

И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ ДЛЯ СПО

5-е издание, переработанное и дополненное

Рекомендовано Учебно–методическим отделом среднего профессионального образования в качестве учебника и практикума для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

Москва ■ Юрайт ■ 2016

УДК 628(075.32)

ББК 38.761я723

П12

Автор:

Павлинова Ирина Игоревна — доктор технических наук, профессор, советник Российской академии архитектуры и строительных наук, действительный член Академии ЖКХ. Автор 220 трудов.

Баженов Виктор Иванович — доктор технических наук, член-корреспондент Российской академии естественных наук, профессор кафедры водоотведения и водной экологии Института инженерно-экологического строительства и механизации Национального исследовательского Московского государственного строительного университета. Автор 220 трудов.

Губий Иван Гаврилович — кандидат технических наук, доцент.

Рецензенты:

кафедра сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения Московского государственного университета природообустройства (заведующий кафедрой — кандидат технических наук, профессор *Рожков А. Н.*);

Примин О. Г. — доктор технических наук, профессор, академик РАЕН, заместитель директора по научным исследованиям института МосводоканалНИИпроект.

Павлинова, И. И.

П12

Водоснабжение и водоотведение : учебник и практикум для СПО / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 380 с. — Серия : Профессиональное образование.

ISBN 978-5-9916-8439-2

Рассмотрены основные процессы, схемы и сооружения систем водоснабжения и водоотведения, а также методы их расчета и проектирования. Обобщены теоретические и научно-технические разработки ведущих научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, требования действующих стандартов, строительных норм и правил проектирования, а также юридические и организационные аспекты водного законодательства России. Учебник предназначен для изучения специальных разделов дисциплин: «Водоснабжение», «Водоотведение», «Насосы и насосные станции», «Санитарно-техническое оборудование зданий», «Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения».

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и профессиональным требованиям.

Для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по направлению «Архитектура и строительство» и другим инженерно-техническим направлениям.

УДК 628(075.32)

ББК 38.761я723



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

© Павлинова И. И., Баженов В. И., Губий И. Г., 2010

© Павлинова И. И., Баженов В. И., Губий И. Г., 2015, с изменениями

© ООО «Издательство Юрайт», 2016

ISBN 978-5-9916-8439-2

Оглавление

Предисловие	8
-------------------	---

Раздел I ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Глава 1. Общие сведения о водоснабжении населенных пунктов.....	13
1.1. Источники водоснабжения	13
1.2. Требования, предъявляемые к качеству воды потребителями разных категорий.....	16
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	17
Глава 2. Нормы и режимы водопотребления.....	18
2.1. Нормы потребления воды на хозяйственно-питьевые нужды, противопожарные и производственные цели.....	18
2.2. Режимы водопотребления	21
2.3. Расчетный расход воды.....	24
2.4. Свободные напоры в водопроводной сети при обычной работе и при пожаротушении.....	27
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	32
<i>Задачи для самостоятельной работы</i>	33
Глава 3. Основные схемы и системы водоснабжения населенных пунктов.....	34
3.1. Система водоснабжения населенных пунктов и ее основные элементы. Схема водоснабжения.....	34
3.2. Водоснабжение промышленных предприятий	36
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	38
Глава 4. Водозаборные сооружения.....	39
4.1. Требования, предъявляемые к месту расположения водозаборных сооружений, и их классификация.....	39
4.2. Водозаборные сооружения поверхностных вод.....	41
4.3. Водозаборы специального назначения	48
4.4. Водозаборные сооружения для захвата подземных вод	53
4.5. Зоны санитарной охраны.....	58
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	61
Глава 5. Насосы и насосные станции.....	62
5.1. Основные понятия и определения энергетических параметров насосов	62
5.2. Насосы, применяемые в системах водоснабжения.....	65
5.3. Центробежные насосы	66

5.4. Графические энергетические характеристики насосов.....	68
5.5. Параллельное и последовательное включение центробежных насосов.....	70
5.6. Регулируемые приводы	73
5.7. Классификация насосных станций	78
5.8. Требования к проектированию насосных станций II подъема.....	79
5.9. Автоматические гидропневматические установки	82
5.10. Принципы размещения насосного оборудования	83
5.11. Экономические показатели работы насосной станции.....	86
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	87
<i>Задачи для самостоятельной работы</i>	88
Глава 6. Водонапорные и регулирующие емкости	89
6.1. Классификация емкостей для хранения воды.....	89
6.2. Типы водонапорных башен и их оборудование	89
6.3. Определение вместимости бака водонапорной башни.....	91
6.4. Надземные и подземные резервуары.....	94
6.5. Пневматические водонапорные установки	96
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	97
<i>Задачи для самостоятельной работы</i>	97
Глава 7. Улучшение качества воды	98
7.1. Формирование и оценка качества природных вод.....	98
7.2. Методы очистки воды	103
7.3. Основные технологические схемы очистки воды	104
7.4. Реагенты, применяемые при обработке воды	108
7.5. Коагулирование примесей воды.....	110
7.6. Сооружения для предварительной обработки воды	112
7.7. Фильтрация воды	126
7.8. Обеззараживание воды	140
7.9. Дезодорирование воды	142
7.10. Умягчение воды	143
7.11. Обезжелезивание воды и удаление марганца.....	149
7.12. Фторирование и обесфторивание воды.....	153
7.13. Обессоливание и опреснение воды	154
7.14. Автоматизация работы очистных сооружений.....	157
7.15. Выбор места расположения очистных сооружений и определение требуемых площадей.....	158
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	159
<i>Задачи для самостоятельной работы</i>	160
Глава 8. Водопроводные сети и водоводы.....	161
8.1. Трассировка водоводов и водопроводных сетей	161
8.2. Типы и конструкции водопроводных труб.....	164
8.3. Основы прочностного расчета труб	167
8.4. Оборудование и сооружения на сетях.....	168
8.5. Переходы через препятствия (реки, овраги, железнодорожные и трамвайные пути)	171

8.6. Прокладка линий водопровода в местах транспортных и пешеходных туннелей.....	173
8.7. Расчетные схемы водопроводной сети.....	173
8.8. Гидравлический расчет сети.....	175
8.9. Зонное водоснабжение.....	179
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	181
<i>Задачи для самостоятельной работы</i>	181

Раздел II ВОДООТВЕДЕНИЕ

Глава 9. Системы и схемы водоотведения.....	185
9.1. Классификация сточных вод.....	185
9.2. Системы водоотведения населенных пунктов и промышленных предприятий.....	187
9.3. Схемы водоотведения населенных пунктов.....	190
9.4. Выбор системы и схемы водоотведения населенного пункта.....	192
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	194
Глава 10. Водоотводящая сеть.....	195
10.1. Трассировка сети.....	195
10.2. Типы труб и прокладка сети водоотведения.....	196
10.3. Сооружения на сети.....	202
10.4. Нормы водоотведения, коэффициент неравномерности притока и определение расчетных расходов сточных вод.....	204
10.5. Гидравлический расчет водоотводящей сети.....	207
10.6. Прокладка трубопроводов водоотведения при пересечении с подземными трубопроводами, переходами через препятствия (реки, овраги, железнодорожные и трамвайные пути).....	211
10.7. Прокладка водоотводящей сети в местах устройства транспортных и пешеходных туннелей.....	212
10.8. Водостоки.....	213
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	216
<i>Задачи для самостоятельной работы</i>	217
Глава 11. Перекачка сточных вод.....	218
11.1. Насосы, применяемые для перекачки сточных и дренажных вод.....	218
11.2. Выбор места расположения систем водоотведения насосных станций... ..	222
11.3. Типы насосных станций для перекачки сточных вод.....	223
11.4. Техничко-экономическое обоснование необходимости перекачки сточных вод.....	228
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	229
Глава 12. Очистка сточных вод.....	230
12.1. Состав сточных вод.....	230
12.2. Условия выпуска сточных вод в водоемы.....	234
12.3. Методы очистки сточных вод.....	237
12.4. Основные технологические схемы очистки сточных вод.....	239
12.5. Сооружения для механической очистки сточных вод.....	241

12.6. Сооружения для биологической очистки сточных вод.....	249
12.7. Методы физико-химической очистки сточных вод	258
12.8. Доочистка и обеззараживание сточных вод.....	260
12.9. Выбор места расположения очистных сооружений и определение требуемых площадей для строительства очистных станций.....	267
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	268
<i>Задачи для самостоятельной работы</i>	269

Глава 13. Обработка и утилизация осадка сточных вод	270
13.1. Состав и свойства образующегося осадка.....	270
13.2. Подготовка осадка к обезвоживанию, складированию, утилизации	272
13.3. Утилизация осадка.....	281
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	282
<i>Задача для самостоятельной работы</i>	282

Раздел III

САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЖИЛЫХ РАЙОНОВ И ОТДЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Глава 14. Водоснабжение жилых районов города.....	285
14.1. Водопроводные сети жилых районов городов	285
14.2. Оборудование питьевых фонтанчиков, фонтанов, бассейнов в системе водоснабжения.....	290
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	294
<i>Задача для самостоятельной работы</i>	294

Глава 15. Водоснабжение жилых и общественных зданий	295
15.1. Системы и схемы внутренних водопроводов	295
15.2. Вводы, водомеры, расчет внутренних систем водоснабжения	298
15.3. Оборудование, трубы и арматура сетей.....	303
15.4. Устройство внутренней водопроводной сети.....	307
15.5. Внутренние водопроводы специального назначения.....	309
15.6. Водопроводы коммунально-бытовых предприятий и зданий общественного питания.....	311
15.7. Системы и схемы горячего водоснабжения и их оборудование	314
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	317
<i>Задачи для самостоятельной работы</i>	318

