

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения»

Г.И. Воловник Л.Д. Терехов М.И. Коробко

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОММУНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Рекомендовано
Дальневосточным региональным
учебно-методическим центром
в качестве учебного пособия для студентов
направления 653500 (270100) «Строительство»
по специальности 290800 (270112) «Водоснабжение
и водоотведение» вузов региона»

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2005

УДК 628(075.8)
ББК Н761я73
В 680

Рецензенты:

Директор ДВ предприятия «Росводоканал»
Кандидат технических наук, доцент, почетный строитель РФ
Лернер А.Д.

Заведующий кафедрой «Гидравлика и водоснабжение»
Хабаровского государственного технического университета,
доктор технических наук, профессор
Шевцов М.Н.

Воловник, Г.И.

В 680 Общие вопросы технической эксплуатации коммунальных систем водоснабжения и водоотведения : учеб. пособие / Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов, М.И. Коробко. – Хабаровск : ДВГУПС, 2005. – 84 с.

Учебное пособие соответствует государственному стандарту направления 6535000 (270100) «Строительство» по специальности 290800 (270112) «Водоснабжение и водоотведение».

Учебное пособие является введением к общему курсу технической эксплуатации коммунальных систем водоснабжения и водоотведения.

В пособии сформулированы и проанализированы требования, предъявляемые к эксплуатационному процессу, организации и обеспечению условий его осуществления, предложен метод оценки качества эксплуатации, как обоснования мероприятий по ее улучшению, изложено содержание работ по техническому обслуживанию систем, рассмотрены пути усиления объектов водопровода и канализации и подготовки объектов к эксплуатации.

Предназначено для студентов старших курсов 290800 (270112) «Водоснабжение и водоотведение», может представлять интерес для бакалавров, магистров и других инженерно-технических работников, занимающихся вопросами эксплуатации систем коммунального водоснабжения и водоотведения.

© Издательство Дальневосточного государственного университета путей сообщения (ДВГУПС), 2005

© Воловник Г.И., Терехов Л.Д., Коробко М.И.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей работе рассматриваются и обсуждаются общие требования, предъявляемые к коммунальным системам водоснабжения и водоотведения, предлагается методика оценки качества их эксплуатации, излагаются основные положения по техническому обслуживанию, контролю за строительством и за проведением пусконаладочных работ для производственных объектов водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ), приводятся соображения по повышению надежности водоснабжения в случае изменения исходных условий.

Работа является введением к общему курсу технической эксплуатации коммунальных водопроводно-канализационных систем и дополняет его.

Работа предназначена для студентов и инженерно-технических работников, специализирующихся в области эксплуатации систем водоснабжения и канализации, и предполагает достаточный уровень подготовки читателей.

1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К КОММУНАЛЬНЫМ СИСТЕМАМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

1.1. Функции систем и условия выполнения функций

Коммунальное водоснабжение предназначено для бесперебойной подачи питьевой воды населению и объектам городской инфраструктуры. Кроме того, вода подается для пожаротушения и на договорной основе, определяющей режим подачи, производственным предприятиям.

Системы коммунального водоотведения должны бесперебойно отводить хозяйственно-фекальные воды и на договорных условиях стоки промышленных и других предприятий, а после необходимой очистки стоков сбрасывать их в водные объекты, приемники сточных вод.

Выполнение функций сопряжено с соблюдением обязательных требований по надежности, экономичности, экологичности и безопасности жизнедеятельности персонала.

Надежность-свойство системы, заключающиеся в способности выполнять функции в заданных режимах и условиях в течение всего периода эксплуатации.

Функция бесперебойности в подаче питьевой воды должна выполняться в соответствии с категориями обеспеченности водоснабжения населенных пунктов согласно нормативам [3].

Надежность водоснабжения и водоотведения взаимно связаны. Естественно, что отказ системы канализации потребует прекращения подачи воды абонентам.

Функция, заключающаяся в подаче воды нормируемого питьевого качества, должна безусловно выполняться. В согласованных случаях временно допускаются некоторые отклонения от нормативов, но только для показателей, влияющих лишь на органолептические свойства воды.

Сточные воды перед выпуском в водный объект очищаются до норм, соответствующих предельно допустимому сбросу (ПДС) для основных видов загрязнений.

Требования, относящиеся к экологическим и экономическим аспектам, а также к условиям труда на производстве, рассматриваются ниже.

Со временем исходные значения параметров, характеризующих требования к работе систем, меняются. Если не ведется постоянного наблюдения за такими изменениями и на них не реагируют, появляется несоответствие между требованиями и техническими возможностями систем, т.е. качество эксплуатации закономерно ухудшается.

Причины несоответствия часто могут быть устранены. Меры по оптимизации исходных значений всегда оправданы и приоритетны. Только технико-экономические обоснования позволяют принять альтернативное решение об усилении систем.

1.2. Требования к водопотреблению и водоотведению

1.2.1. Водопотребление населенных мест

Главными статьями расходов воды являются: водопотребление населения в кварталах жилой застройки, в учреждениях и других объектах, необходимых для жизнеобеспечения населения (лечебные учреждения, детские и учебные заведения, предприятия общественного питания и т.д.), затраты воды промышленными и транспортными предприятиями и на собственные нужды водопроводно-канализационного хозяйства, на пожаротушение, на поливку территорий и зеленых насаждений.

Для предприятий уровень водопотребления лимитируется согласно соответствующим нормативам, но население снабжается водой по потребности и без ограничений [9].

В тех достаточно часто встречающихся случаях, когда фактические значения расходов воды и сточных вод превышают суточную производительность систем водоснабжения и канализации, последние не могут выполнить свои функции.

В создавшихся ситуациях необходимо принять меры по упорядочению уровней водопотребления и водоотведения, а если этого достичь невозможно – усиливать системы путем реконструкции или ввода дополнительных производственных мощностей.

1.2.2. Водопотребление в жилищном фонде

По ГОСТ [9] удельное водопотребление в жилом фонде населенного места принимается в пределах 200–350 л/чел в сутки, включая как горячую, так и холодную воду (расход горячей воды составляет 40 %). Предполагается, что квартиры оборудованы стандартным набором санитарных приборов: раковиной или мойкой на кухне, умывальником, ванной или сидячей ванной и душем, унитазом. Заметим, что среднеевропейские удельные расходы воды не превышают 130–180 л/чел в сутки.

На удельное водопотребление влияют многие взаимонезависимые факторы, и объективная оценка действительной потребности в воде может быть получена только на базе фактических наблюдений и замеров.

Наиболее представительным считается метод определения эксплуатационной нормы водопотребления населения (ЭНВН), разработанный и внедренный в семидесятых годах прошлого столетия [14].

Главными факторами, определяющими значение ЭНВН, приняты: степень благоустройства жилья, природно-климатические условия, уклад жизни населения, а так же свободный напор на вводе водопровода, заселенность квартир (среднее количество жителей в одной квартире), потери воды при утечках.

Утечки свидетельствуют о неудовлетворительном техническом состоянии внутреннего водопровода в здании и подлежат максимальному сокращению. Согласно ГОСТ [9] они, вообще, недопустимы, т. к. внутренний водопровод должен сохранять герметичность при давлении до 1,0 МПа.

В результате обработки большого объема статистических материалов о водопотреблении в жилищах установлены корреляционные связи между ЭНВН, напорами на вводе, заселенностью квартир и утечками.

ЭНВН подсчитывается для группы зданий с одинаковой степенью благоустройства, находящихся в данном населенном месте, что обеспечивает одинаковое влияние части факторов, за исключением напоров, заселенности квартир и утечек.

Поскольку последние факторы для разных домов могут различаться, ЭНВН определяются для каждого здания индивидуально.

Установлено, что наибольшее влияние на значения ЭНВН оказывают утечки (65–89 %); влияние напоров на вводах оценивается 8–19 %, а заселенности квартир – 8–13 %.

Утечки косвенно определяются по ночным расходам (с 1 до 5 часов). Такой прием использовался французскими инженерами при проектировании в XIX веке первого в Европе парижского городского водопровода современного типа.

ЭНВН жилого дома определяется по зависимости:

$$Q_9 = B_0 + B_1 q_H^p + B_2 H_{эф} + B_3 Z, \quad (1.1)$$

где q_H^p – ночной расход, л/час на чел; $H_{эф}$ – эффективный напор, т. е. напор на середине высоты здания, м; Z – средняя заселенность квартир, чел/кварт; b_0, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты корреляции, зависящие от среднесуточного расхода воды $\bar{Q}_c$, полученного при проведении обследования, л/сут на чел.

$$B_1 = 20,5 - 0,007 \bar{Q}_c. \quad (1.2)$$

$$B_2 = 0,0065 \bar{Q}_c. \quad (1.3)$$

$$B_3 = -(5 - 0,02 \bar{Q}_c). \quad (1.4)$$

$$B_0 = \bar{Q}_c - (B_1 q_H^p + B_2 H_{эф} + B_3 Z). \quad (1.5)$$

Индекс «штрих» означает, что указывается усредненное значение данного показателя по результатам исследования водопотребления для всего обследуемого массива, а отсутствие индекса, что показатель определен для данного конкретного здания. Расчетное значение ночных

расходов q_n^p отвечает 60–70 % обеспеченности этого показателя в выборке средних значений q_n за период обследования для всех зданий. В формуле (1.1) отсутствуют члены, учитывающие влияние на ЭНВН тех факторов, которые одинаково влияют на водопотребление во всех жилых домах с одинаковым благоустройством, находящихся в данном населенном месте (климат и другие).

Обследование проводится в течение 2–4 недель ежедневно, причем количество обследуемых зданий с одинаковым благоустройством должно быть не менее 30 – по 10 объектов на один из трех неодинаковых факторов для разных зданий, влияющих на водопотребление (утечки, напоры, заселенность). Этот объем выборки определен при проверке адекватности математической модели фактическим процессам водопотребления. При обследовании два раза в сутки (в 1 и 5 часов утра) водомером измеряется ночной и суточный расход воды в здании, т. е. q_n и Q_c , а так же напор на вводе. Если количество подлежащих обследованию зданий менее 30, то обследуются все здания.

Включаемое в число обследуемых, здание должно иметь исправный внутренний водопровод. Если в здании находится встроенное предприятие со значительным водопотреблением (мастерские, прачечные, предприятия общественного питания и т. д.) учет воды этими объектами производится отдельно специально установленным расходомером и соответствующие расходы следует вычитать из общих расходов, измеряемых общим водомером здания.

Для оценки состояния внутреннего водопровода проводится выборочный осмотр водоразборов примерно в 20–25 % квартир с целью обнаружения утечек воды из водоразборов. Утечки относят к большим или малым: первыми являются утечки в виде струек, вторыми – в виде капель. Для кранов малые утечки принимают равными $0,06 \text{ м}^3/\text{ч}$, большие – $1 \text{ м}^3/\text{сут}$, для бачков унитазов – $0,2$ и $2 \text{ м}^3/\text{сут}$, соответственно. Методика оценки приблизительных утечек в здании в л/час на 1 человека по данным предварительного осмотра иллюстрируется примером 1.1.

Пример 1.1

В жилом 60 кв. доме проживает 135 человек. При обследовании 15 квартир установлены малые утечки из кранов в 4 квартирах, большие отсутствуют; малые утечки из бачков унитазов в 6 квартирах, большие – в одной. Общие утечки в обследованных квартирах:

Малые утечки из кранов $4 \times 0,06 = 0,24 \text{ м}^3/\text{сут}$;

Большие $0,0 \text{ м}^3/\text{сут}$

Малые утечки из бачков $6 \times 0,2 = 1,2 \text{ м}^3/\text{сут}$;

тоже большие $1 \times 2 = 2,0 \text{ м}^3/\text{сут}$

Итого: $3,44 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Всего по зданию $3,44 \times 60/15 = 13,76 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Часовой расход (утечки) на одного человека:

$$13,76 \times 1000/135 \times 24 = 4,25 \text{ л/ч чел.}$$

В среднем, утечки на 1 человека при нормальном техническом состоянии водопровода не должны превышать 1,5–3,0 л/ч; в противном случае до начала обследования внутренний водопровод здания следует отремонтировать.

После указанного выше обследования группы зданий, производится обработка полученных материалов: подсчитываются средние значения эффективных напоров и суточных расходов воды как для каждого из обследованных зданий, так и для всего массива в целом, средние значения ночных часовых расходов для отдельных зданий q_n и расчетное значение q_n^p .

Эффективным называют напор на середине высоты здания.

Для определения q_n^p средние значения q_n для отдельных зданий ранжируются в порядке возрастания, и в ряду находится значение q_n^p , отвечающее 60–70 % обеспеченности, т.е. вероятностью того, что ночной расход (утечка) будет равен или окажется меньше принимаемого значения.

По формулам (1.1), (1.2), (1.3), (1.4), (1.5) для всех зданий с одинаковой степенью благоустройства, расположенных в данном населенном месте, может быть вычислена эксплуатационная норма водопотребления. Расчетные значения $H_{эф}$ и z для каждого здания определяются, как среднеарифметическое по результатам наблюдения для данного здания или принимаются по результатам нескольких замеров напоров.

Пример 1.2

По данным обследований в жилых домах первой категории благоустройства (водопровод, канализация, централизованное горячее водоснабжение по закрытой схеме) установлены следующие средние значения параметров: $\overline{H_{эф}} = 40 \text{ м}$, $\overline{z} = 2,5 \text{ чел/кв.}$, $\overline{Q_c} = 210 \text{ л/сут. на чел.}$, $q_n^p = 2,2 \text{ л/ч чел.}$, расчетные значения параметров для дома №1: $H_{эф} = 38 \text{ м}$, $z = 2,6 \text{ чел/кв.}$; для дома № 2: $H_{эф} = 52 \text{ м}$, $z = 2,2 \text{ чел/кв.}$
Определить ЭНВН для домов №1, 2.

1. По формуле 1.2 $B_1 = 20,5 - 0,007 \cdot 210 = 19,03$.

2. По формуле 1.3 $B_2 = 0,0065 \cdot 210 = 1,37$.

3. По формуле 1.4 $B_3 = -(5 + 0,02 \cdot 210) = 9,2$.

4. По формуле 1,5 $B_0 = 210 - (2,2 \cdot 19,03 + 1,37 \cdot 40 - 9,2 \cdot 2,6) = 136,53$.

5. По формуле 1.1 для дома № 1

$$Q_3 = 136,53 + 19,03 \cdot 2,2 + 1,37 \cdot 58 - 9,2 \cdot 2,6 = 206 \text{ л/сут.}$$

6. По формуле 1.1 для дома № 2

$$Q_3 = 136,53 + 19,03 \cdot 2,2 + 1,37 \cdot 52 - 9,2 \cdot 2,2 = 229 \text{ л/сут.}$$

Как следует из расчета в жилых домах, отличающихся только эффективными напорами и заселенностью квартир, ЭНВН оказываются разными и заметно различающимися.

ЭНВН включает расход, затрачиваемый на утечки: если он равен нулю, то значение ЭНВН называется предельным.

Таблица 1.1

Значения ЭНВН некоторых городов Дальнего Востока и Забайкалья [5]

Города Показатели	Хабаровск	Биробиджан	Благовещенск	Улан-Удэ	Петропавловск-Камчатский	Бикин	Магадан	Комсомольск-на-Амуре	Николаевск	Чита
Фактическое удельное водопотребление, л/чел·сут	287	315	282	220	239	280	182	170	216	325
ЭНВН, л/чел·сут	195	261	257	175	180	195	165	124	177	249
Тоже предельное значение, л/чел·сут	170	230	230	160	150	170	150	116	123	225
Снижение удельного водопотребления при переходе на ЭНВН, %	27	17,1	8,0	20,5	24,7	26	8,9	25	17	23,4

Примечание. В г. Благовещенске, Биробиджане и Чите закрытые системы горячего водоснабжения и в таблице приведены общие расходы холодной и горячей воды.

В табл. 1.1 приведены осредненные значения ЭНВН для жилых домов с первой категорией благоустройства в некоторых городах Дальнего Востока и Забайкалья (работы 1980–1985 гг.). Полученные значения ЭНВН в большинстве случаев на 20 % и более превышают фактическое удельное водопотребление, причем, предельные значения меньше ЭНВН на 20–30 л/сут. на 1 человека.

Объем утечек, включаемый в ЭНВН, является тем резервом, который может быть реализован при улучшении технического состояния внутридомовых сетей и уменьшении свободных напоров в наружной сети до минимально необходимых (основные факторы, влияющие на величину утечек).

Предельные значения ЭНВН можно рассматривать как действительную и востребованную норму удельного водопотребления в жилище. Возможными путями уменьшения этой нормы без причинения ущерба потребителям являются: ограничение напоров воды на вводах достаточным минимумом, применение водоразборов современных конструкций, позволяющих удобно регулировать расходы воды, наличие у потребителей стимулов к ее экономному и разумному потреблению. В первом случае целесообразно поддерживать свободные напоры в пределах внутриквартальных или микрорайонных водопроводных сетей, для чего в местах их присоединения к магистралям устанавливаются регуляторы давления, как практикуется на московском водопроводе, либо правильно подбирать и регулировать насосы подкачки на вводах зданий повышенной этажности. Определенный эффект достигается и при переводе водопроводной сети в ночное время на режим пониженного давления.

ЭНВН существенно превышают удельные расходы, полученные при поквартирном учете воды квартирными водомерами. В [10] отмечается, что по данным группового учета водопотребления в Белоруссии удельные расходы воды (суммарно горячей и холодной) 310–380 л/сут. чел., а при поквартирном – в полтора-два раза меньше. Этот «феномен» объясняется не только утечками во внутридомовой сети, но и отсутствием у потребителей навыков в экономном потреблении воды.

По нашему мнению, такие навыки могли бы возникнуть в случаях, когда оплата воды населением производилась бы по двум тарифам: основному, при водопотреблении в пределах ЭНВН и кратному – за объемы, превышающие ЭНВН.

Эксплуатационные нормы водопотребления населения можно рассматривать как контрольный показатель, позволяющий оперативно и адресно выявлять жилые дома, в которых по различным причинам наблюдается ненормально высокий уровень водопотребления. Конкретные причины в дальнейшем нетрудно выяснить и устранить.

ЭНВН являются объективной характеристикой, позволяющей обосновать потребность в воде того или иного района застройки, что важно при решении оперативных задач потокораспределения в сетях городского водопровода, для организации временного водоснабжения в аварийных ситуациях и других.

1.2.3. Водопотребление объектов общественного сектора

К объектам общественного сектора относятся медицинские учреждения, учебные заведения, магазины, предприятия общественного питания, культурно-просветительные и зрелищные предприятия и т. д. Основная часть потребляемой воды используется для питьевых и санитарно-гигиенических целей.

Ориентировочно, водопотребление перечисленных объектов определяется по нормам проектирования, но в решающей степени зависит от неконтролируемого режима использования водоразборов у санитарных приборов и от технического состояния внутреннего водопровода. В этой связи особенно обоснованно применение саморегулируемых экономичных водоразборов [13].

Для своевременного включения и выключения водоразборов целесообразно применять радарную электронику, регулирующую водоразбор в зависимости от улавливаемого движения в зоне приема. Такими установками оборудуются умывальники, писсуары, душевые кабины. В результате, экономия воды на одну операцию достигает 10–15 % и более.

1.2.4. Водопотребление промышленных предприятий

Промышленные предприятия снабжаются питьевой водой по согласованному суточному графику и в пределах лимитов, указанных в водных паспортах.

Водные паспорта предприятий включают перечень всех технологических операций, требующих затрат воды, и количество операций за год.

Водопотребление для отдельных операций обосновывается нормами, техническими условиями, или стандартными технологическими расчетами, либо принимаются на основе замеров. При этом непременно рассматривается возможность уменьшения расходов за счет усовершенствования технологических процессов или создания системы многократного использования воды (оборотное, бессточное или последовательное водоснабжение).

Водопотребление персонала предприятия принимают по нормам проектирования.

1.2.5. Затраты воды на собственные нужды ВКХ

Основными статьями расхода воды на водопроводно-канализационном предприятии являются: хозяйственно-питьевые и санитарно-гигиенические нужды персонала, расходы воды в лабораториях, затраты на промывку водопроводных фильтров, водопроводных и канализационных сетей, потери воды при проведении ремонтных работ на водопроводной сети.

Во всех технически возможных случаях расходы воды следует измерять водосчетчиками.

В среднем, на собственные нужды ВКХ расходуется до 15 % и более от общего расхода воды.

Некоторые категории затрат воды могут быть уменьшены: на промывку фильтра за счет оборота промывной воды, на промывку трубопроводов – использованием высоконапорной гидромеханической технологии с применением промывочных машин.

1.2.6. Затраты воды на поливку территорий и зеленых насаждений

Этот вид затрат носит сезонный характер. Поливка может частично производиться непосредственно из водопроводной сети, а частично при помощи поливочных машин. В последнем случае можно применять неочищенную или не полностью очищенную воду из источников водоснабжения.

Затраты воды на поливку весьма значительны и иногда достигают 10–25 % от суточного расхода воды. Режим полива и необходимые расходы воды уточняются в каждом случае с учетом климатических и других местных условий, а расходы – измеряться.

