более трех этажей; на всех ответвлениях от магистральных трубопроводов; на кольцевой магистральной сети, у основания пожарных стояков, на которых имеются пять и более пожарных кранов; на ответвлениях в каждую квартиру; на подводках к промывным канализационным устройствам (бачкам, смывным кранам), на подводках к водоподогревателям; перед наружными поливочными кранами; перед приборами и аппаратами специального назначения; на ответвлениях, питающих более трех водоразборных точек. Поплавковые клапаны, как и смывные краны, являясь водоразборными устройствами, могут быть отнесены к самозапирающейся арматуре.

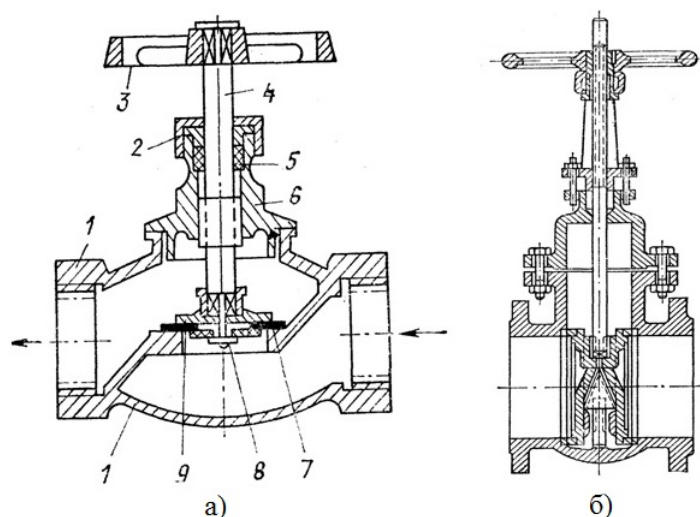


Рис. 2.9. Запорная арматура:

а) вентиль прямой; б) задвижка проходная; 1 – корпус; 2 – накидная гайка;
3 – маховик; 4 – шпindel; 5 – сальник; 6 – головка; 7 – резиновая прокладка;
8 – винт и шайба; 9 – клапан в сборке

На трубопроводах диаметром более 50 мм в качестве запорной арматуры устанавливают задвижки, а трубопроводах меньшего диаметра – вентили.

Водоразборная арматура – краны водоразборные, туалетные, смесительные, лабораторные, банные (рис. 2.10, а, б), поливочные, писсуарные, смывные, пожарные и т. д. В зависимости от вида перемещения затвора водоразборную арматуру подразделяют на два типа: вентильную и пробковую. Для вентильной арматуры основным элементом является затвор (клапан), который, перемещаясь возвратно-поступательно, частично или полностью постепенно открывает или закрывает отверстие для прохода воды. Основным элемент пробковой арматуры – коническая пробка с отверстием, при повороте которой на 90° происходит быстрое открытие или закрытие крана, что может вызвать гидравлический удар.

Выпускают водоразборные краны неповоротные, поворотные, банные (пробковые).

К водоразборной арматуре относятся также смесители, предназначенные для смешения холодной и горячей воды. Смесители устанавливают для умывальников (настенные и настольные), моек, ванн со стационарной душевой сеткой и с душевой сеткой на гибком шланге, душевых установок (рис. 2.10, в, г, д).

Для полива территорий вокруг зданий предусмотрены поливочные краны, оборудованные вентилями и быстросмыкающимися полугайками для присоединения гибких рукавов длиной 20 – 30 м (рис. 2.11). Размещают в нишах наружных стен зданий через каждые 60 – 70 м по его периметру на высоте 0,35 м от отмостки здания. На каждом трубопроводе подводки от сети внутреннего водопровода к поливочному крану устанавливают вентиль и спусковой кран (или пробку) для опорожнения на зимний период. При необходимости поливочные краны устанавливают внутри помещений на высоте 1,25 м от поверхности пола.

Водоразборные пожарные краны диаметром 50 и 65 мм представляют собой вентили с наружной и внутренней резьбой на концах для ввертывания в тройники пожарного стояка и для присоединения быстросмыкающихся полугаек.

Выпускается также специальная водоразборная арматура для лечебных зданий и лабораторий.

Регулировочная арматура (регуляторы расхода, напора, регулировочные вентили и т. п.) предназначена для регулирования расхода воды, а также для поддержания определенного напора в сети или перед водоразборными приборами. Регулировочная арматура обеспечивает нормальные условия эксплуатации водоразборной арматуры и повышает гидравлическую устойчивость всей системы. Регуляторы давления (напора), например, понижают избыточный напор и поддерживают его постоянным «после себя», поэтому их устанавливают на вводах в здания и квартиры, на этажах многоэтажных зданий и т. п.

Предохранительная арматура (предохранительные клапаны) предназначена для защиты от повреждения сети и оборудования при внезапном повышении напора. Пружинные или рычажные клапаны $d = 20 - 100$ мм применяют при давлениях до 1,6 МПа.

К предохранительной арматуре относятся также обратные клапаны различной конструкции, обеспечивающие движение воды в трубопроводе только в одном направлении. При движении воды в обратном направлении клапан прижимается водой к седлу и закрывает проход. Обратные клапаны устанавливают на вводах и на обвязках оборудования в системах с водонапорными баками и повысительными насосами.

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

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

2.4. Расчет внутренних водопроводов различного назначения.

Режимы и нормы водопотребления

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

Расчет внутреннего водопровода включает: определение суточного, среднечасового, максимального и минимального часового расходов воды в здании; гидравлический расчет отдельных участков расчетного направления водопроводной сети; подбор водосчетчика, водонапорных установок и другого оборудования.

Определение расчетных расходов воды во внутреннем водопроводе

Сети внутреннего водопровода рассчитываются на пропуск расчетных секундных расходов воды ко всем водоразборным устройствам в здании.

Показателем водообеспеченности сети служит подача нормативного расхода к диктующему водоразборному устройству (наиболее высоко и далеко расположенному)

от ввода водопровода в здание с максимальным значением свободного напора – H_f (см. прил. У). Расчет сети внутренних водопроводов производится по максимальному секундному расходу воды.

Максимальный секундный расход воды в здании q (общий q^{tot} , холодной q^c , горячей q^h), л/с, определяется по формуле

$$q = 5 \cdot \alpha \cdot q_0, \text{ л/с} \quad (2.4)$$

где $q_0(q_0^{tot}, q_0^c, q_0^h)$, л/с, – секундный расход воды одним прибором (см. прил. У).

При отсутствии данных о расходах воды и технических характеристиках санитарно-технических приборов в жилых и общественных зданиях допускается принимать: $q_0^{tot} = 0,3$ л/с, а для подачи холодной воды $q_0^c = q_0^h = 0,2$ л/с, где α – коэффициент, зависящий от произведения общего числа приборов N , т. е. $\alpha = f(PN)$; (см. табл. прил. Д).

Вероятность действия водоразборных устройств $P(P^{tot}, P^c, P^h)$ при наличии одинаковых потребителей в здании может быть определена по формуле

$$P = \frac{q_{hr,u} U}{3600 q_0 N}, \quad (2.5)$$

где $q_{hr,u}$ – норма расхода воды, л, потребителем в час наибольшего водопотребления, принимаемая по прил. Ф ($q_{hr,u}^c$ – норма расхода холодной воды потребителем, л/ч; $q_{hr,u}^{tot}$ – общая норма расхода воды потребителем, л/ч); U – количество жителей в здании. Эту величину можно определить, зная санитарную норму площади на одного человека f (региональный показатель), количество квартир в здании $n_{кв}$ и жилую площадь квартиры $F_{ж}$. Тогда средняя заселенность квартиры U_0 определится из выражения $U_0 = F_{ж}/f$, а значение U по формуле

$$U = U_0 n_{кв}. \quad (2.6)$$

В зданиях с одинаковыми потребителями на расчетных участках принимают значение P , определенное для всей системы водоснабжения, т. е. для N водоразборных устройств в здании.

Суточный расход воды со средним за год водопотреблением $Q_{сут,m}$ (общий $Q_{сут,m}^{tot}$, горячей $Q_{сут,m}^h$ или холодной $Q_{сут,m}^c$), м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте следует вычислять по формуле

$$Q_{сут,m} = \frac{\sum_1^m q_{m,u,i} \cdot U_i}{1000}, \quad (2.7)$$

где $q_{m,u,i}$ – норма расхода воды водопотребителем (общий $q_{m,u,i}^{tot}$, горячей $q_{m,u,i}^c$ или холодной $q_{m,u,i}^h$) в сутки (смену), л, принимается по нормам, установленным региональными органами власти. При отсутствии региональных норм (см. прил. Ф); m – количество групп водопотребителей; U_i – число водопотребителей различного типа.

Средний часовой расход воды q_T (общий q_T^{tot} , горячей q_T^c или холодной q_T^h), м³/ч, за период (сутки, смена) водопотребления вычисляют по формуле

$$q_T = \frac{Q_{сут,m}}{T}, \quad (2.8)$$

где $Q_{\text{сут},m}$ – расчетный (средний за год) суточный расход воды (общий $Q_{\text{сут},m}^{\text{tot}}$, горячей $Q_{\text{сут},m}^h$ или холодной $Q_{\text{сут},m}^c$), м³/сут; T – период водопотребления воды (сутки, смена), ч.

Максимальный часовой расход воды $q_{hr} \cdot (q_{hr}^{\text{tot}}, q_{hr}^c, q_{hr}^h)$, м³/ч, следует вычислять по формуле

$$q_{hr} = 0,005 \cdot \alpha_{hr} \cdot q_{0,hr}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.9)$$

где α_{hr} – коэффициент, зависящий от произведения общего числа приборов N , т. е. $\alpha_{hr} = f(P_{hr}N)$; $q_{0,hr} \cdot (q_{0,hr}^{\text{tot}}, q_{0,hr}^c, q_{0,hr}^h)$, л/ч – часовой расход воды санитарно-техническим прибором (см. прил. У).

Вероятность использования санитарно-технических приборов (возможность подачи прибором нормированного часового расхода воды) в течение расчетного часа $P_{hr}(P_{hr}^{\text{tot}}, P_{hr}^c, P_{hr}^h)$ в зданиях или сооружениях с одинаковыми водопотребителями может быть определена по формуле

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0}{q_{0,hr}}. \quad (2.10)$$

Минимальный часовой расход воды $q_{hr,\min}(q_{hr,\min}^{\text{tot}}, q_{hr,\min}^c, q_{hr,\min}^h)$, м³/ч, следует вычислять по формуле

$$q_{hr,\min} = q_T \cdot K_{\min}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.11)$$

где $K_{\min}$ – минимальный коэффициент часовой неравномерности, определяемый по табл. 2.1 в зависимости от максимального коэффициента часовой неравномерности.

Таблица 2.1

$K_{\max}$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
$K_{\min}$	1,0	0,74	0,54	0,4	0,29	0,21	0,14	0,1	0,07	0,04

Максимальный коэффициент часовой неравномерности вычисляют по формуле

$$K_{\max} = \frac{q_{hr}}{q_T}, \quad (2.12)$$

где q_{hr} – максимальный часовой расход воды (общий q_{hr}^{tot} , горячей q_{hr}^h или холодной q_{hr}^c), м³/ч; q_T – средний часовой расход воды (общий q_T^{tot} , горячей q_T^c или холодной q_T^h), м³/ч.

Гидравлический расчет внутреннего водопровода

Целью гидравлического расчета является определение экономически выгодных диаметров труб для пропуска расчетных расходов воды и потерь напора от диктующего (водоразборного устройства в здании) до места присоединения ввода к наружной водопроводной сети. Он проводится в такой последовательности.

Зная место расположения ввода в здание, на плане подвала здания проектируется разводка сети внутреннего водопровода и строится расчетная аксонометрическая схема внутренней водопроводной сети (см. рис. 2.25). На схеме выбирается расчетный стояк (самый удаленный от ввода) и расчетное направление от диктующего устройства до места присоединения ввода к наружному водопроводу.

Аксонометрическая схема разбивается на расчетные участки так, чтобы в пределах участка не изменялся расход (см. рис. 2.25).

Определяется количество водоразборных устройств N на расчетных участках.

Определяется расчетное количество жителей U в здании (формула 2.6).

Определяется величина вероятности действия водоразборным устройств P (формула 2.5).

На каждом участке определяется произведение P и N приборов, снабжающихся водой на данном участке (PN), а затем по полученному значению этого произведения определяется коэффициент α (см. прил. Д).

На каждом расчетном участке вычисляется секундный расход: q , л/с (формула 2.4).

Определяются длины расчетных участков.

По полученному расходу по таблицам гидравлического расчета (см. прил. Е, Ж, И, К, Л) выбирается диаметр d , мм, каждого расчетного участка, исходя из значения экономических скоростей движения воды $v_3 = 0,9 - 1,2$ м/с.

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

Для каждого выбранного диаметра расчетного участка определяют потери на единицу длины – $1000i$ (для удобства обращения с малыми числами значение i увеличено в 1000 раз) (см. прил. Е, Ж, И, К, Л).

Определяются потери напора на каждом расчетном участке

$$H_l = 1000iL(1 + k_l)/1000, \quad (2.13)$$

где коэффициент k_l учитывает потери на местные сопротивления в соединениях труб и арматуре. Для хозяйственно-питьевых водопроводов он принимается равным 0,3; L – длина расчетного участка сети, м.

Определяется сумма потерь напора в здании $H_{l,tot}$ от диктующего водоразборного устройства до водомерного узла. Потери на участке от водомерного узла до места присоединения ввода к наружному водопроводу (ВУ – Ввод) составляют потери на вводе $H_{вв}$.

Гидравлический расчет внутренней водопроводной сети сводится в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Расчетный участок	Длина участка l , м	Число водоразборных устройств N	Вероятность действия водоразборных устройств P	NP	Значение α	Расчетный расход воды q_p , л/с	Диаметр d , мм	Скорость V , м/с	Потери напора, м	
									на единицу длины i	на участке $h = il$
1 – 2 и т. д. Ввод										

После гидравлического расчета отдельных участков труб на главном расчетном направлении иногда производят расчет других распределительных трубопроводов (ответвлений). При однотипных конструктивных решениях участков водопроводной сети (стояки, подводки к водоразборной арматуре) диаметры отдельных трубопроводов принимают по аналогии с рассчитанными участками.

Определяется величина требуемого напора в здании $H_{тр}$, м:

$$H_{тр} = H_{geom} + H_{l,tot} + H_{вв} + h_{сч} + H_f, \quad (2.14)$$

где H_{geom} – геометрическая высота подъема воды, м, от отметки грунта у места присоединения ввода к наружной водопроводной сети до отметки диктующего водоразборного устройства; $H_{l,tot}$ – сумма потерь напора на расчетном направлении от водомерного узла до диктующего водоразборного устройства, м; $H_{вв}$ – потеря напора во вводе, м; $h_{сч}$ – потеря напора в водомере, м; H_f – рабочий (свободный) напор у диктующего водоразборного устройства, м, определяется по прил. У.

Система водоснабжения должна обеспечить подачу воды ко всем водоразборным устройствам (арматуре). При этом требуемый напор должен обеспечить подъем воды

до диктующего водоразборного устройства на высоту H_{geom} , возместить потери напора на преодоление всех сопротивлений по пути движения воды и создать необходимый рабочий (свободный) напор H_f , обеспечивающий нормативный расход q_0 , л/с.

Внутренний водопровод считается обеспеченным напором от наружного водопровода, если в точке присоединения ввода гарантированный (наименьший) напор $H_{гар}$ в наружной сети будет равен требуемому напору $H_{тр}$ для внутреннего водопровода, т. е. $H_{тр} = H_{гар}$.

Если располагаемый (фактический) напор $H_{расп}$ во вводе больше требуемого, то в сети внутреннего водопровода образуется избыточный напор

$$H_{изб} = H_{расп} - H_{тр}. \quad (2.15)$$

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

$$H_{изб} = H_{арм} - H_f, \quad (2.16)$$

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

$$q_a = q_0 + \Delta q = \sqrt{\frac{H_f + H_{изб}}{S_a}}, \quad (2.17)$$

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

Чем больше избыточный напор перед водоразборной арматурой, тем больше непроизводительные расходы воды. У водоразборной арматуры, расположенной на нижних этажах здания, фактические напоры всегда больше требуемых. Избыточные напоры в зданиях не только создают непроизводительные расходы воды, но и увеличивают потери воды, главным образом, через поплавковые клапаны смывных бачков. Эти клапаны, в дневное время отрегулированные на рабочий напор, в ночные часы не могут удерживать напор, возросший в наружном водопроводе в связи с уменьшением потребления воды в городе, в результате чего образуется утечка воды в канализацию.

2.5. Мероприятия по рациональному использованию воды

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

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

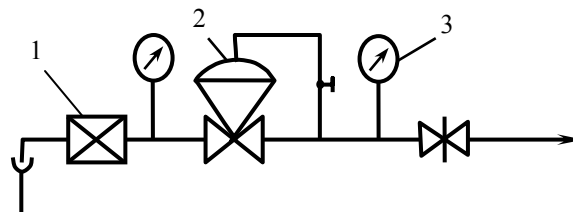


Рис. 2.12. Схема установки регулятора давления на вводе:

1 – водомерный узел; 2 – регулятор давления; 3 – манометр

Регуляторы давления (рис. 2.12) устанавливают на вводе в здание или группу зданий (особенно малой этажности), а также на вводах на этажах (главным образом, нижних) или в квартирах.

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

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

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

$$d = 28,9 \sqrt{\frac{q_p}{H_{изб}}}. \quad (2.18)$$

Установка регуляторов особенно целесообразна в многоэтажных зданиях, где есть значительная разница напоров у водоразборной арматуры в верхних и нижних этажах. Для обеспечения гидравлической устойчивости всей системы внутреннего водопровода регуляторы рекомендуются устанавливать на каждом этаже здания.

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

Коэффициент местного сопротивления ζ определяют по формуле

$$\zeta = H_{изб} / (A_m q_0^2), \quad (2.19)$$

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

$$A_m = \frac{16}{2g\pi^2 D^4}. \quad (2.20)$$

Для определения диаметра отверстия диафрагмы по коэффициенту местного сопротивления можно пользоваться графиком на рис. 2.13, где приведена зависимость коэффициента сопротивления диафрагмы от отношения диаметра ее отверстия к внутреннему диаметру штуцера или подводки арматуры.

Диафрагмы могут быть изготовлены из латуни, меди, нержавеющей стали, пластмассы и других материалов. Установка диафрагм у водоразборной арматуры показана на рис. 2.14.

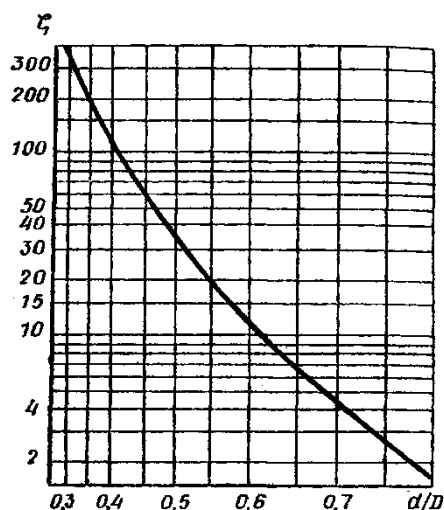


Рис. 2.13. Зависимость коэффициента сопротивления диафрагмы от отношения диаметров диафрагмы и трубы

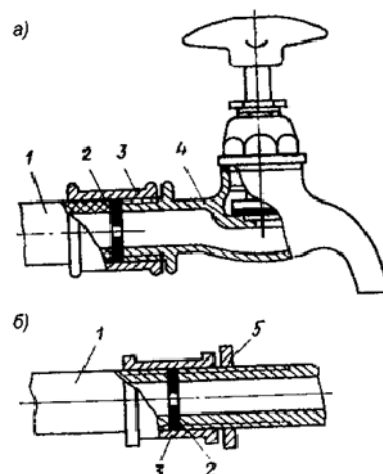


Рис. 2.14. Схема установки диафрагм: а) у водоразборной арматуры; б) в сгоны

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

Как видно из рис. 2.15, при параллельном зонировании требуется устройство двух сетей – для нижней и верхней зон. При параллельном зонировании снижаются избыточные напоры, сокращаются непроизводительные расходы воды и утечки, снижается общий расход воды на 11,7%, а расход электроэнергии – на 22%. Экономия электроэнергии, которая ранее затрачивалась на подачу бесполезно расходуемой воды, и экономия воды питьевого качества компенсируют дополнительные затраты на прокладку двух сетей. Расчеты подтверждают экономическую эффективность применения системы параллельного зонирования – срок окупаемости, в среднем, составляет 2,5 – 4,5 года (при нормативном сроке 8 лет).

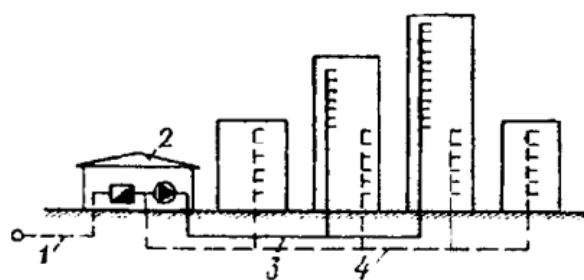


Рис. 2.15. Схема параллельного зонирования системы водоснабжения микрорайона с разноэтажной застройкой: 1 – ввод; 2 – здание ЦТП (центрального теплового пункта); 3 и 4 – сети верхней и нижней зон

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

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

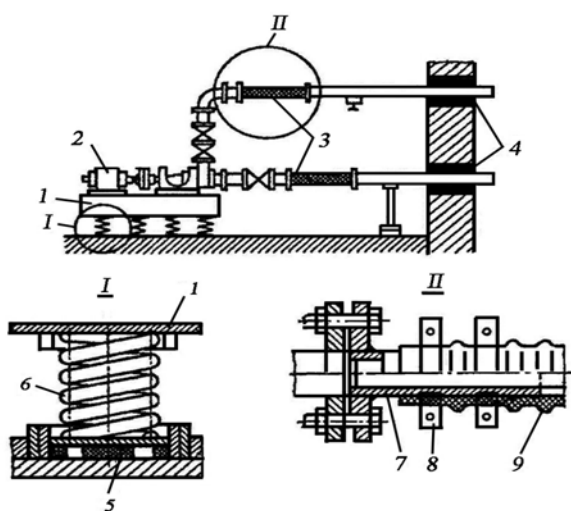


Рис. 2.16. Устройства для борьбы с шумом насосной установки:

- 1 – фундамент; 2 – насос; 3 – гибкая вставка; 4 – упругая прокладка; 5 – перфорированная резиновая прокладка; 6 – пружина; 7 – патрубок; 8 – хомут; 9 – резиновый армированный шланг

Увеличение шума от санитарно-технического оборудования наблюдается при повышении этажности, особенно в блочных и крупнопанельных зданиях. Воздушный и корпусной (структурный) шум механического происхождения возникает при плохом креплении золотников и клапанов арматуры. Основные меры борьбы с шумом должны устранять причины, вызывающие шумообразование, и предотвращать распространение шума от санитарно-технического оборудования по строительным конструкциям.

Для борьбы с шумом в санитарно-техническом оборудовании зданий принимают следующие меры (рис. 2.16):

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

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

• для уменьшения шума, возникающего в результате вибрации подающего трубопровода, применяют «грузовой» фильтр, жестко закрепленный на трубе, который изменяет резонансную частоту колебаний трубопровода;

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

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

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

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

2.6. Установки для повышения напора в сети водоснабжения зданий

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

Насосные повысительные водонапорные установки. В водонапорных установках применяют центробежные насосы, соединенные с электродвигателями. На всасывающих линиях каждого насоса устанавливают задвижку, а на напорной линии – обратный клапан, задвижку и манометр (рис. 2.17).

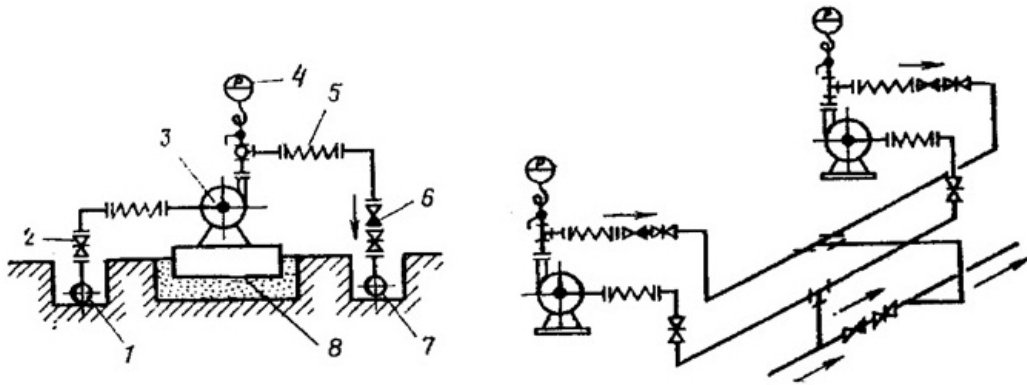


Рис. 2.17. Схема обвязки насосов:

1 – всасывающий трубопровод; 2 – запорная арматура; 3 – насос; 4 – манометр;
5 – вибровставка; 6 – обратный клапан; 7 – напорный трубопровод; 8 – плавающий фундамент

Число насосов определяют расчетом. Кроме рабочих насосов предусматривается установка резервных, число которых зависит от числа рабочих насосов. При установке от одного до трех рабочих насосов принимают один резервный, а при установке от четырех до шести насосов – два резервных для насосных станций второй категории надежности подачи воды. В общее число рабочих насосов включают противопожарные насосы.

Насосные установки монтируют с последовательным или параллельным соединением насосов. Для увеличения расхода подаваемой воды в сеть внутреннего водопровода насосы соединяют параллельно, а для повышения напора в сети – последовательно. Размещают насосы отдельно – в помещении центрального теплового пункта, бойлерной, котельной или в помещении подземной насосной, которое должно быть теплым, сухим, светлым, оборудованным вентиляцией и искусственным освещением, должно иметь отдельный выход наружу и быть изолированным от других помещений. Не допускается устанавливать насосы непосредственно под рабочими комнатами и жилыми помещениями.

Насосные установки проектируют с ручным, дистанционным или автоматическим управлением. Автоматизация работы насосных установок повышает надежность насосно-силового оборудования, сокращает эксплуатационные расходы.

На насосных станциях может быть обеспечено автоматическое регулирование подачи и напора насосов путем дросселирования на входе или выходе воды из насосов, либо изменением частоты вращения рабочих колес насосов с помощью электромагнитных муфт скольжения или гидравлических муфт.

При заборе воды из наружной водопроводной сети повысительные насосы устанавливают с применением обводной трубы, оборудованной обратным клапаном и задвижками для пропуска воды в водопроводную сеть здания, минуя насосы. Если сеть питается от нескольких вводов, то их перед насосами объединяют. Насосы устанавливают в здании после водомерных узлов.

Подачу насосов определяют в зависимости от принятой системы внутреннего водопровода с учетом режима потребления и подачи воды. Так, например, в системе без водонапорного бака подача насосов q^{sp} принимается равной максимальному расчетному секундному расходу воды q_p . В системе с водонапорным или гидропневматическим баком подача насосов q^{sp} , работающих в повторно-кратковременном режиме, принимается не менее максимального часового расчетного расхода воды q_{hr} ($\text{м}^3/\text{ч}$).

Напор (давление), который должны создавать насосы (недостающий напор), зависит от минимального (гарантированного) напора в наружной сети (до насоса) и требуемого напора для обеспечения подачи расчетного количества воды к диктующему водоразборному устройству, т. е.

$$H_p = 1,2 \cdot (H_{\text{тр}} - H_{\text{гар}}), \quad (2.21)$$

где $H_{тр}$ – требуемый напор в здании [см. формулу (1.10)]; $H_{гар}$ – за данный гарантированный напор в сети наружного водопровода, м; 1,2 – коэффициент запаса.

Мощность электродвигателя насоса определяют по формуле

$$N_{эд} = q^{sp} H_p \beta / (102 \eta_n \eta_{эд}), \quad (2.22)$$

где q^{sp} – производительность насоса, л/с; H_p – напор насоса; η_n , $\eta_{эд}$ – КПД насоса (0,7 – 0,75) и электродвигателя (0,9 – 0,95); β – коэффициент запаса, учитывающий перегрузку; для электродвигателей мощностью до 0,8 кВт $\beta = 2$; до 2 кВт $\beta = 1,5$; до 4 – 10 кВт $\beta = 1,2 – 1,1$.

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

После остановки насоса вода поступает в сеть под напором сжатого воздуха. В зависимости от напора (давления) в пневмобаке различают пневматические установки с переменным и постоянным давлением (рис. 2.18). Бескомпрессорные установки относят к пневматическим установкам с переменным давлением.

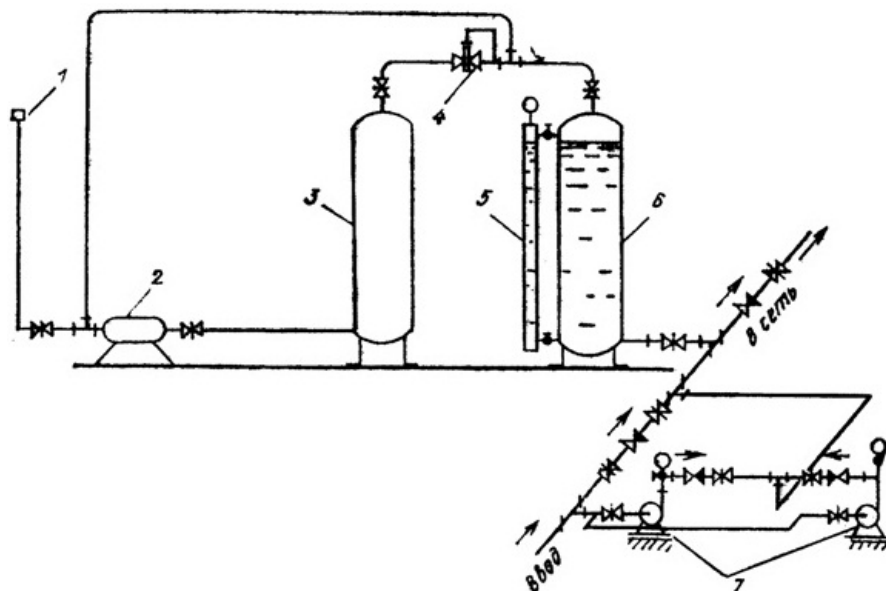


Рис. 2.18. Схема пневматической установки постоянного давления:

1 – фильтр; 2 – компрессор; 3 – воздушный резервуар (котел); 4 – редукционный клапан (регулятор давления); 5 – указатель уровня; 6 – водяной резервуар; 7 – насосы

Пневматические установки комплектуют с двумя баками (водяным и воздушным) или с одним водовоздушным (гидропневматическим). Размер гидропневмобака определяют с учетом требуемых объемов воды и воздуха. Объем воды в пневмобаке может состоять из регулирующего и запасного объема или только из регулирующего – в зависимости от назначения установки.

Общий объем (водовоздушного) гидропневмобака определяют по формуле

$$V = W \frac{B}{1 - A}, \quad (2.23)$$

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

Минимальный напор P_1 (давление в баке) должен быть не меньше расчетного требуемого напора в системе внутреннего водопровода, обслуживаемого пневматической установкой, а максимальный P_2 – не более 0,45 МПа – для хозяйственно-питьевого водопровода, не более 0,9 МПа – для противопожарного и не более 1 МПа – для спринклерных систем пожаротушения.

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

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

Насосные установки с гидропневмобакми, работающие в повторно-кратковременном режиме, смогут быть применены для повышения напора во внутренних водопроводах различных зданий, в том числе и многоэтажных при постоянном недостатке напора на вводе. Наибольшее распространение получили пневматические установки, оборудованные однокамерными гидропневматическими баками. Однако при непосредственном соприкосновении сжатого воздуха с водой уменьшается его запас и значительно увеличивается частота включения насосов, что приводит к преждевременному износу установки.

Водонапорные баки предназначены для аккумуляции воды (как регулирующие емкости) при колебании количества воды, поступающей в баки и расходуемой потребителями из баков, а также для сохранения запаса воды, часто необходимого на противопожарные или технологические нужды.

Водонапорные баки размещают в специальных пристройках, башнях, на чердаках, технических этажах. Помещение для баков должно быть изолировано, оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией, освещением и отоплением. Обвязка баков (рис. 2.19) трубопроводами и запорной арматурой должна предусматривать удобство их эксплуатации.

Объем баков составляет 0,5 – 20 м^3 в зависимости от объема здания, режима водопотребления и режима подачи воды в баки.

В здании используют не менее двух баков, чтобы обеспечить бесперебойную подачу воды на случай чистки и ремонта. В крышке бака оставляют люк для осмотра и окраски.

Водонапорные баки изготовляют цилиндрической или прямоугольной формы из листовой стали с антикоррозионным нетоксичным покрытием. Под баком устраивают

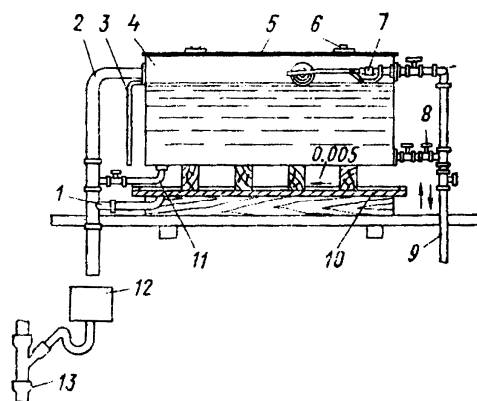


Рис. 2.19. Водонапорный бак:
1 – сливная труба; 2 – переливной трубопровод; 3 – сигнальный трубопровод; 4 – бак; 5 – крышка; 6 – люк; 7 – поплавковый клапан; 8 – обратный клапан; 9 – подающая и расходная труба; 10 – поддон; 11 – спускная труба; 12 – промежуточный бачок; 13 – стояк

поддон из железобетона или листового металла для сбора конденсирующейся влаги и отвода ее сливной трубой.

Баки оборудуют подающим, разводящим, спускным, переливным и сигнальным трубопроводами. Подающий и разводящий трубопроводы присоединяют к водопроводной сети по двухтрубной схеме, когда применяют сеть с нижней разводкой магистрали, или по однетрубной схеме, когда принимают водопроводную сеть с верхней разводкой. Подающий трубопровод оборудуют запорной арматурой и двумя поплавковыми клапанами диаметром не более 50 мм.

Переливной трубопровод имеет диаметр в два раза больший, чем подающий, и присоединяется к баку на 100 мм выше подающего трубопровода. К переливному трубопроводу присоединяют спускной и сливной трубопроводы диаметрами, соответственно, 40 – 50 и 25 – 32 мм. Переливной трубопровод прокладывают до ближайшего стояка внутреннего водостока или канализации, где с разрывом струи и с гидрозатвором устанавливают переливной промежуточный бачок объемом 0,15 м³. На подающей, разводящей и спускной трубах у бака должна быть установлена запорная арматура. На сигнальном, сливном и переливном трубопроводах запорную арматуру не устанавливают.

Объем водонапорного бака в кубических метрах (м³) определяют в зависимости от регулирующего и запасного объемов

$$V_6 = BW + W_1, \quad (2.24)$$

где W – регулирующий объем воды, м³; W_1 – запасной объем воды (на тушение пожара или по технологическим требованиям); B – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,1 – 1,3 в зависимости от режима работы насосных установок (непрерывного или повторно-кратковременного).

При проектировании водонапорных баков следует определять высоту их расположения, м, над отметкой размещения диктующего водоразборного устройства

$$H_6 = \sum h_6 + H_f, \quad (2.25)$$

где $H_6 = z_6 - z_0$ (z_6 – отметка для бака; z_0 – отметка диктующего прибора); $\sum h_6$ – сумма потерь напора по длине и в местных сопротивлениях от диктующего прибора до дна бака; H_f – рабочий напор у диктующего водоразборного устройства.

Необходимость устройства специального помещения и обеспечения циркуляции воды с целью предотвращения ухудшения ее качества, значительные нагрузки на перекрытие, обязательная чистка, покраска баков – существенные недостатки водонапорных негерметичных баков.

2.7. Противопожарные водопроводы зданий

Противопожарные водопроводы. Для защиты зданий и отдельных объектов от пожаров устраивают наружные и внутренние противопожарные водопроводы.

Внутренние противопожарные водопроводы, в зависимости от огнеопасности и этажности зданий, устраивают отдельными или объединенными с водопроводом другого назначения. Противопожарные водопроводы состоят из сети трубопроводов с запорной арматурой и водоразборными пожарными кранами, водопитателя – насосных установок. В зданиях, требующих повышенной защиты, применяют автоматические (спринклерные и дренчерные) и полуавтоматические системы.

Противопожарные водопроводы в соответствии с требованиями СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности» устраивают: в жилых одно- и многосекционных зданиях высотой 12 этажей и более; зданиях управлений высотой от 6 этажей; общежитиях и общественных зданиях, административно-бытовых зданиях промышленных предприятий объемом 5000 м³ и более; клубах с эстрадой, театрах, кинотеатрах, актовых и конференц-залах, оборудованных киноаппаратурой.

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

Максимальный напор в объединенном противопожарном водопроводе на отметке наиболее низко расположенного водоразбора и пожарного крана должен быть не более 45 м, а у раздельного противопожарного водопровода – не более 90 м.

В состав оборудования пожарного крана входят: пожарный вентиль диаметром 50 или 65 мм, присоединенный к ответвлению стояка; пеньковый рукав (шланг) того же диаметра длиной 10, 15 и 20 м с быстросмыкающимися полугайками и пожарный ствол с наконечником (спрыском) диаметром 13, 16 и 19 мм (рис. 2.20).

Пожарные краны размещают в шкафчиках с надписью ПК на высоте 1,35 м над полом в легкодоступных местах (в вестибюлях, коридорах, на лестничных площадках и пр.).

Сети противопожарных водопроводов с числом пожарных кранов более 12 должны быть закольцованы и присоединены к наружным сетям не менее чем двумя вводами. В многоэтажных зданиях противопожарный водопровод проектируют с горизонтальным и вертикальным кольцеванием магистралей, а также с зонированными сетями каждой зоны. Для зданий высотой 17 этажей и более применяют спаренные стояки, закольцованные вверху и внизу перемычками с вентилями. Для устройства противопожарного водопровода допускается применять черные (неоцинкованные) стальные трубы. На кольцевой сети устанавливают запорные ventили или задвижки из расчета отключения не более пяти пожарных кранов и не более одного стояка. Стояки рекомендуется объединять перемычками со стояками хозяйственно-питьевого водопровода. Необходимо, чтобы арматура и пожарные краны выдерживали рабочее давление не менее 1 МПа.

Число пожарных кранов в системе назначают с учетом орошения всех площадей помещений здания расчетным числом компактных (нераздробленных) струй. Радиус действия пожарного крана определяется как сумма длины пожарного рукава и длины компактной части струи, равной высоте защищаемого помещения, но не менее 6 м для жилых и других зданий высотой до 50 м и 8 м – при высоте жилых зданий более 50 м (рис. 2.21).

Расчетный секундный расход воды на нужды пожаротушения определяют по формуле

$$q_{\text{пож}} = q_{0n} \cdot n_{\text{ст}}, \quad (2.26)$$

где $n_{\text{ст}}$ – число одновременно действующих пожарных струй; q_{0n} – расчетный расход воды на одну струю, л/с.

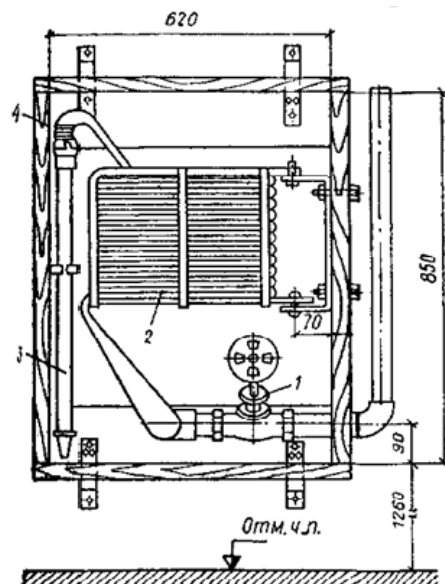


Рис. 2.20. Пожарный кран в сборе: 1 – вентиль; 2 – рукав; 3 – ствол; 4 – шкаф

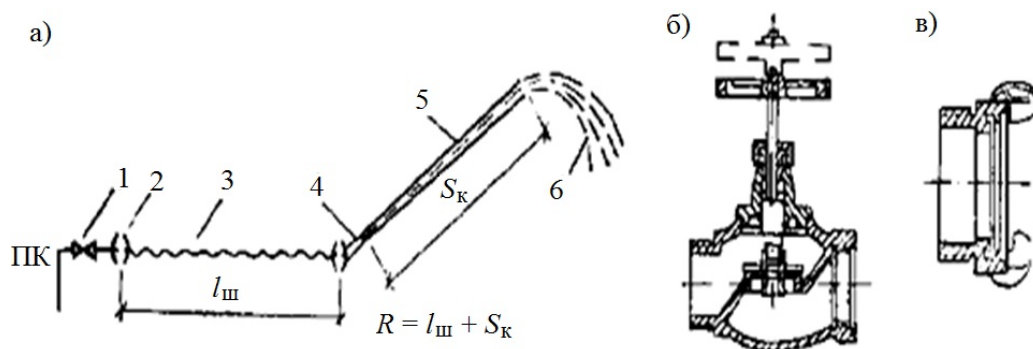


Рис. 2.21. Схема действия пожарного крана:

- а) схема работы пожарного крана; б) вентиль пожарного крана; в) быстросмыкающаяся полугайка;
 1 – пожарный вентиль; 2 – полугайка; 3 – рукав; 4 – пожарный ствол с наконечником;
 5 – компактная часть струи; 6 – раздробленная часть струи

Расчетный расход воды (производительность одной струи) $q_{0н}$ зависит от диаметра пожарного крана, высоты компактной струи, диаметра spryska наконечника пожарного ствола, напора, длины и диаметра пожарного рукава.

Для получения пожарных струй с расходом воды до 4 л/с принимают пожарные краны и рукава диаметром 50 мм, а с большим расходом воды – диаметром 65 мм. Общий расход воды на пожаротушение для здания определяют с учетом продолжительности тушения пожара в течение 3 ч.

Потери напора в пожарных непрорезиненных рукавах определяют по формуле

$$h_{ш} = A_{ш} \cdot l_{ш} \cdot q_{0н.к}^2, \quad (2.27)$$

где $q_{0н.к}$ – расход воды пожарной струи, л/с; $A_{ш}$ – коэффициент сопротивления шланга: при $d_{ш} = 50$ мм $A_{ш} = 0,012$, при $d_{ш} = 65$ мм $A_{ш} = 0,00385$; $l_{ш}$ – длина шланга, м.

Потери напора в объединенных противопожарных водопроводах определяют при диаметрах, принятых в расчете водопроводной сети на пропуск максимального хозяйственно-питьевого или производственного расхода воды. Проверочный гидравлический расчет обычно выполняют для участков магистральных трубопроводов. Если при этом скорости движения воды окажутся слишком большие (более 3 м/с), то гидравлический расчет повторяют при больших диаметрах трубопроводов.

Требуемый напор (давление), обеспечивающий подачу расчетных пожарных струй воды, определяют по формуле

$$H_{тр.п} = H_{г.п} + \sum h_n + H_{fnk}, \quad (2.28)$$

где $H_{г.п}$ – геометрическая высота подачи воды от ввода до диктующего пожарного крана, расположенного выше и дальше других от ввода; $\sum h_n$ – сумма потерь напора по длине расчетного направления от диктующего пожарного крана до ввода и потерь на местные сопротивления, которые составляют 10% потерь по длине для отдельных пожарных водопроводов или 20% – для объединенных водопроводов; H_{fnk} – рабочий напор у диктующего пожарного крана, м, который расходуется на преодоление сопротивления в кране, рукаве и стволе, а также на создание необходимой длины компактной части струи.

При проектировании противопожарного водопровода должны быть определены: расчетный расход воды в соответствии с требованиями норм и с учетом обеспечения необходимой длины компактной струи у диктующего пожарного крана; требуемое число пожарных кранов на всех этажах здания; аксонометрическая схема и конструирование сети (трассировка труб и размещение пожарных кранов); диаметры сетей; требуемые напоры у диктующего пожарного крана и на вводе; тип пожарных насосов; устройства, обеспечивающие требуемый неприкосновенный запас воды и рабочий напор (водонапорный или гидропневматический бак).

Автоматические спринклерные и дренчерные системы гасят очаг пожара без участия человека с одновременной подачей сигнала пожарной тревоги. Такие системы устанавливают в помещениях, где огонь может возникнуть и быстро распространиться (помещения книгохранилищ, библиотек, окрасочные цеха и т. д.).

Автоматические спринклерные системы (рис. 2.22, а) состоят: из водопитателей, в которые входят наружная сеть, гидропневматический 9 и водонапорный 15 баки; подводящих трубопроводов 14; контрольно-сигнального клапана 13 (КСК); сплинклерной сети, включающей в себя подающие 12 и распределительные 11 трубопроводы; сплинклерных оросителей (сплинклеров) 10. Контрольно-сигнальный клапан и трубопроводы за ним образуют секцию, которую можно быстро отключить для ремонта.

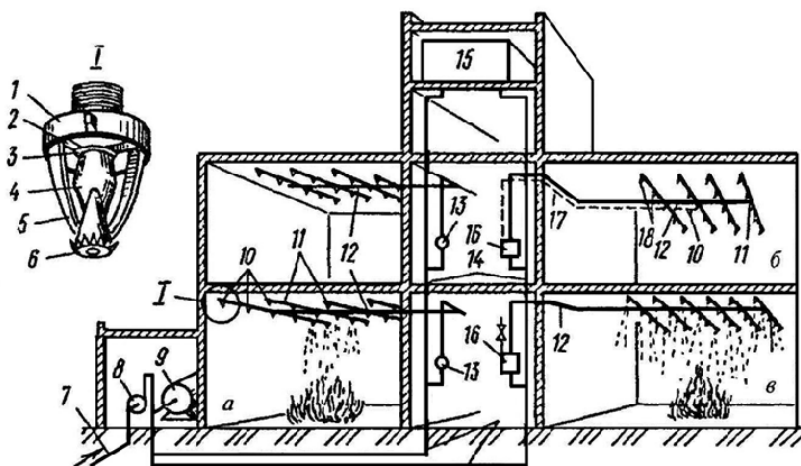


Рис. 2.22. Противопожарные системы:

- а), б) автоматические соответственно сплинклерная и дренчерная; в) полуавтоматическая дренчерная; 1 – штуцер; 2 – диафрагма; 3, 13, 16 – клапаны;
4 – пластина замка; 5 – рама; 6 – розетка; 7 – ввод; 8 – насос; 9, 15 – баки;
10 – сплинклеры; 11, 12, 14, 17 – трубопроводы; 18 – дренчеры

Сплинклеры 10, включающиеся при повышении температуры и заливающие очаг пожара, состоят из штуцера 1 с рамой 5 и розеткой 6, диафрагмы 2 с отверстием, которое закрывается стеклянным клапаном 3. Клапан прижат к отверстию термочувствительным замком, который состоит из трех пластинок 4, сплавленных легкоплавким припоем. При возникновении пожара припой под действием температуры плавится, замок распадается, давление воды выбивает клапан, вода ударяясь о розетку 6, разбрызгивается и орошает площадь до 12 м². Из всех установленных сплинклеров вскрывается только их часть, расположенная над очагом пожара.

Автоматические дренчерные системы (рис. 2.22, б) по конструкции аналогичны сплинклерным. В качестве оросителей в них используются дренчеры 18 – устройства, аналогичные сплинклерам, но без клапана и термочувствительного замка. Вода подается в дренчеры по распределительному трубопроводу 11 при открытии клапана группового действия 16, который управляется сплинклером, установленным на побудительном трубопроводе 17. При возникновении пожара сплинклер вскрывается, групповой клапан открывается и вода, поступающая через все дренчеры, заливает очаг пожара.

Полуавтоматические дренчерные системы (рис. 2.22, в) дистанционного действия включаются людьми при возникновении пожара или опасности его распространения. Такие системы устроены так же, как автоматические дренчерные, но не имеют побудительного трубопровода и клапана группового действия. Пуск системы осуществляется задвижкой с электроприводом или обычной задвижкой, находящейся в узле управления.

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

Специальные питьевые водопроводы применяют в горячих или холодных цехах и помещениях промышленных предприятий для подачи специально приготовленной (подсоленной, охлажденной, газированной) воды. В состав оборудования таких водопроводов входят: установки для водоподготовки, распределительная сеть трубопроводов, запорная и водоразборная арматура, контрольно-измерительные приборы.

В качестве водоразборной арматуры применяют краны, автоматы, питьевые фонтанчики с ножным или локтевым пуском. Для устройства распределительной сети используют трубы из некоррозионных материалов (пластмассовые, стеклянные, из нержавеющей стали и др.). Прокладывают их открытым способом, обеспечивая легкий доступ и осмотр.

Системы водоснабжения производственных, сельскохозяйственных и других зданий различаются по конструкции, количеству и качеству воды, а также необходимому напору. Вопросы снабжения водой решаются в соответствии с требованиями технологии производства. Вода подвергается различным способам очистки (осветлению, дистилляции, обезжелезиванию, умягчению и др.).

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

При проектировании производственного водопровода предусматривают оборотные системы водоснабжения или системы с повторным использованием воды. С целью экономии и рационального использования природной воды на промышленных предприятиях целесообразно проектировать бессточные системы технического водоснабжения, предусматривающие очистку производственных стоков и возврат их в систему водоснабжения. Для методики проектирования современных промышленных зданий характерны укрупнение и блокировка, что приводит к созданию зданий большой площади (до 10 – 20 га). В таких зданиях применяют специальные решения по инженерным коммуникациям. Например, совместная прокладка магистральных наружных трубопроводов с внутрицеховыми сетями.

Системы теплоснабжения и вентиляции не могут функционировать без воды. При проектировании систем теплоснабжения и вентиляции необходимо знать требования, предъявляемые к качеству и количеству потребляемой воды, и способы, обеспечивающие надежное и бесперебойное водоснабжение. В системах отопления и горячего водоснабжения используют природную воду из централизованной системы населенного пункта или предприятия, которую предварительно очищают в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074–01. Однако в такой воде остаются растворенные соли жесткости, которые при нагревании воды выпадают в осадок, образуя отложения, и растворенные газы, ускоряющие коррозионные процессы в трубопроводах и оборудовании систем отопления и ГВС. В связи с этим необходимы дополнительная обработка воды на специальных установках по водоподготовке: стабилизационная обработка на магномассовых фильтрах, применение ионообменных фильтров, термическая деаэрация, магнитная обработка, реагентная обработка (фосфатирование, сульфатирование и др.).

Системы кондиционирования воздуха предназначены для очистки и подготовки воздуха с целью достижения его определенных параметров (температуры, относительной влажности, чистоты, состава, скорости движения), необходимых для различных помещений: больниц, музеев, театров, библиотек, архивов и т. п. Воздух в кондиционерах подвергают подогреву или охлаждению, увлажнению или осушению, очистке от пыли и запахов. Эти процессы осуществляются в кондиционерах. В качестве теплоносителя используют

горячую воду или пар, а для охлаждения воздуха – холодную воду (мокрый способ), которая разбрызгивается в оросительных камерах. Воду охлаждают в специальной холодильной установке или используют холодную артезианскую воду из подземных источников. При увлажнении воздуха водой, когда ее температура ниже точки росы обрабатываемого воздуха, происходит его осушение. Охлаждение воздуха (сухой способ) производится в поверхностных охладителях (калориферах), в трубах которых протекает холодная вода или другой хладагент.

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

Для работы всех кондиционеров и калориферов обычно применяют воду питьевого качества из централизованной системы водоснабжения. В качестве хладагента возможно использовать артезианскую воду, предварительно подвергнув ее дополнительной обработке.

Водоснабжение установок пылеудаления. Централизованные системы пылеудаления состоят из сети воздухопроводов, оборудованных приемными клапанами, циклонов, фильтров, вакуумных водокольцевых машин и водоотделителей. К клапанам для одновременной работы присоединяют несколько гибких шлангов со щетками и сменными отсосами. Сеть воздухопроводов каждой системы состоит из нескольких стояков и сборных магистральных воздухопроводов, по которым загрязненный воздух отсасывается водокольцевым вакуумным вентилятором.

Двухступенчатая очистка воздуха от пыли достигается в циклонах, оборудованных водяными барботерами, и в ячейковых фильтрах. В среднем с 1 м^2 система задерживает пыли 3 г/сут. Вода для водяного барботирования и для работы водокольцевых вентиляторов поступает из внутреннего здания. Загрязненная вода сбрасывается в водоотводящую сеть.

Для грубой и средней очистки воздуха от пыли применяют **циклоны-промыватели СИОТ**. Улавливание пыли в циклоне происходит вследствие осаждения ее на смоченные стенки корпуса и при промывке воздуха водой, которая распыляется воздушным потоком во входном патрубке. Воду подают на днище водораспределителя, расположенного в верхней части циклона, и во входной патрубок от водонапорного бака с шаровым клапаном. Загрязненная вода после циклона может быть отведена в канализацию или повторно использована в оборотном цикле после очистки. Расход воды в циклонах составляет $0,1 - 9,45 \text{ м}^3/\text{ч}$ в зависимости от их размеров и скорости движения воздуха во входном патрубке.

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

В системах теплоснабжения и вентиляции большое значение имеет применение оборотных систем водоснабжения, в частности, систем для охлаждения компрессоров, кондиционеров и др. Применяют импортные и отечественные установки для охлаждения воды – градирни.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие разновидности систем водоснабжения зданий вы знаете?
2. Из каких основных элементов состоит система внутреннего водоснабжения?
3. На основании чего подбирается схема водоснабжения здания?
4. В чем особенность зонных систем водоснабжения зданий?
5. Что является вводом водопровода?
6. Какова глубина заложения ввода? От чего зависит эта величина?
7. Каково устройство водомерного узла?
8. В соответствии с какими условиями подбирается марка водосчетчика?
9. Какие виды арматуры вы знаете? Где они предусматриваются?
10. Из каких труб может монтироваться водопроводная сеть?
11. Каковы особенности прокладки водопроводных труб?
12. Для чего предусматриваются поливочные краны? Где и как часто устанавливаются?
13. Каковы режимы и нормы водопотребления?
14. В чем заключается расчет внутреннего водопровода?
15. Что называется требуемым напором и как он определяется?
16. В чем заключается гидравлический расчет внутренней системы водоснабжения?
17. Какие существуют способы стабилизации напоров и борьбы с непроизвольными расходами воды?
18. Какие мероприятия предусматриваются для борьбы с шумом в системах внутреннего водопровода?
19. Каким образом осуществляется подбор насосных повысительных установок?
20. Каковы виды повысительных установок предусматриваются во внутреннем водопроводе?
21. В каких зданиях предусматривается противопожарный водопровод?
22. В чем заключается отличие полуавтоматических противопожарных систем от автоматических?
23. Для каких целей в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования предусматривается водопроводная вода?

Тесты к разделу

1. Системы водоснабжения, предназначенные для обеспечения потребителей питьевой водой на хозяйственно-бытовые, санитарно-гигиенические и другие нужды:
 - а) производственные;
 - б) сельскохозяйственные;
 - в) хозяйственно-питьевые;
 - г) противопожарные.
2. По сфере обслуживания производственно-противопожарные системы водоснабжения относятся:
 - а) к обратным;
 - б) к объединенным;
 - в) к единым;
 - г) к повторному использованию воды.
3. Для возможности опорожнения ввод укладывают с уклоном:
 - а) 0,001 – 0,002 в сторону водомерного узла;
 - б) 0,003 – 0,005 в сторону наружной водопроводной сети;

- в) 0,02 – 0,03 в сторону наружной водопроводной сети;
 - г) 0,003 – 0,005 в сторону магистрали внутренней водопроводной сети.
4. К водоразборной арматуре не относятся:
- а) смесители для моек;
 - б) лабораторные краны;
 - в) обратный клапан;
 - г) нет верного ответа.
5. Поливочные краны размещаются:
- а) у наружных стен здания через каждые 50 – 60 м по его периметру на высоте 0,20 м от уровня земли;
 - б) в нишах наружных стен здания через каждые 60 – 70 м по его периметру на высоте 0,35 м в отступке здания;
 - в) на расстоянии 0,35 м от наружных стен здания через каждые 80 – 90 м по его периметру на высоте 0,8 м от поверхности земли;
 - г) в нишах наружных стен здания через каждые 40 – 50 м по его периметру на высоте 0,75 м в отступке здания.

Лабораторные работы к разделу

Лабораторная работа № 1

Расходные характеристики водоразборной арматуры

Цель работы: установить зависимость расхода воды в водоразборной арматуре от величины напора в подводке.

Общие сведения: водоразборная арматура является одним из самых важных элементов внутреннего водопровода. Одним из гидравлических показателей работы водоразборной арматуры является зависимость расхода от напора в подводке при различных значениях относительного открытия: $Q=f(H)$ – расходная характеристика. В соответствии с требованиями СП 30.13330.2016 существуют нормативные расходы воды q_0 при соответствующих свободных напорах H_f в подводках для всех видов водоразборной арматуры (см. прил. У).

Описание установки: для проведения лабораторной работы необходимо использовать водоразборную арматуру лаборатории гидравлики, в частности, умывальник со смесителем. Схема подводки показана на рис. 2.23.

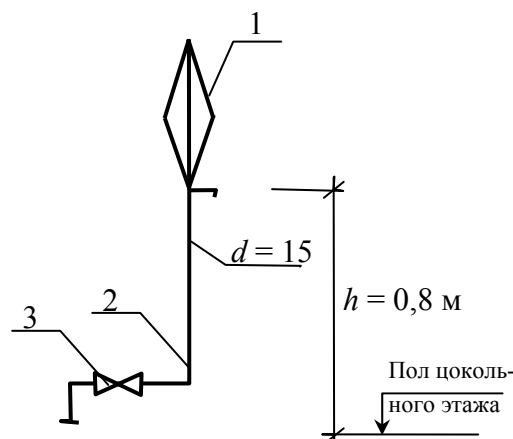


Рис. 2.23. Схема подводки к исследуемой водоразборной арматуре:
1 – водоразборная арматура; 2 – подводка к арматуре; 3 – запорная арматура

Методика проведения опыта и обработка опытных данных:

1. Открыть водоразборную арматуру 1 так, чтобы вытекающая из него струя была толщиной со спичку.

2. Замерить расход объемным способом

$$Q_1 = \frac{W_1}{T_1}, \quad (2.29)$$

где W_1 – объем воды в мерной колбе, см^3 ; T_1 – время наполнения колбы, с.

3. Опыт повторить при том же раскрытии крана

$$Q_2 = \frac{W_2}{T_2}. \quad (2.30)$$

4. Вычислить среднеарифметическое значение расхода

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2}. \quad (2.31)$$

5. Провести десять опытов при различном открытии крана до его полного открытия, после чего закрыть кран и занести данные в табл. 2.3.

6. Вычислить S_a – гидравлическое сопротивление водоразборной арматуры, $\text{м} \cdot \text{с}^2/\text{л}^2$, по формуле

$$S_a = \frac{H_f}{q_0^c}, \quad (2.32)$$

где q_0^c – нормативный расходы холодной воды для раковины с водоразборной арматурой, л/с; H_f – свободный напор, м.

7. Рассчитать значения фактического свободного напора в соответствии с определенными опытными величинами расхода по формуле

$$H = S_a \cdot Q^2. \quad (2.33)$$

8. Построить графическую зависимость $Q = f(H)$.

9. С помощью построенного графика найти фактический свободный напор в подводке, соответствующий расходу в водоразборной арматуре, при полном открытии. Сравнить фактические значения с нормативными. Дать анализ графической зависимости $Q = f(H)$. Сделать вывод.

Таблица 2.3

Результаты замеров и вычислений

Номер опыта	$W_1, \text{см}^3$	$T_1, \text{с}$	$Q_1, \text{см}^3/\text{с}$	$W_2, \text{см}^3$	$T_2, \text{с}$	$Q_2, \text{см}^3/\text{с}$	$Q, \text{см}^3/\text{с}$	$Q, \text{л/с}$	$S_a, \text{м} \cdot \text{с}^2/\text{л}^2$	$H, \text{м}$
1										
2										
и т. д.										

Элементы научного исследования:

1. Привести принципиальную схему и описание действия исследованной водоразборной арматуры.

2. Провести испытания смесителя у мойки дома по методике данной лабораторной работы.

Контрольные вопросы:

1. Как изменяется расход воды через водоразборный кран при увеличении напора в подводке?
2. Что такое свободный напор?
3. По какой формуле вычисляли величину гидравлического сопротивления?
4. Каким способом в опытах определяли величину расхода?
5. Перечислите все виды водоразборной арматуры.
6. Чему равны значения нормативного расчетного расхода воды и свободного напора для исследованного вида водоразборной арматуры?

Лабораторная работа № 2

Определение величин непроизводительных расходов воды в водоразборной арматуре

Цель работы: изучить влияние избыточных напоров на величину непроизводительных расходов во внутреннем водопроводе.

Общие сведения: система водоснабжения должна обеспечить подачу воды ко всем водоразборным устройствам. При этом требуемый напор должен обеспечить подъем воды до диктующего водоразборного устройства на высоту H_{geom} , возместить потери напора на преодоление всех сопротивлений по пути движения воды и создать необходимый рабочий (свободный) напор H_f , обеспечивающий нормативный расход q_0 , л/с.

Внутренний водопровод считается обеспеченным напором от наружного водопровода, если в точке присоединения ввода гарантированный (наименьший) напор $H_{гар}$ в наружной сети будет равен требуемому напору $H_{тр}$ для внутреннего водопровода, т. е. $H_{тр} = H_{гар}$.

Если располагаемый (фактический) напор $H_{расп}$ во вводе больше требуемого, то в сети внутреннего водопровода образуется избыточный напор

$$H_{изб} = H_{расп} - H_{тр}. \quad (2.34)$$

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

$$H_{изб,а} = H_{арм} - H_f, \quad (2.35)$$

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

$$q_a = q_0 + \Delta q = \sqrt{\frac{H_f + H_{изб}}{S_a}}, \quad (2.36)$$

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

Описание установки: исследование выполняется на установке, описание и схема которой даны в лабораторной работе №1. Данная работа выполняется после того как проведены исследования по заданию лабораторной работы №1.

Методика проведения опыта и обработка опытных данных:

1. Открыть полностью водоразборную арматуру 1 цокольного этажа (арм.0) и замерить расход Q_1 объемным способом.
2. Опыт повторить и замерить расход Q_2 .
3. Вычислить среднеарифметическое значение расхода Q по формуле (2.31).
4. Закрывать водоразборную арматуру.

5. Аналогичный опыт провести для водоразборной арматуры, расположенной в лаборатории 1-го этажа (арм.1).
6. Данные занести в табл. 2.4.
7. Вычислить значение «непроизводительных расходов» Δq , л/с:

$$\Delta q = Q - q_0. \quad (2.37)$$

8. Вычислить гидравлическое сопротивление S_a арматуры (арм.0 и арм.1) по формуле (2.32).
9. Найти располагаемый напор $H_{арм}$ в подводке перед арматурой по формуле (2.33).
10. Определить избыточный напор по формуле (2.35).
11. Результаты вычислений занести в табл. 2.4.
12. Сделать вывод.

Таблица 2.4

Результаты замеров и вычислений

Водоразборная арматура	W_1 , см ³	T_1 , с	Q_1 , см ³ /с	W_2 , см ³	T_2 , с	Q_2 , см ³ /с	Q , л/с	q_0 , л/с	Δq , л/с	H_f , м	S_a , м·с ² /л ²	$H_{арм}$, м	$H_{изб.а}$, м
Арм.0													
Арм.1													

Элементы научного исследования:

1. Привести испытания смесителя мойки и комбинированного смесителя для умывальника и ванной в квартире по указанной методике.
2. Сделать анализ результатов о зависимости Δq от $H_{изб.а}$.

Контрольные вопросы:

1. Что такое избыточный напор?
2. Как изменяется напор (располагаемый) по высоте многоэтажного здания?
3. Что вы понимаете под термином «непроизводительные расходы»?
4. На третьем или шестом этаже больше вероятны «непроизводительные расходы»? Почему?
5. Как уменьшить «непроизводительные расходы»?
6. Когда бывает недостающий напор? Его влияние на расход через водоразборную арматуру.

Задачи с образцом решения

Задача 1. Определите необходимый суточный, максимальный секундный, среднечасовой, максимальный и минимальный часовой расход холодной водопроводной воды для шестизэтажного, односекционного жилого здания с централизованным горячим водоснабжением и ванными длиной более 1500 – 1700 мм (степень благоустройства 6). В доме на этаже три квартиры (средняя заселенность квартиры 3,5); число водоразборных приборов на этаже – 9 шт. (рис. 2.24 – 2.26).

Решение

Количество жителей в доме $U = U \cdot n_{кв} = 3,5 \cdot 18 = 63$ чел.