Глава 16. Водоотводящие системы жилых районов города	319
16.1. Водоотводящие сети жилых районов и микрорайонов.....	319
16.2. Оборудование питьевых фонтанчиков, фонтанов, бассейнов для отведения использованной воды.....	321
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	322

Глава 17. Водоотведение сточных вод от жилых и общественных зданий	323
17.1. Системы и схемы внутренней водоотводящей сети.....	323
17.2. Санитарные приборы, трубы и арматура сетей	324
17.3. Конструкция водоотводящей сети зданий различного назначения.....	330
17.4. Устройство и оборудование внутренних водостоков и мусороудаления	333

17.5. Водоотводящие системы коммунально-бытовых предприятий и зданий общественного питания.....	337
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	339

Глава 18. Водоснабжение и водоотведение строительных площадок 340

18.1. Водоснабжение строительных площадок	340
18.2. Водоотведение строительных площадок.....	343
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	344

Раздел IV

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ

Глава 19. Реконструкция элементов систем водопользования..... 347

19.1. Основные виды переустройства систем и сооружений	347
19.2. Причины, вызывающие реконструкцию систем водоснабжения и водоотведения.....	348
19.3. Реконструкция трубопроводов бестраншейными методами	349
19.4. Реконструкция сооружений на примере станций по очистке сточных вод	351
19.5. Реконструкция насосных станций на примере канализационной станции	355
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	358

**Глава 20. Варианты реконструкции действующих сооружений
очистки сточных вод 360**

<i>Контрольные вопросы и задания</i>	367
--	-----

Термины 369

Литература 379

Предисловие

Вода является основой жизни на Земле. Основа здоровья населения — это качество воды. Однако интенсивное воздействие человека на окружающую среду привело к загрязнению и истощению водных ресурсов.

Правительство РФ уделяет большое внимание охране водных ресурсов. В стране имеется достаточно информации о состоянии водоснабжения и водоотведения городов и населенных пунктов. На основе этой информации в 2011 г. был принят Федеральный закон РФ № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении», а также документы и программы: «Вода России — XXI век», федеральные целевые программы (ФЦП) «Возрождение Волги», «О питьевой воде и питьевом водоснабжении», «Экология и природные ресурсы», «Жилище» и программы социально-экономического развития регионов РФ. Советом Федерации и Государственной думой координируется общенациональный проект «Чистая вода», который должен перерасти в ФЦП и в дальнейшем в водную стратегию России.

Сохранение водных источников при постоянно увеличивающемся потреблении и загрязнении их промышленными и бытовыми отходами — одна из актуальных проблем современности. Сегодня в мире используется 13% речного стока. В результате во многих регионах России наблюдается дефицит пресной воды, а в отдельных регионах из-за изношенных систем водоснабжения и водоотведения — дефицит качественной воды. По оценкам экспертов, качество питьевой воды почти повсюду неудовлетворительное. Анализ проб воды из водоемов, используемых для питьевого водоснабжения, показывает, что в среднем около 30% проб по санитарно-химическим и около 25% по микробиологическим показателям не соответствуют нормативам. В Архангельской, Нижегородской, Владимирской, Кемеровской и Ивановской областях от 50 до 80% водоемов не соответствуют санитарным нормам.

В настоящее время объемы строительства и реконструкции систем водоснабжения и водоотведения возрастают, для чего требуется подготовка инженеров-строителей, способных решать параллельно с задачами водоснабжения и водоотведения вопросы развития водохозяйственного комплекса и водоохраных мероприятий. Цель данного учебника — научить будущих специалистов осуществлять выбор водопроводных и водоотводящих систем для населенных мест и промышленных предприятий с учетом санитарных, технических, экологических, социальных и экономических требований.

Изучение дисциплины «Водоснабжение и водоотведение» необходимо инженеру-градостроителю для решения многих технических вопросов, органически связанных с городским хозяйством и строительством.

Одной из задач профессиональной деятельности такого специалиста является участие в разработке, эксплуатации и совершенствовании оборудования, программ расчетов параметров технологических процессов. При этом инженер-строитель должен знать принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности разрабатываемых и используемых технических средств. Умение грамотно производить технологические расчеты позволит внедрять современные процессы и конструкции с учетом возможности их интенсификации и, как следствие, оптимизировать технико-экономические показатели строительства. Кроме того, владение расчетным аппаратом позволит внедрять в условиях строительства постоянно развивающиеся средства АСУ ТП.

Учебник написан в соответствии с программой дисциплины «Водоснабжение и водоотведение» для студентов, обучающихся по специальностям «Городское хозяйство и строительство», «Промышленное хозяйство и строительство», «Теплогазоснабжение и вентиляция», «Автомобильные дороги», «Управление недвижимостью», «Экономика городского хозяйства и строительства». Проблема охраны окружающей среды городов от загрязнения — одна из важнейших экономических и социальных задач, решение которых в первую очередь направлено на обеспечение комфортного и безопасного проживания человека.

Целью изучения дисциплины «Водоснабжение и водоотведение» является формирование у студентов профессиональных знаний и навыков для решения практических задач при проектировании и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения в городской застройке, а также обезвреживания ТБО. В задачи изучения дисциплины входит научить студентов основным приемам расчета и методам проектирования систем водоснабжения, водоотведения и переработки ТБО.

Данный учебник обобщает теоретические и научно-технические разработки ведущих научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, требования действующих стандартов, строительных норм и правил проектирования, а также юридические и организационные аспекты водного законодательства России.

Учебник состоит из четырех разделов: «Водоснабжение», «Водоотведение», «Санитарно-техническое оборудование жилых районов и отдельных зданий», «Модернизация систем и сооружений». В конце глав приводятся контрольные вопросы и задания для закрепления материала, а также задачи для самостоятельной работы.

Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедр «Водоснабжение», «Водоотведение», «Охрана водных ресурсов» Московского государственного строительного университета, проф. О. Г. Примину и проф. В. А. Орлову за ценные замечания при рецензировании книги.

Вследствие изучения материалов учебника студент должен освоить:

трудовые действия

- владеть методами расчета инженерных сетей и сооружений водоснабжения;
- владеть навыками применения решений, обеспечивающих экономическую и техническую эффективность проектируемых систем водоснабжения;

- владеть навыками монтажа, строительства, эксплуатации и реконструкции основного технологического оборудования и сооружений насосных и воздухоудных станций;
- владеть навыками анализа и практического использования передового отечественного и зарубежного опыта проектирования, строительства и эксплуатации водоотводящих систем;

необходимые умения

- производить расчет систем подачи и распределения воды и анализировать полученные результаты;
- выбирать источники водоснабжения, рационально их использовать и охранять от загрязнений;
- проектировать комплексы сооружений и инженерных сетей, отдельных их элементов, предусматривать пути интенсификации их работы, применять современные и прогрессивные инженерные решения по строительству инженерных сетей и сооружений систем водоснабжения;
- выбирать и рассчитывать схемы и системы водоотведения, выполнять необходимые расчеты и проектно-графические работы, подбирать необходимое оборудование;
- обоснованно принимать проектные решения по составу технологического оборудования насосных и воздухоудных станций как элементов системы, для которой заданы требования потребителей по надежности и условиям подачи воды, воздуха и режимам эксплуатации;
- правильно выбирать схемные решения для конкретных зданий различного назначения, использовать современные методики конструирования и расчета санитарно-технических систем;
- осуществлять строительные работы по реконструкции и интенсификации работы инженерных сетей и сооружений;
- рационально использовать водные ресурсы и существующие сети и сооружения при реновации систем водоснабжения и разрабатывать планы производства строительных работ на реконструкцию инженерных сетей и сооружений;

необходимые знания

- законы об охране окружающей природной среды, об основах градостроительства и другие законы, в которых рассматриваются вопросы охраны водоемов от загрязнений;
- нормативно-техническую документацию для проектирования систем водоснабжения, водозаборных сооружений, насосных станций, водопроводных очистных сооружений и их конструктивных элементов;
- виды, конструкции, основы проектирования и строительства сооружений и основного оборудования насосных и воздухоудных станций;
- технологические схемы и сооружения по улучшению качества воды, соответствующего современным нормативам, их проектирование и расчет;
- основные процессы, сооружения, схемы, технологию, конструкцию, оборудование систем водоотведения, технологии очистки природных и сточных вод, законы, действующие в системах внутреннего водоснабжения и водоотведения (системах ВиВ).

Раздел I

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

В результате изучения данного раздела студент должен:

знать

- законы об охране окружающей природной среды, об основах градостроительства и другие законы, в которых рассматриваются вопросы охраны водоемов от загрязнений;
- нормативно-техническую документацию для проектирования систем водоснабжения, водозаборных сооружений, насосных станций, водопроводных очистных сооружений и их конструктивных элементов;
- виды, конструкции, основы проектирования и строительства сооружений и основного оборудования насосных и воздухоподводящих станций;
- технологические схемы и сооружения по улучшению качества воды, соответствующего современным нормативам, их проектирование и расчет;

уметь

- производить расчет систем подачи и распределения воды и анализировать полученные результаты;
- выбирать источники водоснабжения, рационально их использовать и охранять от загрязнений;
- проектировать комплексы сооружений и инженерных сетей, отдельных их элементов, предусматривать пути интенсификации их работы, применять современные и прогрессивные инженерные решения по строительству инженерных сетей и сооружений систем водоснабжения;
- разрабатывать проекты инженерных систем и сооружений водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий с учетом взаимодействия и обеспечения эффективной работы внешних и внутренних сетей водоснабжения;
- обосновывать и проектировать системы очистки и кондиционирования воды для хозяйственно-питьевых и других целей жизнедеятельности населения;

владеть

- методами расчета инженерных сетей и сооружений водоснабжения;
 - навыками применения решений, обеспечивающих экономическую и техническую эффективность проектируемых систем водоснабжения;
 - навыками монтажа, строительства, эксплуатации и реконструкции основного технологического оборудования и сооружений насосных и воздухоподводящих станций.
-

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОСНАБЖЕНИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

1.1. Источники водоснабжения

Источники, используемые для водоснабжения городов и населенных пунктов, подразделяют на две основные группы: поверхностные и подземные. В процессе круговорота воды в природе эти два вида вод непосредственно переходят из одной группы в другую, пополняя или истощая одну из групп.