1.2.7. Затраты воды на пожаротушение

Расходы на пожаротушение только условно могут оцениваться по нормам проектирования. Действительные расходы зависят от категории пожара и нередко существенно превышают проектные. Фактические расходы подсчитываются по продолжительности пожаротушения и исходя из фактических условий, в которых выполнялись операции по тушению пожаров.

1.2.8. Неучтенные расходы воды

Неучтенные затраты воды, вызванные ее потерями, обусловлены, главным образом, скрытыми утечками из водопроводной сети, а также возможным хищением воды, ее потерями при авариях и погрешностью измерения расходов.

Основным видом неучтенных расходов следует считать скрытые, т. е. явно себя не обнаруживающие. В большинстве случаев объем скрытых утечек достигает 30–40 % от полезной суточной производительности водопровода. Кроме того, к неучтенным относят погрешности в учете расходуемой воды, вызываемые неисправностью или неправильной установкой отдельных водосчетчиков.

И.В. Кожинев предложил метод приблизительного определения объемов скрытых утечек, по величине которых можно судить об актуальности и неотложности мер по их сокращению.

Согласно этому методу в ночные часы (с 1 до 5 часов) в отдельном районе или в небольшом населенном пункте производится измерение расходов воды абонентами. Для предприятий и части жилых домов, оборудованных исправными водомерами, расходы измеряют инструментально. В тех случаях, когда измеренные расходы оказываются ниже минимальных, учитываемых водосчетчиком, расход принимается по минимальному значению. Например, минимальный расход, учитываемый водомером калибром 20 мм, составляет 0,06 м³/час и если зафиксирован меньший расход, то в расчете принимается минимальный, а если больший – зафиксированный расход.

Для остальных жилых домов ночные расходы подсчитываются по количеству жильцов и по удельному ночному расходу q_H^p , полученному при определении ЭНВН для домов соответствующего благоустройства. По нашему мнению вероятность, по которой назначается q_H^p , в данном случае следует принимать равной 50 %.

Суммарный объем воды, отнесенный к скрытым утечкам, определяется по формуле:

$$Q_{yt} = \frac{Q - \Sigma Q_B}{4} - 3,6 \cdot 10^{-3} \Sigma q_H^p N,$$

где Q – измеренный объем воды, поступившей в сеть за 4 ночных часа, м³;
 ΣQ_B – суммарный объем воды, измеренный за 4 часа расходомерами или принятый по значениям минимальных учитываемых расходов;
 Σq_H^p – суммарный часовой расход воды, принятый по значениям q_H^p , л/ч;
 N – количество жителей в домах с соответствующей степенью благоустройства. Считается, что при проведении систематических работ по устранению скрытых утечек и при строгом учете водопотребления уровень неучтенных расходов может быть снижен до 15–25 %.

1.2.9. Баланс водопотребления и его анализ

Приблизительный баланс водопотребления представлен в табл. 1.2.

В среднем, на удовлетворение нужд населения в питьевой воде расходуется около 40 % от общего объема подачи.

С целью экономии дефицитной и дорогостоящей питьевой воды на поливку, целесообразно рассматривать возможность создания специальных поливочных водопроводов, которые, как и поливочные машины, могут использовать воду после грубой очистки или без очистки.

Безвозвратные потери воды (утечки) составляют почти половину подаваемой воды. Эти потери в принципе не являются обязательными: они связаны с плохим техническим состоянием водопровода, с ошибками в эксплуатации и могут быть значительно сокращены. Связанные с этим ремонтные работы, реновация (замена) отдельных элементов системы и организационные мероприятия оказываются менее затратными, чем усиление перегруженной системы водоснабжения.

Сокращение потерь воды приводит к уменьшению ее расходов. В последние годы, например, в г. Москве удельное водопотребление реально снизилось на 25 % без какого-либо ущерба для абонентов.

Эффективность и экономическую обоснованность мер по сокращению потерь воды трудно переоценить.

Таблица 1.2

**Примерный баланс водопотребления
(без учета расходов воды на поливку)**

Статьи расходов воды	Расходы в % от $Q_{\text{сум}}$	
	Всего	В том числе потери
Население в жилищном фонде	40	10
Объекты общественного сектора	10	3
Производственные предприятия	20	10
Собственные нужды ВКХ	10	5
Неучтенные расходы (в том числе скрытые утечки)	20	20
Итого	100	48

Как следует из таблицы, потери воды составляют половину водопотребления. Это приводит к нарушению функции системы водоснабжения по бесперебойной подаче воды абонентам. Задача заключается в том, чтобы сократить потери, являющиеся следствием плохого содержания сетей, поддержания в них излишне высоких напоров и, главное, создать систему мониторинга водопотребления. Эти меры экономически выгоднее, чем усиление системы водоснабжения для увеличения ее производительности.

Проблему экономии воды невозможно решить без строгого учета ее затрат. Учет расходов воды должен быть только инструментальный с применением стандартных расходомеров (водосчетчиков). Водосчетчики нуждаются в надежном техническом обслуживании, регулярном ремонте и поверочных испытаниях.

Расходомеры необходимо установить на водоводах, подающих воду в сеть, на всех вводах водопровода на территории предприятий, в жилые дома и другие снабжаемые водой объекты.

Показания счетчиков должны регулярно сниматься и анализироваться. Определенные трудности возникают при учете расходов горячей во-

ды для открытых схем горячего водоснабжения. Впрочем, в большинстве городов России жилищные фонды оборудованы закрытыми схемами горячего водоснабжения.

Для обслуживания водомерного хозяйства целесообразно иметь на водопроводных предприятиях специальные группы контролеров и мастерскую по ремонту и испытанию расходомеров.

Следует заметить, что водосчетчики рассчитаны на измерение расходов только чистой воды. Точность и адекватность измерений обусловлена правильной установкой приборов на трубопроводах. Соответствующие указания содержатся в паспортах приборов.

1.2.10. Водоотведение населенного места

Расходы стоков в системах водоотведения, выполненных по полной раздельной схеме, отличается от расходов подаваемой питьевой воды, как по величине, так и по часовым графикам. Это связано с потерями воды при утечках из водопроводной сети, с временной аккумуляцией и с безвозвратной потерей части используемой промышленными предприятиями воды на испарение, ее унос с готовой продукцией и при розливах.

Инфильтрация может существенно увеличить расходы сточных вод сравнительно с расчетными. Так, по результатам обследования канализационных сетей г. Хабаровска установлено, что за счет инфильтрации расходы сточных вод возрастают на 40 % [А.Д. Лернер, 2004 г.].

Инфильтрация и расточительное водопотребление приводят к гидравлической перегрузке системы водоотведения и к нарушению нормальной эксплуатации.

Последствия перегрузки не позволяют выполнить одно из основных требований к системе – поддержание санитарно-гигиенических и экологических условий при транспортировке сточных вод. Имеющие недостаточную пропускную способность участки коллекторов работают полным сечением и создают подпор, из-за чего возможна эксфильтрация неочищенных стоков в грунт, их излив на поверхность, при перегрузке насосных станций перекачки сточные воды сбрасываются по аварийным выпускам в водные объекты, ухудшается степень очистки на городских очистных сооружениях. Кроме того, перегрузка вызывает перерасход электроэнергии, так как объем перекачиваемой насосами воды увеличивается.

В ходе технического обслуживания и ремонтов принимаются меры по сокращению нагрузки за счет ремонта сетей и упорядочения водопотребления. Эти мероприятия требуют организации систематических измерений расходов сточных вод. Мониторинг расходов следует проводить на выходах из насосных станций. Для измерения применяются расходомеры различных типов, включая наиболее совершенные, бесконтактные. Если меры по сокращению расходов не дают необходимого эффекта, система водоотведения нуждается в реконструкции [4].

1.3. Условия выполнения функции очистки воды

Проектные условия, применительно к которым запроектированы и построены очистные сооружения водопровода и канализации могут со временем существенно изменяться, что приводит к отказу: невозможности обеспечить требуемую в сложившейся ситуации степень очистки.

В этом случае считают, что барьерная роль очистных сооружений недостаточна и необходимо ее повышение. Это достигается реконструкцией существующих сооружений, либо путем нового строительства. Иногда удастся повысить барьерность, (т. е. способность к задержанию загрязнений) изменением производственного режима и совершенствованием технологических процессов на существующих сооружениях, т. е. интенсификацией их работы.

1.3.1. Повышение барьерности водопроводных станций. Общие положения

Причины, по которым барьерная роль водопроводных станций оказывается недостаточной, объясняется гидравлической перегрузкой (см. выше) или изменением качества воды в водном источнике, а также новыми требованиями к нормируемому качеству очищенной (питьевой) воды (см. ниже).

Источники водоснабжения классифицируются в зависимости от того, насколько сложной окажется технология подготовки питьевой воды.

К первому классу подземных источников относятся те, вода которых по всем показателям соответствует требованиям, предъявляемым к воде питьевого качества, а для поверхностных источников – нуждается только в обеззараживании и фильтровании с коагуляцией или без нее. Для источников второго класса подземная вода обеззараживается, а иногда аэрируется и фильтруется. Поверхностные воды в этом случае очищаются по двухступенчатой схеме и обеззараживаются. Вода источников третьего класса нуждается в специальных методах очистки (сорбция, ионный обмен, окисление).

Большинство водопроводных станций России предназначены для очистки воды из источников первого или второго классов.

Известно, что последние десятилетия под влиянием антропогенных и техногенных факторов, происходит заметное ухудшение качества воды, особенно поверхностных источников. В ряде случаев источники второго класса в течение части или всего года следует отнести к третьему.

Барьерная роль водопроводных станций часто оказывается недостаточной, тем более что требования к качеству питьевой воды в последние годы повысились.

Повышение барьерной роли предусматривает усиление водопроводной станции путем строительства дополнительных установок, либо реконструкции [4].

Если реконструкция связана с гидравлической перегрузкой, технологическая схема сохраняется, но предусматривается усовершенствование отдельных сооружений, либо их переделка с сохранением назначения операции. Например, для первичного осветления воды на базе существующих отстойников оборудуются более производительные флотаторы или фильтры с плавающей загрузкой.

При реконструкции с целью очистки воды от технологических загрязнений и других примесей, содержащихся в источнике третьего класса, технология очистки требует изменений и технологическая схема усиливается дополнительной ступенью (сорбционные установки и другие).

1.3.2. Нормы качества питьевой воды

Согласно СанПиН [17] нормы качества питьевой воды разрабатываются и становятся нормативом для каждой водопроводной станции, снабжаемой водой из данного источника. Если населенный пункт имеет водозаборы из разных источников, отдельные водопроводные станции должны готовить воду по «своему» нормативу.

Норматив основывается на результатах производственного контроля воды в источнике с целью определения ее химического состава и обоснования перечня «приоритетных» вредных веществ, за содержанием которых требуется обязательный контроль. Приоритетность обуславливается классом вредности вещества и его концентрацией в воде источника. При обнаружении нескольких химических веществ, относящихся к первому и второму классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, необходимая степень очистки находится по зависимости:

$$\sum \frac{C_{\text{доп}}}{ПДК} \leq 1, \quad (1.6)$$

где $C_{\text{доп}}$ – допустимая концентрация отдельных взаимодействующих ингредиентов; $ПДК$ – предельно допустимая концентрация ингредиентов.

Необходимый эффект очистки воды источника от данного ингредиента определяется по известной формуле:

$$\mathcal{E} = 1 - \frac{C_{\text{доп}}}{C_{\text{факт}}}, \quad (1.7)$$

где $C_{\text{факт}}$ – фактическое содержание ингредиента в воде источника.

В [17] приводятся нормы качества питьевой воды по обязательным показателям: органолептическим, санитарно-гигиеническим, содержанию некоторым химических веществ, примесей, попадающих в питьевую воду при ее реагентной обработке. Кроме того, из приложения 2 [17] до-

полнительно находятся значения ПДК тех химических веществ, которые при составлении норм признаны приоритетными.

Нормы качества питьевой воды регулярно (не реже, чем через 5 лет) пересматриваются и корректируются в зависимости от возникающих изменений в качестве воды источника водоснабжения.

Разумеется, что при такой корректировке норм необходимы изменения и в технологии очистки. В некоторых случаях задачу удастся решить за счет применения более эффективных реагентов или изменения режимов обработки, но в других может потребоваться реконструкция [4], либо ввод в эксплуатацию дополнительных очистных установок.

1.3.3. Повышение задерживающей способности очистных сооружений канализации

Качество сточных вод, поступающих на очистку.

Технология обработки стоков на городских очистных сооружениях канализации (ГОСК) рассчитана на очистку хозяйственно-бытовых сточных вод, основными загрязнениями которых являются взвешенные вещества (грубодисперсные примеси), а так же органические вещества, находящиеся в коллоидном и растворенном состояниях. Технологический процесс включает отстаивание и биохимическую деструкцию органики, содержащей белки, сахара (углеводы), жиры, нуклеиновые кислоты.

Бытовые и сходные по составу промышленные сточные воды составляют до 70–80 % общегородского стока. Поступление в городскую канализационную сеть других сточных вод лимитируется в зависимости от содержащихся в них загрязнений.

Лимитирование основывается на двух условиях: производственные загрязнения не должны нарушать нормальной работы системы канализации, включая и процесс очистки, концентрация загрязнений в воде после очистки должны отвечать предельно допустимому сбросу (ПДС) в водный объект (см. ниже).

Барьерная роль очистных сооружений по отношению к производственным примесям зависит не только от состава последних, но и от степени дисперсности. Так, например, нефтепродукты, находящиеся в воде в виде пленок или глобул могут быть удалены на 60–70 % и более, а в виде молекулярных растворов значительно хуже (на 15–30 %).

Если производственный сток по своему качеству не может быть выпущен в городскую канализационную сеть, на промышленном предприятии создаются локальные очистные сооружения с доведением качества сточных вод до требований Правил [20].

Степень очистки городских сточных вод определяется в зависимости от значений предельно допустимого сброса загрязнений. Эти значения периодически пересматриваются и корректируются с учетом меняющей-

ся загрязненности водного объекта, с изменением его гидрологических характеристик и вида водопользования (хозяйственно-питьевого, санитарно-гигиенического или рыбохозяйственного).

Поэтому нередко ситуации, когда требуемая степень очистки не обеспечивается очистными сооружениями, запроектированными для других условий. Выполнение одной из главных функций системы водоотведения (требуемая степень очистки сточных вод) достигается усилением технологической схемы. Усиление также необходимо если происходит гидравлическая перегрузка очистных сооружений.

1.3.4. Расчет предельно допустимого сброса (ПДС) в водный объект

«ПДС называется масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте», указывается в ГОСТ 17.1 101-77.

Нормативы ПДС устанавливаются индивидуально для каждого выпуска сточных вод.

ПДС ограничивается тем условием, что концентрация данного загрязнения снизится в результате смешения сточных вод с водой водотока или водоема настолько, чтобы в контрольном створе не превысила ПДК (предельно допустимых концентраций).

Для водотоков хозяйственно-питьевого или культурно-бытового назначения «санитарно-гигиенический» створ размещается на 1 км выше ближайшего пункта водопользования, а рыбохозяйственного значения «рыбохозяйственный» створ не далее 500 м ниже выпуска сточных вод [15], – см. рис. 1.1.

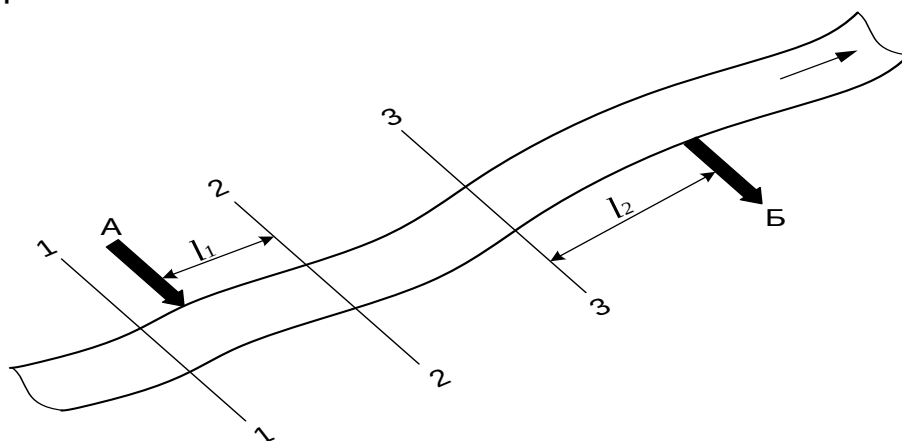


Рис. 1.1. Расположение контрольных створов. 1 – 1 фоновый; 2 – 2 рыбохозяйственный; 3 – 3 санитарно-гигиенический; А – выпуск сточных вод; Б – водозабор водопровода хозяйственно-питьевого назначения; $l_1 \leq 500$ м; $l_2 \geq 1000$ м

Расчеты ПДС выполняются в следующей последовательности:

1. Определяется коэффициент смешения очищенной сточной воды с водой водотока:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{l_d}}}{1 + \frac{Q_p}{q_{mid}} e^{-\alpha \sqrt[3]{l_d}}}, \quad (1.8)$$

где l_d – расстояние от выпуска до контрольного створа, м; α – коэффициент, зависящий от турбулентной диффузии в водотоке и от его извилистости, а так же от среднего расхода сточных вод; Q_p – секундный среднемесячный дебит водотока при 95 % обеспеченности, м³/с; q_{mid} – секундный среднемесячный расход очищенных сточных вод, м³/с.

Методика расчета коэффициента смешения приведена в [6]. Заметим, что формула (1.8) рекомендуется к применению при условии:

$$5 < \frac{Q_p}{q_{mid}} \leq 25 - 30.$$

2. Определяется кратность смешения очищенных сточных вод с водой водотока:

$$n = \frac{\gamma Q_p + q_{mid}}{q_{mid}}. \quad (1.9)$$

3. Для каждого из лимитируемых по содержанию водных примесей подсчитывается максимально допустимая концентрация на выпуске в водный объект:

$$C_{CT} = (n - 1)(C_N - C_\phi) + C_\phi, \quad (1.10)$$

где C_N – ПДК данной примеси в контрольном створе, г/м³, принимается по [24]; C_ϕ – фоновая концентрация в фоновом створе водотока, г/м³.

Фоновый створ располагается несколько выше выпуска сточных вод так, чтобы в него не попадали сбрасываемые по выпуску сточные воды. Фоновая концентрация создается под влиянием всех источников загрязнения водотока выше фонового створа.

Если в сточной воде или в фоновом створе присутствуют загрязнения первого или второго классов опасности (чрезвычайно опасные и высокоопасные) с одинаковым лимитирующим признаком вредности, например, санитарно-токсикологической, их взаимодействия следует учитывать, а C_N принимать согласно формуле (1.6).

Определение БПК полн в очищенных сточных водах производится с учетом процессов самоочищения в водотоке.

4. Подсчитывается ПДС для каждого загрязнения, поступающего в водный объект:

$$ПДС = C_{СТ} q_{час} , \quad (1.11)$$

где $q_{час}$ – среднечасовой расход сточных вод, м³/час.

Как следует из этой формулы, ПДС для загрязняющих веществ в частности зависят от фоновых загрязнений водного объекта. Изменения природного или антропогенного (либо техногенного) характера, приводящие к росту загрязнения водотока в фоновом створе могут потребовать более глубокой очистки сточной воды с тем, чтобы обеспечить новые, уменьшенные значения ПДС.

Еще более негативны последствия увеличения гидравлических нагрузок на очистные сооружения: для сохранения постоянного значения ПДС следует осуществлять более глубокую очистку стоков, в то время как возросшая гидравлическая нагрузка снижает эффект очистки. Разрешить такую ситуацию можно мерами по сокращению гидравлической нагрузки, либо путем реконструкции очистных сооружений или, наконец, параллельным проведением указанных мероприятий. Если возникает необходимость уменьшения содержания производственных загрязнений в очищенной воде, ужесточаются нормы качества промышленных стоков, сбрасываемых в городскую канализационную сеть.

1.3.5. Условия выпуска производственных сточных вод в городскую канализационную сеть

Промышленные сточные воды могут сбрасываться в сеть городской канализации при соблюдении следующих вполне очевидных правил: сброс не должен вызывать дополнительных затруднений в эксплуатации сетей, канализационных насосных станций, очистных сооружений и приводить к нецелесообразной гидравлической нагрузке за счет отведения дренажных, условно чистых и других, не нуждающихся в очистке вод;

БПК и содержание взвесей в общегородском стоке не должно значительно превышать значения этих показателей в хозяйственно-бытовом стоке;

концентрации примесей, не содержащихся в хозяйственно-бытовом стоке, ограничиваются и не должны превышать установленных для данной системы канализации предельных значений.

Нормы качества промышленных сточных вод определяются расчетом, должны соответствовать ПДС (см. форм. 1.11).