Суточный расход холодной воды со средним за год водопотреблением

$$Q_{сут.м}^c = \frac{\sum_{i=1}^m q_{м,и}^c \cdot U_i}{1000} = (250 - 85) \cdot 63 / 1000 = 10,395 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Средний часовой расход холодной воды $q_T^c = \frac{Q_{\text{сут},m}^c}{T} = 10,395/24 = 0,433 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Вероятность действия водоразборных устройств

$$P = \frac{q_{hr,u}^c U}{3600 q_0^c N} = (15,6 - 8,5) \cdot 63 / 3600 \cdot 0,2 \cdot 54 = 447,3 / 38\,880 = 0,0115.$$

$$\alpha = f(PN) = f(0,0115 \cdot 54) = f(0,621) = 0,755.$$

Максимальный секундный расход холодной воды в здании

$$q_{\text{вв}} = 5 \cdot \alpha \cdot q_0^c = 5 \cdot 0,755 \cdot 0,2 = 0,755 \text{ л/с}.$$

Вероятность использования приборов в течение расчетного часа

$$P_{hr}^c = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0^c}{q_{0,hr}^c} = 3600 \cdot 0,0115 \cdot 0,2 / 200 = 0,0414$$

$$\alpha_{hr} = f(P_{hr}^c N) = f(0,0414 \cdot 54) = f(2,236) = 1,541.$$

Максимальный часовой расход холодной воды

$$q_{hr}^c = 0,005 \cdot \alpha_{hr} \cdot q_{0,hr}^c = 0,005 \cdot 1,541 \cdot 200 = 1,541 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Максимальный коэффициент часовой неравномерности

$$K_{\text{max}} = \frac{q_{hr}^c}{q_T^c} = 1,541 / 0,433 = 3,56 \text{ по табл. 2.1 } K_{\text{min}} = 0,01.$$

Минимальный часовой расход воды $q_{hr,\text{min}}^c = q_T^c \cdot K_{\text{min}} = 0,433 \cdot 0,01 = 0,004 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Задача 2. Необходимо определить расход воды на вводе водопроводной сети из полипропилена $q_{\text{вв}}$, его диаметр $d_{\text{вв}}$ и потери напора на вводе $H_{\text{вв}}$. В здании проживает 160 человек, число водоразборных приборов – 135 шт., степень благоустройства здания – 3, длина ввода – 12 м.

Решение

Вероятность действия водоразборных устройств

$$P = \frac{q_{hr,u}^{\text{tot}} U}{3600 q_0^{\text{tot}} N} = 13 \cdot 160 / 3600 \cdot 0,3 \cdot 135 = 2080 / 145\,800 = 0,014$$

$$\alpha = f(PN) = f(0,014 \cdot 135) = f(1,89) = 1,39.$$

Максимальный секундный расход холодной воды в здании

$$q_{\text{вв}} = 5 \cdot \alpha \cdot q_0^{\text{tot}} = 5 \cdot 1,39 \cdot 0,3 = 2,085 \text{ л/с}.$$

По номограмме для гидравлического расчета труб PPRC (PN10) принимается $d_{\text{вв}} = 63 \times 5,8 \text{ мм}$ при этом скорость течения воды $v = 0,94 \text{ м/с}$, удельные потери $1000 i = 18 \text{ мм/м}$.

$$\text{Потери напора на вводе } H_{\text{вв}} = 1000 i L (1 + k_l) / 1000 = 18 \cdot 12 (1 + 0,3) / 1000 = 0,28 \text{ м}.$$

Задача 3. Требуется подобрать счетчик водомерного узла для учета расхода холодной воды в жилом здании по условиям задачи 1.

Решение

Зная диаметр трубы ввода (из задачи 3), равный $40 \times 4,5 \text{ мм}$, предположим, что водосчетчик можно принять калибром 32 мм (на калибр меньше диаметра ввода). При подборе счетчика воспользуемся паспортными данными прибора марки ВСХ-32 группы компаний «Промприбор» (приложение X).

Проверим водосчетчик на выполнение условий в соответствии с СП 30.13330.2016.

Средний часовой расход холодной воды на вводе $q_T^c = 0,433 \text{ м}^3/\text{ч}$ не превышает эксплуатационный (номинальный) расход счетчика, равный $6 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Потери напора в счетчике

$h_{сч} = S \cdot q^2 = 69,444 \cdot 10^{-4} \cdot (0,755 \cdot 3,6)^2 = 0,0513 \text{ кг/см}^2 = 0,513 \text{ м}$, что не превышает допустимые потери напора для крыльчатых счетчиков – 5 м.

Задача 4. Требуется запроектировать внутреннюю водопроводную сеть шестиэтажного, односекционного жилого здания по условиям задачи 1 в соответствии с планом (рис. 2.24 – 2.26) и выполнить гидравлический расчет сети из полиэтиленовых труб, подобрать оборудование. Отметка городского водопровода – 35,5 м; отметка пола 1-го этажа – 39,0 м; высота этажа – 3,0 м; гарантированный напор в городском водопровode $H_{\text{гар}} = 18,0 \text{ м}$.

Решение

Расчет- ный участок	Длина участка l , м	Число водоразбор- ных устройств N	Вероятность действия водоразборных устройств P	NP	Зна- чение α	Расчетный расход воды q_p , л/с	Диа- метр d , мм	Ско- рость V , м/с	Потери напора, м	
									на единицу длины i	на участ- ке $h = il$
1 – 2	1,1	1	0,0115	0,0115	0,2	0,2	20x2,3	1,07	0,130	0,143
2 – 3	1,3	2		0,023	0,222	0,222	20x2,3	1,18	0,155	0,202
3 – 4	4,5	3		0,0345	0,246	0,246	25x2,8	0,84	0,062	0,279
4 – 5	3,0	6		0,069	0,303	0,303	25x2,8	1,03	0,089	0,267
5 – 6	3,0	9		0,1035	0,346	0,346	25x2,8	1,17	0,114	0,342
6 – 7	3,0	12		0,138	0,387	0,387	25x2,8	1,31	0,139	0,417
7 – 8	3,0	15		0,1725	0,423	0,423	32x3,2	0,88	0,051	0,153
8 – 9	5,8	18		0,207	0,453	0,453	32x3,2	0,94	0,056	0,325
9 – 10	1,1	36		0,414	0,62	0,62	32x3,2	1,28	0,099	0,109
10–ВУ	6,1	54		0,621	0,755	0,755	40x4,5	1,0	0,049	0,299
Ввод	10	54		0,621	0,755	0,755	40x4,5	1,0	0,049	0,490
										$\Sigma 3,026$

Требуемый напор воды в здании

$$H_{\text{тр}} = H_{\text{Г}} + \Sigma h_{\text{пот}} + h_f = 19,5 + 5,32 + 5 = 29,82 \text{ м}$$

При установке аэраторов на водоразборных кранах и смесителях свободный напор h_f в подводках следует принимать не менее 5 м.

Геометрическая высота подъема воды от отметки грунта у места присоединения ввода к наружной водопроводной сети до отметки диктующего водоразборного устройства

$$H_{\text{Г}} = (z_{1\text{э}} - z_{\text{ВВ}}) + h_{\text{эт}} (n_{\text{эт}} - 1) + h_p = (39,0 - 35,5) + 3,0 (6 - 1) + 1,0 = 19,5 \text{ м}$$

Суммарные потери напора на расчетном направлении от диктующего водоразборного устройства до врезки в наружную водопроводную сеть

$$\Sigma h_{\text{пот}} = h_{\text{дл}} + h_{\text{м}} + h_{\text{сч}} = 3,026 + 3,026 \cdot 0,3 + 0,513 + 0,87 = 5,32 \text{ м.}$$

Потери напора в счетчике $h_{\text{сч}}$ общедомовом принимает из задачи 3. Учитываем также потери напора в счетчике, установленном в квартире $h_{\text{сч кв}} = 0,87 \text{ м}$ (ВСХ-15 при расходе на участке 3 – 4 $q_p = 0,246 \text{ л/с}$).

Для определения потребности в установке оборудования сравниваем величину требуемого напора с гарантированным в наружной водопроводной сети.

Требуемый напор больше гарантированного, следовательно, необходимо предусмотреть насос, который будет установлен в ЦТП.

Напор насоса должен быть не меньше величины

$$H_{\text{н}} = 1,2 \cdot (H_{\text{тр}} - H_{\text{гар}}) = 1,2 \cdot (29,82 - 18,0) = 14,18 \text{ м}$$

Подача насоса не меньше расхода на вводе

$$Q_{\text{н}} = 0,755 \cdot 3,6 = 2,718 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

По приложению III принимаем два насоса (рабочий и резервный) марки АЦМС 3-30 с подачей $2,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напором 16 м.

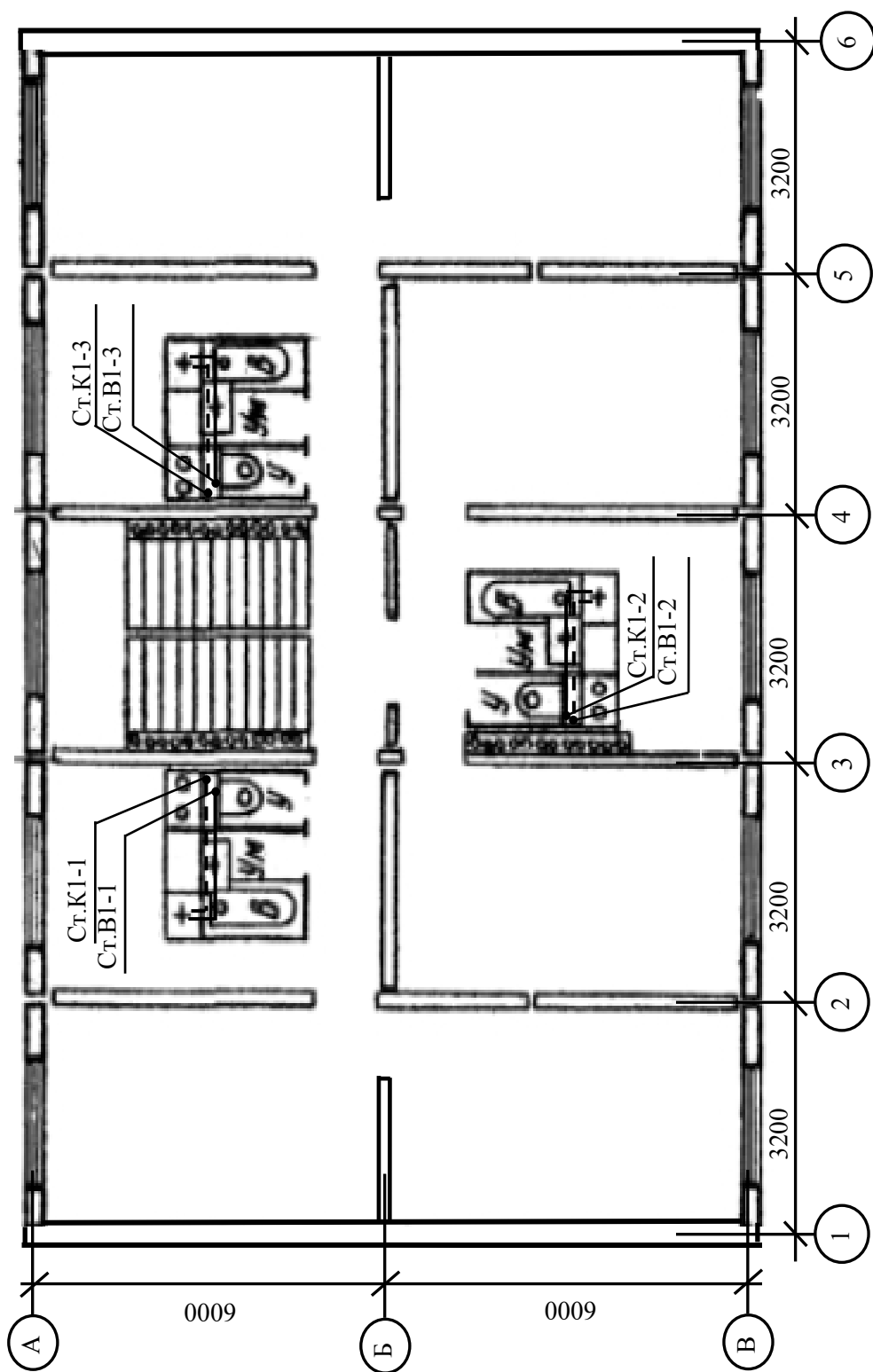


Рис. 2.24. План типового этажа (1:100)

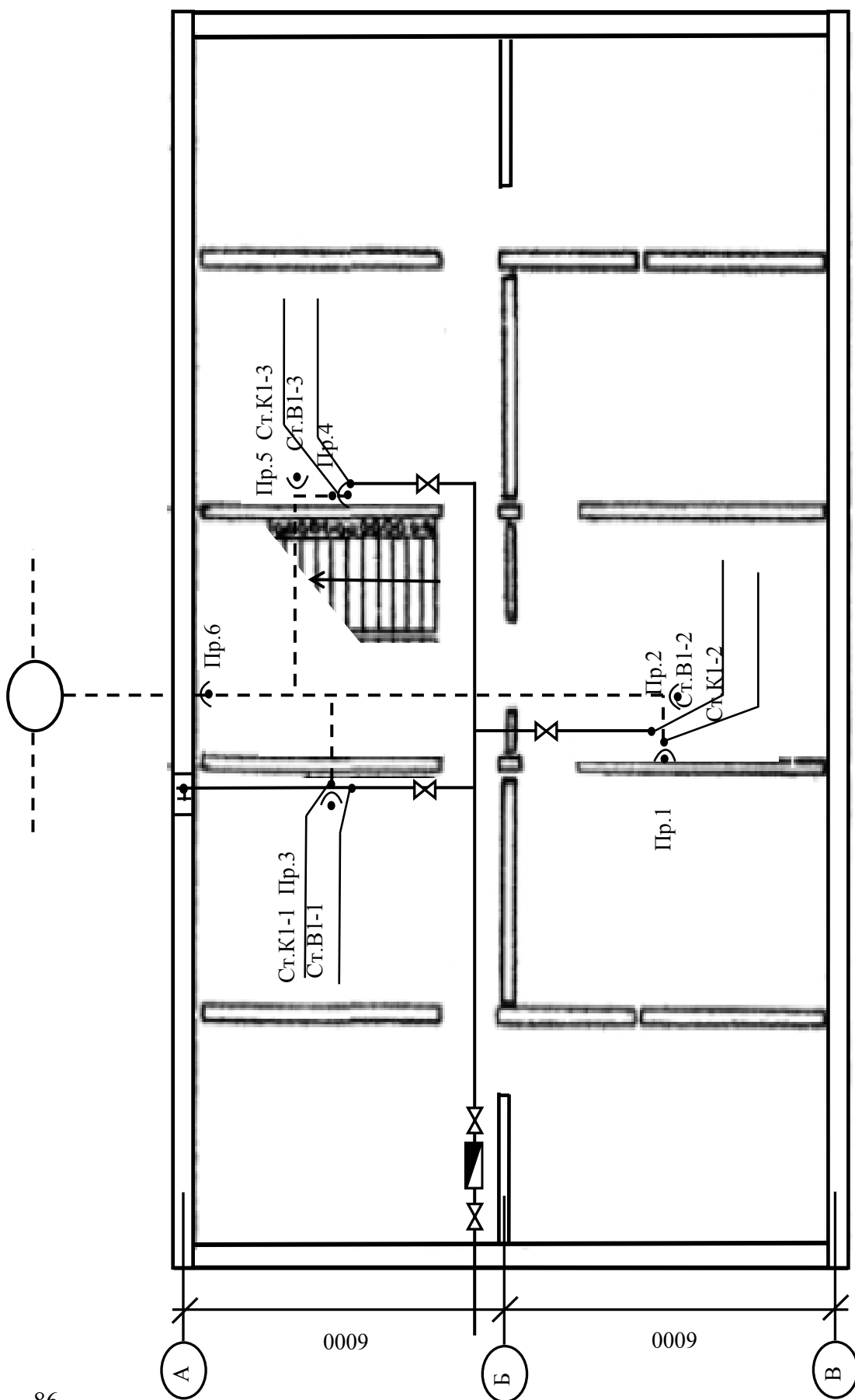


Рис. 2.25. План подвала (1:100)

АксонOMETрическая схема внутреннего водопровода (1:100)

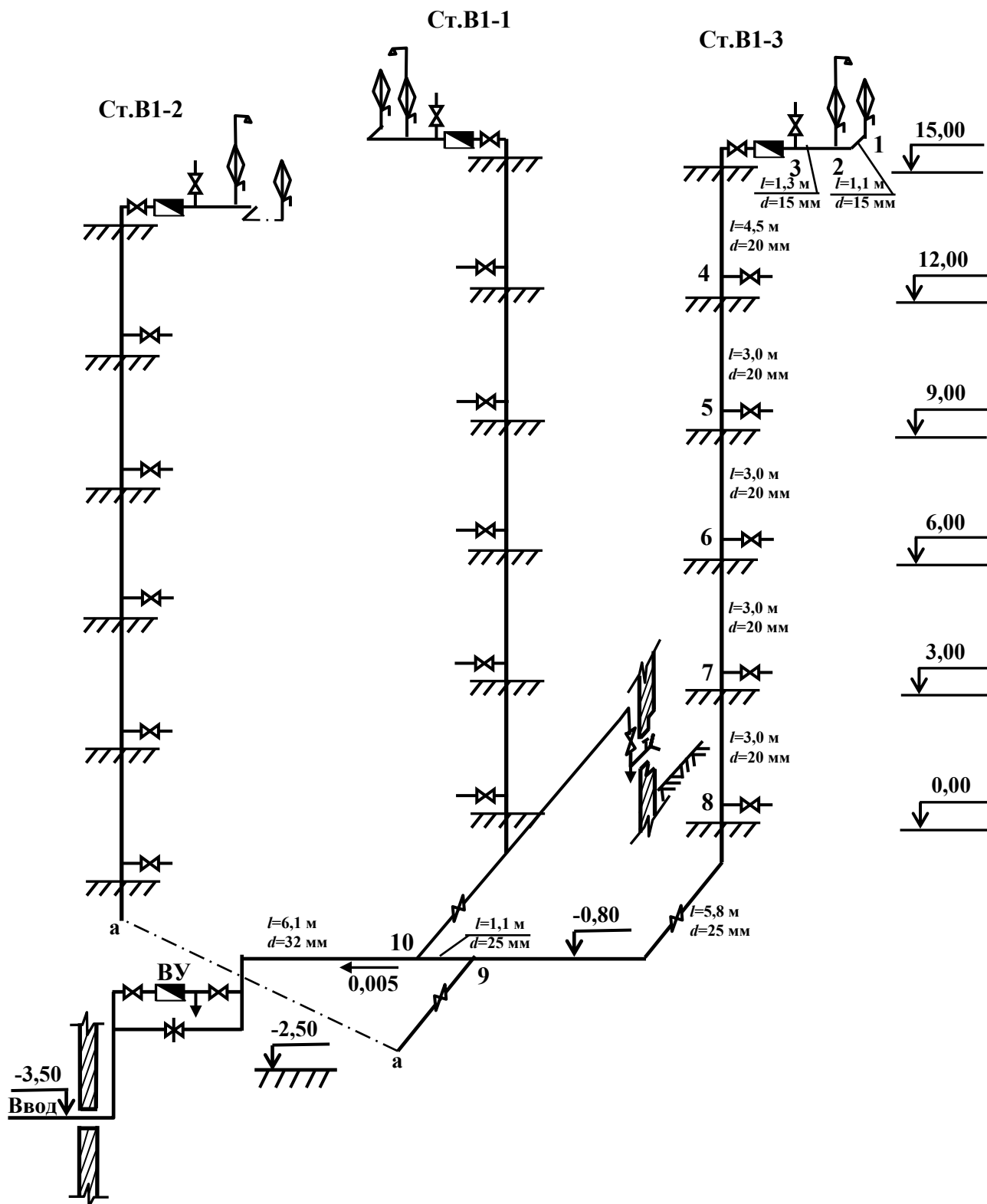


Рис. 2.26. К задаче 1

Перечень рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов

Основная литература

1. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение : учебник для вузов / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2013. – 472 с.

Дополнительная литература

1. Кедров, В. С. Водоснабжение и водоотведение : учебник для вузов / В. С. Кедров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 2002. – 336 с.
2. Калицун, В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация : учебное пособие для вузов / В. И. Калицун. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 2004. – 397 с.
3. Инженерные сети. Оборудование зданий и сооружений : учебник для вузов / Е. Н. Бухаркин, В. В. Кушнiryok, В. М. Овсянников; под ред. Ю. П. Соснина. – М. : Высш. шк., 2001. – 416 с.
4. Ямлеева, Э. У. Инженерные сети и оборудование (Водоснабжение и водоотведение) : учебно-методический комплекс / Э. У. Ямлеева. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 122 с.
5. Внутренние санитарно-технические устройства : Справочник проектировщика в 3 частях. Ч.2. Водопровод и канализация / под ред. И. Г. Староверова. – М. : Стройиздат, 1990. – 343 с.
6. Внутренний водопровод и канализация зданий : метод. указания и задания к выполн. курс. проекта для студ. направл. «Строительство» / сост.: К. Н. Мишина, Г. Г. Ломовцева, Ю. В. Левушкина. – 3-е изд., испр. и доп. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 51 с.
7. Водопровод : метод. указания к лаб. работам / сост.: К. Н. Мишина, Г. Г. Ломовцева. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 23 с.
8. СП 30.13330.2012 Внутренний водопровод и канализация зданий (актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*). – М., 2012.
9. СП 73.13330.2012. Внутренние санитарно-технические системы зданий (актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85). – М., 2012.
10. СП 10.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности. – М., 2009.

Интернет-ресурсы

1. www.abok.ru – сайт Некоммерческого партнерства АВОК «Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике». – (дата обращения: 04.06.2018);
2. www.s-o-k.ru – сайт журнала «Сантехника, отопление, вентиляция». – (дата обращения: 04.06.2018);
3. <http://www.vstmag.ru> – сайт журнала «Водоснабжение и санитарная техника». – (дата обращения: 04.06.2018).

Раздел 3. Канализация зданий и отдельных объектов

Основные термины и понятия

Абонент; внутренняя система канализации (внутренняя канализация); водоотведение; выпуск; гидравлический затвор (сифон); дворовая канализация; канализационная сеть; канализационный вентилируемый и невентилируемый стояк; клапан воздушный (противовакуумный); локальные очистные сооружения; приемники сточных вод; прочистки; расчетные расходы стоков; ревизия; система канализации; состав и свойства сточных вод; сточные воды.

Основные обозначения

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

q_0^s – расход стоков от санитарно-технического прибора, л/с.

q^{tot} – общий максимальный расчетный расход воды, л/с.

q^s – максимальный расчетный секундный расход сточных вод для стояков, л/с.

q^{sL} – максимальный расчетный секундный расход сточных вод на горизонтальных отводных участках, л/с.

$q_{0,hr}^{tot}$ – общий расход воды санитарно-техническим прибором, л/ч.

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

q_{hr}^{tot} – общий максимальный часовой расход воды, м³/ч.

q_T^{tot} – общий средний часовой расход воды, м³/ч.

q_u^{tot} – общий расход воды потребителем в сутки (смену), л/сут (смену).

q_{uy}^{tot} – расчетный удельный (средний за год) общий (в том числе горячей воды) суточный расход воды, л/сут.

$q^{st,w}$ – расчетный расход дождевых вод, л/с

q^{sp} – расход воды, подаваемой насосами, л/с (м³/ч).

q_{hr}^{sp} – часовой расход воды, подаваемой насосом, м³/ч.

U – количество водопотребителей, чел.

N – количество санитарно-технических приборов, шт.

P – вероятность действия санитарно-технических приборов.

P_{hr} – вероятность использования санитарно-технических приборов (возможность подачи прибором нормированного часового расхода воды) в течение расчетного часа в зданиях или сооружениях с одинаковыми водопотребителями.

H_p – напор (давление), развиваемый насосной установкой, м вод.ст. (МПа).

H_l – потери напора (давления) на расчетном участке трубопровода, м вод.ст. (МПа).

$H_{l,tot}$ – сумма потерь напора на расчетном участке трубопровода, м вод.ст. (МПа).

V – скорость движения жидкости в трубопроводе, м/с.

$\frac{h}{d}$ – наполнение трубопровода.

Глоссарий к разделу

Абонент – физическое либо юридическое лицо, заключившее или обязанное заключить договор горячего водоснабжения, холодного водоснабжения (или) договор водоотведения, единый договор холодного водоснабжения и водоотведения.

Внутренняя система канализации (внутренняя канализация) – система трубопроводов и устройств в границах внешнего контура здания и сооружений, ограниченная выпусками до первого смотрового колодца, обеспечивающая отведение сточных, дождевых и талых вод в сеть канализации соответствующего назначения населенного пункта или предприятия.

Водопроводные и канализационные устройства и сооружения для присоединения к системам водоснабжения и канализации (водопроводный ввод или канализационный выпуск) – устройства и сооружения, через которые абонент получает питьевую воду из системы водоснабжения и (или) сбрасывает сточные воды в систему канализации.

Водоотведение – прием, транспортировка и очистка сточных вод с использованием централизованной системы водоотведения.

Выпуск – участок трубопровода, соединяющий внутреннюю с дворовой канализацией.

Гарантирующая организация – организация, осуществляющая холодное водоснабжение и (или) водоотведение, определенная решением органа местного самоуправления поселения, городского округа, которая обязана заключить договор холодного водоснабжения, договор водоотведения, единый договор холодного водоснабжения и водоотведения с любым обратившимся к ней лицом, чьи объекты подключены (технологически присоединены) к централизованной системе холодного водоснабжения и (или) водоотведения.

Гидравлический затвор (сифон) – устройство, препятствующее поступлению во внутренние помещения вредных и плохо пахнущих газов из системы канализации.

Граница балансовой принадлежности – линия раздела объектов централизованных систем холодного водоснабжения и (или) водоотведения, в том числе водопроводных и (или) канализационных сетей, между владельцами по признаку собственности или владения на ином законном основании.

Дворовая канализация – система устройств, предназначенная для транспортировки сточных вод самотеком от канализационных выпусков здания до городской канализационной сети.

Канализационная сеть – комплекс технологически связанных между собой инженерных сооружений, предназначенных для транспортировки сточных вод.

Канализационный вентилируемый стояк – стояк, имеющий вытяжную часть и через нее – сообщение с атмосферой, способствующее воздухообмену в трубопроводах канализационной сети.

Канализационный неветилируемый стояк – стояк, не имеющий сообщения с атмосферой. К неветилируемым стоякам относятся: стояк, не имеющий вытяжной части; стояк, оборудованный воздушным (противовакуумным) клапаном; группа (не менее четырех) стояков, объединенных поверху сборным трубопроводом, без устройства вытяжной части.

Клапан воздушный (противовакуумный) – устройство, пропускающее воздух в одном направлении – вслед за движущейся в трубопроводе жидкостью и не пропускающее воздух в обратном направлении.

Коммерческий учет воды и сточных вод (далее – **коммерческий учет**) – определение количества поданной (полученной) за определенный период воды, принятых (отведенных) сточных вод с помощью средств измерений (далее – приборы учета) или расчетным способом.

Лимит водопотребления (водоотведения) – установленный абоненту техническими условиями предельный объем отпущенной (полученной) питьевой воды и принимаемых (сбрасываемых) сточных вод за определенный период времени.

Локальные очистные сооружения – сооружения и устройства, предназначенные для очистки сточных вод абонента (субабонента) перед сбросом (приемом) в систему коммунальной канализации или для использования в системе оборотного водоснабжения.

Приемники сточных вод – санитарно-технические приборы, собирающие и отводящие загрязненную воду в канализационную сеть.

Пропускная способность устройства или сооружения для присоединения – возможность водопроводного ввода (канализационного выпуска) пропустить расчетное количество воды (сточных вод) при заданном режиме за определенное время.

Прочистки – элемент системы канализации, выполненный в виде косого тройника и отвода в 135°, устанавливаемый в местах, где требуется прочистка труб только в одном направлении.

Расчетные расходы стоков – обоснованные исследованиями и практикой эксплуатации значения расходов, прогнозируемых для объекта канализования в целом или его части с учетом влияющих факторов (числа потребителей, количества и характеристик санитарно-технических приборов и оборудования, емкости отводных трубопроводов и др.).

Ревизия – элемент системы канализации, позволяющий прочищать вертикальные и горизонтальные участки трубопроводов в обоих направлениях.

Система канализации – комплекс инженерных сооружений, обеспечивающий прием бытовых и производственных стоков абонентов с последующей очисткой, отведения в водные объекты и обработкой осадков сточных вод.

Состав и свойства сточных вод – совокупность показателей, характеризующих физические, химические, бактериологические и другие свойства сточных вод, в том числе концентрацию загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в сточных водах.

Сточные воды – стоки, образующиеся в результате деятельности человека (бытовые стоки), после использования воды в технологических процессах (производственные), дождевые.

Энергосбережение – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

Этажность здания – число этажей здания, включая все надземные этажи, а также технический и цокольный этаж, если верх его перекрытия находится выше средней планировочной отметки земли не менее чем на 2 м.

Методические рекомендации для студента по изучению раздела

Цель: формирование знаний о системах канализации зданий и отдельных объектов, их основных элементах, принципах проектирования и расчета.

Учебные вопросы:

Устройство внутренней канализации. Оборудование внутренней канализации зданий. Проектирование и расчет внутренней канализации. Дворовая канализационная сеть. Местные установки систем внутренней канализации. Внутренние водостоки зданий. Канализование твердых отходов и отходов.

Изучив тему, студент должен:

иметь представление:

- о местных установках систем внутренней канализации (для перекачки сточных вод, для предварительной очистки);
- об устройстве систем внутренних водостоков;
- о расчете внутренних водостоков;
- о системах и способах мусороудаления;

знать:

- системы внутренней канализации зданий различного назначения;
- основные элементы внутренней канализации и их назначение (приемники сточных вод, гидравлические затворы, канализационные сети, вентиляция сети);
- проектирование и расчет внутренней канализации;
- устройство дворовой канализационной сети;
- расчет внутриквартальной канализационной сети;

уметь:

- проектировать системы канализации зданий;
- выполнить расчет выпусков канализации;
- проектировать дворовые канализационные сети;
- рассчитывать дворовые канализационные сети;

владеть навыками:

- проектирования систем внутренней канализации здания;
- расчета систем водоотведения зданий
- проектирования дворовых канализационных сетей;
- гидравлического расчета дворовых канализационных сетей;
- построения продольного профиля канализационных сетей.

При освоении темы необходимо:

- изучить раздел 3 из учебного пособия, а также материал по данному разделу из источников, указанных в библиографии;
- акцентировать внимание на особенностях проектирования систем внутреннего водоотведения зданий и дворовой канализации, на расчете внутридомовой и дворовой канализации;
- выполнить тесты к разделу 3;
- решить задачи к разделу 3;
- ответить на вопросы для самоконтроля.

3.1. Системы водоотведения зданий различного назначения

Система водоотведения (канализация) предназначена для удаления из здания загрязнений, образующихся в процессе санитарно-гигиенических процедур, хозяйственной и производственной деятельности человека, а также для отведения атмосферных и талых вод. При наличии водоснабжения устраивают сплавные системы – загрязнения удаляют водой. В неканализованных районах без водопровода для жилых зданий и общежитий высотой один - два этажа при числе проживающих не более 50 чел., детских оздоровительных лагерей, сельских клубов и т. д. допускается устраивать местную вывозную систему с использованием люфтоклозетов или выгребов.

Системы водоотведения подразделяются по следующим основным признакам:

- **по назначению:** бытовые, производственные и внутренние водостоки.

Бытовая система отводит загрязненную воду после мытья посуды и продуктов, стирки белья, санитарно-гигиенических процедур (умывания, принятия ванны и т. д.).

Производственная система удаляет за пределы здания жидкость, использованную в технологических процессах и содержащую отходы, которые в дальнейшем не могут быть применены в производстве.

Внутренние водостоки (дождевая канализация) отводит с кровли здания дождевые и талые воды;

- **по обслуживанию:** *раздельная и объединенная система водоотведения.*

В производственных зданиях проектируются *раздельная* бытовая и производственная системы водоотведения и водостоки. Для отвода сточных вод, различающихся по составу, агрессивности, температуре или другим показателям, с учетом которых смешение этих вод недопустимо или нецелесообразно, предусматривается несколько производственных систем водоотведения, транспортирующих эти стоки раздельно.

С целью уменьшения строительных и эксплуатационных затрат желательно совместное отведение производственных и бытовых стоков *объединенной системой*. Это возможно в следующих случаях: если производственные сточные воды имеют температуру ниже 40 °С; содержат менее 500 мг/л взвешенных и всплывающих частиц; не оказывают разрушающего воздействия на материал труб и элементы сооружений канализации; не содержат вещества, которые способны засорять трубы, отлагаться на их стенках, препятствовать биологической очистке, образовывать взрывоопасные или токсичные смеси в сетях и сооружениях и т. д. При несоответствии стоков указанным требованиям на производственных системах водоотведения предусматривают установки для очистки, на которых сточные воды подвергаются предварительной обработке, в результате чего снижается содержание загрязнений до допустимого предела.

На коммунально-бытовых предприятиях (в банях, прачечных и т. д.) предусматриваются раздельные системы хозяйственно-бытового, ливневого и производственного водоотведения.

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

Выбор системы водоотведения отдельных зданий, а также ее схемы (число и взаимное расположение отдельных элементов системы) определяется назначением здания, видом технологического процесса, установленным оборудованием, глубиной расположения наружной водоотводящей сети, качественным составом сточных вод.

В жилых и общественных зданиях предусматривается хозяйственно-бытовая и ливневая (водостоки) система водоотведения. Охлаждающая вода от установок кондиционирования воздуха, не содержащая твердых и растворенных загрязнений, относится к условно-чистым стокам и сбрасывается в систему водостоков или бытовую водоотводящую сеть.

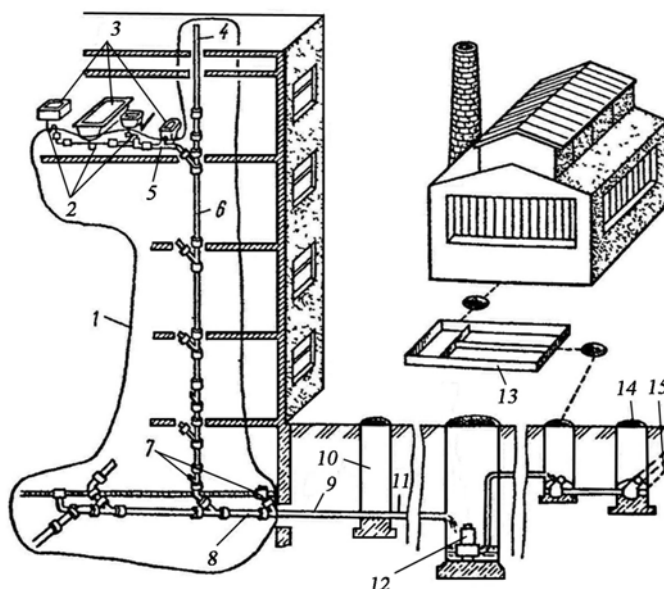


Рис. 3.1. Система канализации здания:

- 1 – канализационная сеть; 2 – гидрозатворы;
- 3 – приемники сточных вод; 4 – вытяжная часть стояка; 5 – подводки; 6 – стояки; 7 – устройства для прочистки; 8 – горизонтальные линии; 9 – выпуск;
- 10, 14 – колодцы; 11, 15 – сети;
- 12 – установка для перекачки сточных вод;
- 13 – установка для очистки сточных вод

Система водоотведения (рис. 3.1) состоит из следующих элементов: приемников сточных вод (санитарных приборов и т. п.); устройств для защиты помещений от проникновения из канализационной сети вредных и дурнопахнущих газов (гидравлических затворов – сифонов); внутренней водоотводящей сети (отводных линий, стояков, коллекторов выпусков); устройств для вентиляции (вытяжная часть стояка); устройств для чистки в случае засоров (ревизий, прочисток); местных установок для предварительной очистки и перекачки сточных вод.

Внутренняя канализационная сеть *1* собирает и отводит сточные воды от приемников сточных вод *3* через колодец *10* в дворовую сеть *11*. Сточные воды из здания обычно отводятся в колодец *14* наружной канализационной сети *15* самотеком. Если отметка колодца *10* наружной сети выше отметки выпуска *9*, то в систему дополнительно входит установка *12* для перекачки сточных вод. Сточные воды, которые нельзя сбрасывать в наружную сеть, проходят предварительную обработку на установках для очистки *13*.

3.2. Устройство и конструкция основных элементов внутренней канализации зданий

Приемники сточных вод

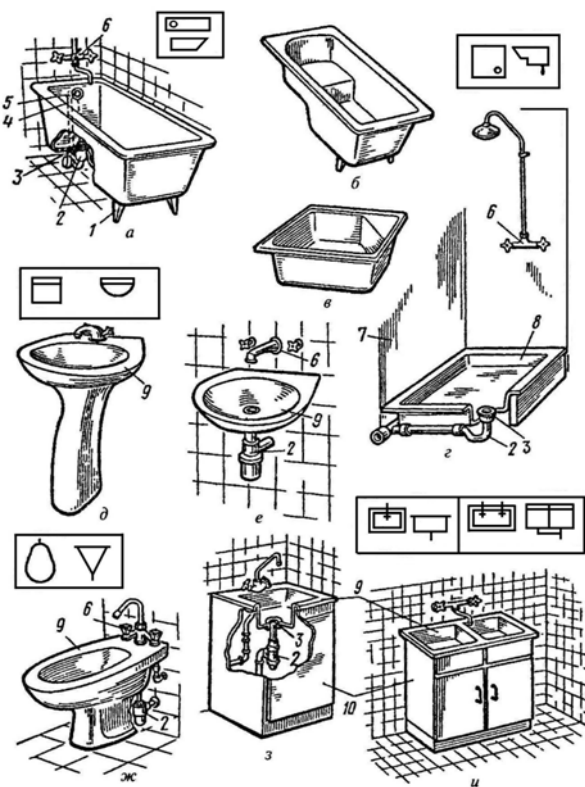


Рис. 3.2. Санитарные приборы:

- а – ванна; б – сидячая; в – глубокий поддон;
- г – душ; д – умывальник на постаменте;
- е – умывальник; ж – биде;
- з, и – мойка; 1 – ножка; 2 – гидрозатвор;
- 3 – выпуск; 4 – переливная труба;
- 5 – перелив; 6 – смеситель; 7 – перегородка;
- 8 – поддон; 9 – чаша; 10 – подстолье

Приемники сточных вод собирают загрязненную воду и отводят в водоотводящую сеть. Их выполняют в виде открытых сосудов или воронок, в которые собираются вода и брызги, образующиеся при технологических процессах или проведении процедур. Приемники сточных вод разделяются на два вида: санитарные приборы, собирающие бытовые стоки, и приемники производственных сточных вод.

Санитарные приборы служат для гигиенических целей (ванны, умывальники, души, биде) и для хозяйственных нужд (мойки).

Ванны (рис. 3.2, а) предназначены для удаления загрязнений с тела и принятия оздоровительных процедур. Чаша ванны в плане имеет прямоугольную форму, иногда закругленную с одной стороны. Вместимость ванны 100 – 200 л, габаритные размеры – 1700 × 750 мм, глубина чаши – 400 – 460 мм. Выпускаются ванны уменьшенных габаритов, а также сидячие ванны (рис. 3.2, б) и глубокие поддоны (рис. 3.2, в). Изготавливают из эмалированного чугуна или стали. В лечебных учреждениях применяют керамические ванны. Арматура ванны (наполнительная и сливная) устанавливается в торце со стороны ног купающегося. Смеситель *б* устанавливают на высоте 1,0 – 1,1 м от пола.

Души выполняются в виде душевых кабин (рис. 3.2, г), отделенных от помещения водонепроницаемой перегородкой 7 или занавесом высотой не менее 1,8 м. Устраивают угловые и круглые душевые кабины. Загрязненная вода собирается поддоном 8, изготовленным из эмалированного чугуна или стали. Форма и размеры поддона повторяют форму кабины. Смеситель для душа 6 устанавливается, как правило, справа от входа в душевую на высоте 1,0 – 1,2 м от пола. Душевая сетка закрепляется на высоте 2,1 – 2,25 м.

Умывальники (рис. 3.2, д, е) изготовляют прямоугольной, полукруглой, овальной, трапециевидной формы и др. из керамики (фарфор, фаянс) или пластмассы. Для зданий с улучшенной степенью отделки выпускаются умывальники на постаменте (см. рис. 3.2, д), который закрывает гидрозатвор и трубы. Умывальники устанавливают на высоте 0,8 – 0,85 м от пола. Их крепят к стене с помощью кронштейнов, открытых или скрытых в борту умывальника.

Индивидуальные гигиенические души – биде (рис. 3.2, ж) имеют чашу 9, установленную на полу или закрепленную на стене. В полый борт чаши подается теплая вода из смесителя для его обогрева.

Мойки (рис. 3.2, з, и) имеют одно или два отделения. Мойки изготовляют из чугуна и листовой стали и покрывают стекловидной эмалью. Их оборудуют смесителем, излив которого находится на высоте 200 мм от борта чаши, что удобно для наполнения чайников, кастрюль и других емкостей. Мойки устанавливают на высоте 0,85 м от пола на подстолье 10, являющемся элементом кухонной мебели.

Унитазы изготовляют из наиболее гигиеничного материала – керамики (фарфора, фаянса, покрытых глазурью). Унитазы (рис. 3.3) состоят из чаши 4, которая плавно переходит в гидрозатвор 2, и основания 1. Верхняя часть чаши 3 (борт) уширена и загнута внутрь для предотвращения выплескивания воды при ополаскивании чаши. В торцевой части под бортом находится водораспределительное устройство 5, которое подает воду для смыва загрязнений и ополаскивания внутренней поверхности унитаза. Для присоединения промывочного устройства в верхней части унитаза за водораспределительным устройством имеется патрубок 6. Выпуск 7 диаметром 85 мм в нижней части унитаза обеспечивает присоединение его к канализационной сети.

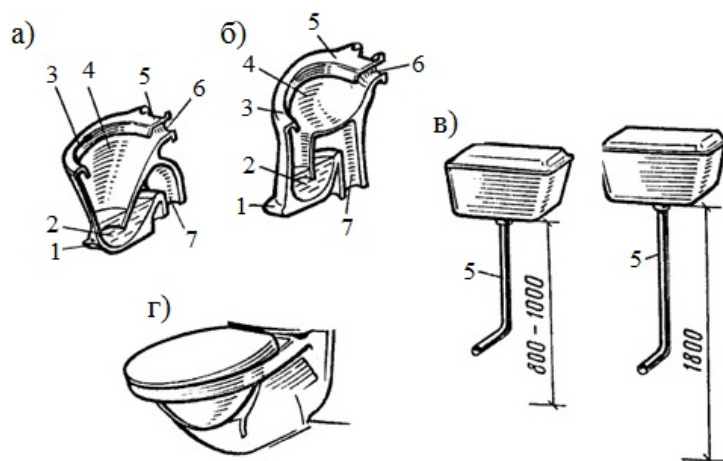


Рис. 3.3. Унитазы:

- а) воронкообразный; б) тарельчатый с прямым выпуском;
в) средне- и высокорасполагаемые смывные бачки; г) консольный

Унитазы изготавливают размерами 460 × 360 × 400 мм козырькового, тарельчатого и воронкообразного типов с прямым и косым выпусками. Для монтажа на стене помещения применяют консольные унитазы.

Промывные устройства выполняются в виде емкостей (смывных бачков) или арматуры, подающей воду непосредственно из водопроводной сети (смывных кранов).

Смывные бачки можно устанавливать непосредственно на унитазе (низкорасполагаемые – бачок «Компакт»), на стене на высоте 800 – 1000 мм (среднерасполагаемые) или на высоте 1800 мм (высокорасполагаемые). Корпус бачка изготавливают из керамики, чугуна, пластмассы. В качестве наполнительной арматуры в бачках используются поплавковые клапаны различной конструкции (сифонирующий бачок с гибким сифоном, поршневой сифонирующий бачок, автоматический смывной бачок).

Смывные краны устанавливают на высоте 0,8 – 1,2 м от пола и соединяют с прибором смывной трубой диаметром 32 – 25 мм. Чаще применяют смывные краны полуавтоматического действия. Кран включается нажатием на рычаг пуска 7 и автоматически закрывается через определенный промежуток времени. Такой цикл работы обеспечивается гидравлическим процессом. Иногда используют смывные краны контактного

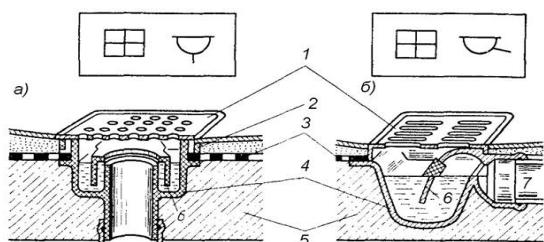


Рис. 3.4. Трапы:

а) с прямым выпуском (пластмассовый);

б) с косым выпуском (чугунный);

1 – съемная крышка;

2 – прижимная гайка; 3 – гидроизоляция;

4 – корпус; 5 – перекрытие

действия, открываемые и закрываемые вручную. Конструкция таких кранов аналогична конструкции вентиля.

К приемникам производственных сточных вод от технологических процессов производства, гидроборки помещений и вентиляционных установок относятся: воронки для приема охлаждающей воды от машин и аппаратов; колодцы и лотки с решетками в цехах, трапы (рис. 3.4), сливы и раковины, а также бачки для разрыва струи. Их устанавливают в производственных зданиях и помещениях, присоединяют к водоотводящей сети через гидрозатворы.

Гидравлические затворы (сифоны)

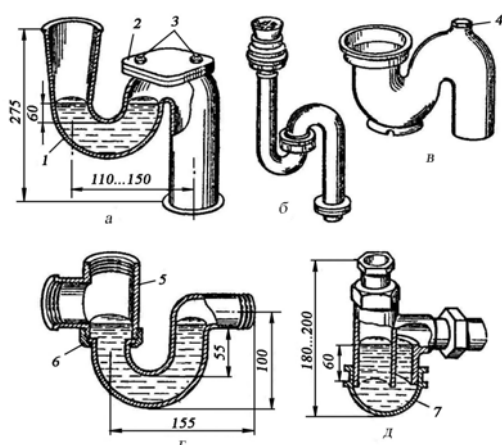


Рис. 3.5. Гидравлические затворы (сифоны):

а) чугунный двухоборотный;

б) пластмассовый двухоборотный;

в) для напольных чаш; г) для ванн;

д) пластмассовый бутылочный;

1 – корпус; 2, 7 – крышки; 3 – болты;

4 – отверстия для прочистки;

5 – трояник; 6 – накидная гайка

Гидравлические затворы (сифоны) устанавливают после каждого санитарного прибора, кроме приборов, в конструкции которых предусмотрен гидрозатвор (унитазы, трапы, некоторые виды писсуаров). Вредные и плохоппахнувшие газы из системы канализации задерживают в гидрозатворе слоем воды высотой 50 – 70 мм, который образуется в изгибе трубопровода – U-образные гидрозатворы (рис. 3.5, а – г) или между двумя цилиндрами – бутылочные (рис. 3.5, д). Незасоряемость сифонов обеспечивается большим проходным сечением и гладкой внутренней поверхностью (эмалированной или асфальтированной).

Для прочистки гидрозатворов и примыкающих к ним участков предусматриваются отверстия 4, закрываемые крышками 2 (сифоны-ревизии) или резьбовыми пробками. Бутылочные гидрозатворы прочищают через съемную крышку 7.

Двухоборотные гидрозатворы (сифоны; рис. 3.5, а, б) устанавливают с мойкой, умывальниками, писсуарами, напольными чашами.

Бутылочные сифоны (рис. 3.5, д) монтируют с умывальниками, мойками, биде, ножными ванными. Для ванн выпускают сифон (рис. 3.5, г) небольшой высоты, который имеет тройник 5 для присоединения переливной трубы.

Гидрозатворы изготавливают из чугуна или пластмассы. Для умывальников выпускают гидрозатворы (бутылочные) из латуни, хромированные снаружи.

Внутренняя канализационная сеть

Внутренняя канализационная сеть (см. рис. 3.1) состоит: из подводов 5 (отводных трубопроводов), которые собирают сточные воды от санитарных приборов и присоединяются к их гидрозатворам; стояков 6, представляющих собой вертикальные трубопроводы, которые собирают стоки от подводов от подводов и транспортируют их в нижнюю часть здания; горизонтальных линий 8, которые собирают стоки от стояков и транспортируют их к выпуску 9, отводящему стоки в дворовую канализационную сеть 11; вытяжной части 4 и устройств для прочистки 7.

Трассировка внутренней водоотводящей сети производится с таким расчетом, чтобы сточные воды удалялись из здания по кратчайшему пути. Перед трассировкой сети на планах и разрезах здания определяют число и места расположения приемников сточных вод.

В местах сосредоточения приемников сточных вод предусматривают стояки, которые размещают у колонн ограждающих конструкций обычно сзади или сбоку унитаза в санитарном узле. При размещении кухни в отдалении от санитарного узла прокладывают отдельный стояк для отвода стоков от моек. Стояки устанавливают вертикально с минимальным числом изгибов, горизонтальных участков (перекидок) и отступов. Во избежание замерзания не рекомендуется устраивать стояки около наружных стен, дверей, ворот.

В здании трубопроводы прокладывают прямолинейно. Для изменения направления трубопровода и присоединения санитарно-технических приборов применяют фасонные части (рис. 3.6). Трубы прокладывают открыто – в подпольях, подвалах, цехах, подсобных и вспомогательных помещениях, коридорах, технических этажах и в специальных помещениях, предназначенных для размещения сетей, с креплением к конструкциям зданий (стенам, колоннам, потолкам, фермам и др.), а также на специальных опорах, или скрыто – с заделкой в строительные конструкции перекрытий, под полом (в земле, каналах), в панелях, бороздах стен, под облицовкой колонн (в приставных коробах у стен), в подшивных потолках, санитарно-технических кабинках, вертикальных шахтах, под плинтусом в полу.

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

В жилых домах проектируют, как правило, один выпуск на секцию, который выводят во двор. В зданиях с техническими подпольями и неэксплуатируемыми подвалами целесообразно устраивать два или один торцовый выпуск. Выпуски присоединяют к дворовой сети в колодце под углом не менее 90°. Расстояние между стенами здания и колодца принимается не менее 3 м.

Максимальная длина выпуска (от оси прочности или стояка до оси колодца) принимается 8; 12; 15 м при диаметрах труб, соответственно, 50; 100; 150 мм, что позволяет ликвидировать засоры через прочистку, установленную перед выпуском. При большей длине выпуска необходимо предусматривать дополнительный колодец.

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

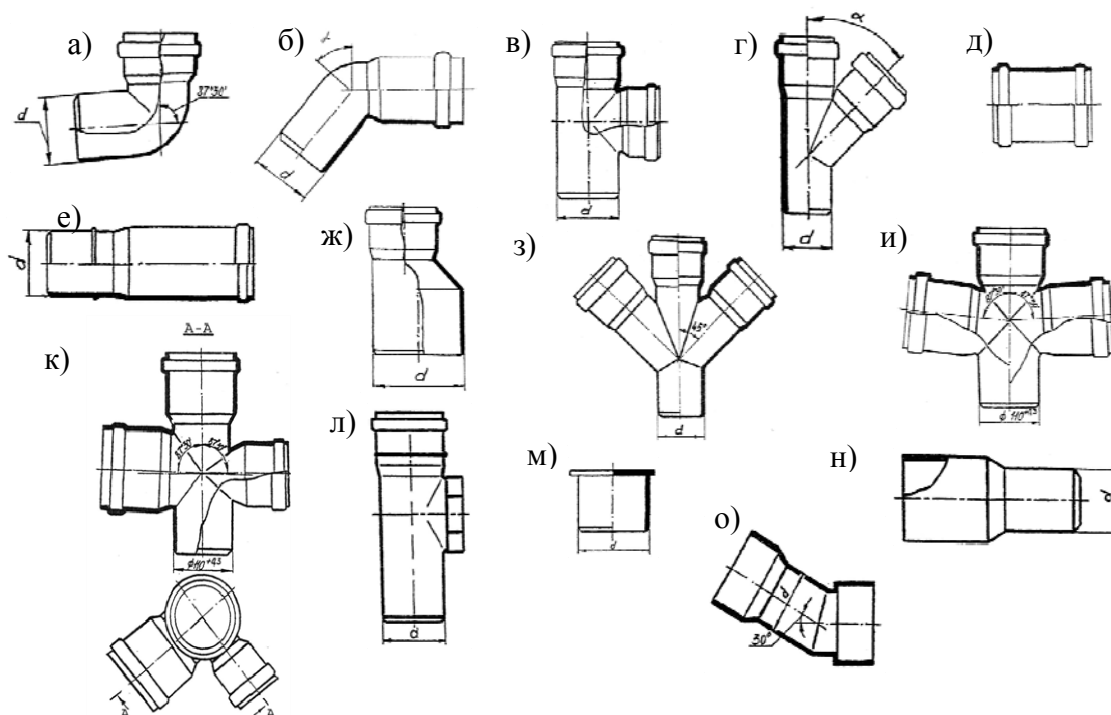


Рис. 3.6. Соединительные (фасонные) части полимерные:

- а) отвод $87^{\circ}30'$; б) отвода $\alpha = 30^{\circ}, 45^{\circ}$; в) тройник $87^{\circ}30'$; г) тройник $\alpha = 45^{\circ}$; д) муфта подвижная; е) патрубок компенсационный; ж) переход; з) крестовина 45° ; и) крестовина $87^{\circ}30'$; к) крестовина двухплоскостная; л) ревизия; м) заглушка; н) приборный патрубок; о) отвод приборный

Материал труб водоотводящей сети выбирают с учетом требований прочности, коррозионной стойкости и экономичности. Ранее канализационные сети преимущественно монтировали из чугунных труб. В последние годы в массовом жилищном строительстве при монтаже канализационных трубопроводов широкое применение получили трубы из поливинилхлорида (ПВХ), изготавливаемые по ТУ 6-19-307-86, полипропилена (ПП) – по ТУ 4926-005-41989945-97 и ТУ 4926-010-42943419-97 диаметрами 110 и 50 мм и фасонные части к ним. Канализационная трубная продукция из полиэтилена (ПЭ), уступающая по монтажным и эксплуатационным характеристикам трубам из ПВХ и ПП, в настоящее время используется в небольших объемах. Для систем внутренней канализации применяются трубы и фасонные части из полиэтилена низкого давления (ПНД) и полиэтилена высокого давления (ПВД) диаметрами 110, 90 и 50 мм (ГОСТ 22689.0-89 – ГОСТ 22689.2-89).

Монтаж труб, патрубков и фасонных частей из ПВХ, ПП и ПЭ на строительных объектах выполняется с использованием раструбных соединений, уплотняемых резиновыми кольцами. Такие соединения удобны при сборке, обладают способностью воспринимать температурные изменения длины трубопровода, обеспечивают легкую разборку и ремонт стыков.

Кроме раструбных стыков с резиновыми кольцами, для сборки труб и фасонных частей из ПВХ могут использоваться клеевые соединения, а для трубных изделий из полиэтилена – соединения, выполненные контактно-раструбной сваркой. Но они являются более сложными и трудоемкими в процессе установки.

У пластмассовых труб коэффициент линейного теплового расширения значительно выше, чем у труб из металла. Компенсация линейных изменений длины пластмассовых трубопроводов внутренней канализации осуществляется за счет раструбных соединений на резиновых уплотнительных кольцах.

На стадии проектирования и монтажа следует обращать внимание на соединение трубных изделий до монтажной метки, определяющей глубину установки одной трубы в раструб другой. Такая сборка обеспечивает между торцом гладкого конца трубы и упорной поверхностью раструба зазор, используемый для компенсации температурного удлинения трубопровода.

При проектировании надлежит выполнять расчет необходимого количества компенсаторов. Например, требуется определить количество раструбных соединений, обеспечивающих компенсацию удлинения участка длиной 3 м трубопроводов из ПВХ, ПЭ и ПП при $\Delta t = 50^\circ\text{C}$.

Коэффициент линейного теплового расширения для ПВХ равен $0,08 \text{ мм/м}\cdot^\circ\text{C}$. Удлинение участка трубопровода длиной 3 м из ПВХ составит 12 мм. При тех же условиях этажестояк из полиэтиленовых труб удлиняется на 30 мм ($\alpha = 0,2 \text{ мм/м}\cdot^\circ\text{C}$), а из полипропиленовых – на 23 мм ($\alpha = 0,15 \text{ мм/м}\cdot^\circ\text{C}$).

При сборке деталей до монтажной метки в раструбных соединениях труб из ПЭ и ПП обеспечивается зазор 14 – 12 мм, из ПВХ – 10 мм. Следовательно, для компенсации тепловых удлинений стояк из ПВХ должен иметь одно раструбное соединение с резиновым кольцом, стояк из ПЭ – три, а из ПП – два соединения.

В случае применения неразъемных соединений (клеевых для труб ПВХ или сварных в раструб для труб ПНД и ПВД) компенсацию линейных удлинений следует осуществлять с помощью обычных или компенсационных (удлиненных) раструбов с резиновыми уплотнительными кольцами.

Для канализационных трубопроводов применяют подвижные крепления, допускающие перемещение труб в осевом направлении, и неподвижные, – не допускающие таких перемещений. Места установки креплений на канализационных трубопроводах предусматриваются проектом.

Устройства для вентиляции (вытяжная часть стояка)

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

Вытяжная часть канализационного стояка выводится через кровлю или сборную вентиляционную шахту здания на высоту:

- 0,2 м от плоской неэксплуатируемой и скатной кровли;
- 0,1 м от обреза сборной вентиляционной шахты.

Шахта должна быть удалена не менее чем на 4 м от открываемых окон и балконов.

При объединении группы стояков в один вытяжной стояк ее диаметр общего стояка и диаметры присоединяемых участков следует принимать равными наибольшему диаметру стояка из объединяемой группы (рис. 3.7). Участки сборного вентиляционного трубопровода следует прокладывать с уклоном в стороны присоединяемых стояков, обеспечивая сток конденсата. В неотапливаемых чердаках объединяемые трубопроводы следует теплоизолировать.

Высота вытяжной части на эксплуатируемой кровле (кафе, площадки) должна быть не менее 3 м при условии, что вытяжка объединяет не менее четырех стояков. При невозможности выполнить это условие канализационные стояки не следует выводить

выше кровли. В этом случае каждый стояк должен оканчиваться воздушным (противовакуумным) клапаном (рис. 3.8), пропускающим воздух только в одну сторону – в стояк), устанавливаемым в устье стояка над полом этажа, где установлены самые высокорасположенные санитарно-технические приборы и оборудование.

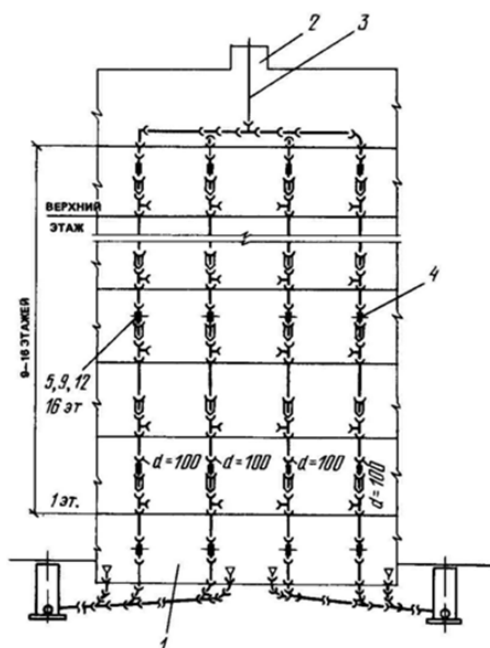


Рис. 3.7. Схема объединения вентиляционных канализационных стояков в жилом здании: 1 – техническое подполье; 2 – вентиляционная шахта теплого чердака; 3 – общий вытяжной стояк; 4 – канализационные стояки

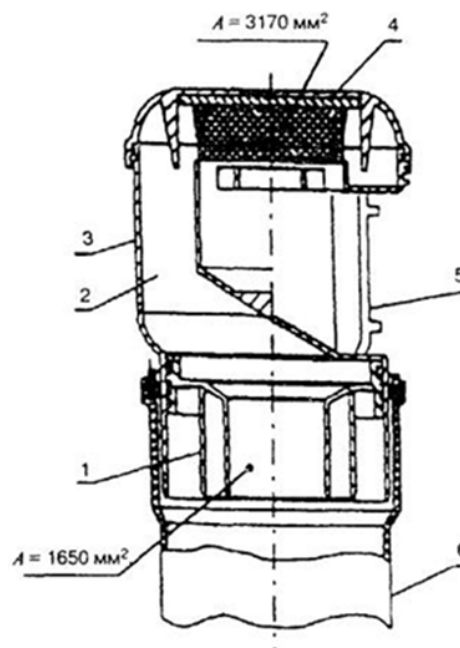


Рис. 3.8. Воздушный клапан: 1 – вставка клапана; 2 – воздушный клапан; 3 – корпус; 4 – заслонка; 5 – вентиляционное отверстие; 6 – канализационный стояк; А – площадь воздушного потока, мм²

Установка в устье вытяжной части стояка сопротивлений в виде дефлектора, флюгарки, простого колпака и т. п. не допускается.

В зданиях и сооружениях допускается устройство неветилируемых канализационных стояков и неветилируемых канализационных стояков с воздушными (противовакуумным) клапанами при условии сохранения режима вентиляции наружной канализационной сети, к которой присоединяются выпуски из этих зданий и сооружений.

Количество n вытяжных канализационных стояков, обеспечивающее режим вентиляции наружной канализационной сети (заданную кратность воздухообмена на расчетном участке наружной сети канализации), следует вычислять по формуле

$$n = kW/Q, \quad (3.1)$$

где k – суточная кратность воздухообмена в канализационной сети, $k = 80 - 100$, 1/сут; W – емкость расчетного участка канализационной сети, м³; Q – расчетный расход загрязненного воздуха, выходящего из вытяжной части одиночного канализационного стояка диаметром 100 мм, равный 320 м³/сут.

Устройства для чистки в случае засоров (ревизии, прочистки)

Для устранения засоров и прочистки канализационной сети (рис. 3.9) на ней предусматривают ревизии и прочистки (рис. 3.10).

Ревизии (рис. 3.10, а, б, д) позволяют прочищать трубы в обоих направлениях. Их выполняют в виде люков *1* на трубе, закрываемых крышкой *2* с резиновой прокладкой. Устанавливают их на вертикальных и горизонтальных участках трубопроводов.

Прочистки (рис. 3.10, г) устанавливают в местах, где требуется прочистка труб только в одном направлении. Их выполняют в виде косого тройника и отвода в 135° или двух таких отводов, обеспечивающих плавный вход очищающего троса в трубу. Сверху раструб закрывают заглушкой *б*.

На сетях внутренней бытовой и производственной канализации следует предусматривать установку ревизий или прочисток в следующих местах:

- на всех стояках – в нижнем и верхнем этажах, а при наличии отступов на стояках – также и в вышерасположенных над отступами этажах;
- в жилых зданиях высотой пять этажей и более – не реже чем через три этажа;
- в начале участков (по движению стоков) отводных труб при числе присоединяемых приборов три и более, под которыми нет устройств для прочистки;
- на поворотах сети – при изменении направления движения стоков, если участки трубопровода не могут быть прочищены через другие участки;
- в проходных туннелях.

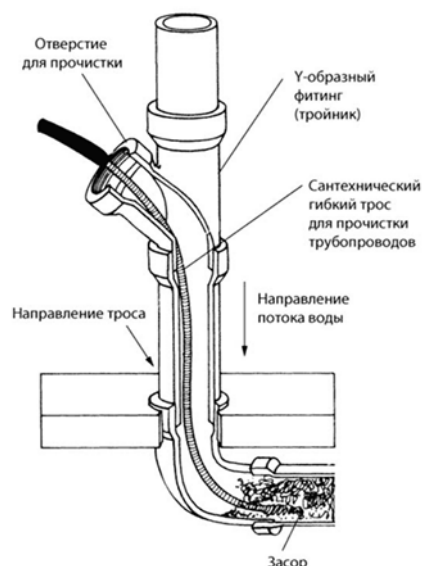


Рис. 3.9. Прочистка канализационной сети

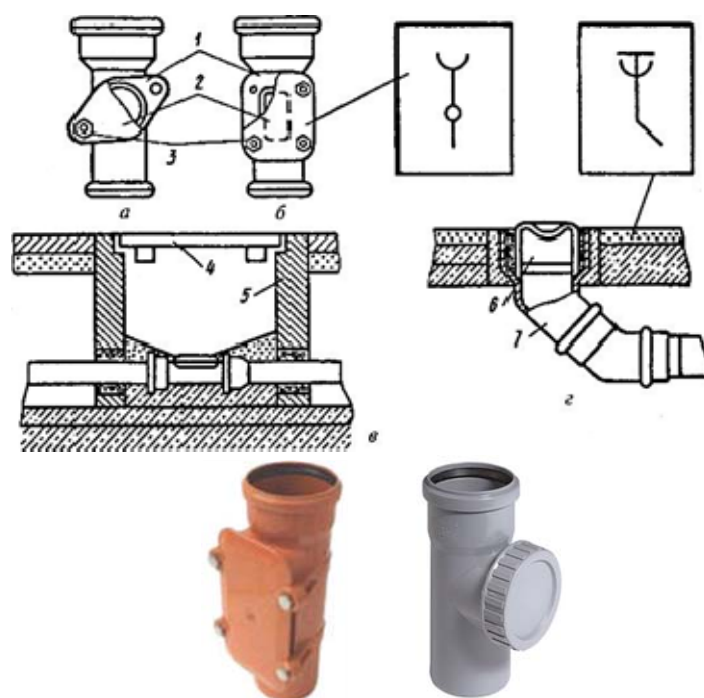


Рис. 3.10. Ревизии и прочистки:

а), б), в), д) ревизии; г) прочистка; 1 – прокладка; 2, 4 – крышки;
3 – болты; 5 колодец; 6 – заглушка; 7 – отвод

На горизонтальных участках сети бытовой канализации наибольшие допускаемые расстояния между ревизиями 15 м, а прочистками – 10 м при диаметрах 100 – 150 мм.

Вместо ревизии на подвесных линиях сетей канализации, прокладываемых под потолком, следует предусматривать установку прочисток, выводимых на вышерасположенный этаж в зависимости от назначения помещения, с устройством люка в полу или открыто.

Ревизии и прочистки необходимо устанавливать в местах, удобных для их обслуживания.

На подземных трубопроводах канализации ревизии следует устанавливать в колодцах диаметром не менее 0,7 м. Днища колодцев должны иметь уклон не менее 0,05 к фланцу ревизий (рис. 3.10, в).