К поверхностным источникам водоснабжения относят реки, озера, водохранилища, моря. К подземным — артезианские воды, родники, ключи.

Характерными особенностями качества речной воды являются ее относительно большая мутность (особенно в период паводков), высокое содержание органических веществ, бактерий, часто значительная цветность воды. Речная вода обладает обычно относительно малым солесодержанием и небольшой жесткостью.

Вода озер и водохранилищ отличается весьма малым содержанием взвешенных веществ, значительной цветностью, большой окисляемостью, наличием планктона в летнее время. Степень минерализации озерной воды весьма различна.

Качество воды поверхностных источников в большей степени зависит от интенсивности выпадения атмосферных осадков, таяния снегов, а также от загрязнения поверхностными стоками.

Подземные воды, как правило, не содержат или содержат незначительное количество взвешенных веществ и обычно бесцветны, обладают высокими санитарными качествами, но часто сильно минерализованы, имеют повышенную жесткость, значительное содержание железа и т.п.

Сравнивая основные показатели качества воды природных источников с основными требованиями к качеству воды главных групп потребителей, можно сделать вывод, что для водоснабжения населенных мест наиболее подходящим источником водоснабжения являются подземные (особенно артезианские и родниковые) воды, если они не сильно минерализованы.

Практика показывает, что водоснабжение большинства малых и значительной части средних по размерам населенных мест основано на использовании подземных источников. Для водоснабжения большинства крупных городов приходится полностью или в значительной степени пользоваться водами поверхностных источников.

Промышленные предприятия в отдельных случаях могут использовать воду поверхностных источников без всякой ее очистки.

В настоящее время водоснабжение некоторых крупных промышленных предприятий основано на использовании морской воды. Морская вода, содержащая, как известно, большое количество минеральных солей, обладает относительно невысокой жесткостью, ее применяют в производственном водоснабжении для охлаждения.

Качество природной воды характеризуется ее физическими и химическими свойствами и бактериальным загрязнением. К физическим свойствам относят температуру воды, мутность (или прозрачность), цветность, вкус и запах. Химические свойства обуславливаются содержанием в ней различных химических веществ.

Физические свойства природной воды. *Температура* воды в различных источниках неодинакова. В открытых водоемах она зависит главным образом от температуры воздуха и колеблется в очень широких пределах по временам года и глубине расположения струи в потоке. Вода подземных источников, особенно артезианских, имеет довольно постоянную температуру (обычно +5...12°С) в течение всего года.

Взвешенные вещества в воде поверхностных источников содержатся всегда. Песчаные и глинистые частицы попадают в источник вследствие эрозий берегов и русла рек. Содержание взвешенных веществ (в мг/л) в воде открытых источников колеблется в очень широких пределах.

Содержание взвешенных веществ характеризует прозрачность воды. Она выражается в сантиметрах и представляет собой максимальную толщину слоя налитой в цилиндр воды, через который можно еще прочитать текст, отпечатанный стандартным типографским шрифтом, или рассмотреть крест, нарисованный черными линиями толщиной 1 мм с четырьмя точками между ними. Поэтому различают прозрачность «по шрифту» и «по кресту».

Цветность называют окраску, которую может иметь природная вода и которая объясняется наличием гуминовых веществ или фульвокислот. Цветность выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы.

Вода в природных источниках может иметь различный *вкус*: быть горьковатой, соленой, кислой, сладковатой. Остальные виды вкусовых ощущений (например, металлический) называют привкусами.

Запах воды может быть естественного и искусственного происхождения. Естественные запахи (болотный, глинистый, сероводородный, травянистый и др.) обуславливаются живыми и отмершими организмами, продуктами размыва русел. Запахи искусственного происхождения (фенольный, нефтяной, хлорфенольный, хлорный и др.) появляются в результате сброса в водоем сточных вод и обработки воды реагентами.

Запах и вкус оценивают по порогу разбавления или по пятибалльной системе: очень слабый (определяемый только опытным лаборантом); слабый (обнаруживаемый потребителем, если обратить на это его внимание); заметный; отчетливый; очень сильный.

Химический состав природной воды. Для оценки воды с точки зрения ее использования имеют значения следующие показатели: плотный оста-

ток, окисляемость, активная реакция, содержание железа, магния, хлоридов, сульфатов, фтора и др.

Плотный остаток (в мг/л) характеризует общее содержание в воде органических и неорганических веществ (кроме газов). Он определяется как остаток от выпаривания известного объема нефилтрованной пробы воды и высушенной при 105...110°C до постоянной массы.

Жесткость (в мг · экв/л) — важный химический показатель, определяющий область пригодности воды для водоснабжения. Жесткость воды обусловлена содержанием в ней растворенных солей кальция и магния.

Различают карбонатную и некарбонатную жесткость. Карбонатной называют жесткость, обусловленную наличием двууглекислых (бикарбонатных) и углекислых (карбонатных) солей кальция и магния. Некарбонатной называют жесткость, обусловленную содержанием некарбонатных солей кальция и магния — сульфатов, хлоридов, силикатов и нитратов. Сумму карбонатной и некарбонатной жесткости называют общей.

Щелочность (в мг · экв/л) обуславливается присутствием в воде бикарбонатов, карбонатов, гидратов и солей других слабых кислот. Различают щелочность бикарбонатную, карбонатную, гидратную, гуматную, силикатную и т.д. Щелочность природной воды обычно равна ее карбонатной жесткости.

Окисляемость указывает на содержание в воде растворенных органических и некоторых легко окисляющихся неорганических веществ. Она измеряется в миллиграммах на литр содержания молекул кислорода.

Активная реакция воды выражает степень щелочности или кислотности воды и характеризуется концентрацией в воде водородных ионов. Концентрацию водородных ионов обозначают через рН (потенциал водорода) и условно выражают логарифмом ее величины с обратным знаком. Иначе говоря, для нейтральной реакции $\text{pH} = 7$, для кислой — $\text{pH} < 7$, для щелочной — $\text{pH} > 7$.

Железо (в мг/л) содержится в воде в виде двухвалентного (закисного) или комплексных соединений трехвалентного (окисного) железа.

Марганец (в мг/л) в подземных водах чаще всего сопутствует железу в виде бикарбоната закиси марганца.

Хлориды и сульфаты (в мг/л) встречаются почти во всех природных водах чаще всего в виде кальциевых, магниевых и натриевых солей.

Иод и фтор (в мг/л) чаще присутствуют в природных водах в ионной форме. Они имеют исключительно важное гигиеническое значение для здоровья людей.

Бактериальное загрязнение воды зависит от количества вносимых в источник загрязнений со сточными и стекающими дождевыми и тальными водами, купающимися людьми и т.д. Бактериальная загрязненность воды характеризуется числом бактерий, содержащихся в 1 мл воды, — это определение называется коли-индексом.

Для оценки качества в санитарно-эпидемиологическом отношении определяют содержание в воде индикаторных бактерий, называемых кишечной палочкой. Сама по себе она безвредна, но наличие ее в воде свидетельствует о загрязнении воды выделениями людей и животных и, сле-

довательно, возможности попадания среди других и патогенных бактерий. Коли-титром называют наименьшее количество воды, в котором обнаруживается кишечная палочка. В открытых водоемах содержатся также разнообразные мелкие растительные и животные организмы, находящиеся во взвешенном состоянии (планктон) или прикрепленные ко дну водоема (бентос). Растительный планктон называют фитопланктоном, животный — зоопланктоном; бентос — соответственно фитобентосом и зообентосом.

1.2. Требования, предъявляемые к качеству воды потребителями разных категорий

Требования, предъявляемые к качеству **хозяйственно-питьевой воды**, диктуются заботой об охране здоровья трудящихся и регламентируются техническим регламентом «О питьевой воде и питьевом водоснабжении», принятым в 2006 г., который базируется на ГОСТ Р 51232—98 (2002) «Вода питьевая» и Санитарных правилах и нормах охраны поверхностных вод от загрязнения (СанПиН 2.1.5.980—00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»). К таким требованиям относят: запах и привкус при температуре 20°С — не более 2 баллов; цветность по платино-кобальтовой шкале — не более 20; прозрачность «по шрифту» — не менее 30 см («по кресту» — не менее 300 см), мутность — не более 2,6 ЕМФ (единица мутности по Формазину); общая жесткость воды должна быть не более 7 мг · экв/л.

В воде допускается содержание (в мг/л) не более: свинца — 0,01; мышьяка — 0,01; фтора — 1,5; меди — 1; цинка — 5.

Общее число бактерий при посеве 1 мл неразбавленной воды, определяемое числом колоний после 24-часового выращивания при 37°С, — не более 100, а число кишечных палочек в 1 л воды — не более трех (коли-титр не менее 300); содержание железа и марганца (при наличии сооружений для обезжелезивания воды) не должно превышать 0,3 мг/л; активная реакция рН при осветлении и умягчении воды — не менее 6,5 и не более 9,5; при хлорировании воды должны отсутствовать хлорфенольные запахи.

Если вода в естественном состоянии не удовлетворяет некоторым из этих требований, но является безвредной и пригодной для хозяйственно-питьевого водоснабжения, то ее можно использовать без устройства соответствующих сооружений для обработки. Пригодность воды в этом случае устанавливается органами Государственного санитарного надзора.

Оптимальная температура хозяйственно-питьевой воды 7...10°С, предельно допустимая — 35°С.