Расчеты по методике, рекомендуемой правилами [20], предусматривают определение:

1. Максимально допустимой концентрацией данного загрязнения перед выпуском в водный объект $C_{СТ}$ (формула 1.10);

2. Содержания данного вещества в городском стоке, поступающем на очистные сооружения:

$$C_{ГСВ} = \frac{C_{СТ} \cdot 100}{100 - A} \leq C_{доп}, \quad (1.12)$$

где A – эффект очистки от данного загрязнения на городских очистных сооружений, %. Этот эффект, как отмечалось, зависит от многих факторов (вид вещества, его начальная концентрация, дисперсность, присутствие в стоке других примесей, влияющих на процесс удаления данного и т. д.). Значение A следует определять в натурных условиях, а в предварительном порядке оно может приниматься по рекомендациям [20]. Если $A=0$, то $C_{ГСВ} = C_{СТ}$.

В случае, если $C_{ГСВ} > C'_{доп}$ принимают, что $C_{ГСВ} = C'_{доп}$, где $C'_{доп}$ – максимально допустимая концентрация данной примеси по условиям работы очистных сооружений.

3. Концентрации данного вещества на выпуске промышленного предприятия в городскую канализацию:

$$C_{ПСВ} = \frac{q_{mid}}{\Sigma q_{np}} (C_{ГСВ} - C_B) + C_B, \quad (1.13)$$

где C_B – содержание данного ингредиента в бытовом стоке. Значение следует определять для фактических условий путем проведения исследования, но для некоторых примесей оно приводится (ориентировочно) в правилах [8]; q_{mid} и Σq_{np} – среднечасовые расходы сточной воды населенного пункта и суммарно для тех предприятий, в стоках которых присутствует данный ингредиент.

Пример 1.3

Определить допустимую концентрацию нефти в промышленных сточных водах, поступающих в сеть городской канализации, при следующих условиях: среднечасовой секундный расход сточных вод населенного места $q_{mid} = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$; тоже промышленных стоков, содержащих нефть $\Sigma q_{np} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$; ПДК нефти в контрольном створе водотока рыбохозяйственного назначения $C_N = 0,05 \text{ мг/л}$; фоновое содержание нефтепродуктов $C_\phi = 0,02 \text{ мг/л}$; содержание нефтепродуктов в бытовом стоке $C_B = 0,5 \text{ мг/л}$; коэффициент смешения (расчет условно не приво-

дится) $n=16,0$; эффект очистки нефти $A=60\%$; допустимая концентрация нефти по условиям очистки $C_{доп}=10$ мг/л [8].

Решение

1. По формуле 1.10 $C_{СТ}=(16,0-10)(0,05-0,02)+0,02=0,47$ мг/л;

2. По формуле 1.12 $C_{ГСВ}=\frac{0,47 \cdot 100}{100-60}=1,175$ мг/л $< 10,0$ мг/л;

3. По формуле 1.13 $C_{ПСВ}=\frac{0,5}{0,1}(1,175-0,5)+0,5=3,875$ мг/л.

Нормы качества производственных сточных вод должны соблюдаться промышленным предприятием и их соблюдение обеспечиваться путем локальной очистки стока перед выпуском в канализационную сеть населенного места.

Нормы ежегодно пересматриваются и при повышении загрязненности водотока в фоновом створе-ужесточаются.

1.3.6. Анализ условий функционирования водопроводно-канализационных систем

На водопроводно-канализационном предприятии создается система мониторинга (слежения) за изменением факторов, определяющих условия функционирования водопроводов и канализаций. Данные мониторинга постоянно анализируются и в тех случаях, когда негативные изменения могут быть остановлены или замедлены, планируются и проводятся соответствующие мероприятия (устранение утечек, инфильтрации, улучшение учета расходов воды и др.).

В других случаях результаты неизбежных изменений прогнозируются и обосновываются меры по усилению отдельных объектов систем.

Вопросы для самопроверки к главе 1

1. Основные факторы, влияющие на водопотребление в жилищном фонде.
2. Как определяются эксплуатационные нормы водопотребления населения.
3. Пути уменьшения предельных норм водопотребления населения.
4. Какие практические задачи могут быть решены с использованием ЭНВН.
5. Пути снижения водопотребления промышленных предприятий.
6. Характеристика баланса водопотребления населенного места.
7. Пути повышения барьерности водопроводных станций.
8. Принципы разработки норм качества питьевой воды.

9. Предельно допустимый сброс (ПДС) загрязнений, правила его определения.

10. Правила выпуска промышленных сточных вод в городскую канализацию.

11. Повышение барьерной роли городских очистных сооружений канализации.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОММУНАЛЬНЫХ ВОДОПРОВОДА И КАНАЛИЗАЦИИ

2.1. Общие положения

Оперативное обслуживание технологических установок и оборудования в соответствии с заданными режимами работы и постоянное поддержание производственных мощностей в работоспособном состоянии обеспечивается правильной технической эксплуатацией.

Особенностью водопроводов и канализаций населённых мест является то, что режим их работы диктуется спросом абонентов и должен меняться в течение суток в зависимости от меняющегося по времени спроса. Гибкое регулирование режима достигается при помощи диспетчерского управления системами.

Производственным предприятием водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) города, обладающим самодостаточностью, т. е. способным обеспечивать как основные производственные процессы, так и все другие необходимые вспомогательные работы, является городской Водоканал.

2.2. Функция и структура предприятия водопроводно-канализационного хозяйства

В соответствии с Правилами [21] предприятие водопроводно-канализационного хозяйства должно:

- осуществлять эксплуатацию систем и обеспечивать водопотребление и водоотведение абонентов в полном соответствии с правилами, нормативами и договорными обязательствами;

- поддерживать производственные объекты (сооружения, установки, трубопроводы, оборудование) в постоянном работоспособном состоянии путем технического обслуживания, реконструкции или обновления (реновации);

- контролировать качество воды, подаваемой потребителям, и очищенных сточных вод, направляемых в водные объекты, добиваясь строгого соблюдения установленных норм качества;

- организовать инструментальный контроль за расходами питьевой воды и сточных вод;
- вести строгий учёт расходуемых материальных и энергетических ресурсов;
- следить за комплектованием, правильным ведением и хранением технической, эксплуатационной и исполнительной документации;
- обеспечивать производственный процесс энергетическими и материальными ресурсами, создавая в отдельных случаях собственное производство некоторых из них;
- формировать в соответствии со штатным расписанием персонал предприятия, вести подготовку персонала и систематически проверять её уровень;
- вступать с абонентами в договорные отношения в соответствии с ГОСТ [9];
- анализировать деятельность всех подразделений предприятия, исходя из критериев качества эксплуатации (см. ниже), своевременно разрабатывать и внедрять организационные и технические мероприятия по улучшению качества эксплуатации;
- осуществлять административно-хозяйственное и техническое руководство подразделениями и предприятиями, находящимися в ведении «Водоканала».

В соответствии с перечисленными основными задачами определяется и структура «Водоканала». Помимо производственных подразделений, цехов и участков (головные сооружения водопровода, водопроводные станции и очистные сооружения канализации, службы сетей и другие) структура включает транспортный цех, ремонтные базы, входящие в службы главного механика и главного энергетика, отдел материально-технического снабжения, административно-финансовый отдел, абонентный, производственно-технический отделы и другие.

Технический отдел, который обычно комплектуется из наиболее опытных и знающих специалистов, на основе анализа качества эксплуатации разрабатывает и планирует мероприятия, направленные на её улучшение, на проведение работ по реконструкции и реновации некоторых объектов, на совершенствование и усиление производственной базы. Этот отдел по определению должен стать «мозговым центром», подготавливающим предложения для главного инженера предприятия.

Главный инженер ответственен как за качество эксплуатации, так и за проведение эффективной технической политики на предприятии.

Общее руководство «Водоканалом», включая и весь комплекс административно-финансовых вопросов, осуществляется директором организации.

2.3. Штаты ВКХ и обязанности персонала

Штаты предприятия ВКХ включают административно-технический, оперативный и ремонтный персонал.

Административно-технический персонал осуществляет общее руководство оперативными и ремонтными работами, обеспечивает материально-техническое снабжение этих работ, организует подготовку оперативного и ремонтного персонала, контролирует качество производственных процессов, планирует, организует и контролирует ремонтные работы и техобслуживание, реконструкцию, реновацию или расширение основных производственных фондов.

Оперативный персонал обслуживает производственные объекты, поддерживает их функционирование в заданных режимах, осуществляет осмотры и другие работы по оценке технического состояния объектов.

Производственный персонал (операторы, машинисты, хлораторщики, грузчики, лаборанты и другие) работают посменно под руководством старшего дежурного (инженера, техника). Обязанности персонала должны быть чётко изложены в производственных инструкциях (регламентах), которые составляются применительно к конкретным аттестованным рабочим местам.

В инструкциях излагается весь порядок работ дежурного, начиная с приёма смены и заканчивая её сдачей. Подробно указывается, какие производственные операции должны выполняться и как их следует правильно выполнять с соблюдением условий безопасной жизнедеятельности и с использованием имеющихся на участке средств техники безопасности. Персонал должен хорошо освоить эти инструкции, а старший дежурный – следить за их обязательным исполнением. В инструкциях указываются действия оперативного работника при возникновении всякого рода нарушений.

Ремонтная база ВКХ, как отмечалось, включает специализированные цехи, участки и мастерские, входящие в состав служб главного механика и энергетика; ремонтные группы находятся и на отдельных производственных объектах, например, очистных сооружений. Ремонтные рабочие и мастера участвуют не только в выполнении ремонтных работ, но и при проведении диагностики отдельных сооружений или установок и следят за их правильной эксплуатацией.

В обязанности инженерно-технических работников, участвующих в производственном процессе, помимо административной, распорядительной, организаторской работы, входит анализ производственного процесса на соответствующих участках (мастерские участки, цехи, подразделения). Анализ, требующий специальных инженерных знаний, имеет целью адресно выявить имеющиеся недостатки, объяснить причины их возникновения, оценить полноту использования производственного потенциала установок и оборудования. Цель анализа заключается в разработке мероприятий, направленных на улучшение качества экс-

плуатации. Мероприятия, внедрение которых находится в компетенции данного технического руководителя, должны внедряться, другие, подтверждённые обоснованиями и предварительными расчётами, включаются в пояснительные записки к ежемесячным техническим отчётам, передаются для изучения и принятия решения специалистам технического отдела и главному инженеру предприятия.

Использование творческого потенциала инженерно-технических работников является неременным условием грамотной и эффективной технической эксплуатации.

2.4. Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации

Отношения между организациями водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) и заказчиками (абонентами) регулируется Правилами [22].

Абонентами называются лица или организации, имеющие в собственности или в оперативном управлении объекты водопроводов и канализаций, непосредственно присоединённых к соответствующим коммунальным системам. К числу абонентов относятся и организации, в собственности или управлении которых находится жилой фонд.

Между абонентами и организацией ВКХ устанавливаются договорные отношения. В договорах оговариваются режимы отпуска питьевой воды и приёма сточных вод, определяются лимиты на отпуск питьевой воды и приём сточных вод (кроме жилого фонда, для которого лимиты отсутствуют, а режим складывается произвольно, «по спросу» населения), устанавливаются границы эксплуатационной ответственности сторон по сетям и другие условия.

При заключении договоров с абонентами, последние представляют подробные сведения об объектах, включающие, в частности, баланс водопотребления и водоотведения с расшифровкой по видам водопользования, включая пожаротушение, а также сведения о составе, расходах и режиме сброса сточных вод.

Предприятие ВКХ выдаёт абонентам технические условия с указанием гарантированного напора в месте присоединения и отметок лотков колодцев коммунальной канализации в точках присоединения сетей абонента, требования по установке расходомеров и устройству узлов учёта расходов воды, лимиты по водопотреблению и водоотведению, требования к режиму отбора воды и сбросу сточных вод, нормы качества стоков, разрешаемых к сбросу в коммунальную канализацию. Проект водоснабжения и канализации присоединяемых объектов должен соответствовать выданным техническим условиям, а работы, выполняемые согласно этому проекту, согласуются с представителем ВКХ.

Узел учёта объёмов потребляемой питьевой воды или сбросов сточных вод оборудуется абонентом, и размещается на границе разделения

эксплуатационной ответственности. Схема узла предварительно согласовывается с ВКХ, а сдача в эксплуатацию производится при участии представителя этой организации.

2.5. Оперативное управление системами водоснабжения и канализации

Объекты, входящие в системы водоснабжения и канализации, сосредоточены на большой территории и на больших расстояниях друг от друга; их синхронная работа может быть достигнута при условии диспетчерского управления.

Диспетчерская служба разрабатывает предложения по оптимизации работы отдельных объектов и всей системы в целом, контролирует поддержание заданных режимов и своевременно меняет их при возникновении такой необходимости. Оптимизация режимов производится при использовании данных о качестве эксплуатации (см. гл. 3).

Управленческие решения принимаются в соответствии с оперативной информацией, поступающей диспетчеру из характерных точек системы, указывающей на соблюдение или нарушение заданного режима.

Так, режим работы насосной станции в достаточной мере характеризуется значениями напоров в напорных водоводах и объёмом воды, поданной насосами с начала суток на данный момент времени, регулирующих резервуаров – уровнями воды в них, на бесперебойность подачи воды потребителям указывает сохранение требуемых свободных напоров в отдельных точках сети и т. д.

Информация может поступать от операторов, обслуживающих установки, либо по сигналам датчиков давления, уровня и другими.

Поскольку система должна постоянно удовлетворять меняющийся «спрос» абонентов, режим работы в определённые моменты времени перестаёт удовлетворять спрос, что и отражается на значениях контролируемых показателей. Например, при возрастании водоразбора из сети свободные напоры начинают падать и наоборот. В этих случаях необходимы решения об изменении расходов воды, подаваемой в сеть насосами второго подъёма, или изменений при помощи регулирующих задвижек потокораспределения в сети.

Большинство команд диспетчера относятся к регулярно и закономерно повторяющимся ситуациям и могут хорошо прогнозироваться.

На этом основано автоматизированное диспетчерское управление, при котором на соответствующие сигналы следует запрограммированные команды ЭВМ по смене режима. В случаях, когда возникает непредвиденная ситуация (порыв труб, либо необходимость пожаротушения, т. е. явления, место и время которых непредсказуемо), управление диспетчер берёт на себя.

На больших водопроводах и канализациях создаются ступенчатые схемы диспетчерского управления: главная диспетчерская служба и диспетчерские службы на крупных объектах, например, на водопроводных станциях. В этом случае границы оперативной ответственности диспетчерских служб должны быть точно обозначены.

Как указывается в Правилах [21] «каждый диспетчер должен ясно представлять, какое оборудование (насосный агрегат, водовод, магистраль, механизм, та или иная задвижка или затвор и т.д.) находится в его непосредственном оперативном управлении». В соответствии с этим ни один элемент оборудования и сооружений не может быть выведен из работы или резерва без разрешения диспетчера. Диспетчер несёт ответственность за принимаемые решения и должен быть полностью независим в своих действиях.

На должность диспетчера назначаются наиболее квалифицированные специалисты, хорошо знающие данные системы и их особенности.

2.6. Контроль за эксплуатацией и эксплуатационная документация

Оперативная работа сопровождается производственным контролем, цель которого заключается в постоянной проверке эффективности той или иной технологической операции или в подтверждении сохранения заданного диспетчером режима.

В последнем случае, как отмечалось выше, ведётся наблюдение за значениями параметров, характеризующих режим. Измерения должны быть только инструментальные с использованием стандартных КИП: расходомеров, уровнемеров, манометров и других. Измерения производятся в местах, уточнённых при пусконаладочных работах и с таким расчётом, чтобы был получен действительно представительный результат, характеризующий работу объекта. Приборы устанавливаются с соблюдением обязательных условий, указываемых в заводских инструкциях к приборам. Соблюдаются определённые правила снятия показаний. В [21] обращается внимание на то, что показания большинства приборов в первой трети шкалы считаются недостоверными и для измерения соответствующих показаний следует предусматривать специальные, дополнительно разрабатываемые, меры.

Обычно, показания приборов снимаются один раз в час, либо чаще, по требованию диспетчера. При автоматизации объектов контроль за параметрами может производиться непрерывно, а при изменении их значения подаётся соответствующий сигнал.

Для поддержания производственных фондов в постоянном работоспособном состоянии проводится мониторинг технического состояния сооружений, оборудования и устройств, а на основании его результатов – техническое обслуживание (профилактика, текущий и капитальный

ремонт). По результатам мониторинга принимаются решения о реконструкции, либо о замене объектов, выработавших свой ресурс.

Мониторинг и техническое обслуживание выполняются оперативным персоналом при участии ремонтных и других подразделений ВКХ.

Производственный процесс документируется. Операторы ведут журналы эксплуатации, в которых записываются показатели работы сооружений и оборудования, а также результаты обходов и осмотров, фиксируются все выявленные нарушения и неисправности, принимавшиеся в связи с этим меры. Журналы эксплуатации являются основным исходным документом, на котором основываются анализ и оценка производственного объекта. К качеству заполнения журнала следует относиться крайне серьезно: он должен вестись грамотно, содержать достоверную и полную информацию.

Подразделения и службы ВКХ ежемесячно представляют технические отчёты, к которым прилагаются пояснительные записки. В них должна содержаться не только сводная информация об итогах эксплуатации объекта, но и квалифицированный анализ, предложения по устранению обнаруженных недостатков, подтверждённые предварительными расчётами и обоснованиями.

На основании указанных отчётов составляется годовой отчёт предприятия ВКХ. Он не является простой сводкой исходных материалов (квартальных отчётов подразделений). Его полезность зависит от того, насколько чётко и обоснованно дана оценка качества эксплуатации и общего состояния водопроводно-канализационного хозяйства, сформулированы проблемные вопросы, подлежащие первоочередному решению, установлен действительный эффект от применённых в отчётный период мероприятий по улучшению качества эксплуатации. Такой документ, опирающийся на результаты грамотного инженерного анализа и технологических расчётов, разрабатывается техническим отделом и служит обоснованием к составлению промфинплана предприятия.

Вопросы для самопроверки к главе 2

1. Основные функции водопроводно-канализационного предприятия.
2. Штаты водопроводно-канализационного предприятия и их обязанности.
3. Оперативное управление системами водоснабжения и водоотведения.
4. Содержание производственного контроля за процессом эксплуатации.
5. Эксплуатационная документация и требования к ее качеству.

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОЦЕНКА ЕЁ КАЧЕСТВА

Под технической эксплуатацией в настоящей работе понимается комплекс производственных и организационных мероприятий, необходимых для выполнения коммунальными водопроводами и канализациями своих функций при полном соблюдении нормативных требований и договорных обязательств.

К технической эксплуатации относятся: назначение и поддержание заданных режимов работы отдельных элементов и систем в целом, мониторинг технического состояния и техническое обслуживание сооружений, установок и оборудования, контроль за ходом производственных процессов, учёт расходов воды, сточных вод, энергетических и материальных затрат. Процесс технической эксплуатации должен постоянно совершенствоваться.

3.1. Критерии оценки качества технической эксплуатации

Качество эксплуатации – комплексная характеристика эксплуатационного процесса как по результативности, т.е. по выполнению основных функциональных требований, так и по другим наиболее существенным требованиям.

Базой для оценки качества эксплуатации служит обязательная техническая документация (эксплуатационные журналы, пояснительные записки к техническим отчётам подразделений), данные по учёту расходов воды, энергетических и материальных затрат, отчётность по охране труда и результаты экологического мониторинга.

Адресное определение мест возникновения событий, отрицательно влияющих на эксплуатацию, анализ конкретных причин их возникновения, предложения по их устранению позволяют обоснованно планировать мероприятия по техническому обслуживанию, реконструкции или замене непригодных к дальнейшему использованию элементов, совершенствовать регламент содержания объектов и оптимизировать режимы их работы.

Оценка качества эксплуатации должна обладать всесторонностью и объективностью. Этим условиям, по нашему мнению, отвечают четыре критерия: надёжность, экологичность, экономичность и безопасность жизнедеятельности персонала.

Первый критерий позволяет констатировать выполнение объектом своих функций (под объектом понимается любая деталь или сооружение, либо система).

Экологичность оценивает влияние эксплуатируемого объекта на окружающую среду, экономичность характеризует результаты противозатратных мероприятий на производстве, безопасность жизнедеятельности – условия труда на водопроводно-канализационном предприятии.

Для объективности оценки качества эксплуатации параметры, характеризующие критерии, следует выражать в численном виде: в долях единицы, в измеренных значениях физических или химических показателей и т. д.

Сопоставляя фактические численные значения параметров по отчётным данным за год с принятыми заранее контрольными значениями, однозначно заключают, достигнут ли при эксплуатации объекта требуемый результат, т.е. даётся положительная или отрицательная оценка качеству эксплуатации объекта по тому или иному критерию. Последний случай рассматривается как сигнал неблагополучия, требующий анализа и принятия мер по исправлению.

3.2. Надёжность эксплуатационного процесса

Надёжностью называется свойство объекта сохранять во времени и в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность к выполнению требуемых функций в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и транспортировки (8).

Если условия, рассмотренные в главе 1 (водопотребление, требуемое качество очистки) отличаются от проектных, возникает очевидная причина снижения надёжности. В этом случае объекты нуждаются в усилении, а режимы работы приходится изменять сравнительно с проектными.