3.3. Основы расчета системы водоотведения

Надежность систем канализации зданий характеризуется устойчивостью против срыва гидравлических затворов у санитарно-технических приборов и незасоряемостью трубопроводов. Что возможно при правильном определении величины расхода сточных вод от стояков и горизонтальных отводных трубопроводов.

В соответствии с п. 8.2.1 СП 30.13330.2016 для стояков системы внутренней канализации расчетным расходом является максимальный секундный расход стоков q_s , л/с, от присоединенных к стояку санитарно-технических приборов и не вызывающий у них срыва гидравлических затворов.

Максимальный секундный расход стояков q_s следует рассчитывать как сумму максимального секундного расхода воды q^{tot} и максимального секундного расхода стоков $q_0^{s,1}$ от прибора с максимальным водоотведением по формуле

$$q_s = q^{tot} + q_0^{s,1}, \quad (3.2)$$

где $q_0^{s,1}$ – максимальный секундный расход стоков от прибора с максимальным водоотведением от смывного бачка унитаза, равный 1,6 л/с.

При определении диаметра канализационного стояка следует исключить возможность срыва хотя бы одного из гидравлических затворов, присоединенных к этому стояку. Жидкость, движущаяся сверху вниз в вертикальном трубопроводе, обладает эжектирующей способностью, т.е. способностью увлекать за собой воздух. Величина эжектирующей способности жидкости зависит от многих факторов, основными из которых являются ее расход, скорость входа (угол входа) в стояк. При входе в стояк жидкость создает местное сопротивление («сжатое сечение» стояка) движущемуся сверху вниз воздуху, в результате чего в стояк поступает количество воздуха, меньшее величины эжектирующей способности жидкости. Поэтому ниже «сжатого сечения» стояка возникает дефицит воздуха и связанное с ним разрежение. Срыв гидравлического затвора высотой 60 мм происходит, когда разрежение в стояке составляет 65 кгс/м^2 (65 мм вод. ст.).

По пункту Е.1.1 СП 30.13330.2016 при высоте гидравлических затворов 50 – 60 мм у приборов, присоединяемых к вентилируемому канализационному стояку, его диаметр надлежит принимать в зависимости от материала труб по табл. 3.1

При расходе сточных вод, превышающем максимальные значения, приведенные в табл. 3.1, следует либо увеличить диаметр стояка, либо рассредоточить расход по нескольким стоякам.

Таблица 3.1

Наружный диаметр поэтажных отводов, мм	Угол присоединения поэтажных отводов к стояку, град.	Пропускная способность, л/с, стояков при диаметре труб, мм									
		из полиэтиленовых труб низкого и высокого давления (ПНД и ПВД)			из поливинилхлоридных труб (ПВХ)		из полипропиленовых труб (ПП)		из чугунных труб		
		50	90	110	50	110	50	110	50	100	150
40	45	–	–	–	–	–	1,23	8,95	–	–	–
	60						1,14	8,25			
	87,5						0,76	5,50			
50	45	1,07	5,10	8,40	1,10	8,22	1,07	8,40	0,96	6,26	19,90
	60	1,00	4,80	7,80	1,03	7,24	1,00	7,80	0,84	5,50	17,60
	87,5	0,66	3,20	5,20	0,69	4,83	0,66	5,20	–	–	–
	90	–	–	–	–	–	–	–	0,56	3,67	11,70
90	45	–	3,90	6,40	–	–	–	–	–	–	–
	60		3,60	5,90							
	87,5		2,40	3,95							
100	45	–	–	–	–	–	–	–	–	5,50	14,50
	60									4,90	12,80
	90									3,20	8,62
110	45	–	–	5,90	–	5,85	–	5,90	–	–	–
	60			5,40		5,37		5,40			
	87,5			3,60		3,58		3,60			
150	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12,60
	60										11,00
	90										7,20

Допустимая величина разрежений в вентилируемых, невентилируемых и полувентилируемых канализационных стояках не должна превышать $0,9h_3$, где h_3 – высота наименьшего из гидравлических затворов санитарно-технических приборов, присоединенных к канализационному стояку.

Величину разрежений в вентилируемом канализационном стояке Δp , мм вод. ст., следует определять по формуле

$$\Delta p = \frac{366 \left[\frac{q_s}{(1 + \cos \alpha) D_{ст}^2} \right]^{1,677}}{\left(\frac{D_{ст}}{d_{отв}} \right)^{0,71} \left(\frac{90 D_{ст}}{L} \right)^{0,5}}, \quad (3.3)$$

где q_s – расчетный расход стоков, м³/с; α – угол присоединения диктующего отвода к стояку, град; $D_{ст}$ – диаметр стояка, м; $d_{отв}$ – диаметр диктующего поэтажного отвода, м; $L_{р.ст}$ – рабочая высота стояка, м.

Ошибки в определении расчетных расходов для горизонтальных канализационных труб приводят к образованию засоров.

По п. 8.2.2 СП 30.13330.2016 для горизонтальных отводных трубопроводов системы канализации расчетным расходом является расход q_{sL} , л/с, значение которого вычисляют в зависимости от числа санитарно-технических приборов N , присоединенных к проектируемому участку сети, и длины этого участка трубопровода L , м по формуле

$$q_{sL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s q_0^{s,2}, \quad (3.4)$$

где q_{hr}^{tot} – общий максимальный часовой расход воды, м³/ч; K_s – коэффициент, принимаемый по таб. 3.2.

Для жилого здания $q_0^{s,2}$ принимают равным 1,1 л/с – расход от заполненной ванны емкостью 150 – 180 л с выпуском диаметром 40 – 50 мм.

Таблица 3.2

N	Значения K_s при L , м											
	1	3	5	7	10	15	20	30	40	50	100	500
4	0,61	0,51	0,46	0,43	0,40	0,36	0,34	0,31	0,27	0,25	0,23	0,15
8	0,63	0,53	0,48	0,45	0,41	0,37	0,35	0,32	0,28	0,26	0,24	0,16
12	0,64	0,54	0,49	0,46	0,42	0,39	0,36	0,33	0,29	0,26	0,24	0,16
16	0,65	0,55	0,50	0,47	0,43	0,39	0,37	0,33	0,30	0,27	0,25	0,17
20	0,66	0,56	0,51	0,48	0,44	0,40	0,38	0,34	0,30	0,28	0,25	0,17
24	0,67	0,57	0,52	0,48	0,45	0,41	0,38	0,35	0,31	0,28	0,26	0,17
28	0,68	0,58	0,53	0,49	0,46	0,42	0,39	0,36	0,31	0,29	0,27	0,18
32	0,68	0,59	0,53	0,50	0,47	0,43	0,40	0,36	0,32	0,30	0,27	0,18
36	0,69	0,59	0,54	0,51	0,47	0,43	0,40	0,37	0,33	0,30	0,28	0,19
40	0,70	0,60	0,55	0,52	0,48	0,44	0,41	0,37	0,33	0,31	0,28	0,19
100	0,77	0,69	0,64	0,60	0,56	0,52	0,49	0,45	0,40	0,37	0,34	0,23
500	0,95	0,93	0,89	0,88	0,86	0,83	0,81	0,77	0,73	0,70	0,66	0,50
1000	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,77

Примечание. За длину L принимают расстояние от последнего на расчетном участке стояка до ближайшего присоединения следующего стояка или, при отсутствии таких присоединений, до ближайшего канализационного колодца.

Гидравлический расчет безнапорных канализационных трубопроводов следует проводить, назначая скорость движения жидкости V , м/с, и наполнение трубопровода h/d таким образом, чтобы было выполнено условие:

$$V \sqrt{h/D} \geq K, \quad (3.5)$$

где $K = 0,5$ – для трубопроводов с использованием труб из полимерных материалов; $K = 0,6$ – для трубопроводов из других материалов.

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

Трубопроводы системы водоотведения работают при частичном наполнении, что позволяет удалять из сети вредные газы через пространство над уровнем воды, предотвращает нарушения гидрозатворов вследствие сифонирования и позволяет принимать

кратковременные пиковые расходы, не предусмотренные расчетом. Наполнение для труб h/d внутри здания должно быть не менее 0,3, принимается из условия транспортирования легких крупных взвесей (бумага, ветошь и т. д.).

В тех случаях, когда выполнить условие (3.5) не представляется возможным из-за недостаточной величины расхода сточных вод, безрасчетные участки самотечных трубопроводов следует прокладывать с уклоном не менее $1/D$, где D – наружный диаметр трубопровода в мм.

Гидравлический расчет канализационных сетей производят либо по номограммам прил. С, либо по таблицам, выборка из которых приведена в прил. М – Р.

3.4. Дворовая канализационная сеть

Дворовая канализационная сеть (рис. 3.11) проектируется в пределах границы канализования здания – красной линии и служит для транспортировки сточных вод самотеком от канализационных выпусков здания в контрольный колодец, а затем в колодец внутриквартальной или уличной городской канализационной сети. На рис. 3.12 показан пример проектирования дворовой канализации.

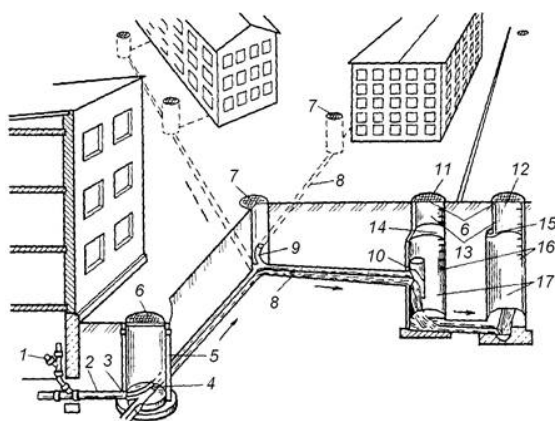


Рис. 3.11. Дворовая канализационная сеть:

- 1 – прочистка; 2 – выпуск; 3 – колодец;
- 4 – лоток; 5 – стеновые блоки колодца;
- 6 – люк с крышкой; 7 – колодец дворовой сети; 8 – дворовая сеть; 9 – водослив;
- 10 – стояк; 11 – контрольный перепадной колодец; 12 – колодец уличной сети;
- 13 – горловина колодца; 14 – переходный конус; 15 – плита; 16 – ходовые скобы;
- 17 – рабочая камера колодца



Рис. 3.12. Фрагмент генплана участка:

- 1 – двухподъездное здание; 2 – ввод водопровода;
- 3 – дворовая и уличная сети канализации K_1 ;
- KK-1, KK-2 – колодцы на сети в месте присоединения выпусков из здания; KK-3 – поворотный колодец;
- KKK – контрольный (перепадной) канализационный колодец; ГКК – колодец городской уличной сети

Дворовые сети устраивают из керамических, чугунных, бетонных, асбестоцементных труб с минимальным диаметром 150 мм, полимерных (ПВХ, ПНД, ПВД, ПП) – 160 мм.

Трубопроводы прокладывают, как правило, параллельно зданиям по направлению к магистральным линиям и наружной сети так, чтобы направление движения стоков совпадало с уклоном местности. Протяженность сети должна быть минимальной. Не следует прокладывать сеть по территории, где в будущем предполагается застройка.

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

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

Минимальное расстояние от стены здания до оси смотрового колодца принимается не менее 3 м в сухих грунтах и 5 м – в мокрых, чтобы при проведении земляных работ не повредить основание здания.

Колодцы дворовой сети выполняют из сборных железобетонных элементов диаметром 1000 мм (см. рис. 5.4).

Наименьшая глубина заложения лотка трубопровода принимается для труб диаметром до 500 мм на 0,3 м меньше расчетной глубины промерзания грунта, но не менее 0,7 м до верха трубы.

Поскольку в городском колодце уличного коллектора (ГКК) дворовая канализация присоединяется к уличной сети (которая значительно заглублена по сравнению с дворовой) вышеуказанным способом, чтобы не заглублять дворовую канализацию, в контрольном колодце (ККК), расположенном за 1,5 – 2 м от красной линии со стороны здания, запроектирован *перепад*. Перепады устраивают по бетонному водосливу высотой до 0,3 м в виде открытого лотка (открытый перепад) при большой высоте в виде закрытого стояка с отводами того же диаметра, что и у подводящего трубопровода. На участках между колодцами прокладывают трубы одного диаметра с постоянным уклоном без перегибов и изломов.

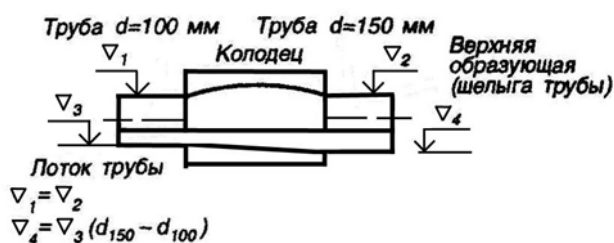


Рис. 3.13. Соединение канализационных труб способом «шелыга в шелыгу»

Трубы различного диаметра сопрягают по высоте в колодцах, обычно «шелыга в шелыгу», т.е. верхний свод обеих труб находится на одном уровне рис. 3.13.

Отметки верхних образующих труб (шелыг) $\nabla_1 = \nabla_2$ а отметке лотков труб отличаются на разность диаметров этих труб: $\nabla_4 = \nabla_3(d_{150} - d_{100})$.

Гидравлический расчет канализационных самотечных трубопроводов (лотков, каналов) следует выполнять на

расчетный максимальный секундный расход (по формуле (3.4)) сточных вод по таблицам, графикам и номограммам. Основным требованием при проектировании самотечных коллекторов является пропуск расчетных расходов при самоочищающих скоростях движения транспортируемых сточных вод.

Во избежание заиливания канализационных сетей расчетные скорости движения сточных вод следует принимать в зависимости от степени наполнения труб и каналов и крупности взвешенных веществ, содержащихся в сточных водах.

Минимальный диаметр трубопроводов дворовой канализации – 150 мм. Расчетное наполнение h/d при диаметрах трубопроводов 150 – 300 мм – не менее 0,3 и не более 0,7.

Наименьшие скорости при наибольшем наполнении для диаметров 150 – 200 мм – 0,7 м/с, для диаметров 300 – 400 мм – 0,8 м/с. Наибольшая допустимая скорость из условий истираемости труб не должна превышать 4 м/с, наименьший уклон трубопроводов для допустимых минимальных скоростей при расчетном наполнении для: $d = 150$ мм $i_{\min} = 0,008$; $d = 200$ мм – $i_{\min} = 0,007$.

Диаметр, наполнение и уклон труб определяют расчетом, который сводится в табл. 3.3. Графы 3, 4, 6, 7 заполняются с использованием приложений М – Р.

Чтобы определить отметку лотка трубы в любом колодце канализационной сети, необходимо от отметки лотка трубы в предыдущем колодце вычесть произведение длины участка на уклон (графа 8).

Таблица 3.3

Результаты расчета дворовой канализации

№ участка	l , м	i	v , м/с	q , л/с	d , мм	h/d ,	il , м	Отметка, м						Глубина заложения, м	
								поверх-ти земли		лотка		уровня воды			
								Н	К	Н	К	Н	К	Н	К
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
КК1– КК2															
... – ГKK															

Отметка уровня воды выше отметки лотка в колодце на высоту слоя воды в трубе, определяемую произведением величины наполнения на диаметр трубы, в м (графы 6 и 7).

Глубина заложения трубопровода определяется как разница отметок земли и лотка трубы. Присоединения дворовой сети к городскому коллектору производится по уровням воды. В случае глубокого заложения городского коллектора перепад уровней необходимо предусмотреть в контрольном канализационном колодце.

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

По полученным в результате расчета данным строится продольный профиль дворовой канализации от наиболее удаленного выпуска до городского канализационного колодца (ГКК) рис. 3.14. Профиль строится в масштабе: горизонтальном 1:500; вертикальном 1:100.



Рис. 3.14. Профиль сети дворовой канализации

3.5. Местные установки систем внутренней канализации

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

$$z = z_1 - H_{\text{нач}} - il, \quad (3.6)$$

где z_1 – отметка земли у здания; $H_{\text{нач}}$ – начальная глубина заложения, м (обычно глубина промерзания $H_{\text{пр}}$ минус 0,3 м); i – номинальный уклон трубопроводов дворовой сети

(при $d_v = 150$ мм принимают уклон 0,008); l – длина дворовой сети от здания (от самого удаленного выпуска) до колодца наружной сети, м.

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

Для перекачки сточных вод применяют насосные установки с приемным резервуаром, погружные насосы, установленные в колодце, пневматические установки (перекачивают с помощью сжатого воздуха).

Насосные установки с приемным резервуаром (рис. 3.15) по конструкции аналогичны водопроводным установкам. Однако в зависимости от вида стоков применяют насосы 7 фекальные, песковые, кислотостойкие и т. п. Обычно используют канализационные центробежные насосы, имеющие увеличенные зазоры между лопастями и корпусом для свободного прохождения твердых частиц. Эти насосы оборудованы люками для осмотра и очистки рабочих колес и приспособлениями для очистки колес от грязи. Марка насосов и число агрегатов определяются расчетом. При установке двух однотипных рабочих насосов принимается один резервный, если более двух рабочих насосов – два резервных.

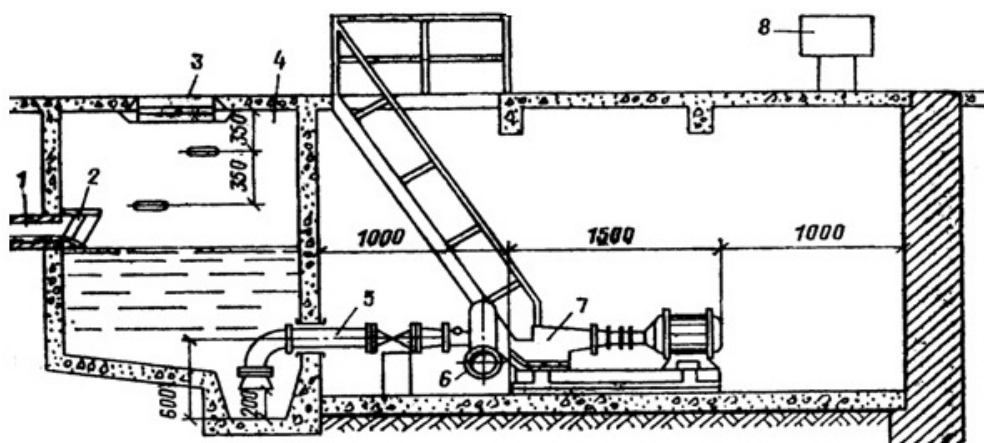


Рис. 3.15. Насосная установка с приемным резервуаром:

1 – подающий трубопровод; 2 – решетка; 3 – крышка; 4 – приемный резервуар;
5 – всасывающий трубопровод; 6 – напорный трубопровод; 7 – насос; 8 – вентиляционная труба

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

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

за пределами зданий в изолированных помещениях вместе с насосами. Запрещается размещать насосные станции системы водоотведения в жилых домах, детских учреждениях, больницах, предприятиях общественного питания, предприятиях пищевой промышленности, под рабочими помещениями административных зданий, учебных заведений, а также в зданиях и помещениях, к которым предъявляются повышенные требования по уровню шума.

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

Для насосных установок с приемным резервуаром или погружными насосами тип канализационных насосов для рабочего агрегата подбирают с таким расчетом, чтобы паспортные расход и давление были равны или больше требуемых q_k и H_k .

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

Сточные воды из производственных систем перед сбросом в систему хозяйственно-бытового водоотведения или перед повторным использованием в оборотных системах подвергают очистке на местных установках (решетках, отстойниках, нефтеловушках и т. д.) (рис. 3.16). Схема очистки и вид сооружений определяются составом загрязнений.

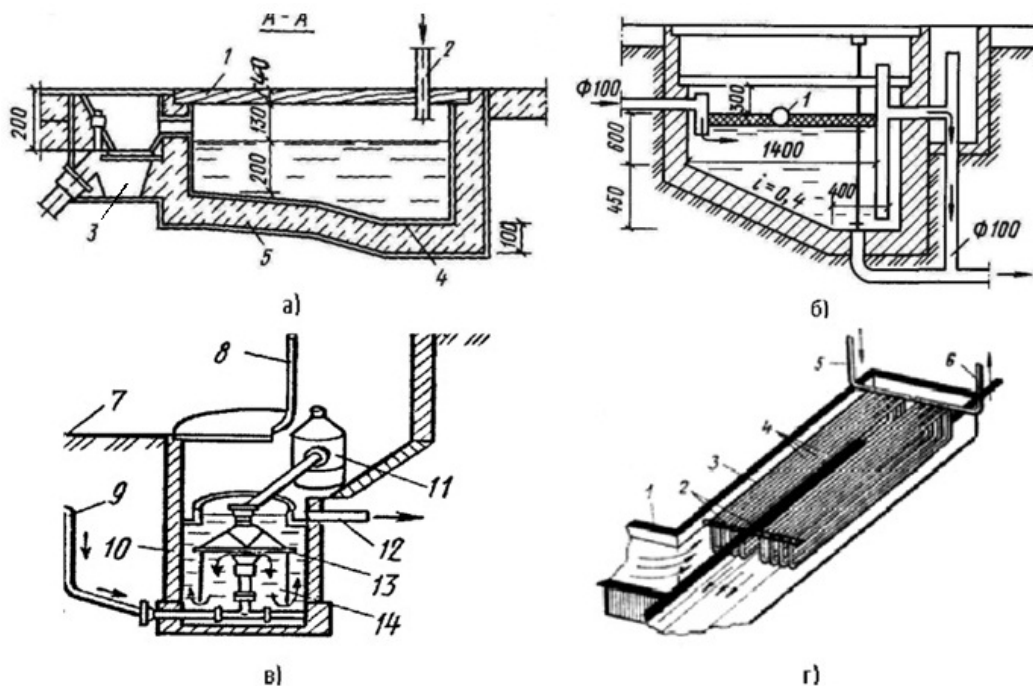


Рис. 3.16. Устройства для предварительной очистки сточных вод:
а) песколовка; б) жиросушитель; в) бензомаслоуловитель; г) теплоуловитель

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

Песколовки отделяют песок и другие тяжелые взвеси. Они выполняются в виде бетонных, кирпичных или стальных резервуаров. Песколовки могут быть горизонтальными и вертикальными. В горизонтальную песколовку (рис. 3.16, а) вода поступает через трубу 2 и со скоростью 0,15 – 0,3 м/с перемещается к отводной трубе. Тяжелые частицы оседают на дно резервуара, которое делается с уклоном, чтобы осадок собирался в одном месте. Очищенная вода отводится через трап 3. Осадок периодически удаляется. Время пребывания воды в песколовке до 60 с.

Жироуловители (жироловки) могут быть индивидуальные, устанавливаемые после моек оборудования, посуды и т. д., и групповые, предусматриваемые для группы приборов в отдельном помещении. Наиболее распространены групповые жироуловители (рис. 3.16, б), устраиваемые в виде бетонного резервуара с наклонным дном для сбора осадка. Стоки подаются по трубе под уровень воды со скоростью не более 0,005 м/с и проходят к отводной трубе. Жир всплывает и периодически удаляется с поверхности через трубу 1. Осадок отводится через спускную трубу. Для предотвращения выпадения осадка и ускорения отделения жира иногда применяют продувку жироловки воздухом. Время пребывания воды в жироловках 120 – 900 с.

Бензомаслоуловители (рис. 3.16, в) собирают загрязнения, которые легче воды (масло, керосин, бензин и т. д.). Их устраивают в виде стального резервуара 10, в верхней части которого имеется конус 13. Вода по трубе подается под конус 9 и распределяется по сечению уловителя. Скорость течения воды уменьшается, легкие загрязнения всплывают и собираются под конусом, откуда отводятся в маслобензосборник 11. Для вентиляции бензоуловителя предусмотрена труба 8. Во избежание скопления горючих веществ производительность установки запроектирована не более 5 – 6 л/с при скорости движения стоков не более 0,01 м/с. Объем бензомаслоуловителя принимается равным 30-кратному расчетному расходу стоков.

Теплоуловители (рис. 3.16, г), предназначенные для использования сбросного тепла, позволяют экономить до 30% теплоты. Они состоят из теплообменных трубок 4, помещенных в резервуар 3, в который по каналу 1 подается вода из производственной канализации с температурой 45 °С.

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

Местные установки для очистки сточных вод размещают внутри или за пределами зданий так, чтобы можно было их осматривать, очищать и ремонтировать. Отстойники, улавливающие быстрозагнивающие примеси или легковоспламеняющиеся жидкости, располагают за пределами зданий.

3.6. Внутренние водостоки зданий

Внутренние водостоки отводят дождевую и талую воду с кровли по трубопроводам, расположенным внутри здания. Из внутренних водостоков вода отводится в наружные сети дождевой канализации (закрытый выпуск) (рис. 3.17, а) или на тротуары (открытый выпуск) (рис. 3.17, б).

Внутренние водостоки состоят из водосточных воронок 1, стояков 2, отводных труб 3, соединяющих водосточные воронки со стояками, выпусков 5, устройств для прочистки 4. Водостоки с открытым выпуском при расчетной температуре наружного воздуха ниже -5°C оборудуют гидрозатвором 6, который в холодное время года препятствует поступлению холодного воздуха и промерзанию водостока. В помещениях с отрицательной температурой

воздуха предусматривают обогрев водостоков (подачу теплого воздуха, электрообогрев и т. д.).

Водостоки монтируют из напорных полимерных, чугунных труб и стальных с антикоррозионным покрытием. Стальные трубы применяют на подвесных участках при наличии вибрационных нагрузок. На расстоянии 10 м и менее (по вертикали) от водосточной воронки могут быть использованы безнапорные трубы, выдерживающие давление до 0,1 МПа.

Водосточные воронки (рис. 3.18) состоят из корпуса 4, устанавливаемого в перекрытии 5, рамы 2, решетки 1 или колпака 7 для задержания мусора. Воронки герметично соединяют с кровлей, чтобы атмосферные воды не просачивались и не разрушали перекрытие. Слой гидроизоляции 3 зажимают болтами между корпусом и рамой и заливают сверху мастикой. Применяют водосточные воронки диаметром 80, 100, 150 и 200 мм.

Воронки с решетками (плоские) (рис. 3.18, а) устанавливают на плоских эксплуатируемых кровлях. Воронки с колпаком (колпаковые) (рис. 3.18, б, в) применяют на скатных, а также плоских неэксплуатируемых кровлях. Для увеличения пропускной способности водосточных воронок устанавливают струевыпрямители 6, которые препятствуют образованию завихрений у воронки, сужающих проходное сечение.

Отводные трубы, соединяющие несколько водосточных воронок, выполняют в виде подвесных трубопроводов. Стояки принимают атмосферные воды от воронок или отводных труб.

Тип водостоков в здании принимают в зависимости от вида здания, этажности, типа кровли, наличия наружной сети дождевой канализации.

Водосточные воронки устанавливают на расстоянии не более 48 м друг от друга с учетом рельефа кровли, конструкции здания, расчетной площади водосбора. Воронки располагают в рядах колонн, на границе отдельных пролетов, в наиболее низких местах ендовы (перелома профиля крыши) или разжелобка. У деформационных швов (температурных и осадочных) устанавливают две воронки по обе стороны шва. В жилых зданиях, желательно, устанавливать одну воронку на секцию. На кровле предусматривается уклон 0,01 – 0,015 к водосточным воронкам так, чтобы на крыше не было мест, где может скапливаться влага.

Для компенсации осадочных и температурных деформаций водосточные воронки присоединяют к стоякам или отводным линиям через компенсационные патрубки. Водосточные воронки, расположенные на разных уровнях, можно присоединять к общему стояку или отводной линии, когда площадь обслуживания вышерасположенной воронкой не превышает 100 м² или расход через воронку не более 1 л/с.

Стояки прокладывают в отапливаемых помещениях вдали от наружных стен, около колонн, перегородок с таким расчетом, чтобы длина подземных участков была минимальной. В жилых зданиях стояки располагают на лестничных клетках у стен, не смежных с жилыми комнатами; в общественных зданиях – в коридорах, подсобных помещениях, лестничных клетках.

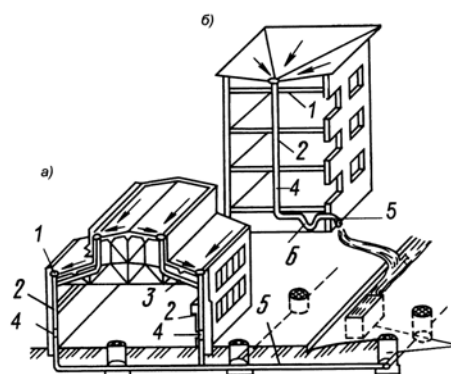


Рис. 3.17. Внутренние водостоки:
а) закрытый выпуск;
б) открытый выпуск

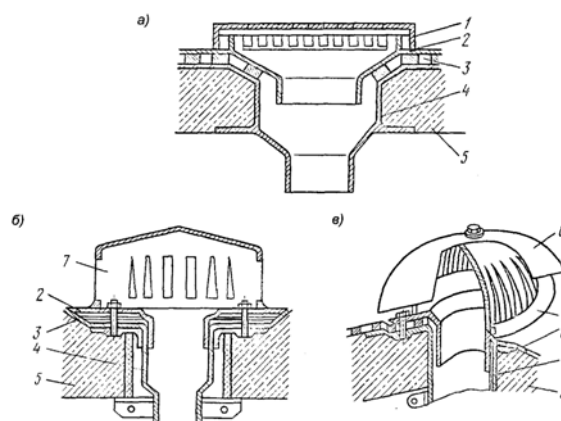


Рис. 3.18. Водосточные воронки:
а) плоские; б), в) колпаковые

Для предотвращения замерзания в стояки должна быть обеспечена постоянная подача теплого воздуха. При закрытом выпуске воздух поступает из наружной сети под действием гравитационного давления. При открытом выпуске (рис. 3.19) с гидрозатвором движения воздуха в стояке не происходит, воронки не получают достаточного количества теплоты и обмерзают. В связи с этим воздух подается в стояк из подвала через тройник, который, при положительной температуре воздуха, закрывается.

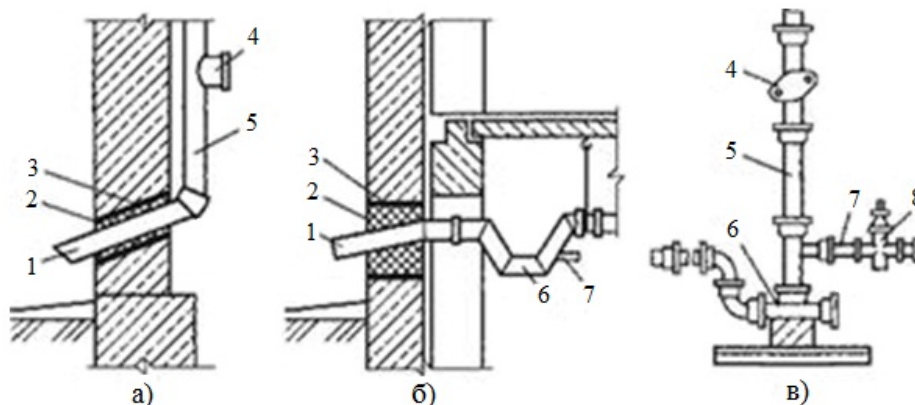


Рис. 3.19. Открытые выпуски водостоков:

а), б) стальные трубы; в) чугунная труба; 1 – труба выпуска; 2 – цементная стяжка; 3 – слой теплоизоляции; 4 – ревизия; 5 – стояк; 6 – гидрозатвор; 7 – труба для отвода вод в холодный период; 8 – пробочный кран

Отводные трубы, соединяющие воронки, прокладывают на чердаках, технических этажах, в межферменном пространстве на расстоянии 1 – 1,5 м от кровли. Не разрешается прокладывать отводные трубы над технологическим оборудованием и местами хранения продукции, которые не допускают попадания влаги. Диаметр отводных труб принимают не менее диаметра выпуска воронки и проверяют расчетом. Минимальный уклон линии 0,005.

Сеть горизонтальных трубопроводов прокладывают параллельно колоннам и стенам. Боковые присоединения подходят под прямым углом или близким к нему. Трубы прокладывают в земле, канале, подвале.

Подземные трубопроводы – коллекторы, собирающие воду от нескольких стояков, укладывают параллельно между собой и перпендикулярно наружным стенам здания. Каждый коллектор имеет непосредственный выпуск в наружную сеть.

Максимальное расстояние от оси прочистки или стояка до оси смотрового колодца на наружной сети не более 15 м для труб диаметром 75 – 150 мм и 20 м – для труб диаметром 200 мм и более.

Чугунные трубы прокладывают на глубине не менее 0,4 м при наличии бетонных, цементных, асфальтобетонных полов и 0,7 м – при земляных, щебеночных и аналогичных полах. Глубина заложения асбестоцементных, железобетонных, керамических труб увеличивается до 0,6 – 1 м. В зданиях, где возможно перемещение тяжелых грузов по полу, укладывают напорные водопроводные трубы на глубине не менее 1 м. Диаметр трубы принимают не менее наибольшего диаметра присоединяемого стояка или бокового отвода и проверяют расчетом.

Прокладка труб при пересечении с фундаментом здания и за его пределами производится аналогично прокладке канализационных выпусков. Открытые выпуски располагают с южной стороны здания. Гидрозатворы размещают как можно дальше от стены в зоне положительных температур воздуха.

Ревизии и прочистки устанавливают в тех же местах, что и на системе канализации. На горизонтальных участках прочистки устанавливают через 10 м на трубах диаметром 50 мм и через 15 м – на трубах диаметром 100 – 150 мм. Ревизии располагают через 15, 20 и 25 м на трубах диаметром, соответственно, 50, 100 – 150 и 200 мм. Ревизии устанавливают у основания стояков над отступами. На подвесных линиях длиной до 24 м прочистку в начале участка можно не предусматривать.

Смотровые колодцы устраивают на прямых участках сети так же, как на системе дворовой канализации. Ответвления диаметром 200 мм допускается присоединять без смотровых колодцев к коллектору диаметром 500 мм и более – при расстоянии от стояка до коллектора не более 15 м и скорости движения дождевых вод не менее 1 м/с. В тупиковых концах сети вместо колодцев можно устанавливать прочистки, если расстояние до следующего колодца не более 10 м.

После разметки трассы трубопроводов и размещения оборудования системы водостоков на планах и разрезах строят аксонометрическую схему и производят расчет сети. Для этого необходимо знать количество отводимых через систему водостоков атмосферных осадков, которое зависит от метеорологических условий в районе расположения здания. Следует учитывать, что продолжительность и интенсивность дождя (количество осадков, выпавших на 1 га поверхности) изменяются в значительных пределах, при этом дожди большой интенсивности повторяются редко, а малой интенсивности и большой продолжительности – часто.

Для кровли с уклоном менее 1,5% (плоская кровля) в качестве расчетной принимается интенсивность дождя продолжительностью 20 мин, который повторяется один раз в год [q_{20} , л/(с га)]. Для кровли с уклоном более 1,5% (скатная кровля) расчетной является интенсивность дождя продолжительностью 5 мин, который также повторяется один раз в год [q_5 , л/(с га)].

Значения q_{20} и q_5 определяют на основе данных многолетних наблюдений метеостанции. При отсутствии таких данных q_{20} можно определить по карте изолиний. Значение q_5 вычисляют по формуле

$$q_5 = q_{20} \cdot 4^n, \quad (3.7)$$

где n – параметр, определяемый по карте, приведенной в СП 32.13330.2012.

Расход дождевых вод, л/с, отводимый одной воронкой, определяется по формулам:
для плоских кровель

$$q_{p.в} = F \cdot q_{20} / 10\,000; \quad (3.8)$$

скатных кровель

$$q_{p.в} = F \cdot q_5 / 10\,000, \quad (3.9)$$

где F – площадь водосбора, м², обслуживаемая одной воронкой.

Площадь водосбора определяется как горизонтальная проекция участка кровли, с которого вода стекает к воронке. При наличии стен, примыкающих к кровле и возвышающихся над ней, водосборная площадь увеличивается на 30% суммарной площади вертикальных проекций стен.

Тип и диаметр водосточной воронки или стояка выбирают с таким расчетом, чтобы расчетный расход не превышал максимально допустимых расходов.

Отводные трубы и горизонтальные участки выпусков рассчитывают так же, как канализационные трубопроводы, при этом наполнение принимается не более 0,8; минимальные уклоны приведены выше. Скорость движения воды обычно принимается 0,7 – 3 м/с.

Горизонтальные участки выпусков могут работать в напорном режиме. Напор, образующийся в данном режиме,

$$H = (Al + A_m \sum \zeta) \cdot q_{p.в}^2, \quad (3.10)$$

где A – удельное сопротивление трению; l – длина трубопровода, м; A_m – удельное местное сопротивление; $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов местного сопротивления в системе.

3.7. Канализование твердых отходов и отходов

Одной из важнейших задач является удаление бытовых и промышленных отходов, количество которых возрастает по мере роста городов, увеличения этажности застройки, плотности населения, повышения благоустройства зданий. Количество твердых отходов в сутки в жилых домах в среднем на одного человека составляет 1,64 л, или 0,05 кг (0,25 л на 1 м³ жилой площади), на производстве 0,3 л, в учреждениях 0,275 л. В больших городах количество вывозимого мусора составляет ежегодно десятки тысяч тонн.

В мусоре содержатся 15 – 45% золы, 20 – 30% горючих материалов. Теплотворная способность мусора 2100 – 50 000 кДж/кг (500 – 14 000 ккал/кг), объемный вес 500 – 600 кг/м³, влажность 50 – 55%. В бытовом мусоре содержатся предметы (до 30%), которые могут быть вторично использованы после переработки (бумага, текстиль, кость, металл и т. д.).

Органический мусор (кухонные, пищевые отбросы) при несвоевременном удалении гниет, разлагается, является источником размножения болезнетворных микроорганизмов и пищей для мух и грызунов, являющихся переносчиками инфекционных заболеваний.

Для предотвращения этого на территории населенного пункта службой санитарной очистки организуются сбор, хранение и вывоз отходов.

В настоящее время используют следующие способы мусороудаления:

- сбор мусора в специальные ведра и вынос их в мусорные ящики, мусоросборники или помойницы (для органических отходов), которые периодически очищаются. Собранный мусор вывозится мусоровозами. Этот способ применяется в поселках и городах, застроенных домами высотой не более пяти этажей;

- удаление мусора из квартир системой мусоропроводов, сбор в контейнеры, расположенные в специальной камере, откуда его вывозят автомашины. Данный способ применяется в многоэтажных зданиях квартирного типа, гостиницах, общежитиях.

Собранный мусор и отходы мусоровозами перевозятся на сортировочные мусороперерабатывающие и мусоросжигательные предприятия. После сортировки и извлечения утильсырья остатки мусора (преимущественно, органического происхождения) перерабатывают на удобрение или сжигают.

В связи с возрастанием количества отходов разрабатываются централизованные системы мусороудаления, обслуживающие несколько зданий или микрорайон. Мусоропроводы в зданиях объединяются системой трубопроводов, которая

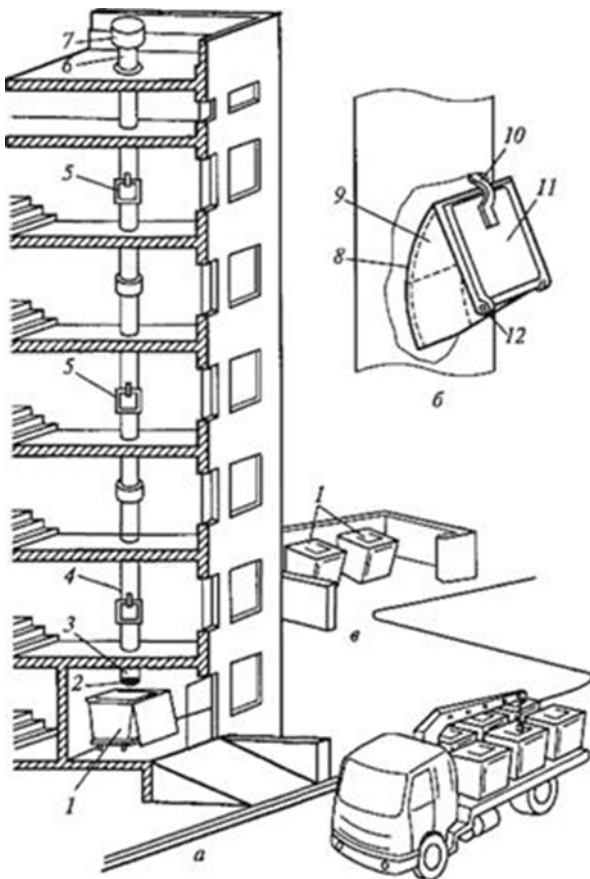


Рис. 3.20. Система холодного мусороудаления:

- а) мусоропровод; б) мусороприемный клапан;
в) площадка для контейнеров; 1 – контейнер;
2 – шибберное устройство; 3 – нижняя часть ствола; 4 – ствол мусоропровода;
5 – загрузочный клапан; 6 – вентиляционная труба; 7 – дефлектор; 8, 9 – козырьки;
10 – ручка; 11 – коробка;
12 – горизонтальная ось коробки

транспортирует отходы в центральный сборный пункт, где они уплотняются и вывозятся на мусороперерабатывающие предприятия.

В практике используются мусоропроводы четырех типов: холодные, сухие, мокрые, горячие (огневые). Наибольшее распространение получили холодные и сухие мусоропроводы (рис. 3.20), состоящие из загрузочных клапанов 5, вертикального ствола 4, под которым размещаются сменные мусоросборники или контейнеры 1, шиберное устройство 2; вентиляционной трубы 6 с дефлектором 7.

Загрузочный клапан, предназначенный для приема отбросов и сброса их в ствол, должен при любом положении изолировать ствол мусоропровода от помещения, чтобы в него не проникали пыль и газы, и препятствовать попаданию в ствол крупных предметов, которые могут застрять в стволе. Клапаны в большинстве случаев размещают на основных или промежуточных площадках лестничных клеток или в поэтажных холлах на расстоянии не более 25 м от дверей квартир и не более 50 м от служебных помещений в общественных зданиях. Загрузочные клапаны изготовляют из листовой стали толщиной не менее 2 мм с антикоррозионным покрытием. Загрузочный клапан присоединяется к стволу с помощью стальной или чугунной съемной рамки с одним или двумя патрубками.

По вертикальному стволу отходы транспортируются в нижнюю часть здания в мусоросборную камеру. Чаще применяют стволы из асбестоцементных, реже бетонных, труб, устанавливаемые на лестничной клетке. Стволы нельзя располагать у наружных стен (во избежание их охлаждения), у стен жилых комнат и помещений с повышенными звукоизоляционными требованиями.

Диаметр ствола принимается не менее 380 – 400 мм. Стыки труб должны быть газонепроницаемыми, огнестойкими, гладкими и, по возможности, не передавать шума. Стыки, число которых должно быть не более одного на этаж, выполняют в виде надвижных муфт с заделкой цементным раствором. Ствол крепится к междуэтажным перекрытиям стальными хомутами или опирается на нижнее перекрытие. От строительных конструкций он отделяется упругими, звукоизолирующими прокладками (рис. 3.20). Нижнюю часть ствола 3, иногда выполняющую роль бункера, размещают под углом к стволу для погашения энергии падающего мусора. Шиберное устройство 2 отключает ствол на время смены контейнеров.

Вентиляционная труба, удаляющая запахи из мусоропровода, является продолжением ствола и выходит на крышу на высоту не менее 1 м над коньком здания. Для усиления вентиляции верхнюю часть трубы снабжают дефлектором, а в теплое время года используют вентилятор.

Мусоросборная камера предназначена для сбора и хранения мусора, падающего по стволу. Камеры располагают под каждым стволом или группой стволов на первом этаже здания или в подвале. Камеры изготовляют из газонепроницаемого, огнестойкого материала. Площадь ее должна быть не менее 3 м² при расположении на первом этаже и не менее 4 м² при расположении в подвале, при этом высота и ширина принимаются, соответственно, не менее 2,2 и 1,5 м. В камере размещаются бункер или контейнер 1 (см. рис. 3.20), поливочный кран диаметром 15 мм с подводкой холодной и горячей воды. В полу камеры устанавливается трап диаметром 100 мм. При невозможности удаления стоков самотеком (при расположении камеры в подвале) предусматриваются приямок и ручной насос для перекачки стоков в раковину или канализационную сеть. Камера должна иметь отопление для поддержания температуры не ниже 5 °С. При расположении пола мусоросборной камеры ниже поверхности земли более чем на 1 м, подъем и удаление мусора необходимо механизировать.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие бывают виды систем водоотведения зданий?
2. Из каких основных элементов состоит система внутренней канализации?
3. Какие виды приемников сточных вод вы знаете?
4. Для чего в системе канализации зданий предусматриваются ревизии?
5. Где и как часто устанавливают ревизии?
6. Где предусматриваются прочистки в системе канализации зданий?
7. На сколько должна выступать над кровлей вытяжная часть канализационного стояка и почему?
8. Каково предназначение гидрозатвора?
9. Каковы особенности прокладки канализационных труб?
10. В чем заключается расчет системы канализации здания?
11. В зависимости от чего принимается диаметр отводной канализационной трубы?
12. Каковы особенности трассировки дворовой канализации?
13. На каком расстоянии от здания предусматриваются колодцы на выпусках?
14. Какие условия должны выполняться при расчете дворовой канализации?
15. Как выполняется построение продольного профиля дворовой канализации?
16. На какую минимальную глубину можно закладывать трубопровод дворовой канализации?
17. Какие местные установки систем внутренней канализации вы знаете?
18. Из каких элементов состоит система внутренних водостоков?
19. Какие типы водосточных воронок вы знаете?
20. В чем заключается расчет внутренних водостоков?
21. Какие существуют способы мусороудаления?

Тесты к разделу

1. Дождевые и талые воды с кровель отводит:
 - а) производственная система;
 - б) бытовая система;
 - в) внутренние водостоки;
 - г) противопожарная система.
2. Поступлению в помещения вредных и плохо пахнущих газов из системы канализации препятствуют:
 - а) вытяжные вентиляционные трубы;
 - б) гидрозатворы;
 - в) ревизии;
 - г) санитарно-технические приборы.
3. Высота вытяжной трубы системы внутренней канализации над эксплуатируемой кровлей должна быть:
 - а) не менее 0,2 м;
 - б) более 1,0 м;
 - в) не менее 3,0 м;
 - г) не более 4,0 м.
4. Ревизии отличаются от прочисток тем, что:
 - а) устанавливаются только на стояках;
 - б) позволяют прочищать трубы в обоих направлениях;
 - в) более надежны;
 - г) чаще используются.

5. В пределах здания скорость движения сточных вод в трубах диаметром до 150 мм:
- а) не должна быть менее 0,5 м/с;
 - б) не должна быть менее 0,7 м/с;
 - в) не должна быть менее 0,8 м/с;
 - г) не должна быть больше 0,8 м/с.

Задачи с образцом решения

Задача 1. Для шестиэтажного жилого здания (по плану задачи 2 раздела 2) требуется построить аксонометрическую схему системы внутренней канализации (рис. 3.21).

Решение

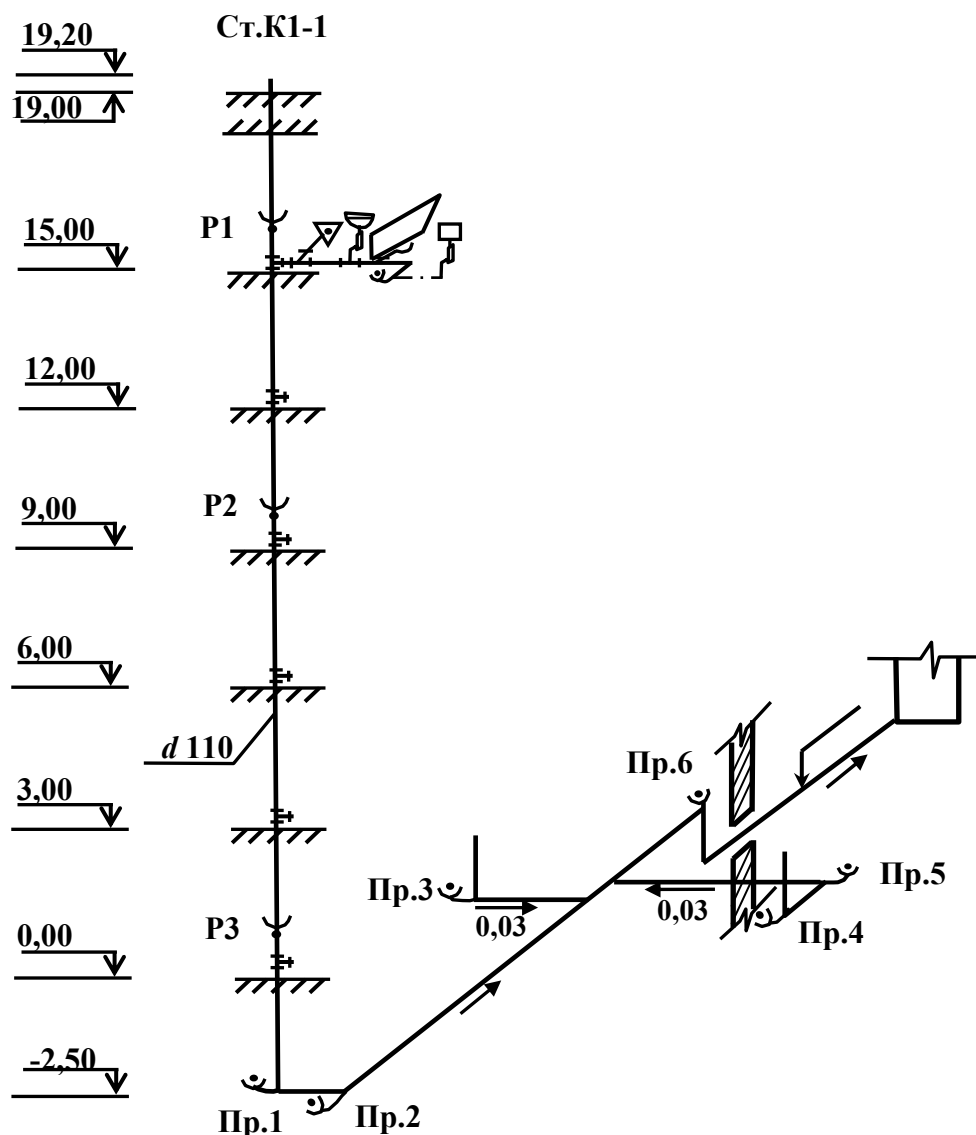


Рис. 3.21. Аксонометрическая схема внутренней канализации (1:100)

Задача 2. В жилом здании по условию задачи №1 проверить диаметр выпуска канализации $d = 110$ мм из полипропилена на пропуск расчетного расхода q_{SL} , л/с, и определить уклон выпуска i , наполнение h/d и скорость движения стоков V , м/с.

Решение

$$P = \frac{q_{hr,u}^{tot} \cdot U}{3600 q_0^{tot} N} = 15,6 \cdot 63 / 3600 \cdot 0,3 \cdot 54 = 982,8 / 58\,320 = 0,017$$

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0^{tot}}{q_{0,hr}^{tot}} = 3600 \cdot 0,017 \cdot 0,3 / 300 = 0,0612$$

$$\alpha_{hr} = f(P_{hr} N) = f(0,0612 \cdot 54) = f(3,305) = 1,955$$

$$q_{hr} = 0,005 \cdot \alpha_{hr} \cdot q_{0,hr} = 0,005 \cdot 1,955 \cdot 300 = 2,93 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$q_{sL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s q_0^{s2} = 2,93 / 3,6 + 0,54 \cdot 1,1 = 0,814 + 0,594 = 1,408 \text{ л/с}$$

По таблицам гидравлического расхода для полипропиленовых труб (приложение М) принимаем уклон выпуска $i = 0,01$ при наполнении $h/d = 0,3$ и скорости движения стоков $V = 0,721$, м/с.

Задача 3. Проложите возможные варианты трассы канализационной сети на генплане участка с одним зданием и группой зданий (рис. 3.22).

Решение

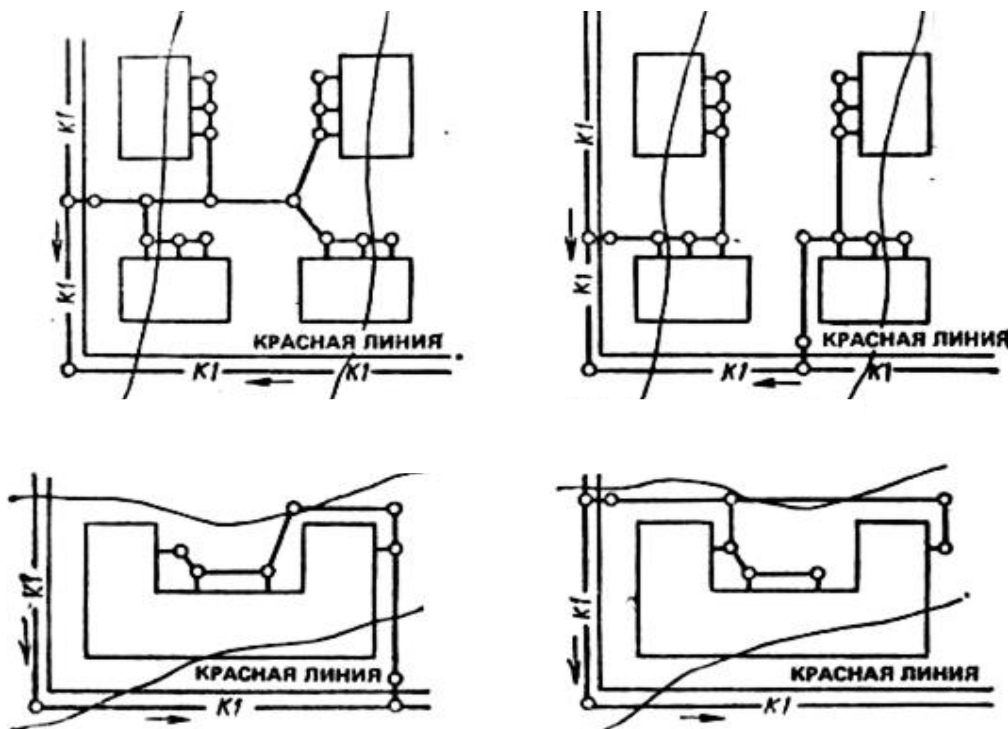


Рис. 3.22. Варианты разводки дворовой канализации

Задача 4. Запроектируйте дворовую канализацию в соответствии с генпланом участка, на котором расположено одно 6-этажное, 3-секционное жилое здание с числом водопотребителей в доме $U = 180$ чел, числом приборов в секции $N = 54$. Выполните гидравлический расчет сети (с учетом величины залпового расхода стоков от других зданий $q_s = 3,0$ л/с) и определите отметки заложения колодцев. Глубина промерзания местности – $h_{гл.пр} = 2,3$ м, участок ровный с абсолютной отметкой $z_{пов.зем} = 38,0$ м, отметка лотка городского колодца ГКК $z_{ГКК} = 34,5$ м (рис. 3.23).

Решение

$$P = \frac{q_{hr,u}^{tot} \cdot U}{3600 q_0^{tot} N} = 15,6 \cdot 180 / 3600 \cdot 0,3 \cdot 54 \cdot 3 = 2808 / 174\,960 = 0,016$$

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0^{tot}}{q_{0,hr}^{tot}} = 3600 \cdot 0,016 \cdot 0,3 / 300 = 0,0577$$

KK-1 – KK-2

$$\alpha_{hr} = f(P_{hr} N) = f(0,0577 \cdot 54) = f(3,116) = 1,88$$

$$q_{hr} = 0,005 \cdot \alpha_{hr} \cdot q_{0,hr} = 0,005 \cdot 1,88 \cdot 300 = 2,82 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$q_{sL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s q_0^{s2} + q_s = 2,82 / 3,6 + 0,45 \cdot 1,1 + 3,0 = 0,783 + 0,495 + 3,0 = 4,278 \text{ л/с}$$

KK-2 – KK-3

$$\alpha_{hr} = f(P_{hr} N) = f(0,0577 \cdot 108) = f(6,232) = 2,96$$

$$q_{hr} = 0,005 \cdot \alpha_{hr} \cdot q_{0,hr} = 0,005 \cdot 2,96 \cdot 300 = 4,44 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$q_{sL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s q_0^{s2} + q_s = 4,44 / 3,6 + 0,53 \cdot 1,1 + 3,0 = 1,233 + 0,583 + 3,0 = 4,816 \text{ л/с}$$

KK-3 – KKK

$$\alpha_{hr} = f(P_{hr} N) = f(0,0577 \cdot 162) = f(9,347) = 3,933$$

$$q_{hr} = 0,005 \cdot \alpha_{hr} \cdot q_{0,hr} = 0,005 \cdot 3,933 \cdot 300 = 5,9 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$q_{sL} = \frac{q_{hr}^{tot}}{3,6} + K_s q_0^{s2} + q_s = 5,9 / 3,6 + 0,61 \cdot 1,1 + 3,0 = 1,639 + 0,671 + 3,0 = 5,31 \text{ л/с}$$

Сеть дворовой канализации проектируется из труб ПВХ (прил. Н). Глубина заложения колодца *KK-1* минимальна, выше глубины промерзания на 0,3 м. Все последующие колодцы закладываются глубже в зависимости от величины *il*. Отметка лотка колодцев определяется как разница между отметкой поверхности земли и глубины их заложения. Отметка уровня сточных вод в колодцах определяется как сумма отметки лотка колодца и величины *h*, которую можно получить, перемножив *h/d*·*d*, в м. В колодце *KKK* образуется перепад высот (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Номер участка	l	q_k	d	i	v_k	h/d	il	Отметки						Глубина заложения	
								поверхности земли		уровня воды		лотка колодца			
КК1-КК2	15	4,278	160	0,01	0,95	0,3	0,15	38,0	38,0	36,048	35,898	36,0	35,85	2,0	2,15
КК2-КК3	15	4,816	160	0,014	1,15	0,3	0,21	38,0	38,0	35,898	35,688	35,85	35,64	2,15	2,36
КК3-ККК	10	5,31	160	0,01	1.12	0,4	0,1	38,0	38,0	35,688	35,604	35,64	35,54	2,36	2,46
ККК-ГКК	7	5.31	160	0.01	1.12	0.4	0.07	38.0	38.0	34.734	34.564	34.67	34.5	3.43	3.5

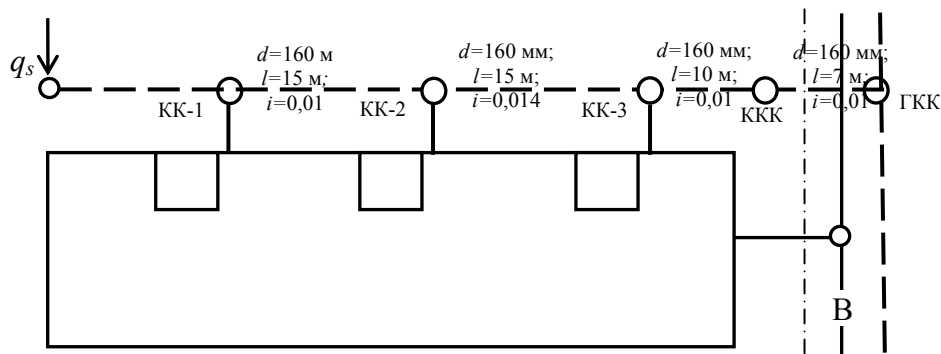


Рис. 3.23. Дворовая канализация к задаче 4

Перечень рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов

Основная литература

1. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение : учебник для вузов / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2013. – 472 с. – (Бакалавр. Базовый курс).

Дополнительная литература

1. Кедров, В. С. Водоснабжение и водоотведение : учебник для вузов / В. С. Кедров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 2002. – 336 с.
2. Калицун, В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация : учебное пособие для вузов / В. И. Калицун. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 2004. – 397 с.
3. Инженерные сети. Оборудование зданий и сооружений : учебник для вузов / Е. Н. Бухаркин, В. В. Кушнiryuk, В. М. Овсянников; под ред. Ю. П. Соснина. – М. : Высш. шк., 2001. – 416 с.
4. Ямлеева, Э. У. Инженерные сети и оборудование (Водоснабжение и водоотведение) : учебно-методический комплекс / Э. У. Ямлеева – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 122 с.
5. Внутренние санитарно-технические устройства : Справочник проектировщика в 3 частях. Ч. 2. Водопровод и канализация / под ред. И. Г. Старовойтова. – М. : Стройиздат, 1990. – 343 с.
6. Внутренний водопровод и канализация зданий : метод. указания и задания к вып. курс. проекта для студ. направл. «Строительство» / сост.: К. Н. Мишина, Г. Г. Ломовцева, Ю. В. Левушкина. – 3-е изд., испр. и доп. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 51 с.
7. Водопровод : метод. указания к лаб. работам / сост.: К. Н. Мишина, Г. Г. Ломовцева. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 23 с.
8. Проектирование, монтаж и эксплуатации систем канализации из пластмассовых труб для зданий и микрорайонов. Рекомендации / А. Я. Добромислов, Н. В. Санкова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : ТОО «Издательство ВНИИМП», 2004. – 148 с.
9. СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования». – М., 2000.
10. СП 40-107-2003 «Проектирование, монтаж и эксплуатация систем внутренней канализации из полипропиленовых труб». – М., 2003.

11. СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий (актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*). – М., 2016.
12. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения (актуализированная редакция СНиП 2.04.03.85). – М., 2012.
13. СП 73.13330.2012. Внутренние санитарно-технические системы зданий (актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85). – М., 2012.

Интернет-ресурсы

1. www.abok.ru – Сайт Некоммерческого партнерства АВОК «Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике». – (дата обращения: 04.06.2018).
2. www.s-o-k.ru – Сайт журнала «Сантехника, отопление, вентиляция». – (дата обращения: 04.06.2018).
3. <http://www.vstmag.ru> – Сайт журнала «Водоснабжение и санитарная техника». – (дата обращения: 04.06.2018).

Раздел 4. Системы водоснабжения населенных мест

Основные термины и понятия

Водозаборные сооружения; источник водоснабжения; коагуляция; обеззараживание; осветление; природные воды; система водоснабжения населенных мест; фильтрование.

Основные обозначения

$q_{уд}$ – удельным расход, л/с.
 q_{max} – максимальный расчетный расход, поступающий в сеть, л/с.
 $q_{соер}$ – сумма сосредоточенных расходов промышленных предприятия, л/с.
 $q_{пут}$ – путевой расход, л/с.
 q_T – транзитный расход, л/с.
 q_p – расчетный расход, л/с.
 $q_{уэл}$ – узловой расход, л/с.
 l – длина рассматриваемого участка сети, м.
 d – диаметры труб линий сети, мм.
 v – скорость движения воды в трубопроводе, м/с.
 $h_{дл}$ – потери напора в трубах определяют по формуле, м.
 V – объем бака, м³.
 V_p – регулирующий объем бака, м³.
 V_{II} – запас воды для тушения пожара, м³.
 $V_{ф}$ – запас воды, необходимый для технологических нужд очистной станции, м³.
 H_B – высота водонапорной башни, м.
 $H_{св}$ – свободный напор в диктующей точке, м.
 z_6 – отметка поверхности земли в месте расположения башни, м.
 z_d – отметка поверхности земли в диктующей точке, м.
 $\sum h_v$ – сумма потерь напора в водоводе, м.

H – напор насосов, м.
 N – мощность насоса, Вт.
 η – КПД насоса.

Глоссарий к разделу

Водозаборные сооружения – сооружения, которые служат для забора воды из подземных источников (трубчатые и шахтные колодцы, горизонтальные, лучевые водозаборы, каптажные камеры) и для забора поверхностных вод (берегового и руслового типа).

Источник водоснабжения – природный или антропогенный поверхностный водоем (река, море, озеро, океан, водохранилище и т. д.) или подземные воды, обеспечивающие забор необходимого потребителю количества воды в течение длительного времени.

Коагуляция – процесс, протекающий в смесителе и камере хлопьеобразования, способствующий укрупнению и более быстрому осаждению взвешенных веществ, введением в воду химических реагентов ($Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $FeCl_2$).

Обеззараживание – процесс, предназначенный для уничтожения бактерий, главным образом болезнетворных (патогенных), в очищаемой воде.

Осветление – процесс, протекающий в отстойниках, с помощью которого из воды удаляются содержащиеся в ней взвешенные вещества.

Природные воды – воды природных водоемов (рек, морей, озер, океанов), а также подземные воды.

Система водоснабжения населенных мест – комплекс взаимосвязанных устройств и сооружений для забора воды из источника водоснабжения, ее транспортирования, обработки, хранения, регулирования подачи и распределения между потребителями.

Фильтрация – процесс, позволяющий улучшить качество воды, протекающий в фильтрах, в которых вода проходит через слои зернистого фильтрующего материала.

Методические рекомендации для студента по изучению раздела

Цель: ознакомиться с системами водоснабжения населенных пунктов, их основными элементами и особенностями.

Учебные вопросы:

Системы и схемы водоснабжения населенных мест. Источники водоснабжения и проблемы их охраны от истощения и загрязнений. Водопроводные сети. Водонапорные и регулирующие устройства водопровода.

Изучив тему, студент должен:

иметь представление:

- об основах расчета систем водоснабжения населенных пунктов;

знать:

- классификацию систем водоснабжения населенных мест;
- схемы и основные элементы систем водоснабжения;
- источники водоснабжения подземные и поверхностные;
- проблемы охраны водных ресурсов от истощения и загрязнения;
- требования, предъявляемые к качеству питьевой воды;
- методы обработки воды и принципиальную схему очистной станции;
- устройство, оборудование и основные сведения по расчету наружной водопроводной сети;

- водонапорные и водоподъемные устройства (насосы, эрлифты);
- регулирующие и запасные емкости, водонапорные башни;

уметь:

- определить тип схемы водоснабжения определенного населенного пункта.

При освоении темы необходимо:

- изучить раздел 4 из учебного пособия, а также материал по данному разделу из источников, указанных в библиографии;
- акцентировать внимание на особенностях проектирования систем внутреннего водоснабжения, на расчете внутреннего водопровода и подборе оборудования системы водоснабжения здания;
- выполнить тесты к разделу 4;
- решить задачи к разделу 4;
- ответить на вопросы для самоконтроля.