Согласно ГОСТ 2761—84 для питьевого водоснабжения должен быть выбран такой источник, в воде которого сухой остаток не превышает 1000 мг/л, причем содержание в воде сульфатов должно быть не более 500 мг/л и хлоридов — не более 350 мг/л. При отсутствии такого источника необходимо опреснение воды. В исключительных случаях с разрешения органов Государственного санитарного надзора допускается использовать воду с большим сухим остатком.

Требования, предъявляемые к качеству **производственной воды**, зависят от вида производства и его технологии.

Наиболее часто вода на заводах расходуется для охлаждения агрегатов черной и цветной металлургии, оборудования кузнечных, механических, литейных и других цехов, компрессоров и конденсаторов паровых турбин электростанции. Большое количество воды расходуется на химических, нефтеперерабатывающих и других заводах для охлаждения продуктов в теплообменных аппаратах.

Основные требования, предъявляемые к качеству охлаждающей воды, заключаются в том, что вода должна иметь небольшую карбонатную жесткость и содержать как можно меньше взвешенных веществ.

Строгие требования предъявляются к качеству питательной воды для котельных установок. Жесткость питательной воды для водотрубных котлов с давлением 16...30 МПа не должна превышать 0,02 мг · экв/л, а для котлов с давлением 30...100 МПа — 0,01 мг · экв/л. В питательной воде недопустимо наличие взвешенных веществ.

Контрольные вопросы и задания

1. По каким признакам классифицируются водные источники?
2. Перечислите физические свойства природной воды.
3. Какими показателями характеризуется химический состав природной воды?
4. Что характеризуют коли-индекс и коли-титр и в чем их различие?
5. Приведите величины показателей, предъявляемых к качеству хозяйственно-питьевой воды.

Глава 2

НОРМЫ И РЕЖИМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

2.1. Нормы потребления воды на хозяйственно-питьевые нужды, противопожарные и производственные цели

Суммарное водопотребление в городе складывается из расходов на хозяйственно-питьевые нужды населения, поливку улиц и зеленых насаждений, хозяйственно-питьевые цели и приемку душей рабочими во время пребывания на предприятии, технологические нужды промышленных предприятий и для нужд пожаротушения.

С 1985 г. в нашей стране действуют нормы хозяйственно-питьевого водопотребления, утвержденные Государственным комитетом СССР по делам строительства, СНиП 2.04.02—84. В приведенных в табл. 2.1 нормах расход воды учитывается на все хозяйственно-питьевые нужды людей как в жилых домах, так и в общественных зданиях (столовых, банях, прачечных, кино, клубах и т.п.).

Таблица 2.1

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах на одного жителя среднесуточное (за год), л/сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией:	
без ванн	125...160
с ваннами и местными водонагревателями	160...230
с централизованным горячим водоснабжением	230...350
Застройка зданиями, не оборудованными водопроводом и канализацией, с водопользованием из водоразборных колонок	30...50

Расход хозяйственно-питьевой воды не является постоянным и меняется по сезонам года, поэтому при проектировании системы водоснаб-

жения необходимо кроме средней суточной нормы $q_{\text{сут}}$ водопотребления знать и вероятную максимальную суточную норму $q_{\text{max сут}}$, которую рассчитывают с учетом коэффициента суточной неравномерности $K_{\text{сут}}$.

Рекомендуемые расходы воды на поливку и мойку улиц и площадей, а также на поливку зеленых насаждений приведены в табл. 2.2. При отсутствии данных о подлежащих поливке площадях СНиП 2.04.02–84 рекомендует принимать для предварительных расчетов суммарный расход воды на поливку, исходя из нормы 30...90 л/сут на одного жителя (в зависимости от климатических условий).

Расходы на хозяйственно-питьевые нужды рабочих принимают: для цехов со значительным тепловыделением — 45 л, в остальных цехах — 25 л на каждого работающего в смену. В дополнение к этому на производствах, связанных с загрязнением тела или требующих особого санитарного режима, должен быть учтен расход воды в душевых из расчета 500 л/ч на одну душевую сетку.

Таблица 2.2

Расход воды на поливку и мойку улиц

Назначение воды	Измеритель	Расход воды на поливку, л/м ³
Механизированная мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1 мойка	1,2...1,5
Механизированная поливка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	То же	0,3...0,4
Поливка вручную (из шлангов) усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов	То же	0,4...0,5
Поливка городских зеленых насаждений	То же	3...4
Поливка газонов и цветников	То же	4...6

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

При проектировании систем водоснабжения промышленных предприятий расчетные расходы воды для нужд производства принимают по указанию технологов. Для предварительных ориентировочных расчетов потребления воды на производственные нужды могут использоваться удельные расходы воды на единицу продукции в различных промышленных предприятиях, полученные из опыта эксплуатации и опубликованные институтом ВОДГЕО.

Рекомендуется учитывать расходы воды на нужды местной промышленности (получающей воду из городского водопровода) и на неучтенные расходы в размере 5...10% суммарного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения.

Расчетный расход воды для тушения одного пожара, а также число возможных одновременных пожаров на территории населенного пункта или промышленного предприятия устанавливаются в зависимости от размеров населенных мест, расчетного числа жителей, огнестойкости построек, плотности и характера застройки.

Расход воды на пожаротушение в городах с населением более 500 тыс. человек устанавливается в каждом конкретном случае по согласованию с органами пожарной охраны.

Нормы расхода воды для тушения пожаров в городах и поселках приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Нормы расхода воды для пожаротушения

Количество жителей в населенном месте или в районе города, тыс.	Расчетное количество одновременных пожаров	Расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте на один пожар, л/с, при застройке зданиями независимо от степени огнестойкости	
		застройка зданиями высотой до двух этажей включительно	застройка зданиями высотой три этажа и выше
До 1	1	5	10
Свыше 1 до 5	1	10	10
5...10	1	10	15
10...25	1	10	15
25...50	2	20	25
50...100	2	25	35
100...200	3	—	40
200...300	3	—	55
300...400	3	—	70
400...500	3	—	80
500...600	3	—	85
600...700	3	—	90
700...800	3	—	95
800...1000	3	—	100

Расход воды для пожаротушения на промышленных предприятиях определяется характером производства и степенью огнестойкости производственных зданий (табл. 2.4). Расчетное количество одновременных пожаров на территории промышленного предприятия принимают в зависимости от площади территории: при площади до 150 га — один пожар, при площади 150 га и более — два. Подробные указания по определению расходов воды на тушение пожаров изложены в СНиП 2.04.02—84.

Расход воды для пожаротушения на промышленных предприятиях

Степень огнестойкости зданий	Категория производства по пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий с фонарями, а также без фонарей шириной до 60 м на один пожар, л/с, при объемах зданий, тыс. м ³						
		до 3	свыше 3 до 5	свыше 5 до 20	свыше 20 до 50	свыше 50 до 200	свыше 200 до 400	свыше 400 до 600
I и II	Г, Д, Е	10	10	10	10	15	20	25
I и II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	35	—	—
III	В	10	15	20	30	40	—	—
IV и V	Г, Д	10	15	20	30	—	—	—
IV и V	В	15	20	25	40	—	—	—

При определении запаса воды, необходимой для тушения пожара, расчетную продолжительность тушения пожара принимают равной 3 ч.

2.2. Режимы водопотребления

Рассматриваемые ниже схемы и системы водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий определяют лишь наличие и взаимное расположение отдельных элементов водопровода. Размеры отдельных сооружений и установок, число и мощность насосов, объем резервуаров, высоту и емкость баков водонапорных башен, диаметры труб водоводов и сети определяют путем расчета этих элементов в соответствии с количеством подаваемой ими воды и с назначенным для них режимом работы. Основным фактором, определяющим режим работы всех элементов системы водоснабжения, является режим расходования воды потребителями, которых эта система должна обслуживать.

При проектировании водопроводов промышленных предприятий режим расходования воды на производственные нужды задается в соответствии с технологией предприятия графиком водопотребления.

Сложнее точно установить режим водопотребления водопроводов населенных пунктов. Здесь режим расходования воды определяется целым рядом факторов бытового характера, связанных с режимом жизни и трудовой деятельности людей.

Чтобы правильно запроектировать режим работы отдельных элементов системы, необходимо задаться вероятным графиком водопотребления в течение расчетных суток наибольшего водопотребления. Для этого необ-

ходимо учитывать коэффициенты часовой неравномерности, которые рассчитывают по формулам:

$$K_{ч \max} = \alpha_{\max} \beta_{\max};$$

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

где α — коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятия и другие местные условия (СНиП 2.04.02—84)

$$\alpha_{\max} = 1,2 \dots 1,4; \alpha_{\min} = 0,4 \dots 0,6;$$

β — коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте (табл. 2.5), принимается соответственно рекомендациям СНиП 2.04.02—84.

Значения β представлены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Значения коэффициента β

Коэффициент	Число жителей, тыс. человек								
	До 1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,5	2,5
β_{\max}	4,5	4	3,5	3	2,5	2,2	2	1,8	1,6
β_{\min}	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1	0,1	0,1

Коэффициент	Число жителей, тыс. человек							
	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более
β_{\max}	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
β_{\min}	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

Потребление воды на хозяйственно-питьевые нужды населенного пункта неравномерно в течение года. Наблюдаются колебания суточного расхода: сезонные, связанные с изменением температуры и влажности в отдельные времена года, а также недельные и суточные, обусловленные особенностями водопотребления в различные дни недели (будни, выходные, предпраздничные и праздничные дни). Системы водоснабжения должны быть запроектированы на пропуск максимального суточного расхода воды, м³/сут:

$$Q_{\text{сут max}} = K_{\text{сут max}} Q_{\text{сут m}},$$

где $Q_{\text{сут m}}$ — расчетный (средний за год) суточный расход воды, м³/сут; $K_{\text{сут max}} = 1,1 \dots 1,3$ — максимальный коэффициент суточной неравномерности водопотребления, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели.