Понятие надёжности комплексное; оно обобщает целый ряд надёжных свойств объекта. В рассматриваемом нами случае считаем достаточным учёт трёх свойств: безотказности, ремонтпригодности и долговечности. Заметим, что первое свойство заметно зависит от двух других.

Надёжность и его показатели определяются в долях единицы (или в процентах) как вероятность того или другого случайного и независимого события.

3.2.1. Вероятность безотказной работы (безотказность)

Под безотказностью понимается свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени наработки при заданных режимах и условиях технического обслуживания. Работоспособностью называется состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции. Работоспособность оказывается нарушенной при возникновении отказов [7]. Причины и характер отказов чрезвычайно разнообразны, как это следует из табл. 3.1.

Последствия отказов различны: они могут быть локальными, либо приводить к отказу всего объекта. Постепенные отказы при правильном контроле за техническим состоянием объектов должны прогнозироваться и предупреждаться; внезапные отказы непредсказуемы.

Таблица 3.1

Классификация отказов

Определение отказа	Признаки отказа	Примеры причин отказа
Независимый	Отказ, не обусловленный другими отказами	Повреждение трубопровода в результате деформации основания. Образование засора в канализационном коллекторе
Зависимый	Отказ, обусловленный другими отказами	Повреждение трубопровода из-за гидравлического удара, возникающего при обрыве дисков задвижки или внезапной остановке насоса
Внезапный	Отказ, характеризующийся скачкообразным изменением значений одного или нескольких параметров	Падение напора, возрастание подачи и потребляемой мощности центробежного насоса при разрыве напорного трубопровода
Постепенный	Отказ, возникающий в результате постепенного изменения значений одного или нескольких параметров объекта	Уменьшение пропускной способности канализационного коллектора при его постепенном засорении. Изменение напора, подачи, потребляемой мощности и КПД центробежного насоса в результате износа
Явный	Отказ, обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностики при подготовке объекта к применению или в процессе его применения по назначению	Утечки через стыковые соединения и трещины в трубах, выявляемые при гидравлическом испытании трубопровода. Засоры канализационных коллекторов, обнаруживаемые по изливу воды через горловины колодцев
Скрытый	Отказ, не обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностики, но выявляемый при проведении технического обслуживания или спец. методами диагностики	Скрытые утечки или засорения водопроводных сетей, выявляемые при сравнении фактических свободных напоров в контрольных точках с расчетными значениями
Конструктивный	Отказ, возникающий по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленных правил и норм проектирования и конструирования	Ошибки в исходных данных, приводящие к неправильному выбору конструкции фильтров водных скважин, применение несоответствующих материалов
Производственный	Отказ, возникающий по причине, связанной с нарушением установленного процесса изготовления или ремонта	Повреждение запорной и регулирующей арматуры, изменение напора, подачи, потребляемой мощности центробежного насоса, изменение подачи насосов-дозаторов
Эксплуатационный	Отказ, возникающий по причине, связанной с нарушением установленных правил или условий эксплуатации	Снижение пропускной способности трубопроводов из-за несвоевременных прочисток, разрушение трубопроводов от гидроудара при нарушении условий пуска и остановки насосов

Внезапные отказы, вызываемые разнообразными причинами, следует рассматривать как случайные и взаимозависимые явления. Показатель, оценивающий их уровень, называется интенсивностью отказов. Смысл показателя в том, что он является условной плотностью вероятности возникновения отказов с оговоркой, что ранее, до рассматриваемого момента, отказ не возникал. На рис. 3.1 приводится график изменения интенсивности отказов за период наработки: от предыдущего капитального ремонта до следующего или для всего периода эксплуатации. В начале периода наблюдается послеремонтная приработка объекта, когда реализуются скрытые дефекты, а колебания интенсивности отказов носят незакономерный характер (участок «0 – 1» на рисунке). В дальнейшем состояние объекта стабилизируется и колебания значений интенсивности находятся в ограниченных пределах.



Рис. 3.1. Изменение λ по времени

Прямая на участке «1 – 2» соответствует осреднённым условиям.

При дальнейшей эксплуатации объекта начинает всё в большей степени сказываться износ и интенсивность отказов закономерно возрастает по восходящей кривой.

Для «рабочего» периода (участок «1 – 2») статистическая оценка интенсивности отказов по фактическим данным эксплуата-

ции для группы одинаковых объектов имеет вид:

$$\lambda(t) = \frac{N_H - N_K}{0,5(N_H + N_K)t}. \quad (3.1)$$

Вероятность безотказной работы за тот же промежуток времени определяется по зависимости:

$$P(t) = 1 - \frac{N_H - N_K}{N_H}. \quad (3.2)$$

В формулах 3.1 и 3.2 N_H и N_K — количество одинаковых объектов, находящихся в работоспособном состоянии в начале и в конце периода эксплуатации, продолжительностью t . В количество N_K не входят те объекты, которые в данный период времени теряли работоспособность и были восстановлены.

Для единичного объекта фактическое значение интенсивности отказов за период наработки продолжительностью t составляет:

$$\lambda(t) = \frac{n_{от}}{t} \left[\frac{1}{q} \right], \quad (3.3)$$

где $n_{от}$ – количество отказов, зафиксированное за период наработки продолжительностью t .

Между интенсивностью отказов, продолжительностью работы и вероятностью безотказной работы существует следующая зависимость:

$$P_t = e^{-\lambda t}, \quad (3.4)$$

где e – основание натурального логарифма.

При оценке вероятности безотказной работы фактическое значение этого показателя для принятой продолжительности наблюдения определяется по зависимости (3.2), а контрольное значение может приниматься по предыдущему опыту эксплуатации, либо подсчитываться по формуле (3.4). В последнем случае значения интенсивности отказов для данного объекта могут назначаться по литературным данным, например, по Справочнику [26].

Минимальные контрольные значения вероятности безотказной работы принимаются в зависимости от последствий возможных отказов.

Если последствия отказа малозначительны и имеют только локальное значение, минимальная вероятность может приниматься несколько больше 0,5 (например, 0,55–0,60); в других случаях она должна быть высокой (0,7–0,9 и более).

Пример 3.1

Определить качество эксплуатации водопроводных задвижек по показателю безотказности, если согласно эксплуатационным данным в течение 1 года (8760 часов) количество работоспособных задвижек изменилось от $N_n = 70$ шт. до $N_k = 64$ шт. Контрольное значение интенсивности отказов принять по [26].

По формуле (3.2) $P_{(8760)} = 1 - \frac{70 - 64}{70} = 0,91$.

По формуле (3.4) $P_{8760} = e^{-0,135 \cdot 8760 \cdot 10^{-4}} = 0,89$ (контрольное значение вероятности безотказной работы).

По [26] принято контрольное значение $\lambda = 0,135 \cdot 10^{-4} \left[\frac{1}{ч} \right]$.

Вывод. Вероятность безотказной работы за период наблюдений ($P = 0,91$) превысила контрольное значение $P = 0,89$. Результат эксплуатации по данному показателю положительный.

Для объектов, состоящих из нескольких разнородных элементов, определение значения интенсивности отказов производится с учётом структурной схемы, последовательной или параллельной (рис. 3.2).

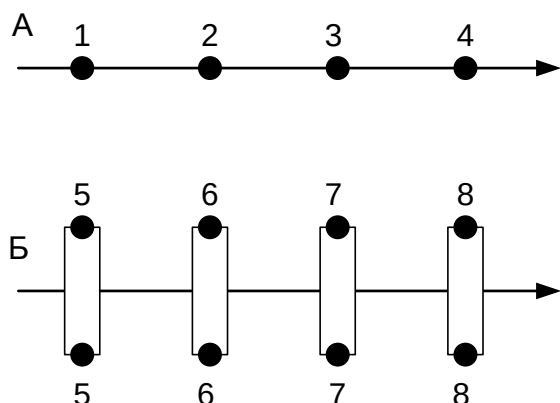


Рис. 3.2. Структурные схемы. А – последовательная; Б – параллельная;
● – 1,2,3,4 – основные элементы;
● – 5,6,7,8 – дублирующие элементы

Последовательная схема состоит только из основных элементов, отказ любого из которых сразу же влечёт отказ объекта. В параллельной схеме предусмотрена избыточность элементов, только часть которых составляет основные. Лишь после отказа избыточных элементов схема превращается в последовательную.

Рассмотрим определение вероятности безотказной работы объекта, выполненного по последовательной схеме.

Расчёт выполняется по зависимости, идентичной формуле 3.4:

$$P_t^* = e^{-\lambda^* t}, \quad (3.5)$$

где λ^* – интенсивность отказов объекта, равная сумме интенсивностей отказов составляющих его (объект) элементов λ_i :

$$\lambda^* = \sum_{i=1}^N \lambda_i, \quad (3.6)$$

где N – количество элементов.

Пример 3.2

Определить контрольное значение вероятности безотказной работы водозаборного узла, схема которого приведена на рисунке 3.3. Объект выполнен по последовательной схеме. Продолжительность работы объекта в течение года составляет $t = 800$ часов. Значения λ для элементов объекта приняты по [26].

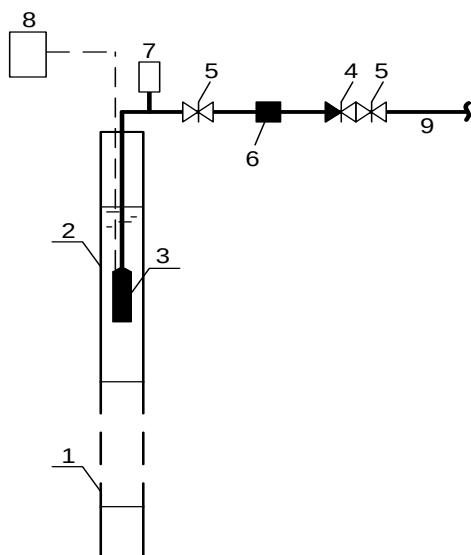


Рис. 3.3. Технологическая схема. 1 – фильтр; 2 – ствол; 3 – насосный агрегат; 4 – обратный клапан; 5 – задвижка; 6 – расходомер; 7 – вентуз; 8 – блок управления; 9 – водовод

Значения интенсивности отказов элементов объекта указаны в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Интенсивности отказов элементов водозабора (к примеру 3.2)

Элемент	N по рис. 3.2.	Количество	$\lambda \cdot 10^4 \left[\frac{1}{ч} \right]$
Фильтр сетчатый	1	1	1,25
Ствол (обсадные трубы)	12	1	0,16
Насосный агрегат	3	1	1,25
Клапан обратный	4	1	0,08
Задвижка	5	2	0,15
Расходомер	6	1	1,5
Вантуз	7	1	0,3
Блок управления	8	1	0,95
Труба чугунная, длина 0,2 км	9	0,2	0,9

Решение

1. Определяем интенсивность отказов объекта по формуле 3.6.

$$\lambda^* = (1 \cdot 1,25 + 1 \cdot 0,16 + 1 \cdot 0,08 + 2 \cdot 0,15 + 1 \cdot 1,5 + 1 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,95 + 0,2 \cdot 0,9) \times 10^{-4} = 5,97 \cdot 10^{-4} \left[\frac{1}{ч} \right].$$

Определяем вероятность безотказной работы объекта по формуле 3.5.

$$P_{(800)}^* = e^{-5,97 \cdot 10^{-4} \cdot 800} = 0,62.$$

Вывод.

При продолжительности наработки 800 ч. Контрольное значение вероятности $P_{(800)} = 0,62$.

Способом повышения безотказности объекта является резервирование, при котором создаётся избыточность его производственных возможностей сравнительно с минимально необходимыми. Избыточность реализуется при отказе отдельных элементов, входящих в состав объекта.

Резервирование может быть нагрузочным и структурным. В первом случае при наличии нескольких одинаковых технологических линий, выполненных по последовательным схемам, отказ любого элемента одной из технологических линий и её неизбежный отказ, компенсируются более интенсивной работой остальных линий.

В штатных условиях эксплуатации эти линии работают в нормальном нагруженном режиме (но их можно перевести и на форсированный режим), либо в облегчённом режиме, либо находятся в бездействии (ненагруженный режим). Соответствующими примерами могут служить водо-

воды, соединительные линии водопроводной магистральной сети и обычно бездействующие перемычки на водоводах.

Другой способ резервирования называется структурным и предусматривает избыток одинаковых элементов, которые в штатных условиях бездействуют и используются при отказе основного элемента. Структурная схема такого объекта является параллельной.

Структурное резервирование обычно применяется для объектов, оборудованных механическими устройствами (насосные станции, цехи механического обезвоживания осадков, воздуходувные станции, водозаборные скважины с погружными насосами). Заметим, что обычно деление насосов и др. установок на рабочие и резервные условно, т. к. все они регулярно переводятся в резерв или включаются в работу.

Характеристики методов резервирования объектов водоснабжения и канализации приведены в табл. 3.3.

Если элементы (основные и резервные при структурном резервировании) взаимозаменяемы, а временем восстановления отказавших элементов можно пренебречь, вероятность безотказной работы объекта равна:

$$P_{(t)}^* = \sum_1^S F_{(t)i} , \quad (3.7)$$

где F – вероятность совместной работы отдельных элементов в течение наработки t часов при различных возможных комбинациях совместной работы составляющих объект работоспособных элементов; S – количество таких комбинаций.

Пусть, например, объект состоит из $n = 3$ параллельно соединённых элементов и сохраняет работоспособность, если количество основных элементов $m = 2$. Тогда $S = 4$:

$$F_{(t)1} = P_2 P_3 (1 - P_1);$$

$$F_{(t)2} = P_1 P_2 (1 - P_3);$$

$$F_{(t)3} = P_1 P_3 (1 - P_2);$$

$$F_{(t)4} = P_1 P_2 P_3;$$

(все элементы работоспособны).

где P_1, P_2, P_3 – вероятность безотказной работы элементов № 1, 2, 3 за период t .

Значение P для каждого элемента определяется по обычной методике.

Если $P_1 = P_2 = P_3$ и т. д., т. е. вероятность безотказной работы всех элементов одинакова, значение $P_{(t)}^*$ находится по табл. 3.4.

Таблица 3.3

**Резервирование некоторых объектов систем
водоснабжения и водоотведения**

Объект	Способ		Характер			Вид		Примечание
	структурный	нагрузочный	нагруженный	ненагруженный	облегченный	общий	смешанный	
Водозабор русловый		+	+			+	+	Общ. Резерв для технолог. линий
Водозабор подземный со скважинами	+	+	+	+		+	+	Нагрузочн., нагруженное, резервированное для трубопроводов, общее – для скважин
Мех. оборудование (насосы, воздухоув-ки и др.)	+			+		+		
Водоводы с перемычками		+	+	+		+		Перемычки – ненагруженный резерв
Дюкеры		+	+			+		
Кольцевая водопроводная сеть		+	+		+	+		Соединительные линии – облегченный резерв
Объекты очистных сооружений (отстойники, фильтры, аэротенки, песколовки и др.)	+	+	+	+		+		Структурное ненагруженное резервирование при малом количестве объектов и возникающей перегрузке в случае нагрузочного резервирования

Таблица 3.4

Вероятность безотказной работы систем с параллельной схемой соединения элементов (1)

Количество основных элементов m	Общее количество элементов n				
	1	2	3	4	5
1	P	$2P - P^2$	$3P - 3P^2 + P^3$	$4P - P^2 + 4P^3 - P^4$	$5P - 10P^2 + 10P^3 - P^4 + P^5$
2	—	P^2	$3P^2 - 2P^3$	$6P^2 - 8P^3 + 3P^4$	$10P^2 - 20P^3 + 15P^4 - 4P^5$
3	—	—	P^3	$4P^3 - 3P^4$	$10P^3 - 15P^4 + 6P^5$
4	—	—	—	P^4	$5P^4 - 4P^5$
5	—	—	—	—	P^5

Примечание. Для всех элементов значения P одинаковы; количество основных элементов минимально необходимо для сохранения работоспособности системы.

Пример 3.3

Определить в качестве контрольного показателя вероятность безотказной работы системы, выполненной по параллельной схеме и состоящей из четырех одинаковых насосных агрегатов. Насосная станция первого класса надежности: два насоса являются рабочими, два резервными ($n = 4, m = 2$). Вероятность безотказной работы каждого из агрегатов в течение $t = 1000$ ч. принята $P_{(1000)} = 0,6$.

Решение

Расчет выполняется по формуле из табл. 3.4.

$$P_{(1000)}^* = 6 \cdot 0,6^2 - 8 \cdot 0,6^3 + 3 \cdot 0,6^4 = 0,82.$$

В тех случаях, когда вероятность безотказной работы отдельных элементов системы неодинакова, расчет выполняют по форм. 3.7.

Пример 3.4

Определить в качестве контрольного показателя вероятность безотказной работы системы, выполненной по параллельной схеме и состоящей из трех насосных агрегатов с разными значениями вероятности безотказной работы. Для периода $t = 1000$ часов $P_1 = 0,6$; $P_2 = 0,5$; $P_3 = 0,8$. Два насоса являются рабочими, один – резервный (насосная станция второго класса надежности).

Решение

При $n = 3$ и $m = 2$ $S = 4$. По форм. (3.7):

$$P_{1000}^* = 0,5 \cdot 0,8(1 - 0,6) + 0,6 \cdot 0,8(1 - 0,5) + 0,6 \cdot 0,5(1 - 0,8) + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,70.$$

3.2.2. Ремонтопригодность

Ремонтопригодностью называется свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Требованиями, обеспечивающими достаточную ремонтопригодность, руководствуются при проектировании объектов водоснабжения и водоотведения. В процессе эксплуатации проектные условия ремонтопригодности должны сохраняться, а по возможности и улучшаться.

Ремонтопригодность влияет на безотказность, т. к. длительные ремонтно-восстановительные работы, в течение которых степень резервирования объектов понижена, могут послужить причинами отказов.

Производственным признаком, зависящим от ремонтопригодности, является длительность выполнения ремонтных работ. Поскольку длительность зависит от многих неопределенных факторов, ее рассматривают как случайную и независимую величину вероятностного характера.

Вероятность того, что ремонт не будет выполнен за период t_p^{cp} определяется по зависимости:

$$Q(t) = e^{-\mu t_p^{cp}}, \quad (3.8)$$

где t_p^{cp} – средняя продолжительность ремонта, μ – интенсивность ремонта, рекомендуемые значения которой приводятся в литературе, например, в [26].

Вероятность выполнения ремонта за t_p^{cp} часов

$$F(t) = 1 - Q(t) = 1 - e^{-\mu t_p^{cp}}, \quad (3.9)$$

При использовании фактических данных о продолжительности ремонтов объектов средняя продолжительность составляет:

$$t_p^{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (3.10)$$

где n – количество ремонтов за период наблюдения, t_i – продолжительность отдельных работ.

При использовании материалов о проведении ремонтов на данном объекте вероятность выполнения ремонтных работ за период t находится по зависимости:

$$F(t) = 1 - e^{-\mu(t-\tau)}. \quad (3.11)$$

где τ – смещение в показательном (экспоненциальном) законе распределения продолжительностей ремонтов. В форм. (3.8) условно принято, что $\tau = 0$.

По методике Н.Н. Абрамова [1], разработанной применительно к определению ремонтпригодности водопроводной сети, параметр τ определяется по формуле:

$$\tau = \frac{nt_{min} - t_p^{cp}}{n-1}, \quad (3.12)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность ремонта за период наблюдения; интенсивность ремонтов:

$$\mu = \frac{1}{t_p^{cp} - \tau}. \quad (3.13)$$

Применение методики иллюстрируется примером 3.5.

Пример 3.5

Определить вероятность выполнения ремонта на водопроводной сети из труб диаметром 300 мм при глубине заложения 2,5 м. Водопровод второго класса надежности. Данные о продолжительности ремонтов на данной сети приведены в табл. 3.5.

В соответствии с требованиями СНиП [3] максимальная продолжительность ремонта составляет $12 \times 1,5 = 18$ часов. Контрольное значение вероятности выполнения ремонта при указанной продолжительности принято 0,7.

Таблица 3.5

**Ранжированный ряд значений t_p по опыту эксплуатации сети
(к примеру 3.5)**

$t_p, \text{ ч}$	6	8	8	9	10	11	11	15	16	16	16	16	16	16	20	20	22	22	22	24	$n = 20$
------------------	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----------

Решение

1. По форм. 3.10

$$2. \quad t_p^{cp} = \frac{6 + 2 \cdot 8 + 9 + 10 + 2 \cdot 11 + 15 + 6 \cdot 16 + 2 \cdot 20 + 3 \cdot 22 + 24}{20} = 14,7 /$$

3. Из табл. 3.5 $t_{p(\text{мин})} = 6$ часов.

$$4. \quad \text{По форм. 3.12 } \tau = \frac{20 \cdot 6 - 14,7}{20 - 1} = 5,54.$$

$$5. \quad \text{По форм. 3.13 } \mu = \frac{1}{14,7 - 5,54} = 0,109.$$

$$\text{По форм. 3.11 } F_{(18)} = 1 - e^{-0,109(18-5,54)} = 0,73 > 0,7.$$

Выводы:

Вероятность выполнения ремонта сети за 18 часов достаточно высокая.