4.1. Системы и схемы водоснабжения

Система водоснабжения – комплекс взаимосвязанных устройств и сооружений, обеспечивающих потребителей водой в требуемом количестве и заданного качества. Система водоснабжения включает в себя устройства и сооружения для забора воды из источника водоснабжения, ее транспортирования; обработки, хранения, регулирования подачи и распределения между потребителями.

Схема водоснабжения – последовательное расположение этих сооружений от источника до потребителя, взаимное расположение их относительно друг друга.

Системы водоснабжения должны проектироваться в соответствии с требованиями по проектированию наружных сетей и сооружений водоснабжения, а также других нормативно-технических рекомендаций и требований, предъявляемых к воде потребителями. При этом необходимо учитывать местные условия, многообразие которых приводит к тому, что система водоснабжения любого объекта по-своему уникальна и неповторима.

Классификации систем водоснабжения. Все многообразие встречающихся на практике систем водоснабжения классифицируется по следующим основным признакам:

- **по назначению:** хозяйственно-питьевые; противопожарные; производственные; сельскохозяйственные. Перечисленные типы систем могут быть как самостоятельными, так и объединенными. Объединяют системы в том случае, если требования, предъявляемые к качеству воды, одинаковые или это выгодно экономически;

- **по характеру используемых природных источников:** системы, получающие воду из поверхностных источников (реки, озера, водохранилища, моря, океаны); системы, забирающие воду из подземных источников (артезианские, грунтовые); системы смешанного питания (при использовании различных видов водоисточников);

- **по территориальному признаку (охвату):** локальные (одного объекта) или местные; групповые или районные, обслуживающие группу объектов; внеплощадочные; внутриплощадочные;

- **по способам подачи воды:** самотечные (гравитационные); напорные (с механической подачей воды с помощью насосов); комбинированные;

- **по кратности использования потребляемой воды (для предприятий):** прямоточные (однократное использование); с последовательным использованием воды (двух-трехкратное); оборотные (многократное использование воды, осуществляемое по замкнутой, полужамкнутой схеме или со сбросом части воды – продувкой); комбинированные;

- **по видам обслуживаемых объектов:** городские; поселковые; промышленные; сельскохозяйственные; железнодорожные и т. д.;
- **по способу доставки и распределения воды:** централизованные; децентрализованные; комбинированные.

Схема водоснабжения городов и населенных пунктов определяется видом источника водоснабжения, качеством воды в нем, рельефом местности, режимом водопотребления.

Сети и сооружения системы водоснабжения города с поверхностным источником представлены на рис. 4.1, а. Вода поступает в водозаборные сооружения 1, откуда насосами насосной станции первого подъема 2 по водоводам первого подъема 3 подается на очистные сооружения 4. После очистки из резервуаров чистой воды 5 она забирается насосами насосной станции второго подъема 6 и по водоводам второго подъема 7 подается в наружную водопроводную сеть города 8, распределяющую воду по отдельным районам и кварталам города.

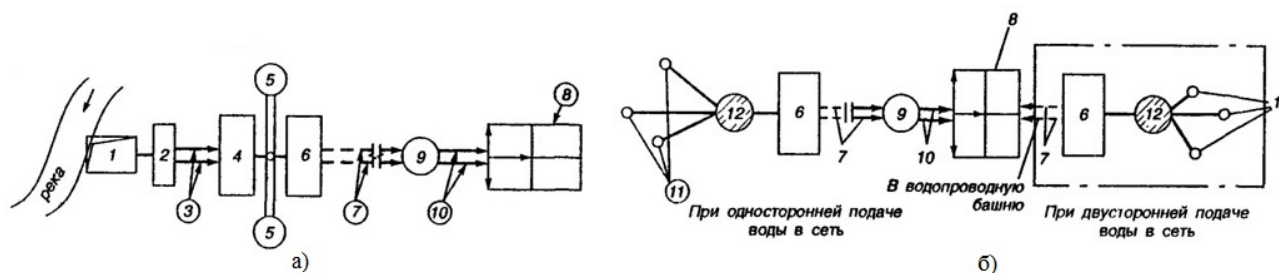


Рис. 4.1. Сети и сооружения систем водоснабжения города:

- а) с поверхностным источником; б) с подземным источником; 1 – водозаборные сооружения; 2 – насосная станция первого подъема; 3 – водоводы первого подъема; 4 – очистные сооружения; 5 – резервуар чистой воды; 6 – насосная станция второго подъема; 7 – водоводы второго подъема; 8 – наружная водопроводная сеть; 9 – водонапорная башня; 10 – водоводы; 11 – водозаборные скважины; 12 – сборный резервуар

Водонапорная башня 9 может располагаться перед, в середине, либо за сетью города. В последнем случае она называется контрбашней. Сеть города с водонапорной башней соединяют водоводы 10. Все водоводы проектируются не менее чем в две нитки на случай аварии. Аварийный водовод должен обеспечивать пропуск не менее 70% суточного потребления воды городом.

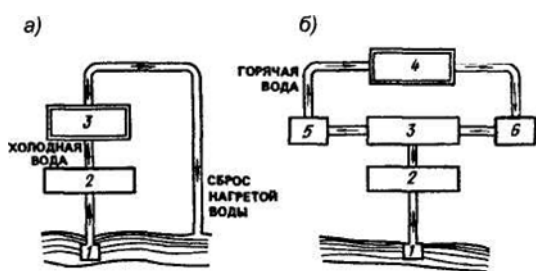


Рис. 4.2. Схемы производственного водоснабжения:

- а) прямоточная; б) обратная;
1 – водозаборное сооружение;
2 – станция очистки и перекачки воды;
3 – промышленное предприятие;
4 – охладитель; 5 – насосная станция горячей воды; 6 – насосная станция охлажденной воды

Сети и сооружения системы водоснабжения города с подземным источником представлены на рис. 4.1, б. Схема значительно упрощена по сравнению со схемой водоснабжения города с поверхностным источником, так как отсутствует дорогостоящий комплекс очистки воды, поскольку подземные воды не требуют глубокой очистки. В отдельных случаях могут применяться местные установки для обезжелезивания или удаления избыточных солей, а также для обеззараживания воды. Они устанавливаются на насосной станции. Поэтому, согласно схеме (см. рис. 4.1, б), вода из водозаборных скважин 11 поступает в сборный резервуар 12, а затем насосами насосной станции 6 подается в городскую водопроводную сеть 8. Подача воды в город в ряде случаев может быть и двусторонней.

Водоснабжение промышленных предприятий может быть осуществлено по прямоточной, последовательной и оборотной схемам.

При прямоточной схеме водоснабжения (рис. 4.2, а) вода, забираемая из источника водоснабжения, после соответствующей очистки поступает на технологические нужды предприятия, а затем, после очистки, сбрасывается в водоем ниже по течению относительно объекта водоснабжения.

С увеличением расстояния между источником водоснабжения и промышленной площадкой, а также разности геодезических отметок, более предпочтительно применение оборотной схемы (рис. 4.2, б). Она становится единственно возможной при малых мощностях источника водоснабжения и при технологии, не допускающей применения прямоточной и последовательной схем из-за наличия в отработавшей воде токсических веществ, очистка от которых затруднена.

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

4.2. Источники водоснабжения и проблемы их охраны от истощения и загрязнений. Водозаборные сооружения

Выбранный источник водоснабжения должен обеспечивать получение достаточных количеств воды с учетом возможного роста водопотребления, бесперебойность снабжения водой потребителей, сохранение сложившейся экологической системы при отборе воды из него. Кроме того, при выборе источника следует учитывать соответствие качества воды требованиям, предъявляемым потребителями, а также технико-экономические показатели. Выбранный источник водоснабжения необходимо согласовать с органами государственного санитарного надзора.

Забор воды для целей водоснабжения возможен из поверхностных и подземных источников. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения целесообразно применять подземные воды, как правило, с более высокими показателями качества, чем воды поверхностные. Если мощность водоносного пласта подземных вод недостаточна или они не пригодны для целей водоснабжения, то используют поверхностные источники. Использование подземных вод для производственных нужд нецелесообразно, если нет соответствующего обоснования.

Подземные воды характеризуются постоянством температуры, санитарной надежностью, повышенной минерализацией. Возможно также иногда повышенное содержание в них железа, солей жесткости, сероводорода, фтора и марганца.

Схема залегания подземных вод приведена на рис. 4.3. Подземные воды могут быть безнапорными и напорными. Безнапорные воды имеют свободную поверхность, называемую зеркалом подземных вод. Если полностью насыщенные водоносные пласты перекрыты водонепроницаемыми грунтами и имеют пьезометрический напор, то они называются **напорными**. Давление,

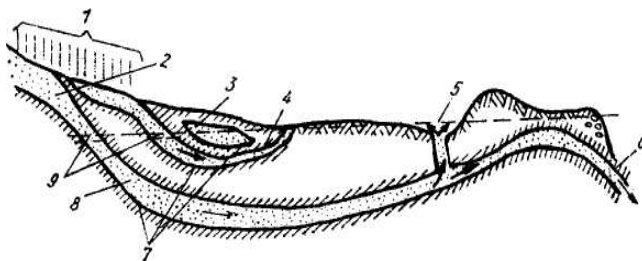


Рис. 4.3. Схема залегания подземных вод:

- 1 – атмосферные осадки; 2 – область питания подземных вод; 3 – верховодка;
- 4 – грунтовые воды; 5 – артезианская скважина;
- 6 – область разгрузки напорных вод;
- 7 – водоупорные породы; 8 – артезианские воды;
- 9 – пьезометрическая линия

создаваемое напорными водами, больше атмосферного. Если подземные воды имеют выход на поверхность, то образуются родники.

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

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

В качестве поверхностных источников используются реки, водохранилища, озера и моря. Для рек характерно сезонное колебание расхода и качества воды. Водохранилищам свойственны малая мутность, высокая цветность воды и наличие планктона в ней в летний период. Качество воды в озерах характеризуется большим разнообразием. Морская вода может использоваться для целей промышленного водоснабжения, а при отсутствии пресных вод – и для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения после ее опреснения.

Зоны санитарной охраны

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

Границы *первого пояса* зоны санитарной охраны (строгого режима) ограничивают источник в месте забора воды и площадку, занимаемую водозаборами, насосными станциями, очистными сооружениями и резервуарами чистой воды. Этот пояс охватывает акваторию рек и подводящих каналов не менее чем на 200 м от водозабора вверх по течению и 100 м вниз по течению. По прилегающему берегу она проходит на расстоянии не менее чем на 100 м от линии уреза воды при максимальном уровне. При ширине реки и канала до 100 м в зону первого пояса входит часть противоположного берега (по отношению к водозабору) шириной 50 м, при большей ширине – акватория шириной не менее 100 м.

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

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

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

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

Сооружения для забора подземных вод

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

Шахтные колодцы (рис. 4.4) применяют для забора воды из маломощных водоносных пластов, залегающих на глубине до 30 м от поверхности земли. Их выполняют из кирпича, бетона, железобетона, дерева и камня. Вода поступает в колодец через боковые отверстия, устраиваемые в стенках, и дно, засыпанное крупнозернистым материалом. Забор воды из шахтного колодца осуществляется с помощью сифонов или насосов. Для защиты колодца от попадания загрязнений и поверхностных стоков вокруг него устраивают отсыпку с мощением камнем, а также глиняный замок. Стенки колодца поднимают на 0,8 м над поверхностью земли. Сверху колодец закрывается крышкой.

В крупных централизованных системах водоснабжения шахтные колодцы применяются относительно редко. Их используют при индивидуальном пользовании, в сельской местности, во временных водопроводах.

Горизонтальные водосборы представляют собой дренажи разных типов или водосборные галереи, укладываемые в пределах водоносного пласта (непосредственно на подстилающем водоупоре) на глубине 6–8 м при незначительной его мощности. Вода, поступившая из грунта в дренажные трубы, подается по ним в сборный резервуар, а оттуда откачивается насосами

Лучевые водозаборы применяют для забора подрусловых и подземных вод, не имеющих питания из открытых водоемов. Водозаборы этого типа предусматривают при залегании водоносных пластов на глубине не более 15–20 м.

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

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

Для целей централизованного водоснабжения наиболее часто применяются несколько *трубчатых колодцев* или, как их часто называют, *водозаборных скважин*, объединяемых в общую систему водосборных сооружений. Характерной особенностью трубчатых колодцев (скважин) является их малый диаметр и относительно большая длина водозаборной части.

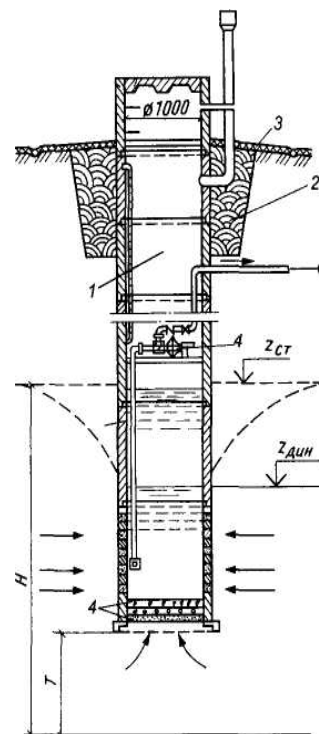


Рис. 4.4. Шахтный колодец:

- 1 — ствол шахты;
- 2 — глиняный замок;
- 3 — отмоска; 4 — фильтр

Скважины (рис. 4.5, а), устраиваемые путем бурения, предназначены для приема как напорных, так и безнапорных подземных вод, залегающих на глубине более 30 м. Это наиболее распространенный тип водозаборных сооружений подземных вод. В рыхлых грунтах стенки скважин крепят обсадными трубами. Для предохранения скважины от попадания в нее частиц грунта из водоносного пласта ее, как правило, оборудуют фильтром (рис. 4.5, б). Тип фильтра и его конструкцию выбирают в зависимости от водоносной породы. После оборудования скважины фильтром производят опытную откачку для определения ее удельного дебита, что позволит, в зависимости от требуемого расхода и мощности водоносного горизонта, определить необходимое число скважин. Скважины располагают перпендикулярно направлению потока подземных вод. При самоизливающихся скважинах вода отводится самотеком в сборный резервуар, а затем перекачивается либо на очистные сооружения, либо потребителям. При глубоком залегании динамического уровня скважины оборудуют артезианскими насосами или эрлифтами. В зависимости от грунтовых условий над водозаборной скважиной устраивают павильон или камеру из кирпича, бетона или железобетона.

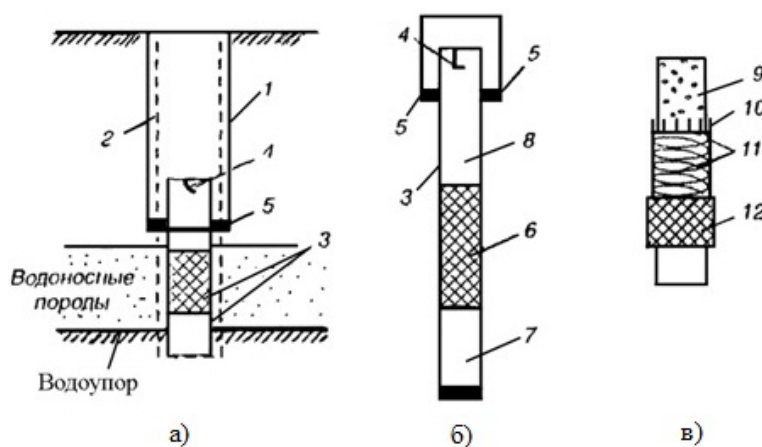


Рис. 4.5. Схема а) скважины, б) устройство фильтра, в) конструкция сетчатого фильтра;
 1 – обсадная труба; 2 – труба меньшего диаметра; 3 – фильтр; 4 – замок для установки фильтра;
 5 – сальниковое уплотнение; 6 – рабочая приемная часть фильтра; 7 – нижняя глухая часть фильтра;
 8 – надфильтровая глухая часть; 9 – трубчатый каркас с круглой перфорацией;
 10 – подкладочные стержни; 11 – проволока; 12 – сетка

Сооружения для забора поверхностных вод

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

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

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

Водозаборные сооружения берегового типа применяют при относительно крутом берегу и наличии глубин, обеспечивающих условия забора воды. Их располагают на склоне берега с приемом воды непосредственно из русла реки. Водоприемники этих водозаборов бывают двух видов: отдельные (рис. 4.6, а) и совмещенные с насосной станцией (рис. 4.6, б). Совмещение насосной станции I подъема и водоприемного сооружения предусматривается в зависимости от амплитуды колебания воды в источнике, всасывающей способности устанавливаемых насосов, геологических и гидрологических условий.

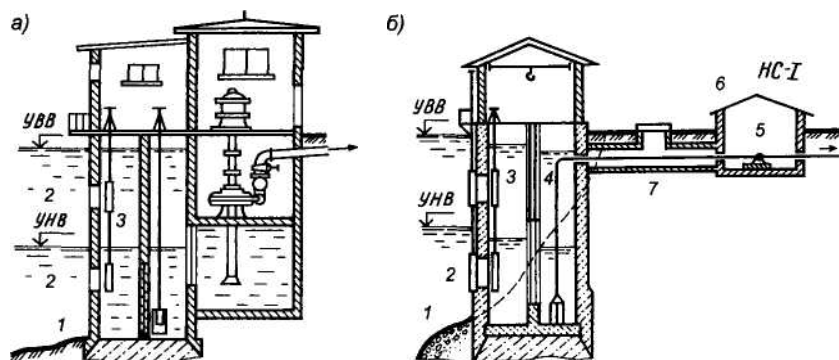


Рис. 4.6. Водоприемники берегового типа:

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

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

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

Водозаборные сооружения руслового типа (рис. 4.7, а) применяют при относительно пологом берегу, когда требуемые для забора воды глубины находятся на большом расстоянии от берега. Водозабор состоит из оголовка 1, самотечных водоводов 2, берегового колодца 3 и насосной станции 11. Забор воды из реки производится через оголовок (рис. 4.7, б). Конструкция оголовка зависит от количества забираемой воды, глубины реки, ледовых условий, характера грунта и т. д. Существуют три типа оголовков: затопленные, затапливаемые высокими водами и незатапливаемые. В зависимости от применяемого материала оголовки бывают деревянные, бетонные и железобетонные.

Постоянно затопленные оголовки располагают не менее чем на 0,3 м ниже минимального расчетного уровня воды и на 0,6 м ниже нижней поверхности льда. Их широко применяют при устройстве систем хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения.

Затапливаемые оголовки в межень не затоплены и обслуживаются с берега, а в паводок затапливаются и недоступны для профилактики.

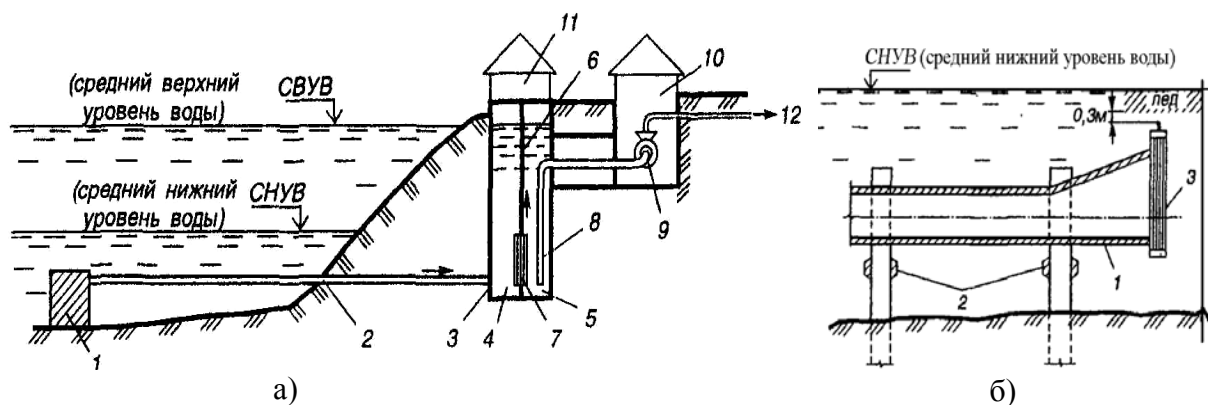


Рис. 4.7. Водоприемник руслового типа (а):

1 – оголовок; 2 – самотечная линия; 3 – береговой колодец; 4 – приемная камера; 5 – всасывающая камера; 6 – перегородка; 7 – съемная сетка; 8 – всасывающий патрубок насоса; 9 – центробежный насос; 10 – насосная станция первого подъема; 11 – павильон; 12 – напорные водоводы.

Схема затопленного оголовка (б): 1 – приемный конец самотечной линии; 2 – сваи; 3 – съемная решетка раструба

Незатапливаемые оголовки применяют в крупных водозаборах с целью повышения надежности подачи воды. Конструкции их рассчитываются на динамические воздействия ледяных полей, вследствие чего отличаются массивностью и высокой стоимостью устройства.

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

Для уменьшения заглубления трубопроводов вместо самотечных можно применять сифонные водоводы.

4.3. Комплекс сооружений по очистке вод из природных источников

Метод очистки воды и состав очистных сооружений зависят от качества воды в источнике водоснабжения, назначения водопроводов, производительности станции и местных условий. Наиболее распространенными методами очистки воды являются осветление и обеззараживание.

Осветление – это процесс, с помощью которого из воды удаляются содержащиеся в ней взвешенные вещества. Осветление может осуществляться отстаиванием воды в отстойниках. Для улучшения этого процесса применяют *коагуляцию*, т. е. вводят в воду химические реагенты (сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3$, сернокислое железо $FeSO_4$, хлорное железо $FeCl_2$), которые способствуют укрупнению и более быстрому осаждению взвешенных веществ. Коагуляция в свободном объеме протекает в смесителях и камерах хлопьеобразования. В настоящее время широко применяется контактная коагуляция. При этом воду осветляют в осветлителях со взвешенным осадком. Процесс контактной коагуляции может протекать и в зернистой загрузке фильтров.

После отстойников и осветлителей вода подвергается более глубокому осветлению – *фильтрованию*, в процессе которого она проходит через слой фильтрующего материала фильтров.

Обеззараживание воды осуществляется с целью уничтожения бактерий, главным образом болезнетворных (патогенных). Наиболее распространенными способами обеззараживания воды являются *хлорирование* в хлораторных вакуумных или напорных,

озонирование в озонаторных установках и бактерицидное облучение ртутно-кварцевыми лампами высокого и низкого давления.

В ряде случаев применяется *специальная обработка* воды. Например, подземные воды иногда подвергаются *обезжелезиванию* в аэрационных установках.

Питательная вода котельных установок и ТЭЦ требует предварительного ее *умягчения* на реагентных и катионовых установках. Вода некоторых источников водоснабжения до подачи ее потребителям должна быть *обессолена* ионным обменом или электролизом, дистилляцией либо замораживанием.

Для предотвращения коррозии трубопроводов и арматуры, а также выпадения в трубах солей осуществляют *стабилизацию* воды путем добавления в нее химических реагентов (подкисление, фосфотирование).

Таким образом, очистные станции представляют собой *комплекс сооружений*, в которых вода подвергается очистке, приобретая качества и свойства, необходимые потребителю. Основные показатели качества питьевой воды отражены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Основные показатели качества питьевой воды (ГОСТ Р 51232 – 98 «Вода питьевая»)

Запах и привкус	не более 2 баллов
Активная реакция – концентрация ионов водорода (pH)	$6,5 < \text{pH} < 8,5$
Мутность – количество взвешенных частиц	не более 1,5 мг/л
Температура воды (оптимальная)	7 – 10 °С
Число кишечных палочек в 1 литре воды (коли-индекс) или	не более 3
Наименьший объем воды, в котором еще обнаруживается кишечная палочка (коли-титр)	не менее 300
Цветность по платино-кобальтовой шкале	20°
Жесткость – содержание солей Са и Mg	7 – 10 мг·экв/л
Содержание железа	не более 0,3 мг/л
Содержание фтора	0,7 – 1,5 мг/л
Содержание свинца	не более 0,1 мг/л
Содержание урана природного и урана-238	1,7
Содержание остаточного активного хлора	не менее 0,3 и не более 0,5 мг/л

Остановимся на более подробном изучении методов очистки воды для хозяйственно-питьевых нужд и примем в качестве источника водоснабжения города – реку.

В хозяйственно-питьевых водопроводах, использующих речную воду, на очистные сооружения возложены задачи осветления, фильтрации и обеззараживания воды. Попутно решаются задачи устранения из воды неприятных запахов и привкусов, вопросы умягчения воды (если это необходимо), устранение ее цветности.

Очистные сооружения являются одним из составных элементов системы водоснабжения города и тесно связаны с ее остальными элементами. На рис. 4.8 показан комплекс очистных сооружений на очистной станции, осуществляющий очистку воды для хозяйственно-питьевых целей, по двухступенчатой технологической схеме.

Вода, подаваемая насосами насосной станции первого подъема, поступает в смеситель 3, куда вводится раствор реагентов, приготовляемых в реагентном хозяйстве 2, необходимых для проведения коагулирования, где и происходит их смешивание с водой. Из смесителя вода поступает в камеру хлопьеобразования 4, где осуществляется укрупнение взвеси. Затем вода последовательно проходит отстойники 5, где происходит осаждение взвеси, а затем фильтры 6, в которых она проходит более глубокое осветление. В трубу, подающую воду

из фильтров в резервуар чистой воды 8, вводится хлор из хлораторной 7. Необходимый для обеззараживания контакт воды с хлором происходит в резервуаре 8. В ряде случаев хлорирование воды осуществляется дважды – перед смесителем (первичное хлорирование) и после фильтров (вторичное хлорирование). Процесс обесцвечивания воды происходит одновременно с процессом коагулирования и осветления воды.

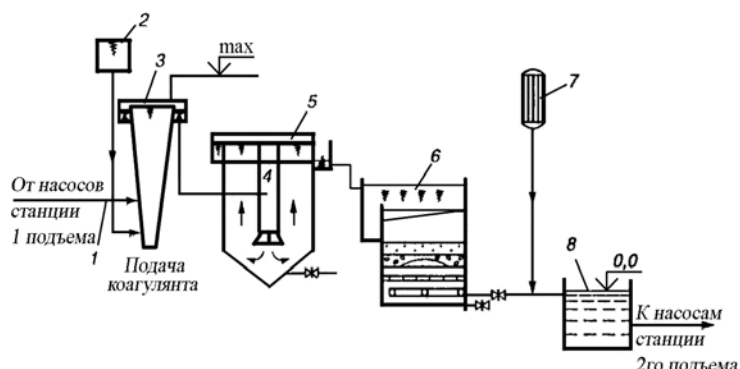


Рис. 4.8. Принципиальная схема очистной станции:

1 – подача воды; 2 – реагентное хозяйство; 3 – вертикальный смеситель;
4 – камера хлопьеобразования водоворотного типа; 5 – вертикальный водопроводный отстойник; 6 – фильтр; 7 – хлораторная; 8 – резервуар чистой воды

Рассмотрим принципиальные схемы работы ряда сооружений, широко используемых в практике очистки воды для хозяйственно-питьевых целей.

Реагентное хозяйство. Наибольшее распространение имеет мокрый способ дозирования реагентов (рис. 4.9, а).

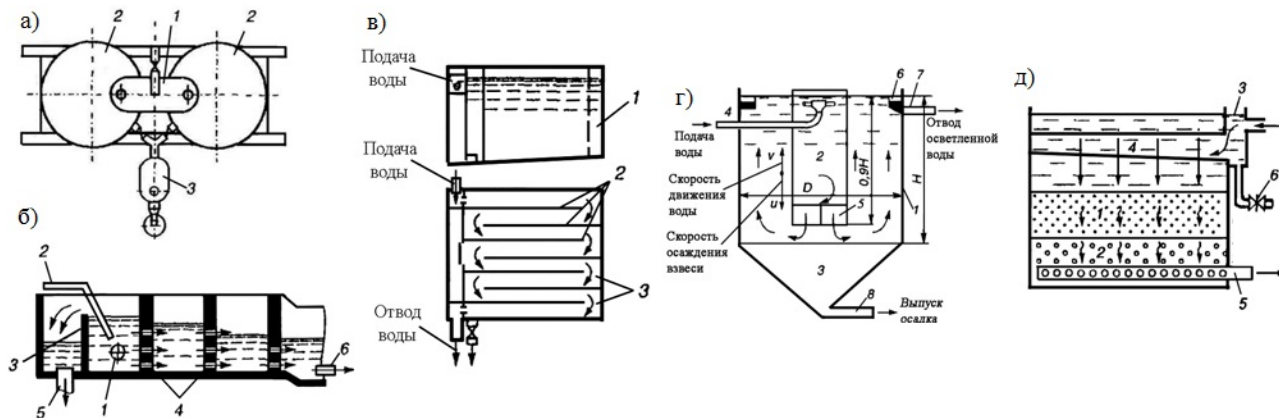


Рис. 4.9. Схемы очистных сооружений:

а) устройство для приготовления реагентов; б) перегородчатый смеситель;
в) перегородчатая камера хлопьеобразования; г) вертикальный отстойник;
д) скорый однопоточный открытый фильтр

При этом способе комья коагулянта загружают в растворный бак 1 с водой, откуда после растворения коагулянт поступает в расходные баки 2, в которых приготавливается раствор определенной концентрации. Этот раствор направляется в дозировочный бачок 3, а из него подается в обрабатываемую воду. Обычно устанавливают два растворных бака, работающих попеременно. В растворный бак для лучшего растворения коагулянта подают сжатый воздух или пар. Иногда применяют механические мешалки.

Смеситель. Для равномерного перемешивания коагулянта со всей массой воды служат смесители. Наибольшее распространение получили перегородчатые, дырчатые и вихревые смесители. Конструкция перегородчатого смесителя представлена на рис. 4.9, б. Лоток с тремя вертикальными перегородками 4, в которых имеются проходы для воды. Перемешивание коагулянта с водой происходит в результате интенсивных завихрений потока.

Камеры хлопьеобразования. В этих камерах происходит образование хлопьев в процессе плавного перемешивания воды с коагулянтom. Бывают лопастные, вихревые, перегородчатые и др. Перегородчатая камера хлопьеобразования (рис. 4.9, в) представляет собой железобетонный резервуар 1, разделенный продольными перегородками 2 на коридоры 3. Их число может меняться в зависимости от мутности воды. Вода проходит по ним со скоростью 0,2 – 0,3 м/с, чтобы хлопья в коридорах не выпадали в осадок и не разбивались.

Отстойники. Процесс отстаивания основан на том, что при малых скоростях движения воды взвешенные в ней частицы под действием силы тяжести осаждаются на дно со скоростью U . Скорость осаждения частиц зависит от их размеров, формы, удельного веса и температуры.

Ориентировочно скорость осаждения взвеси для мутных вод, содержащих более 250 мг/л взвешенных веществ (с предварительной коагуляцией), составляет $U = 0,5 - 0,6$ мм/с.

По направлению движения осветляемой в них воды они подразделяются на: горизонтальные; вертикальные; радиальные.

В вертикальном отстойнике (рис. 4.9, г) вода движется вертикально снизу вверх. Отстойник представляет собой круглый (иногда квадратный) в плане резервуар 1 с центральной цилиндрической трубой 2 и конической (или пирамидальной) нижней частью 3. В данном случае центральная труба 2 – это встроенная в отстойник камера хлопьеобразования водоворотного типа. Вода подается в нее по трубе 4, проходит камеру сверху вниз и через гаситель скорости 5 поступает в нижнюю часть отстойника. Далее вода движется вверх. Осаждение взвеси происходит во время восходящего движения воды в отстойнике. Обе скорости направлены вертикально, но в противоположные стороны. Осветленная вода через водослив или борт отстойника попадает (из верхней части отстойника) в сборный желоб 6 и посредством отводной трубы 7 направляется на фильтрацию. Осадок, скапливающийся в нижней части отстойника 3, периодически удаляется по трубе 8 (без выключения отстойника из работы).

Количество взвешенных веществ в воде после прохождения ею осветления в отстойнике составляет примерно 10 – 12 мг/л.

Фильтры. Фильтрация воды через зернистые материалы позволяет улучшить ее качества и довести их до требуемых стандартов, позволяющих использовать ее для питьевых целей. Слой фильтрующего мелкозернистого материала задерживает содержащиеся в воде частицы мелкой взвеси. В качестве фильтрующего материала применяют кварцевый песок, гравий, дробленый антрацит и другие материалы. Фильтры могут быть классифицированы по ряду основных признаков: по скорости фильтрации (медленные, скорые, сверхскоростные); по рабочему давлению (открытые, закрытые); по крупности материала (мелкозернистые, среднезернистые, крупнозернистые); по направлению фильтрующего потока (однопоточные, двухпоточные, многопоточные); по числу фильтрующих слоев (однослойные, двухслойные, многослойные).

Рассмотрим принцип работы скорого однопоточного открытого фильтра (см. рис. 4.9, д). Вода поступает в фильтр через карман 3 и желоба 4, проходит через слой фильтрующей загрузки (кварцевый песок) 1 и поддерживающий слой гравия 2. Профильтрованная вода отводится через дренажные устройства 5, расположенные в нижней

части фильтра. Расчетная скорость фильтрования, высота фильтрующей загрузки зависят от крупности зерен последней.

Очистку скорых фильтров производят, исходя из опыта их эксплуатации, 1 – 2 раза в сутки (в паводки чаще). При этом промывку фильтрующего материала осуществляют обратным током чистой воды, подаваемой снизу через дренаж 5. При промывке фильтр выключается из работы. Промывка длится 5 – 7 мин. Скорость промывки фильтра в несколько раз больше скорости фильтрования. Вода взмучивает песок и интенсивно промывает его от поступивших в процессе фильтрования загрязнений. Промывная вода отводится через желоба 4.

В результате отстаивания и фильтрования из воды удаляется до 95% бактерий. Для уничтожения оставшихся в воде болезнетворных бактерий воду *обеззараживают*.

Наиболее распространенным методом обеззараживания воды перед ее подачей в хозяйственно-питьевые водопроводы является *хлорирование*. Для этого используются жидкий хлор и хлорная известь (для станций небольшой производительности).

Воду хлорируют жидким или газообразным хлором, под действием которого большинство бактерий погибают в результате окисления веществ, входящих в состав протоплазмы клеток. Правильное назначение дозы хлора является исключительно важным. Показателем достаточности принятой дозы хлора является наличие в воде остаточного хлора, концентрация которого для питьевой воды (как указывалось ранее) составляет 0,3 – 0,5 мг/л.

Хлорирование уже осветленной воды производится перед ее поступлением в резервуар чистой воды, где она контактирует с ним 30 мин.

Иногда применяют предварительное хлорирование, т. е. хлор добавляют в воду до смесителя. Это позволяет уменьшить дозу коагулянта и обеспечивает хорошее санитарное качество самих очистных сооружений. Вводя хлор до и после очистных сооружений, можно снизить общий расход хлора по сравнению с расходом его при предварительном хлорировании, сохраняя преимущества последнего.

При использовании жидкого хлора процесс обеззараживания осуществляют с помощью хлораторов напорного или вакуумного типов. Недостатком напорных хлораторов является возможность утечки из них хлора. Эта опасность устранена в вакуумных хлораторах. Поэтому они наиболее часто используются в установках для обеззараживания воды.

4.4. Водоподъемные устройства

Для подачи воды из источника водоснабжения в городскую сеть, к потребителю в системе водоснабжения предусматриваются насосные станции. По назначению и расположению в схеме водоснабжения насосные станции можно подразделить на станции I и II подъема, повысительные и циркуляционные.

Насосные станции I подъема забирают воду от водоприемных сооружений и подают ее на очистные сооружения (при необходимости ее очистки) либо потребителю (в случае соответствия качества воды предъявляемым требованиям). Насосные станции II подъема предназначены для подачи воды от очистных сооружений к потребителям.

Повысительные насосные станции служат для повышения давления в отдельных возвышенных или удаленных районах.

В системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий устраивают циркуляционные насосные станции, осуществляющие оборот воды.

По расположению относительно поверхности земли станции бывают наземные и заглубленные. В зависимости от применяемого насосного оборудования устраивают станции с горизонтальными, вертикальными центробежными насосами и т. д.

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

техническими параметрами: подачей, напором, частотой вращения рабочего колеса, потребляемой мощностью, КПД и высотой всасывания.

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

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

Мощность насоса N , расходуемая для создания определенных q_n и H , подсчитывается по формуле

$$N = \rho g q_n H / \eta, \quad (4.1)$$

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

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

$$\eta = N_o / N. \quad (4.2)$$

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

В централизованных системах водоснабжения наиболее широко применяются центробежные насосы (рис. 4.10). Передача энергии перекачиваемой жидкости в этих насосах происходит в результате взаимодействия лопаток рабочего колеса с потоком. Под действием центробежной силы жидкость отбрасывается от центра рабочего колеса (всасывающая полость) к его периферии (напорная полость). Рабочее колесо, расположенное в корпусе насоса, приводится во вращение электродвигателем. С торцевой стороны к центру корпуса присоединен всасывающий патрубок, через который с помощью всасывающей трубы подводится перекачиваемая жидкость. От насоса жидкость отводится через напорный патрубок, к которому присоединен напорный трубопровод. Перед запуском насоса его корпус и всасывающий трубопровод заполняют водой.

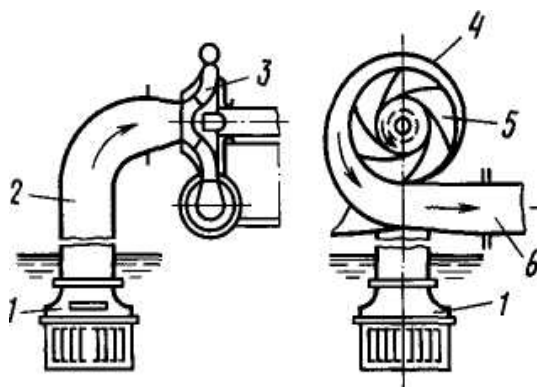


Рис. 4.10. Схема центробежного насоса:

- 1 – приемный клапан;
- 2 – всасывающий патрубок;
- 3 – рабочее колесо; 4 – корпус насоса;
- 5 – лопатки; 6 – нагнетательный патрубок

Центробежные насосы классифицируются по напору, числу рабочих колес, расположению вала, виду перекачиваемой жидкости и другим признакам.

Водовоздушные подъемники (эрлифты). Для транспортирования и подъема жидкости используют также водовоздушный подъемник (эрлифт) (рис. 4.11). Эрлифт состоит из вертикальной трубы 1, погруженной нижним концом под уровень воды источника. Внутри этой трубы проходит воздухопровод, по которому подается сжатый воздух, распыляемый через форсунку 2. Плотность образующейся смеси намного меньше плотности воды, поэтому водовоздушная смесь поднимается по трубе над уровнем воды в резервуаре.

Эрлифт удобен для забора воды из скважин малого диаметра. Он может работать и при наличии в воде взвешенных частиц.

Гидроэлеваторы (водоструйные насосы). Действие гидроэлеватора основано на принципе передачи кинетической энергии от одного потока жидкости другому, обладающему меньшей кинетической энергией.

В гидроэлеваторе (рис. 4.12) вода под напором подается по трубе 1, проходит сужение 2 и поступает в смесительную камеру 3, в которой из-за большой скорости напора в сужении

создается давление, меньшее атмосферного (вакуум). В результате вода из резервуара 4 под действием атмосферного давления на его поверхность поднимается по трубе 5 в камеру 3, откуда направляется в диффузор, где скорость потока уменьшается и увеличивается его статический напор, благодаря чему вода перемещается по напорному трубопроводу 6.

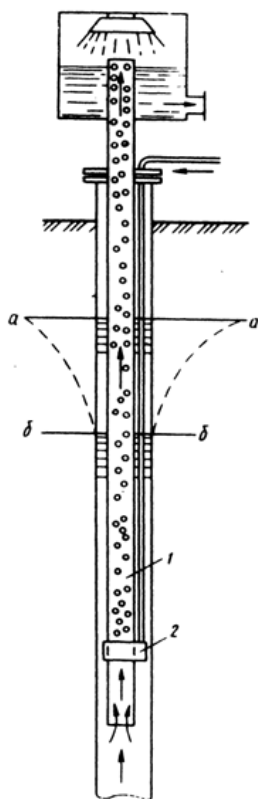


Рис. 4.11. Схема водовоздушного подъемника (эрлифта):
1 – водоподъемная труба; 2 – форсунка;
а-а – статический уровень;
б-б – динамический уровень

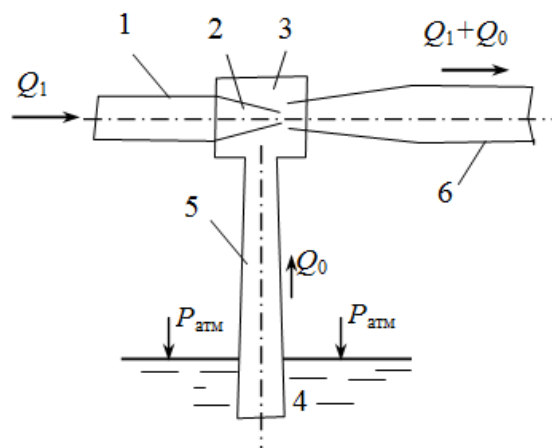


Рис. 4.12. Схема водоструйного насоса (гидроэлеватора): 1 – труба;
2 – сужение; 3 – смесительная камера;
4 – резервуар; 5 – труба;
6 – напорный трубопровод

Гидроэлеваторы применяют для откачки воды из колодцев, скважин, траншей, а также для транспорта неоднородных жидкостей в виде пульпы.

4.5. Водонапорные и регулирующие устройства

Водонапорные башни

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

Объем бака водонапорной башни определяется по формуле

$$V = V_p + V_{II} \quad (4.3)$$

где V_p – регулирующий объем бака башни; V_n – запас воды для тушения одного внутреннего и одного наружного пожара в течение 10 мин (хранится в баке башни постоянно). Регулирующий объем бака в процентах (%) от суточного расхода воды городом можно определять графическим путем по совмещенным ступенчатым или интегральным графикам водопотребления и водоподачи воды, приведенными на рис. 4.13.

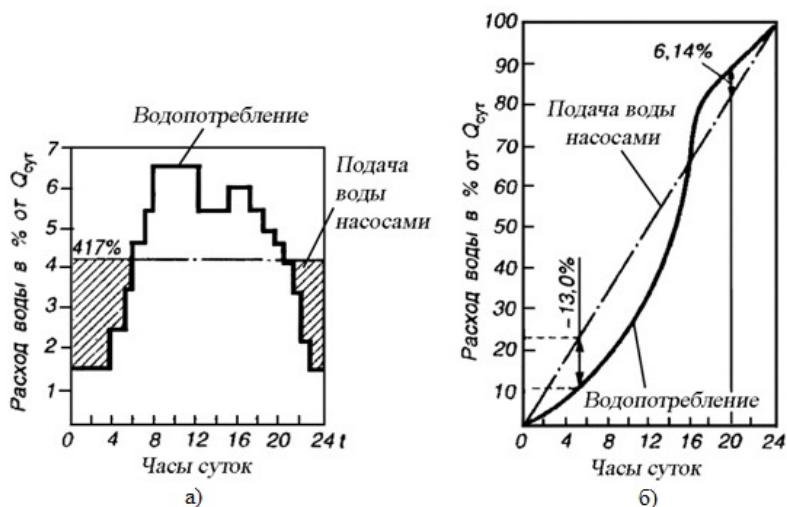


Рис. 4.13. Графики определения регулируемого объема бака водонапорной башни:
а) ступенчатый график подачи и потребления воды;
б) интегральный график подачи и потребления воды

Графики построены исходя из предположения, что насосы в течение всего периода их работы подают в сеть постоянное количество воды, а сеть потребляет ее неравномерно по часам суток. По ступенчатому графику потребления и подачи воды (рис. 4.13, а) регулирующий объем бака башни равен площади заштрихованных фигур, а по интегральному графику (рис. 4.13, б) он равен сумме абсолютных величин максимальной положительной и максимальной отрицательной разности ординат кривых подачи и потребления воды, например, $13,02 + 6,14 = 19,16\%$ среднесуточного расхода воды городом.

Водонапорная башня состоит из резервуара или бака и поддерживающей конструкции (ствола). В районах с суровым климатом вокруг бака устраивают шатер для предохранения воды от замерзания. Существуют несколько схем подающих и отводящих труб водонапорной башни.

Водонапорные башни оборудуются трубами и арматурой (рис. 4.14). Представленная на рисунке схема оборудования водонапорной башни может быть применена при ее расположении в любой точке сети.

В водонапорной башне устраивают одну общую подающе-разводящую трубу 1, подающую воду в бак башни 8. Эта труба заканчивается на уровне наибольшего наполнения бака. Конец ее оборудуется

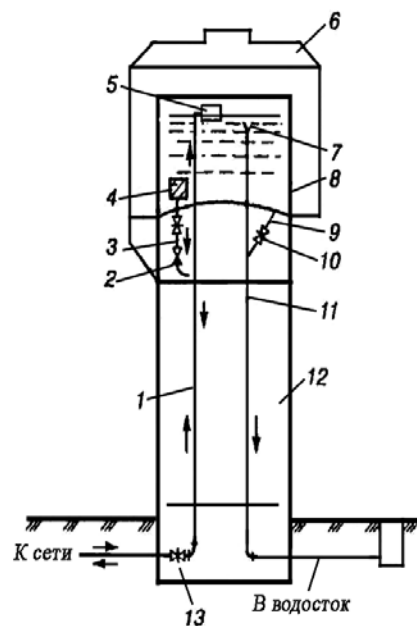


Рис. 4.14. Схема оборудования водонапорной башни трубопроводами:

- 1, 2 – трубы; 3 – обратный клапан;
- 4 – сетка; 5 – поплавковый клапан;
- 6 – крышка; 7 – воронка; 8 – бак башни;
- 9 – грязевая труба; 10 – задвижка;
- 11 – переливная труба;
- 12 – ствол башни

поплавковым клапаном 5, который автоматически закрывает подающую трубу при наполнении бака. Раздача воды из бака происходит по трубам 2 и 1. Конец трубы 2 оборудуют сеткой 4 и располагают у низа бака на высоте, предотвращающей засасывание в трубу ила, который может периодически скапливаться в нижних точках бака. На трубе 2 устанавливается обратный клапан 3, препятствующий поступлению воды в бак по этой трубе. Задвижка 13 служит для отключения водонапорной башни от сети. Для слива воды в случае переполнения бака служит переливная труба 11, заканчивающаяся в верхней части воронкой 7. К переливной трубе присоединена грязевая труба 9, оборудованная задвижкой 10.

Для подачи воды в бак и разбора воды из него могут выполняться отдельные трубы.

Однако при такой схеме компоновки труб водонапорная башня может быть расположена только в начале сети. Кроме того, при такой схеме вся вода, подаваемая в сеть, проходит через бак, и насосы всегда работают с напором, соответствующим наивысшему положению уровня воды в баке, что приводит к увеличению напора насосов и перерасходу энергии на подачу воды. Поэтому для вновь сооружаемых башен такая схема оборудования не применяется.

Водонапорные башни могут быть выполнены из железобетона, кирпича, металла и дерева. Деревянные водонапорные башни применяют в основном на временных водопроводах. Кирпичные водонапорные башни строят относительно небольшой высоты, когда их применение, исходя из местных условий, экономически целесообразно. Баки водонапорных башен выполняют из стали с плоским или сферическим днищем.

Наиболее широко в нашей стране применяют железобетонные водонапорные башни, в основном, цилиндрической формы с плоским или сферическим днищем. Все более широкое распространение получает напряженный железобетон, повышающий водонепроницаемость баков.

Башни оборудуют сигнализацией, передающей показания уровня воды на насосную станцию или диспетчерский пункт водопроводного хозяйства.

Резервуары чистой воды

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

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

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

$$V = V_p + V_{\phi} + V_n. \quad (4.4)$$

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

Одновременно с этим в резервуар будет поступать вода от очистных сооружений в количестве q_1 , тогда противопожарный объем при трехчасовом запасе

$$V_n = 3q_n + q_{xn} - 3q_1, \quad (4.5)$$

где q_{xn} – суммарный расход в период наибольшего водопотребления в течение 3 ч (в соответствии с графиком водопотребления).

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

4.6. Устройство наружной водопроводной сети города

Водопроводная сеть является одним из основных элементов системы водоснабжения и неразрывно связана с работой водоводов, насосными станциями, подающими воду в сеть, а также с регулирующими емкостями (водонапорными башнями и резервуарами). Наружная водопроводная сеть в отличие от водоводов не только транспортирует воду, но и распределяет ее потребителям. До 60% стоимости сооружения систем водоснабжения городов приходится на долю устройства наружной водопроводной сети.

Наружная водопроводная сеть состоит из:

- системы магистральных линий, идущих в направлении движения основных масс воды, транспортирующих воду в районы и кварталы города (диаметры линий рассчитываются);
- распределительной сети труб, подающих воду к отдельным домовым ответвлениям и пожарным гидрантам (диаметры труб принимаются по величине пропускаемого пожарного расхода).

В практике водоснабжения используют два основных вида сетей: разветвленные (тупиковые) (рис. 4.15, а) и кольцевые (рис. 4.15, б). Последние представляют собой систему замкнутых контуров или колец.

Тупиковые сети не обеспечивают бесперебойности водоснабжения, поэтому они могут быть применены в тех случаях, когда по условиям потребления воды возможны перерывы в ее подаче на время, необходимое для ликвидации аварии, или когда существуют запасы воды для снабжения объекта на время восстановления трубопровода. При кольцевых сетях, благодаря наличию параллельно работающих линий, авария на любом участке не приводит к прекращению подачи воды потребителям, кроме питающихся непосредственно от поврежденного участка.

Для городских и производственных водопроводов, как правило, устраивают кольцевые сети. При проектировании и гидравлическом расчете все линии сети обозначаются цифрами (см. рис. 4.15, б) и условно разделяются на магистральные и распределительные.

При *трассировке* (расположении) магистралей стремятся к тому, чтобы подача воды в отдельные районы города и к отдельным крупным потребителям происходила кратчайшим путем. Трассировку трубопроводов начинают только после того, как определено место расположения напорно-регулирующих емкостей. Известное влияние на выбор трассы магистралей оказывает рельеф местности. Магистральные линии, по возможности, прокладывают по наиболее возвышенным точкам рельефа, что позволяет обеспечить меньшее давление в трубах. Их прокладывают в две параллельные нитки на расстоянии 400 – 800 м друг от друга.

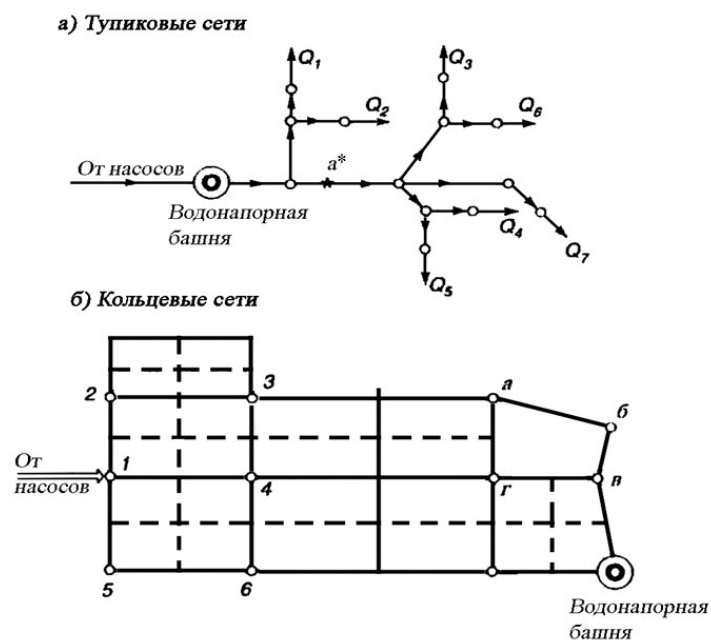


Рис. 4.15. Виды водопроводных сетей:

— магистральные трубопроводы;

- - - - - распределительная сеть;

а* — место возможной аварии на трубопроводе

Магистральные линии соединены между собой так называемыми перемычками, которые служат для передачи воды из одной магистрали (при аварии) в другую. Они расположены через каждые 600 – 1200 м. При нормальной работе сети они загружены слабо.

Для строительства напорных водоводов и сетей применяют стальные, чугунные, асбестоцементные, пластмассовые, железобетонные и другие трубы. Для безнапорных водоводов используют бетонные трубы, а также открытые каналы из бетона, железобетона или земляные с одеждой дна и откосов различного типа. В некоторых случаях для транспортирования воды можно применять стеклянные и фанерные трубы, выпускаемые промышленностью. Анализ достоинств и недостатков труб различных типов позволяет правильно производить их выбор для применения в конкретных условиях. Для обеспечения нормальной эксплуатации водопроводная сеть должна быть оборудована арматурой.

Для возможности выключения ремонтных участков водоводов применяют *задвижки* и *поворотные затворы*. Задвижки по конструкции запорного органа подразделяются на параллельные и клиновые.

Обратные клапаны применяются для того, чтобы воспрепятствовать обратному току воды, протекающему по трубопроводу. Их можно использовать в устройствах по борьбе с гидравлическими ударами. Клапан открывается в результате поворота диска при подаче воды под давлением, после чего диск удерживается в открытом положении подъемной силой, возникающей от скоростного напора потока. Обратные клапаны выпускаются различных конструкций диаметром 50 – 1000 мм на давление 0,25 – 4 МПа.

Предохранительные клапаны и устройства, предназначенные для борьбы с гидравлическим ударом в трубопроводах, разделяются на две основные группы: пружинные предохранительные клапаны, применяемые при ударах, начинающихся с волны повышения давления, и гасители удара, применяемые при ударах, начинающихся с волны понижения давления. Пружинные предохранительные клапаны и гасители имеют достаточно сложную конструкцию. Их устанавливают в местах, где существует опасность повышения давления.

Для создания нормальных условий работы трубопроводов их оборудуют *аэрационными устройствами*, которые необходимы для впуска воздуха в случае опорожнения отдельных участков трубопроводов и выпуска воздуха при заполнении их водой. *Клапаны для впуска воздуха* устанавливают в повышенных точках профиля с целью исключения образования в трубопроводе вакуума, превышающего расчетный для принятого типа труб. *Клапаны для выпуска воздуха* устанавливают также в повышенных точках профиля. Работа клапанов может быть как автоматическая, так и с ручным приводом.

Выпуски служат для сброса воды. Их устанавливают в пониженных точках каждого ремонтного участка трубопровода, а также в местах, принятых для промывки трубопроводов перед сдачей в эксплуатацию по окончании строительства или после ремонта.

Если здания в населенном пункте не оборудованы внутренним водопроводом, то забор воды из сети осуществляется через *водоразборные колонки*. Их устанавливают на прочном основании с обязательной отмошкой для отвода воды. Давление в сети должно быть не менее 0,1 МПа.

Для забора воды из сети с целью пожаротушения применяют *гидранты*, устанавливаемые в смотровых колодцах через 150 м.

Основные сведения по расчету водопроводных сетей и сооружений

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

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

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

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

$$q_{\text{уд}} = (q_{\text{max}} - q_{\text{соср}}) / L, \quad (4.6)$$

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

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

$$q_{\text{пут}} = q_{\text{уд}} l, \quad (4.7)$$

где l – длина рассматриваемого участка сети, м.

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

$$q_{\text{р}} = q_{\text{т}} + \alpha q_{\text{пут}}, \quad (4.8)$$

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

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

$$q_{\text{уэл}} = \sum q_{\text{пут}} / 2, \quad (4.9)$$

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

Диаметры труб линий сети определяют как

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}}, \quad (4.10)$$

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

Как видно из формулы (4.10), диаметр трубы зависит как от расхода, так и от скорости. Скорость движения воды зависит от целого ряда показателей: стоимости электроэнергии, стоимости труб и их укладки, гидравлических параметров труб и др. Ориентировочно диаметр труб иногда выбирают по экономичным скоростям, составляющим 0,5 – 2,0 м/с. Меньшие значения скоростей принимаются для труб малого диаметра, а большие – для труб большего диаметра.

Потери напора в трубах определяют по формуле

$$h_{\text{дл}} = il = sq^2 = A_0 l q^2, \quad (4.11)$$

где i – удельные потери напора; l – длина линии сети; q – расход воды, протекающей по трубопроводу; s – сопротивление линии; A_0 – удельное сопротивление.

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

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

$$h_{\text{пот}} = \sum h_{\text{дл}}. \quad (4.12)$$

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

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

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

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

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

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

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

Для схемы водоснабжения, приведенной на рис. 4.16, высоту водонапорной башни определяют по формуле

$$H_B = H_{св} + \sum h_c - (z_6 - z_d), \quad (4.13)$$

где $H_{св}$ – свободный напор в диктующей точке; $\sum h_c$ – сумма потерь напора в сети от диктующей точки до водонапорной башни; z_6 – отметка поверхности земли в месте расположения башни; z_d – отметка поверхности земли в диктующей точке.

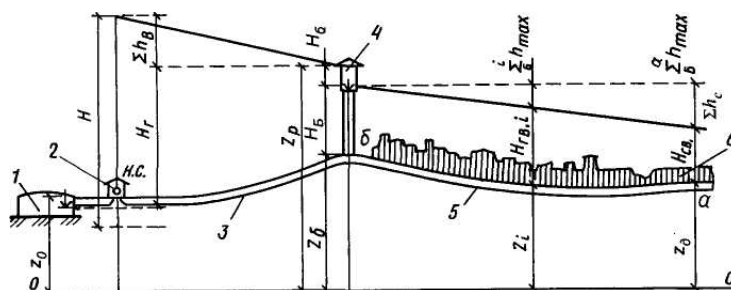


Рис. 4.16. Напоры в системе водоснабжения:

1 – резервуар чистой воды; 2 – насосная станция; 3 – водоводы;
4 – водонапорная башня; 5 – водопроводная сеть; 6 – диктующая точка

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

Напор насосов определяют по формуле

$$H = H_B + H_6 + \sum h_{вс} + (z_6 - z_d), \quad (4.14)$$

где H_6 – высота бака башни; $\sum h_{вс}$ – сумма потерь напора в водоводе; $h_{вс}$ – сумма потерь напора во всасывающем трубопроводе насоса; z_0 – отметка уровня воды в резервуаре чистой воды.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Из каких основных элементов состоит система водоснабжения населенных мест?
2. Какова классификация систем водоснабжения населенных мест?
3. Какие меры должны быть предусмотрены для охраны источников водоснабжения от истощения и загрязнения?
4. Какие требования предъявляются к качеству питьевой воды?
5. Какие типы водозаборных сооружений для забора воды из поверхностных источников вы знаете?
6. Из каких элементов состоит водозаборное сооружение руслового типа и в каких случаях применяется?
7. Какие типы водозаборных сооружений для забора воды из подземных источников вы знаете?
8. Из каких элементов состоит шахтный колодец?
9. При каких условиях предусматриваются каптажные камеры для забора воды?

10. Какие установки используются для подъема и перекачивания воды?
11. Что такое эрлифт? Как он работает?
12. Для чего предусматриваются водонапорные башни?
13. Как подбирается объем резервуаров воды?
14. Какие методы обработки воды предусматриваются для обеспечения качества питьевой воды?
15. В чем заключается метод осветления воды?
16. Что такое коагуляция?
17. В каких сооружениях производится осветление воды?
18. Как устроены и работают фильтры на очистных сооружениях?
19. Приведите схему обработки воды на очистных сооружениях.
20. Какими методами может производиться обеззараживание воды?
21. Какие виды водопроводных сетей вы знаете?
22. Как выполняется расчет системы водоснабжения населенного пункта?
23. Из каких элементов состоит наружная водопроводная сеть?
24. Каковы разновидности наружных водопроводных сетей?
25. Как определяется высота водонапорной башни?

Тесты к разделу

1. По назначению системы водоснабжения населенных мест бывают:
 - а) централизованные, децентрализованные, комбинированные;
 - б) самотечные, напорные, комбинированные;
 - в) хозяйственно-питьевые, противопожарные, производственные, сельскохозяйственные;
 - г) локальные, местные, групповые или районные.
2. Второй пояс зоны санитарной охраны источников водоснабжения охватывает территорию:
 - а) окружающую источник, которая оказывает влияние на формирование в нем качества воды;
 - б) по обеим сторонам реки на расстоянии 500 – 1000 м вверх по течению реки;
 - в) акватории рек и подводящих каналов не менее чем на 200 м от водозабора вверх по течению и 100 м вниз по течению.
3. Сооружения, применяемые для забора воды из поверхностных источников, подразделяются на следующие группы:
 - а) водозаборы берегового и руслового типов;
 - б) горизонтальные водозаборы, лучевые водозаборы, каптаж источников;
 - в) шахтные колодцы, горизонтальные водозаборы, лучевые водозаборы, каптаж источников, скважины;
 - г) ответы а и б верны.
4. Для процесса коагуляции в воду вводят химические реагенты:
 - а) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;
 - б) FeSO_4 ;
 - в) $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
 - г) Na_2CO_3 ;
 - д) ответы а и б верны.
5. Перемешивание коагулянта со всей массой воды осуществляется:
 - а) в отстойнике;
 - б) в фильтре;
 - в) в смесителе;
 - г) в хлораторной.

Перечень рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов

Основная литература

1. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение : учебник для вузов / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2013. – 472 с.

Дополнительная литература

1. Кедров, В. С. Водоснабжение и водоотведение : учебник для вузов / В. С. Кедров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 2002. – 336 с.
2. Калицун, В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация : учебное пособие для вузов / В. И. Калицун. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 2004. – 397 с.
3. Инженерные сети. Оборудование зданий и сооружений : учебник для вузов / Е. Н. Бухаркин, В. В. Кушнiryuk, В. М. Овсянников; под ред. Ю. П. Соснина. – М. : Высш. шк., 2001. – 416 с.
4. Ямлеева, Э. У. Инженерные сети и оборудование (Водоснабжение и водоотведение) : учебно-методический комплекс / Э. У. Ямлеева. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 122 с.
5. Внутренние санитарно-технические устройства : Справочник проектировщика в 3 частях. Ч. 2. Водопровод и канализация / под ред. И. Г. Старовойтова. – М. : Стройиздат, 1990. – 343 с.
6. Внутренний водопровод и канализация зданий : метод. указания и задания к выполн. курс. проекта для студ. направл. «Строительство» / сост.: К. Н. Мишина, Г. Г. Ломовцева, Ю. В. Левушкина. – 3-е изд., испр. и доп. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 51 с.
7. Водопровод : метод. указания к лаб. работам / сост.: Мишина К. Н., Ломовцева Г. Г. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 23 с.
8. СП 30.13330.2012 Внутренний водопровод и канализация зданий (актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*). – М., 2012.
9. СП 73.13330.2012. Внутренние санитарно-технические системы зданий (актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85). – М., 2012.
10. СП 10.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности. – М., 2009.

Интернет-ресурсы

1. www.abok.ru – сайт Некоммерческого партнерства АВОК «Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике». – (дата обращения: 04.06.2018).
1. www.c-o-k.ru – сайт журнала «Сантехника, отопление, вентиляция». – (дата обращения: 04.06.2018).
2. <http://www.vstmag.ru> – сайт журнала «Водоснабжение и санитарная техника». – (дата обращения: 04.06.2018).

Раздел 5. Канализация (водоотведение) населенных мест

Основные термины и понятия

Биологическая очистка; метантенк; механическая очистка; обеззараживание; осветление; система канализации населенных мест; сточная жидкость; фильтрование.

Основные обозначения

$q_{\text{max-c}}$ – максимальный секундный расход сточных вод, л/с.

$q_{\text{ср-c}}$ – средний секундный расход сточных вод, л/с.

q_p – расчетный расход сточных вод, л/с.

$q_{\text{поп}}$ – попутный расход сточных вод, л/с.

$q_{\text{тр}}$ – транзитный расход сточных вод, л/с.

q_c – сосредоточенный расход сточных вод от промышленного предприятия, л/с.

d – диаметр трубопровода уличной канализационной сети, мм.

V – скорость движения жидкости в трубопроводе, м/с.

$\frac{h}{d}$ – наполнение трубопровода.

h – глубина заложения от поверхности земли до лотка трубы в колодце внутриквартальной сети, м.

Глоссарий к разделу

Биологическая очистка – процесс очистки растворенных загрязнений сточных вод благодаря окислению микроорганизмами в аэротенках, окситенках и биофильтрах.

Взвешенные вещества – показатель, характеризующий количество примесей, которое задерживается на бумажном фильтре при фильтровании пробы.

Метантенк – сооружение, предназначенное для сбраживания осадка сточных вод.

Механическая очистка – процесс очистки сточных вод от крупных примесей в решетках.

Обеззараживание – процесс, предназначенный для уничтожения бактерий, главным образом болезнетворных (патогенных), в очищаемой воде.

Поверхностные (дождевые, ливневые, талые) сточные воды – сточные воды, которые образуются в процессе выпадения дождей и таяния снега.

Полураздельная система канализации – система коммунальной канализации, при которой устраиваются две самостоятельные уличные сети трубопроводов: одна для отведения городских сточных вод, другая – для отведения дождевого, талого и поливомоечного стока; главные коллекторы, отводящие все виды сточных вод на очистные сооружения населенного пункта, устраиваются общесплавными и при превышении расчетных расходов часть дождевых вод через разделительные камеры сбрасывается в водоем без очистки.

Раздельная система канализации – система канализации, при которой устраиваются две или более самостоятельные канализационные сети: сеть для отведения хозяйственно-бытовых и части производственных сточных вод, допускаемых к сбросу в систему городской канализации; сеть для загрязненных производственных сточных вод, не допускаемых к совместному отведению и очистке с бытовыми сточными водами; сеть для отведения с селитебных территорий и площадок предприятий дождевого, талого и поливомоечного стока, который перед сбросом в водоем подвергается очистке.

Система водоотведения (канализация) населенных мест – комплекс оборудования, сетей и сооружений, предназначенных для организованного приема и удаления по трубопроводам за пределы населенных пунктов или промышленных предприятий сточных вод, а также для их очистки и обезвреживания перед утилизацией или сбросом в водоем.