Величина $Q_{\text{сут max}}$ представляет собой только водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды населения. Для получения полного расчетного максимального суточного расхода необходимо к полученной величине

$Q_{сут\ max}$ прибавить расчетные расходы воды на все нужды промышленных предприятий, забирающих воду из сети городского водопровода, а также на другие цели, не предусмотренные нормами табл. 2.1.

Следует отметить, что расчетный расход воды в течение суток также колеблется в соответствии с зависимостью, $м^3/ч$:

$$q_{ч\ max} = K_{ч\ max} Q_{сут\ max} / 24$$

Этот расход воды в течение каждого часа также колеблется. Однако при расчете водопровода условно принимают, что расход в течение часа остается постоянным. Исходя из такого допущения расчетный секундный расход в час максимального водопотребления, л/с, можно принять равным

$$q_{с\ max} = q_{ч\ max} / 3600.$$

Для проектирования водопровода, кроме максимального часового расхода, необходимо знать график вероятного колебания расхода воды по часам суток. Изучение режима водопотребления в населенных местах различного типа позволило определить для них характерные графики колебания расхода в течение суток (рис. 2.1). В нем отношение его максимальной ординаты к средней (4,17) дает определенную величину коэффициента часовой неравномерности, а в табл. 2.6 даны величины расходов в отдельные часы суток (в процентах от суточного расхода) для того же примера.

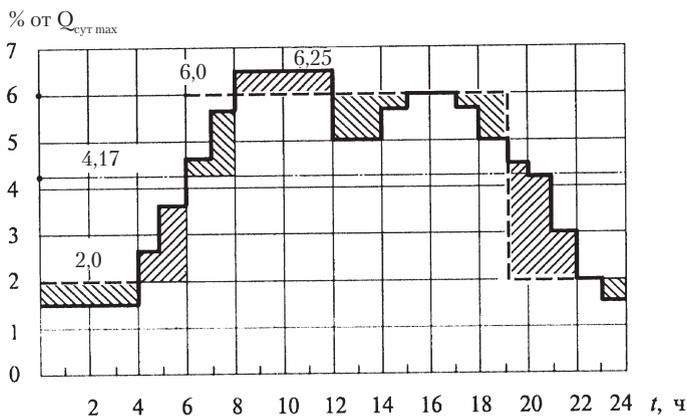


Рис. 2.1. График суточного водопотребления при коэффициенте $K_{общ} = 1,25$

Таблица 2.6

Водопотребление в отдельные часы суток

Часы суток	Часовой расход воды, %, от суточного расхода при $K_{общ} = 1,25$	Часы суток	Часовой расход воды, %, от суточного расхода при $K_{общ} = 1,25$
0...1	3,25	12...13	4,6
1...2	3,25	13...14	4,55
2...3	3,3	14...15	4,75

Часы суток	Часовой расход воды, %, от суточного расхода при $K_{\text{общ}} = 1,25$	Часы суток	Часовой расход воды, %, от суточного расхода при $K_{\text{общ}} = 1,25$
3...4	3,2	15...16	4,7
4...5	3,25	16...17	4,65
5...6	3,4	17...18	4,35
6...7	3,85	18...19	4,4
7...8	4,45	19...20	4,3
8...9	5,2	20...21	4,3
9...10	5,05	21...22	4,2
10...11	4,85	22...23	3,75
11...12	4,6	23...24	3,7

Как указывалось выше, расход воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих во время их пребывания на производстве определяется дополнительно и прибавляется к хозяйственно-питьевому водопотреблению населения города. При этом неравномерность водопотребления в течение каждой смены характеризуется коэффициентом часовой неравномерности, который принимают равным 2,5 для горячих цехов и 3 — для остальных цехов. Расчетная продолжительность действия душей принимается в 45 мин после каждой смены.

Колебания расходов воды в течение суток на производственные нужды промышленности диктуются особенностями технологического процесса и способами потребления воды, а также зависят от числа смен работы предприятия в сутки. График потребления воды из городского водопровода на технические нужды промышленных предприятий принимают в зависимости от режима забора ими воды из сети водопровода.

Таким образом, при проектировании городского водопровода должен быть составлен общий график водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды населения и потребления воды из сети городского водопровода промышленными предприятиями.

2.3. Расчетный расход воды

Основным измерителем количества воды, требуемой для водоснабжения объекта, принимается суточный расход. Нормы водопотребления позволяют определить потребность в воде объекта, для которого проектируется водопровод.

Величину расчетного (среднего за год) суточного расхода воды (в м³/сут) определяют по формуле

$$Q_{\text{сут.т}} = \sum q_{\text{ж}} N_{\text{ж}} / 1000,$$

где $q_{\text{ж}}$ — норма расхода воды в литрах на одного жителя в сутки наибольшего водопотребления; $N_{\text{ж}}$ — расчетное число жителей, которое должно приниматься в соответствии с проектом планирования города или поселка.

Данная величина в конечном счете определяет собственно расчетный часовой расход воды $q_{\text{ч max}}$ (в м³/ч). Данный расход соответствует суткам максимального водопотребления города или поселка и является тем расчетным расходом, на подачу которого должен быть рассчитан проектируемый водопровод.

Для определения полного суточного расчетного количества воды на хозяйственно-питьевые нужды города или поселка к найденной величине расхода должно быть добавлено количество воды, требуемое на хозяйственно-питьевые нужды рабочих во время их пребывания на производстве.

Расход воды за одну смену (в м³/см) составит

$$q_{\text{чел}} = 0,025n_{\text{х.ц}} + 0,045n_{\text{г.ц}}.$$

В час максимального водопотребления расход воды (в м³/ч) равен

$$q_A = \frac{0,025n_{\text{х.ц}}}{8} 2,5 + \frac{0,045n_{\text{г.ц}}}{8} 3,$$

где 0,025 и 0,045 — норма водопотребления на одного работающего за смену соответственно в холодных и горячих цехах; $n_{\text{х.ц}}$ и $n_{\text{г.ц}}$ — количество работающих соответственно в холодных и горячих цехах; 2,5 и 3 — коэффициенты неравномерности водопотребления соответственно в холодных и горячих цехах; 8 — число часов работы в смену.

Расход воды на прием душей $q_{\text{д}} = 0,5n$, м³/ч, где 0,5 — часовой расход на одну душевую сетку, м³/ч; n — количество душевых сеток.

Дополнительно должны быть определены расходы воды на поливку площадей, улиц и зеленых насаждений.

Расход воды на технологические нужды промышленных предприятий на территории города определяется промышленными нормами водоотведения.

На основании вычисленных расходов составляется суммарная таблица водопотребления за сутки максимального водопотребления.

После того как принят режим водопотребления, устанавливают режим работы отдельных сооружений водопровода. Все эти сооружения должны быть рассчитаны на работу в сутки максимального водопотребления.

Проследим связь между режимом отдельных элементов водопровода на примере схемы городского водопровода, приведенной на рис. 2.2, а, б. Пусть режим расходования воды городом в течение суток задан графиком водопотребления (см. рис. 2.1). В этом случае водопроводная сеть подает воду непосредственно к водоразборным устройствам. Следовательно, режим работы сети в целом определяется режимом водоразбора и может характеризоваться тем же графиком водопотребления.

В рассматриваемой системе вода подается в сеть насосной станцией II подъема. График работы этой станции назначается в зависимости от при-

нятого графика водопотребления и по возможности к нему приближается. При подаче воды насосами определенной производительности в отдельные часы суток количество поданной воды не будет совпадать с количеством израсходованной (см. рис. 2.1).

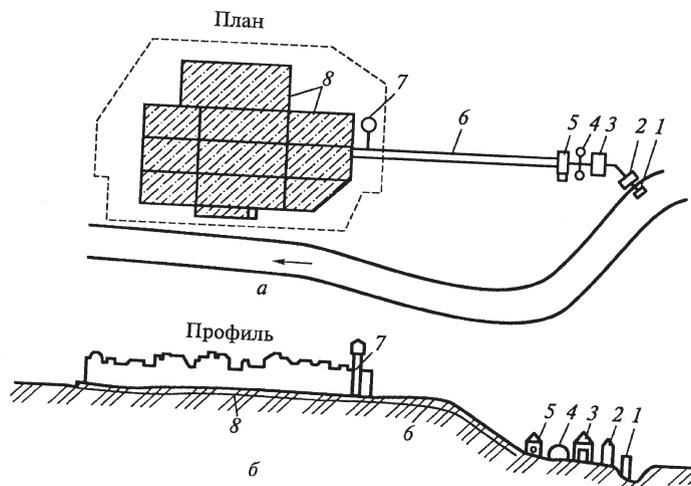


Рис. 2.2. Общая схема водоснабжения населенного пункта:

а — план города; *б* — профиль города; 1 — водозаборное сооружение; 2 — насосная станция I подъема; 3 — очистные сооружения; 4 — резервуары чистой воды; 5 — насосная станция II подъема; 6 — водоводы; 7 — водопроводная сеть; 8 — водонапорная башня

При рассмотрении совмещенных графиков подачи и потребления воды легко уяснить роль водонапорной башни. В часы, когда подача воды насосами превышает потребление ее городом, избыток воды подается в башню. В часы, когда потребление превышает подачу, недостающее количество воды пополняется из башни.

Следовательно, водонапорная башня компенсирует несовпадение режимов подачи и потребления воды в отдельные часы суток, накапливая избыток подаваемой воды в одни часы и пополняя ее недостаток в другие. Для уменьшения требуемой регулирующей емкости бака стремятся приблизить кривую подачи воды к кривой потребления. Достичь этого можно увеличением ступеней графика подачи, однако это вызывает увеличение числа агрегатов насосной станции, т.е. ее удорожание и усложнение эксплуатации. В современных водопроводах, имеющих водонапорные башни, число ступеней графика работы насосных станций II подъема колеблется в пределах от одной (для малых водопроводов) до трех (для средних водопроводов). Для крупных водопроводов количество ступеней значительно увеличивается, поэтому при их устройстве от строительства башен отказываются.