3.2.3. Долговечность

Согласно ГОСТ [8] долговечностью называются свойство объекта сохранять работоспособность до достижения предельного состояния в течение назначенного ресурса при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

Продолжительности наработки, равной назначенному ресурсу, отвечает класс ответственности объекта.

Назначенный ресурс объектов первого класса составляет не менее 100 лет, второго – 50, а третьего – 20–25 лет.

Большая часть объектов водопроводно-канализационных систем относится ко второму классу, а сети – ко второму или третьему в зависимости от материала труб.

Таблица 3.6

Долговечность труб из различных материалов [2]

Материал труб	Долговечность, годы	
	водопровод	канализация
Сталь	20	20
Чугун	60	50
Железобетон	30	20
Асбестоцемент	20	30
Керамика	–	40
Пластмасса	50	50

При наработке, равной назначенному ресурсу, износ достигает предельного состояния, при котором дальнейшее использование объекта нецелесообразно и он подлежит замене (реновации). Предельный полезный срок службы (ПСС) равен, а иногда оказывается меньше назначенного ресурса.

Вероятность наработки объекта до ПСС за период $t_{(2)}$, определяется по формуле:

$$F_H(t) = \frac{1}{n} \sum_1^t n_i, \quad (3.14)$$

где n – общее количество одинаковых объектов (элементов), $\sum_1^t n_i$ – тоже, достигших по опыту эксплуатации за период работы t предельного состояния.

Если считать, что достижение ПСС отдельными объектами носит случайный характер и зависит от длительности использования, можно записать:

$$\frac{F_H(t_1)}{F_H(t_2)} = \frac{t_2}{t_1} . \quad (3.15)$$

Отсюда следует, что:

$$\sum_1^{t_2} n_i = \frac{t_2}{t_1} \sum_1^{t_1} n_i . \quad (3.16)$$

Определяемое по форм. (3.16) количество объектов, достигших к некоторому назначенному сроку предельного состояния, может рассматриваться как один из характерных показателей долговечности.

Наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния при вероятности γ % называется γ -процентным ресурсом (соответствующая вероятность в долях единицы $R_{(\gamma)} = 0,01\gamma$).

Тогда:

$$R_{(\gamma)} = 1 - F_H(t) \quad (3.17)$$

В формуле γ – ресурс отвечает наработке $t_{(2)}$. Значение гамма-процентного ресурса может задаваться как контрольное.

Пример 3.6

На водопроводной сети установлено $n=120$ задвижек. По опыту эксплуатации за период $t_1=10$ лет достигли предельного состояния и заменены $\sum_1^{10} n_i = 41$ задвижка. Определить количество задвижек, которые могут достичь предельного состояния на пятнадцатый год эксплуатации и гамма-ресурс к моменту достижения назначенного ресурса, т.е. по истечении $t_3 = 25$ лет эксплуатации.

Решение

1. Определить вероятность наработки для $t_1=10$ лет по форм. 3.14.

$$F_H(10) = \frac{1}{120} \cdot 41 = 0,34 .$$

2. Прогноз количества объектов, достигших предельного состояния для $t_2 = 15$ лет по форм. 3.16

$$\sum_1^{12} n_i = \frac{15}{10} \cdot 41 = 62 \text{ шт.}$$

3. Определить вероятность наработки для $t_2 = 25$ лет из форм. 3.15

$$F_{H(25)} = \frac{t_3}{t_1} F_{H(10)} = \frac{25}{10} \cdot 0,34 = 0,85.$$

4. Определить по форм. 3.17 γ -процентный ресурс

$$R_{(\gamma)} = 1 - 0,85 = 0,15 \text{ или } 15 \ %.$$

Вывод. Прогнозируется, что к моменту достижения нормативного назначенного ресурса 15 % задвижек сохранит работоспособность, т. е. будет иметь полезный срок службы более 25 лет.

3.2.4. Сохранение надежности систем и объектов при эксплуатации

Анализируя оценки качества эксплуатации по надежности, следует выяснить причины проявления ненадежности: отказов, длительных простоев ремонтируемых объектов из-за низкой ремонтпригодности, больших объемов реновации вследствие пониженной долговечности. Для поддержания безотказности на требуемом уровне планируется и осуществляется техническое обслуживание, включающее профилактические и планово-предупредительные ремонтные работы. Вместе с тем, отказы нередко вызываются не износом, а неправильным проведением производственных операций или ошибками при назначении рабочих режимов.

Ремонтпригодность в основном зависит от того, насколько в процессе эксплуатации сохранялись проектные условия. С другой стороны причинами задержек с выполнением ремонтов является недостаточная организация ремонтной службы, неправильный прогноз объемов ремонтных работ, который следует основывать на результатах диагностики технического состояния объектов.

Долговечность в большей степени обусловлена качеством технического обслуживания и, в частности, текущих и капитальных ремонтов, направленных на продление ПСС, а так же качеством строительных материалов и оборудования, правильностью выполнения строительно-монтажных работ.

3.3. Экологичность процесса эксплуатации

Эксплуатация водопроводно-канализационных систем неизбежно связана с выделением вредностей (загрязненной воды, осадков, газов), шумами, нарушением природных условий на территориях и водных источниках.

В табл. 3.7 приводятся виды воздействия на окружающую среду при эксплуатации основных объектов водопровода и канализации.

Головные сооружения водопровода, включающие водозаборы и насосные станции первого подъема, оказывают определенное отрицательное влияние на природные условия.

Таблица 3.7

Виды экологического воздействия систем водоснабжения и водоотведения на окружающую среду

Объекты	Виды вредных воздействий					
	Выбросы		Осадки	Шумы	Нарушение природ. условий водных источников	Загрязн. территории
	сточн. воды	газы				
Головные сооружения водопровода				+	+	
Водопроводные станции		+	+	+		+
Сети и насосные станции водопровода				+		
Сети и насосные станции канализации	+	+		+	+	+
Очистные сооружения канализации	+	+	+	+	+	+

Примечание. Знак "+" – существующее воздействие.

При длительной эксплуатации подземных водозаборов возможно возникновение воронки депрессии большого диаметра, что отразится на режиме подземных вод, на состоянии растительности и т.д.

Водозаборные сооружения на водотоках являются местными сопротивлениями, влияющие на руслообразующие процессы: изменение русла, размыв берегов, образование донных отложений. При заборе воды из водотока в размерах, превышающих 15–25 % его дебита, заметно уменьшается транспортирующая способность речного потока и ниже водозабора происходит выпадение наносов с образованием отмелей.

На водопроводных станциях происходит загрязнение воздушной среды пылью (реагентное хозяйство) и сильно действующими ядовитыми веществами (хлор, аммиак), образуются осадки, а при захоронении последних не исключено загрязнение почвы и дождевого стока с территорий, занятых накопителями, площадками замораживания или подсушивания.

В системах подачи и распределения воды основной вид вредности – шум при работе насосных станций.

Сети канализации в процессе эксплуатации могут стать источниками загрязнения грунта и подземных вод вследствие эксфильтрации неочищенных сточных вод, при разливе стоков на поверхность земли из-за засорения труб или при гидравлической перегрузке, возможен сброс неочищенных стоков в водный объект по аварийным выпускам насосных станций.

При транспортировке сточных вод по трубам и каналам выделяются газы и, главным образом, сероводород, загрязняющий воздушную среду.

На очистных сооружениях городской канализации неизбежны газовыделения, нередко наблюдается загрязнение территории и грунтов сточными водами, их сброс по аварийному выпуску. При очистке образуются осадки, представляющие санитарную опасность. Их обработка (стабилизация и обезвоживание) сопровождается газовыделением, а сушка на иловых площадках связана с загрязнением грунтов, воздушного бассейна, дождевого стока и требует отчуждения значительных территорий. Обезвоженный осадок нуждается в вывозе для складирования, обработки (например, компостирования) и захоронения. Эти операции так же сопровождаются загрязнением территорий дождевого стока и воздушной среды.

Функционирование объектов водоснабжения и водоотведения должно проходить с соблюдением требований экологической безопасности, т. е. при условии сохранения экологического баланса в окружающей среде, исключающего нанесение жизненно важного ущерба природе и человеку.

Для этого следует оценить величину допустимого воздействия на экосистему (экологический норматив). Нормативы регламентируют состав и количество загрязнений, поступающих в окружающую среду, шумовое и физическое воздействия (например, гидротехнических сооружений на источник водоснабжения).

Водопроводно-канализационное предприятие разрабатывает и утверждает экологический паспорт, документ, содержащий информацию о степени воздействия производства на окружающую среду, а также о разрешении на право природопользования и нормативы воздействия (предельно-допустимые выбросы, лимиты размещения отходов). Информационная база паспорта постоянно корректируется в зависимости изменения исходных данных.

Соблюдение требований экологического характера должны контролироваться, для чего создается система мониторинга с необходимым метрологическим обеспечением.

Мониторинг состояния поверхностных источников водоснабжения в местах расположения водозаборов предусматривает регулярную (по

графику) нивелировку дна водотока в створах, находящихся выше и ниже инженерного сооружения. Места и количество створов, а так же периодичность нивелировок назначается в зависимости от гидрогеологической обстановки.

Результаты нивелировки позволяют проследивать влияние сооружений водозабора на руслообразующую деятельность водотока, на появление размывов и отмелей и на необходимость проведения соответствующих защитных мероприятий.

Контроль за состоянием подземных источников включает систематические наблюдения за статическим уровнем подземных вод, для чего оборудуются специальные наблюдательные скважины. Если снижение уровня носит устойчивый характер и не связано с естественными причинами, фиксируется отрицательное в экологическом отношении влияние работы водозабора.

Качество воды в водотоках-приемниках сточных вод, нормируется исходя из условий экологической безопасности, что достигается соблюдением предельно допустимых (или меньших) сбросов загрязнений. За качеством воды в контрольных створах водных объектов ведется постоянное наблюдение.

Заметим, что недопустимое повышение загрязненности воды в водном объекте может быть вызвано не только неудовлетворительной очисткой стоков, но и сбросом неочищенных сточных вод по аварийным выпускам насосных станций канализации. Контроль за работой аварийных выпусков желательно автоматизировать. Как отмечалось, основными загрязнителями почвы и атмосферы являются осадки, образующиеся при очистке природных и сточных вод.

Особую опасность представляет территория хлорного хозяйства, где существуют риски аварийных выбросов в атмосферу хлора и аммиака.

Контроль за загазованностью воздуха на площадках канализационных очистных сооружений, на иловых площадках, на территории складирования осадков проводится по специальным графикам и превышение допустимых выбросов свидетельствует о нарушении правил эксплуатации.

Газовыделения при очистке сточных вод и при работе илового хозяйства технологически неизбежны и задача состоит в их ограничении экологически безопасными уровнями.

Контроль за соблюдением экологического норматива проводится водопроводно-канализационным предприятием и обнаруженные случаи нарушений служат основанием для оценки экологичности объектов системы. Они анализируются, устанавливаются причины и принимаются меры по их предупреждению. Поскольку нормативы соответствуют техническим возможностям объектов, нарушения чаще всего вызваны дефектами эксплуатации.

Для численной оценки экологичности могут быть приняты количественные показатели (превышения газовых выбросов или шумов сравнительно с нормируемыми и т. д.)

3.4. Экономичность как показатель качества эксплуатации

Экономичность процесса эксплуатации наиболее полно оценивается себестоимостью, т. е. денежными затратами на производство калькуляционной единицы продукции (1000 м^3). Себестоимость подсчитывается

по зависимости: $C = \frac{3}{W}$, где 3 – годовые затраты на эксплуатацию системы водоснабжения или канализации за год в тыс. рублей, W – годовая производительность систем в калькуляционных единицах за год.

Годовые затраты на эксплуатацию включают следующие статьи расходов: на электрическую и тепловую энергию, на амортизацию, на заработную плату, на материалы и реагенты, на цеховые расходы, на обслуживание внутренних водопроводно-канализационных систем жилищного фонда, прочие расходы. Из перечисленных статей наиболее существенны первые четыре.

Оплата за электроэнергию производится по одноставочному или двухставочному тарифам. Первый из них применяется, если суммарная установочная мощность потребителей энергии не превышает 750 кВт.

Затраты при одноставочном тарифе равны $3 = \mathcal{E}T_1$, при двухставочном $3 = \mathcal{E}T_1 + MT_2$, где $\mathcal{E}$ – расход электроэнергии в кВт-часов за год, M – абонированная мощность в кВт, T_1 – тариф на активную электроэнергию в руб. за кВт-час, T_2 – стоимость абонирования 1 кВт. мощности за год.

Основными потребителями электроэнергии на водопроводах являются двигатели насосных установок, а канализации – воздуходувок и насосных установок. Главный путь экономии электроэнергии – работа насосных и воздуходувных установок с высоким КПД. С этой целью выбираются соответствующие режимы работы, проводится регулировка и поддерживается хорошее техническое состояние агрегатов. Обычно быстро окупаются затраты на замену оборудования более современным или более соответствующим условиям работы.

Если трубопроводы находятся в плохом техническом состоянии и их гидравлические сопротивления существенно превышают расчетные, неизбежен перерасход электроэнергии, потребляемой насосными станциями.

С целью сокращения затрат электроэнергии следует применять экономичные светильники, автоматизировать включение и выключение освещения или электрического отопления. Для сокращения затрат тепла

на отопление и вентиляцию системы автоматизируются и поддерживают минимально необходимые температуры, препятствующие образованию конденсата на внутренних поверхностях ограждений здания. Разумеется, следует поддерживать проектные значения теплотехнических характеристик ограждений и правильно эксплуатировать здания.

Сокращение расходов тепла при транспортировке воды по водоводам надземной прокладки, достигается путем применения автоматизированной системы подогрева, разработанной одним из авторов настоящей работы (проф. Л.Д. Терехов).

Расходы на амортизацию объектов водопровода и канализации зависят от величины капиталовложений, но при неблагоприятных условиях эксплуатации, приводящих к ускоренному старению объектов, а так же в случае сохранения в составе действующих тех зданий и сооружений, которые достигли предельного состояния, амортизационные затраты существенно возрастают. Как способ их сокращения следует считать своевременную реновацию подобных объектов, либо ремонты, которые способны восстановить полную работоспособность объектов и существенно продлить назначенный ресурс, например, санацию водопроводных и канализационных сетей.

Затраты на заработную плату уменьшаются путем сокращения количества работающих до необходимого по производственным соображениям минимума.

В ряде случаев такая возможность появляется при автоматизации производственных процессов, например, при автоматизации насосных станций или некоторых установок на водопроводных станциях и очистных сооружениях канализации.

Существуют пути рационального использования возможностей персонала: структурные преобразования, аттестация рабочих мест, совмещение профессий и устранение дублирующих функций позволили сократить численность персонала Водоканала г. С-Петербурга на 27 % (более 2,5 тыс. человек).

Сокращение затрат на реагенты достигается при оптимизации их доз с учетом условий очистки воды, меняющихся в течение года. В этом отношении эффективно использование информационно-моделирующей системы по управлению технологическими режимами очистки, одной из задач которой является оперативное назначение оптимальных доз [11].

Экономное расходование реагентов зависит от соблюдения правил приемки, хранения и расходования реагентов в реагентном хозяйстве и от качества выполнения производственных операций на очистных сооружениях.

Крупной статьей затрат может оказаться плата за использование природных ресурсов и, в частности, плата за размещение нестабилизированных и неуплотненных осадков и сброс плохо очищенных стоков.

На экономичность эксплуатации сказывается уровень утечек из водопроводных сетей и поступление в канализационные сети за счет инфильтрации грунтовых через неисправные канализационные колодцы – дождевых и талых, а так же при несанкционированном сбросе условно чистых или дренажных вод.

3.5. Оценка качества эксплуатации по условиям безопасной жизнедеятельности

Условия труда на водопроводно-канализационных предприятиях считаются неблагоприятными. К основным негативным факторам следует отнести вероятность травм от отлетающих или падающих предметов и при обслуживании оборудования с движущимися частями, выделение и скопление в опасных концентрациях пожароопасных, взрывоопасных или токсичных газов и пыли, возможность поражения электрическим током, непосредственный контакт с загрязненной водой и осадками, высокая влажность воздуха и низкие температуры в помещениях, шум и вибрация.

Многие работы выполняются на открытом воздухе, в пределах акватории водного объекта и со льда, в траншеях, заглубленных помещениях и колодцах.

Производственный регламент нередко требует от персонала неоднократного в течение смены перемещения по лестницам на разноуровневые площадки обслуживания и по переходам над открытыми водными поверхностями, что повышает риск возникновения несчастных случаев по неосторожности.

«Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства» (2002 г.) требуют разработки на каждом предприятии Инструкций по охране труда и Положения о системе технического обслуживания и ремонта средств и техники безопасности (освещение, промышленная вентиляция, отопление, пожарное водоснабжение, системы автоматического контроля за состоянием воздушной среды и другие).

Все работники предприятия в обязательном порядке проходят обучение и контроль знаний по охране труда. Рабочие места подлежат аттестации по условиям труда. В соответствии с существующим законодательством ведется учет несчастных случаев на производстве.

Каждый несчастный случай должен быть проанализирован, т. к. указывает на необходимость дополнительных мер по улучшению безопасности персонала на производстве.

Безопасность жизнедеятельности характеризуется значениями двух коэффициентов: травматизма и средней продолжительности нетрудоспособности.

Коэффициентом травматизма называется количество случаев получения травм, повлекших потерю трудоспособности на четыре дня и более в расчете на тысячу человек списочного состава предприятия.

Средняя продолжительность нетрудоспособности, характеризующая серьезность полученных травм, представляет собой отношение общего количества дней нетрудоспособности к количеству несчастных случаев.

Коэффициенты следует определять дифференцировано для объектов и участков с различающимися условиями труда. В некоторых случаях (когда рабочие места размещены вне помещений) целесообразно их (коэффициенты) определять отдельно для теплого и холодного периодов.

Анализ травматизма и профессиональных заболеваний должен предметно указывать на неблагоприятные в этом отношении участки и на конкретные причины, понижающие безопасность жизнедеятельности персонала.

Контрольные показатели (значения коэффициентов) можно назначать по достигнутому уровню с корректировкой в сторону улучшения, учитывая результаты работ и мероприятий по повышению безопасности жизнедеятельности.

3.6. Использование оценки качества эксплуатации при планировании работ по совершенствованию технической эксплуатации

Комплексная оценка качества эксплуатации, проводимая постоянно и на всех уровнях (от мастерского участка до всей системы в целом), обобщение и анализ результатов такой оценки позволяет адресно выявить недочеты в эксплуатационном процессе, их действительные и конкретные причины, степень серьезности и необходимость в реагировании, обоснованно определить приоритетные задачи, требующие первоочередного решения.

Причины недочетов могут объясняться ошибками в назначении производственных режимов, недостаточной квалификацией производственного персонала, низкой производственной дисциплиной и, с другой стороны, недостатками в техническом обслуживании, неудовлетворительным качеством ремонтных работ, либо чрезмерным износом основных фондов, срочно нуждающихся в обновлении и работающих в «пределах» состоянии.

Решения, принимаемые на основе оценки качества эксплуатации, могут быть чисто организационными, или требуют затрат на капитальные ремонты, реконструкцию и реновацию.

За изменениями производственных характеристик объектов ведется постоянное наблюдение, результаты которого документируются и являются базовым материалом для последующего анализа. На ухудшение

технического состояния указывает фактическое увеличение интенсивности отказов или сокращение продолжительности безотказной работы.

В некоторых случаях при разработке мероприятий по улучшению качества эксплуатации, необходимы поверочные расчеты с использованием данных технического паспорта объекта.

Паспорт разрабатывается на основе исполнительных чертежей, которые оперативно корректируются с учетом всех изменений, проведенных во время эксплуатации, ремонтов или реконструкций. За своевременной корректировкой технического паспорта следят при проведении обследований.

Вопросы для самопроверки к главе 3

1. Критерии качества эксплуатации водопроводов и канализаций.
2. Надежность эксплуатационного процесса и ее свойства.
3. Отказы и их признаки.
4. Вероятность безотказной работы и ее изменение в процессе эксплуатации.
5. Резервирование как метод повышения безотказности.
6. Какой производственный признак, влияющий на качество эксплуатации, оценивается ремонтпригодностью?
7. Какие факторы влияют на свойства надежности безотказность, ремонтпригодность и долговечность?
8. Для каких основных видов вредных воздействий систем водоснабжения и водоотведения разрабатывается экологический норматив?
9. Какие основные факторы влияют на себестоимость воды и услуг по водоотведению?
10. Как может быть использована оценка качества эксплуатации для улучшения работы водопроводно-канализационного предприятия?

4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

4.1. Общие положения

Задача технического обслуживания заключается в поддержании путем проведения ремонтов постоянной работоспособности объектов водоснабжения и водоотведения и своевременной реновации тех из них, которые выработали назначенный ресурс и достигли предельного состояния.

Как уже отмечалось, в целях выявления неисправностей, степени износа и других дефектов проводится постоянное наблюдение за техническим состоянием объектов. Контроль имеет несколько уровней: внешний

осмотр доступных для этого элементов, периодический осмотр (обычно, совмещенный с текущим ремонтом), испытание оборудования под нагрузкой, проведение специальных исследований.