Сточная жидкость – водопроводная вода, которая была использована для каких-либо целей и получила примеси (загрязнения).

Фильтрация – процесс, позволяющий улучшить качество воды, протекающий в фильтрах, в которых вода проходит через слои зернистого фильтрующего материала.

Методические рекомендации для студента по изучению раздела

Цель: ознакомиться с системами канализации (водоотведения) населенных мест, их основными элементами и особенностями.

Учебные вопросы:

Системы и схемы канализации населенного пункта. Устройство и оборудование водоотводящих сетей. Основы расчета. Очистка и условия спуска очищенных сточных вод в водоемы.

Изучив тему, студент должен:

иметь представление:

- об основах расчета систем водоотведения населенных пунктов;

знать:

- классификацию, основные элементы и схемы канализации населенных мест;
- устройство и оборудование водоотводящих сетей;
- основы гидравлического расчета канализационных сетей;
- состав и свойства стоков, виды загрязнений;
- основные методы очистки стоков;
- сооружения для очистки сточных вод;
- степень очистки и условия спуска сточных вод в водоемы различного назначения;

уметь:

- определить тип схемы канализации определенного населенного пункта.

При освоении темы необходимо:

- изучить раздел 5 из учебного пособия, а также материал по данному разделу из источников, указанных в библиографии;

• акцентировать внимание на особенностях проектирования систем внутреннего водоснабжения, на расчете внутреннего водопровода и подборе оборудования системы водоснабжения здания;

- выполнить тесты к разделу 5;
- решить задачи к разделу 5;
- ответить на вопросы для самоконтроля.

5.1. Системы и схемы канализации

Водопроводная вода, которая была использована в хозяйственных, производственных и других целях и получила при этом различные примеси (загрязнения), изменившие ее химический состав или физические свойства, называется **сточной жидкостью**. Состав сточных вод весьма разнообразен. К категории сточных относятся и атмосферные воды, образующиеся в результате выпадения дождей и таяния снегов.

В зависимости от происхождения и качественной характеристики примесей сточные воды разделяют на бытовые, производственные и атмосферные.

К **бытовым** относятся воды от кухонь, туалетных комнат, душевых, бань, прачечных, столовых, больниц и т. д. Характеризуются, в основном, содержанием органических загрязнений в разных фазово-дисперсных состояниях.

Производственные сточные воды образуются в результате загрязнения водопроводной воды при использовании ее в технологическом процессе. Они разделяются на загрязненные и условно-чистые (содержат малое количество загрязнений, можно сбрасывать в водоем без обработки).

Атмосферные (дождевые) сточные воды содержат, преимущественно, минеральные примеси. Отличительные особенности дождевого стока – его эпизодичность и резкая неравномерность: в сухую погоду он отсутствует, а в период ливней секундные расходы атмосферной воды могут в 50 – 150 раз превышать расходы бытовых вод с той же площади застройки города или населенного пункта.

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

Существуют два вида водоотведения: вывозное и сплавное.

При организации **вывозного водоотведения** жидкие загрязнения собирают в специальные приемники (выгребы) и периодически вывозят автомобильным транспортом на поля ассенизации для обработки или в специальные места, согласованные с санитарными органами. Устраивают лишь в небольших населенных пунктах, где применение иного вида затруднительно.

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

Система сплавного водоотведения состоит из следующих основных элементов: внутренних устройств зданий, наружной внутриквартальной и уличной сети, насосных станций и напорных трубопроводов, очистных сооружений и устройств для выпуска очищенных сточных вод в водоем.

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

Водоотводящие сети строят преимущественно самотечными. Для этого необходимую территорию города или населенного пункта разделяют на бассейны водоотведения (территории, ограниченные водоразделами), где соответственно рельефу местности прокладывают самотечные трубопроводы уличной сети и коллекторы, т. е. участки сети, собирающие сточные воды с одного или нескольких бассейнов (рис. 5.1). В крупных городах с сильно развитой городской сетью коллекторы больших размеров нередко называют каналами.

Трассировка коллекторов обычно осуществляется по пониженным участкам местности, что обеспечивает прокладку присоединяемых к ним вышележащих участков уличной сети на минимальной глубине. Водоотводящая сеть всегда должна быть доступна для осмотра, промывки и прочистки от засорения, поэтому на ней устраивают смотровые колодцы.

Основной этап проектирования водоотведения – составление его схемы, т. е. плана объекта с нанесенными на нем элементами водоотведения (сетями, насосными станциями, очистными сооружениями и др.) (рис. 5.1).

При составлении схемы водоотведения необходимо учитывать ряд факторов:

- конфигурацию и размеры объекта;

- мощность и расположение близлежащих водоемов, которые могут служить местом сброса сточных вод после очистки;
- рельеф местности;
- грунтовые условия;
- экономические и санитарные требования и др.

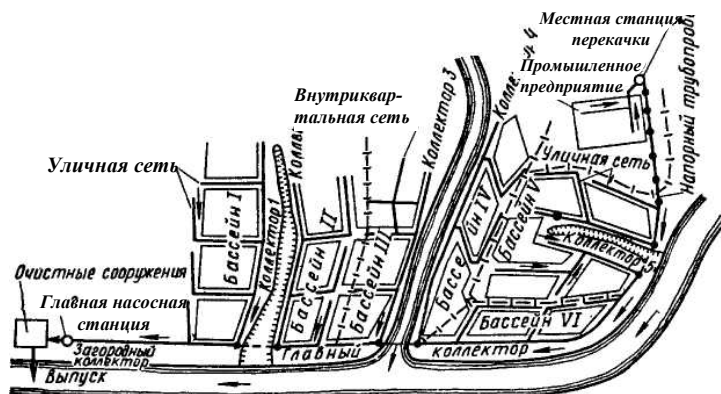


Рис. 5.1. Схема водоотведения населенного пункта и промышленного предприятия

Большое разнообразие указанных факторов не позволяет применить какие-либо типовые схемы или общие положения их составления.

Схемы водоотведения городов и промышленных комплексов могут быть централизованными, децентрализованными и региональными.

При **централизованной схеме** сточные воды всех бассейнов водоотведения направляют по одному или нескольким коллекторам на единственную для всего города очистную станцию, которая расположена по течению реки, ниже города. **Децентрализованные схемы** применяют в крупных городах в условиях как сильно пересеченного, так и очень плоского рельефа местности. В этом случае устраивают районную систему водоотведения с самостоятельными очистными сооружениями.

Для нескольких близко расположенных населенных пунктов и промышленных предприятий в промышленных и густонаселенных районах страны применяют **региональные схемы** водоотведения. В подобных схемах предусматривается одна очистная станция большой производительности вместо нескольких маломощных очистных сооружений.

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

Под **общесплавной** понимается такая система водоотведения, при которой сточные воды всех видов отводятся к очистным сооружениям или в водоем по единой сети.

При **раздельной системе** водоотведения отдельные виды сточных вод отводятся по самостоятельным сетям. Полная раздельная система водоотведения имеет не менее двух сетей. В зависимости от вида транспортируемых сточных вод сеть подразделяется на *бытовую* и *дождевую*. Если составы производственных и бытовых сточных вод аналогичны, то производственные воды отводят по бытовой сети. Нередко характер загрязнения производственных сточных вод таков, что совместная очистка их с бытовыми сточными водами невозможна. В этом случае устраивают самостоятельную сеть для транспортирования производственных вод. Единая сеть для отвода атмосферных и условно-чистых производственных сточных вод называется *производственно-дождевой*.

Неполная раздельная система водоотведения является промежуточной стадией строительства полной раздельной системы. При проектировании неполной раздельной

системы дождевая сеть не устраивается. Отвод атмосферных вод в водоем осуществляется по открытым лоткам, кюветам и канавам.

При **полураздельной системе** водоотведения в местах пересечения самостоятельных водоотводящих сетей имеются водосбросные камеры для отвода различных видов сточных вод, позволяющие осуществлять перепуск наиболее загрязненных дождевых вод при малых расходах в бытовую сеть и отводить их по единому коллектору на очистные сооружения, а при ливнях сбрасывать сравнительно чистые дождевые воды непосредственно в водоем.

Выбор той или иной системы и схемы водоотведения должен производиться на основе тщательного изучения состава и свойств сточных вод, их количества, а также всех конкретных условий проектирования, включая как санитарные, так и технико-экономические соображения.

Схемы водоотведения могут быть классифицированы следующим образом:

- **перпендикулярная схема** (рис. 5.2, а) – коллекторы бассейнов трассированы перпендикулярно направлению движения воды в водоеме. Данная схема в основном применяется для сброса в водоем атмосферных сточных вод;

- **пересеченная схема** (рис. 5.2, б) – коллекторы бассейнов трассированы перпендикулярно направлению движения воды в водоеме и перехвачены главным коллектором, трассированным параллельно реке. Обычно такую схему применяют при плавном падении рельефа местности к водоему и при необходимости очистки сточных вод;

- **параллельная схема** (рис. 5.2, в) – коллекторы бассейнов трассированы параллельно направлению движения воды в водоеме или под небольшим углом к нему и перехвачены главным коллектором, транспортирующим сточные воды к очистным сооружениям перпендикулярно направлению движения воды в водоеме. Эту схему применяют при резком падении рельефа местности к водоему;

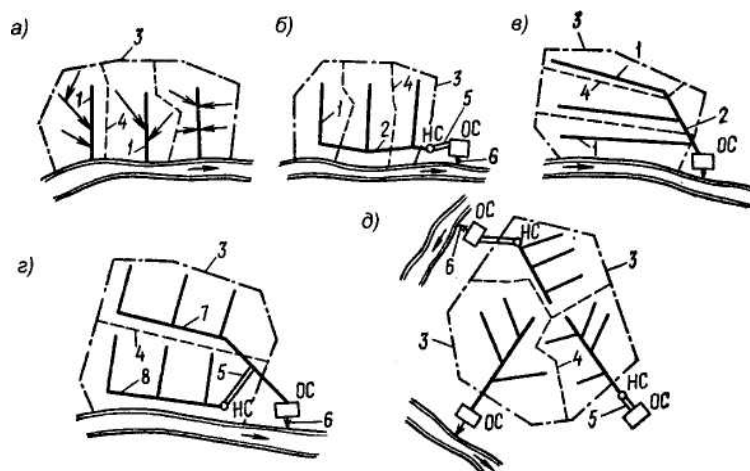


Рис. 5.2. Варианты схем водоотводящих сетей:

- а) перпендикулярная; б) пересеченная; в) параллельная; г) зонная; д) радиальная;
1 – коллекторы бассейнов канализования; 2 – главный коллектор; 3 – граница бассейнов канализования; 4 – водораздел; 5 – напорный трубопровод; 6 – выпуск;
7, 8 – главные коллекторы верхней и нижней зон

- **зонная схема** (рис. 5.2, г) – территория водоотведения разбивается на две зоны: с верхней сточные воды отводятся к очистным сооружениям самотеком, а с нижней они перекачиваются насосной станцией. Каждая зона имеет схему, аналогичную пересеченной схеме. Зонную схему применяют при значительном или неравномерном падении рельефа местности к водоему и при отсутствии возможности осуществить водоотведение со всей территории (например, нижней зоны) самотеком;

- **радиальная схема** (рис. 5.2, д) – очистка сточных вод осуществляется на двух или более очистных станциях; при этом сточные воды отводятся с территории децентрализованно.

Данную схему применяют при сложном рельефе местности и в больших городах.

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

1) линии водоотводящей сети следует прокладывать прямолинейно; в местах изменения уклона линии или диаметра труб, поворотов сети, а также в местах соединения нескольких линий необходимо устраивать колодцы;

2) повороты линии и присоединения к ним следует выполнять под углом, равным или меньшим 90° .

При проектировании водоотведения особое внимание уделяют трассированию уличных сетей.

Различают три схемы трассирования уличных сетей:

- **объемлющая трассировка** (рис. 5.3, а) – уличные сети опоясывают каждый квартал со всех четырех сторон. Эту схему применяют при плоском рельефе местности и больших кварталах;

- **трассировка по пониженной стороне квартала** (рис. 5.3, б) – уличные сети проложены лишь с пониженных сторон обслуживаемых кварталов. Эту схему используют при значительном падении местности;

- **черезквартальная трассировка** (рис. 5.3, в) – уличные сети проложены внутри кварталов. Данная схема позволяет значительно сократить протяженность сети, но затрудняет ее эксплуатацию.

При выборе схемы сети и схемы водоотведения в целом необходимо учитывать очередность строительства. Обычно при разработке схем выявляют ряд возможных вариантов, удовлетворяющих санитарным требованиям. Окончательный вариант выбирают на основании технико-экономического сравнения, выполняемого при составлении технического проекта, а также с учетом экологического фактора.

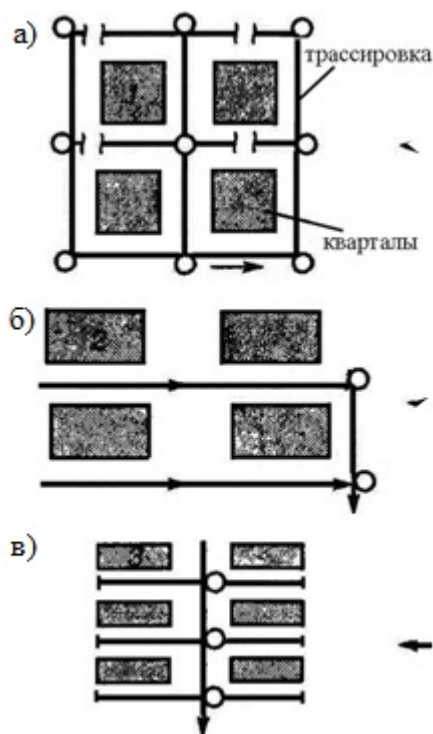


Рис. 5.3. Трассировка уличных сетей:

а) объемлющая; б) по пониженной стороне квартала; в) черезквартальная

5.2. Устройство и оборудование водоотводящих сетей.

Основы расчета

Применяемые для устройства водоотводящих сетей материалы должны обладать достаточной прочностью, водонепроницаемостью, устойчивостью к коррозии и истиранию, иметь гладкую поверхность и небольшую стоимость. Таким требованиям в наибольшей степени удовлетворяют керамические, бетонные, железобетонные и асбестоцементные трубы, а также кирпич и железобетон, из которых выполняют коллекторы. Для устройства водоотводящих сетей в последние годы применяют также поливинилхлоридные, полипропиленовые трубы. Напорные трубопроводы изготавливают из чугуна, стали и асбестоцемента.

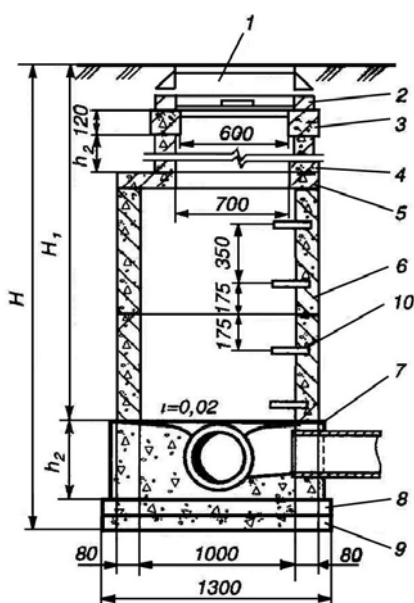


Рис. 5.4. Типовой колодец из стандартных железобетонных колец диаметром 150 – 600 мм:

- 1 – круглый люк с крышкой;
- 2 – регулировочные бетонные камни;
- 3 – опорное кольцо;
- 4 – кольцо диаметром 700 мм и высотой 300 – 600 мм;
- 5 – плита;
- 6 – кольцо;
- 7 – регулировочные камни;
- 8 – основание;
- 9 – щебеночная подготовка;
- 10 – скобы

Коллекторы могут быть выполнены из кирпича, керамических блоков и сборного железобетона.

Для осмотра и прочистки водоотводящей сети на ней сооружают смотровые колодцы. В зависимости от места расположения и назначения колодцы подразделяются на:

- линейные, устраиваемые на прямолинейных участках сети через каждые 40 – 150 м по ее длине (чем больше диаметр труб, тем больше расстояние между колодцами);
- поворотные, устанавливаемые в местах изменения уклона канализационной линии и ее направления в плане;
- узловые, размещаемые в местах соединения линий;
- контрольные, устраиваемые в местах присоединения внутриквартальных и заводских сетей к уличным в пределах застройки кварталов.

Колодцы на водоотводящей сети можно выполнять из кирпича и сборного железобетона (рис. 5.4). В плане они могут иметь круглую или прямоугольную форму.

Для соединения трубопроводов, уложенных на различной глубине, на канализационной сети сооружают перепадные колодцы. При диаметре труб до 500 мм и высоте перепада до 6 м их выполняют со стояком из чугунных, асбестоцементных или железобетонных труб, а при диаметре более 500 мм – с водосливом практического профиля и водобойным колодцем в основании.

Наименьшую глубину заложения канализационных труб h (до низа лотка трубы) определяют по СНиП 3.05.04

– 85*, исходя из глубины промерзания грунта ($H_{\text{пром}}$) с учетом того, что температура транспортируемых стоков – 10 – 15 °С. Но от поверхности земли до верхней образующей трубы должно соблюдаться расстояние не менее 0,7 м, что сохранит трубу от механических повреждений. Тогда можно записать:

$$h = H_{\text{пром}} - (0,3 - 0,5) \geq 0,7 + D_{\text{трубы}}. \quad (5.1)$$

Начальную глубину заложения уличной сети находят по формуле

$$H = h + i \cdot (L + 1) - (Z_1 - Z_2) + \Delta d, \quad (5.2)$$

где h – наименьшая глубина заложения труб сети от поверхности земли до лотка трубы в наиболее удаленном колодце внутриквартальной сети (см. выше); i – уклон внутриквартальной сети; $L + 1$ – длина внутриквартальной сети от наиболее удаленного колодца до места присоединения ее к уличной сети; Z_1 и Z_2 – отметки поверхности земли у наиболее удаленного колодца внутриквартальной сети и у места ее присоединения к уличной сети; Δd – разница диаметров трубопроводов уличной и внутриквартальной сети у места их соединения.

Наибольшая глубина заложения канализационных труб зависит от способа их прокладки. При открытом способе работ глубина заложения коллекторов составляет, как правило, 10 – 15 м в сухих грунтах и только 5 – 7 м в мокрых. Однако обычно коллекторы докладывают на значительной глубине (более 20 м), что делает применение открытого способа работ невозможным либо очень дорогим. Кроме того, в условиях плотной городской

застройки использование закрытого способа прокладки не создает лишних неудобств для пешеходов и транспорта.

Прокладку сети рекомендуют производить в пределах проезжей части и в зонах зеленых насаждений. На пересечении с железнодорожными путями, трассами метрополитенов, вблизи уникальных зданий следует предусматривать дублирующие линии с камерами для их связи.

Совмещенная прокладка трубопроводов и коллекторов различного назначения позволяет более экономично и рационально организовать производство работ.

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

Перекачку сточных вод насосами предусматривают лишь в крайних случаях, т. е. если не удастся осуществить их отвод самотеком. Для перекачки в основном используют центробежные насосы. В зависимости от особенностей перекачиваемой жидкости к насосам предъявляются следующие требования:

- 1) они не должны засоряться отбросами, содержащимися в сточной жидкости;
- 2) конструкция насосов должна обеспечивать возможность прочистки рабочего колеса, корпуса и патрубков.

С учетом этих требований насосы имеют ряд конструктивных особенностей:

- насосы изготавливают только одноколесными и без направляющих аппаратов;
- рабочие колеса имеют всего две – четыре лопасти;
- на корпусе насосов и на входном патрубке устраивают люки – ревизии.

Для перекачки сточных вод выпускаются насосы следующих марок: Ф, ФВ, НФ, НФВ. Можно применять насосы, рассчитанные на перекачку жидкостей с большим содержанием взвешенных частиц: земленасосы, торфонасосы и др.

Насосные станции для перекачки сточных вод устраивают в самой пониженной части канализуемой территории с учетом санитарных, планировочных и гидрогеологических условий местности, наличия источников электроснабжения и возможности устройства аварийного выпуска.

Наиболее широкое распространение получили насосные станции шахтного типа с наземным павильоном (рис. 5.5). Насосная станция состоит из машинного отделения, в котором располагаются насосы, и приемного резервуара. Подземная часть насосных станций выполняется из бетона или железобетона, и наземная – из кирпича.

Число напорных водоводов от канализационных насосных станций с учетом перспективного развития канализации рекомендуется принимать не менее двух. Водоводы устраивают из железобетонных или асбестоцементных труб; при соответствующем обосновании можно применять чугунные или стальные трубы.

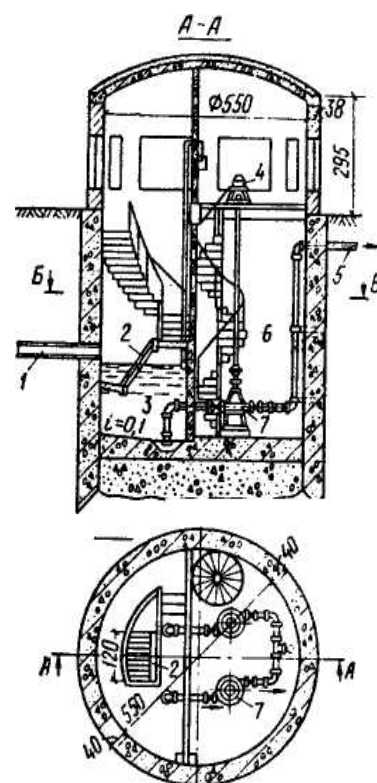


Рис. 5.5. Канализационная насосная станция шахтного типа:

- 1 – самотечный коллектор;
- 2 – решетка; 3 – приемный резервуар; 4 – электродвигатель;
- 5 – напорный трубопровод;
- 6 – машинное отделение;
- 7 – насос

При расчете напорных водоводов скорость движения воды в них принимается около 1,5 м/с.

В последние годы разработаны проекты насосных станций со шнековыми насосами, применение которых весьма эффективно для перекачки на небольшую высоту сточных вод, содержащих крупные включения.

Для перекачки небольшого количества сточных вод можно использовать пневматические эжекторы.

Основы гидравлического расчета канализационных сетей

Канализационную сеть рассчитывают на пропуск максимального секундного расхода сточных вод:

$$q_{\max.с} = \frac{N \cdot q_{ж}}{86\,400} \cdot K_{\text{общ}}, \text{ л/с}, \quad (5.3)$$

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

$$q_{\text{ср.с}} = \frac{q_{ж} \cdot N}{86\,400}, \text{ л/с}. \quad (5.4)$$

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

$$q_0 = p q_{ж} / 86\,400; \quad (5.5)$$

где p – плотность населения на 1 га, тогда

$$q_{\max.с} = q_0 F K_{\text{общ}}. \quad (5.6)$$

где F – площадь кварталов в жилой зоне канализуемой территории.

Максимальный секундный расход для производственных сточных вод:

$$q_{\max.с} = \frac{\Pi_{\text{см}} \cdot q_{\text{пр}}^a}{T \cdot 3600} \cdot K_{\text{ч}}, \quad (5.7)$$

где $q_{\text{пр}}$ – норма водоотведения на единицу продукции, м³; $\Pi_{\text{см}}$ – количество продукции в смену с максимальной выработкой продолжительностью T , ч; $K_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности водоотведения производственных сточных вод, зависящий от технологических условий.

Расчетный расход сточных вод на участке канализационной сети определяется по формуле

$$q_p = q_{\text{тр}} + q_{\text{поп}} + q_{\text{с}}, \quad (5.8)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Канализационные трубы прокладывают с уклоном.

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

Наименьшие уклоны труб бытовой канализации принимают для труб диаметром 150 мм – 0,08, 200 мм – 0,005, 250 мм и более – определяют гидравлическим расчетом в зависимости от допускаемых минимальных скоростей. Ориентировочно минимальный уклон можно определить по выражению: $i_{\min} = 1/d$, где d – диаметр трубы, мм.

В ходе гидравлического расчета канализационной сети по полученным значениям расчетных расходов сточных вод определяют диаметры труб, уклоны, обеспечивающие требуемые значения расчетных скоростей и наполнений. Практические расчеты выполняются с использованием графиков, номограмм и таблиц для гидравлического расчета канализационных сетей.

5.3. Очистка и условия спуска очищенных сточных вод в водоемы

Виды и состав загрязнений сточных вод

По физическому состоянию загрязнения сточные воды делятся на:

- нерастворимые примеси, находящиеся в воде в виде крупной взвеси (диаметром более десятых долей миллиметра) и в виде суспензии, эмульсий и пены;
- коллоидные частицы;
- растворенные, находящиеся в воде в виде молекулярно-дисперсных частиц (диаметром менее 0,001 мк).

По своей природе загрязнения делятся на *минеральные* (песок, глинистые частицы, частицы руды, шлак; кислоты щелочи, соли в растворенном состоянии), *органические* (растительного и животного происхождения) и *бактериальные* (живые микроорганизмы; дрожжевые, плесневые грибки; патогенные бактерии и т. д.). Основным химическим элементом загрязнений растительного происхождения является *углерод*. Загрязнения животного происхождения содержат много *азота*.

Определение абсолютного состава сточных вод трудоемко, обычно пользуются сокращенным перечнем показателей, достаточно полно характеризующих их качество

и используемых для проектирования и расчета сооружений канализации. К таким показателям относятся: температура, окраска, запах, прозрачность, величина pH, сухой и плотный остаток, содержание взвешенных веществ, оседающих веществ, биохимическая потребность в кислороде (БПК), химическая потребность в кислороде (ХПК), содержание различных форм азота, фосфатов, хлоридов, сульфатов, токсичных элементов, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), концентрация растворенного кислорода, биологические загрязнения и др.

Степень загрязнения сточной воды органическими веществами можно определить по количеству кислорода, которое необходимо для окисления органических веществ с помощью аэробных микроорганизмов – минерализаторов. Это количество кислорода называется *биохимической потребностью в кислороде* (БПК) и выражается количеством кислорода в миллиграммах на 1 л (мг/л) или в граммах на 1 м³ (г/м³). Величину БПК всегда указывают с индексом внизу, который означает длительность его определения лабораторным путем. Например, БПК₅ – количество кислорода, потребляемое микроорганизмами за пять суток определения, а если указана БПК_{полн}, то это значит, что дана величина кислорода, необходимая на сумму всех биологических реакций окисления органических веществ сточной воды. БПК_{полн} городских сточных вод, как правило, не бывает более 500 мг О₂/л.

Для более полной оценки содержания органического вещества в сточной воде определяют химическое потребление кислорода. Химической потребностью в кислороде (ХПК) является количество кислорода, требуемое для химического окисления органических веществ сточной воды до конечных минеральных продуктов окисления.

ХПК сточных вод должна быть обязательно выше БПК_{полн}, так как не все органические вещества окисляются биологически (микроорганизмами) и не обязательно до конечных, простых продуктов окисления. Рекомендуется, чтобы ХПК городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения, не должна более чем в 1,5 раза превышать БПК_{полн}, т. е. превышать 750 мг О₂/л.

СНиП 40-03 нормируют следующие количества основных загрязнений бытовых сточных вод на одного жителя, г/сут:

взвешенные вещества	65
БПК _{полн} неосветленной жидкости	75
ХПК	120
азотаммонийные соли	8
фосфаты (Р ₂ О ₅)	3,3
в том числе от моющих веществ	1,6
хлориды (Cl)	9
поверхностно-активные вещества (ПАВ)	2,5

Количество и состав производственных сточных вод определяются многими факторами: отраслью промышленного производства и видами исходного сырья, режимом технологических процессов, возможностью утилизации отходов производства, удельным расходом (нормой) воды на единицу продукции. Производственные сточные воды содержат минеральные и органические загрязнения в самых различных сочетаниях.

В связи с тем, что в промышленно развитых городах количество производственных сточных вод составляет 30 – 35% общего количества городских сточных вод, общие городские очистные сооружения рассчитывают, в основном, на загрязнение веществами бытового происхождения. Основная же часть загрязнений промышленного происхождения должна быть задержана на очистных сооружениях промышленных предприятий с тем, чтобы не создавалось аварийных ситуаций в системе водоотведения и при очистке сточных вод города.

Технологическая схема полной механической и биологической очистки сточных вод

Выбор метода очистки зависит от состава загрязнений, находящихся в сточной жидкости и требований, предъявляемых к качеству очищенных стоков перед их спуском в водоем. Поскольку в сточных водах городов содержатся минеральные, органические и бактериальные загрязнения, для их очистки применяют полную биологическую очистку.

Технологическая схема полной биологической очистки представляет собой комплекс очистных сооружений, которые располагаются таким образом, что сточная жидкость, проходя их последовательно одно за другим, подвергается механической, биологической очистке и дезинфекции перед спуском ее в водоем. В каждом сооружении комплекса в процессе очистки сточной жидкости образуется осадок. Он состоит из твердых веществ, разбавленных водой, имеет неприятный запах, является опасным в санитарном отношении, так как содержит огромное количество бактерий. Поэтому в технологическую схему полной биологической очистки обязательно включаются сооружения для его специальной обработки.

Технологическая схема полной механической и биологической очистки представлена на рис. 5.6.

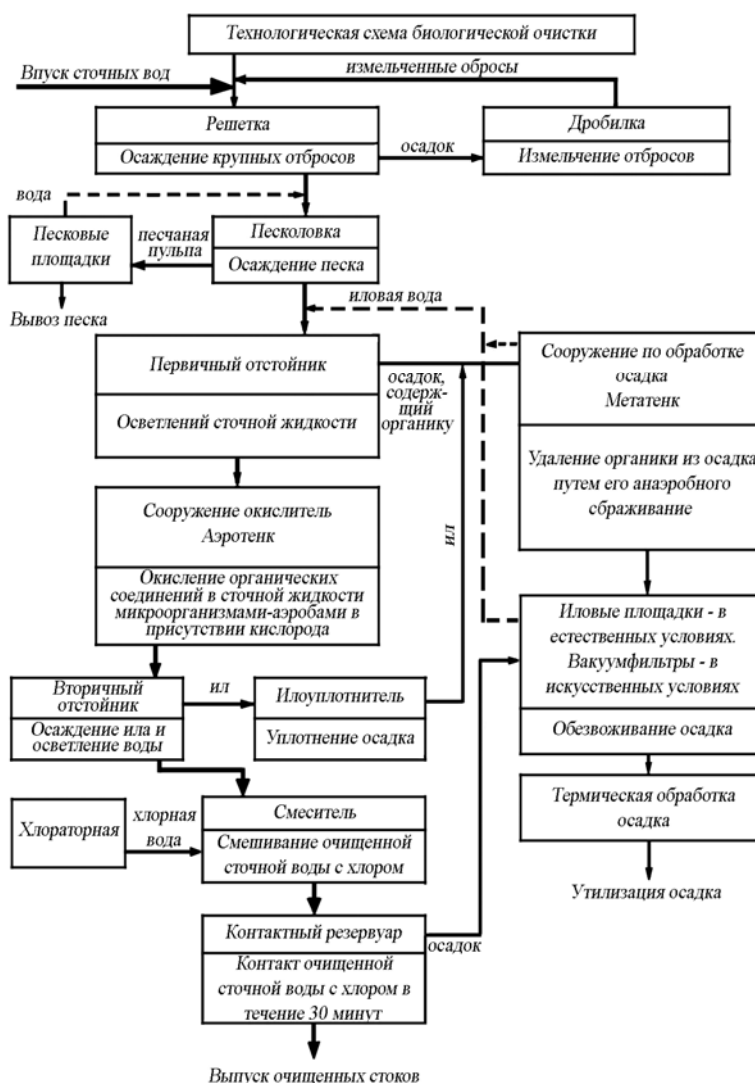


Рис. 5.6. Технологическая схема очистки сточных вод

Механическая очистка сточных вод производится на решетках, песколовках и первичных отстойниках. Биологическая очистка протекает на сооружениях-окислителях. Во вторичных отстойниках происходит осветление сточной жидкости перед ее дезинфекцией, которая протекает в смесителях и контактных резервуарах. Затем сточная жидкость выпускается в водоем. Осадок после решеток измельчается в дробилке, а затем в виде пульпы поступает опять в канал перед решеткой. Песок после песколовки сушится на песковых площадках, а затем используется либо для нужд станции либо вывозится. Осадок после первичных отстойников, содержащий органику, поступает в сооружения по обработке осадка, где он подвергается сбраживанию. В эти же сооружения частично поступает осадок после вторичных отстойников, прошедший уплотнение на илоуплотнителе. После сбраживания осадок обезвоживается, затем термически обрабатывается и утилизируется в качестве удобрений.

В биологически очищенных сточных водах может содержаться значительное количество азота, который отрицательно влияет на качество воды водоемов. Поэтому во многих странах его содержание в очищенных стоках строго регламентируется. Удаление азота может осуществляться различными способами в ходе доочистки биологически очищенных сточных вод.

Сооружения для очистки сточных вод

Механическая очистка сточных вод производится в решетках, песколовках и первичных отстойниках.

Решетки, как правило, выполняют роль защитных сооружений и служат, в основном, для извлечения крупных отходов производства, попадание которых в последующие очистные сооружения может вызвать засорение труб и каналов, а также нарушение нормальной работы или поломку движущихся частей оборудования.

Решетки подразделяются на неподвижные, подвижные и совмещенные с дробилками (коминаторы). Очистку решеток от задержанных загрязнений можно производить вручную (граблями) и механическим способом с помощью специальных приспособлений. Решетка простейшего типа из металлических стержней показана на рис. 5.7.

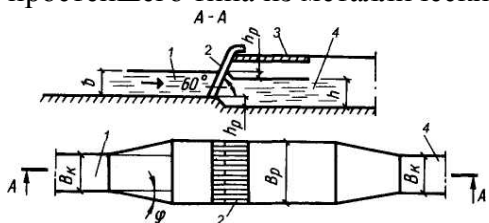


Рис. 5.7. Схема решетки:

- 1 – подводящий лоток;
- 2 – решетка; 3 – настил;
- 4 – отводящий лоток

Решетки-дробилки (РД) задерживают и дробят отбросы в потоке воды, в результате чего отпадают процессы транспортирования их к дробилке и улучшаются санитарные условия. Ширина прозоров в решетках должна быть не более 16 мм.

После прохождения решеток сточная жидкость поступает на песколовки. **Песколовки** представляют собой резервуары, в которых при протекании сточных вод со скоростью 0,15 – 0,3 м/с задерживается песок крупностью 0,2 – 0,5 мм.

Песколовки бывают горизонтальные с прямоточным и круговым движением воды, тангенциальные, вертикальные, аэрируемые.

Песколовки сооружают из сборных железобетонных унифицированных элементов.

Работа песколовки основана на использовании гравитационных сил. Рассчитываются песколовки таким образом, чтобы в них оседал песок и другие тяжелые минеральные частицы, но не выпадал легкий осадок органического происхождения. Из песколовки осевший песок удаляют с помощью гидроэлеватора и в виде песчаной пульпы подают на песковые площадки – участки земли, разбитые на карты ограждающими валиками высотой 1 – 2 м. Профильтрованную воду после сушки песка на площадках собирают дренажной системой и направляют в канал перед песколовками. Песковые площадки устраивают на крупных очистных станциях. На станциях производительностью до 80 000 м³/сут для обезвоживания песка рекомендуется предусматривать песковые

бункеры, приспособленные для последующей погрузки песка в автомашины, гидроциклоны и горизонтальные шнековые центрифуги.

Для задержания нерастворимых органических загрязнений применяют отстойники. **Отстойники**, устанавливаемые перед сооружениями биологической очистки, называются первичными, а после них – вторичными. Отстойники подразделяются на горизонтальные, вертикальные и радиальные.

Горизонтальный канализационный отстойник (рис. 5.8, а) представляет собой прямоугольный в плане железобетонный резервуар, применяемый при производительности очистной станции более $15\,000\text{ м}^3/\text{сут}$. Обычно строят два или несколько параллельно работающих отделений отстойника, чтобы при ремонте или очистке одного из них не выключать из работы все сооружения. Сточная жидкость поступает в торцевую часть отстойника через входной лоток 1, равномерно распределяется по ширине сооружения и движется горизонтально вдоль отстойника, со скоростью $0,7\text{ мм/с}$. Осветленная вода собирается в сборный лоток 7. Около обоих лотков расположены полупогруженные перегородки 2, передняя из которых служит для распределения поступающей жидкости по глубине отстойника, а задняя – для удержания всплывающих веществ (жиров, масел и т. д.), последние удаляются из отстойника через жировой лоток 3 и жировую трубу 4. На $1/3$ длины отстойника (от его начала) устраивают один или два приямка 5 с углом наклона 45° для сбора осадка. Из приямка осадок удаляется по иловой трубе 6 под действием гидростатического напора. Между проточной и осадочной частями отстойника должен быть создан нейтральный слой (высотой $0,3\text{ м}$ от дна отстойника), препятствующий всплыванию осадка. Продолжительность отстаивания сточной жидкости в первичном отстойнике составляет $1,5\text{ ч}$.

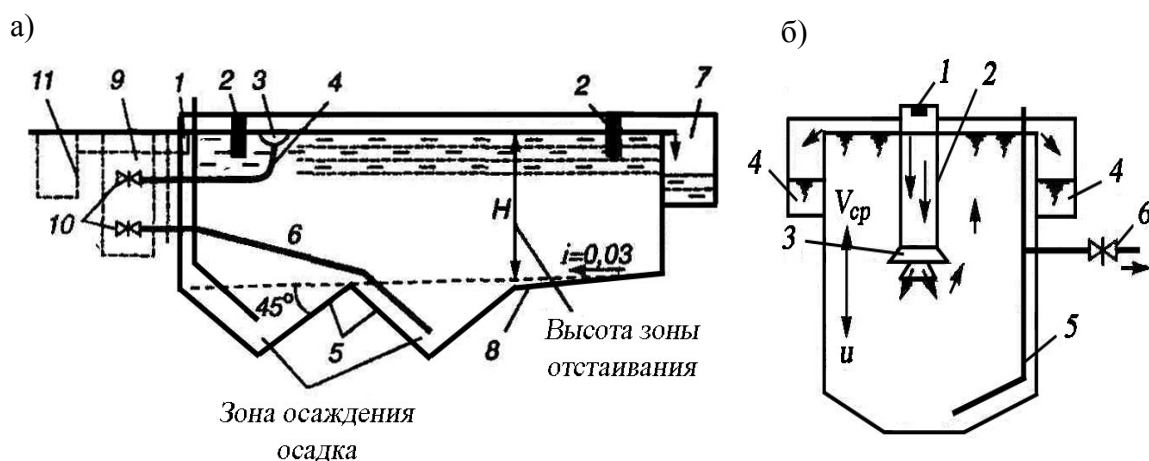


Рис. 5.8. Принципиальная схема работы:

а) горизонтального и б) вертикального канализационного отстойника

Вертикальный канализационный отстойник обычно применяют при производительности очистной станции до $20\,000\text{ м}^3/\text{сут}$ при наличии плотных грунтов с низким уровнем грунтовых вод. Принципиальная схема работы вертикального отстойника приведена на рис. 5.8, б. Сточная жидкость по подводящему лотку 1 поступает в центральную трубу 2 и опускается по ней вниз. При выходе из нижней части центральной трубы, оборудованной отражателем 3, она меняет направление движения и медленно поднимается по отстойнику вверх. При этом из сточной жидкости выпадают нерастворенные вещества. Отражательный щит 3 необходим для равномерного распределения воды по отстойнику и предотвращает взмучивание осадка. Осветленная вода собирается в сборные лотки 4. Удаление осадка в вертикальных отстойниках осуществляется по иловой трубе 5 под действием гидростатического напора.

Несомненное преимущество вертикальных отстойников – простота удаления из них осадков под действием гидростатического давления. Недостатком является большая глубина отстойников, затрудняющая их строительство в плотных грунтах и при высоком уровне стояния грунтовых вод.

В радиальных канализационных отстойниках вода движется от центра отстойника к периферии. Радиальные отстойники обеспечивают высокий эффект осветления сточных вод и поэтому их применяют при производительности станций свыше 20 000 м³/сут.

Для **биологической очистки** сточных вод применяют биологические фильтры (биофильтры), аэротенки или окситенки.

По производительности **биофильтры** подразделяются на капельные и высоконагруженные. По способу поступления воздуха в загрузку различают биофильтры с естественной и принудительной подачей воздуха (рис. 5.9, а). Биофильтры с естественной подачей воздуха рекомендуются для сооружений производительностью до 1000 м³/сут.

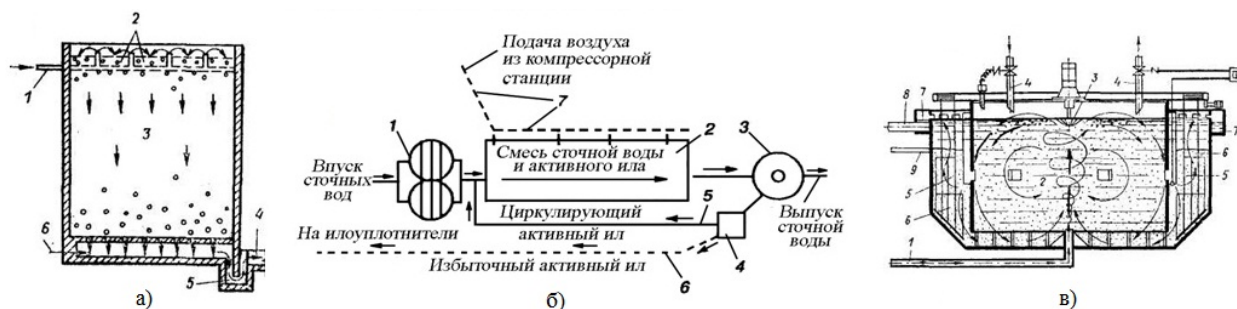


Рис. 5.9. Очистные сооружения:

а) биофильтр с принудительной подачей воздуха; б) схема работы аэротенка; в) окситенк

Сущность процессов, протекающих в биофильтре, такова. На поверхности зерен загрузки фильтра (шлак, керамзит и т. д.) сорбируются нерастворенные и коллоидные загрязнения, образуя биологическую пленку, заселенную микроорганизмами. Попадая на эту пленку, растворенные загрязнения сточных вод окисляются микроорганизмами. Отмершая пленка смывается сточной жидкостью и выносится из тела биофильтра.

Для биологической очистки больших количеств сточных вод наиболее часто применяют **аэротенки** различных видов (рис. 5.9, б).

Аэротенки выполняют в виде длинных железобетонных резервуаров глубиной 3 – 6 м и шириной 6 – 10 м. Сточная жидкость после осветления в первичных отстойниках 1 поступает в аэротенк 2 и смешивается с циркулирующим активным илом 5. Смесь сточной жидкости и активного ила по всей длине аэротенка продувается воздухом 7, поступающим из компрессорной станции. Аэробы, населяющие активный ил, сорбируют (выделяют) на своей поверхности органические вещества из сточной жидкости и в присутствии кислорода окисляют их. Из аэротенка смесь сточной жидкости с активным илом направляется во вторичный отстойник 3, где ил оседает. В результате роста микроорганизмов масса ила в аэротенках непрерывно возрастает. Поэтому насосная станция 4 перекачивает избыточный активный ил 6 из вторичного отстойника 3 в илоуплотнители, а циркулирующий активный ил 5 опять в аэротенк.

Окислительная мощность аэротенков составляет 0,5 – 1,5 кг/сут на 1 м³ полезного объема сооружения и зависит от многих факторов: физико-химической характеристики загрязняющих веществ и их концентрации, дозы активного ила и способа его подачи, количества подаваемого воздуха и способа его диспергирования, степени очистки и т. д.

Одной из разновидностей аэротенков являются **окситенки**. Работа окситенков основана на тех же исходных положениях процесса биологической очистки сточных вод, что и работа аэротенков (рис. 5.9, в). Основная особенность окситенков – большая

интенсивность процесса биохимического окисления, чем в обычных аэротенках, за счет замены подаваемого воздуха техническим кислородом и повышения концентрации активного ила.

Очищенная вода и активный ил разделяются в открытом резервуаре – илоотделителе, куда поступает иловая смесь. Выделенный активный ил возвращается в камеру реакции; избыточное его количество направляется на дальнейшую обработку.

Дезинфекция (обеззараживание) сточных вод, прошедших биологическую очистку перед ее спуском в водоем, обязательна, несмотря на то, что большая часть патогенных (болезнетворных) микроорганизмов погибает в биофильтрах и аэротенках. Ввиду сложности определения содержания патогенных микробов в сточной воде, прошедшей биологическую очистку, применяют метод оценки их обеззараживания по титру кишечной палочки.

Обеззараживание сточных вод может осуществляться различными способами: озонированием, ультрафиолетовыми лучами, электролизом, хлорированием и др. После **озонирования** количество бактерий в сточной воде уменьшается на 99,8%, но применение этого метода является достаточно дорогим и сложным. Использование облучения очищенных стоков **ультрафиолетовыми лучами** эффективно только при небольшом содержании в воде взвешенных веществ.

Простым, достаточно дешевым и надежным методом дезинфекции сточных вод является **электролиз**, который может осуществляться без применения хлорсодержащих веществ, что исключает перевозку реагентов, устройство хранилищ, принятие мер по предотвращению утечки токсичного газа и т. д. Однако наиболее применяемым методом для обеззараживания очищенных сточных вод остается **хлорирование**, т. е. введение в сточную воду определенного количества жидкого хлора, хлорной извести или гипохлорита натрия.

Дезинфекция малых количеств сточной жидкости ($1000 \text{ м}^3/\text{сут}$) осуществляется хлорной известью, а больших масс воды жидким хлором. Сточную жидкость подвергают обеззараживанию после прохождения ею вторичного отстойника.

Сооружения для дезинфекции сточных вод включают: *хлораторную, смеситель и контактные резервуары.*

В хлораторной устанавливают оборудование для приготовления жидкого раствора хлорного газа или хлорной извести. Смеситель служит для смешения хлорного раствора со сточной жидкостью. Контакт хлора со сточной жидкостью осуществляется в течение 30 мин в контактных резервуарах, которые устраиваются по типу вертикальных или горизонтальных отстойников. После дезинфекции сточная жидкость может быть спущена в водоем.

Установка для дезинфекции сточных вод хлорной известью обычно состоит из затворных баков (одного или двух), двух растворных (рабочих) баков и одного дозирующего бачка. В затворном баке происходит затворение хлорной извести, в результате чего получают раствор концентрацией 10 – 15% (по активному хлору).

Этот раствор поступает в один из растворных баков, где дополнительно перемешивается с водой до получения раствора с концентрацией не более 2,5% (по активному хлору). Воду для приготовления раствора получают из водопровода или местного источника водоснабжения, или используют очищенную воду, взятую после контактного резервуара.

Из растворных баков сточная вода поступает в дозирующий бачок, а затем в смеситель.

Жидкий хлор вводят в сточную жидкость непосредственно или при помощи хлоратора. Последний способ получил более широкое применение. Для дезинфекции сточных вод применяют хлораторы непрерывного действия. Лучшими из них являются вакуумные, в которых дозируемый газ находится под разрежением, что предотвращает его проникновение в помещение. Хлораторы (рабочие и резервные) располагаются в хлораторной.

Из хлоратора хлорная вода по полиэтиленовым трубам поступает в смеситель со сточной водой. На крупных очистных станциях устанавливают вакуумные хлораторы производительностью 20 – 50 кг/ч с автоматизированным дозированием хлора.

Сооружения по обработке осадков сточных вод при биологической очистке.

При очистке сточных вод на канализационных станциях очистки выделяются осадки, состоящие из твердой фазы и воды.

Осадок, образующийся в первичных и во вторичных отстойниках, имеет влажность 95 – 98%. Твердая фаза осадка бытовых сточных вод состоит в основном из органических соединений. Сырой осадок содержит ценные вещества – азот, фосфор, калий. Он легко гнивает и содержит многочисленные и разнообразные виды бактерий (в том числе и патогенные), а также яйца гельминтов. При использовании сырого осадка ценные органические вещества плохо усваиваются растениями. Поэтому он периодически удаляется из отстойников и подвергается анаэробному сбраживанию в сооружениях по обработке осадка, а затем проходит дальнейшую обработку (см. рис. 5.6). Из вторичных отстойников осадок (ил) сначала уплотняется на илоуплотнителях (их конструкция аналогична конструкциям отстойников), а затем перекачивается в сооружения по обработке осадка. В илоуплотнителе ил находится 3 – 15 часов. Влажность его за это время снижается, а объем сокращается в четыре раза.

При анаэробном сбраживании осадок подвергается воздействию ряда анаэробных микроорганизмов. Процесс сбраживания протекает медленно. Для его ускорения и уменьшения объема сооружений, где происходит сбраживание, применяют искусственный подогрев ила. При этом значительно эффективнее идет выделение газа метана, который улавливается и может быть использован в качестве горючего. В зависимости от температуры, при которой происходит сбраживание, различают два типа процесса:

- мезофильный режим – $t^{\circ} = 30 - 35^{\circ}\text{C}$,
- термофильный режим – $t^{\circ} = 50 - 55^{\circ}\text{C}$.

Важным фактором, предопределяющим весь ход распада органического вещества, является отношение объема вновь поступающего сырого осадка к объему зрелого и бродящего, находящегося в иловых камерах сооружений по обработке осадка – доза загрузки. Чем меньше доза загрузки, тем быстрее и полнее происходит распад органических соединений.

Для обработки и сбраживания осадка применяют ряд сооружений.

Септиком называют сооружения, где в одной емкости одновременно происходит осветление воды и перегнивание выпавшего из нее осадка. Ввиду крупных недостатков, свойственных этим сооружениям, в настоящее время их применяют только на станциях небольшой производительности. Сооружения, в которых отстойная часть отделена от гнилостной (септической камеры), расположенной в нижней части сооружения, называются *двухъярусными отстойниками*. Они получили широкое распространение как в отечественной, так и в зарубежной практике. Усовершенствованной конструкцией двухъярусного отстойника является *осветлитель-перегниватель*. Для обработки осадка в настоящее время широкое распространение получили сооружения только для его сбраживания – *метантенки*.

Двухъярусный отстойник, принципиальная схема работы которого представлена на рис. 5.10, а, представляет собой резервуар круглого или прямоугольного сечения. В верхней части (яруса) расположены осадочные желоба 1, работающие по принципу горизонтальных отстойников. Время отстаивания в них воды составляет 1,5 ч, скорость движения 1,5 – 5 мм/с. В днище желобов устроена продольная щель 3, шириной 12 – 15 см, через которую осадок поступает в септическую камеру 5. Нейтральный слой 4 (шириной 0,5 м) препятствует взмучиванию осадка. Глубина осадочных желобов принимается 2 м.

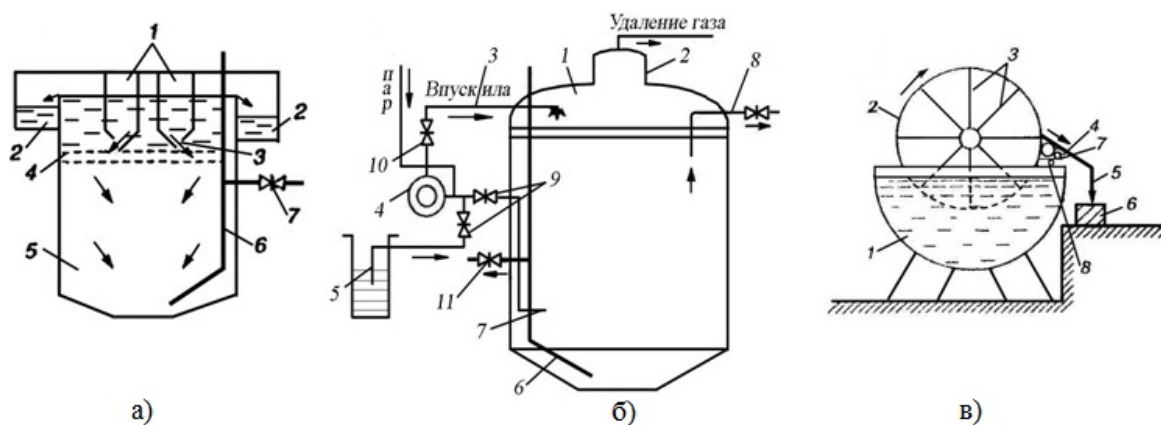


Рис. 5.10. Сооружения по обработке осадков сточных вод:
а) двухъярусный отстойник; б) метантенк; в) вакуум-фильтр

Сточная вода распределяется по желобам с помощью лотков равномерно.

Осветленная вода отводится по сборным лоткам 2. Осадок в септической (гнилостной камере) подвергается сбраживанию в мезофильном режиме. Удаление сброженного осадка осуществляется по иловой трубе 6 под действием гидростатического напора.

На современных станциях очистки в метантенк на сбраживание поступает не только осадок из первичных отстойников, но и, как указывалось ранее, избыточный активный ил после илоуплотнителей. Поэтому в нем сбраживается смесь осадка с активным илом. В метантенк подается пар для подогрева осадка. Для интенсификации процессов сбраживания осадок в метантенках подвергается перемешиванию различными способами: мешалками, гидроэлеваторами, насосами.

На рис. 5.10, б представлена принципиальная схема устройства *метантенка*. Он представляет собой цилиндрический или прямоугольный резервуар с коническим днищем и герметическим перекрытием 1 с колпаком для сбора и отвода газа 2. Впуск ила осуществляется по трубе 3 насосом 4 в верхнюю часть метантенка выше уровня стоящей над осадком иловой воды в целях разрушения корки (твердое образование над осадком, периодически удаляемое), которая образуется несмотря на перемешивание осадка в метантенке. Для подогрева осадка пар подается во всасывающую трубу центробежного насоса. Перемешивание производится тем же насосом 4 путем переключения задвижек 9.

Ил поступает из нижней части метантенка в трубу 7 и перекачивается по той же подающей трубе 3 в верхнюю его часть. При впуске в метантенк свежей порции осадка 5 соответствующее количество иловой воды над уровнем осадка переливается в отводную трубу 8. Эта вода содержит растворенные и нерастворенные органические соединения, поэтому она вновь поступает на очистку в первичные отстойники с основной массой сточной жидкости. Сброженный осадок удаляется из метантенка по иловой трубе 6 под действием гидростатического напора. Сбраживание осадка в метантенках осуществляется как в термофильном, так и в мезофильном режимах.

Газ, выделившийся в метантенках, собирают и сжигают в котельных установках или используют в качестве горючего. На крупных станциях для аккумуляирования газа и регулировки его давления устраивают мокрые газгольдеры. Наиболее рациональной является эксплуатация метантенка, при которой загрузка и выгрузка осадка происходит одновременно и непрерывно.

Сырой осадок после сбраживания на метантенках имеет влажность 90%, а после двухъярусных отстойников 98%. В таком виде он не может быть использован в качестве удобрений. Для **обезвоживания и сушки сырого осадка** используются соответствующие сооружения. Наиболее простым и распространенным способом обезвоживания сырого осадка является его сушка на иловых площадках. Иловые площадки представляют собой

спланированные участки земли, разделенные на карты земляными валиками. Высота слоя осадка, напускаемого на карты, 0,2 – 0,25 м. Площадки устраиваются на естественном основании при глубине залегания грунтовых вод не менее 1,5 м (от поверхности карт). Влага из осадка частично испаряется и частично просачивается в грунт. Подсушенный осадок получает структуру влажной земли. Его вывозят к месту использования. Иловую воду отводят с площадок трубчатым дренажом. В зимнее время глыбы осадка скалывают и вывозят на поля.

Иловые площадки с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды представляют собой каскад прудов, где происходит уплотнение осадка и удаление иловой воды с поверхности. Каскадные иловые пруды имеют 4 – 7 ступеней. В каждой ступени устраивают 4 – 8 карт. Выделившуюся иловую воду перекачивают в канал перед первичным отстойником. Из иловых площадок с уплотнительным резервуаром с водонепроницаемыми стенками и днищем воду удаляют через отверстия в стенках, перекрытые шиберами и расположенные на разных высотах.

На очистных станциях большой производительности механическое обезвоживание осадка осуществляется в искусственных условиях. Чаще всего для этих целей используется вакуум-фильтр (рис. 5.10, в). Он представляет собой горизонтальный цилиндрический барабан 2, обтянутый капроновой или хлорвиниловой тканью. Барабан, разделенный на несколько секторов перегородками 3 и частично погруженный в корыто с осадком 1, медленно вращается. В его секторах, погруженных в корыто, вакуум-насосом создается вакуум, в результате чего осадок прилипает к фильтрующей ткани, а вода, пройдя через эту ткань, попадает внутрь барабана, откуда отводится по трубе. Осадок отделяется от ткани ножом 4. Для облегчения снятия осадка в зоне ножа компрессором создается повышенное давление. Обезвоженный осадок 5 удаляется из вакуум-фильтра по транспортеру 6. Осадок перед подачей на вакуум-фильтры подвергается дополнительной обработке. Осадок промывается в течение 15 – 20 мин, затем продувается воздухом, уплотняется на илоуплотнителях, поступает в резервуар уплотненного осадка и коагулируется.

Такая сложная схема подготовки осадка для его обезвоживания на вакуум-фильтрах облегчается, если осадок подвергнуть тепловой обработке, заключающейся в прогревании его паром в реакторе при температуре 160 – 200 °С перед уплотнением на илоуплотнителе. Одним из существенных достоинств описанного способа подготовки осадка является обеспечение его полной стерильности. В последние годы для обезвоживания осадков сточных вод все чаще применяются центрифуги.

Обработанный и просушенный осадок представляет собой эффективные удобрения, основными компонентами которых являются углеводы, жироподобные и белковые вещества

Условия спуска сточных вод в водоемы.

Основные конструкции выпусков очищенных сточных вод

Искусственное загрязнение водоемов является результатом спуска в них недостаточно очищенных сточных вод от промышленных предприятий и городов.

Запрещается спуск в водоем тех сточных вод, которые могут быть устранены иными путями:

- применение рациональной технологии производства;
- повторным использованием отработавшей воды в системах оборотного водоснабжения;
- использованием сточных вод в целях сельскохозяйственного орошения.

Указанные мероприятия позволяют резко уменьшить количество сточных вод, подлежащих спуску в водоемы. Условия спуска сточных вод в водоемы регламентируются *«Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами»* и *«Правилами охраны прибрежных районов морей»*. На их основании различают водоемы по характеру их использования для: целей питьевого назначения; культурно-массового использования; рыбо-хозяйственных целей.

Перечисленные категории водоемов предъявляют различные требования к качеству очистки спускаемых в них сточных вод. В табл. 5.1 приведены основные нормативные показатели качества воды в водоемах различного водопользования после спуска в них сточных вод.

Таблица 5.1

Основные нормативные показатели качества воды для водоемов различного водопользования после спуска в них сточных вод

Водоемы различного водопользования	Нормативные показатели			
	Растворенный кислород, мг/л	БПК ₅ , мг/л	Активная реакция рН	Увеличение взвешенных веществ, мг/л
Питьевого	не ниже 4 не ниже 6 (зимой)	до 2	$6,7 < \text{pH} < 8,5$	Не более чем на 0,25
Культурно-массового	не ниже 4	до 2	$6,7 < \text{pH} < 8,5$	Не более чем на 0,75
Для рыбо-хозяйственных целей	не ниже 6	до 2	$6,7 < \text{pH} < 8,5$	Не более чем на 0,15

Примечание. Количество растворенного кислорода в воде водоема после смешения со сточными водами определяется в любой период года в пробе, отобранной в 12 часов дня. Значение БПК₅ приведено для вод с температурой 20 °С.

Приведенные нормативы качества воды водоемов относятся к створам, расположенным на проточных водоемах в 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания или организованного отдыха, территория населенного пункта и т. д.), а на непроточных водоемах и водохранилищах – к створам в 1 км в обе стороны от пункта водопользования.

Очищенные сточные воды после их дезинфекции отводятся по каналу к местам спуска их в водоем. Отводной канал обычно заканчивается береговым колодцем, из которого очищенные сточные воды через *выпуск* сбрасываются в водоем.

Конструкция выпуска во многом определяет благоприятные условия для перемешивания сбрасываемых сточных вод с водами водоема, что дает возможность лучше использовать его самоочищающую способность.

По конструкции выпуски бывают *сосредоточенные*, когда выпуск сточных вод осуществляется через одно отверстие, и *рассеивающие*, имеющие несколько выпускных отверстий.

На практике применяют и другие выпуски, однако конструкция рассеивающего выпуска наиболее совершенна, так как обеспечивает лучшее смешение сбрасываемых сточных вод с водой водоема. В этой связи интерес представляет использование рассеивающего фильтрующего струйного выпуска. Он выполнен в виде стальной перфорированной трубы с приваренной к ней по всей длине металлической обоймой со щелевыми отверстиями. Обойма заполнена крупным гравием. Крышка обоймы тоже имеет отверстия, через которые сточная жидкость выпускается в водоем.

При сбросе очищенной сточной воды в водохранилище или море устраивают береговые или глубоководные выпуски. Последние выполняются из стальных, чугунных, железобетонных труб, защищенных от коррозии.

Оголовки выпусков всех типов выполняются из сборного железобетона.

Выпуски следует располагать в местах с повышенной турбулентностью потока (сужениях, притоках, порогах и т. д.).

Выпуск в реку рекомендуется располагать на определенном расстоянии (вниз по течению) от границ канализуемого населенного места, водоприемных сооружений, участков водоема, используемых для спортивных целей и купанья, а также для водопоя скота. При выборе места выпуска очищенных сточных вод следует принимать во внимание нормальные условия пользования водой водоема нижележащих населенных мест.

Место выпуска обязательно согласовывается с органами Государственного санитарного надзора, Рыбоохраны и с другими заинтересованными организациями.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Из каких основных элементов состоит система канализации населенных мест?
2. Какие разновидности систем водоотведения населенных мест вы знаете?
3. Какие схемы трассирования уличных сетей вам известны?
4. Как зависит состав сточных вод от назначения систем канализации?
5. Какова последовательность гидравлического расчета канализационных сетей населенного пункта?
6. Какими методами, на каких установках производится очистка сточных вод?
7. Приведите варианты схем сетей канализации населенных мест.
8. Каковы условия спуска сточных вод в водоемы различного назначения?
9. Каковы условия приема сточных вод в наружную канализационную сеть?
10. В каких сооружениях сточные воды подвергаются биологической очистке?
11. В каких сооружениях производится механическая очистка сточных вод?
12. Какими методами обеззараживаются сточные воды?
13. Для чего нужны метантенки?
14. Чем отличаются окситенки от аэротенков?
15. Какие методы очистки сточных вод предусматриваются на очистных сооружениях?
16. В каких сооружениях обрабатывается осадок сточных вод?
17. Приведите технологическую схему очистки сточных вод.

Тесты к разделу

1. Если коллекторы бассейнов трассированы перпендикулярно направлению движения воды в водоеме и перехвачены главным коллектором, трассированным параллельно реке, то это:
 - а) радиальная схема;
 - б) перпендикулярная схема;
 - в) пересеченная схема;
 - г) параллельная схема;
 - д) зонная схема.
2. В местах присоединения внутриквартальных и заводских сетей к уличным в пределах застройки кварталов устраивают колодцы:
 - а) линейные;
 - б) поворотные;
 - в) контрольные;
 - г) узловые.
3. Живые микроорганизмы, дрожжевые и плесневые грибки, содержащиеся в сточных водах, относятся к загрязнениям вида:
 - а) минеральные;
 - б) органические;

- в) бактериальные;
- г) ответы б и в верны.
- 4. К сооружениям биологической очистки не относятся:
 - а) биофильтры;
 - б) аэротенки;
 - в) песколовки;
 - г) окситенки минеральные.
- 5. Процесс очистки сточных вод от крупных примесей в решетках:
 - а) биологическая очистка;
 - б) механическая очистка;
 - в) обеззараживание.

Перечень рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов

Основная литература

1. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение : учебник для вузов / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2013. – 472 с.

Дополнительная литература

1. Кедров, В. С. Водоснабжение и водоотведение : учебник для вузов / В. С. Кедров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 2002. – 336 с.
2. Калицун, В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация : учебное пособие для вузов / В. И. Калицун. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 2004. – 397 с.
3. Инженерные сети. Оборудование зданий и сооружений : учебник для вузов / Е. Н. Бухаркин, В. В. Кушнiryuk, В. М. Овсянников; под ред. Ю. П. Соснина. – М. : Высш. шк., 2001. – 416 с.
4. Ямлеева, Э. У. Инженерные сети и оборудование (Водоснабжение и водоотведение) : учебно-методический комплекс / Э. У. Ямлеева. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 122 с.
5. СП 30.13330.2012 Внутренний водопровод и канализация зданий (актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*). – М., 2012.
6. СП 73.13330.2012. Внутренние санитарно-технические системы зданий (актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85). – М., 2012.
7. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения (актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85). – М., 2012.

Интернет-ресурсы

1. www.abok.ru – Сайт Некоммерческого партнерства АВОК «Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике». – (дата обращения: 04.06.2018).
2. www.c-o-k.ru – Сайт журнала «Сантехника, отопление, вентиляция». – (дата обращения: 04.06.2018).
3. <http://www.vstmag.ru> – Сайт журнала «Водоснабжение и санитарная техника». – (дата обращения: 04.06.2018).

3. КУРСОВАЯ РАБОТА

3.1. Состав и объем курсовой работы

Курсовая работа предусмотрена учебным планом направления 08.03.01 «Строительство» для студентов профилей «Теплогазоснабжение и вентиляция» и «Управление и эксплуатация систем жилищно-коммунального хозяйства» для закрепления теоретического материала.

Задание на курсовую работу. Запроектировать системы внутреннего водопровода и канализации жилого здания. Исходные данные приведены в табл. р3.1, схемы генпланов из приложения Г, планы типовых этажей из приложения Б.

Курсовая работа должна содержать расчетно-пояснительную записку объемом 15 – 20 с. и графическую часть в объеме 1 – 1,5 стандартного листа (формат А1), выполненная вручную карандашом или с помощью графических программ.