Некоторые производственные водопроводы имеют равномерное водопотребление в течение суток, поэтому устройство водонапорной башни как регулирующей емкости здесь вообще не требуется.

После того как принят график водопотребления и в соответствии с ним намечен график работы насосной станции II подъема, определяют режим работы всех элементов водопровода, непосредственно связанных с насосной станцией.

2.4. Свободные напоры в водопроводной сети при обычной работе и при пожаротушении

Обычный режим работы водопровода. Насосные станции II подъема должны подавать воду потребителю не только в требуемом количестве, но и под определенным напором. Разбор воды большинством потребителей происходит на некоторой высоте над поверхностью земли, поэтому в водопроводной сети должно быть давление, необходимое для подъема воды на эту высоту. Так, для подачи воды в верхние этажи здания в городской водопроводной сети необходимо иметь внутреннее давление, достаточное для подъема и соответствующего излива воды в наивысшей водоразборной точке, т.е. пьезометрическая высота в точке ответвления от городской сети должна равняться сумме геометрической высоты подъема воды и суммарной потери напора на пути движения воды. Пьезометрическая высота, требуемая для нормальной хозяйственной работы водопровода, обычно называется свободным хозяйственным напором, м, который равен

$$H_{\text{св}} = H_0 + h_{\text{и}} + h,$$

где H_0 — геометрическая высота расположения над поверхностью земли наивысшей водоразборной точки, м; $h_{\text{и}}$ — свободный напор излива, который необходимо обеспечить у водоразборных приборов, м; h — потери напора в трубах, фасонных частях и арматуре на участке от точки присоединения к линии городской сети до водоразборной точки, м.

Путем расчета можно найти величины $h_{\text{и}}$, h и определить величину свободного напора $H_{\text{св}}$, требуемого в данной точке сети наружного водопровода.

При расчете водопровода величину $H_{\text{св}}$ принимают различной для отдельных районов в зависимости от расчетной этажности их застройки. Рекомендуются следующие величины требуемого свободного напора в сети водопровода населенных мест: $H_{\text{св}} = 10$ м при одноэтажной застройке; при двухэтажной застройке и при большей этажности необходимо прибавлять по 4 м на каждый следующий этаж.

На рис. 2.3 схематически показано положение пьезометрических линий для момента максимального водоразбора для населенного пункта. Рисунок наглядно показывает, что наиболее неблагоприятно расположенными в отношении напора оказываются точки, дальше всего отстоящие от башни. В этих точках самые низкие пьезометрические отметки вследствие падения напора в сети на пути от источника питания до этих конечных точек. Вместе с тем, чем меньше геодезическая отметка точки, тем больше величина располагаемого свободного напора.

Для определения величины расчетного напора, который необходимо создать в начале сети, выбирают критическую точку сети, наиболее неблагоприятно

гоприятную как в отношении ее геодезической отметки, так и в отношении удаленности от источника питания. На рис. 2.3 такой критической точкой будет точка «а», наиболее высокая из конечных точек сети. Пьезометрическая линия, характеризующая падение напора в сети в часы максимального водоразбора, показана схематически в виде сплошной линии. По схеме можно установить связь между напорами в отдельных характерных точках схемы:

$$Z_0 + H_0 = Z + H_{\text{св}} + \sum h,$$

где $Z_0 + H_0$ — соответственно геодезическая отметка и расчетная высота башни; Z — геодезическая отметка критической точки; $\sum h$ — потери напора на участке от башни до критической точки.

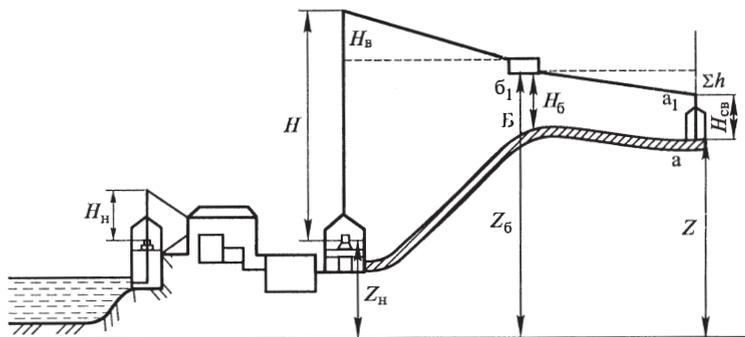


Рис. 2.3. Положение пьезометрических линий максимального водоразбора

Расчетную высоту башни, т.е. высоту расположения дна бака башни над поверхностью земли, определяют из выражения

$$H_0 = H_{\text{св}} + \sum h - (Z_0 - Z).$$

Водонапорную башню следует располагать на высоких отметках. Если в результате расчета будет получено, что высота башни равна нулю, то вместо башни устраивают резервуар, расположенный на поверхности земли.

Пьезометрическая линия для водопровода, подающего воду от насосной станции II подъема до башни, показана на рис. 2.4. Расчетным положением пьезометрической линии, определяющим величину напора насосов, будет такое, при котором конечная точка пьезометрической линии располагается на высоте максимального уровня воды в баке башни. При этом величина потери напора в водоводе должна соответствовать максимальному количеству воды, подаваемой насосами по графику работы насосной станции.

Напор, создаваемый насосами (без учета высоты всасывания и потерь на всасывание), м, равен

$$H_{\text{н}} = (Z_0 - Z_{\text{н}}) + (H_0 + H_0) + h_{\text{в}},$$

где $Z_{\text{н}}$ — отметка оси насоса, м; H_0 — расчетная высота бака башни, м; $h_{\text{в}}$ — потери напора в водоводе, м.

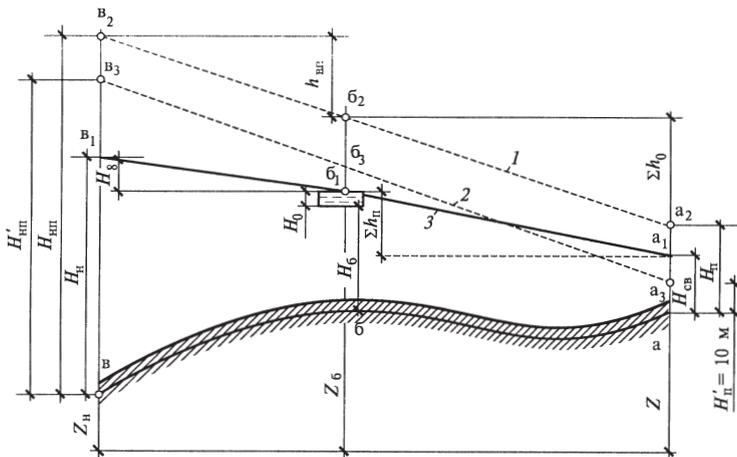


Рис. 2.4. Положение пьезометрических линий для случая максимального хозяйственно-питьевого расхода и пожара:

- 1 — система высокого давления; 2 — система низкого давления;
3 — максимальный хозяйственный расчет

Аналогичным образом устанавливают зависимость между напором, создаваемым насосами I подъема, и свободным напором, который необходимо создать у очистных сооружений с учетом отметок местности и потерь напора в трубах.

Режим работы водопровода при пожаре. В целях повышения надежности при проектировании водопроводы рассчитывают в предположении, что пожар происходит в часы максимального водопотребления, т.е. в период наиболее напряженной работы системы, поэтому полный расчетный секундный расход на пожар, определенный по нормам, должен быть прибавлен к максимальному секундному хозяйственному (или производственному) расходу.

Расчет системы водопровода на работу во время пожара производят в предположении возникновения пожара в наиболее высоких и в наиболее удаленных от источников питания точках территории, обслуживаемой водопроводом.

По способу тушения пожара водопроводы разделяют на водопроводы высокого и низкого давления. Первая система (обычно применяется на промышленных объектах) предусматривает подачу к месту пожара установленного нормами пожарного расхода воды и повышение давления в водопроводной сети до величины, достаточной для создания пожарных струй непосредственно от гидрантов. Обычно в водопроводах низкого давления повышение напора производится лишь на время тушения пожара. В исключительных случаях устраивают водопроводы постоянного высокого давления.

Система низкого давления (обычно в населенных местах) предусматривает лишь подачу увеличенного в связи с пожаром расхода воды. Напор для получения пожарных струй создается передвижными пожарными насо-

сами, подвозимыми к месту пожара и забирающими воду из водопроводной сети через уличные гидранты. Напор в любой точке сети при этом должен быть не менее 10 м, а в особенно неблагоприятных точках — не менее 7 м. Это делается для предотвращения возможности образования в сети при отсосе воды пожарными насосами вакуума, так как это может вызвать проникновение в сеть через неплотности стыков почвенной воды. Кроме того, некоторый запас давления в сети необходим для работы пожарных автономных насосов с целью преодоления значительных сопротивлений во всасывающих линиях этих насосов.

При системе пожаротушения высокого давления напор, требуемый для создания пожарных струй непосредственно из сети, значительно (в 2...2,5 раза) превышает свободный хозяйственный напор для зданий той же этажности. Потери напора в сети на участке между башней и диктующей точкой вследствие увеличения расхода при пожаре возрастают, и ординаты пьезометрической линии теоретически будут при пожаре выше. При этом требуемый напор будет превышать высоту башни, полученную из расчета системы на максимально хозяйственную работу. Возрастут при пожаре и потери напора в водоводе. Это приводит к тому, что для создания требуемых в сети напоров башню при пожаре необходимо отключить. Для рассмотренной системы (при выключении башни) напор, который должна создавать насосная станция II подъема во время пожара (в м), будет

$$H_{н.п} = (Z - Z_{п}) + H_{п} + (\sum h_{п} + h_{в.п}),$$

где $H_{п}$ — свободный напор в точке пожара; $\sum h_{п}$ — потери напора в сети между башней и точкой пожара; $h_{в.п}$ — потери напора в водоводе при пожаре.