Некоторые обследования ведутся ежедневно и предусмотрены регламентами технической эксплуатации, другие проводятся в плановом порядке, комиссионно, третий – эпизодически, по выявившейся необходимости.

Постоянные осмотры направлены на оперативное выявление неисправностей и позволяют принять неотложные меры, предупреждающие большинство повреждений.

Периодические осмотры проводятся техническим руководителем совместно с обслуживающим, а иногда и ремонтным персоналом. Осмотр включает проверку состояния элементов объекта и совмещается с некоторыми профилактическими работами, например, с промывкой трубопроводов и оборудования, с набивкой сальников и т. д. Отдельные дефекты, выявленные при осмотре, сразу же устраняются.

В табл. 4.1, составленной согласно рекомендаций Положения [19], указывается периодичность осмотров и ремонтов в пределах ремонтного цикла, рекомендуемая для средних условий эксплуатации.

В зависимости от конструкции, ответственности и доступности для обследования, частота осмотров объекта колеблется от 12 месяцев до ежедневного контроля технического состояния. Осмотр носит различный характер от визуального при обходе трасс водопроводной и канализационной сети, до обследований, требующих отключения сооружений. Иногда осмотр совмещается с текущим ремонтом.

Как правило, по результатам осмотра можно дать достаточно обоснованное заключение о техническом состоянии объекта.

Вместе с тем, в ряде случаев возникает необходимость в более глубоком исследовании. Так, для оценки работоспособности подземного водозабора со скважинами, ежегодно проводится две генеральных проверки, (совмещенные с текущим ремонтом), в ходе которых демонтируется насосное оборудование и обследуется состояние фильтров и ствола скважин, производятся пробные откачки и оцениваются сложившиеся гидрогеологические условия у водозабора.

Некоторые исследования проводятся по необходимости. Например, при явном снижении пропускной способности водоводов или отдельных участков магистральной сети водопровода планируется и проводится работа по манометрической съемке, а по ее результатам – дополнительное определение фактического значения модулей сопротивления для тех или иных участков трубопроводов.

Результаты осмотра фиксируются в журнале осмотров и ремонтов на основании чего затем составляются дефектные ведомости с перечислением обнаруженных неисправностей и принятых мер по их устранению.

Периодические осмотры позволяют выявить начальные признаки неисправностей и их предупредить.

Испытания оборудования и КИП проводится по специальному графику. Контрольно-измерительные приборы проверяются ежегодно (расходомеры в зависимости от марки – раз в два-шесть лет), насосные агрегаты испытываются с построением рабочих характеристик каждые два года, потери напора на контрольных участках водопроводной сети измеряются ежегодно.

Результаты технического контроля являются основанием для планирования ремонтных работ, а в необходимых случаях – для проведения внеочередных ремонтов.

4.2. Система планово-предупредительного ремонта (ПТР)

В Положении [19] указывается, что система ПТР – совокупность организационных и технических мероприятий по надзору и всем видам плановых ремонтов.

Его задача заключается в предупреждении преждевременного износа объектов и создания условий для высокого качества эксплуатации.

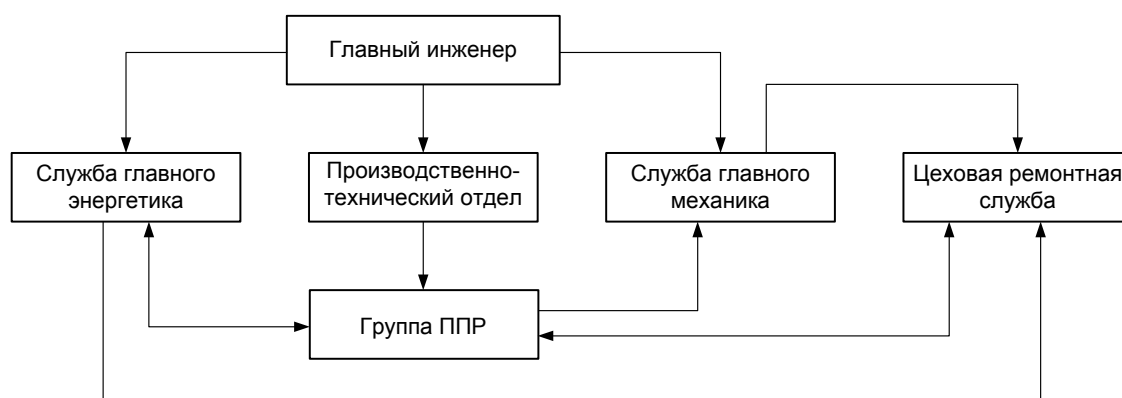
На водопроводно-канализационном предприятии создаются центральная ремонтная база, ремонтные цехи, специализированные мастерские и ремонтные бригады, а в отдельных случаях собственные предприятия по изготовлению оснастки, труб и т. д. Необходимая для проведения ремонтных и других работ, (например, по реконструкции) проектная документация может разрабатываться проектной группой, включаемой в структуру производственно-технического отдела, либо специализированными проектными организациями.

При планировании ремонтных работ проводятся следующие подготовительные операции: на основании анализа качества эксплуатации уточняется перечень подлежащих ремонту сооружений и оборудования; выясняется вид и характер ремонтных работ; определяются продолжительности межремонтных периодов, структура и продолжительность ремонтных циклов для различных видов сооружений.

В соответствии с планом проведения ремонтов, работы обеспечиваются проектной и сметной документацией, необходимыми материалами и запасными частями, выделяется требуемая строительная техника, вносятся на период ремонта коррективы в эксплуатационный режим.

При организации и проведении ремонтов следует применять современные и наиболее уместные в конкретных условиях методы. Так, ремонты водопроводных и канализационных сетей в пределах селитебных территорий желательно проводить преимущественно закрытыми способами, не требующими значительного разрушения дорожных покрытий и перекрытия городских автомагистралей. В этих случаях ориентируются

на применение работотехники и телеконтроля, на использование известных отечественных или зарубежных методов санации труб путем создания внутренней водонепроницаемой оболочки.



Ремонтные службы производственных подразделений (цехов) организуют межремонтное обслуживание объектов, руководят ремонтами и контролируют их качество, изучают и учитывают динамику износа оборудования, сооружений и сетей, планируют ремонты, составляют и представляют заявки на запасные части и материалы, готовят оборудование для передачи в ремонт электроцеху и ремонтно-механическим цехам, а также принимают в эксплуатацию оборудование после ремонта.

Служба главного энергетика, которой подчинен цех по ремонту электрооборудования, выполняет капитальный и текущий ремонты электрооборудования, контролирует качество ремонта и участвует в приемке оборудования в эксплуатацию.

В обязанности службы входит планирование ремонтных работ по электрооборудованию и координация этих планов с ППР для всего водопроводно-канализационного предприятия. Служба главного энергетика

ка решает вопросы материально-технического обеспечения ремонтов, ведет необходимые учет и отчетность.

Группа ППР координирует все работы по планово-предупредительным ремонтам предприятия: проводит учет оборудования, сооружений и сетей, степени их износа, изучает и анализирует причины ускоренного износа, ведет учет и отчетность по ремонту, осуществляет контроль за паспортизацией оборудования и сооружений. Группа разрабатывает планы ППР предприятия, составляет планы материально-технического снабжения, участвует в приеме объектов, вышедших из ремонта и следит за его качеством.

Четкое функционирование системы ППР является обязательным условием надежной работы водопроводно-канализационного предприятия.

4.3. Классификация ремонтных работ

Цель планово-предупредительных ремонтов заключается в поддержании или восстановлении эксплуатационных свойств объектов или их отдельных элементов. Под эксплуатационными свойствами следует понимать те, которые влияют на качество эксплуатации: надежность, экологичность, экономичность и безопасность жизнедеятельности персонала.

Различают текущие и капитальные ремонты.

В настоящей работе считается, что капитальные ремонты полностью восстанавливают работоспособность объекта, а текущие – частично. В последнем случае вероятность безотказной работы объекта в процессе эксплуатации поддерживается на заранее принятом, достаточно высоком уровне. Как уже отмечалось, этот уровень назначается в зависимости от ответственности данного объекта в системе водоснабжения или водоотведения.

Текущий ремонт носит предупредительный характер и признан предохранить объект и его элементы от преждевременного износа путем профилактического обслуживания и устранения мелких дефектов. Так, при текущем ремонте насосов производятся: смена прокладок, набивка сальников, смазка уплотнительных колец, снятие крышек и установление разбега ротора, окраска корпусов.

Плановый текущий ремонт проводится регулярно в течение года и во внеочередном порядке согласно графика, составляемого обслуживающим персоналом объекта по результатам текущих осмотров, диагностики технического состояния, выявившихся в ходе эксплуатации неисправностей.

Текущий ремонт включает: заранее планируемые операции профилактические и дополнительные работы, необходимость которых обнаружилась в процессе эксплуатации.

Как правило, текущий ремонт выполняется силами оперативного персонала с привлечением в отдельных случаях специализированных ремонтных бригад.

В интервалах между текущими ремонтами интенсивность отказов и соответствующие значения вероятности безотказной работы не должны выходить за назначенные пределы, хотя и ухудшаются.

Как отмечалось в Положении [19] «Текущий ремонт является основой нормальной эксплуатации (в пределах расчетного срока) сооружений и оборудования».

Капитальный ремонт имеет целью достижение начальной работоспособности объекта и предусматривает восстановление или замену изношенных элементов: конструкций, деталей оборудования, сооружений, трубопроводов.

Необходимость в проведении капитального ремонта устанавливается по данным диагностики технического состояния объекта, проводимой ремонтными службами. Для средних условий эксплуатации примерные сроки проведения капитальных ремонтов и длительность интервалов между ними межремонтных периодов рекомендуются Правилами [19], но уточняются в соответствии со сложившимися конкретными условиями.

Капитальные ремонты могут быть выборочными или комплексными. При выборочных ремонтируются или заменяются только те изношенные элементы объекта, состояние которых угрожает сохранности всего сооружения, а также в случаях, когда чрезмерно длительный комплексный капитальный ремонт может оказаться причиной отказа всей системы, либо не целесообразен по технико-экономическим соображениям.

Разумеется, при выборочном ремонте в первую очередь восстанавливаются или заменяются элементы, состояние которых угрожает отказом или ухудшением других показателей качества эксплуатации, особенно условий труда.

К примеру, при выборочном капитальном ремонте насосных станций проводится поагрегатная смена непригодных к дальнейшему использованию насосов, либо ремонт изношенных насосных агрегатов с их полной разборкой, чисткой, регулировкой, заменой втулок, подшипников, прокладок, в некоторых случаях – со сменой валов, рабочих колес, направляющих аппаратов, с послеремонтным испытанием и регулировкой, замена внутривулканционных труб и арматуры и т. д.

При комплексном ремонте производится ревизия состояния, и ремонтируются основные элементы объекта. Так, при комплексном капитальном ремонте водонапорных башен ремонтируется здание и шатер башни, бак, трубопроводы и арматура.

Промежуток времени между завершением предыдущего и началом последующего капитального ремонта называется рабочим циклом, длительность которого для средних условий эксплуатации может прини-

маться по рекомендациям Положения [19]. К примеру, для водозаборных скважин ремонтный цикл составляет 3 года, для колодцев и камер на водопроводной сети 5 лет, для сетевых задвижек 2 года и т.д. Однако, как в этих, так и в других конкретных случаях продолжительность рабочего цикла уточняется исходя из сложившихся условий.

Структура ремонтного цикла включает цепочку расположенных в технологической последовательности производственных и ремонтных операций: промежутков времени между текущими ремонтами (межремонтными периодами), продолжительностями простоя в связи с осмотрами или проведением обследований, в связи с текущими ремонтами и продолжительностью простоя из-за капитального ремонта, которым завершается цикл (рис. 4.2).

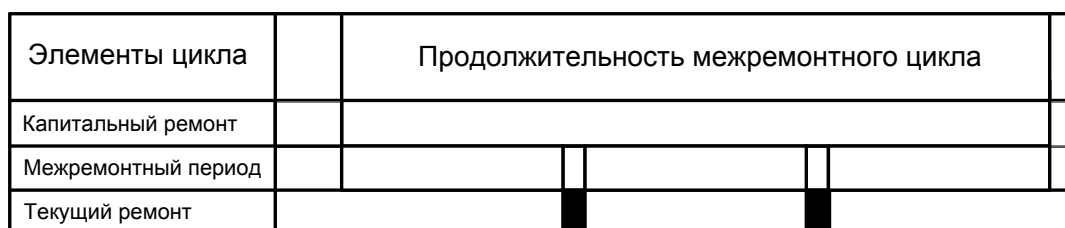


Рис. 4.2. График ремонтного цикла

В пределах назначенного ресурса или фактического значения полезного срока службы объекта оказывается несколько рабочих циклов, продолжительность которых постепенно уменьшается. При достижении объектом предельного состояния он подлежит замене.

4.4. Планирование и организация ремонтных работ

Процедура планирования и организации планово-предупредительных ремонтов включает пять последовательных этапов.

На первом этапе производится сбор, анализ и систематизация информации о техническом состоянии объектов систем водоснабжения и водоотведения и дается оценка качества эксплуатации. Информация, как уже отмечалось, получается непосредственно на производственных объектах при проведении регламентных осмотров, планируемых обследований и специальных работ по диагностике. Указанные работы выполняются производственным персоналом, который должен быть обучен правилам сбора и документирования информации. Заметим, что последнее обстоятельство имеет исключительно важное значение: записи в оперативных и других журналах должны быть достаточно подробными, содержательными и непременно объективными.

Одной из обязанностей инженерно-технического персонала является контроль за грамотным ведением документации о техническом состоянии объектов.

В результате обработки исходных материалов устанавливаются конкретные элементы объекта, нуждающиеся в ремонте или замене.

На втором этапе составляются планы ремонтных работ. Планирование может быть перспективным и оперативным. Перспективные планы разрабатываются с целью обеспечить непрерывность ремонтных работ и служат основой для оперативного планирования.

По результатам первого этапа процедуры планирования, отдельные объекты относятся к группе, для которой необходим неотложный или первоочередной капитальный ремонт, а для остальных, внесенных в планы перспективного ремонта, составляются графики осмотров и текущих ремонтов.

Годовой план-график капитальных ремонтов является основой для разработки для каждого объекта собственного оперативного план-графика, в котором по согласованию с диспетчерской службой Водоканала уточняются сроки вывода сооружений или оборудования в ремонт. Планы проходят соответствующие утверждения.

На третьем этапе ведется подготовка к материально-техническому обеспечению ремонтных работ, согласно утвержденному план-графику.

Для капитальных ремонтов готовится проектно-сметная документация, в которой определены технология, объем работ, стоимость и сроки ремонта.

Очень важным и нередко лимитирующим требованием к проектному решению оказывается ограничение продолжительности ремонтов, т. к. это связано с надежностью водопровода или канализации, с осложнениями в работе городского хозяйства и другими обстоятельствами. В необходимых случаях минимум продолжительности обосновывается расчетами и диктует выбор технологии ремонта.

При проектировании капитальных ремонтов объект не обязательно восстанавливается в том виде, в котором он был первоначально запроектирован. Целесообразно производить замену устаревшего оборудования и узлов, использовать современные и более эффективные строительные материалы и изделия. В частности, при ремонте водопроводных сетей необходимо применять взамен недолговечных и ухудшающих качество питьевой воды стальных полимерные трубы или трубы из высокопрочного чугуна.

Технология капитального ремонта должна учитывать требования о сохранении на время производства работ надежности всей системы. Условия проведения капитальных ремонтов или реконструкции сложных объектов, например, водопроводных станций, зависит от того, имеются ли на объектах параллельные и взаимонезависимые технологические

линии, часть которых может быть отключена для проведения работ, а остальные продолжают функционировать в форсированном режиме. При капитальном ремонте очистных сооружений сохранение их производительности на минимально допустимом уровне достигается за счет первоочередного ввода в эксплуатацию так называемых компенсационных мощностей, способных временно работать с перегрузками в определенный период года.

В соответствии с проектом устанавливается потребность в материальных ресурсах, и определяются поставщики, размещаются заказы на материалы и оборудование, в том числе и изготовляемое собственными силами, решаются сопутствующие вопросы, связанные с транспортом и хранением материальных ресурсов, с необходимостью создания некоторых временных сооружений.

На четвертом этапе проводятся ремонтные работы, осуществляемые собственными силами и с привлечением подрядных организаций. Организуется и осуществляется поэтапный контроль качества ремонтных работ, включая в некоторых случаях промежуточные испытания и составление актов на скрытые работы.

В заранее предусмотренных случаях организуется временное водоснабжение и водоотведение, в том числе прокладка временных коммуникаций и размещение насосных установок или доставка питьевой воды населению транспортом.

После завершения работ все временные установки демонтируются, а ущерб, нанесенный городскому хозяйству полностью восполняется (восстановление дорожных покрытий, зеленых насаждений и других элементов благоустройства).

Пятый этап заключается в приемке отремонтированных сооружений, сетей и оборудования. Испытания объектов проводят согласно действующим правилам. По результатам испытаний и опробования трубопроводы, сооружения и оборудования принимаются в эксплуатацию, что должно быть заактировано. Исполнительная документация подлежит хранению, изменения вносятся в технический паспорт объекта.

Заключительной операцией является проведение пуско-наладочных работ, с целью доводки объекта до необходимого для нормальной эксплуатации состояния и в установлении требуемого эксплуатационного режима. Пуско-наладочные работы выполняются собственными силами водопроводно-канализационного предприятия, а в наиболее сложных случаях, (например, очистные сооружения канализации или водопроводные станции) с привлечением специализированных пуско-наладочных организаций.

Если в процессе капитального ремонта объект был фактически реконструирован и технология его обслуживания изменилась, составляются новые регламенты эксплуатации, вносятся изменения в рабочие карты и т. д.

Таблица 4.1

Периодичность осмотров и ремонтов сооружений и оборудования [19]

Наименование объекта	Продолжительность периода между, мес.		
	осмотр	текущий ремонт	капитальный ремонт
1. Водопроводные и канализационные трубопроводы	2	12	По мере необходимости
2. Дюкеры	6	12	24
3. Колодцы и камеры на сетях	2 (обход) 6 (внутр. осмотр)	12	60
4. Сетевые задвижки	6	12	24
5. Водопроводные вводы в здания	6	12	По мере необходимости
6. Резервуары	3	24	60
7. Водонапорные башни	3	12	60
8. Береговые колодцы речных водозаборов	ежедн.	6	60
9. Оголовки речных водозаборов	6	6	24
10. Водяные скважины	ежедн.	6	36
11. Горизонтальные водозаборы	2	6	По местным условиям
12. Насосы горизонтальные водопроводные и воздуходувки	1	3	36
13. Тоже погружные, вакуум-насосы, канализационные насосы	1	3	24
14. Контрольно-измерительное оборудование	1	12	36
15. Оборудование для приготовления и дозирования реагентов, смесители, камеры хлопьеобразования	12	12	24
16. Водопроводные отстойники	12	12	36
17. Фильтры осветлительные	3	12	36
18. Хлораторные установки и бактерицидные установки	ежедн.	6	12
19. Озонаторные установки	ежедн.	3	24
20. Песколовки	6	12	36
21. Первичные и вторичные отстойники	6	12	60
22. Скребковые механизмы, илоскребы	1	12	36
23. Илососы	1	12	18
24. Биофильтры	2	6	60
25. Аэротенки	6	12	60
26. Иловые площадки	6	12	36

4.5. Расчет графика ремонтного цикла с использованием теории надежности

Как следует из рис. 4.2, при составлении графика ремонтного цикла необходимо определить продолжительности межремонтных периодов, текущих ремонтов и капитального ремонта.

В табл. 4.1 приведены ориентировочные значения интервалов между текущими ремонтами (длительность межремонтных периодов) и капитальными ремонтами (общая длительность цикла).

Эти данные могут быть использованы лишь для предварительных расчетов, но в конкретных условиях назначаются с учетом действительного технического состояния объекта. Соответствующие расчеты могут быть выполнены достаточно точно на научной основе с использованием теории надежности [25].

4.5.1. Продолжительность межремонтных периодов

В течение межремонтного периода вероятность безотказной работы объекта снижаются по экспоненте согласно форм. 3.4. В конце периода, т.е. перед очередным текущим ремонтом, вероятность безотказной работы должна быть равной или превышать заранее принятое минимальное значение $P_{\min}$, отвечающее значимости объекта. Если в начале первого (после капитального ремонта) $P_{\text{нач}} = 1,0$, то после каждого из текущих ремонтов, при которых надежность восстанавливается не полностью, а только на 90–95 %, $P_{\text{нач}} < 1,0$ и постепенно снижается после каждого очередного технического ремонта.

Если принять продолжительность межремонтных периодов для всего ремонтного цикла одинаковым, что удобно по техническим причинам, вероятность безотказной работы объекта достигает минимума только в конце последнего периода, т. е. накануне очередного капитального ремонта; на протяжении всех других периодов безотказность будет превышать минимальную (рис. 4.3, А).