Расчетно-пояснительная записка. В начале записки приложить задание на курсовую работу. В общей части дать характеристику объекта и установленного санитарно-технического оборудования. Затем привести обоснование выбора системы и схемы внутреннего водопровода, описать конструкции и монтажа ввода и водопроводной сети с указанием материалов и способов прокладки, гидравлический расчет сети, подобрать водомер и другое необходимое оборудование.

В описании системы внутренней канализации привести конструктивное решение сети с указанием способов прокладки и соединения труб, их материала, диаметров, уклонов. Далее привести гидравлический расчет канализационной сети здания и дворовой сети.

Дать подробное описание отдельного узла системы водоснабжения и канализации (ВиК) здания (табл. р3.2).

1. **Графическая часть проекта.** 1. На плане типового этажа в масштабе 1:100 показать размещение санитарных приборов, стояков водопровода и канализации с их условным обозначением и нумерацией.

2. На плане подвала здания в масштабе 1:100 показать ввод водопровода, водомерный узел, магистральный трубопровод водопровода, поливочные краны, размещение стояков водопровода и канализации, выпуски канализации с колодцами, устройства для прочистки канализационной сети, указывают длины и диаметры труб, уклоны участков.

3. На генплане участка в масштабе 1:500 показать здание, городской водопровод и канализацию, ввод водопровода, дворовую сеть канализации с колодцами, указывают длины и диаметры трубопроводов, их уклоны.

4. Вычертить в масштабе 1:100 аксонометрическую схему внутренней водопроводной сети с размещением водоразборной и запорной арматуры, поливочных кранов. Назначить расчетные участки, нумеруя их по расчетным точкам. При симметричной форме здания и центральном расположении ввода, а также при большом числе секций аксонометрическую схему выполнить для половины сети. Подводки к приборам, если они одинаковы на всех этажах, показать только для одного (верхнего) этажа. Указать длины, диаметры участков, уклоны, отметки.

5. Вычертить в масштабе 1:100 аксонометрическую схему по наиболее удаленному канализационному стояку до колодца, указывая санитарные приборы и отводные трубы от них. Показать фасонные части, положение ревизий и прочисток, отметки пола, земли, лотка трубы, вытяжную трубу, указать номера стояков, длины, диаметры труб, уклоны участков.

6. Построить продольный профиль дворовой канализационной сети. Масштаб: горизонтальный 1:500, вертикальный 1:100.

7. Разработать в масштабе 1:20; 1:5 один из элементов запроектированной водопроводной и канализационной систем (табл. р3.2).

8. Составить спецификацию оборудования и материалов на водопровод и канализацию.

Один из возможных вариантов компоновки листа приведен на рис. р3.1.

Таблица р3.1

Исходные данные для курсовой работы

№ п/п	Исходные данные	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Количество этажей	11	9	9	10	10	6	5	5	6	10
2	Число секций	1	2	2	1	1	3	3	3	3	1
3	Номер варианта плана этажа (приложение Б)	1	3	4	5	6	7	8	9	10	1
4	Размер на плане а, м	3,5	6,0	6,8	3,6	3,3	3,5	3,3	4,2	5,0	3,8
5	Размер на плане б, м	2,6	3,1	6,2	5,2	3,6	3,9	3,7	3,1	3,5	2,7
6	Номер варианта генплана (приложение Г)	1	1	2	2	3	3	2	2	3	3
7	Средняя заселенность квартир $U_{\text{кв}}$, чел/кв	5,0	3,2	3,4	4,2	3,4	4	3,6	4,5	5,8	3,7
8	Степень благоустройства здания (приложение Ф)	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
9	Гарантированный напор в городском водопроводе, $H_{\text{гар}}$, м	30	26	22	20	31	15	14	16,5	12,5	20,5
10	Абсолютная отметка земли дворового участка, м	10,4	20,6	21,5	32,4	43,5	54,4	65,5	76,4	87,5	98,4
11	Отметка оси и диаметр трубы городского водопровода, м/мм	$\frac{8,0}{200}$	$\frac{18,0}{250}$	$\frac{19,0}{300}$	$\frac{29,8}{200}$	$\frac{40,8}{250}$	$\frac{52,0}{200}$	$\frac{63,0}{200}$	$\frac{73,8}{100}$	$\frac{84,7}{200}$	$\frac{96,0}{150}$
12	Отметка лотка в колодце А и диаметр трубы уличной канализации, м/мм	$\frac{7,1}{250}$	$\frac{17,0}{300}$	$\frac{18,0}{300}$	$\frac{28,8}{250}$	$\frac{39,9}{300}$	$\frac{51,0}{250}$	$\frac{62,0}{250}$	$\frac{72,9}{200}$	$\frac{83,7}{250}$	$\frac{94,1}{200}$
13	Отметка пола 1-го этажа, м	11,2	21,5	22,4	33,4	44,3	55,2	66,6	77,3	88,4	99,4
14	Высота этажа (от пола до пола), м	2,9	3,1	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	3,1	2,9	3,0
15	Высота подвала (от пола подвала до пола 1-го этажа), м	1,9	2,8	2,2	2,6	1,9	2,0	2,6	2,4	1,9	2,6
16	Глубина промерзания грунта, м	1,9	2,1	2,0	1,9	2,2	1,8	2,0	2,0	2,0	1,8
17	Расстояние на генплане l_1 , м	15	10	3	4	5	3	6	7	8	7
18	Расстояние на генплане l_2 , м	10	8	10	11	12	13	14	15	14	13
19	Приток сточных вод от др. зданий (в 1-й и последующие колодцы), q^s , л/с	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
20	Номер детали (узла) (таблица р.3.2)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

№ п/п	Номера вариантов														
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	11	10	9	9	9	5	6	6	5	10	8	10	8	10	6
2	1	2	2	1	1	3	3	3	3	1	2	2	1	1	3
3	1	3	4	5	6	7	8	9	10	1	3	4	5	6	7
4	3,3	5,5	6,6	3,8	3,6	3,9	3,1	4,0	5,5	4,3	6,1	6,4	4,8	3,8	3,7
5	2,5	3,2	6,0	5,1	3,9	4,7	3,5	3,3	3,6	2,9	3,8	6,0	5,6	4,3	4,3
6	1	1	2	1	2	1	3	3	3	3	2	2	1	1	1
7	3,5	5,2	3,5	5,1	3,1	3,3	4,2	3,4	4	3,5	4,5	5,8	3,7	3,5	5,2
8	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5
9	35	32	20	26	31,5	17	13	15	14	19	32,5	33,5	17	30	18
10	99,5	10,4	20,6	32,4	21,5	43,5	43,4	54,4	64,5	76,4	87,5	98,4	100,5	42,5	53,4
11	<u>97,0</u> 150	<u>7,8</u> 200	<u>17,8</u> 250	<u>29,6</u> 100	<u>19,0</u> 250	<u>40,8</u> 200	<u>40,6</u> 150	<u>51,8</u> 200	<u>62,0</u> 200	<u>73,8</u> 150	<u>84,7</u> 250	<u>96,0</u> 250	<u>98,0</u> 200	<u>39,8</u> 150	<u>51,0</u> 200
12	<u>96,0</u> 200	<u>6,8</u> 250	<u>16,7</u> 300	<u>28,6</u> 200	<u>17,9</u> 300	<u>39,8</u> 250	<u>39,5</u> 200	<u>50,8</u> 250	<u>61,0</u> 250	<u>72,7</u> 200	<u>83,7</u> 300	<u>94,9</u> 250	<u>97,0</u> 250	<u>38,7</u> 200	<u>50,0</u> 250
13	100,6	11,2	21,5	33,4	22,4	44,3	44,4	55,2	65,6	77,3	88,4	99,4	101,6	43,3	54,3
14	3,0	2,9	2,9	3,1	2,9	2,9	3,0	2,9	2,9	3,1	2,9	3,0	2,9	3,1	2,9
15	2,2	2,4	2,2	2,6	2,2	2,0	2,6	2,0	2,2	2,6	2,0	2,4	2,2	2,4	2,0
16	2,0	2,1	2,2	2,2	2,0	2,1	2,0	1,9	2,0	2,1	2,1	1,8	2,0	2,2	1,8
17	9	8	6	5	4	12	3	5	3	4	5	6	7	8	10
18	12	14	11	10	12	14	15	16	11	12	13	14	15	16	18
19	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,1	2,3	2,0	2,5	2,7	3,0	2,2	2,3	2,4
20	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1	2	3	4	5
№ п/п	Номера вариантов														
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	11	10	10	8	8	5	5	5	5	11	8	11	8	11	6
2	1	2	2	1	1	3	3	3	3	1	2	2	1	1	3
3	1	3	4	5	6	7	8	9	10	1	3	4	5	6	7
4	3,4	5,6	6,5	3,9	3,8	3,8	3,2	4,1	5,6	4,5	6,3	6,2	4,9	3,4	3,5
5	2,6	3,3	5,8	5,2	5,4	4,9	3,7	3,4	3,7	2,8	3,9	6,0	5,9	4,7	4,4
6	2	2	1	1	2	3	3	2	3	2	2	1	3	1	2
7	3,5	5,1	3,1	3,4	4,3	3,5	4,1	3,6	4,6	5,2	3,7	4,1	3,4	3,5	4,1
8	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5
9	19,5	26,5	31	29	18,5	16,5	19,0	12,0	17,5	27	29,5	25	32,5	29	20
10	65,5	76,4	87,5	10,4	20,6	32,4	54,4	65,5	76,4	87,5	98,4	32,5	21,6	43,5	43,4
11	<u>63,0</u> 250	<u>73,8</u> 150	<u>84,7</u> 250	<u>7,9</u> 200	<u>18,1</u> 250	<u>29,7</u> 150	<u>51,9</u> 200	<u>62,8</u> 200	<u>73,8</u> 150	<u>84,7</u> 150	<u>95,8</u> 250	<u>29,5</u> 100	<u>19,0</u> 250	<u>40,7</u> 200	<u>40,6</u> 150
12	<u>61,9</u> 300	<u>72,8</u> 200	<u>83,6</u> 300	<u>6,9</u> 250	<u>17,0</u> 300	<u>28,7</u> 200	<u>50,8</u> 250	<u>61,7</u> 250	<u>72,8</u> 250	<u>83,6</u> 200	<u>94,7</u> 300	<u>28,5</u> 200	<u>17,8</u> 300	<u>39,7</u> 250	<u>39,6</u> 200
13	66,6	77,3	88,4	11,2	21,5	33,4	55,2	66,5	77,3	88,4	99,4	33,4	22,4	44,3	44,4
14	2,9	3,1	3,0	3,1	2,9	3,0	2,9	2,9	3,0	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	3,0
15	2,5	2,0	2,3	2,2	2,6	2,4	2,0	1,9	2,4	2,1	2,2	2,5	2,2	2,1	2,5
16	2,0	2,0	2,3	2,0	2,0	2,1	2,0	1,9	2,0	2,1	2,0	2,3	2,1	2,1	2,1
17	15	6	9	7	5	4	4	6	5	5	10	5	4	12	4
18	16	17	15	14	13	12	11	10	15	16	17	10	12	14	15
19	2,6	2,7	2,8	2,9	2,2	2,0	2,4	2,6	2,8	2,1	3,0	2,5	2,7	3,0	2,4
20	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

№ п/п	Номера вариантов														
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
1	5	6	6	5	9	10	10	10	11	6	10	8	8	5	11
2	3	3	3	3	1	2	2	1	1	3	2	1	1	3	1
3	7	8	9	10	1	3	4	5	6	7	4	5	6	7	2
4	3,9	3,1	4,0	5,5	3,8	6,2	6,7	3,4	3,8	3,2	6,4	3,9	3,8	3,8	3,1
5	4,7	3,5	3,3	3,6	2,6	3,1	6,2	5,2	3,6	3,9	5,9	5,5	5,7	4,8	5,4
6	1	1	2	1	2	1	3	3	3	3	2	2	1	1	1
7	3,5	5,2	3,5	5,1	3,1	3,3	4,2	3,4	4	3,5	4,5	5,8	3,7	3,5	5,2
8	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5
9	13	18	20	16	21,5	17	31	15	19	12	32,5	28,5	17	10	28
10	99,6	10,5	20,7	32,5	21,6	43,7	43,5	54,5	64,7	76,6	87,7	98,6	100,8	42,9	53,9
11	<u>97,0</u> 150	<u>7,8</u> 200	<u>17,8</u> 250	<u>29,6</u> 100	<u>19,0</u> 250	<u>40,8</u> 200	<u>40,6</u> 150	<u>51,8</u> 200	<u>62,0</u> 200	<u>73,8</u> 150	<u>84,7</u> 250	<u>96,0</u> 250	<u>98,0</u> 200	<u>39,8</u> 150	<u>51,0</u> 200
12	<u>96,0</u> 200	<u>6,8</u> 250	<u>16,7</u> 300	<u>28,6</u> 200	<u>17,9</u> 300	<u>39,8</u> 250	<u>39,5</u> 200	<u>50,8</u> 250	<u>61,0</u> 250	<u>72,7</u> 200	<u>83,7</u> 300	<u>94,9</u> 250	<u>97,0</u> 250	<u>38,7</u> 200	<u>50,0</u> 250
13	100,4	11,1	21,4	33,3	22,3	44,2	44,1	55,1	65,5	77,2	88,2	99,1	101,3	43,2	54,5
14	3,0	2,9	2,9	3,1	2,9	2,9	3,0	2,9	2,9	3,1	2,9	3,0	2,9	3,1	2,9
15	2,2	2,4	2,2	2,6	2,2	2,0	2,6	2,0	2,2	2,6	2,0	2,4	2,2	2,4	2,0
16	2,0	2,1	2,4	2,2	2,0	2,4	2,0	1,9	2,0	2,2	2,4	2,1	2,2	2,2	2,0
17	9	8	6	5	4	12	3	5	3	4	5	6	7	8	10
18	12	14	11	10	12	14	15	16	11	12	13	14	15	16	18
19	2,4	2,1	2,5	2,7	2,9	3,3	2,4	2,7	2,1	2,6	2,7	3,0	2,3	2,3	2,5
20	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1	2	3	4	5
№ п/п	Номера вариантов														
	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
1	9	8	8	5	5	11	10	10	11	10	9	9	9	8	11
2	1	1	1	3	3	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1
3	2	5	6	7	8	1	2	4	1	3	4	5	6	5	2
4	3,6	3,9	3,8	3,8	3,5	3,8	3,2	6,4	3,3	5,5	6,2	3,8	3,6	4,8	3,0
5	5,8	5,2	5,5	4,9	3,7	2,6	5,3	6,1	2,5	3,2	6,0	5,6	3,9	5,9	5,0
6	2	2	1	1	2	3	3	2	3	2	2	1	3	1	2
7	3,5	5,1	3,1	3,4	4,3	3,5	4,1	3,6	4,6	5,2	3,7	4,1	3,4	3,5	4,1
8	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5
9	19,8	26,7	21,2	19,3	18,7	28,7	29,2	32,1	27,8	27,1	29,6	25,2	32,8	29,3	21,5
10	65,5	76,4	87,5	10,4	20,6	32,4	54,4	65,5	76,4	87,5	98,4	32,5	21,6	43,5	43,4
11	<u>63,0</u> 250	<u>73,8</u> 150	<u>84,7</u> 250	<u>7,9</u> 200	<u>18,1</u> 250	<u>29,7</u> 150	<u>51,9</u> 200	<u>62,8</u> 200	<u>73,8</u> 150	<u>84,7</u> 150	<u>95,8</u> 250	<u>29,5</u> 100	<u>19,0</u> 250	<u>40,7</u> 200	<u>40,6</u> 150
12	<u>61,9</u> 300	<u>72,8</u> 200	<u>83,6</u> 300	<u>6,9</u> 250	<u>17,0</u> 300	<u>28,7</u> 200	<u>50,8</u> 250	<u>61,7</u> 250	<u>72,8</u> 250	<u>83,6</u> 200	<u>94,7</u> 300	<u>28,5</u> 200	<u>17,8</u> 300	<u>39,7</u> 250	<u>39,6</u> 200
13	66,6	77,3	88,4	11,2	21,5	33,4	55,2	66,5	77,3	88,4	99,4	33,4	22,4	44,3	44,4
14	2,9	3,1	3,0	3,1	2,9	3,0	2,9	2,9	3,0	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	3,0
15	2,5	2,0	2,3	2,2	2,6	2,4	2,0	1,9	2,4	2,1	2,2	2,5	2,2	2,1	2,5
16	2,0	2,0	2,3	2,0	2,0	2,1	2,0	1,9	2,1	2,1	2,0	2,3	2,1	2,2	2,1
17	15	6	9	7	5	4	4	6	5	5	10	5	4	12	4
18	16	17	15	14	13	12	11	10	15	16	17	10	12	14	15
19	2,6	2,7	2,8	2,9	2,7	2,0	2,4	2,6	2,8	2,5	3,0	2,5	2,7	3,0	2,4
20	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Таблица р3.2

Элементы водопроводной и канализационной сети

№	Наименование детали (узла)	№	Наименование детали (узла)
1	Заделка трубы ввода в фундаменте здания	11	Унитаз тарельчатый с прямым выпуском
2	Водомерный узел с обводной линией	12	Установка ванны
3	Прокладка трубопроводов (открыто у стен и в шахтах)	13	Установка мойки
4	Вентиль прямой	14	Установка умывальника
5	Полимерные отвод $87^{\circ}30'$ и крестовина 45°	15	Полимерные тройник $\alpha = 45^{\circ}$ и крестовина $87^{\circ}30'$
6	Смеситель для умывальника	16	Сифон бутылочный
7	Водоразборный кран	17	Устройство выпуска
8	Комбинированный смеситель для ванной и умывальника	18	Крестовина двухплоскостная полимерная
9	Полимерные отвод $\alpha = 30^{\circ}, 45^{\circ}$ и тройник $87^{\circ}30'$	19	Установка ревизии и прочистки
10	Устройство наружного поливочного крана	20	Колодец из железобетонных колец

Таблица р3.3

Спецификация материалов и оборудования

Марка поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Ед. изм.	ГОСТ, примечание	15
		В1				7
		Трубы полипропиленовые				
1		$d = 40$				
2		$d = 50$				
		и т. д.				
20	60	60	10	15	20	

План этажа 1:100	Продольный профиль дворовой канализационной сети Г 1:500, В 1:100	Генплан участка 1:500
План подвала 1:100	Деталь 1:10/ 1:20	Условные обозначения
Аксонетрическая схема внутренней водопроводной сети (В ₁) 1:100	Аксонетрическая схема внутренней канализации одной секции (К ₁) 1:100	Спецификация
		Штамп

Рис. р3.1. Компоновка графической части проекта

3.2. Порядок выполнения работы

Рекомендуется следующий порядок выполнения курсовой работы:

1. Изучить основные сведения разделов 2 и 3.

2. Внимательно разобрать условия задачи и выбрать все исходные данные в соответствии с вариантом.

3. Исходя из требований СП 30.13330.2016 и указаний п. 2.1 данного руководства, решить, какую систему водоснабжения следует принять для данного объекта.

Для жилых и общественных зданий предпочтительней тупиковые схемы сетей с нижней разводкой магистрали под потолком подвала.

4. В соответствии с вариантом генплана участка (приложение Г) и рекомендациями п. 2.3 определиться с местом ввода. Для более эффективного использования гарантийного напора водопроводной сети ввод следует делать в середину фасада здания (приложение Г, в.2) или в середину торца здания (приложение Г, в.1, 3), чтобы избежать необходимости утепления магистрального трубопровода в подвале.

Количество вводов внутреннего водопровода определяется в зависимости от объема и назначения здания. В пояснительной записке описать прокладку ввода в здание с указанием его длины, диаметра и уклона трубопровода и метода заделки зазора в стене фундамента здания

5. В соответствии с рекомендациями п. 2.3 определиться с местом установки водомерного узла и описать его устройство в расчетно-пояснительной записке.

Произвести подбор водосчетчика по примеру задачи 3 раздела 2.

6. На листе формата А1 с учетом компоновки графической части проекта (см. рис. р3.1) вычертить план первого этажа многосекционного жилого здания в масштабе 1:100 в соответствии с вариантом (приложение Б). На плане с учетом размещения санитарных приборов запроектировать стояки водопровода и канализации и показать разводку сетей по этажу от стояков до санитарно-технических приборов. Стояки желательно разместить в углах санузлов. Все условные обозначения санитарно-технических приборов, устройств, трубопроводов, арматуры должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 2.784-96, 785-70 «Обозначения условные графические. Элементы санитарно-технических устройств». Выборка из ГОСТов приведена в прил. В.

7. На плане подвала наметить трассировку магистральных трубопроводов водопровода от ввода, запроектированного по п. 4, до стояков, с указанием водомерного узла и поливочных кранов.

В записке привести основные сведения по конструированию сети внутреннего водопровода. Указать применяемые трубы, способы их соединения, трассировку в здании. Описать способы прокладки и крепления трубопроводов, защиты их от конденсации влаги и промерзания. Привести данные о водопроводной арматуре с указанием мест ее установки.

8. Составить аксонометрическую схему, на которой должны быть показаны все трубопроводы, санитарные приборы, арматура и оборудование, намечены расчетные участки. Диаметры труб проставляют после окончания гидравлического расчета сети.

На аксонометрической схеме проставить относительные отметки (за нулевую отметку принять пол первого этажа): поверхности земли у здания, пола подвала и этажей, оси водомера, поливочного крана, магистрального трубопровода, «диктующей точки».

Если на аксонометрической схеме есть такие элементы, как водонапорный бак или насосы, то их необходимо вычертить с указанием отметок (оси насоса, дна бака).

Пример аксонометрической схемы внутреннего водопровода приведен в задаче 4 раздела 2 (рис. 2.25).

9. Выполнить расчет внутреннего водопровода в соответствии с п. 2.4 по примеру задачи 1 раздела 2. Используя аксонометрическую схему определить расчетные секундные расходы воды на участках. В результате гидравлического расчета определить диаметры труб

и потери напора. Все результаты гидравлического расчета записать в табл. 2.2 по примеру задачи 4 раздела 2.

10. Определить требуемый напор в сети внутреннего водопровода здания по формуле (2.14).

Полученную величину требуемого напора сравнить с заданной величиной гарантированного напора в наружной сети водопровода. Если величина требуемого напора значительно превышает гарантийный напор, необходимо запроектировать устройства для повышения напора (насос, водопроводный бак) (см. п. 2.6, задачи 4 раздела 2). Если требуемый напор меньше гарантийного, то следует выбрать средства для стабилизации напора (п. 2.5).

11. Запроектировать систему внутренней канализации здания. Показать на плане подвала трассировку магистральных трубопроводов канализации, пронумерованные стояки и прочистки, трассировку выпусков до колодцев дворовой канализации (рис. 2.25).

12. Составить аксонометрическую схему канализации на одну секцию здания, на которой должны быть показаны все элементы системы (трубопроводы, санитарные приборы и др.), диаметры, длины участков, уклоны и т. д.

Пример аксонометрической схемы внутренней канализации приведен на рис. 3.21 задачи 1 раздела 3.

В пояснительной записке дать описание конструкции и прокладки канализационной сети, начиная от отводных труб до выпусков из здания. Привести описание санитарно-технических приборов, установленных в здании, порядок установки ревизий и прочисток и системы вентиляции сети.

13. Выполнить расчет канализационной сети, включающий определение расходов сточной жидкости, подбор диаметров стояков и выпусков согласно п. 3.3 по примеру задачи 2 раздела 3.

14. Запроектировать дворовую канализационную сеть в соответствии с требованиями СП и п. 3.4.

План застройки участка (1:500) вычертить с указанием красной линии, уличных и внутриквартальных сетей водопровода и канализации, ввода водопровода в здание, дворовой канализационной сети с указанием всех выпусков, смотровых колодцев, диаметров, длин и уклонов труб. Пример генплана участка приведен на рис. 3.12 и рис. 3.23.

15. Произвести гидравлический расчет дворовой канализации, целью которого является проверка диаметра трубопровода на пропуск расчетных расходов при определенных значениях уклона, наполнения и скорости движения жидкости (п. 3.4) по примеру задачи 4 раздела 3.

По результатам гидравлического расчета (табл. 3.3) построить продольный профиль дворовой канализации от наиболее удаленного выпуска до городского канализационного колодца (ГКК) в масштабах: горизонтальном 1:500, вертикальном 1:100.

Пример продольного профиля приведен на рис. 3.14.

16. Разработать в масштабе 1:20; 1:5 один из элементов запроектированной водопроводной и канализационной систем (табл. р3.2). В пояснительной записке привести подробное описание отдельного узла системы водоснабжения и канализации (ВиК) здания.

17. Составить спецификацию материалов и оборудования, которая служит для определения стоимости запроектированных систем водопровода и канализации и составляется на основе аксонометрических схем водопровода и канализации.

В спецификации необходимо перечислить все трубы (по назначению и диаметрам), арматуру, санитарно-технические приборы и оборудование. Спецификация материалов и оборудования является главным итогом проектирования. Составляется по форме, приведенной в табл. р3.3. Условные обозначения элементов трубопроводов, арматуры и санитарно-технических устройств приведены в приложении В.

4. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

4.1. Содержание расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа предусмотрена учебным планом направления 08.03.01 «Строительство» для студентов профиля «Промышленное и гражданское строительство» для закрепления теоретического материала.

Задание на РГР: Запроектировать системы внутреннего водопровода и канализации жилого 3-этажного односекционного здания и дворовую канализационную сеть в соответствии с вариантом. Исходные данные приведены в таблице р4.1, планы типовых этажей в приложении Б, схемы генпланов в приложении Г.

Расчетно-графическая работа должна содержать расчетную и графическую часть в объеме 2 – 3 листа (формат А4), выполненная карандашом или с помощью графических программ.

Требуется определить:

1. Необходимо определить расход воды на вводе водопроводной сети $q_{\text{вв}}$, его диаметр $d_{\text{вв}}$ и потери напора на вводе $h_{\text{вв}}$.
2. Подобрать счетчик водомерного узла для учета расхода холодной воды в жилом здании.
3. Проверить диаметр выпуска канализации $d_{\text{к}}$ на пропуск расчетного расхода $q_{\text{к}}$ и определить уклон выпуска i , наполнение h/d и скорость движения стоков $v_{\text{сток}}$.

Требуется графически изобразить:

1. На плане типового этажа в масштабе 1:100 показать размещение санитарных приборов, стояков водопровода и канализации с их условным обозначением и нумерацией, показать подводы водопровода и отводные трубы канализации.
2. На плане подвала здания в масштабе 1:100 показать ввод водопровода, водомерный узел, магистральный трубопровод водопровода, поливочные краны, размещение стояков водопровода и канализации, выпуски канализации с колодцами, устройства для прочистки канализационной сети.
3. На генплане участка в масштабе 1:500 показать здание, городской водопровод и канализацию, ввод водопровода, дворовую сеть канализации с колодцами, указать длины и диаметры трубопроводов.
4. Вычертить в масштабе 1:100 аксонометрическую схему внутренней водопроводной сети с размещением водоразборной и запорной арматуры, поливочных кранов. Подводки к приборам, если они одинаковы на всех этажах, показать только для одного (верхнего) этажа. Указать номера стояков, длины, уклоны участков труб, отметки пола этажей.
5. Вычертить в масштабе 1:100 аксонометрическую схему по наиболее удаленному канализационному стояку до колодца, указывая санитарные приборы и отводные трубы от них. Показать фасонные части, положение ревизий и прочисток, отметки пола, вытяжную трубу, указать номера стояков, длины, диаметры труб, уклоны участков.

4.2. Порядок выполнения работы

Рекомендуется следующий порядок выполнения расчетно-графической работы:

1. Изучить основные сведения разделов 2 и 3.
2. Внимательно разобрать условия задачи и выбрать все исходные данные в соответствии с вариантом.

3. Исходя из требований СП 30.13330.2016 и указаний п. 2.1 данного руководства, решить вопрос о том, какую систему водоснабжения следует принять для данного объекта.

Для жилых и общественных зданий предпочтительней тупиковые схемы сетей с нижней разводкой магистрали под потолком подвала.

4. В соответствии с вариантом генплана участка (приложение Г) и рекомендациями п. 2.3 определиться с местом ввода. Для более эффективного использования гарантийного напора водопроводной сети ввод следует делать в середину фасада здания (приложение Г, в.2) или в середину торца здания (приложение Г, в.1, 3), чтобы избежать необходимости утепления магистрального трубопровода в подвале.

5. В соответствии с рекомендациями п. 2.3 определиться с местом установки водомерного узла. Произвести подбор водосчетчика по примеру задачи 3 раздела 2.

6. На листе формата А4 вычертить план первого этажа односекционного жилого здания в масштабе 1:100 в соответствии с вариантом (приложение Б). На плане с учетом размещения санитарных приборов запроектировать стояки водопровода и канализации и показать разводку сетей по этажу от стояков до санитарно-технических приборов. Стояки желательно разместить в углах санузлов. Все условные обозначения санитарно-технических приборов, устройств, трубопроводов, арматуры должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 2.784-96, 785-70 «Обозначения условные графические. Элементы санитарно-технических устройств». Выборка из ГОСТов приведена в прил. В.

7. На плане подвала наметить трассировку магистральных трубопроводов водопровода от ввода, запроектированного по п. 4, до стояков, с указанием водомерного узла и поливочных кранов.

8. Составить аксонометрическую схему, на которой должны быть показаны все трубопроводы, санитарные приборы, арматура и оборудование, намечены расчетные участки.

На аксонометрической схеме проставить относительные отметки (за нулевую отметку принять пол первого этажа): поверхности земли у здания, пола подвала и этажей, оси водомера, поливочного крана, магистрального трубопровода.

Пример аксонометрической схемы внутреннего водопровода приведен в задаче 4 раздела 2 (рис. 2.25).

9. Определить расход воды на вводе водопроводной сети $q_{вв}$, его диаметр $d_{вв}$ и потери напора на вводе $h_{вв}$. внутреннего водопровода в соответствии с п. 2.4 по примеру задачи 2 раздела 2.

10. Подобрать счетчик водомерного узла для учета расхода холодной воды в жилом здании по примеру задачи 3 раздела 2.

11. Запроектировать систему внутренней канализации здания. Показать на плане подвала трассировку магистральных трубопроводов канализации, пронумерованные стояки и прочистки, трассировку выпусков до колодцев дворовой канализации (рис. 2.25).

12. Составить аксонометрическую схему канализации на одну секцию здания, на которой должны быть показаны все элементы системы (трубопроводы, санитарные приборы и др.), диаметры, длины участков, уклоны и т. д.

Пример аксонометрической схемы внутренней канализации приведен на рис. 3.21 задачи 1 раздела 3.

13. Проверить диаметр выпуска канализации d_k на пропуск расчетного расхода q_k и определить уклон выпуска i , наполнение h/d и скорость движения стоков v сток согласно п. 3.3 по примеру задачи 2 раздела 3.

14. Запроектировать дворовую канализационная сеть в соответствии с требованиями СП 32.13330.2012 и п. 3.4.

План застройки участка (1:500) вычертить с указанием красной линии, уличных и внутриквартальных сетей водопровода и канализации, ввода водопровода в здание, дворовой канализационной сети с указанием выпуска, смотровых колодцев, диаметров и длин труб. Пример генплана участка приведен на рис. 3.12 и рис. 3.23.

Таблица р4.1

Исходные данные для РГР

№ п/п	Исходные данные	Номера вариантов													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Номер варианта плана этажа	7	8	9	10	7	8	9	10	7	8				
2	Размер на плане а, м	3,5	3,3	4,2	5,0	3,6	3,4	4,3	5,1	3,7	3,5				
3	Размер на плане б, м	3,9	3,7	3,1	3,5	3,9	3,7	3,1	3,5	4,1	3,9				
4	Номер варианта генплана	1	1	2	2	3	3	2	2	3	3				
5	Средняя заселенность квартир $U_{\text{кв}}$, чел/кв	5,1	3,1	3,3	4,2	3,4	4	3,5	4,5	5,8	3,7				
6	Степень благоустройства здания	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6				
7	Высота этажа (от пола до пола), м	2,9	3,1	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	3,1	2,9	3,0				
8	Высота подвала (от пола подвала до пола 1-го этажа), м	1,9	2,8	2,2	2,6	1,9	2,0	2,6	2,4	1,9	2,6				
9	Отметка пола 1-го этажа, м	11,2	21,5	22,4	33,4	44,3	55,2	66,6	77,3	88,4	99,4				
10	Отметка оси городского водопровода, м	8,0	18,0	19,0	29,8	40,8	52,0	63,0	73,8	84,7	96,0				
11	Абсолютная отметка земли дворового участка, м	10,4	20,6	21,5	32,4	43,5	54,4	65,5	76,4	87,5	98,4				
12	Расстояние l_1 , м	15	10	3	4	5	3	6	7	8	7				
13	Расстояние l_2 , м	10	8	10	11	12	13	14	15	14	13				
№ п/п	Номера вариантов										Продолжение таблицы р4.1				
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	7	8	9	10	7	8	9	10	7	8	7	8	9	10	7
2	3,8	3,3	4,2	5,0	3,6	3,4	4,3	5,1	3,7	3,5	3,6	3,4	4,2	5,0	3,9
3	3,9	3,7	3,1	3,5	3,9	3,7	3,1	3,5	4,1	3,9	3,9	3,7	3,2	3,7	3,9
4	3	2	1	1	2	2	3	3	1	1	1	3	3	3	3
5	5,2	3,2	3,4	4,3	3,5	4,1	3,6	4,6	4,9	3,8	5,2	3,2	3,4	4,3	3,5
6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	6
7	2,9	3,1	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	3,1	2,9	3,0	2,9	3,1	2,9	3,0	2,9
8	1,9	2,8	2,2	2,6	1,9	2,0	2,6	2,4	1,9	2,6	1,9	2,8	2,2	2,6	1,9
9	15,8	25,7	26,6	37,9	48,7	59,7	70,9	81,9	93,8	103,4	17,8	27,7	28,6	38,9	49,7
10	12,2	22,2	23,2	34,9	44,9	56,2	67,2	77,9	88,9	99,2	15,2	24,2	25,2	34,9	46,2
11	14,6	24,2	25,7	36,6	47,7	58,6	69,7	80,6	92,7	102,2	16,6	26,2	27,7	37,6	48,2
12	17	12	5	6	7	5	8	9	10	9	13	10	5	6	7
13	12	10	12	13	14	15	16	17	16	15	11	7	12	13	14

№ п/п	Номера вариантов														
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	7	8	9	10	7	8	9	10	7	8	7	8	9	10	7
2	3,5	3,2	4,4	5,2	3,8	3,6	4,5	5,3	3,9	3,7	3,8	3,6	4,4	5,2	4,1
3	3,9	3,7	3,1	3,5	3,9	3,7	3,1	3,5	4,1	3,9	3,9	3,7	3,2	3,7	3,9
4	1	3	2	2	3	3	1	1	2	2	2	1	1	1	1
5	5,0	3,0	3,2	4,1	3,3	3,9	3,4	4,4	4,7	3,6	5,0	3,0	3,2	4,1	3,3
6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	6
7	2,9	3,1	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	3,1	2,9	3,0	2,9	3,1	2,9	3,0	2,9
8	1,9	2,8	2,2	2,6	1,9	2,0	2,6	2,4	1,9	2,6	1,9	2,8	2,2	2,6	1,9
9	12,8	22,7	23,6	34,9	45,7	56,7	67,9	78,9	90,8	100,4	14,8	24,7	25,6	35,9	47,7
10	9,2	19,2	20,2	30,9	41,9	53,2	64,2	74,9	85,9	97,2	11,2	21,2	22,2	31,9	43,9
11	11,6	21,2	22,7	33,6	44,7	55,6	66,7	77,6	89,7	99,2	13,6	23,2	24,7	34,6	46,2
12	8	11	6	8	9	6	8	9	10	7	14	12	8	7	10
13	8	10	12	13	11	15	12	12	11	14	11	7	10	13	14
№ п/п	Номера вариантов										Окончание таблицы р4.1				
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
1	7	8	9	10	7	8	9	10	7	8	7	8	9	10	7
2	3,5	3,2	4,4	5,2	3,8	3,6	4,5	5,3	3,9	3,7	3,8	3,6	4,4	5,2	4,1
3	3,7	3,6	3,0	3,4	3,8	3,6	3,0	3,4	4,0	3,8	3,8	3,6	3,1	3,6	3,8
4	2	1	3	3	1	1	2	2	3	3	3	2	2	2	2
5	3,9	3,5	3,8	4,3	3,7	3,8	3,8	4,6	4,9	3,7	5,1	3,3	3,7	4,2	3,6
6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	6
7	2,9	3,1	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	3,1	2,9	3,0	2,9	3,1	2,9	3,0	2,9
8	1,9	2,8	2,2	2,6	1,9	2,0	2,6	2,4	1,9	2,6	1,9	2,8	2,2	2,6	1,9
9	11,8	21,7	22,6	33,9	44,7	55,7	66,9	77,9	90,1	100,0	13,8	24,2	24,6	35,4	47,5
10	8,2	18,2	19,2	29,9	40,9	52,2	63,2	73,9	85,5	97,3	10,2	21,0	21,2	31,4	43,7
11	10,6	20,2	21,7	32,6	43,7	54,6	65,7	76,6	89,2	99,1	12,6	23,0	23,7	34,1	46,0
12	7	10	5	7	8	7	7	8	9	6	13	11	7	6	9
13	8	14	11	13	11	15	12	13	11	15	11	7	12	13	14

Перечень рекомендуемой литературы

1. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение : учебник для вузов / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2013. – 472 с.
2. Кедров, В. С. Водоснабжение и водоотведение : учебник для вузов / В. С. Кедров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 2002. – 336 с.
3. Калицун, В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация : учебное пособие для вузов / В. И. Калицун. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 2004. – 397 с.
4. Инженерные сети. Оборудование зданий и сооружений : учебник для вузов / Е. Н. Бухаркин, В. В. Кушнiryuk, В. М. Овсянников; под ред. Ю. П. Соснина. – М. : Высш. шк., 2001. – 416 с.

5. Ямлеева, Э. У. Инженерные сети и оборудование (Водоснабжение и водоотведение) : учебно-методический комплекс / Э. У. Ямлеева. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 122 с.
6. Внутренние санитарно-технические устройства : Справочник проектировщика в 3 частях. Ч.2. Водопровод и канализация / под ред. И. Г. Старовойта. – М. : Стройиздат, 1990. – 343 с.
7. Внутренний водопровод и канализация зданий : метод. указания и задания к вып. курс. проекта для студ. направл. «Строительство» / сост.: К. Н. Мишина, Г. Г. Ломовцева, Ю. В. Левушкина. – 3-е изд., испр. и доп. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 51 с.
8. Водопровод : метод. указания к лаб. работам / сост.: К. Н. Мишина, Г. Г. Ломовцева. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 23 с.
9. СП 30.13330.2012 Внутренний водопровод и канализация зданий (актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*). – М., 2012.
10. СП 73.13330.2012. Внутренние санитарно-технические системы зданий (актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85). – М., 2012.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Водоснабжение и водоотведение являются важнейшими санитарно-техническими системами, обеспечивающими нормальную жизнедеятельность населения и всех отраслей народного хозяйства страны.

Используя природные водные источники, эти системы снабжают водой различных потребителей, а также обеспечивают очистку сточных вод, их отведение и возврат природе, защиту и охрану водоисточников от загрязнения и истощения.

Системы водоснабжения и водоотведения представляют собой сложные инженерные сооружения, устройства и оборудование, в значительной степени определяющие уровень благоустройства зданий, объектов и населенных пунктов, рентабельность и экономичность промышленных предприятий.

В целом можно говорить о том, что от стабильного функционирования данных систем зависит нормальная работа города, предприятий, здоровье и безопасность жителей. Мы привыкли к тому, что открыв кран, из него течет вода, и порой даже не задумываемся, усилия скольких людей, бесперебойная работа машин и сооружений за этим стоят. Но стоит нам на несколько дней отключить воду, и мы сразу почувствуем, как начнутся сбои в организме города.

Данное учебное пособие способствует формированию у будущего бакалавра профессиональных навыков и компетенций по грамотному проектированию и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения зданий с соблюдением всех требований строительных и санитарных норм.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПК-1 – знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест.

Глубина знаний	Цели (задачи), которые студент достигает
1. Формирование знания	1. Назвать источники получения информации: ГОСТ, СНиП, СП, справочники, методические рекомендации и пр. 2. Перечислить область применения каждого источника информации. 3. Иметь представление о методах поиска требуемой информации в бумажных и электронных каталогах, в сети интернет
2. Формирование понимания	1. Сравнить источники получения информации по различным критериям (актуальность и достоверность информации, простота доступа к информации, соответствие цели поиска информации и т. д.)
3. Способность применения	1. Использовать бумажные и электронные каталоги для поиска необходимых нормативов. 2. Демонстрировать владение навыками общения в сети интернет

ПК-2 – владение методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования.

Глубина знаний	Цели (задачи), которые студент достигает
1. Формирование знания	1. Перечислить методы инженерных изысканий при проектировании внутренних систем водоснабжения и водоотведения. 2. Назвать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования
2. Формирование понимания	1. Объяснить назначение каждого метода инженерных изысканий. 2. Объяснить назначение универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов для проектирования
3. Способность применения	1. Владеть методами инженерных изысканий. 2. Владеть технологией проектирования внутренних систем водоснабжения и водоотведения с использованием программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования

ПК-3 – способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

Глубина знаний	Цели (задачи), которые студент достигает
1. Формирование знания	1. Назвать способы технико-экономических обоснований. 2. Перечислить этапы разработки проектной и рабочей технической документации. 3. Назвать основные нормативные документы, которым должна соответствовать разрабатываемая документация
2. Формирование понимания	1. Объяснить методику технико-экономического обоснования. 2. Описать процесс приема решений при разработке проектной и рабочей технической документации
3. Способность применения	1. Выполнить предварительное технико-экономическое обоснование. 2. Разработать проектную и рабочую техническую документацию, соответствующую заданию на проектирование, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

ПК-4 – способность участвовать в проектировании и изыскании объектов профессиональной деятельности.

Глубина знаний	Цели (задачи), которые студент достигает
1. Формирование знания	1. Назвать источник информации, где приводятся нормы проектирования, правила по технологии монтажа, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования систем водоснабжения и водоотведения зданий. 2. Назвать базовые правила по проектированию, наладке и испытанию внутренних систем водоснабжения и водоотведения. 3. Перечислить основные технологии монтажа сетей
2. Формирование понимания	1. Объяснить назначение технологий монтажа основных элементов внутренних систем водоснабжения и водоотведения. 2. Объяснить назначение испытаний внутренних систем водоснабжения и водоотведения. 3. Описать назначение каждого этапа по монтажу стальных и полиэтиленовых водопроводов
3. Способность применения	1. Знать основные технологии проектирования, правила и технологии монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования внутренних систем водоснабжения и водоотведения. 2. Уметь применять вышеперечисленные правила и технологии на практике

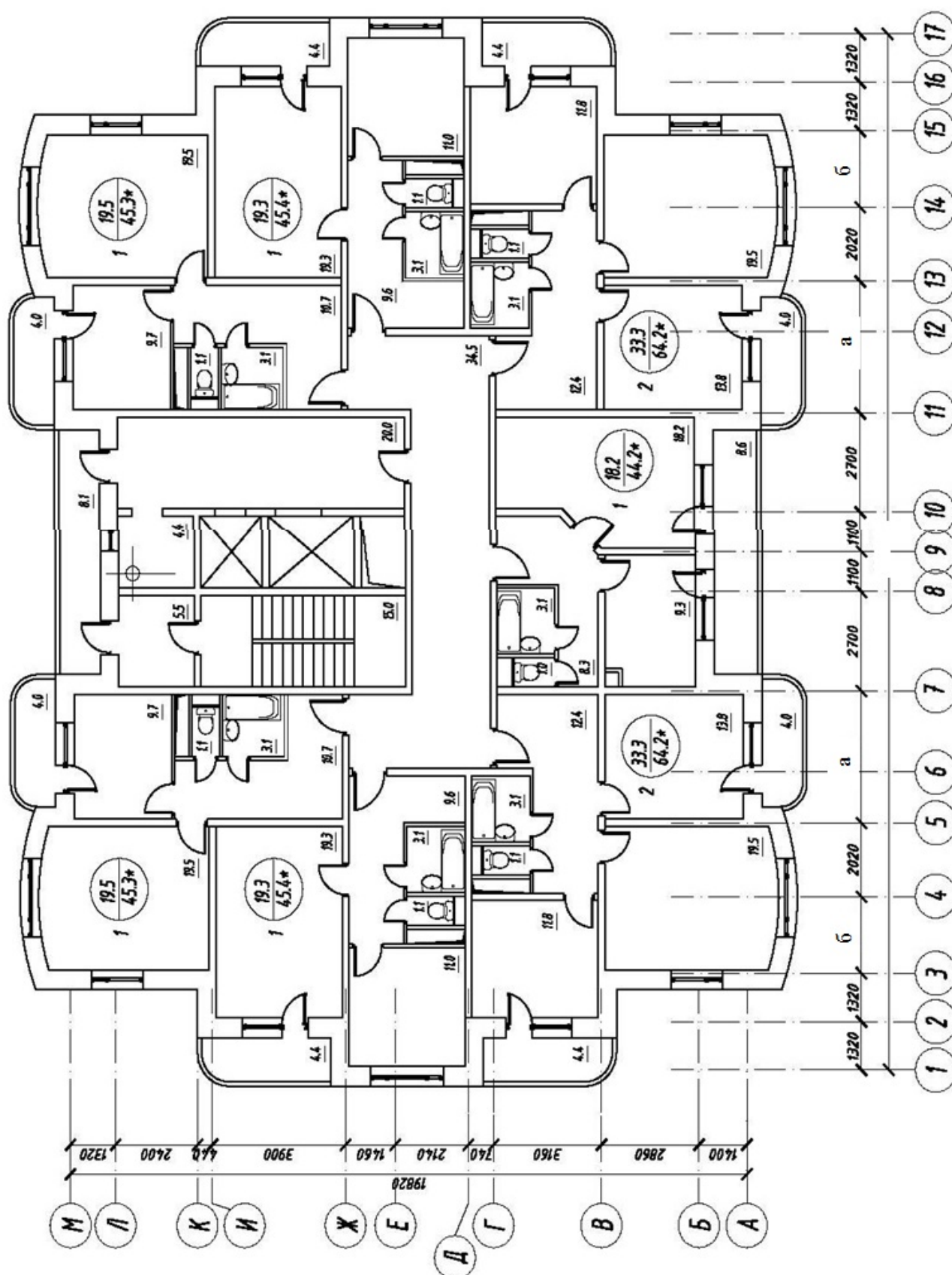
ПК-6 – способность осуществлять и организовывать техническую эксплуатацию зданий, сооружений объектов жилищно-коммунального хозяйства, обеспечивать надежность, безопасность и эффективность их работы.

Глубина знаний	Цели (задачи), которые студент достигает
1. Формирование знания	1. Описать назначение профилактических осмотров и текущего ремонта внутренних систем водоснабжения и водоотведения. 2. Назвать источники информации, где приводятся основные инструкции по эксплуатации и ремонту строительных объектов и оборудования. 3. Объяснить назначение заявки на оборудование и запасные части внутренних систем водоснабжения и водоотведения
2. Формирование понимания	1. Объяснить методику проведения профилактических осмотров и текущего ремонта внутренних систем водоснабжения и водоотведения. 2. Привести пример формы составления заявки на оборудование и запасные части внутренних систем водоснабжения и водоотведения. 3. Перечислить основные инструкции по эксплуатации и ремонту строительных объектов и оборудования
3. Способность применения	1. Знать основные инструкции по эксплуатации и ремонту строительных объектов и оборудования, методики проведения профилактических осмотров и текущего ремонта внутренних систем водоснабжения и водоотведения. 2. Уметь составлять заявки на оборудование и запасные части внутренних систем водоснабжения и водоотведения

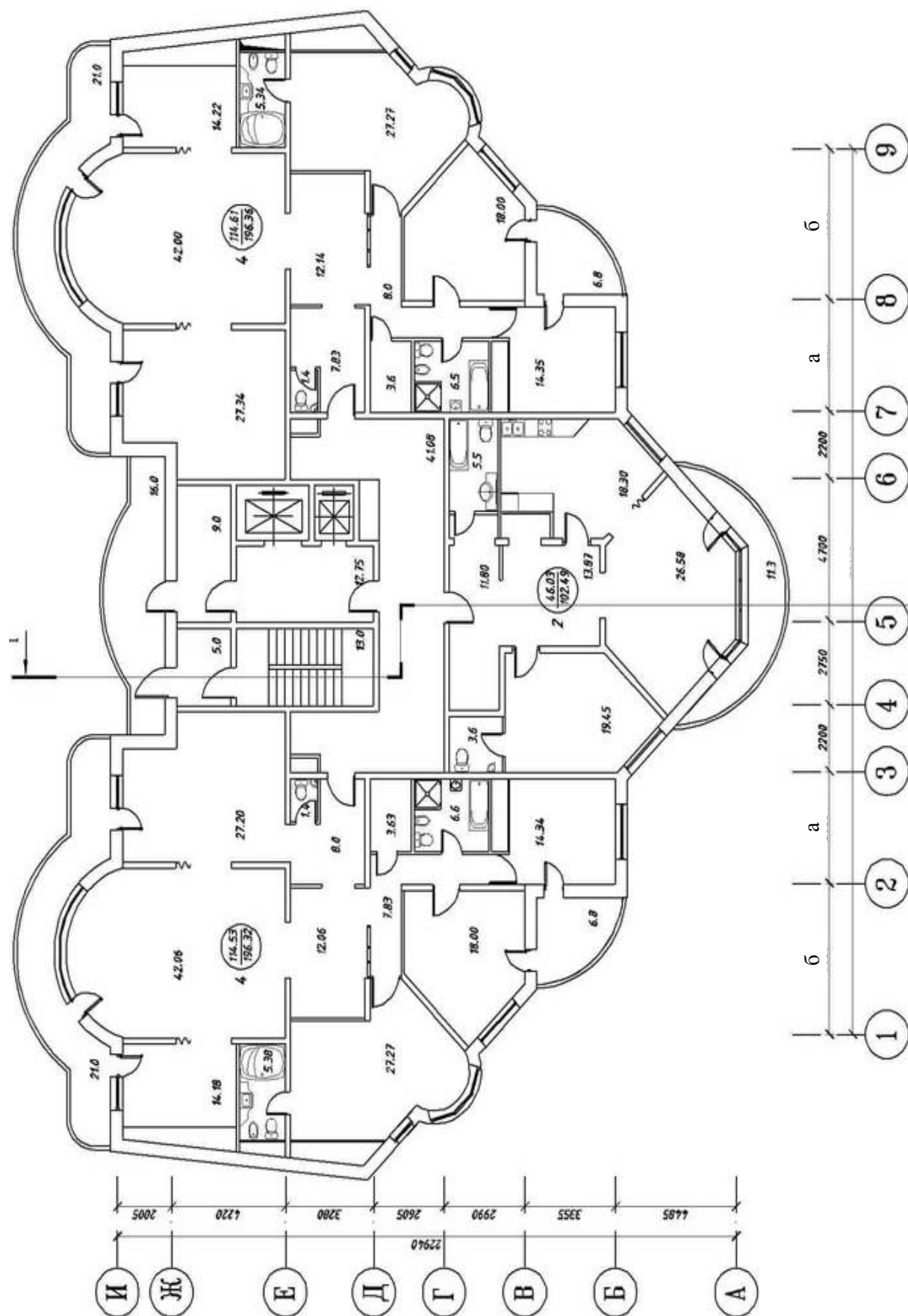
ОПК-8 – умение использовать нормативно-правовые документы в профессиональной деятельности.

Глубина знаний	Цели (задачи), которые студент достигает
1. Формирование знания	1. Перечислить область применения каждого нормативно-правового документа. 2. Назвать источники получения информации: ГОСТ, СНиП, СП, справочники, методические рекомендации и пр.
2. Формирование понимания	1. Сравнить источники получения информации по различным критериям (актуальность и достоверность информации, простота доступа к информации, соответствие цели поиска информации и т. д.)
3. Способность применения	1. Использовать нормативно-правовые документы при проектировании