Из сопоставления двух приведенных выше формул очевидно, что в рассматриваемой системе во время пожара насосная станция II подъема должна увеличить не только количество подаваемой воды, но и напор. Для выполнения этого требования на насосных станциях II подъема устанавливают специальные пожарные насосы, включаемые при возникновении пожара взамен обычно работающих агрегатов (или в дополнение к ним).

При системе пожаротушения низкого давления (см. рис. 2.4) расчетный напор в точке пожара будет меньше свободного хозяйственного напора, требуемого нормами.

Потери напора в сети и водоводе остаются такими же, как и при системе высокого давления в часы пожара, так как величина расхода в обоих случаях одинакова. Пьезометрическая линия при пожаре займет некоторое положение 2 (см. рис. 2.4). В зависимости от того, что будет больше — понижение пьезометрической отметки в точке пожара или увеличение при пожаре потери напора в сети на участке от этой точки до башни, может получиться различное соотношение пьезометрических отметок у башни, т.е. пьезометрическая линия при пожаре может пойти выше или ниже уровня воды в баке. В первом случае башня должна быть отключена; во втором она может работать и во время пожара, но будет быстро опорожнена. Следовательно, при расчете систем низкого давления питание от башни при пожаре учитывать не следует. При этом напор, который должны развивать насосы

при пожаре ($H'_{н.п}$), может быть больше или меньше напора насосов при работе в обычное время, а в отдельных случаях равен ему.

При объединенной системе хозяйственно-противопожарного водопровода необходимый запас воды обычно хранится в резервуаре чистой воды. Израсходованный во время пожара из резервуара чистой воды пожарный запас должен быть пополнен. Максимальный срок восстановления пожарного запаса — 24 ч для водопроводов населенных пунктов и 24...36 ч (а в отдельных случаях до 48 ч) — для водопроводов промышленных предприятий. Восполнение пожарного запаса в указанные сроки вызывает необходимость интенсификации работы очистных сооружений станции.

Работа системы водопровода с контррезервуаром. Существенное влияние на режим работы водопроводной системы и ее отдельных элементов оказывает место расположения водонапорной башни.

Часто наиболее высокие точки территории снабжаемого водой объекта находятся в удаленной от насосной станции части сети. Располагая водонапорную башню на наивысших отметках, мы получаем так называемую систему водопровода с контррезервуаром, при котором башня и насосная станция II подъема находятся в противоположных концах сети (рис. 2.5).

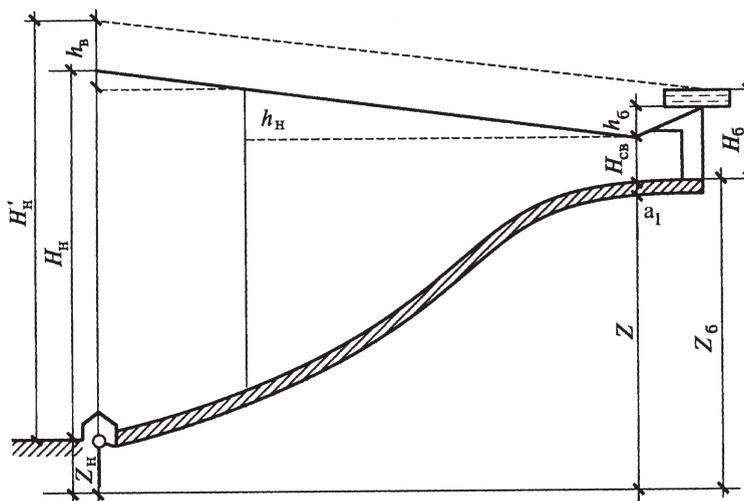


Рис. 2.5. Положение пьезометрических линий для системы с контррезервуаром

Режим работы системы при таком расположении башни будет отличаться от режима работы системы с башней в начале сети.

В системах с контррезервуаром в часы максимального водопотребления вода в сеть будет подаваться с двух противоположных сторон: от насосов и от башни. Соответствующие количества воды определяют по совмещенному графику водопотребления и работы насосов. Зная эти расходы, а также характер отбора воды из сети, можно наметить районы питания

сети от насосов и от башни. У границы этих районов будет происходить встреча потоков воды, идущих от башни и от насосов.

Такая схема движения воды в сети изменит положение пьезометрических линий. Наименьшие пьезометрические отметки будут в точках, лежащих на границе обоих районов питания. Критической из них будет точка, имеющая наибольшую геодезическую отметку. В этой точке величина свободного напора будет наименьшей.

Найдя для расчета сети величины потерь напора и зная геодезические отметки, можно определить требуемую высоту башни и величину напора насосов, м:

$$H_6 = H_{св} + h_6 - (Z_6 - Z);$$

$$H_{п} = H_6 + (h_{н} + h_{в} - h_6)(Z_6 - Z_{п}),$$

где h_6 — потери напора на участке сети от башни до точки схода, м; $h_{н}$ — потери напора от начальной точки сети до точки схода, м; Z — геодезическая отметка точки схода.

При подаче воды в башню пьезометрическая линия приобретает однозначный уклон на всем своем протяжении и минимальная пьезометрическая отметка получается у башни в конечной, наиболее высоко расположенной точке сети (верхняя пунктирная линия на рис. 2.5).

Требуемая величина напора насосов ($H_{п}$) в часы максимального транзита обычно получается больше, чем в часы максимального водоразбора, поэтому при определении расчетного напора насосов случай максимального транзита часто является критическим.

В момент возникновения пожара критической точкой будет точка сети, ближайшая к башне, как самая высоко расположенная и удаленная от насосной станции. Так как $H_{п} < H_{св}$, то выключать башню при пожаре не требуется.

Требуемая величина $H_{п}$ может быть выше или ниже величины $H_{н}$ и зависит от соотношения величин $H_{п}$ и $H_{св}$, а также потерь напора в сети от насосов до точки пожара при работе системы в час максимального водоразбора и в случае возникновения пожара в час максимального водоразбора.

Контрольные вопросы и задания

1. По каким признакам классифицируют нормы расхода воды?
2. Представьте зависимости коэффициентов часовой неравномерности.
3. От чего зависит и как определяют расчетный расход воды, требуемый для водоснабжения?
4. Представьте графически положение пьезометрических линий для момента максимального водоразбора.
5. Представьте графически положение пьезометрических линий для случая максимального хозяйственно-питьевого расхода и пожара.
6. Представьте графически положение пьезометрических линий для системы с контррезервуаром.
7. Какова роль водонапорной башни в общей схеме водоснабжения населенного пункта?

8. Каковы особенности расчетов напора насосов при обычном режиме работы водопровода и при пожаре?

9. При расчетах водопотребления в отдельные часы суток руководствуются часовыми расходами воды, выраженными в процентах. Какова должна быть сумма этих величин?

Задачи для самостоятельной работы

1. Рассчитать максимальный суточный расход воды в $\text{м}^3/\text{сут}$ при расчетном числе жителей 10 тыс. человек и для варианта застройки зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией с центральным горячим водоснабжением.

2. Рассчитать расчетный секундный расход воды в час максимального водопотребления ($\text{л}/\text{с}$) в рамках продолжения предыдущей задачи.

3. Определить расход воды в час максимального водопотребления для нужд рабочих во время их пребывания на производстве из расчета количества штатного персонала в холодных цехах — 45 человек, в горячих — 20 человек.

4. Определить высоту водонапорной башни при следующих условиях: потери напора на участке от башни до критической точки — 15 м, геодезические отметки дна водонапорной башни и критической точки соответственно — 152 и 130 м, высотность застройки — пятиэтажная.

5. Рассчитать отметку оси насоса для случая имеющихся в наличии насосов напором 60 м. В расчетах принять: геодезическая отметка водонапорной башни — 140 м, ее высота — 25 м, высота ее бака — 4 м, потери насоса в водоводе — 11 м.

6. Рассчитать напор насосов для условий работы системы водопровода с контр-резервуаром. В расчетах принять пятиэтажную высотность застройки, потери напора на участке сети до точки схода — 3 м, геодезические отметки: водонапорной башни — 100 м, точки схода — 90 м, оси насоса — 59 м, потери напора: от начальной точки сети до точки схода — 8 м, в водоводе — 10 м.

Глава 3

ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ И СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

3.1. Система водоснабжения населенных пунктов и ее основные элементы. Схема водоснабжения

Систему водоснабжения городов выбирают на основании данных о водопотребителях, требуемого объема водопотребления и сведениях об имеющихся источниках водоснабжения.

Система водоснабжения населенного пункта должна обеспечивать водозабор, очистку и подачу воды потребителям в необходимых количествах и требуемого качества с соблюдением требований надежности. Система водоснабжения — комплекс инженерных сооружений, включающий водозаборы, с помощью которых осуществляют захват воды из природных источников; насосные станции, подающие воду к местам ее очистки, хранения и потребления; очистные сооружения для улучшения качества воды; водоводы и водопроводные сети, служащие для транспортирования воды к местам потребления и ее распределения; башни и резервуары, играющие роль регулирующих и запасных емкостей.

Взаимное расположение основных водопроводных сооружений очевидно из общей схемы водоснабжения, показанной на рис. 2.2.

В зависимости от местных природных условий и характера потребления воды, а также экономических соображений схема водоснабжения и составляющие ее элементы могут сильно изменяться. Большое влияние на схему водопровода оказывает принятый источник водоснабжения: его характер, мощность, качество воды в нем, расстояние от снабжаемого водой объекта и т.п.