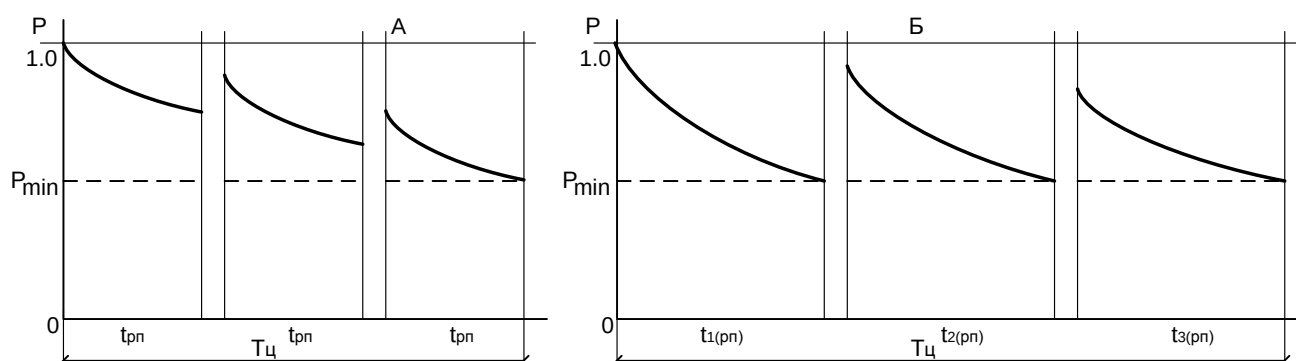


Рис. 4.3. Графики текущего ремонта

Расчет значения минимальной вероятности безотказной работы объекта определяется по формуле:

$$P_{\min} = 1 - \left(1 - e^{-\lambda t_{м.п}}\right) \left[1 - K \left(\frac{T_{ц}}{t_{м.п}} - 1\right)\right], \quad (4.1)$$

где $t_{м.п}$ – продолжительность межремонтного периода, ч (принимается одинаковой для всего цикла); $T_{ц}$ – продолжительность времени между началом первого и концом последнего межремонтного периода в цикле, ч; K – коэффициент, учитывающий неполное восстановление работоспособности объекта после очередного текущего ремонта (принимается равным 0,05–0,10).

В формуле условно пренебрегается за малостью продолжительность времени, затрачиваемого на текущий ремонт в течение цикла.

Если объект эксплуатируется периодически, как это предусматривается для ненагруженного резервирования, технологические простои не учитываются при определении значения $T_{ц}$.

Рассмотрим расчет безотказности в случае, если межремонтные периоды цикла имеют одинаковую продолжительность.

Пример 4.1

Произвести проверку безотказности работы скребкового механизма радиального канализационного вторичного отстойника, если продолжительность периода $T_{ц} = 25920$ часов, а межремонтных периодов $t_{м.п} = 8640$ часов (принято по табл. 4.1); интенсивность отказов скребкового механизма по результатам эксплуатации $\lambda = 10^{-4}$ 1/час; $K = 0,1$. Скребковый механизм работает непрерывно.

Расчет:

$$P_{\min} = 1 - \left(1 - e^{-10^{-4} \cdot 8640}\right) \left[1 - 0,1 \left(\frac{25920}{8640} - 1\right)\right] = 0,54.$$

Вывод:

Для вторичных отстойников предусматривается нагруженное резервирование при количестве сооружений не менее трех, и ремонтпригодность скребковых механизмов в этих условиях достаточно высокая.

Полученное расчетом значение может считаться удовлетворительным.

На рис 4.3, Б приведен второй вариант графика текущих ремонтов, согласно которому продолжительность межремонтных периодов не одинакова и уменьшается. В течение каждого периода вероятность безотказной работы объекта снижается до $P_{\min}$.

Первый из рассмотренных вариантов предусматривается большее количество текущих ремонтов в течении T_u , но минимальное значение безотказности достигается только один раз, а до этого $P > P_{min}$.

Выбор графика зависит от конкретных условий и, в частности, от меры ответственности объекта.

Методика и пример расчета при составлении графика текущих ремонтов по второму варианту приведены в [7].

4.5.2. Продолжительность текущего ремонта

Плановые работы по текущему ремонту носят профилактический характер, их объемы и содержание заранее известны, а продолжительность обосновано назначена. Внеплановые текущие ремонты, срочная необходимость которых возникла вследствие отказов или выявленных при осмотрах неисправностей, не могут заранее планироваться, но продолжительность удовлетворительно прогнозируется по имеющемуся опыту эксплуатации.

Продолжительность отключения объектов в связи с ремонтами (как текущими, так и капитальными) складывается из организационной и активной.

Организационный период связан с затратой времени на подготовку к выполнению ремонтных работ, а активный – непосредственно на выполнение работы.

4.5.3. Продолжительность капитальных ремонтов

Продолжительность капитальных работ определяется в зависимости от их трудоемкости и фактической ремонтпригодности. Вместе с тем их продолжительность, как отмечалось выше, лимитируется условиями надежности. Поскольку при капитальном ремонте ремонтируемый элемент потерял работоспособность, реализуются резервные мощности, а безотказность объекта понижается. Так легко подсчитать, что для условий задачи 3.4 при отказе одного из двух рабочих насосов и включений одного из двух резервных, вероятность безотказной работы снизится с 0,82 до 0,66, а при отказе еще одного насоса структура объекта превратится в последовательную, а $P \approx 0,36$. Необходима уверенность в том, что во время капитального ремонта не произойдет отказа еще одного аналогичного элемента и не возникнет отказ всего объекта.

В [1] рассмотрено решение задачи о вероятности безотказной работы объекта при структурном резервировании и с учетом восстановления работоспособности в течение назначенной продолжительности ремонта.

Пусть объект состоит из n элементов, из которых m основных и $n - m$ резервных. Вероятность безотказной работы объекта:

$$P^*(t_p) = e^{-\lambda t_p}, \quad (4.3)$$

где λ – интенсивность отказа объекта; t_p – назначенная продолжительность ремонта.

$$\lambda = m t_p^{n-k} \sum_{j=1}^{S_1} \prod_{i=1}^k \lambda_{ij}, \quad (4.4)$$

в формуле (4.4) $k = n - m + 1$ – минимальное количество элементов, которое должно оставаться работоспособным для безотказного функционирования объекта; $\prod$ – символ, означающий произведение λ_{ij} ; λ_{ij} – интенсивность отказов элементов; S_1 – количество состояний объекта, при которых число неисправных элементов равно K .

Предполагается, что ремонт объекта начинается сразу же после отказа восстанавливаемого элемента.

Рассмотрим решение задачи.

Пример 4.2

Канализационный дюкер состоит из трех ниток. Интенсивность отказов составляет: $3,2 \cdot 10^{-4}$; $2,5 \cdot 10^{-4}$ и $3,0 \cdot 10^{-4} \left[\frac{1}{ч} \right]$ для ниток № 1, 2 и 3 соответственно.

Дюкер находится в состоянии отказа, если во время ремонта одной из ниток возник отказ еще одной нитки.

Определить вероятность отказа дюкера в течение ремонта одной из его ниток, если назначенная продолжительность ремонта любой из них равна $t_p = 100$ часов.

Решение

В соответствии с условиями задачи $n = 3$, $m = 2$, $k = 2$, $S_1 = 3$ (в неисправном состоянии оказываются нитки № 1 и 2; № 1 и 3; № 2 и 3).

По формуле 4.4

$$\lambda = 2 \cdot 100^{3-2} (3 \cdot 2,5 + 3 \cdot 3,2 + 2,5 \cdot 3,2) 10^{-8} = 0,502 \cdot 10^{-4}.$$

По формуле 4.3

$$P^*(t_p) = e^{-0,502 \cdot 10^{-4} \cdot 100} = 0,95.$$

Вывод:

Вероятность безотказной работы дюкера в период ремонта одной из его ниток в течение 100 часов близок к единице. Продолжительность ремонта по показателю безотказности приемлема.

Если идентичные элементы объекта имеют одинаковые значения интенсивностей отказов, то интенсивность отказа всего объекта может рассчитываться по формулам, приведенным в табл. 4.2

Таблица 4.2

Формулы для определения интенсивности отказа объекта [1]

m	n			
	1	2	3	4
1	$\lambda_{\text{э}}$	$2\lambda_{\text{э}}^2 t_p$	$3\lambda_{\text{э}}^3 t_p^2$	$6,5\lambda_{\text{э}}^4 t_p^3$
2	—	$2\lambda_{\text{э}}$	$3\lambda_{\text{э}}^2 t_p$	$9\lambda_{\text{э}}^3 t_p^2$
3	—	—	$3\lambda_{\text{э}}$	$12\lambda_{\text{э}}^2 t_p$
4	—	—	—	$4\lambda_{\text{э}}$

Вопросы для самопроверки к главе 4

1. Задачи и организация системы планового проведения ремонтов.
2. Виды ремонтов и структура ремонтного цикла.
3. Из каких этапов состоит планирование ремонтных работ.
4. Как рассчитывается продолжительность межремонтных периодов.
5. По каким соображениям назначается максимальная продолжительность капитальных ремонтов.

5. УСИЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ, ИХ ПОДГОТОВКА К ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1. Пути усиления водопроводно-канализационных систем

Под усилением в настоящей работе понимаются меры, осуществляемые для увеличения производственного потенциала коммунальных водопроводов и канализаций по условиям достижения требуемого качества эксплуатации.

Основаниями для усиления являются: необходимость реновации объектов, выработавших производственный ресурс и не пригодных для дальнейшей работы, а также если она вызвана соображениями экономичности или применением более эффективных технологий, существенным изменением значений параметров, определяющих функции систем (водопотребление и водоотведение, увеличение обслуживаемой жилой территории, новые требования к очистке природных и сточных вод); пониженной надежностью конструкции системы.

Например, широко распространенная схема канализационной сети с прокладкой одиночного загородного коллектора не гарантирует систему от отказа при его разрушении. Подобная авария на одном из коллекторов канализации г. Харькова привела к крайне опасному загрязнению источников водоснабжения многих населенных мест Украины и устранялась длительное время.

Безотказность городского водоснабжения может обеспечиваться только при наличии двух или более водозаборных сооружений из взаимно независимых источников и при том условии, что каждый из водозаборов имеет достаточную производительность. В противном случае структурная схема должна рассматриваться как последовательная, т. е. весьма не надежная (см. гл. 3). К примеру, водоснабжение Владивостока в основном базируется на водохранилище, запасы воды в котором зависят от условий выпадения атмосферных осадков в пределах ограниченной территории. В течение последних тридцати лет дважды запасы воды в водохранилище оказывались недостаточными, что вынуждало снижать уровень водоподачи до значений, соответствующих условиям чрезвычайной ситуации.

Усиление применимо для объектов, выработавших большую часть своего ресурса. Так, в случае замены более 50 % водопроводных труб рекомендуется полная перекладка сети [19]. Новое строительство необходимо для повышения надежности объектов, например, при зонировании водопроводной сети (дополнительные резервуары и насосные станции), а для разгрузки канализационных коллекторов и очистных сооружений – резервуары-регуляторы.

При изменении условий очистки на очистных сооружениях ведется строительство дополнительных объектов.

Преимущество нового строительства заключается в возможности использования современных материалов и технологий, в удобстве ведения работ, т. к. не нарушается работа существующих сооружений, в том, что новые сооружения только начинают вырабатывать свой ресурс.

С другой стороны, новое строительство затратно, объем работ максимален, длительность строительства нередко велика, а расширение производственного фонда приводит к росту затрат на ремонты и техническое обслуживание.

Альтернативой новому строительству служит реконструкция существующих сооружений, основанная на том, что часть элементов реконструированного объекта может быть сохранена и подлежит дальнейшей эксплуатации.

Методика решения задач по реконструкции была разработана авторами настоящей работы и предусматривает предварительное выяснение конкретных причин, по которым данный объект не может нормально функционировать, и требует усиления [4].

В общем случае решение задачи включает:

- на основании технологических расчетов выявление элементов, для которых требуемые условия работы не соответствуют производственным возможностям;
- анализ конкретных причин, вследствие которых эти элементы не будут способны выполнять свои функции;
- разработка инженерных мероприятий по устранению указанных причин;
- прогноз влияния результатов проведения мероприятий на другие элементы объекта или системы. Влияние не должно нарушать их нормального функционирования.

Достоинство реконструкции заключается в том, что при ее проведении уменьшается объем работ сравнительно с новым строительством. Решение реконструкции принимается с учетом существующей и частично неблагоприятной ситуации: стесненностью производственных площадей, существующим расположением объектов, их габаритов и технического состояния, недопустимостью нарушения производственных процессов и другими.

Выбор метода усиления должен быть обоснован технико-экономическим анализом альтернативных вариантов.

5.2. Требования к качеству строительно-монтажных работ

Качество строительно-монтажных работ существенно влияет на условия последующей эксплуатации объектов, особенно по показателям надежности и экономичности.

Для технического надзора за работами водопроводно-канализационное предприятие (ВКХ) назначает ответственного представителя, в обязанности которого входит проверка качества и монтажа, соответствия выполняемых работ утвержденному проекту и нормативным правилам, участие в приемочных комиссиях.

Заметим, что в процессе строительства и монтажа могут возникнуть такие нарушения, которые кажутся несущественными, но на самом деле значительно ухудшают условия эксплуатации. Представитель ВКХ должен быть достаточно квалифицирован, чтобы обнаружить и исключить такие ошибки.

Представитель имеет право в случае необходимости приостановить недоброкачественно выполняемые работы.

5.2.1. Требования к качеству строительства водопроводных сетей

Основные требования относятся к выполнению проектных решений в отношении применения материалов и диаметров труб, их трассировки, к размещению на сети колодцев и камер переключения, детализировки уз-

лов, а так же к обеспечению водонепроницаемости трубопроводов. Для полимерных труб и труб из других материалов, если заделка стыков производится при помощи резиновых колец, глубина заложения должна превышать глубину промерзания грунтов. Промораживание резиновых уплотнений приводит к уменьшению их эластичности и появлению течей в стыках.

При прокладке металлических труб обращается особое внимание на меры, предотвращающие коррозию: на качество гидроизоляции, а в областях действия блуждающих токов – на устройства катодной защиты.

Для возможности опорожнения ремонтных участков сети, трубы следует прокладывать с уклоном к выпускам, исключая при этом образование контруклонов. Если по местным условиям отвод воды по выпуску в водосточную сеть невозможен, следует установить сборники (сухие колодцы).

Опыт эксплуатации показывает, что значительная часть отказов водопроводной сети вызывается повреждением труб при деформациях основания. Известно, что трубы следует укладывать по выровненному, сухому и непромороженному основанию. Поэтому при производстве работ необходимо максимально сокращать продолжительность простоя открытых траншей, осуществлять их защиту от затопления дождевым стоком или грунтовыми водами, а засыпку проводить по определенным правилам (послойно и с уплотнением). Качество выполнения земляных работ заслуживает особого внимания. Следует тщательно выполнять заделку пазух у колодцев и камер переключения: в этих местах при эксплуатации может происходить попадание поверхностного стока в основания, а при глубоком промерзании не исключено явление пучения, происходящее к подъему колодца и повреждению трубопровода.

Многие отказы связаны с неисправностью или с повреждениями арматуры в колодцах и камерах переключения. В связи с этим, важно обращать внимание на качество монтажа и обязательно проверять исправность арматуры до ее установки, а при необходимости – отбраковывать неисправную арматуру или исправлять заводские дефекты. Отметим, что наиболее уязвимыми оказываются быстро корродирующие болтовые соединения. Это обстоятельство дополнительно указывает на важность защиты колодцев от затопления и предъявляет жесткие требования к гидроизоляции колодцев и к предотвращению поступления грунтовых вод через зазоры в местах прохода труб через стенки. При строительстве обязательно сохраняется проектная ремонтпригодность колодцев (габариты, конструкция).

5.2.2. Требования к качеству строительства канализационных сетей

Требуется обеспечить строгое выполнение проектных решений в отношении трассировки сетей, материалов труб и коллекторов, их диаметров или характерных размеров поперечных сечений, геодезических отметок лотков колодцев, уклонов труб. Участки между колодцами должны быть прямолинейными в плане и иметь постоянный уклон.

Большую роль при эксплуатации играет правильность выполнения сопрягающих лотков в колодцах. Лотки набиваются из бетона по лекалам, поверхность железнится. В колодцах, в которых лотки выполнены небрежно или неправильно, либо вовсе отсутствуют, накапливаются и загнивают осадки. Продавливание осадков в трубы приводит к закупорке последних.

При строительстве канализационных колодцев должны быть соблюдены требования безопасной эксплуатации: полки лотков размещаются на уровне верха труб большего диаметра, при диаметрах труб 0,7 м и более выполняются рабочие площадки с одной стороны лотка и полки шириной не менее 0,1 м с другой; на коллекторах диаметрами 1,2 м и более у рабочей площадки устраивается ограждение.

Для надежной эксплуатации канализационных сетей чрезвычайно важно создание устойчивого основания для труб и каналов. Просадка оснований не только может вызвать повреждение труб и их стыков, но и нарушить проектные уклоны, в результате чего будет происходить частое засорение сетей.

Поэтому упомянутые выше меры по сохранению устойчивых оснований путем правильного ведения земляных работ применяются и при строительстве сетей канализации.

На экономичность и экологичность эксплуатации канализации существенно влияет водонепроницаемость сети. При ее недостаточности наблюдается инфильтрация грунтовых вод со всеми негативными последствиями этой ситуации (см. выше).

Следует уделять особое внимание качеству заделки стыковых соединений труб, гидроизоляции колодцев, тщательной заделке пазух у колодцев, размещению люков колодцев на отметках, исключающих попадание поверхностного стока в сеть раздельной канализации.

Как известно, железобетонные конструкции коллекторов и колодцев подвержены газовой коррозии, первопричиной которой является выделяющийся при трассировке городских сточных вод сероводород.

По литературным данным полезный срок службы железобетонных коллекторов вследствие газовой коррозии составляет менее 50 % от назначенного ресурса.

При строительстве коллекторов следует применять сульфатостойкие пуццолановые цементы высоких марок, а при реконструкции защищать

поверхности стен, сводов, стенок вентиляционных шахт облицовкой из синтетических материалов.

5.2.3. Требования к качеству строительства водозаборов

Водозаборы из поверхностных источников

При строительстве необходимо обеспечить для последующей эксплуатации благоприятные условия забора воды, свести к минимуму провоцирование русловых процессов (размыв дна, накопление данных отложений вблизи водоприемника). Водоприемники необходимо размещать в пределах русла строго по проекту. Предназначенные для защиты водоприемной части самотечных линий от механических повреждений оголовки (железобетонные или ряжевые) имеют в плане обтекаемую форму, что снижает вихреобразование в речном потоке и вероятность размыва русла. Неправильная конфигурация оголовков или их размещение под углом к направлению движения воды приводят к не надежной эксплуатации и, часто, к авариям.

Устройство решеток на входных отверстиях влияет на равномерность втекания воды и на частоту засорения. Крайне нежелательно располагать стержни решеток горизонтально или применять вертикальные стержни круглого сечения [16].

Качество воды, поступающей в водозабор, зависит от ориентации входных отверстий относительно направления движения потока. Нежелателен лобовой прием воды; чаще всего применим низовой или боковой прием.

Следует строго соблюдать проектное расположение отверстий по высоте, – значения высоты порога и глубины забрала относительно низкого уровня воды в источнике.

Водоприемники закрепляются на заранее подготовленные основания. После монтажа пазухи котлованов замываются песком, а дно укрепляется каменной наброской или железобетонными плитами.

Самотечные линии прокладываются в траншеях; профили самотечных линий не допустимы контруклоны во избежание закупорки осадками или образования газовых пробок.

На участках береговой полосы, расположенных выше уровня ледостава, самотечные линии прокладываются на глубине, достаточной для того, чтобы исключить пучение основания, а в пределах русла при минимальном уровне воды – с заглублением не менее 0,5 м до верха труб и с укреплением поверхности дна по трассе каменной наброской. Ремонтопригодность самотечных линий низкая и на качество из монтажа и прокладки следует обращать особое внимание.

Заглубление водоприемного берегового колодца должно строго отвечать проекту, это требование относится к соблюдению отметок нижних кромок окон, в которых устанавливаются сетки.

При строительстве берегового колодца опускным способом контролируется качество применяемых строительных материалов. Бетонирование нужно вести непрерывно с использованием бетона постоянного качества.

Обращается внимание и на доброкачественность выполнения перегородок, разделяющих колодец на секции. Необходимо исключить риск затопления секции во время ее чистки из-за разрушений перегородки.

Механизмы (вращающиеся сетки, устройства для подъема или установки плоских сеток, грузоподъемное оборудование) и арматура тщательно осматриваются и проверяются до монтажа.

Водозаборы со скважинами из подземных источников

Как известно, конструкция водозаборных скважин, включая и выбор фильтра, уточняется во время бурения. Представитель ВКХ должен обращать внимание на качество бурения (вертикальность проходки), на устройство сальников, на герметизацию оголовков. Уточняются типоразмеры насосно-силового оборудования, проверяется правильность монтажа наземных коммуникаций, установки КИИ.

Сборные трубопроводы прокладываются на глубине, исключающей пучение, а участки присоединений скважин к сборному трубопроводу желательно прокладывать ниже глубины промерзания, т. к. отдельные скважины могут находиться в резерве и бездействовать длительное время.