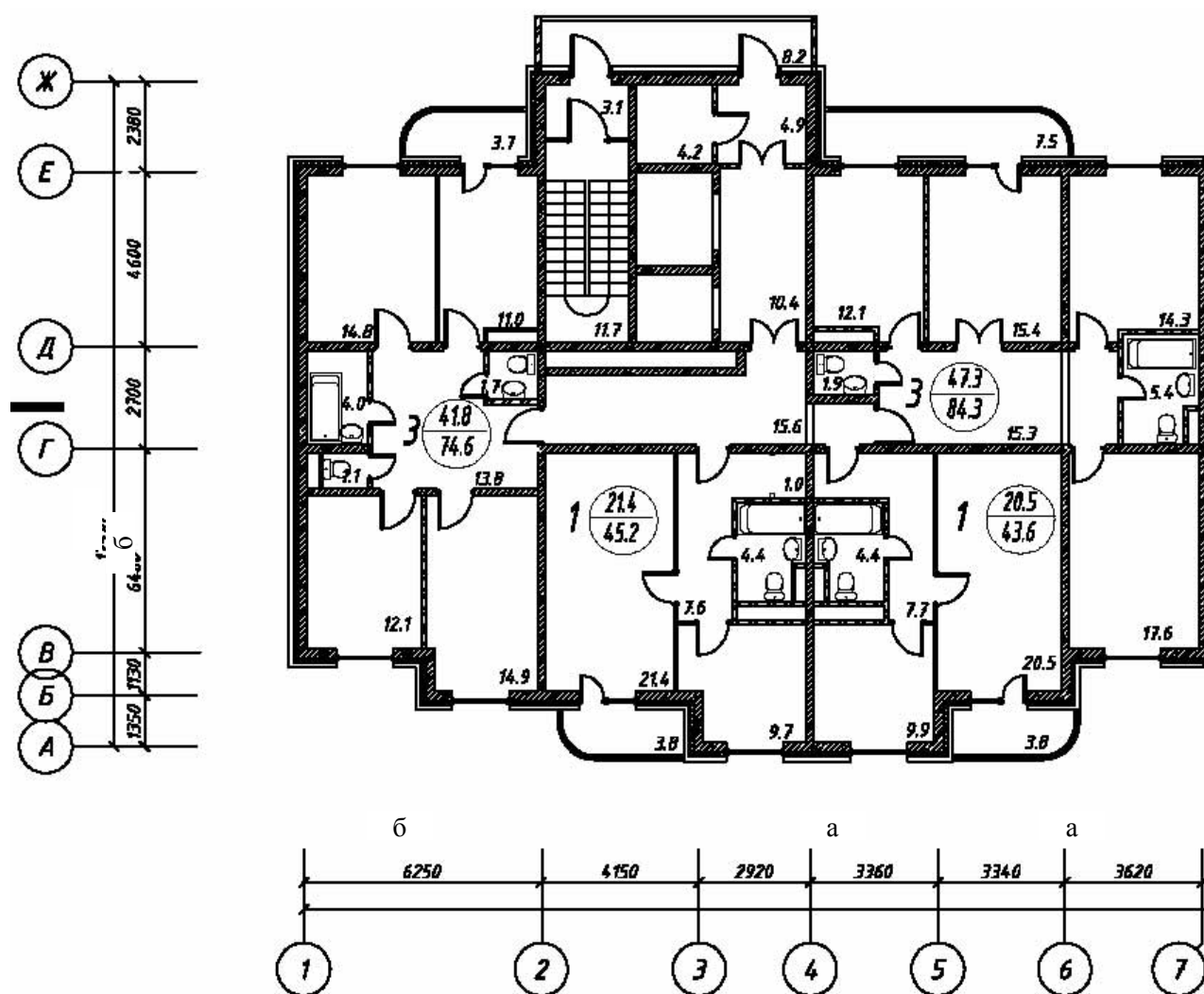
ПРИЛОЖЕНИЕ Б



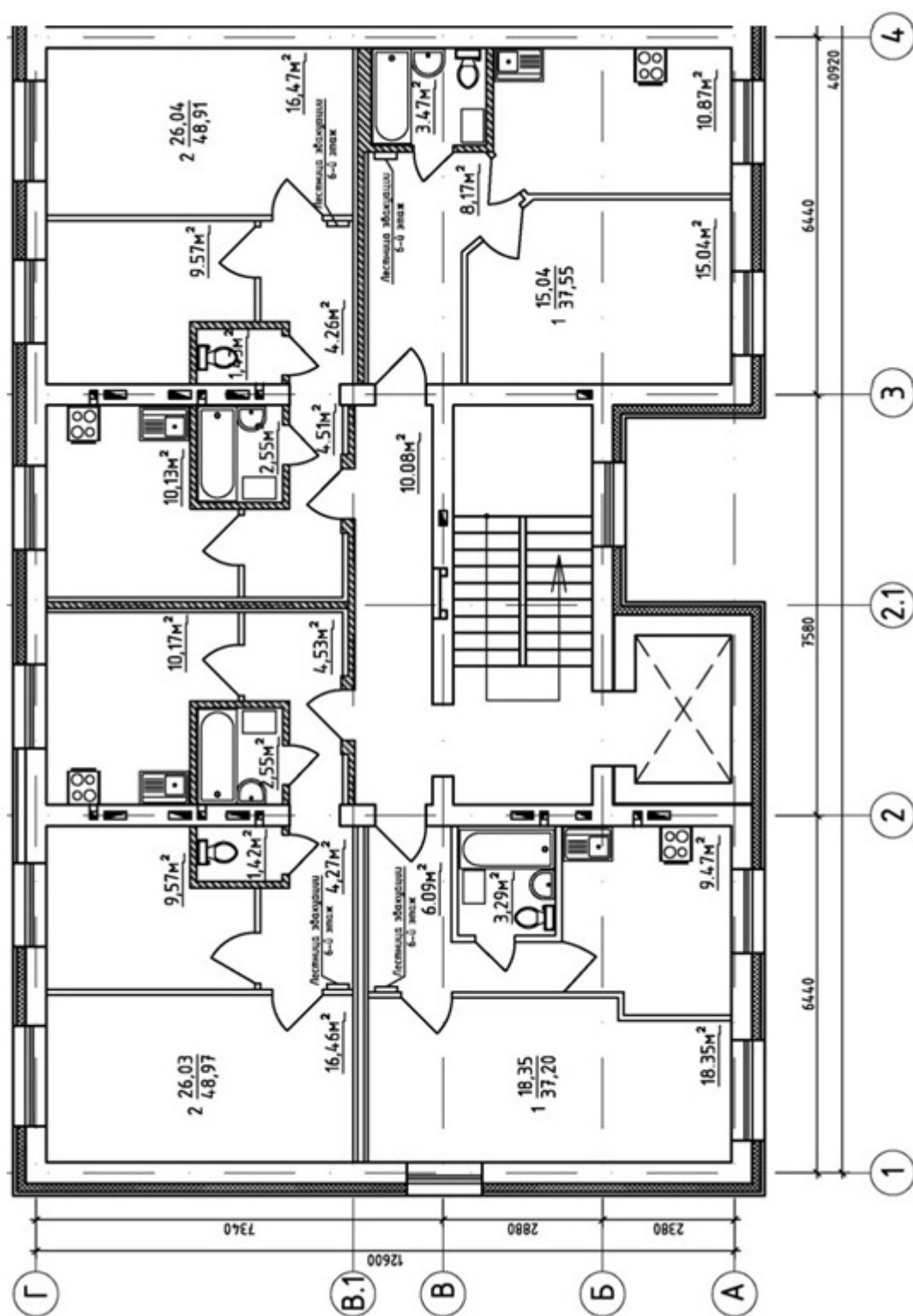
Вариант 1



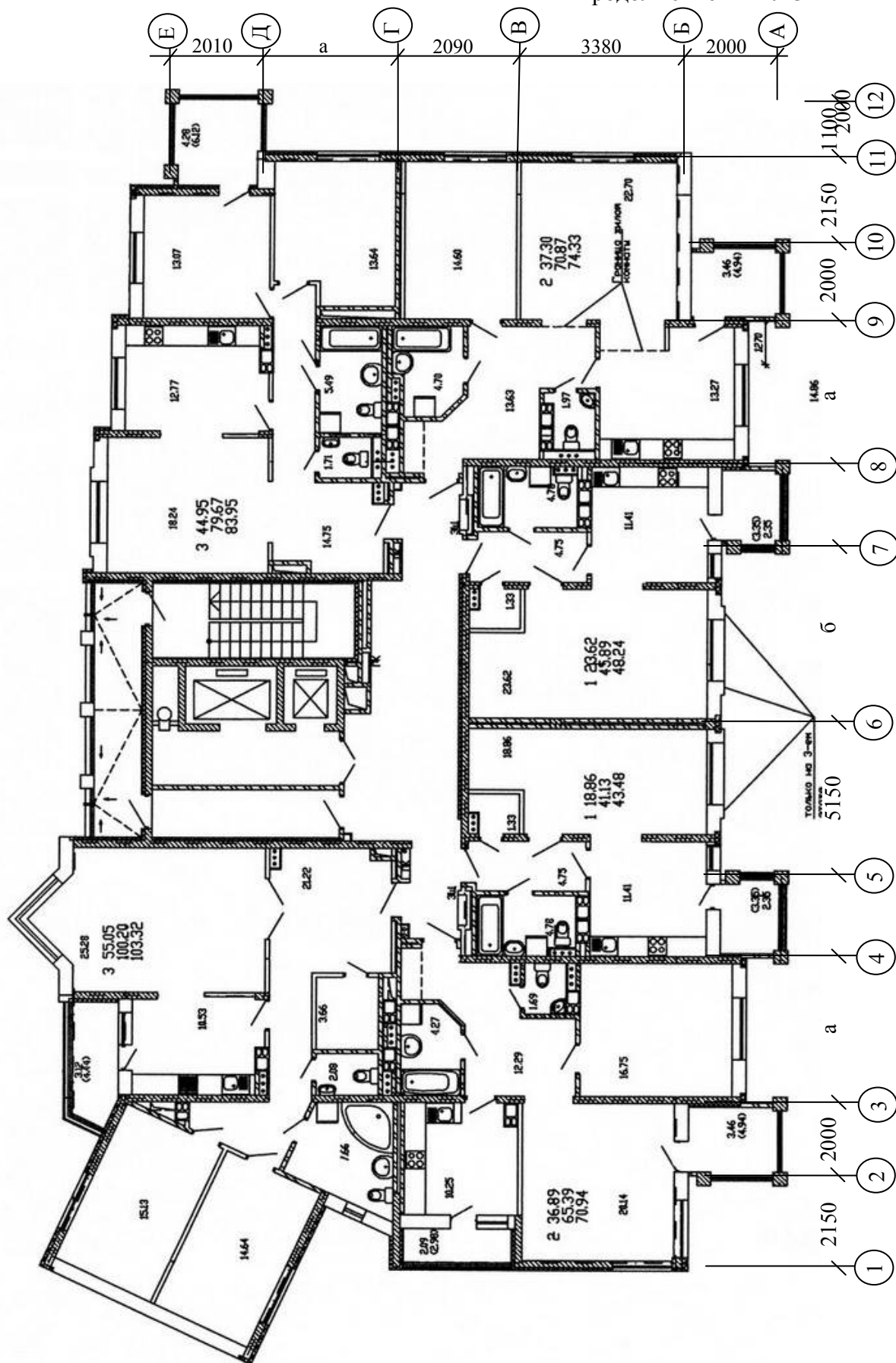
Вариант 2



Вариант 3



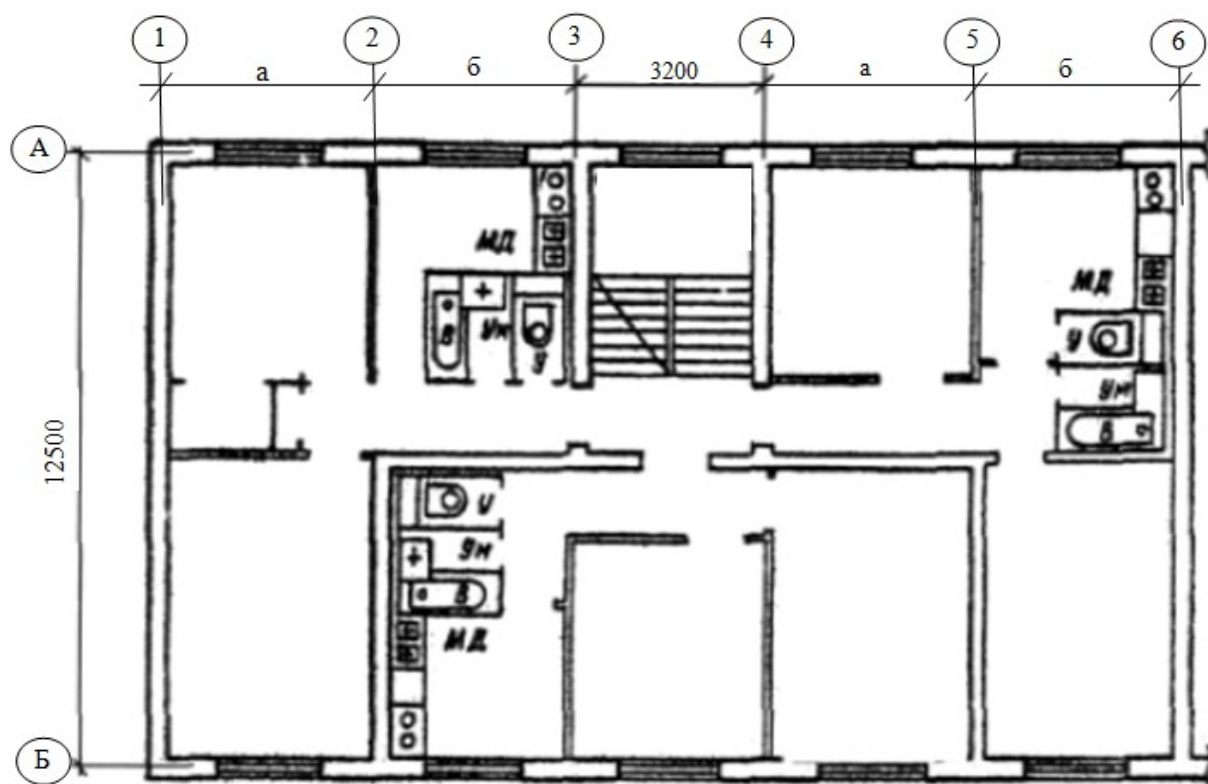
Вариант 4



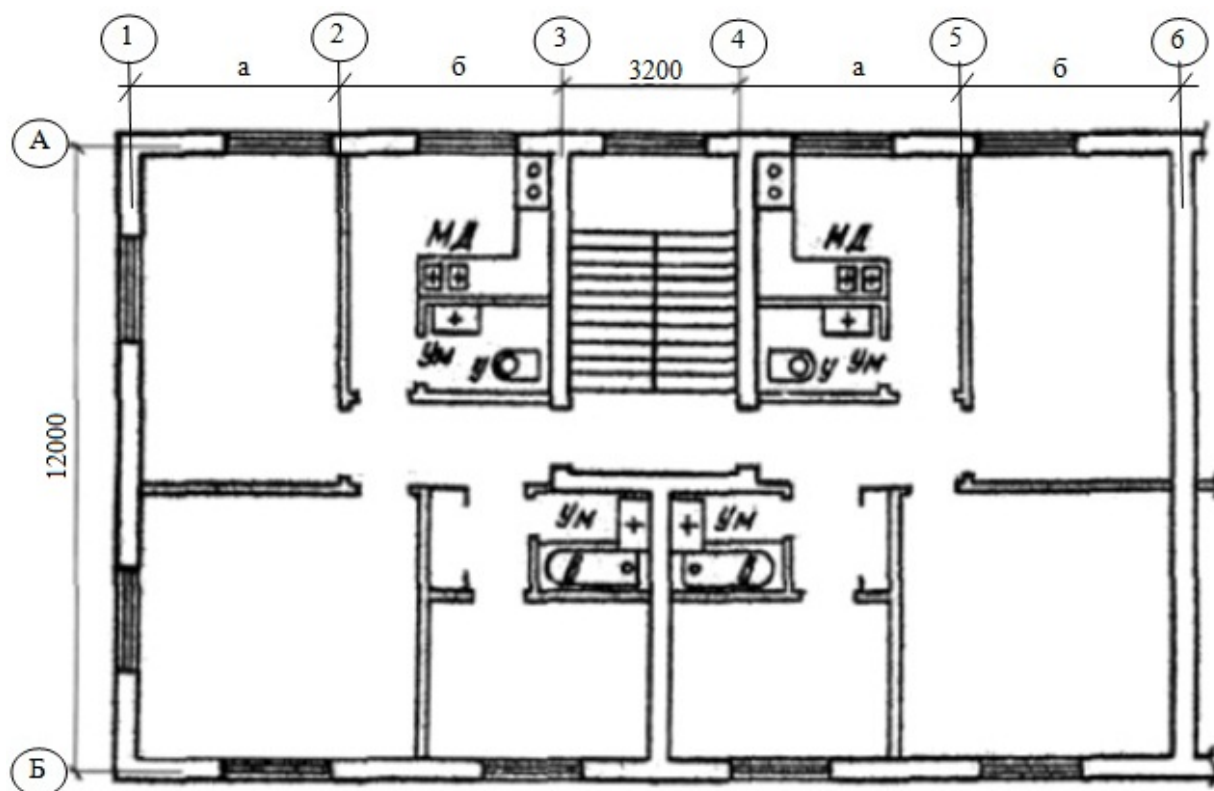
Вариант 5



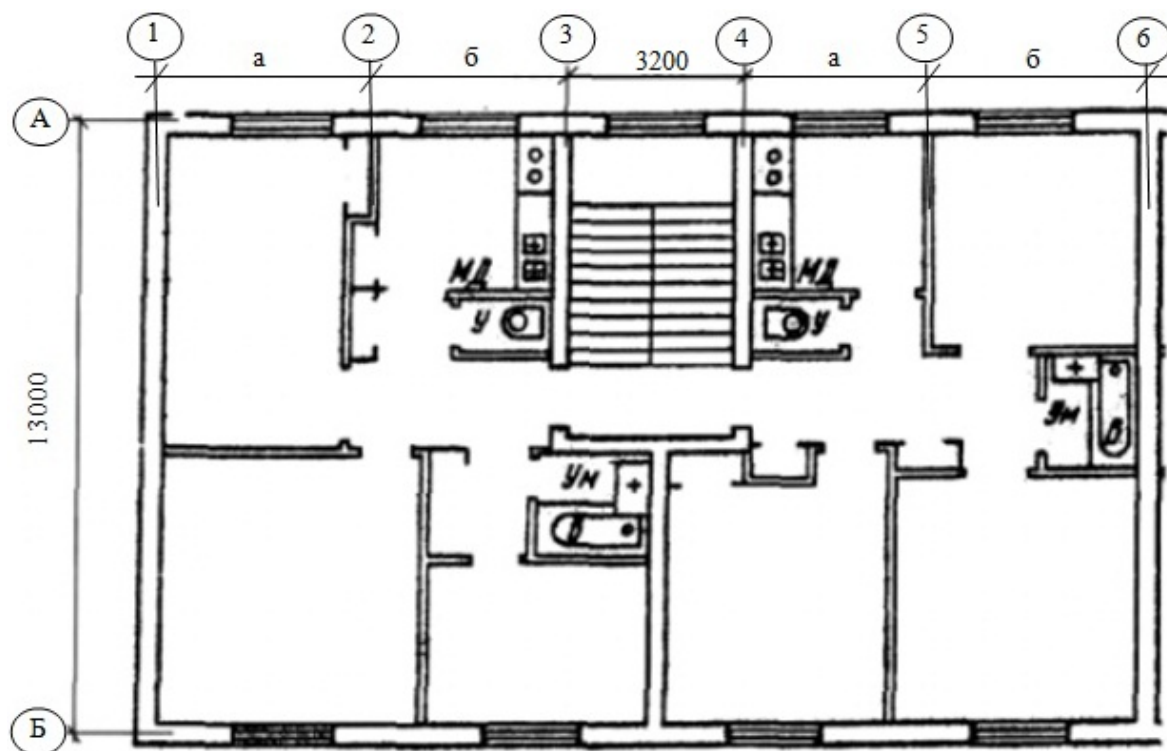
Вариант 6



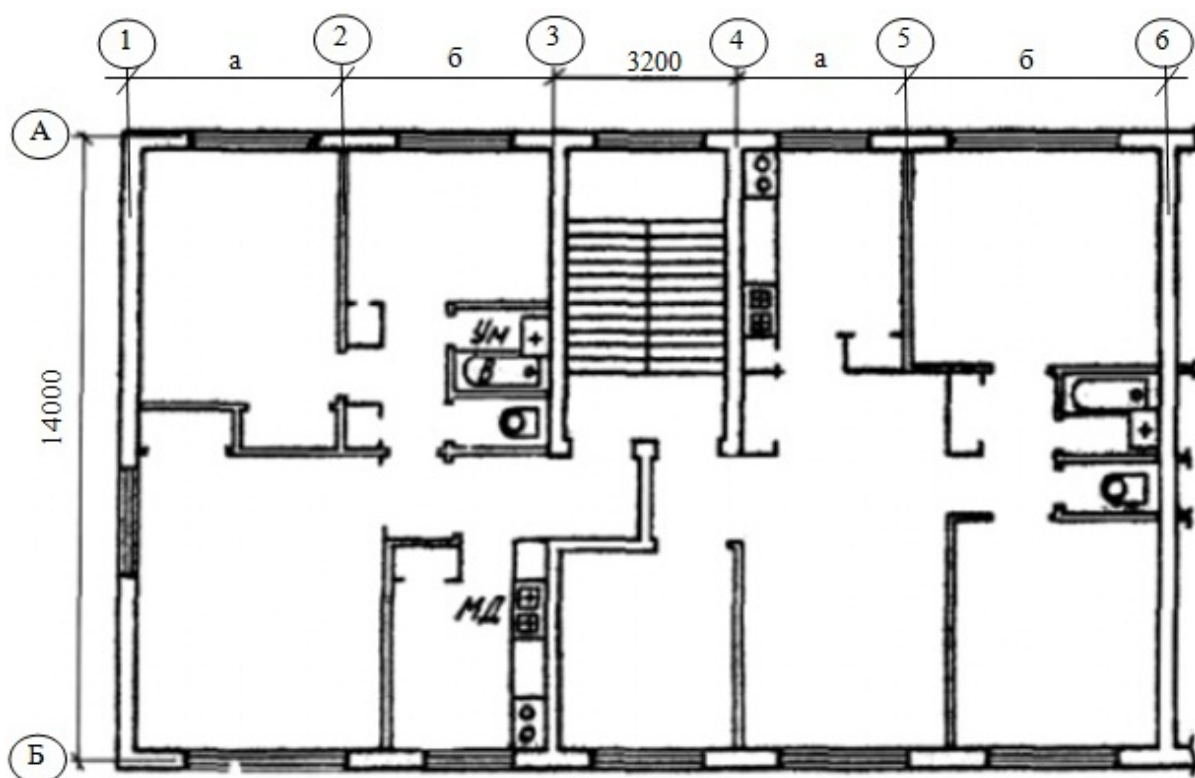
Вариант 7



Вариант 8



Вариант 9



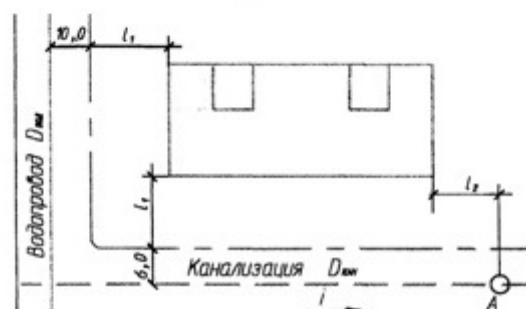
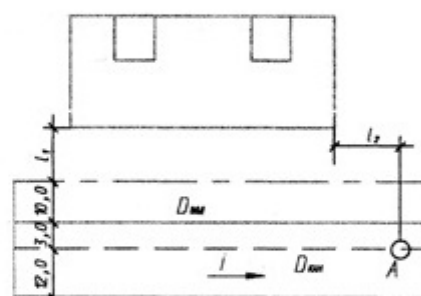
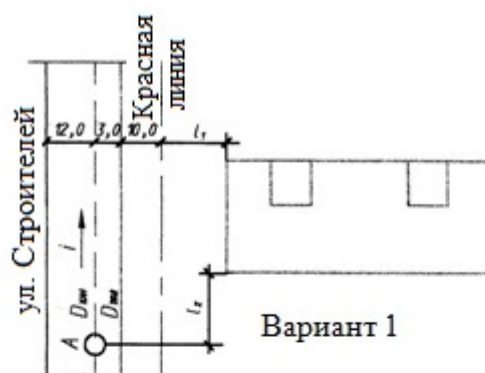
Вариант 10

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Условные обозначения элементов

Наименование	Обозначение
Хозяйственно-питьевой водопровод	— В1 —
Хозяйственно-бытовая канализация	— К1 —
Вентиль	
Задвижка	
Смеситель с душевой сеткой	
Смеситель с поворотным краном	
Кран водоразборный	
Кран поливочный	
Водомер	
Обратный кран	
Мойка на одно отделение	
Мойка кухонная на два отделения	
Умывальник	
Ванна обыкновенная	
Унитаз с напольным выпуском	
Двухоборотный сифон	
Сифон для ванн и душевых поддонов	
Ревизия	
Прочистка	
Тройники различные	
Крестовины различные	
Насос центробежный	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Значение α ($\alpha_{\text{ч}}$) для $P(P_{\text{ч}}) \leq 0,1$ и любом числе N

NP	α	NP	α	NP	α	NP	α	NP	α
Менее		0,086	0,326	0,48	0,665	2,8	1,763	8,3	3,616
0,015	0,2	0,088	0,328	0,49	0,672	2,9	1,802	8,4	3,646
0,015	0,202	0,09	0,331	0,5	0,678	3	1,84	8,5	3,677
0,016	0,205	0,092	0,333	0,52	0,692	3,1	1,879	8,6	3,707
0,017	0,207	0,094	0,336	0,54	0,704	3,2	1,917	8,7	3,738
0,018	0,21	0,096	0,338	0,56	0,717	3,3	1,954	8,8	3,768
0,019	0,212	0,098	0,341	0,58	0,73	3,4	1,991	8,9	3,798
0,02	0,215	0,1	0,343	0,6	0,742	3,5	2,029	9	3,828
0,021	0,217	0,105	0,349	0,62	0,755	3,6	2,065	9,1	3,858
0,022	0,219	0,11	0,355	0,64	0,767	3,7	2,102	9,2	3,888
0,023	0,222	0,115	0,361	0,66	0,779	3,8	2,138	9,3	3,918
0,024	0,224	0,12	0,367	0,68	0,791	3,9	2,174	9,4	3,948
0,025	0,226	0,125	0,373	0,7	0,803	4	2,21	9,5	3,978
0,026	0,228	0,13	0,378	0,72	0,815	4,1	2,246	9,6	4,008
0,027	0,23	0,135	0,384	0,74	0,826	4,2	2,281	9,7	4,037
0,028	0,233	0,14	0,389	0,76	0,838	4,3	2,317	9,8	4,067
0,029	0,235	0,145	0,394	0,78	0,849	4,4	2,352	9,9	4,097
0,03	0,237	0,15	0,399	0,8	0,86	4,5	2,386	10	4,126
0,031	0,239	0,155	0,405	0,82	0,872	4,6	2,421	10,2	4,185
0,032	0,241	0,16	0,41	0,84	0,883	4,7	2,456	10,4	4,244
0,033	0,243	0,165	0,415	0,86	0,894	4,8	2,49	10,6	4,302
0,034	0,245	0,17	0,42	0,88	0,905	4,9	2,524	10,8	4,361
0,035	0,247	0,175	0,425	0,9	0,916	5	2,558	11	4,419
0,036	0,249	0,18	0,43	0,92	0,927	5,1	2,592	11,2	4,477
0,037	0,25	0,185	0,435	0,94	0,937	5,2	2,626	11,4	4,534
0,038	0,252	0,19	0,439	0,96	0,948	5,3	2,66	11,6	4,592
0,039	0,254	0,195	0,444	0,98	0,959	5,4	2,693	11,8	4,649
0,04	0,256	0,2	0,449	1	0,969	5,5	2,726	12	4,707
0,041	0,258	0,21	0,458	1,05	0,995	5,6	2,76	12,2	4,764
0,042	0,259	0,22	0,467	1,1	1,021	5,7	2,793	12,4	4,82
0,043	0,261	0,23	0,476	1,15	1,046	5,8	2,826	12,6	4,877
0,044	0,263	0,24	0,485	1,2	1,071	5,9	2,858	12,8	4,934
0,045	0,265	0,25	0,493	1,25	1,096	6	2,891	13	4,99
0,046	0,266	0,26	0,502	1,3	1,12	6,1	2,924	13,2	5,047
0,047	0,268	0,27	0,51	1,35	1,144	6,2	2,956	13,4	5,103
0,048	0,27	0,28	0,518	1,4	1,168	6,3	2,989	13,6	5,159
0,049	0,271	0,29	0,526	1,45	1,191	6,4	3,021	13,8	5,215
0,05	0,273	0,3	0,534	1,5	1,215	6,5	3,053	14	5,27
0,052	0,276	0,31	0,542	1,55	1,238	6,6	3,085	14,2	5,326
0,054	0,28	0,32	0,55	1,6	1,261	6,7	3,117	14,4	5,382
0,056	0,283	0,33	0,558	1,65	1,283	6,8	3,149	14,6	5,437
0,058	0,286	0,34	0,565	1,7	1,306	6,9	3,181	14,8	5,492
0,06	0,289	0,35	0,573	1,75	1,328	7	3,212	15	5,547

<i>NP</i>	<i>α</i>	<i>NP</i>	<i>α</i>	<i>NP</i>	<i>α</i>	<i>NP</i>	<i>α</i>	<i>NP</i>	<i>α</i>
0,062	0,292	0,36	0,58	1,8	1,35	7,1	3,244	15,2	5,602
0,064	0,295	0,37	0,588	1,85	1,372	7,2	3,275	15,4	5,657
0,066	0,298	0,38	0,595	1,9	1,394	7,3	3,307	15,6	5,712
0,068	0,301	0,39	0,602	1,95	1,416	7,4	3,338	15,8	5,767
0,07	0,304	0,4	0,61	2	1,437	7,5	3,369	16	5,821
0,072	0,307	0,41	0,617	2,1	1,479	7,6	3,4	16,2	5,876
0,074	0,309	0,42	0,624	2,2	1,521	7,7	3,431	16,4	5,93
5,0,076	0,312	0,43	0,631	2,3	1,563	7,8	3,462	16,6	5,984
0,078	0,315	0,44	0,638	2,4	1,604	7,9	3,493	16,8	6,039
0,08	0,318	0,45	0,645	2,5	1,644	8	3,524	17	6,093
0,082	0,32	0,46	0,652	2,6	1,684	8,1	3,555	17,2	6,147
0,084	0,323	0,47	0,658	2,7	1,724	8,2	3,585	17,4	6,201

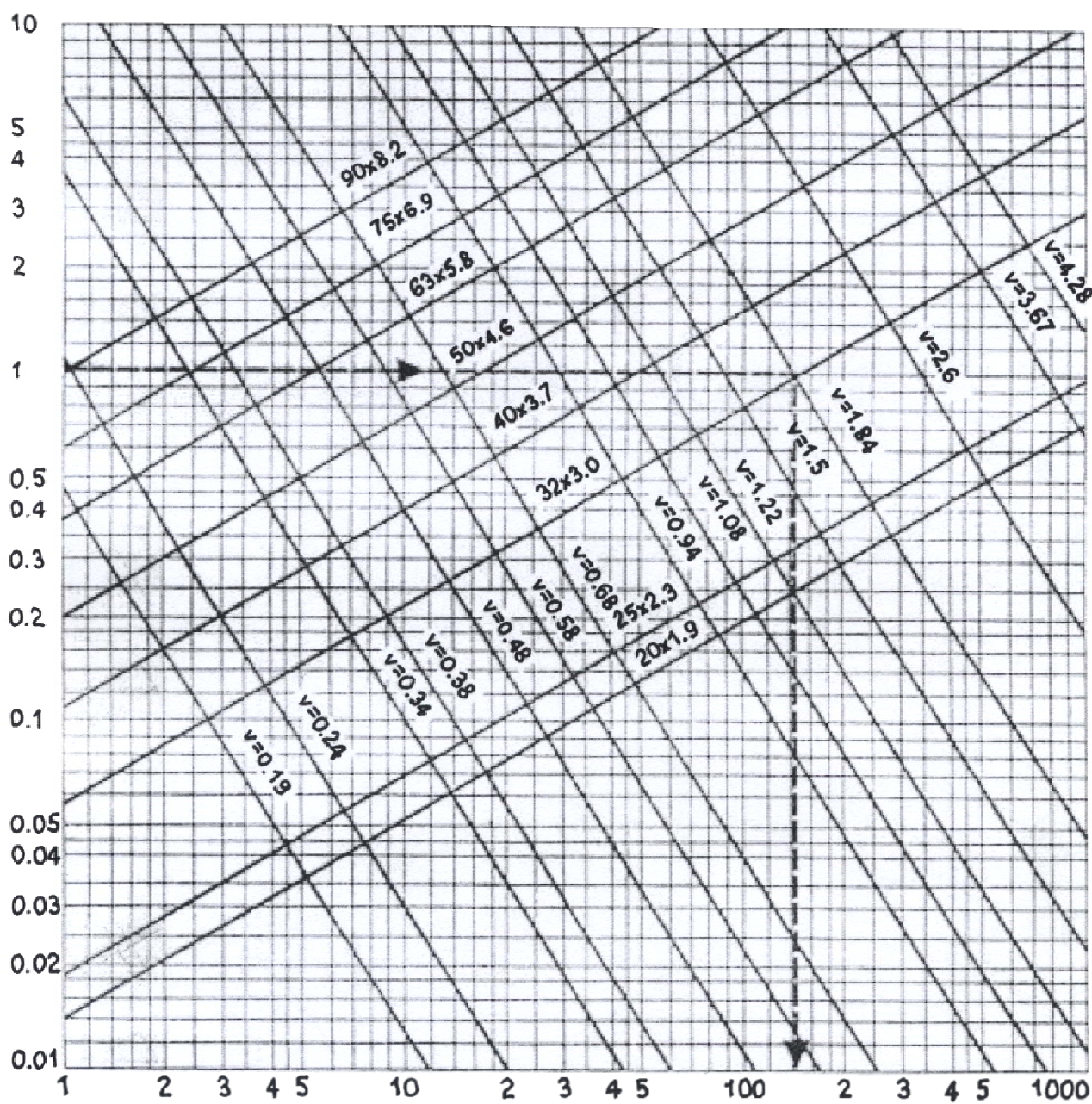
ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Данные для гидравлического расхода стальных водопроводных труб

Рас- ход, л/с	Диаметр труб, мм													
	15		20		25		32		40		50		70	
	v	1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v	1000 i	v	1000 i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,07	0,41	52,6	0,22	11,2										
0,08	0,47	66,9	0,25	14,2										
0,09	0,53	82,8	0,28	17,5										
0,1	0,59	100,2	0,31	21,1										
0,2	1,18	360,5	0,6	73,5	0,37	20,9	0,21	5,11						
0,3	1,77	807,0	0,94	154,9	0,56	43,4	0,31	10,5	0,24	5,39				
0,4	2,36	1435	1,25	265,6	0,75	73,5	0,42	17,5	0,32	8,98				
0,5	2,92	2242	1,56	414,9	0,93	110,9	0,52	26,2	0,40	13,4	0,24	3,75		
0,6			1,87	597,5	1,12	155,8	0,63	36,5	0,48	18,6	0,28	5,18		
0,7			2,18	813,3	1,31	209,6	0,73	48,4	0,56	24,6	0,33	6,81	0,20	2,07
0,8			2,50	1062	1,50	273,8	0,84	61,9	0,64	31,3	0,38	8,64	0,23	2,62
0,9			2,81	1344	1,68	346,5	0,94	77,0	0,72	38,9	0,42	10,7	0,26	3,23
1,0			3,12	1660	1,87	427,8	1,05	93,6	0,8	47,2	0,47	12,9	0,29	3,89
1,1					2,06	517,6	1,15	111,9	0,88	56,3	0,52	15,5	0,32	4,61
1,2					2,24	616,0	1,25	132,0	0,95	66,1	0,57	18,0	0,35	5,38
1,3					2,43	723,0	1,36	155,0	1,03	76,8	0,61	20,8	0,37	6,21
1,4					2,62	838,5	1,46	179,7	1,11	88,2	0,66	23,8	0,40	7,09
1,5					2,80	962,5	1,57	206,3	1,10	100,3	0,71	27,0	0,43	8,03
1,6					2,99	1095	1,67	234,7	1,27	113,7	0,75	30,4	0,46	9,01
1,7							1,78	265,0	1,35	128,4	0,80	34,0	0,49	10,1
1,8							1,88	297,1	1,43	143,9	0,85	37,8	0,52	11,2
1,9							1,99	331,0	1,51	160,3	0,89	41,8	0,55	12,3
2							2,09	366,8	1,59	177,7	0,94	45,9	0,58	13,5
3									2,39	399,7	1,41	99,7	0,86	28,4
4											1,88	177,3	1,15	48,5
5											2,35	277,0	1,44	75,2
6											2,83	398,8	1,73	108,3
7													2,02	147,4
8													2,30	192,6

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Номограмма для инженерного гидравлического расчета холодного водопровода из труб полипропилена PPRC (PN10)



Потери напора на трение, мм/м

Пример определения

Дано: труба PPRC 32PN10
расход жидкости 1 л/с

По номограмме: средняя скорость течения жидкости 1,84 м/с;
потери напора 140 мм/м

ПРИЛОЖЕНИЕ И

**Таблица для гидравлического расчета водопровода холодной воды (10°C)
из металлополимерных труб типа «Металпол»**

Q , л/с	$d = 16$ мм		$d = 20$ мм		$d = 26$ мм		$d = 32$ мм		$d = 40$ мм		$d = 50$	
	V , м/с	1000 <i>i</i>	V , м/с	1000 <i>i</i>	V , м/с	1000 <i>i</i>	V , м/с	1000 <i>i</i>	V , м/с	1000 <i>i</i>	V , м/с	1000 <i>i</i>
0,02	0,194	9,43	0,114	2,73	0,064	0,72	0,038	0,22	0,024	0,08	0,016	0,03
0,04	0,389	30,09	0,228	8,53	0,128	2,21	0,076	0,66	0,048	0,23	0,032	0,09
0,06	0,583	60,34	0,342	16,94	0,192	4,33	0,114	1,28	0,073	0,45	0,048	0,17
0,08	0,777	99,53	0,456	27,75	0,256	7,04	0,153	2,07	0,097	0,71	0,064	0,27
0,1	0,972	147,27	0,570	40,85	0,320	10,31	0,191	3,02	0,121	1,04	0,080	0,39
0,14	1,360	267,31	0,798	73,62	0,448	18,43	0,267	5,36	0,169	1,83	0,112	0,69
0,18	1,749	418,95	1,026	114,79	0,576	28,58	0,343	8,27	0,218	2,80	0,144	1,05
0,3	2,915	1054,51	1,710	286,08	0,960	70,46	0,572	20,19	0,363	6,78	0,239	2,52
0,5			2,850	722,00	1,600	176,04	0,953	49,98	0,605	16,63	0,399	6,13
0,7			3,990	1336,83	2,240	323,90	1,334	91,44	0,847	30,32	0,559	11,10
0,9					2,881	512,34	1,716	144,05	1,089	47,59	0,718	17,37
1,2					3,841	868,75	2,288	243,14	1,452	80,01	0,958	29,09
1,5							2,860	365,77	1,815	119,99	1,197	43,51
1,8							3,431	511,36	2,178	167,35	1,437	60,55
2,2									2,661	241,70	1,756	87,24
2,6									3,145	328,61	2,075	118,38
3											2,395	153,88
3,5											2,794	204,29

Данные для гидравлического расчета водопроводной сети (фрагмент из таблиц Ф. А. Шевелёва)
из полистиленовых труб $d = 10 - 1000$ мм (ГОСТ 18599-2001*)

Q , л/с	d , мм															
	10		12		16		20		25		32		40		50	
	V , м/с	$1000i$	V , м/с	$1000i$	V , м/с	$1000i$	V , м/с	$1000i$	V , м/с	$1000i$	V , м/с	$1000i$	V , м/с	$1000i$	V , м/с	$1000i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,025	0,88	291,7	0,50	73,7	0,22	10,66										
0,030	1,06	403,0	0,60	102,1	0,27	14,73										
0,035	1,24	529,8	0,70	134,2	0,31	19,36										
0,040	1,42	671,4	0,80	170,0	0,35	24,54	0,22	7,46								
0,045	1,59	827,4	0,90	209,5	0,40	30,24	0,24	9,19								
0,050	1,77	997,5	1,00	252,6	0,44	36,46	0,27	11,08								—
0,055	1,95	1181	1,09	299,1	0,49	43,17	0,30	13,12								
0,060	2,12	1378	1,19	349,1	0,53	50,38	0,32	15,31								
0,065	2,30	1588	1,29	402,3	0,58	58,07	0,35	17,65	0,22	5,86	—	—	—	—	—	—
0,070	2,48	1812	1,39	458,9	0,62	66,22	0,38	20,13	0,24	6,68						
0,075	2,65	2048	1,49	518,6	0,66	74,85	0,40	22,75	0,25	7,56						—
0,080	2,83	2296	1,59	581,5	0,71	83,93	0,43	25,51	0,27	8,47	—	—	—	—	—	—
0,085	3,01	2557	1,69	647,5	0,75	93,46	0,46	28,41	0,29	9,43						
0,090	—	—	1,79	716,6	0,80	103,4	0,48	31,44	0,30	10,44						
0,095	—	—	1,89	788,8	0,84	113,8	0,51	34,60	0,32	11,49						
0,100	—	—	1,99	863,9	0,88	124,7	0,54	37,90	0,34	12,59	—	—	—	—	—	—

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ К

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0,110	—	—	2,19	1023	0,97	147,6	0,59	44,88	0,37	14,90	0,23	4,62	—	—	—	—	—	—
0,120	—	—	2,39	1193	1,06	172,3	0,64	52,37	0,41	17,39	0,25	5,39	—	—	—	—	—	—
0,130	—	—	2,59	1376	1,15	198,6	0,70	60,36	0,44	20,04	0,27	6,21	—	—	—	—	—	—
0,140	—	—	2,79	1569	1,24	226,5	0,75	68,84	0,47	22,86	0,29	7,08	—	—	—	—	—	—
0,150	—	—	—	—	1,33	256,0	0,81	77,80	0,51	25,84	0,31	8,00	—	—	—	—	—	—
0,160	—	—	—	—	1,42	287,0	0,86	87,24	0,54	28,97	0,33	8,97	—	—	—	—	—	—
0,170	—	—	—	—	1,50	319,6	0,91	97,14	0,58	32,26	0,35	9,99	0,23	3,44	—	—	—	—
0,180	—	—	—	—	1,59	353,7	0,97	107,51	0,61	35,70	0,37	11,06	0,24	3,81	—	—	—	—
0,190	—	—	—	—	1,68	389,3	1,02	118,33	0,64	39,30	0,39	12,17	0,25	4,19	—	—	—	—
0,200	—	—	—	—	1,77	426,4	1,07	129,61	0,68	43,04	0,41	13,33	0,27	4,59	—	—	—	—
0,250	—	—	—	—	2,21	633,5	1,34	192,55	0,85	63,95	0,52	19,80	0,33	6,82	0,21	2,34	—	—
0,300	—	—	—	—	2,65	875,4	1,61	266,08	1,02	88,36	0,62	27,36	0,40	9,43	0,25	3,23	—	—
0,350	—	—	—	—	3,10	1150	1,88	349,77	1,18	116,15	0,73	35,97	0,46	12,40	0,30	4,25	—	—
0,400	—	—	—	—	—	—	2,15	443,26	1,35	147,20	0,83	45,58	0,53	15,71	0,34	5,38	0,21	1,80
0,450	—	—	—	—	—	—	2,42	546,26	1,52	181,41	0,93	56,17	0,60	19,36	0,38	6,63	0,24	2,22
0,500	—	—	—	—	—	—	2,68	658,53	1,69	218,69	1,04	67,72	0,66	23,34	0,42	7,99	0,27	2,68
0,550	—	—	—	—	—	—	2,95	779,84	1,86	258,98	1,14	80,19	0,73	27,64	0,47	9,47	0,29	3,17
0,600	—	—	—	—	—	—	3,22	910,00	2,03	302,20	1,24	93,57	0,80	32,25	0,51	11,05	0,32	3,70
0,650	—	—	—	—	—	—	3,49	1048,84	2,20	348,31	1,35	107,85	0,86	37,17	0,55	12,73	0,35	4,26
0,700	—	—	—	—	—	—	—	—	2,37	397,25	1,45	123,00	0,93	42,39	0,59	14,52	0,37	4,86
0,750	—	—	—	—	—	—	—	—	2,54	448,97	1,55	139,02	0,99	47,91	0,63	16,41	0,40	5,49
0,800	—	—	—	—	—	—	—	—	2,71	503,43	1,66	155,88	1,06	53,72	0,68	18,40	0,43	6,16
0,850	—	—	—	—	—	—	—	—	2,88	560,59	1,76	173,58	1,13	59,82	0,72	20,49	0,45	6,86

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0,900									3,05	620,42	1,86	192,11	1,19	66,21	0,76	22,68	0,48	7,59
0,950	–										1,97	211,44	1,259	72,869	0,80	24,96	0,51	8,35
1,000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,07	231,59	1,325	79,811	0,85	27,34	0,54	9,15
1,100											2,28	274,25	1,46	94,51	0,93	32,37	0,59	10,83
1,200											2,48	320,02	1,59	110,29	1,02	37,78	0,64	12,64
1,300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,69	368,85	1,72	127,12	1,10	43,54	0,70	14,57
1,400											2,90	420,67	1,86	144,98	1,18	49,66	0,75	16,62
1,500	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,11	475,44	1,99	163,85	1,27	56,12	0,80	18,78
1,600										–	3,31	533,11	2,12	183,73	1,35	62,93	0,86	21,06
1,700											3,52	593,65	2,25	204,59	1,44	70,07	0,91	23,45
1,800													2,39	226,42	1,52	77,55	0,96	25,95
1,900													2,52	249,21	1,61	85,36	1,02	28,56
2,000													2,65	272,96	1,69	93,49	1,07	31,29
2,100													2,78	297,63	1,78	101,94	1,12	34,11
2,200													2,92	323,24	1,86	110,71	1,18	37,05
2,300													3,05	349,76	1,95	119,80	1,23	40,09
2,400													3,18	377,19	2,03	129,19	1,28	43,23
2,500													3,31	405,52	2,11	138,90	1,34	46,48
2,600													3,45	434,74	2,20	148,90	1,39	49,83
2,700															2,28	159,21	1,44	53,28
2,800															2,37	169,82	1,50	56,83

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Данные для гидравлического расчета водопроводной сети из медных труб

q, л/с	Наружный диаметр на толщину стенки трубы, мм																							
	12×1		15×1		18×1		22×1		28×1		35×1,2		42×1,5		54×1,5		64×2		76×2,5					
	V, м/с	1000i	V, м/с	1000i	V, м/с	1000i	V, м/с	1000i	V, м/с	1000i	V, м/с	1000i	V, м/с	1000i	V, м/с	1000i	V, м/с	1000i	V, м/с	1000i	V, м/с	1000i	V, м/с	1000i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
0,02	0,25	17,9																						
0,04	0,5	64,7	0,3	17,1																				
0,06	0,76	139	0,15	36,2	0,3	12,7																		
0,1	1,27	367	0,75	94,7	0,5	32,8	0,32	10,6																
0,12	1,53	521	0,9	134	0,6	46,2	0,38	14,9																
0,14	1,78	702	1,06	180	0,7	61,8	0,45	19,8	0,26	5,3														
0,16	2,04	908	1,2	232	0,8	79,6	0,5	25,5	0,3	6,8														
0,18	2,29	1141	1,36	291	0,9	99,5	0,57	31,8	0,31	8,4	0,26	2,7												
0,2	2,55	1340	1,5	356	1,0	122	0,64	38,8	0,38	10,2	0,24	3,3												
0,22	2,8	1685	1,66	427	1,09	146	0,7	46,4	0,41	12,2	0,26	3,9												
0,24	3,06	1996	1,8	505	1,2	172	0,76	54,7	0,45	14,4	0,29	4,6												
0,26			1,96	590	1,3	201	0,83	63,7	0,49	16,7	0,31	5,3												
0,28			2,11	681	1,4	232	0,89	73,3	0,53	19,2	0,34	6,1												
0,3			2,26	778	1,5	264	1,0	83,6	0,57	21,9	0,36	7,0	0,25	2,8										
0,32			2,41	882	1,6	299	1,02	94,6	0,6	24,7	0,38	7,9	0,27	3,2										

$q, \text{л/с}$	Наружный диаметр на толщину стенки трубы, мм																			
	12×1		15×1		18×1		22×1		28×1		35×1,2		42×1,5		54×1,5		64×2		76×2,5	
	$V, \text{м/с}$		$V, \text{м/с}$		$V, \text{м/с}$		$V, \text{м/с}$		$V, \text{м/с}$		$V, \text{м/с}$		$V, \text{м/с}$		$V, \text{м/с}$		$V, \text{м/с}$		$V, \text{м/с}$	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1									3,02	541	1,92	168	1,34	66,7	0,78	17,0	0,57	7,4	0,4	3,2
1,6											2,4	202	1,17	80,1	0,86	20,1	0,62	8,9	0,11	3,8
1,7											2,49	279	1,74	110	1,02	28,0	0,74	12,3	0,52	5,2
2,08											2,68	322	1,88	127	1,1	32,2	0,79	14,1	0,56	6,0
2,24											2,88	368	2,01	146	1,18	36,8	0,85	16,1	0,6	6,8
2,4											3,07	417	2,14	165	1,25	41,6	0,91	18,2	0,65	7,7
2,56													2,28	185	1,33	46,7	0,96	20,4	0,69	8,6
2,72													2,41	207	1,41	52,2	1,02	22,7	0,73	9,6
2,88													2,55	230,1	1,49	57,9	1,08	25,2	0,77	10,6
3,04													2,68	254	1,57	63,9	1,13	27,8	0,8	11,7
3,2													2,81	279	1,65	70,2	1,19	30,5	0,85	12,9
3,36													2,95	306	1,72	76,7	1,25	33,4	0,89	14,1
3,52													3,08	333	1,8	83,6	1,3	36,4	0,93	15,3
3,68															1,9	92,6	1,37	40,2	0,98	16,9
3,88															1,99	102	144	44,3	1,03	18,6
4,08															2,1	112	1,5	48,6	1,08	20,4
4,28															2,2	122	1,59	53,1	1,13	22,3
4,48																				

$D_H = 40 \text{ mm}, S = 1,8 \text{ mm}$

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода									
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,076	0,288	0,124	0,473	0,163	0,619	0,195	0,743	0,224	0,852
0,4	0,135	0,348	0,220	0,566	0,287	0,738	0,343	0,883	0,393	1,012
0,5	0,206	0,396	0,333	0,640	0,433	0,832	0,517	0,994	0,592	1,137
0,6	0,282	0,432	0,454	0,696	0,589	0,903	0,702	1,077	0,803	1,231
0,7	0,355	0,457	0,570	0,733	0,739	0,950	0,881	1,132	1,006	1,293
0,8	0,417	0,467	0,668	0,749	0,865	0,969	1,031	1,156	1,178	1,320
0,9	0,453	0,459	0,726	0,736	0,941	0,954	1,122	1,138	1,282	1,299
1,0	0,412	0,396	0,666	0,640	0,866	0,832	1,035	0,994	1,184	1,137

h/D	Расход жидкости V' , л/с, и скорости V' , м/с, при уклоне трубопровода									
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$	
	q_s	V'	q_s	V'	q_s	V'	q_s	V'	q_s	V'
0,3	0,155	0,364	0,248	0,582	0,321	0,752	0,383	0,896	0,437	1,024
0,4	0,276	0,437	0,438	0,694	0,564	0,893	0,671	1,062	0,766	1,212
0,5	0,418	0,495	0,661	0,782	0,849	1,005	1,009	1,193	1,150	1,360
0,6	0,571	0,539	0,899	0,849	1,152	1,088	1,367	1,291	1,557	1,470
0,7	0,718	0,568	1,128	0,892	1,445	1,143	1,714	1,356	1,950	1,543
0,8	0,841	0,580	1,321	0,911	1,692	1,167	2,006	1,383	2,282	1,574
0,9	0,915	0,571	1,437	0,897	1,841	1,148	2,183	1,362	2,484	1,550
1,0	0,837	0,495	1,323	0,782	1,699	1,005	2,018	1,193	2,299	1,360

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода													
	$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$		$i = 0,018$		$i = 0,02$		$i = 0,025$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	1,564	0,721	1,747	0,805	1,916	0,884	2,074	0,956	2,221	1,024	2,362	1,089	2,685	1,238
0,4	2,744	0,855	3,061	0,953	3,355	1,045	3,628	1,130	3,882	1,209	4,125	1,285	4,684	1,459
0,5	4,125	0,960	4,598	1,070	5,036	1,172	5,443	1,267	5,822	1,355	6,183	1,439	7,014	1,632
0,6	5,592	1,039	6,229	1,157	6,819	1,267	7,367	1,369	7,878	1,463	8,365	1,554	9,482	1,762
0,7	7,008	1,091	7,804	1,215	8,540	1,329	9,224	1,436	9,861	1,535	10,469	1,629	11,863	1,847
0,8	8,203	1,113	9,132	1,239	9,993	1,356	10,792	1,464	11,536	1,565	12,246	1,662	13,875	1,883
0,9	8,926	1,096	9,939	1,220	10,877	1,335	11,748	1,442	12,559	1,542	13,332	1,637	15,107	1,855
1,0	8,251	0,960	9,196	1,070	10,072	1,172	10,885	1,267	11,644	1,355	12,367	1,439	14,028	1,632

h/D	$i = 0,03$		$i = 0,035$		$i = 0,04$		$i = 0,045$		$i = 0,05$		$i = 0,1$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	2,977	1,373	3,246	1,497	3,496	1,612	3,730	1,720	3,951	1,822	5,729	2,642	1,077	3,264
0,4	5,188	1,616	5,652	1,761	6,082	1,895	6,486	2,020	6,866	2,139	9,924	3,091	12,239	3,812
0,5	7,763	1,807	8,452	1,967	9,091	2,116	9,692	2,256	10,256	2,387	14,791	3,442	18,219	4,240
0,6	10,490	1,949	11,417	2,121	12,276	2,281	13,083	2,430	13,841	2,571	19,931	3,703	24,533	4,557
0,7	13,120	2,042	14,276	2,222	15,347	2,389	16,353	2,545	17,297	2,692	24,886	3,874	30,616	4,765
0,8	15,343	2,082	16,693	2,265	17,944	2,435	19,118	2,594	20,222	2,744	29,082	3,946	35,771	4,854
0,9	16,708	2,051	18,179	2,232	19,543	2,399	20,823	2,556	22,026	2,704	31,686	3,890	38,980	4,785
1,0	15,527	1,807	16,905	1,967	18,183	2,116	19,383	2,256	20,511	2,387	29,581	3,442	36,439	4,240

$D_H = 160 \text{ мм}, S = 4,7 \text{ мм}$

Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода														
h/D	$i = 0,004$		$i = 0,006$		$i = 0,008$		$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	2,45	0,54	3,14	0,7	3,73	0,83	4,28	0,95	4,75	1,06	5,18	1,15	5,6	1,24
0,4	4,30	0,65	5,51	0,83	6,53	0,98	7,48	1,12	8,29	1,25	9,04	1,36	9,76	1,47
0,5	6,48	0,728	8,28	0,93	9,79	1,1	11,22	1,26	12,42	1,395	13,53	1,52	14,6	1,64
0,6	8,8	0,79	11,27	1,01	13,26	1,19	15,18	1,36	16,8	1,5	18,3	1,64	19,74	1,77
0,7	11,03	0,83	14,06	1,06	16,61	1,25	19,00	1,43	21,03	1,58	22,9	1,72	24,69	1,85
0,8	12,92	0,84	16,5	1,08	19,44	1,27	22,23	1,45	24,59	1,61	26,78	1,75	28,87	1,89
0,9	14,05	0,83	17,91	1,06	21,16	1,25	24,2	1,43	26,78	1,59	29,16	1,73	31,44	1,86
1,0	12,96	0,728	16,55	0,93	19,58	1,1	22,43	1,26	24,84	1,395	27,06	1,52	29,2	1,64

Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода														
h/D	$i = 0,004$		$i = 0,006$		$i = 0,008$		$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	6,68	1,485	7,34	1,63	7,69	1,71	7,91	1,76	8,80	1,96	9,29	2,07	10,48	2,33
0,4	11,62	1,746	12,76	1,92	13,36	2,01	13,78	2,07	15,28	2,296	16,11	2,42	18,16	2,73
0,5	17,36	1,95	19,05	2,14	19,94	2,24	20,56	2,31	22,79	2,56	24,03	2,7	27,06	3,04
0,6	23,45	2,1	25,73	2,3	26,92	2,41	27,76	2,49	30,75	2,76	32,43	2,91	36,49	3,27
0,7	29,32	2,2	32,16	2,41	33,65	2,53	34,69	2,60	38,42	2,88	40,51	3,04	45,54	3,42
0,8	34,28	2,24	37,59	2,46	39,34	2,57	40,55	2,65	44,91	2,94	47,35	3,01	53,26	3,49
0,9	37,33	2,21	40,95	2,42	42,85	2,54	44,17	2,62	48,92	2,90	51,57	3,05	58,02	3,43
1,0	34,72	1,95	38,1	2,14	39,88	2,24	41,13	2,31	45,58	2,56	48,07	2,7	54,12	3,04

$D_H = 200 \text{ мм}, S = 5,9 \text{ мм}$

Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода														
h/D	$i = 0,004$		$i = 0,006$		$i = 0,008$		$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	4,56	0,65	5,83	0,83	6,91	0,98	7,83	1,11	8,7	1,24	9,46	1,35	10,48	1,46
0,4	8,00	0,77	10,20	0,98	12,07	1,16	13,65	1,31	15,15	1,46	16,46	1,58	18,16	1,77
0,5	12,02	0,865	15,29	1,1	18,07	1,3	20,43	1,47	22,66	1,63	24,61	1,77	27,06	1,91
0,6	16,30	0,93	20,71	1,19	24,4	1,4	27,64	1,59	30,63	1,76	33,25	1,91	36,49	2,00
0,7	20,43	0,98	25,93	1,25	30,6	1,47	34,58	1,66	38,31	1,84	41,58	2,00	45,54	2,04
0,8	23,91	1,00	30,34	1,27	35,8	1,50	40,44	1,69	44,8	1,88	48,62	2,04	52,94	2,01
0,9	26,02	0,987	33,02	1,25	38,98	1,48	44,03	1,67	48,79	1,85	52,94	2,01	58,02	1,77
1,0	24,05	0,865	30,58	1,1	36,14	1,3	40,87	1,47	45,32	1,63	49,21	1,77	54,12	1,77

h/D	$i = 0,016$		$i = 0,018$		$i = 0,02$		$i = 0,022$		$i = 0,026$		$i = 0,028$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	10,22	1,45	10,92	1,55	11,58	1,65	12,17	1,73	13,26	1,89	13,92	1,98
0,4	17,77	1,71	18,99	1,83	20,11	1,94	21,14	2,03	23,02	2,21	24,14	2,32
0,5	26,55	1,91	28,36	2,04	30,03	2,16	31,56	2,27	34,34	2,47	36,00	2,59
0,6	35,87	2,06	38,3	2,20	40,54	2,33	42,60	2,44	46,34	2,66	48,58	2,79
0,7	37,57	2,16	47,87	2,30	50,67	2,44	53,23	2,56	57,89	2,78	60,68	2,92
0,8	54,43	2,20	55,97	2,35	59,23	2,48	62,22	2,61	67,67	2,84	70,93	2,97
0,9	57,1	2,16	60,96	2,31	64,52	2,45	67,78	2,57	73,71	2,79	77,27	2,93
1,0	53,1	1,91	56,72	2,04	60,06	2,16	63,11	2,27	68,68	2,47	72,01	2,59
h/D	$i = 0,03$		$i = 0,036$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	14,40	2,05	15,88	2,26	16,86	2,4	19,84	2,70	27,1	3,86	33,19	4,73
0,4	24,99	2,40	27,52	2,65	29,21	2,81	32,78	3,15	46,78	4,50	57,21	5,5
0,5	37,26	2,68	41,01	2,95	43,51	3,13	48,79	3,51	69,51	5,0	84,94	6,11
0,6	50,26	2,88	55,3	3,17	58,67	3,37	65,76	3,77	93,56	5,37	114,26	6,56
0,7	62,78	3,02	69,06	3,32	73,25	3,52	82,09	3,95	116,7	5,61	142,46	6,85
0,8	73,38	3,07	80,71	3,38	85,60	3,59	95,92	4,02	136,32	5,71	166,38	6,97
0,9	79,94	3,03	87,93	3,33	93,27	3,54	104,51	3,96	148,57	5,63	181,36	6,88
1,0	74,51	2,68	82,02	2,95	87,03	3,13	97,59	3,51	139,02	5,0	169,88	6,11

ПРИЛОЖЕНИЕ П

Таблицы для гидравлического расчета безнапорных канализационных трубопроводов из полиэтилена низкого давления
"СЛ" $D = 50$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода													
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$		$i = 0,15$	
	q_s		q_s		q_s		q_s		q_s		q_s		q_s	
	V		V		V		V		V		V		V	
0,3	0,15	0,37	0,24	0,58	0,31	0,75	0,38	0,90	0,43	1,02	0,64	1,52	0,80	1,9
0,4	0,27	0,44	0,43	0,69	0,55	0,89	0,66	1,07	0,75	1,20	1,11	1,79	1,39	2,24
0,5	0,415	0,5	0,65	0,78	0,83	1,00	1,00	1,2	1,12	1,35	1,66	2,0	2,08	2,5
0,6	0,57	0,54	0,88	0,85	1,13	1,08	1,35	1,3	1,52	1,46	2,25	2,16	2,80	2,69
0,7	0,71	0,57	1,10	0,89	1,41	1,14	1,69	1,36	1,90	1,53	2,81	2,26	3,51	2,82
0,8	0,83	0,59	1,29	0,91	1,65	1,16	1,98	1,39	2,23	1,56	3,29	2,31	4,10	2,88
0,9	0,91	0,58	1,41	0,89	1,8	1,14	2,16	1,37	2,42	1,54	3,58	2,27	4,46	2,83
1,0	0,83	0,5	1,3	0,78	1,66	1,00	1,99	1,2	2,24	1,35	3,32	2,0	4,15	2,5

"СЛ" $D = 63$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода													
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$		$i = 0,15$	
	q_s		q_s		q_s		q_s		q_s		q_s		q_s	
	V		V		V		V		V		V		V	
0,3	0,304	0,456	0,469	0,705	0,596	0,894	0,707	1,06	0,799	1,2	1,175	1,762	1,46	2,19
0,4	0,535	0,542	0,822	0,883	1,04	1,054	1,231	1,248	1,391	1,41	2,037	2,065	2,53	2,56
0,5	0,805	0,61	1,233	0,934	1,558	1,18	1,842	1,395	2,08	1,575	3,038	2,3	3,765	2,85
0,6	1,092	0,66	1,67	1,01	2,109	1,274	2,491	1,505	2,81	1,698	4,1	2,475	5,075	3,07
0,7	1,372	0,690	2,09	1,06	2,639	1,336	3,116	1,578	3,515	1,78	5,12	2,592	6,34	3,209
0,8	1,606	0,709	2,448	1,08	3,085	1,36	3,641	1,607	4,107	1,813	5,98	2,64	7,4	3,266
0,9	1,747	0,698	2,664	1,064	3,36	1,342	3,961	1,582	4,47	1,784	6,515	2,6	8,06	3,22
1,0	1,61	0,61	2,467	0,934	3,117	1,18	3,685	1,395	4,161	1,575	6,076	2,3	7,53	2,85

"СЛ" $D = 75$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,506	0,533	0,765	0,806	0,966	1,02	1,139	1,2	1,29	1,359	1,88	2,33
0,4	0,888	0,636	1,336	0,95	1,684	1,2	1,981	1,41	2,241	1,595	3,255	4,031
0,5	1,335	0,71	2,002	1,065	2,519	1,34	2,961	1,575	3,347	1,78	4,851	6,0
0,6	1,809	0,768	2,709	1,15	3,406	1,446	4,0	1,698	4,516	1,917	6,54	8,079
0,7	2,27	0,807	3,393	1,207	4,261	1,515	5,0	1,778	5,623	2,0	8,168	10,08
0,8	2,656	0,824	3,964	1,229	4,98	1,544	5,838	1,81	6,597	2,045	9,545	11,77
0,9	2,888	0,81	4,317	1,211	5,422	1,521	6,36	1,784	7,183	2,015	10,484	12,83
1,0	2,67	0,71	4,005	1,065	5,039	1,34	5,923	1,575	6,694	1,78	9,703	12,0
												2,58
												3,19

"СЛ" $D = 90$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$		$i = 0,018$		$i = 0,02$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,828	0,607	0,929	0,68	1,019	0,747	1,104	0,809	1,181	0,865	1,254	0,919
0,4	1,45	0,718	1,625	0,804	1,781	0,881	1,928	0,954	2,061	1,02	2,186	1,082
0,5	2,177	0,805	2,437	0,901	2,67	0,987	2,889	1,068	3,087	1,141	3,273	1,21
0,6	2,95	0,87	3,299	0,973	3,612	1,066	3,907	1,153	4,173	1,231	4,425	1,305
0,7	3,7	0,914	4,131	1,021	4,522	1,118	4,89	1,209	5,221	1,291	5,54	1,37
0,8	4,32	0,93	4,833	1,041	5,289	1,14	5,719	1,232	6,106	1,316	6,474	1,395
0,9	4,706	0,918	5,261	1,026	5,683	1,123	6,227	1,214	6,649	1,296	7,049	1,375
1,0	4,355	0,805	4,875	0,901	5,34	0,987	5,778	1,068	6,173	1,141	6,546	1,21
												1,21
												1,374
												1,045
												1,427
												2,485
												3,717
												5,021
												6,278
												7,341
												7,995
												1,552
												1,582
												1,559
												1,374

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,03$		$i = 0,035$		$i = 0,04$		$i = 0,045$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	1,571	1,151	1,73	1,267	1,856	1,36	1,984	1,453	2,1	1,539	3,057	2,239
0,4	2,733	1,352	3,006	1,487	3,228	1,597	3,444	1,704	3,645	1,804	5,288	2,616
0,5	4,09	1,51	4,491	1,66	4,815	1,78	5,14	1,9	5,437	2,01	7,87	2,91
0,6	5,517	1,628	6,061	1,788	6,497	1,917	6,933	2,045	7,33	2,163	10,6	3,128
0,7	6,896	1,705	7,575	1,872	8,122	2,0	8,662	2,141	9,163	2,265	13,24	3,274
0,8	8,06	1,736	8,885	1,908	9,489	2,045	10,125	2,182	10,7	2,307	15,475	3,335
0,9	8,774	1,711	9,645	1,88	10,33	2,015	11,029	2,15	11,66	2,273	16,83	2,282
1,0	8,17	1,51	8,981	1,66	9,63	1,78	10,28	1,9	10,875	2,01	15,74	2,91
												2,91
												3,7
												3,838
												13,0
												16,217
												18,935
												20,635
												19,31
												3,57

"СЛ"D = 110 мм

Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода														
h/D	$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$		$i = 0,018$		$i = 0,02$		$i = 0,025$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	1,448	0,711	1,614	0,792	1,763	0,865	1,905	0,935	2,037	1,0	2,164	1,062	2,457	1,206
0,4	2,533	0,84	2,816	0,934	3,074	1,019	3,32	1,1	3,547	1,176	3,768	1,249	4,27	1,416
0,5	3,795	0,94	4,22	1,045	4,6	1,14	4,966	1,23	5,305	1,314	5,632	1,395	6,38	1,58
0,6	5,139	1,016	5,71	1,129	6,228	1,23	6,71	1,327	7,172	1,418	7,588	1,5	8,608	1,7
0,7	6,43	1,065	7,142	1,183	7,788	1,29	8,4	1,391	8,971	1,486	9,515	1,576	10,77	1,784
0,8	7,519	1,086	8,35	1,206	9,103	1,314	9,81	1,417	10,48	1,514	11,12	1,606	12,58	1,817
0,9	8,18	1,07	9,09	1,187	9,91	1,295	10,69	1,396	11,4	1,49	12,11	1,582	13,7	1,79
1,0	7,591	0,94	8,438	1,045	9,206	1,14	9,932	1,23	10,61	1,314	11,26	1,395	12,76	1,58
h/D	$i = 0,03$		$i = 0,035$		$i = 0,04$		$i = 0,045$		$i = 0,05$		$i = 0,1$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	2,719	1,334	2,956	1,45	3,184	1,563	3,39	1,664	3,596	1,765	5,17	2,537	6,38	3,13
0,4	4,726	1,567	5,142	1,704	5,522	1,831	5,874	1,947	6,23	2,065	8,929	2,96	11,0	3,648
0,5	7,05	1,746	7,671	1,9	8,237	2,04	8,76	2,17	9,286	2,3	13,284	3,29	16,35	4,05
0,6	9,3	1,838	10,35	2,046	11,1	2,195	11,81	2,335	12,52	2,475	17,89	3,537	22,0	4,35
0,7	11,89	1,969	12,928	2,141	13,88	2,3	14,765	2,446	15,65	2,592	22,33	3,698	27,43	4,544
0,8	13,89	2,006	15,1	2,181	16,22	2,342	17,25	2,491	18,27	2,638	26,07	3,764	32,03	4,625
0,9	15,13	1,976	16,46	2,151	17,22	2,307	18,79	2,454	19,89	2,6	28,38	3,708	34,94	4,564
1,0	14,1	1,746	15,34	1,9	16,47	2,04	17,52	2,17	18,57	2,3	26,57	3,29	32,7	4,05
"СЛ"D = 125 мм														
Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода														
h/D	$i = 0,009$		$i = 0,01$		$i = 0,011$		$i = 0,012$		$i = 0,013$		$i = 0,014$		$i = 0,015$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	1,904	0,722	2,068	0,784	2,188	0,829	2,301	0,872	2,407	0,912	2,519	0,954	2,611	0,989
0,4	3,4	0,871	3,615	0,924	3,717	0,977	4,011	1,027	4,194	1,073	4,412	1,129	4,546	1,163
0,5	5,1	0,975	5,407	1,034	5,716	1,093	6,0	1,148	6,275	1,2	6,563	1,255	6,798	1,3
0,6	6,9	1,053	7,316	1,117	7,734	1,18	8,115	1,239	8,483	1,295	8,871	1,354	9,19	1,403
0,7	8,638	1,105	9,152	1,17	9,675	1,237	10,16	1,3	10,61	1,357	11,1	1,419	11,5	1,47
0,8	10,09	1,125	10,69	1,192	11,3	1,26	11,87	1,324	12,4	1,382	12,97	1,446	13,43	1,498
0,9	10,99	1,108	11,645	1,175	12,31	1,242	12,92	1,303	13,5	1,362	14,11	1,423	14,63	1,475
1,0	10,2	2,975	10,81	1,034	11,43	1,093	12,0	1,148	12,55	1,2	13,13	1,255	13,6	1,3

h/D	$i = 0,016$		$i = 0,017$		$i = 0,018$		$i = 0,019$		$i = 0,020$		$i = 0,025$		$i = 0,03$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	2,713	1,028	2,805	1,063	2,897	1,098	2,991	1,033	3,077	1,166	3,481	1,319	3,851	1,459
0,4	4,723	1,209	4,88	1,249	5,039	1,29	5,2	1,331	5,349	1,369	6,046	1,547	6,682	1,71
0,5	7,06	1,35	7,295	1,395	7,53	1,44	7,771	1,486	7,99	1,528	9,026	1,726	9,967	0,906
0,6	9,535	1,455	9,854	1,504	10,17	1,552	10,495	1,602	10,782	1,646	12,179	1,859	13,44	2,051
0,7	11,93	1,525	12,326	1,576	12,713	1,626	13,12	1,678	13,49	1,725	15,22	1,947	16,8	2,148
0,8	13,94	1,554	14,4	1,606	14,85	1,656	15,33	1,709	15,76	1,757	17,79	1,983	19,63	2,188
0,9	15,18	1,531	15,69	1,583	16,17	1,631	16,69	1,684	17,16	1,731	19,37	1,954	21,37	2,156
1,0	14,12	1,35	14,59	1,395	15,06	1,44	15,42	1,486	15,98	1,528	18,05	1,726	19,93	1,906

h/D	$i = 0,035$		$i = 0,04$		$i = 0,045$		$i = 0,05$		$i = 0,06$		$i = 0,07$		$i = 0,08$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	4,191	1,588	4,516	1,711	4,8	1,818	5,077	1,923	5,589	2,118	6,066	2,298	6,5	2,463
0,4	7,266	1,86	7,824	2,0	8,31	2,127	8,786	2,249	9,667	2,474	10,49	2,684	11,23	2,874
0,5	10,83	2,072	11,66	2,23	12,38	2,368	13,09	2,503	14,39	2,752	15,6	2,984	16,71	3,195
0,6	14,61	2,229	15,721	2,4	16,69	2,548	17,64	2,693	19,38	2,958	21,02	3,208	22,5	3,435
0,7	18,26	2,335	19,65	2,513	20,85	2,666	22,04	2,818	24,21	3,096	26,23	3,354	28,08	3,591
0,8	21,34	2,379	22,94	2,558	24,36	2,716	25,73	2,868	28,26	3,151	30,62	3,404	32,79	3,655
0,9	23,23	2,343	24,98	2,52	26,51	2,673	28,02	2,826	30,78	3,104	33,37	3,366	35,7	3,6
1,0	21,67	2,072	23,32	2,23	24,77	2,368	26,18	2,503	28,78	2,752	31,21	2,984	33,42	3,195

h/D	$i = 0,09$		$i = 0,1$		$i = 0,11$		$i = 0,12$		$i = 0,13$		$i = 0,14$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	6,923	2,623	7,295	2,764	7,664	2,904	8,009	3,034	8,349	3,163	8,667	3,284	8,975	3,4
0,4	11,96	3,06	12,59	3,223	13,22	3,384	13,82	3,536	14,4	3,685	14,95	3,824	15,47	3,96
0,5	17,78	3,4	18,72	3,58	19,65	3,758	20,53	3,926	21,39	4,09	22,19	4,244	22,98	4,394
0,6	23,95	3,655	25,19	3,845	26,44	4,036	27,63	4,216	28,78	4,393	29,86	4,558	30,92	4,719
0,7	29,86	3,818	31,44	4,02	33,0	4,22	34,48	4,409	35,88	4,589	37,23	4,762	38,52	4,926
0,8	34,89	3,89	36,71	4,092	38,5	4,292	40,22	4,483	41,9	4,671	43,44	4,842	44,97	5,013
0,9	37,99	3,832	40,0	4,035	41,99	4,235	43,87	4,425	45,66	4,605	47,38	4,779	49,05	4,948
1,0	35,56	3,4	37,44	3,58	39,3	3,758	41,06	3,926	42,78	4,09	44,39	4,244	45,96	4,394

"СЛ" $D = 140$ мм

Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода														
h/D	$i = 0,009$		$i = 0,01$		$i = 0,011$		$i = 0,012$		$i = 0,013$		$i = 0,014$		$i = 0,015$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	2,65	0,801	2,819	0,852	2,982	0,902	3,13	0,946	3,277	0,991	3,417	1,033	3,556	1,075
0,4	4,623	0,944	4,914	1,003	5,195	1,061	5,452	1,113	5,702	1,164	5,946	1,214	6,184	1,263
0,5	6,922	1,056	7,354	1,122	7,774	1,186	8,154	1,244	8,521	1,3	8,888	1,356	9,242	1,41
0,6	9,366	1,14	9,942	1,211	10,51	1,28	11,02	1,342	11,51	1,4	12,00	1,462	12,48	1,52
0,7	11,72	1,195	12,45	1,27	13,15	1,341	13,79	1,407	14,38	1,488	15,02	1,532	15,60	1,592
0,8	13,69	1,218	14,55	1,294	15,36	1,366	16,11	1,433	16,81	1,495	17,55	1,561	18,23	1,621
0,9	14,91	1,2	15,82	1,273	16,71	1,345	17,53	1,411	18,3	1,473	19,09	1,536	19,85	1,597
1,0	13,84	1,056	14,71	1,122	15,55	1,186	16,31	1,244	17,04	1,3	17,78	1,356	18,48	1,41

h/D	$i = 0,016$		$i = 0,017$		$i = 0,018$		$i = 0,019$		$i = 0,020$		$i = 0,025$		$i = 0,03$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	3,683	1,113	3,812	1,152	3,94	1,191	4,058	1,227	4,171	1,261	4,721	1,427	5,22	1,578
0,4	6,405	1,308	6,626	1,353	6,847	1,398	7,05	1,44	7,243	1,479	8,192	1,673	9,046	1,847
0,5	9,57	1,46	9,898	1,51	10,22	1,56	10,53	1,606	10,81	1,65	12,22	1,864	13,49	2,058
0,6	12,92	1,574	13,35	1,626	13,8	1,68	14,2	1,73	14,59	1,777	16,47	2,006	18,18	2,214
0,7	16,16	1,648	16,71	1,705	17,25	1,76	17,76	1,812	18,24	1,861	20,59	2,1	22,73	2,319
0,8	18,88	1,679	19,52	1,736	20,15	1,792	20,75	1,845	21,32	1,896	24,06	2,14	46,56	2,363
0,9	20,56	1,654	21,26	1,711	21,94	1,766	22,59	1,818	23,31	1,868	26,2	2,108	28,92	2,328
1,0	19,14	1,46	19,79	1,51	20,45	1,56	21,05	1,606	21,63	1,65	24,44	1,864	26,98	2,058

h/D	$i = 0,035$		$i = 0,04$		$i = 0,045$		$i = 0,05$		$i = 0,06$		$i = 0,07$		$i = 0,08$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	5,666	1,713	6,087	1,84	6,485	1,96	6,86	2,074	7,553	2,283	8,176	2,471	8,765	2,65
0,4	9,816	2,004	10,54	2,152	11,22	2,291	11,87	2,423	13,06	2,666	14,12	2,884	15,13	3,09
0,5	14,63	2,232	15,7	2,395	16,71	2,55	17,66	2,695	19,43	2,964	21,01	3,205	22,5	3,433
0,6	19,72	2,402	21,16	2,577	22,53	2,744	23,79	2,897	26,17	3,186	28,29	3,445	30,31	3,69
0,7	24,65	2,515	26,43	2,697	28,14	2,871	29,72	3,032	32,65	3,331	35,31	3,602	37,79	3,855
0,8	28,78	2,56	30,86	2,745	32,83	2,92	34,69	3,086	38,12	3,391	41,22	3,666	44,12	3,924
0,9	31,34	2,522	33,6	2,702	35,78	2,879	37,78	3,04	41,55	3,343	44,89	3,612	48,08	3,869
1,0	29,26	2,232	31,4	2,395	33,43	2,55	35,33	2,695	38,86	2,964	42,02	3,205	45,00	3,433

h/D	$i = 0,09$		$i = 0,1$		$i = 0,11$		$i = 0,12$		$i = 0,13$		$i = 0,14$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	9,315	2,816	9,834	2,973	10,32	3,12	10,79	3,262	11,23	3,396	11,67	3,526	12,08	3,653
0,4	16,07	3,282	16,965	6,464	17,8	3,635	18,6	3,8	19,36	3,95	20,1	4,104	20,77	4,24
0,5	23,9	3,646	25,21	3,846	26,44	4,034	27,63	4,125	28,76	4,387	29,84	4,553	30,9	4,714
0,6	32,16	3,916	33,92	4,131	35,58	4,332	37,18	4,527	38,69	4,712	40,16	4,89	41,58	5,063
0,7	40,13	4,094	42,33	4,319	44,36	4,526	46,35	4,729	48,2	4,918	50,03	5,104	51,79	5,274
0,8	46,81	4,164	49,38	4,392	51,8	4,607	54,07	4,809	56,28	5,006	58,41	5,195	60,48	5,379
0,9	51,06	4,109	53,86	4,334	56,45	4,542	58,98	4,746	61,39	4,94	63,71	5,127	65,9	5,303
1,0	47,8	3,646	50,42	3,846	52,88	4,034	55,26	4,215	57,51	4,387	59,69	4,553	61,8	4,714