Водонапорная башня может быть расположена в начале сети (см. рис. 2.2), в конце ее или в какой-либо промежуточной точке сети. Порядок расположения прочих сооружений также может быть различен. При использовании поверхностных источников принимают водоприемники различных типов и конструкций, представляющие собой иногда сложные гидротехнические сооружения. При использовании подземных вод водоприемные сооружения выполняют в виде колодцев (шахтных и буровых), водосборных галерей или различных каптажных сооружений. Расположение сооружений на водопроводной сети показано на рис. 3.1.

В тех случаях, когда очистку воды производить не требуется, система водоснабжения сильно упрощается. Отпадает необходимость не только

в очистных сооружениях, но часто и в связанных с ними резервуарах и насосах II подъема.

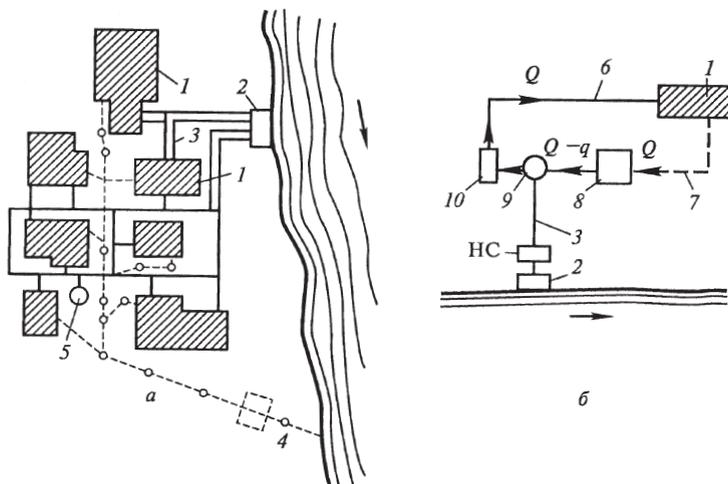


Рис. 3.1. Схемы промышленного водоснабжения:

- a* — прямоточное; *б* — оборотное; 1 — цех, где вода используется для охлаждения;
- 2 — водоприемник, совмещенный с насосной станцией I подъема; 3 — водоводы;
- 4 — очистные сооружения сточных вод; 5 — водонапорная башня;
- 6 — внутризаводской водовод; 7 — сбросной трубопровод; 8 — охладитель;
- 9 — сборный колодец; 10 — циркуляционная насосная станция;
- НС — насосная станция

Рельеф местности оказывает влияние на схему водоснабжения. В гористых местностях источники водоснабжения (озера, водохранилища, родники) могут находиться на отметках, значительно превышающих отметки территории снабжаемого объекта. В этом случае воду можно подавать к местам потребления самотеком и устраивать насосную станцию не требуется.

Важное практическое значение имеют групповые и районные водопроводы, при которых одна система водоснабжения охватывает несколько объектов, иногда различного назначения (населенные пункты, промышленные предприятия, железнодорожные станции, сельское хозяйство и др.). Обслуживание ряда объектов одной системой водоснабжения дает значительные экономические преимущества, так как строительная и эксплуатационная стоимости объединенного водопровода ниже, чем аналогичные затраты отдельных систем для каждого объекта. При этом повышается степень надежности водоснабжения.

Все многообразие встречающихся на практике систем водоснабжения можно классифицировать по следующим основным признакам.

По *назначению* различают системы водоснабжения (водопроводы) коммунальные (городов, населенных пунктов), сельскохозяйственные водопроводы, системы производственного водоснабжения (производственные водопроводы), которые разделяют по отраслям промышленности — водопроводы

химических комбинатов, тепловых электростанций, металлургических заводов, системы водоснабжения железнодорожного транспорта и т.д.

По *целевому назначению* воды различают следующие системы водоснабжения: хозяйственно-питьевые, хозяйственно-противопожарные, хозяйственно-производственные, поливочные, противопожарные.

По *виду использования природных источников* различают водопроводы, получающие воду из поверхностных источников (речные, озерные и т.д.); водопроводы, базирующиеся на подземных водах (артезианские, родниковые и т.п.); смешанного питания — при использовании различных видов источников.

По *способам подачи* воды водопроводы делятся на самотечные (гравитационные) и с механической подачей воды (перекачка воды насосами).

Все виды водопотребления в городах могут быть отнесены к трем основным категориям: расход воды на хозяйственно-питьевые нужды; для производственных целей на предприятиях промышленности, транспорта, энергетики и на пожаротушение.

В зависимости от назначения объекта и требований, предъявляемых потребителями к качеству воды, а также от экономических условий для всех указанных целей вода может подаваться одним водопроводом или же для отдельных категорий водопотребления могут быть устроены самостоятельные водопроводы.

В городах обычно устраивают единый хозяйственно-противопожарный водопровод. Он же подает воду для хозяйственно-питьевых нужд промышленных предприятий, расположенных в городе, и для технических нужд тех предприятий, где требуется вода питьевого качества (например, для предприятий пищевой или химической промышленности).

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

Кроме того, в городах имеется также группа предприятий, каждое из которых потребляет относительно небольшое количество воды непитьевого качества — техническую воду. Вследствие их разбросанности по территории города оказывается все же более рациональным снабжать их очищенной водой из сети городского водопровода, чем устраивать для них самостоятельные производственные водопроводы.

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

3.2. Водоснабжение промышленных предприятий

Вода используется в большинстве производственных процессов на любом промышленном предприятии. Многочисленное и разнообраз-

ное использование воды в производстве может быть сведено к следующим основным группам: охлаждение, промывка, парообразование, гидротранспорт, использование в составе выпускаемой продукции.

Водопотребление первой группы имеет весьма значительные масштабы и во много раз превосходит все остальные виды потребления воды. К этой группе относят расходование воды на охлаждение конденсаторов паровых турбин тепловых электростанций, охлаждение доменных и сталеплавильных печей и различных аппаратов в нефтеперерабатывающей и химической промышленности. Ко второй группе относят расходы на нужды бумажной, целлюлозной, текстильной промышленности и др. Третья группа включает нужды паросиловых установок, четвертая — охватывает расходы воды на гидротранспорт различных материалов (в том числе шлакозолоудаление на тепловых станциях, отходов обогатительных фабрик). К пятой группе относится расход воды, входящий в состав вырабатываемого продукта пищевой промышленности, частично в химической промышленности.

К качеству воды указанных групп водопотребления предъявляют самые разнообразные требования. Вода, используемая для охлаждения, должна быть маложесткой, маломутной (ниже 50 мг/л), не обладать коррозионными свойствами; для питания паровых котлов высокого давления должна быть полностью обессоленной; для промывных целей не должна содержать солей, влияющих на качество продукта. Режим расходования воды на производственные нужды определяется режимом работы промышленного предприятия.

Приведенные схемы водоснабжения городов могут быть применены и к водопроводам промышленных предприятий. Однако промышленное водоснабжение имеет ряд особенностей. Основная особенность заключается в том, что использованная вода, если она не загрязняется или может быть легко очищена от загрязнений, во многих случаях не сбрасывается в водоем, а снова используется в производстве.

В соответствии с этим на промышленных предприятиях может быть применена прямоточная, последовательная или оборотная система водоснабжения.

Прямоточное водоснабжение (см. рис. 3.1, *а*) предусматривает подачу воды к потребителям и сброс ее в водоем после использования. При этом, если вода загрязняется в производстве, перед выпуском в водоем ее очищают на очистных сооружениях.

Прямоточное водоснабжение применяют в тех случаях, когда источник, достаточно мощный, расположен вблизи предприятия (не более 2...3 км) и высота расположения площадки промышленного предприятия над уровнем воды в источнике невелика (15...20 м).

При **последовательном водоснабжении** вода, использованная в одном цехе, используется повторно в другом, а в отдельных случаях еще и в третьем цехе.

При этой системе водоснабжения уменьшается количество воды, подаваемой из источника, по сравнению с прямоточным водоснабжением.

При **оборотном водоснабжении** (см. рис. 3.1, *б*) воду, нагретую в производстве, охлаждают на охладительных сооружениях и вновь используют

для тех же целей. Если вода в процессе производства загрязняется, то ее очищают. В производственном процессе при очистке и охлаждении воды некоторое количество ее теряется. Потери при оборотной системе составляют 3...5% общего количества используемой воды в оборотной системе. Эти потери восполняются из источника водоснабжения. Свежую воду обычно подают в бассейн, в котором собирается охлажденная вода.

Оборотную систему водоснабжения применяют при ограниченной мощности источника водоснабжения. Однако и при достаточной мощности источника такая система может быть экономически выгодной при значительной удаленности источника (более 4...5 км) от предприятия и при высоком расположении промышленной площадки над уровнем воды в источнике (выше 25 м).

Благодаря устройству оборотных систем водоснабжения можно значительно уменьшить спуск в водоем загрязненных промышленных сточных вод и тем самым уменьшить загрязнение водоемов.

Передовые предприятия, применяя комбинированные схемы водоснабжения (прямоточно-последовательные, оборотные и оборотно-последовательные), совершенно прекратили спуск в водоем загрязненных сточных вод.

Иногда система производственного водоснабжения значительно усложняется тем, что отдельные производственные потребители, входящие в состав предприятия, предъявляют различные требования к качеству воды. Это вызывает необходимость устройства нескольких систем производственного водоснабжения на одном и том же предприятии. В других случаях устройство отдельных систем производственного водоснабжения обуславливается тем, что для отдельных цехов требуются различные давления в сетях. Тогда на территории предприятия устраивают несколько сетей разных напоров.

Контрольные вопросы и задания

1. Как классифицируют системы водоснабжения по назначению, по виду использования природных источников и способам подачи воды?
2. Как обеспечивают водоснабжение промышленных предприятий?
3. В чем заключается разница между системами водоснабжения: прямоточной, последовательной и оборотной?