Для отведения воды при продувке скважин следует выполнять лотки или прокладывать водосточные трубы: сброс воды производится на рельеф не ближе 50 м от скважин.

Зоны строгого режима у водозаборов

Головные сооружения (водозаборы и насосные станции первого подъема) размещаются в пределах первого пояса (зоны строгого режима) зон санитарной охраны. Как известно, эта территория благоустраивается и ограждается.

Все работы по благоустройству (вертикальная планировка, организованное отведение поверхностного стока, озеленение, прокладка дорог) должны быть выполнены полностью. Зона строгого режима ограждается сплошным забором, а в пределах акватории поверхностного водного источника устанавливаются бакены, создается охранное освещение, двухсторонняя электровзвонковая сигнализация, средства связи, размещается караульное помещение или пункт управления охраной объекта.

5.2.4. Требования к качеству строительства и монтажа насосных станций

Предъявляемые к качеству строительства и монтажа требования призваны обеспечить надежную, безопасную и экологичную эксплуатацию.

Нивелировкой проверяется правильность высотного расположения насосов, особенно тех из них, которые работают не под заливом.

Насосные агрегаты, грузоподъемное оборудование и арматура осматриваются перед монтажом, производится испытание насосов, в необходимых случаях выполняются ремонты или отбраковка.

Всасывающие линии насосов, особенно установленных не под заливом, прокладываются с подъемом не менее 0,005 в сторону движения воды, а переходы на другой диаметр применяются косыми; эти условия необходимы для исключения воздушного засорения труб. Естественно, что контруклоны на всасывающих линиях недопустимы. Во избежание подсоса воздуха забор воды всасывающими линиями производится с глубины не менее 0,5–1,0 м.

Для повышения герметичности всасывающие линии монтируют на сварке с минимальным количеством разборных фланцевых соединений.

Трубы закрепляются так, чтобы исключить передачу усилий на насосы и арматуру. Важно тщательно проверить герметичность сальников в местах прохода труб через стены заглубленных помещений.

Фундаменты под оборудование следует выполнять из бетона марок не ниже проектных, фундаменты проверяются на отсутствие в них трещин, раковин и пустот.

При монтаже оборудования и трубопроводов строго соблюдаются проектные требования ремонтпригодности: удобный подход к арматуре и возможность ее осмотра, монтажа и демонтажа, устройство площадок и лестниц, если трубопроводы проходят на высоте, проемов в перекрытиях для пропуска расположенных ниже арматуры или оборудования.

Аналогичные требования, включающие и проверку возможности транспортировки на ремонтные площадки, предъявляются при размещении насосных агрегатов. В тех случаях, когда габариты оборудования не позволяют удалять его через дверные или оконные проемы необходим монтажный проем в наружной стене машинного зала.

Потери напора в пределах насосной станции ограничены, что существенно влияет на экономичность эксплуатации. Для этого нормируются скорости воды (не выше 1,5 м/с). Не меньшую роль играют и гидравлические сопротивления трубопроводов. На качество монтажа, соблюдение достаточно больших радиусов поворотов сварных труб, плавных переходов при изменении диаметров, на аккуратность выполнения фланцевых соединений и сварных стыков следует обращать особое внимание.

Особенно тщательно, с выполнением всех требований заводских инструкций, производится установка расходомеров на напорных водоводах.

Межотраслевым правилам по охране труда при эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства (2002 г) должны обязательно отвечать устройства таких элементов здания, как переходы, ограждения, площадки обслуживания, лестницы, проходы у насосных агрегатов. Системы, обеспечивающие безопасность персонала, проверяются по эффективности действия (системы сигнализации, освещения, вентиляции и другие).

5.2.5. Требования к качеству строительства очистных сооружений водопровода и канализации

Как известно, в городских очистных сооружениях водопровода и канализации предусматривается самотечная схема движения обрабатываемой воды. Поэтому одно из главных требований к качеству строительства заключается в точном соблюдении высотной схемы, т. е. полном соответствии натурных отметок отдельных сооружений или конструкций рабочим чертежам проекта. При неправильном выполнении высотной схемы меняется производительность или вообще становится невозможным работа очистного сооружения.

Сооружения, работающие по принципу отстойников (песколовки, водопроводные и канализационные отстойники) чрезвычайно чувствительны к изменениям гидравлических условий, снижающих коэффициенты объемного использования. Изменения возникают под влиянием всякого рода причин, вызывающих деформации водного потока и вихреобразование. Вихри появляются в местах изменения площади живого сечения, направления движения потока, при обтекании перегородок, выступов, неровностей. Поэтому важно следить за качеством облицовки внутренних поверхностей сооружений, за приданием за счет штукатурки обтекаемых форм конструктивным выступам, за отсутствием неровностей, вызванных небрежным строительством (выступающие из стен концы арматуры срезаются заподлицо с поверхностью).

Строго по проекту выполняются водосборные или водораспределительные устройства; лотки и перфорированные трубы. Нарушение горизонтальности водосливных кромок допускается только в пределах ± 1 мм, размеры отверстий и расстояния между ними в перфорированных трубах должны быть проектными.

При строительстве осветлительных фильтров наиболее ответственными элементами, требующими самого внимательного выполнения, являются дренажи, водосборные лотки, обвязка фильтров трубопроводами. При строительстве аэротенков и аэробных стабилизаторов особое внимание уделяется монтажу воздухораспределительных систем.

Большое влияние на эксплуатацию оказывает качество работ по устройству трубопроводов и каналов. Это касается соблюдения проектных значений диаметров труб, размеров сечений каналов, уклонов, правильности монтажа запорной и регулирующей арматуры (задвижек, шиберов). Внутренние поверхности лотков и каналов необходимо выполнять гладкими. Это особенно относится к участкам, где размещены водомерные створы (лотки Паршаля или Вентури), водосливы. Повышенные требования к аккуратности монтажа предъявляются и для тех участков напорных труб, на которых установлены расходомеры.

На большинстве станций емкостные сооружения (отстойники, фильтры, аэротенки, осветлители со взвешенным осадком и другие) монтируются из сборного железобетона. Долговечность таких конструкций зависит от качества применяемых бетонов, а наиболее ненадежными элементами являются стыки стеновых панелей, заделка которых требует особого внимания.

Водонепроницаемость емкостных сооружений обеспечивается торкретированием с последующей затиркой внутренних поверхностей и наружной гидроизоляцией для заглубленных сооружений. Наиболее уязвимыми точками, в которых часто возникают утечки, являются места прохода труб через стены и установки сальниковых уплотнений. Такие работы нужно выполнять с большой тщательностью, т. к. утечки из сооружений сокращают их долговечность и являются трудноустранимой проблемой при эксплуатации.

Требования к размещению технологических трубопроводов и оборудования, элементов, влияющих на безопасность труда и ремонтпригодность аналогичны рассмотренным выше (для насосных станций).

5.3. Пуско-наладочные работы на объектах водоснабжения и канализации

Вводимые в эксплуатацию новые или реконструированные объекты водопровода и канализации должны быть приспособлены к сложившимся условиям работы, без чего невозможно достижение высокого качества эксплуатации.

Адаптация (приспособленность) достигается проведением пуско-наладочных работ, выполняемых персоналом ВКХ или специализированными пуско-наладочными организациями. В первую очередь в наладке нуждаются такие сложные объекты, как водопроводные станции и очистные сооружения канализации.

В результате проведения наладочных работ обосновывается оптимальный эксплуатационный режим объекта в течение года, составляются рабочие карты для всех сооружений, входящих в состав налаживаемого комплекса, создается система производственного технического

контроля, аттестуются рабочие места и разрабатываются производственные инструкции, уточняется метрологическое обеспечение производства, обучается персонал.

Пуско-наладочные работы проводятся после завершения строительно-монтажных работ, принятых комиссией во временную эксплуатацию.

Пуско-наладочные работы включают два этапа: подготовительный и основной.

На подготовительном этапе производится ознакомление с проектной и исполнительной документацией, выявление недоработок проекта и проверочные расчеты основных сооружений объекта, проверка размеров и отметок сооружений в натуре и их соответствие проектным, выявление дефектов в строительстве, отступлений и недоделок, разработка предложений по устранению обнаруженных недостатков и согласование сроков их устранения. Проверяется техническая готовность сооружений к пуску и наладке (обеспеченность электроэнергией, системами связи, реагентами, средствами техники безопасности, измерительными приборами, освобождение сооружений и коммуникаций от посторонних предметов и мусора; разрабатываются графики лабораторно-производственного контроля и его объемы, определяется необходимая оснащенность лабораторий, оказывается техническая помощь в размещении приборов и лабораторного оборудования, разрабатываются мероприятия по подготовке комплекса сооружений к пусковым работам, план-графика проведения второго этапа наладки).

На первом этапе проводится испытывается и опробывается смонтированное оборудование. Испытания проводятся строительными и монтажными организациями в присутствии наладчиков. Индивидуальному испытанию подвергаются фундаменты оборудования на прочность, емкости на прочность и водонепроницаемость, насосы, воздухоудувки, аэраторы и другое оборудование испытываются вхолостую и под нагрузкой.

Если наладка производится после реконструкции, то на первом этапе оценивается техническое состояние объекта, изучаются данные о его предшествующей эксплуатации и, в частности, сведения о надежности, знакомятся с существующей организацией и режимами эксплуатации объекта.

В программу работ второго этапа входит:

- проверка выполнения дополнительных мероприятий, необходимость которых была определена на первом этапе;
- окончательное уточнение плана проведения наладки и согласование его с заказчиком;
- уточнение конкретных условий работы объекта. Для водопроводных станций и очистных сооружений канализации определяются фактические суточные и часовые графики расходов воды и притока сточных вод, выясняется качество очищаемой воды и его изменение в те-

чение года, режим вывоза в места утилизации или ликвидации (либо захоронения) образующихся осадков;

- выполняется тарировка КИП, оборудование мест отбора проб воды для анализа;

- производится подготовка лабораторий и их штатов к работе;

- производится пуск и технологическая наладка отдельных сооружений, технологических линий и всего комплекса в целом с установлением оптимальных технологических и гидравлических режимов работы. При наладке отрабатываются все технологические операции, связанные с работой сооружений, выявляются и устраняются факторы, отрицательно влияющие на качество эксплуатации, уточняются правила обслуживания установок, оцениваются возможности использования отдельных сооружений при перегрузке [12].

Наладка ведется силами персонала, который будет обслуживать те или другие сооружения или установки, в присутствии и под наблюдением наладчиков.

Вопросы для самопроверки к главе 5

1. По каким соображениям выбирается способ усиления объектов водопровода и канализации?

2. Какие основные требования предъявляются к качеству строительства водопроводных сетей?

3. Какие основные требования предъявляются к качествам строительству строительства канализационных сетей?

4. Какие основные требования предъявляются к качеству строительства водозаборов?

5. Какие основные требования предъявляются к качеству строительства и монтажа насосных станций?

6. Какие основные требования предъявляются к качеству строительства и монтажа очистных сооружений водопровода и канализации?

7. Цели и содержание пуско-наладочных работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Функции коммунальных систем водопровода и канализации, заключающиеся в бесперебойном снабжении потребителей питьевой водой и отведении сточных вод в водный объект после необходимой очистки, могут быть полностью выполнены при соблюдении ряда условий. К ним относятся: исходные требования, предъявляемые к системам, оперативное выявление и устранение факторов, отрицательно влияющих на производственные операции, мониторинг технического состояния производственных объектов и поддержание их работоспособности, своевременное усиление систем и их элементов, реновация объектов, выработавших производственный ресурс. Эксплуатация должна быть эффективной в экономическом отношении, отвечать нормам экологической безопасности, правилам охраны труда.

Значения параметров, определяющие выполнение системами своих функций (расходы воды, степень ее очистки и т. д.), следует обосновать действительно существующей необходимостью; важно использовать все пути для оптимизации этих значений. Добавим, что значения достижимы, если соответствуют производственным возможностям систем.

Техническая эксплуатация, т. е. комплекс мероприятий, направленных на синхронную работу объектов, составляющих водопроводно-канализационные системы, производится при постоянном оперативном и техническом контроле. Его результаты документируются, изучаются и анализируются, что позволяет объективно оценить качество эксплуатации. Такая оценка, к получению которой необходимо привлечь профессиональный и творческий потенциал инженерно-технических работников предприятия ВКХ, адресно выявляет «узкие места» систем и дефекты производственного процесса. При подобном выяснении причин и обстоятельств для каждого случая обнаруженных нарушений могут быть приняты и разработаны меры по их исправлению.

Составляющей процесса эксплуатации является техническое обслуживание объектов, замедляющее износ и восстанавливающее безотказность. Техническое обслуживание включает профилактические осмотры и работы, профилактические и внеочередные ремонты.

Устойчивая эксплуатация невозможна без своевременного обновления (реновации) элементов систем, выработавших свой ресурс. В ряде случаев усиление осуществляется путем реконструкции, либо нового строительства.

При усилении систем стремятся к их усовершенствованию и повышению конструктивности за счет дополнительного резервирования наиболее ответственных узлов и элементов, применения современного оборудования и материалов, внедрения автоматизации, усовершенствования технологий очистки и т. д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов, Н. Н. Надежность систем водоснабжения. – 2-е. изд. – М. : Стройиздат, 1984. – 221 с.
2. Бухин, В. Б. О причине применения полимерных материалов в напорных сетях // Трубопроводы и экология, № 4. – 2003. – 2–3 с.
3. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.02-84 / Госстрой СССР. – М. : Изд. официальное, 1984.
4. Воловник, Г. И. Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения населенных мест. Учебное пособие/Г. И. Воловник, Л. Д. Терехов. – Хабаровск: изд. ДВГУПС, 2003, 112 с.
5. Воловник, Г. И. Снижение потерь воды в жилищном фонде / Г. И. Воловник, А. Д. Лернер // Жил.-ком. хозяйство, № 11. – 1988. – 26–28 с.
6. Воловник, Г. И. Методика технологических расчетов сооружений для очистки городских сточных вод : учеб. пособие / Г. И. Воловник, М. И. Коробко. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2004.
7. Воловник, Г. И. Вопросы надежности систем водоснабжения и водоотведения / Г. И. Воловник, К. М. Ромм. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 1998. – 42 с.
8. ГОСТ 27002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 37 с.
9. ГОСТ Р 51617-2000. Государственный стандарт РФ. Жилищно-коммунальные услуги. Общие технические условия. Госстандарт России. – М. : Изд. официальное, 2000.
10. Гуринович, А. Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников : проблемы и решения. – Минск : УИ «Технопринт», 2001. – 304 с.
11. Долгоносов, Б. М. Информационно-моделирующая система Aqua CAD – инструмент по управлению технологическими режимами на водопроводной станции / Б. М. Долгоносов, Д. В. Дятлов, Н. О. Сураева и др. // Водоснабжение и сан. техника, № 6, 2003. – 216 с.
12. Инструкция по проведению наладочных работ на очистных сооружениях городской канализации / МЖКХ РСФСР. – М. : Изд-во МЖКХ, 1976.
13. Кноблаух, Г. И. Водопроводная арматура // Водоснабжение и сан. техника, № 1–4, 1993.
14. Кожин, И. В. Устранение потерь воды при эксплуатации систем водоснабжения / И. В. Кожин, Р. Г. Добровольский. – М. : Стройиздат, 1988. – 343 с.
15. Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых сбросов вредных веществ в поверхностные водные объекты // Министерство природных ресурсов РФ. – М., 1998. – 17 с.

16. Образовский, А. С. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников / А. С. Образовский, Н. В. Ереснов, А. М. Казанский. – М. : Стройиздат, 1976. – 368 с.
17. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества, СанПиН 2.1.4.1074-01 / Госкомэпиднадзор РФ. – М. : Изд. официальное, 2001.
18. Методические рекомендации по расчету количества и качества принимаемых сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов. МДК 3-01.2001. Утверждены приказом Госстроя России от 06.04.2001 г. – № 75. – 30 с.
19. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства / НИИ КВОВ АКХ. – М. : ЦБНТИ Минсбыта РСФСР, 1990. – 67 с.
20. Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов / НИИ КВОВ. – М. : Отд. НТИ АКХ, 1989. 102 с.
21. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации / Госстрой РФ. – М. : Изд. официальное, 2000. – 123 с.
22. Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в Российской Федерации / Утверждены постановлением Правительства РФ от 12 февраля 1999 г., № 167.
23. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования. СП 40-102-2000 / Госстрой России. Свод правил по проектированию и строительству.
24. СП 271.5.761-99. Предельнодопустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого водопользования / Минздрав РФ. – М. : Изд. официальное, 1999.
25. Эксплуатация систем водоснабжения, водоотведения и газоснабжения : справ. / под ред. В. Д. Дмитриева, Б. Г. Мишукова. – 3-е изд. – Л. : Стройиздат. Ленингр. отд-е, 1988. – 388 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К КОММУНАЛЬНЫМ СИСТЕМАМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ.....	4
1.1. Функции систем и условия выполнения функций.....	4
1.2. Требования к водопотреблению и водоотведению.....	5
1.2.1. Водопотребление населенных мест	5
1.2.2. Водопотребление в жилищном фонде	5
1.2.3. Водопотребление объектов общественного сектора	11
1.2.4. Водопотребление промышленных предприятий	11
1.2.5. Затраты воды на собственные нужды ВКХ	11
1.2.6. Затраты воды на поливку территорий и зеленых насаждений.....	12
1.2.7. Затраты воды на пожаротушение	12
1.2.8. Неучтенные расходы воды.....	12
1.2.9. Баланс водопотребления и его анализ	13
1.2.10. Водоотведение населенного места	15
1.3. Условия выполнения функции очистки воды.....	16
1.3.1. Повышение барьерности водопроводных станций. Общие положения	16
1.3.2. Нормы качества питьевой воды.....	17
1.3.3. Повышение задерживающей способности очистных сооружений канализации	18
1.3.4. Расчет предельно допустимого сброса (ПДС) в водный объект	19
1.3.5. Условия выпуска производственных сточных вод в городскую канализационную сеть	21
1.3.6. Анализ условий функционирования водопроводно-канализационных систем	23
2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОММУНАЛЬНЫХ ВОДОПРОВОДА И КАНАЛИЗАЦИИ	24
2.1. Общие положения	24
2.2. Функция и структура предприятия водопроводно-канализационного хозяйства	24
2.3. Штаты ВКХ и обязанности персонала.....	26
2.4. Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации.....	27
2.5. Оперативное управление системами водоснабжения и канализации	28
2.6. Контроль за эксплуатацией и эксплуатационная документация ..	29

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОЦЕНКА ЕЁ КАЧЕСТВА.....	31
3.1. Критерии оценки качества технической эксплуатации.....	32
3.2. Надёжность эксплуатационного процесса.....	32
3.2.1. Вероятность безотказной работы (безотказность)	32
3.2.2. Ремонтопригодность.....	41
3.2.3. Долговечность.....	43
3.2.4. Сохранение надёжности систем и объектов при эксплуатации	45
3.3. Экологичность процесса эксплуатации.....	45
3.4. Экономичность как показатель качества эксплуатации.....	49
3.5. Оценка качества эксплуатации по условиям безопасной жизнедеятельности.....	51
3.6. Использование оценки качества эксплуатации при планировании работ по совершенствованию технической эксплуатации	52
4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ.....	53
4.1. Общие положения	53
4.2. Система планово – предупредительного ремонта (ПТР)	55
4.3. Классификация ремонтных работ	57
4.4. Планирование и организация ремонтных работ	59
4.5. Расчет графика ремонтного цикла с использованием теории надёжности	63
4.5.1. Продолжительность межремонтных периодов	63
4.5.2. Продолжительность текущего ремонта.....	65
4.5.3. Продолжительность капитальных ремонтов.....	65
5. УСИЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ, ИХ ПОДГОТОВКА К ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	67
5.1. Пути усиления водопроводно-канализационных систем	67
5.2. Требования к качеству строительно-монтажных работ	69
5.2.1. Требования к качеству строительства водопроводных сетей ...	69
5.2.2. Требования к качеству строительства канализационных сетей	71
5.2.3. Требования к качеству строительства водозаборов	72
5.2.4. Требования к качеству строительства и монтажа насосных станций	74
5.2.5. Требования к качеству строительства очистных сооружений водопровода и канализации	75
5.3. Пуско-наладочные работы на объектах водоснабжения и канализации	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	80

Учебное издание

Воловник Георгий Исаевич
Терехов Лев Дмитриевич
Коробко Михаил Иннокентьевич

**ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ КОММУНАЛЬНЫХ СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Учебное пособие

Технический редактор *О.В. Сенчихина*

Отпечатано методом прямого репродуцирования

План 2005 г. Поз. 6.27. ИД № 05247 от 2.07.2001 г.
Сдано в набор 11.03.2005 г. Подписано в печать 08.04.2005 г.
Формат 60×84¹/₁₆. Бумага тип. № 2. Гарнитура «Arial». Печать RISO.
Усл. печ. л. 4,9. Зак. 61. Тираж 120 экз. Цена 85 р.

Издательство ДВГУПС
680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47.