"СЛ" $D = 160$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода													
	$i = 0,006$		$i = 0,007$		$i = 0,008$		$i = 0,009$		$i = 0,01$		$i = 0,011$		$i = 0,012$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	3,007	0,696	3,295	0,763	3,561	0,825	3,814	0,883	4,054	0,939	4,274	0,99	4,496	1,041
0,4	5,251	0,822	5,745	0,9	6,2	0,97	6,65	1,04	7,062	1,105	7,44	1,164	7,819	1,223
0,5	7,87	0,92	8,211	1,006	9,29	1,086	9,94	1,162	10,56	1,234	11,12	1,3	11,69	1,366
0,6	10,65	0,994	11,64	1,086	12,56	1,172	13,44	1,254	14,27	1,331	15,02	1,401	15,78	1,472
0,7	13,33	1,042	14,57	1,139	15,71	1,228	16,81	1,314	17,85	1,396	18,79	1,469	19,73	1,542
0,8	15,58	1,062	17,02	1,16	18,37	1,252	19,64	1,339	20,86	1,422	19,14	1,496	23,05	1,571
0,9	16,96	1,046	18,53	1,143	19,99	1,233	21,37	1,318	22,7	1,399	23,91	1,474	25,1	1,548
1,0	15,74	0,92	16,42	1,006	18,58	1,086	19,88	1,162	21,11	1,234	22,24	1,3	23,37	1,366
h/D														
	$i = 0,013$		$i = 0,014$		$i = 0,015$		$i = 0,016$		$i = 0,0170$		$i = 0,018$		$i = 0,019$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	4,703	1,089	4,903	1,136	5,097	1,181	5,288	1,225	5,465	1,286	5,639	1,306	5,81	1,346
0,4	8,173	1,279	8,521	1,333	8,857	1,386	9,184	1,437	9,49	1,485	9,791	1,532	10,09	1,578
0,5	12,22	1,428	12,73	1,488	13,23	1,546	13,71	1,603	14,17	1,656	14,61	1,708	15,05	1,759
0,6	16,5	1,539	17,18	1,603	17,85	1,665	18,5	1,726	19,12	1,783	19,71	1,839	20,3	1,894
0,7	20,62	1,612	21,49	1,68	22,31	1,744	23,13	1,808	23,89	1,868	24,64	1,927	25,38	1,984
0,8	24,1	1,642	25,11	1,711	26,07	1,776	27,03	1,842	27,92	1,903	28,77	1,961	29,63	2,019
0,9	26,24	1,618	27,32	1,684	28,38	1,75	29,43	1,815	30,4	1,875	31,36	1,933	32,29	1,991
1,0	24,43	1,428	25,46	1,488	26,45	1,546	27,43	1,603	28,33	1,656	29,22	1,708	30,1	1,759

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ П

h/D	$i = 0,02$		$i = 0,025$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,06$		$i = 0,07$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	5,975	2,384	6,753	1,564	7,452	1,726	8,691	2,013	9,767	2,262	10,74	2,488	11,64	2,696
0,4	10,37	1,622	11,7	1,831	12,9	2,019	15,04	2,352	16,88	2,641	18,69	2,925	20,09	3,144
0,5	15,47	1,808	17,45	2,04	19,23	2,248	22,39	2,617	25,12	2,936	27,59	3,225	29,87	3,492
0,6	20,87	1,947	23,53	2,195	25,92	2,419	30,15	2,813	33,83	3,156	37,16	3,467	40,2	3,75
0,7	26,06	2,038	29,41	2,299	32,38	2,531	37,66	2,944	42,21	3,3	46,33	3,622	50,16	3,921
0,8	30,46	2,076	34,37	2,342	37,84	2,578	43,97	2,996	49,29	3,359	54,16	3,689	58,57	3,991
0,9	33,16	2,045	37,42	2,307	41,16	2,538	47,88	2,952	53,71	3,312	58,95	3,634	63,83	3,935
1,0	30,93	1,808	34,9	2,04	38,46	2,248	44,78	2,617	50,23	2,936	55,18	3,225	59,75	3,492

h/D	$i = 0,08$		$i = 0,09$		$i = 0,1$		$i = 0,11$		$i = 0,12$		$i = 0,14$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	12,47	2,888	13,24	3,067	13,98	3,238	14,68	3,4	15,33	3,55	16,57	3,838	17,15	3,971
0,4	21,51	3,366	22,84	3,573	24,11	3,771	25,29	3,957	26,4	4,131	28,53	4,464	29,52	4,618
0,5	31,98	3,738	33,93	3,966	35,8	4,185	37,56	4,39	39,2	4,582	42,35	4,95	43,8	5,12
0,6	43,03	3,015	45,65	4,259	48,17	4,495	50,66	4,715	52,74	4,921	56,98	5,316	58,94	5,5
0,7	53,7	4,198	56,92	4,45	60,07	4,696	62,95	4,921	65,7	5,136	70,98	5,549	73,35	5,734
0,8	62,64	4,269	66,46	4,529	70,07	4,775	73,5	5,009	76,72	5,228	82,81	5,643	85,65	5,837
0,9	68,32	4,213	72,43	4,466	76,43	4,712	80,17	4,943	83,68	5,159	90,32	5,569	93,34	5,755
1,0	63,96	3,738	67,86	3,966	71,6	4,185	75,11	4,39	78,4	4,582	84,69	4,95	87,6	5,12

"C" $D = 50$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода													
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$		$i = 0,15$	
	q_s		q_s		q_s		q_s		q_s		q_s		q_s	
	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s
0,3	0,13	0,34	0,22	0,56	0,28	0,72	0,33	0,86	0,38	0,99	0,57	1,48	0,72	1,86
0,4	0,24	0,41	0,38	0,66	0,49	0,86	0,59	1,02	0,67	1,17	1,00	1,74	1,25	2,18
0,5	0,36	0,47	0,57	0,75	0,74	0,97	0,88	1,15	1,00	1,31	1,49	1,95	1,87	2,44
0,6	0,49	0,51	0,78	0,81	1,01	1,05	1,20	1,24	1,36	1,42	2,02	2,10	2,53	2,63
0,7	0,62	0,54	0,98	0,86	1,27	1,10	1,50	1,31	1,70	1,49	2,53	2,21	3,16	2,75
0,8	0,73	0,55	1,15	0,87	1,48	1,13	1,75	1,33	2,00	1,52	2,96	2,25	3,69	2,81
0,9	0,78	0,54	1,25	0,86	1,61	1,11	1,91	1,31	2,17	1,49	3,22	2,21	4,02	2,77
1,0	0,72	0,47	1,15	0,75	1,49	0,97	1,76	1,15	2,00	1,31	2,99	1,95	3,74	2,44

"C" D = 63 мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,274	0,445	0,424	0,687	0,539	0,894	0,637	1,032	0,723	1,172	1,06	1,718
0,4	0,482	0,528	0,74	0,81	0,939	1,054	1,107	1,212	1,256	1,375	1,835	2,009
0,5	0,725	0,593	1,109	0,907	1,405	1,18	1,655	1,353	1,875	1,533	2,733	2,235
0,6	0,983	0,642	1,5	0,98	1,899	1,274	2,234	1,458	2,53	1,651	3,681	2,403
0,7	1,232	0,674	1,878	1,027	2,374	1,336	2,793	1,527	3,161	1,729	4,595	2,513
0,8	1,442	0,688	2,197	1,047	2,776	1,36	3,265	1,557	3,695	2,762	5,369	2,56
0,9	1,569	0,677	2,392	1,032	3,023	1,342	3,556	1,534	4,025	1,736	5,851	2,524
1,0	1,45	0,593	2,219	0,907	2,81	1,18	3,31	1,353	3,75	1,533	5,466	2,235

"C" D = 75 мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,447	0,511	0,701	0,802	0,866	0,991	1,018	1,165	1,154	1,32	1,683	1,927
0,4	0,785	0,607	1,224	0,946	1,509	1,167	1,772	1,37	2,005	1,55	2,916	2,254
0,5	1,181	0,682	1,835	1,06	2,259	1,305	2,649	1,53	2,995	1,73	4,346	2,51
0,6	1,601	0,738	2,483	1,144	3,053	1,408	3,577	1,649	4,042	1,864	5,856	2,7
0,7	2,006	0,775	3,107	1,2	3,819	1,475	4,472	1,727	5,052	1,951	7,311	2,824
0,8	2,349	0,791	3,635	1,224	4,466	1,504	5,229	1,761	5,906	1,989	8,544	2,877
0,9	2,556	0,779	3,957	1,206	4,863	1,482	5,695	1,735	6,433	1,96	9,309	2,836
1,0	2,361	0,682	3,67	1,06	4,519	1,305	5,298	1,53	5,99	1,73	8,691	2,51

"C" D = 90 мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$		$i = 0,018$		$i = 0,02$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,749	0,594	0,838	0,664	0,919	0,728	0,994	0,787	1,062	0,841	1,132	0,897
0,4	1,309	0,701	1,462	0,783	1,602	0,858	1,731	0,927	1,853	0,992	1,97	1,054
0,5	1,964	0,785	2,19	0,876	2,399	0,959	2,591	1,036	2,776	1,11	2,946	1,178
0,6	2,658	0,848	2,962	0,946	3,243	1,035	3,501	1,117	3,753	1,198	3,978	1,269
0,7	3,327	0,89	3,707	0,991	4,057	1,084	4,378	1,17	4,696	1,256	4,973	1,33
0,8	3,892	0,907	4,336	1,01	4,744	1,106	5,12	1,193	5,401	1,281	5,815	1,355
0,9	4,237	0,894	4,721	0,996	5,166	1,089	5,576	1,176	5,981	1,261	6,333	1,335
1,0	3,928	0,785	4,381	0,876	4,798	0,959	4,182	1,036	5,551	1,11	5,892	1,178

"C" $D = 90$ MM

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода													
	$i = 0,03$		$i = 0,035$		$i = 0,04$		$i = 0,045$		$i = 0,05$		$i = 0,1$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	1,428	1,131	1,555	1,232	1,678	1,329	1,785	1,414	1,897	1,503	2,752	2,181	3,401	2,695
0,4	2,479	1,327	2,703	1,447	2,908	1,556	3,099	1,659	3,285	1,758	4,751	2,543	5,862	3,138
0,5	3,701	1,48	4,039	1,615	4,337	1,734	4,626	1,85	4,895	1,957	7,065	2,825	8,707	3,482
0,6	4,993	1,593	5,451	1,74	5,847	1,866	6,241	1,992	6,596	2,105	9,505	3,034	11,7	3,736
0,7	6,239	1,668	6,813	1,882	7,301	1,952	7,798	2,085	8,234	2,202	11,85	3,17	14,59	3,902
0,8	7,291	1,7	7,966	1,857	8,532	1,989	9,115	2,125	9,621	2,243	13,84	3,228	17,04	3,973
0,9	7,943	1,678	8,676	1,83	9,296	1,96	9,929	2,094	10,48	2,211	15,09	3,183	18,56	3,918
1,0	7,403	1,48	8,077	1,615	8,674	1,734	9,252	1,85	9,791	1,957	14,13	2,825	17,41	3,482

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода													
	$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$		$i = 0,018$		$i = 0,02$		$i = 0,025$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	1,309	0,693	1,457	0,772	1,595	0,845	1,724	0,913	1,845	0,978	1,959	1,038	2,223	1,177
0,4	2,283	0,817	2,539	0,909	2,777	0,994	2,998	1,072	3,207	1,147	3,403	1,218	3,856	1,38
0,5	3,418	0,914	3,799	1,015	4,152	1,11	4,481	1,197	4,79	1,28	5,083	1,358	5,754	1,538
0,6	4,621	0,986	5,133	1,095	5,607	1,196	6,049	1,29	6,465	1,379	6,857	1,463	7,76	1,655
0,7	5,781	1,033	6,419	1,147	7,011	1,253	7,562	1,351	8,079	1,444	8,568	1,531	9,692	1,732
0,8	6,76	1,053	7,505	1,169	8,197	1,277	8,84	1,377	9,445	1,472	10,01	1,56	11,32	1,765
0,9	7,361	1,037	8,174	1,152	8,927	1,258	9,628	1,357	10,28	1,45	10,91	1,538	12,34	1,74
1,0	6,837	0,914	7,598	1,015	8,305	1,11	8,962	1,197	9,581	1,28	10,16	1,358	11,5	1,538

h/D	$i = 0,03$		$i = 0,035$		$i = 0,04$		$i = 0,045$		$i = 0,05$		$i = 0,1$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	2,461	1,303	2,679	1,419	2,882	1,527	3,068	1,625	3,253	1,723	4,696	2,487	5,789	3,066
0,4	4,265	1,526	4,641	1,66	4,989	1,785	5,318	1,903	5,626	2,013	8,096	2,897	9,965	3,565
0,5	6,36	1,7	6,916	1,848	7,433	1,987	7,93	2,12	8,374	2,238	12,02	3,215	14,79	3,953
0,6	8,573	1,829	9,32	1,988	10,01	2,136	10,69	2,281	11,27	2,405	16,17	3,451	19,89	4,24
0,7	10,7	1,913	11,63	2,08	12,49	2,234	13,35	2,387	14,07	2,515	20,16	3,605	24,76	4,427
0,8	12,51	1,949	13,59	2,118	14,6	2,276	15,6	2,432	16,43	2,562	23,55	3,67	28,92	4,507
0,9	13,63	1,924	14,81	2,088	15,91	2,243	17,00	2,397	17,91	2,526	25,67	3,62	31,53	4,445
1,0	12,72	1,7	13,83	1,848	14,86	1,987	15,86	2,12	16,74	2,238	24,05	3,215	29,58	3,953

"C"D = 125 мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$		$i = 0,018$		$i = 0,02$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	1,854	0,762	2,063	0,848	2,256	0,927	2,435	1,001	2,604	1,07	2,764	1,136
0,4	3,23	0,894	3,59	0,997	3,922	1,089	4,231	1,174	4,521	1,255	4,795	1,331
0,5	4,833	1,002	5,367	1,113	5,859	1,215	6,318	1,31	6,748	1,399	7,155	1,484
0,6	6,529	1,08	7,247	1,199	7,91	1,309	8,526	1,411	9,103	1,507	9,65	1,597
0,7	8,165	1,132	9,06	1,256	9,885	1,371	10,65	1,477	11,37	1,577	12,05	1,672
0,8	9,547	1,154	10,59	1,28	11,55	1,397	12,45	1,505	13,29	1,607	14,07	1,703
0,9	10,39	1,137	11,53	1,262	12,58	1,377	13,56	1,484	14,48	1,584	15,34	1,679
1,0	9,666	1,002	10,73	1,113	11,72	1,215	12,63	1,31	13,49	1,309	14,31	1,484

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,03$		$i = 0,035$		$i = 0,04$		$i = 0,045$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	3,462	1,423	3,766	1,548	4,049	1,664	4,303	1,768	4,565	1,876	6,569	2,1
0,4	5,995	1,664	6,517	1,809	7,003	1,944	7,453	2,069	7,886	2,189	11,31	3,142
0,5	8,933	1,853	9,707	2,013	10,42	2,162	11,11	2,304	11,73	2,433	16,8	3,486
0,6	12,03	1,992	13,07	2,164	14,03	2,324	14,97	2,478	15,79	2,614	22,59	3,74
0,7	15,02	2,084	16,31	2,263	17,51	2,43	18,69	2,592	19,7	2,733	28,16	3,906
0,8	17,55	2,123	19,06	2,305	20,45	2,474	21,84	2,641	23,01	2,783	32,88	3,977
0,9	19,13	2,093	20,77	2,273	22,3	2,44	23,79	2,603	25,08	2,744	35,85	3,922
1,0	17,86	1,853	19,41	2,013	30,85	2,162	22,21	2,304	23,46	2,433	33,61	3,486

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,009$		$i = 0,01$		$i = 0,011$		$i = 0,012$		$i = 0,013$		$i = 0,014$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	2,376	0,777	2,528	0,827	2,675	0,875	2,812	0,92	2,942	0,962	3,068	1,033
0,4	4,145	0,916	4,41	0,974	4,661	1,03	4,899	1,082	5,123	1,132	5,339	1,18
0,5	6,209	1,025	6,603	1,09	6,978	1,152	7,33	1,21	7,663	1,265	7,984	1,318
0,6	8,395	1,106	8,925	1,176	9,43	1,243	9,93	1,305	10,35	1,364	10,78	1,421
0,7	10,5	1,16	11,16	1,233	11,79	1,302	12,38	1,367	12,94	1,429	13,48	1,488
0,8	12,28	1,182	13,06	1,257	13,79	1,327	14,48	1,394	15,13	1,457	15,76	1,517
0,9	13,38	1,165	14,22	1,238	15,02	1,308	15,77	1,373	16,48	1,435	17,17	1,495
1,0	12,42	1,025	13,2	1,09	13,96	1,152	14,66	1,21	15,33	1,265	15,97	1,318

"C"D = 140 мм

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ П

h/D	$i = 0,016$		$i = 0,017$		$i = 0,018$		$i = 0,019$		$i = 0,020$		$i = 0,025$		$i = 0,03$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	3,309	1,082	3,425	1,12	3,539	1,157	3,648	1,193	3,752	1,227	4,257	1,392	4,697	1,536
0,4	5,755	1,272	5,955	1,316	6,151	1,359	6,339	1,4	6,518	1,44	7,388	1,632	8,144	1,799
0,5	8,602	1,42	8,899	1,469	9,189	1,517	9,468	1,563	9,734	1,607	11,02	1,82	12,14	2,005
0,6	11,61	1,53	12,01	1,583	12,4	1,634	12,78	1,684	13,13	1,731	14,87	1,958	16,37	2,157
0,7	14,52	1,603	15,01	1,658	15,5	1,711	15,97	1,763	16,41	1,812	18,57	2,051	20,45	2,258
0,8	16,97	1,633	17,55	1,689	18,12	1,744	18,67	1,797	19,19	1,847	21,71	2,089	23,9	2,3
0,9	18,48	1,61	19,12	1,665	19,74	1,719	20,33	1,77	20,9	1,82	23,65	2,059	26,04	2,267
1,0	17,2	1,42	17,8	1,469	18,38	1,517	18,94	1,563	19,47	1,607	22,05	1,82	24,29	2,005
h/D	$i = 0,035$		$i = 0,04$		$i = 0,045$		$i = 0,05$		$i = 0,06$		$i = 0,07$		$i = 0,08$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	5,113	1,672	5,479	1,792	5,834	1,908	6,167	2,017	6,792	2,221	7,362	2,408	7,892	2,581
0,4	8,859	1,957	9,488	2,096	10,1	2,231	10,67	2,358	11,74	2,594	12,72	2,81	13,63	3,011
0,5	13,2	2,18	14,14	2,334	15,04	2,483	15,89	2,623	17,48	2,885	18,92	3,124	20,27	3,346
0,6	17,8	2,345	19,05	2,51	20,26	2,67	21,4	2,82	23,53	3,1	25,47	3,356	27,27	3,594
0,7	22,22	2,453	23,78	2,626	25,29	2,792	26,71	2,959	29,36	3,241	31,78	3,508	34,02	3,756
0,8	25,97	2,499	27,79	2,675	29,55	2,844	31,2	3,003	34,3	3,301	37,13	3,573	39,74	3,825
0,9	28,3	2,464	30,28	2,637	32,2	2,804	34,00	2,961	37,38	3,255	40,46	3,523	43,32	3,772
1,0	26,41	2,18	28,28	2,334	30,08	2,483	31,78	2,623	34,95	2,885	27,85	2,124	40,54	3,346
h/D	$i = 0,09$		$i = 0,1$		$i = 0,11$		$i = 0,12$		$i = 0,13$		$i = 0,14$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	8,387	2,743	8,855	2,986	9,302	3,043	9,726	3,181	10,12	3,312	10,52	3,44	10,89	3,562
0,4	14,48	3,198	15,28	3,376	16,04	3,545	16,77	3,705	17,45	3,856	18,13	4,005	18,76	4,146
0,5	21,52	3,553	22,71	3,749	23,84	3,936	24,91	4,113	25,93	4,28	26,92	4,444	27,86	4,6
0,6	28,95	3,815	30,55	4,025	32,06	4,225	33,5	4,414	34,86	4,593	36,19	4,768	37,46	4,935
0,7	36,11	3,987	38,1	4,206	39,99	4,415	41,78	4,612	43,46	4,798	45,12	4,981	46,69	5,155
0,8	42,19	4,06	44,5	4,283	46,7	4,495	48,79	4,696	50,76	4,885	52,64	5,066	54,53	5,248
0,9	45,98	4,004	48,5	4,223	50,91	4,433	53,18	4,631	55,33	4,818	57,44	5,001	59,44	5,176
1,0	43,04	3,553	45,42	3,749	47,68	3,936	49,83	4,113	51,85	4,28	53,84	4,444	55,73	4,6

"C" $D = 160$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода													
	$i = 0,006$		$i = 0,007$		$i = 0,008$		$i = 0,009$		$i = 0,01$		$i = 0,011$		$i = 0,012$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	2,862	0,689	3,139	0,755	3,388	0,815	3,627	0,873	3,854	0,928	4,071	0,98	4,277	1,029
0,4	4,988	0,811	5,46	0,888	5,893	0,958	6,306	1,025	6,697	1,088	7,069	1,149	7,424	1,207
0,5	7,464	0,906	8,16	0,992	8,809	1,069	9,422	1,144	10,00	1,214	10,55	1,281	11,08	1,345
0,6	10,08	0,978	11,02	1,069	11,89	1,153	12,71	1,232	13,49	1,308	14,23	1,38	14,64	1,448
0,7	12,61	1,024	13,79	1,12	14,86	1,207	15,89	1,291	16,86	1,37	17,79	1,445	18,67	1,516
0,8	14,75	1,044	16,12	1,141	17,38	1,23	18,58	1,315	19,71	1,396	20,79	1,472	21,82	1,545
0,9	16,06	1,029	17,56	1,124	18,93	1,212	20,24	1,296	21,47	1,375	22,65	1,451	23,77	1,523
1,0	14,92	0,906	16,33	0,992	17,61	1,069	18,84	1,144	20,00	1,214	21,1	1,281	22,16	1,345

h/D	$i = 0,013$													
	$i = 0,013$		$i = 0,014$		$i = 0,015$		$i = 0,016$		$i = 0,017$		$i = 0,018$		$i = 0,019$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	4,475	1,077	4,666	1,123	4,84	1,167	5,028	1,21	5,29	1,251	5,368	1,291	5,531	1,331
0,4	7,764	1,262	8,093	1,315	8,409	1,367	8,715	1,416	9,011	1,464	9,298	1,511	9,578	1,557
0,5	11,58	1,407	12,07	1,466	12,54	1,523	12,99	1,578	13,43	1,631	13,86	1,683	14,27	1,733
0,6	15,62	1,514	16,27	1,578	16,9	1,639	17,51	1,697	18,1	1,755	18,67	1,81	19,23	1,864
0,7	19,51	1,585	20,33	1,651	21,11	1,715	21,87	1,776	22,6	1,836	23,32	1,894	24,01	1,95
0,8	22,81	1,615	23,76	1,682	24,67	1,747	25,56	1,809	26,41	1,87	27,25	1,929	28,06	1,986
0,9	24,85	1,592	25,88	1,658	26,68	1,722	27,85	1,784	28,78	1,844	29,69	1,902	30,57	1,958
1,0	23,17	1,407	24,14	1,466	25,08	1,523	25,99	1,578	26,86	1,631	27,72	1,683	28,54	1,733

h/D	$i = 0,02$													
	$i = 0,02$		$i = 0,025$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,06$		$i = 0,07$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	5,689	1,369	6,427	1,546	7,093	1,707	8,271	1,99	9,304	2,239	10,23	2,463	11,08	2,668
0,4	9,85	1,601	11,11	1,807	12,25	1,992	14,27	2,321	16,04	2,608	17,64	2,867	19,09	3,104
0,5	14,67	1,782	16,55	2,01	18,24	2,215	21,23	2,578	28,84	2,896	26,2	3,182	28,35	3,443
0,6	19,77	1,916	22,29	2,16	24,55	2,38	28,56	2,768	32,07	3,109	35,22	3,414	38,11	3,694
0,7	24,68	2,005	27,82	2,259	30,64	2,488	35,62	2,893	39,99	3,248	43,91	3,567	47,5	3,858
0,8	28,84	2,042	32,5	2,301	35,79	2,534	41,61	2,946	46,71	3,307	51,28	3,631	55,48	3,928
0,9	31,43	2,013	35,42	2,269	39,01	2,499	45,36	2,905	50,91	3,261	55,91	3,581	60,47	3,874
1,0	29,35	1,782	33,1	2,10	36,48	2,215	42,46	2,578	47,69	2,896	52,4	3,182	56,71	3,443

Окончание ПРИЛОЖЕНИЯ П

h/D	$i = 0,08$		$i = 0,09$		$i = 0,1$		$i = 0,11$		$i = 0,12$		$i = 0,14$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	11,87	2,858	12,61	3,036	13,31	3,204	13,97	3,363	14,6	3,515	15,78	3,799	16,34	3,933
0,4	20,44	3,324	21,71	3,529	22,98	3,723	24,03	3,97	25,1	4,082	27,12	4,41	28,07	4,564
0,5	30,35	3,686	32,22	3,913	33,97	4,126	35,64	4,329	37,23	4,522	40,2	4,883	41,61	5,053
0,6	40,78	3,953	43,28	4,196	45,64	4,424	47,87	4,64	50,00	4,847	53,99	5,233	55,86	5,415
0,7	50,73	4,129	53,94	4,381	56,87	4,619	59,65	4,844	62,29	5,059	67,25	5,462	69,58	5,651
0,8	59,36	4,203	62,98	4,46	66,4	4,702	69,64	4,931	72,72	5,15	78,5	5,559	81,22	5,751
0,9	64,71	4,145	68,87	4,399	72,4	4,638	75,93	4,864	79,3	5,079	85,6	5,484	88,57	5,673
1,0	60,7	3,686	64,44	3,913	67,95	4,126	71,29	4,329	74,46	4,522	80,41	4,883	83,22	5,053

Таблицы для гидравлического расчета безнапорных канализационных трубопроводов из полиэтилена высокого давления
"СЛ" $D = 50$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,127	0,352	0,2	0,555	0,257	0,714	0,305	0,847	0,347	0,965	0,514	1,429
0,4	0,223	0,42	0,35	0,658	0,448	0,842	0,531	0,998	0,604	1,135	0,891	1,674
0,5	0,337	0,473	0,526	0,738	0,672	0,943	0,795	1,115	0,904	1,268	1,329	1,865
0,6	0,458	0,513	0,713	0,798	0,91	1,018	1,074	1,203	1,221	1,367	1,729	2,007
0,7	0,575	0,54	0,893	0,838	1,138	1,068	1,344	1,262	1,527	1,432	2,239	2,101
0,8	0,673	0,551	1,044	0,855	1,331	1,089	1,572	1,268	1,785	1,46	2,616	2,14
0,9	0,733	0,542	1,137	0,842	1,45	1,073	1,712	1,267	1,944	1,439	2,85	2,109
1,0	0,674	0,473	1,052	0,738	1,344	0,943	1,59	1,115	1,808	1,268	2,659	1,865

"СЛ" $D = 63$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,245	0,43	0,379	0,666	0,483	0,848	0,571	1,002	0,648	1,139	0,952	1,672
0,4	0,43	0,51	0,663	0,786	0,841	0,998	0,993	0,178	1,126	1,336	1,648	1,955
0,5	0,647	0,574	0,993	0,88	1,259	1,116	1,484	1,315	1,682	1,491	2,455	2,176
0,6	0,878	0,621	1,344	0,951	1,701	1,203	2,004	1,418	2,27	1,606	3,306	2,34
0,7	1,101	0,653	1,682	0,997	2,128	1,261	2,505	1,485	2,837	1,681	4,129	2,447
0,8	1,288	0,666	1,968	1,017	2,489	1,268	2,929	1,513	3,316	1,713	4,825	2,493
0,9	1,402	0,656	2,142	1,001	2,71	1,267	3,19	1,491	3,612	1,689	5,258	2,458
1,0	1,295	0,574	1,987	0,88	2,518	1,116	2,969	1,315	3,365	1,491	4,911	2,176

"СЛ" $D = 75$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,4	0,497	0,613	0,76	0,777	0,964	0,916	1,136	1,038	1,287	1,517	1,88
0,4	0,702	0,588	1,069	0,896	1,352	1,132	1,591	1,333	1,802	1,509	2,622	2,196
0,5	1,055	0,66	1,601	1,001	2,021	1,264	2,376	1,486	2,688	1,682	3,903	2,442
0,6	1,429	0,714	2,164	1,08	2,73	1,363	3,206	1,601	3,625	1,81	5,255	2,624
0,7	1,791	0,749	2,708	1,133	3,413	1,427	4,006	1,676	4,528	1,894	6,558	2,743
0,8	2,095	0,764	3,167	1,155	3,99	1,455	4,683	1,708	5,292	1,93	7,661	2,794
0,9	2,281	0,753	3,448	1,138	4,346	1,434	5,101	1,683	5,765	1,902	8,349	2,755
1,0	2,11	0,66	3,202	1,001	4,043	1,264	4,753	1,486	5,377	1,682	7,807	2,442

"СЛ" $D = 90$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода									
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,669	0,575	1,012	0,871	1,278	1,099	1,502	1,292	1,699	1,461
0,4	1,169	0,679	1,762	1,023	2,22	1,289	2,605	1,513	2,944	1,71
0,5	1,753	0,761	2,636	1,143	3,315	1,438	3,886	1,686	4,388	1,904
0,6	2,374	0,822	3,56	1,223	4,472	1,549	5,239	1,814	5,913	2,048
0,7	2,972	0,863	4,451	1,291	5,588	1,622	6,544	1,899	7,383	2,142
0,8	3,476	0,88	5,204	1,316	6,531	1,652	7,647	1,934	8,627	2,182
0,9	3,785	0,866	5,668	1,297	7,116	1,628	8,332	1,907	9,4	2,851
1,0	3,507	0,761	5,272	1,143	6,63	1,438	7,772	1,686	8,776	1,904

"СЛ" $D = 110$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода									
	$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$		$i = 0,018$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	1,173	0,673	1,308	0,75	1,431	0,821	1,547	0,887	1,656	1,095
0,4	2,046	0,793	2,279	0,883	2,491	0,965	2,691	1,042	2,879	1,115
0,5	3,065	0,887	3,412	0,987	3,726	1,078	4,032	1,164	4,301	1,245
0,6	4,144	0,957	4,61	1,065	5,034	1,162	5,432	1,255	5,806	1,341
0,7	5,186	1,003	5,766	1,116	6,294	1,218	6,791	1,314	7,257	1,404
0,8	6,065	1,023	6,743	1,137	7,359	1,241	7,939	1,339	8,483	1,431
0,9	6,604	1,008	7,343	1,12	8,015	1,223	8,647	1,32	9,241	1,41
1,0	6,131	0,887	6,824	0,987	7,453	1,078	8,046	1,164	8,603	1,245

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода									
	$i = 0,03$		$i = 0,035$		$i = 0,04$		$i = 0,045$		$i = 0,05$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	2,211	1,268	2,408	1,381	2,591	1,486	2,753	1,579	2,926	1,678
0,4	3,833	1,485	3,172	1,616	4,486	1,738	4,776	1,85	5,06	1,96
0,5	5,717	1,654	6,218	1,799	6,685	1,934	7,124	2,062	7,534	2,18
0,6	7,708	1,78	8,381	1,936	9,006	2,08	9,606	2,219	10,14	2,343
0,7	9,626	1,863	10,46	2,025	11,24	2,176	12,0	2,322	12,66	2,45
0,8	11,24	1,898	12,22	2,063	13,13	2,216	14,02	2,366	14,79	2,496
0,9	12,25	1,871	13,32	2,033	14,31	2,185	15,27	2,322	16,12	2,46
1,0	11,43	1,654	12,43	1,799	13,37	1,934	14,25	2,062	15,06	2,18

"СЛ" $D = 125$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода													
	$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$		$i = 0,018$		$i = 0,02$		$i = 0,025$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	1,66	0,74	1,846	0,823	2,02	0,9	2,181	0,972	2,333	1,04	2,476	1,103	2,807	1,251
0,4	2,893	0,871	3,214	0,968	3,513	1,057	3,79	1,141	4,051	1,219	4,298	1,294	4,866	1,465
0,5	4,33	0,974	4,806	1,081	5,25	1,18	5,662	1,273	6,049	1,36	6,415	1,443	7,256	1,632
0,6	5,85	1,05	6,491	1,165	7,088	1,272	7,371	1,371	8,061	1,465	8,653	1,553	9,782	1,756
0,7	7,317	1,1	8,116	1,22	8,859	1,322	9,549	1,436	10,19	1,533	10,81	1,626	12,21	1,837
0,8	8,556	1,122	9,489	1,244	10,35	1,358	11,16	1,463	11,91	1,563	12,63	1,656	14,27	1,872
0,9	9,318	1,105	10,33	1,226	11,28	1,338	12,15	1,442	12,98	1,54	13,76	1,632	15,55	1,845
1,0	8,66	0,974	9,613	1,081	10,5	1,18	11,32	1,273	12,09	1,36	12,83	1,443	14,51	1,632
h/D	$i = 0,03$		$i = 0,035$		$i = 0,04$		$i = 0,045$		$i = 0,05$		$i = 0,1$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	3,105	1,384	3,378	1,506	3,633	1,619	3,859	1,72	4,097	1,826	5,902	2,63	7,268	3,239
0,4	5,377	1,619	5,848	1,76	6,284	1,892	6,686	2,013	7,08	2,131	10,17	3,062	12,5	3,765
0,5	8,015	1,802	8,711	1,959	9,358	2,104	9,967	2,42	10,53	2,369	15,1	3,397	18,55	4,173
0,6	10,8	1,939	11,73	2,106	12,6	2,262	13,43	2,412	14,18	2,546	20,3	3,645	24,92	4,475
0,7	13,48	2,028	14,64	2,203	15,7	2,366	16,77	2,523	17,69	2,661	25,31	3,807	31,06	4,672
0,8	15,75	2,066	17,11	2,244	18,37	2,409	19,6	2,57	20,67	2,71	29,56	3,876	36,26	4,4756
0,9	17,16	2,037	18,65	2,212	20,02	2,375	21,35	2,534	22,52	2,672	32,22	3,823	39,54	4,691
1,0	16,03	1,802	17,42	1,959	18,71	2,104	09,93	2,242	21,07	2,369	30,2	3,397	37,1	4,173

225

h/D	$i = 0,09$		$i = 0,1$		$i = 0,11$		$i = 0,12$		$i = 0,13$		$i = 0,14$		$i = 0,15$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	7,547	2,68	7,969	2,83	8,369	2,972	8,75	3,107	9,114	3,237	9,464	3,361	9,801	3,481
0,4	13,00	3,119	13,72	3,292	14,4	3,456	15,05	3,612	15,68	3,762	16,27	3,905	16,85	4,043
0,5	19,0	3,46	20,37	3,651	21,38	3,832	22,34	4,005	23,26	4,169	24,14	4,327	24,99	4,479
0,6	25,95	3,712	27,38	3,916	28,73	4,11	30,02	4,294	31,25	4,47	32,43	4,639	33,57	4,802
0,7	32,35	3,877	34,13	4,09	35,81	4,291	37,41	4,483	38,94	4,667	40,41	4,843	41,83	5,013
0,8	37,78	3,947	39,85	4,164	41,81	4,369	43,68	4,564	45,47	4,751	47,18	4,93	48,83	5,102
0,9	41,18	3,833	43,44	4,107	45,58	4,309	47,62	4,502	49,57	4,686	51,44	4,863	53,24	5,033
1,0	38,61	3,46	40,74	3,651	42,76	3,832	44,68	4,004	46,53	4,169	48,29	4,327	49,99	4,479

"СЛ" $D = 160$ мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода													
	$i = 0,006$		$i = 0,007$		$i = 0,008$		$i = 0,009$		$i = 0,01$		$i = 0,011$		$i = 0,012$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	2,417	0,658	2,65	0,721	2,864	0,779	3,069	0,835	3,262	0,887	3,446	0,937	3,622	0,985
0,4	4,215	0,774	4,617	0,848	4,986	0,916	5,338	0,981	5,671	1,042	5,987	1,1	6,29	1,155
0,5	6,311	0,866	6,908	0,948	7,456	1,023	7,979	1,095	8,472	1,163	8,942	1,227	9,392	1,289
0,6	8,53	0,935	9,333	1,022	10,07	1,103	10,77	1,18	11,43	1,253	12,06	1,322	12,67	1,388
0,7	10,67	0,979	11,67	1,071	12,59	1,155	13,46	1,236	14,29	1,312	15,08	1,384	15,83	1,453
0,8	12,47	0,999	13,64	1,092	14,72	1,178	15,74	1,259	16,7	1,337	17,62	1,41	18,5	1,481
0,9	13,58	0,984	14,86	1,076	16,03	1,16	17,14	1,241	18,2	1,317	19,2	1,39	20,15	1,459
1,0	12,62	0,866	13,81	0,948	14,91	1,023	15,95	1,095	16,94	1,163	17,99	1,227	18,78	1,289

h/D	$i = 0,013$		$i = 0,014$		$i = 0,015$		$i = 0,016$		$i = 0,017$		$i = 0,018$		$i = 0,019$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	3,791	1,031	3,953	1,075	4,11	1,118	4,262	1,159	4,408	1,199	4,551	1,238	4,69	1,275
0,4	6,58	1,209	6,859	1,26	7,129	1,31	7,39	1,358	7,642	1,404	7,887	1,449	8,126	1,493
0,5	9,822	1,348	10,23	1,405	10,63	1,46	11,02	1,513	11,39	1,564	11,76	1,614	12,11	1,662
0,6	13,25	1,451	13,8	1,724	14,34	1,571	14,86	1,628	15,36	1,683	15,85	1,736	16,32	1,788
0,7	16,55	1,519	17,24	1,583	17,91	1,644	18,56	1,703	19,18	1,761	19,79	1,817	20,38	1,871
0,8	19,34	1,548	20,15	1,613	20,93	1,675	21,69	1,736	22,42	1,794	23,13	1,851	23,82	1,906
0,9	21,07	1,526	21,95	1,589	22,81	1,651	23,63	1,711	24,43	1,768	25,2	1,824	25,95	1,879
1,0	19,64	1,348	20,47	1,405	21,27	1,46	22,04	1,513	22,79	1,564	23,52	1,614	24,22	1,662

"C" $D = 50$ мм

Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода												
h/D	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s		q_s		q_s		q_s		q_s		q_s	
	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s
0,3	0,096	0,31	0,15	0,50	0,66	0,24	0,79	0,90	0,27	0,41	1,35	0,52
0,4	0,17	0,38	0,27	0,60	0,78	0,42	0,93	1,07	0,48	0,72	1,60	0,90
0,5	0,26	0,43	0,41	0,68	0,88	0,63	1,05	1,20	0,72	1,08	1,79	1,35
0,6	0,35	0,47	0,56	0,74	0,95	0,86	1,14	1,30	0,98	1,46	1,93	1,83
0,7	0,45	0,49	0,70	0,78	1,00	1,08	1,19	1,36	1,23	1,83	2,03	2,28
0,8	0,52	0,50	0,82	0,79	1,02	1,26	1,22	1,39	1,44	2,14	2,07	2,67
0,9	0,57	0,50	0,89	0,78	1,01	1,37	1,20	1,37	1,57	2,33	2,03	2,91
1,0	0,52	0,43	0,82	0,68	0,88	1,27	1,05	1,20	1,45	2,16	1,79	2,70

"C" $D = 63$ мм

Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода												
h/D	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s		q_s		q_s		q_s		q_s		q_s	
	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s
0,3	0,196	0,402	0,306	0,627	0,39	0,8	0,462	0,948	0,525	1,077	1,586	0,963
0,4	0,345	0,478	0,535	0,741	0,681	0,943	0,804	1,114	0,913	1,265	1,856	1,664
0,5	0,52	0,538	0,802	0,83	1,019	1,054	1,203	1,245	1,364	1,412	2,066	2,477
0,6	0,706	0,583	1,085	0,897	1,377	1,138	1,624	1,342	1,842	1,522	2,223	3,335
0,7	0,885	0,613	1,359	0,941	1,723	1,193	2,031	1,496	2,302	1,593	2,325	4,161
0,8	1,036	0,625	1,59	0,96	2,015	1,216	2,375	1,433	2,691	1,624	2,368	4,861
0,9	1,127	0,615	1,731	0,945	2,194	1,198	2,587	1,412	2,932	1,6	2,335	5,298
1,0	1,04	0,538	1,604	0,83	2,038	1,054	2,406	1,245	2,729	1,412	2,066	4,954

"C" $D = 75$ мм

Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода												
h/D	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s		q_s		q_s		q_s		q_s		q_s	
	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s
0,3	0,321	0,466	0,494	0,717	0,628	0,91	0,741	1,074	0,841	1,218	1,784	1,527
0,4	0,564	0,552	0,863	0,845	1,093	1,07	1,288	1,261	0,459	1,429	2,085	2,637
0,5	0,848	0,62	1,293	0,946	1,635	1,196	1,924	1,407	2,178	1,594	2,319	3,923
0,6	1,149	0,671	1,749	1,021	2,208	1,289	2,597	1,516	2,939	1,716	2,493	5,279
0,7	1,44	0,705	2,188	1,07	2,761	1,351	3,246	1,588	3,671	1,796	2,607	6,585
0,8	1,685	0,719	2,559	1,091	3,229	1,377	3,794	1,618	4,291	1,83	2,655	7,691
0,9	1,834	0,708	2,787	1,075	3,516	1,356	4,133	1,594	4,675	1,804	2,618	8,383
1,0	1,695	0,62	2,586	0,946	3,27	1,196	3,849	1,407	4,357	1,594	2,319	7,846

"C" D = 90 мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,537	0,54	0,816	0,821	1,032	1,039	1,214	1,222	1,375	1,384	2,002	2,015
0,4	0,939	0,639	1,421	0,967	1,794	1,22	2,107	1,433	2,383	1,621	3,458	2,351
0,5	1,41	0,716	2,127	1,08	2,68	1,361	3,145	1,597	3,554	1,805	5,145	2,614
0,6	1,909	0,774	2,874	1,165	3,617	1,466	4,242	1,72	4,791	1,942	6,926	2,808
0,7	2,391	0,812	3,594	1,221	4,52	1,535	5,299	1,8	5,983	2,032	8,64	2,935
0,8	2,797	0,828	4,202	1,244	5,284	1,565	6,193	1,834	6,991	2,07	10,09	2,989
0,9	3,045	0,816	4,577	1,226	5,756	1,542	6,747	1,808	7,617	2,041	11,00	2,947
1,0	2,82	0,716	4,254	1,08	5,36	1,361	6,29	1,597	7,109	1,805	10,29	2,614

"C" D = 110 мм

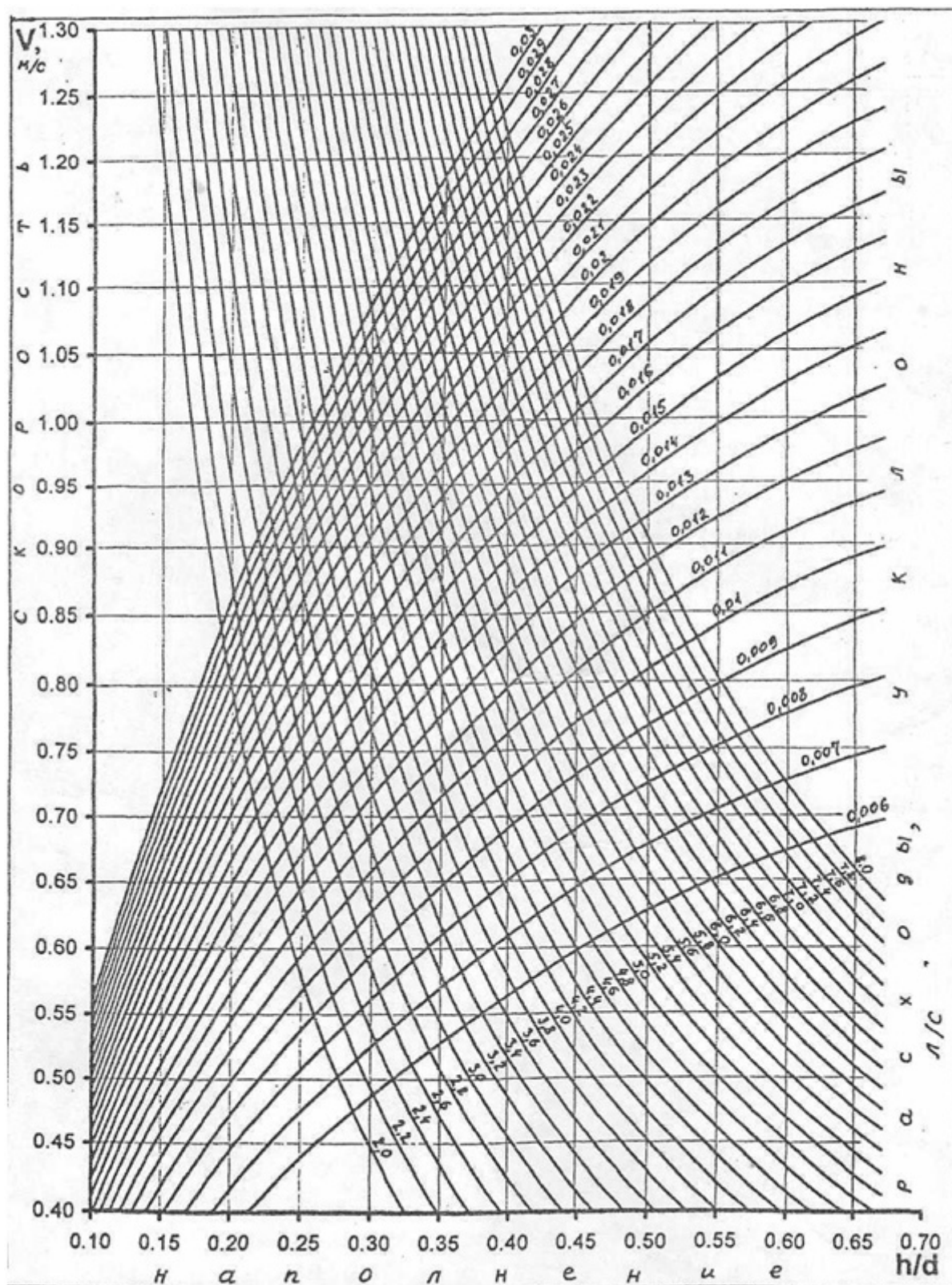
h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,02$		$i = 0,03$		$i = 0,04$		$i = 0,05$		$i = 0,1$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	0,934	0,632	1,406	0,951	1,771	1,197	2,078	1,404	2,348	1,587	3,399	2,297
0,4	1,631	0,745	2,445	1,116	3,072	1,403	3,6	1,643	4,063	1,855	5,864	2,678
0,5	2,445	0,834	3,655	1,246	4,584	1,563	5,366	1,83	6,052	2,064	8,717	2,973
0,6	3,308	0,901	4,934	1,343	6,182	1,683	7,232	1,968	8,152	2,219	11,72	3,192
0,7	4,14	0,944	6,166	1,406	7,722	1,761	9,029	2,059	10,17	2,321	14,62	3,336
0,8	4,482	0,963	7,209	1,433	9,025	1,795	10,55	2,098	11,88	2,364	17,08	3,396
0,9	5,272	0,949	7,852	1,412	9,883	1,769	11,49	2,068	12,95	2,331	18,61	3,349
1,0	4,891	0,834	7,31	1,246	9,169	1,563	10,73	1,83	12,1	2,064	17,43	2,973

"C" D = 125 мм

h/D	Расход жидкости q_s , л/с, и скорости V , м/с, при уклоне трубопровода											
	$i = 0,01$		$i = 0,012$		$i = 0,014$		$i = 0,016$		$i = 0,018$		$i = 0,02$	
	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V	q_s	V
0,3	1,331	0,697	1,482	0,776	1,622	0,849	1,753	0,918	1,876	0,982	1,992	1,042
0,4	2,321	0,821	2,582	0,913	2,823	0,998	3,049	1,077	3,26	1,152	3,46	1,223
0,5	3,476	0,918	3,862	1,02	4,222	1,114	4,556	1,203	4,87	1,286	5,167	1,364
0,6	4,699	0,99	5,219	1,099	5,701	1,201	6,151	1,296	6,573	1,385	6,972	1,469
0,7	5,878	1,938	6,526	1,152	7,128	1,258	7,689	1,357	8,214	1,45	8,711	1,538
0,8	6,874	1,058	7,631	1,174	8,334	1,283	8,988	1,383	9,602	1,478	10,18	1,567
0,9	7,486	1,042	8,311	1,157	9,077	1,264	9,79	1,363	10,45	1,456	11,09	1,544
1,0	8,953	0,918	7,725	1,02	8,444	9,114	9,113	1,203	9,747	1,286	20,33	1,364

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Номограмма для расчета водоотводящих сетей
(по формуле Н. Н. Павловского) из керамических труб диаметром 150 мм



ПРИЛОЖЕНИЕ Т

Данные для гидравлического расчета чугунных канализационных труб

Диаметр 50 мм

Наполнение в долях диаметра	Уклоны в тысячных							
	30		40		50		100	
	q , л/с	v , м/с	q , л/с	v , м/с	q , л/с	v , м/с	q , л/с	v , м/с
0,30	0,258	0,52	0,298	0,60	0,333	0,67	0,471	0,95
0,35	0,346	0,56	0,400	0,65	0,447	0,73	0,632	1,03
0,40	0,443	0,61	0,512	0,70	0,572	0,78	0,809	1,11
0,45	0,549	0,64	0,634	0,74	0,709	0,83	1,00	1,17
0,50	0,660	0,67	0,762	0,78	0,852	0,87	1,20	1,23
0,55	0,772	0,70	0,892	0,81	0,997	0,90	1,41	1,22
0,60	0,885	0,72	0,02	0,83	1,14	0,93	1,62	1,32

Диаметр 100 мм

Наполнение в долях диаметра	Уклоны в тысячных							
	30		40		50		100	
	q , л/с	v , м/с	q , л/с	v , м/с	q , л/с	v , м/с	q , л/с	v , м/с
0,30	1,34	0,68	1,50	0,70	1,64	0,83	1,77	0,89
0,35	1,80	0,73	2,01	0,82	2,20	0,90	3,38	0,97
0,40	2,31	0,79	2,59	0,88	2,82	0,96	3,05	1,04
0,45	2,85	0,33	3,19	0,93	3,49	1,02	3,77	1,10
0,50	3,42	0,87	3,83	0,97	4,19	1,07	4,58	1,15
0,55	4,01	0,90	4,48	1,01	4,91	1,11	5,30	1,20
0,60	4,60	0,93	5,24	1,05	5,63	1,14	6,08	1,24

Диаметр 150 мм

Наполнение в долях диаметра	Уклоны в тысячных							
	30		40		50		100	
	q , л/с	v , м/с	q , л/с	v , м/с	q , л/с	v , м/с	q , л/с	v , м/с
0,30	2,51	0,56	2,81	0,63	3,08	0,69	3,32	0,74
0,35	3,36	0,61	3,76	0,68	4,12	0,75	4,45	0,81
0,40	4,32	0,65	4,83	0,73	5,29	0,80	5,71	0,86
0,45	5,34	0,69	5,97	0,77	6,54	0,85	7,06	0,91
0,50	6,41	0,72	7,17	0,81	7,85	0,89	8,48	0,96
0,55	7,51	0,75	8,40	0,84	9,20	0,92	9,94	1,00
0,60	8,61	0,78	9,63	0,37	10,5	0,95	11,4	1,03

ПРИЛОЖЕНИЕ У

Расходы воды и стоков санитарными приборами

Санитарные приборы	Секундный расход воды, л/с			Часовой расход воды, л/с			Сво- бод- ный, на- пор, м	Рас- ход сто- ков от при- бора, л/с	Минималь- ные диа- метры условного прохода, мм	
	об- щий	хо- лод- ной	горя- чей q_0^h	об- щий $q_{0,hr}^{tot}$	хо- лод- ной $q_{0,hr}^c$	горя- чей $q_{0,hr}^h$			под- вод- ки	от- вода
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Умывальник, рукомойник с водоразборным краном	0,1	0,1	–	30	30	–	2	0,15	10	32
2. То же, со смесителем	0,12	0,09	0,09	60	40	40	2	0,15	10	32
3. Мойка со смесителем	0,12	0,09	0,09	80	60	60	2	0,6	10	40
4. Ванна с общим смесителем	0,25	0,18	0,18	300	200	200	3	0,8	10	40
5. Ванна с водогрейной колонкой и смесителем	0,22	0,22	–	300	300	–	3	1,1	15	40
6. Душевая кабина с мелким душевым подоном и смесителем	0,12	0,09	0,09	100	60	60	3	0,2	10	40
7. Душевая кабина с глубоким душевым поддоном и смесителем	0,12	0,09	0,09	115	80	80	3	0,6	10	40
8. Душ со смесителем	0,2	0,14	0,14	500	270	230	3	0,2	10	50
9. Гигиенический душ (биде) со смесителем и аэратором	0,08	0,05	0,05	75	54	54	5	0,15	10	32
10. Унитаз со смывным бачком	0,1	0,1	–	83	83	–	2	1,6	8	85
11. Унитаз со смывным краном	1,4	1,4	–	81	81	–	4	1,4	–	85
12. Писсуар	0,035	0,035	–	36	36	–	2	0,1	10	40
13. Писсуар с полуавтоматическим смывным краном	0,2	0,2	–	36	36	–	3	0,2	15	40
14. Поливочный кран	0,3	0,3	0,2	1080	1080	720	2	0,3	15	–

ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

Норма потребления воды (на человека, единицу)

Степень благоустройства	Водопотребители	Норма расхода воды, л				Расход воды прибором, л/с (л/ч)	
		в средние сутки		в час наибольшего водопотребления		общий (холодной и горячей) $q_0^{tot} (q_{0,hr}^{tot})$	холодной или горячей q_0^c, q_0^h ($q_{0,hr}^c, q_{0,hr}^h$)
		общая (в том числе горячей)	горячей	общая (в том числе горячей) $q_{hr,u}^{tot}$	горячей $q_{hr,u}^h$		
1	2	3	4	7	8	9	10
Жилые здания:		100	34,0	6,5	—	0,2 (50)	0,2 (50)
1	с водопроводом и канализацией без ванн						
2	то же, с газоснабжением	120	40,8	7	—	0,2 (50)	0,2 (50)
3	с водопроводом, канализацией и ваннами с емкостными водонагревателями	210	72,3	13	—	0,3 (300)	0,3 (300)
4	то же, с водонагревателями проточного типа	250	85	15,6	8,5	0,3 (300)	0,3 (300)
5	с централизованным горячим водоснабжением и сидячими ваннами	230	80	14,3	7,8	0,3 (300)	0,2 (200)
6	то же, с ваннами длиной 1500 – 1700 мм	250	85	15,6	8,5	0,3 (300)	0,2 (200)

ПРИЛОЖЕНИЕ X

Основные технические характеристики тахометрических крыльчатых счетчиков BCX, BCXd от ГК «Промприбор»

Наименование основных технических характеристик	Норма для счетчиков с D_y , мм						
	15	15	15	20	25	32	40
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Расход воды, м ³ /ч, в том числе для счетчиков в диапазоне температур	+5...+50 С°						
- наименьший Класс А	0,024	0,04	0,06	0,1			
$Q_{\min}$ Класс В	0,012	0,02	0,03	0,05	0,14	0,24	0,3
-переходный Класс А	0,06	0,1	0,15	0,25			
Q_t Класс В	0,048	0,08	0,12	0,2	0,35	0,6	1
эксплуатационный Q_{Σ} класс А и В	0,6	1	1,5	2,5	3,5	6	10
номинальный $Q_{\text{ном}}$ класс А и класс В	0,6	1	1,5	2,5	3,5	6	10
наибольший $Q_{\text{мах}}$ класс А и класс В	1,2	2	3	5	7	12	20
порог чувствительности, м ³ /ч, не более (для класса А и В)	0,006	0,01	0,01	0,02	0,05	0,09	0,15
2. Наибольшее количество воды $1000 \times \text{м}^3$, измеряемое BCX, BCXd							
- за сутки	0,0144	0,024	0,038	0,063	0,087	0,15	0,25
- за месяц	0,426	0,714	1,125	1,875	2,625	4,5	7,5
3. Присоединение к трубопроводу	резьбовое						
	3/4"	3/4"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
4. Габаритные размеры в мм, (не более)							
- длина	110	110	110	130	260	260	300
- высота	75	75	75	75	110	110	110
- высота	80	80	80	80	123	125	125
- ширина	70	70	70	70	93	93	93
5. Масса, кг, не более	0,5	0,5	0,5	0,6	2,2	4,2	4,7
6. Коэффициент гидравлического сопротивления K для крыльчатых счетчиков воды типа BCX, BCXd	6944	2500	1111	400	204,08	69,444	25

Пределы допускаемой относительной погрешности водосчетчиков не должны превышать:

+ 5% в диапазоне расходов питания от $G_{\min}$ до G_t ;

+ 2% в диапазоне расходов от G_t до $G_{\text{мах}}$ включительно.

Средний срок службы — не менее 12 лет.

Формула расчета гидравлических характеристик водосчетчиков BCX, BCXd.

Потеря давления на счетчике рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta P = K \cdot Q^2 \cdot 10^{-4},$$

где ΔP — потеря давления на счетчике, (кг/см²); K — коэффициент гидравлического сопротивления; Q — расход, м³/ч.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ц

Основные характеристики насосов типа К и КМ

Марка насоса	Номинальный расход, м ³ /ч	Номинальный напор, м	Допускаемый кавитационный запас, м	Синхронная частота вращ., об/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Масса, кг	Dy всасыв., мм	Dy нагнет., мм
К 8/18	8	18	3,8	3000	1,5	58	40	32
К 20/18	20	18	3,8	3000	2,2	61	50	40
К 20/30	20	30	3,8	3000	4,0	78	40	40
К 45/30	45	30	4,3	3000	7,5	133	80	50
К 45/30а	35	22	4,3	3000	5,5	119	80	50
К 90/20	90	20	5,2	3000	7,5	135	100	80
К 50-32-125	12,5	20	3,5	3000	2,2	80	50	32
К 65-50-125	25	20	3,8	3000	3,0	100	65	50
К 65-50-160	25	32	3,8	3000	5,5	115	65	50
К 80-65-160	50	32	4,0	3000	7,5	136	80	65
К 80-50-200	50	50	3,5	3000	15,0	250	80	50
К 80-50-200а	45	40	3,5	3000	11,0	185	80	50
КМ 50-32-125	12,5	20	3,5	3000	1,5 2,2	47	50	32
КМ 65-50-125	25	20	3,8	3000	4,0	62	65	50
КМ 65-50-160	25	32	3,8	3000	5,5	75	65	50
КМ 80-65-160	50	32	4,0	3000	7,5	105	80	65
КМ 80-50-200	50	50	3,5	3000	15,0	185	80	50

Условные обозначения:

К 8/18

- **К** – тип насоса (консольный насос);
- **8** – расход (м³/ч);
- **18** – напор (м)

КМ 50-32-125а-СД-УХЛ4

- **КМ** – тип насоса (консольный насос моноблочный);
- **50** – диаметр входного патрубка (мм);
- **32** – диаметр выходного патрубка (мм);
- **125** – номинальный диаметр рабочего колеса (мм);
- **а** – уменьшенный диаметр рабочего колеса;
- **СД** – сдвоенное сальниковое уплотнение;
- **УХЛ** – климатическое исполнение консольного насоса;
- **4** – категория размещения при эксплуатации.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ш

Основные характеристики насосов типа АЦМС

Марка насоса	Подача, м ³ /ч	Напор, м	Мощность, кВт
АЦМС 2-20	2	15	0,37
2-30		22	0,37
2-40		29	0,55
2-50		36	0,55
2-60		45	0,75
АЦМС 3-20	2,8	10	0,37
3-30		16	0,37
3-40		20	0,37
3-50		25	0,37
3-60		30	0,55
3-70		35	0,55
АЦМС 4-20	4	15	0,37
4-30		23	0,55
4-40		31	0,75
4-50		40	1,1
АЦМС 5-20	5	8	0,37
5-30		15	0,55
5-40		20	0,55
5-50		25	0,75
5-60		30	1,1
АЦМС 8-20	8	18	0,75
8-30		27	1,1
8-40		36	1,5
8-50		46	2,2
АЦМС 10-20	10	15	0,75
10-30		24	1,1
10-40		31	1,5
10-50		40	2,2

Вопросы итогового контроля по дисциплине

1. Что изучает гидравлика, гидростатика и гидродинамика.
2. Основные свойства капельных жидкостей.
3. Связь между объемным весом, плотностью и ускорением силы тяжести.
4. Понятие вязкости жидкости. Связь между динамическим и кинематическим коэффициентами вязкости, их размерность.
5. Понятие гидростатического давления. Его основные свойства.
6. Понятия абсолютного, избыточного и вакуумметрического давлений.
7. Основные понятия гидродинамики.
8. Уравнение неразрывности потока.
9. Энергетический и геометрический смысл уравнения Бернулли.
10. Ламинарное и турбулентное движения.
11. Что такое число Рейнольдса?
12. Общие потери напора.
13. Определение потерь напора при ламинарном движении.
14. Факторы, определяющие коэффициент гидравлического трения при турбулентном движении.
15. Формула для определения потерь напора на местные сопротивления.
16. Особенности гидравлического расчета длинных и коротких труб.
17. Виды насадков.
18. Гидравлические струи.
19. Классификация систем водоснабжения зданий.
20. Схема сетей внутреннего водопровода.
21. Основные элементы внутреннего водопровода. Материалы и оборудование.
22. Ввод водопровода.
23. Водомерные узлы. Устройство. Подбор водосчетчика.
24. Арматура.
25. Режимы и нормы водопотребления.
26. Расчет внутреннего водопровода.
27. Гидравлический расчет внутреннего водопровода.
28. Определение требуемого напора.
29. Мероприятия по рациональному использованию воды в системах водоснабжения.
30. Зонные системы водоснабжения зданий.
31. Насосные повысительные установки во внутреннем водопроводе.
32. Пневматические водонапорные установки.
33. Водонапорные баки.
34. Борьба с шумом в системах внутреннего водопровода.
35. Противопожарный внутренний водопровод.
36. Сплнклерные противопожарные установки.
37. Дренчерные установки во внутреннем водопроводе.
38. Особенности снабжения водой производственных помещений.
39. Особенности снабжения водой систем теплоснабжения, вентиляции, кондиционирования, газоочистных установок «мокрого» типа.
40. Классификация систем водоотведения зданий.
41. Основные элементы внутренней канализационной сети зданий различного назначения.
42. Санитарно-техническое оборудование. Гидрозатворы.
43. Материалы канализационных трубопроводов. Соединительные (фасонные) части.
44. Устройства для вентиляции и прочистки канализационной сети.

45. Основные положения расчета систем внутреннего водоотведения.
46. Устройство и трассировка дворовой канализационной сети.
47. Расчет дворовой канализации.
48. Местные установки для перекачивания и транспортирования сточных вод.
49. Системы удаления атмосферных и талых вод с кровли зданий.
50. Расчет внутреннего водостока.
51. Канализование твердых отходов.
52. Система водоснабжения населенных мест. Классификация.
53. Схемы и основные элементы систем водоснабжения населенного пункта.
54. Источники водоснабжения и проблемы их охраны от истощения и загрязнения. Зоны санитарной охраны.
55. Водозаборные сооружения для поверхностных вод.
56. Водозаборные сооружения для подземных вод.
57. Требования, предъявляемые к качеству водопроводной воды. Физические, химические и бактериологические свойства воды.
58. Принципиальная схема очистной станции.
59. Схемы очистных сооружений.
60. Водонапорные и водоподъемные устройства (насосы, эрлифты).
61. Регулирующие и запасные емкости, водонапорные башни.
62. Устройство городской водопроводной сети.
63. Классификация систем водоотведения населенных мест.
64. Схемы водоотведения населенных пунктов.
65. Устройство и оборудование уличных канализационных сетей. Канализационные колодцы.
66. Вид и состав загрязнений сточных вод. Степень очистки и условия спуска сточных вод в водоемы различного назначения.
67. Методы очистки сточных вод.
68. Механическая очистка сточных вод.
69. Биологическая очистка сточных вод.
70. Технологическая схема очистки сточных вод.

Учебное издание

ЯМЛЕЕВА Эльмира Усмановна

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.
ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ С ОСНОВАМИ ГИДРАВЛИКИ

Учебное пособие

Редактор Н. А. Евдокимова

ЭИ № 1126. Объем данных 9,9 Мб

ЛР № 020640 от 22.10.97

Подписано в печать 27.07.2018. Формат 60×90/8.

Усл. печ. л. 29,75.

Тираж 50 экз. Заказ 587.

Ульяновский государственный технический университет.

432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, д. 32.

ИПК «Венец» УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, д. 32.

Тел.: (8422) 778-113

E-mail: venec@ulstu.ru

venec.ulstu.ru