



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



Кафедра «Гидравлика и водоснабжение»

Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов, Е.В. Сошников, В.И. Стеблевский

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОММУНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Рекомендовано
Методическим советом ДВГУПС
в качестве учебного пособия

В двух частях

Часть 1

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2008

УДК 628(075.8)
ББК Н761я73
Т 382

*Учебное пособие разработано в рамках
инновационно-образовательной программы «Инновационный научно-
образовательный комплекс на Дальнем Востоке России».*

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент, директор Дальневосточного
предприятия «Росводоканал», почетный строитель РФ
А.Д. Лerner

Кафедра «Гидравлика, водоснабжение и водоотведение»
Тихоокеанского государственного университета
(заведующий кафедрой доктор технических наук,
профессор *М.Н. Шевцов*)

Авторы:

Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов, Е.В. Сошников, В.И. Стеблевский

Т 382 Техническая эксплуатация коммунальных систем водоснабжения
и водоотведения : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1. / Г.И. Воловник [и др.]. –
Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2008. – 194 с.

Учебное пособие соответствует ГОС ВПО направления подготовки дипломированных специалистов 270100 «Строительство» специальности 270112 «Водоснабжение и водоотведение» по дисциплине «Техническая эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения».

Содержит сведения по технической эксплуатации основных сооружений и элементов систем водоснабжения и водоотведения. Отражены последние отечественные и зарубежные достижения в области эксплуатации водозаборных сооружений, контроля и профилактики работы насосных станций, назначения оптимальных режимов работы насосов с применением частотного регулирования, оценки пропускной способности трубопроводов с назначением современных методов санации водопровода и т. п.

Предназначено для студентов старших курсов, может представлять интерес для бакалавров, магистров и других инженерно-технических работников, занимающихся вопросами эксплуатации систем коммунального водоснабжения и водоотведения.

УДК 628(075.8)
ББК Н761я73

© ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения» (ДВГУПС), 2008

ВВЕДЕНИЕ

Техническая эксплуатация – раздел общего курса эксплуатации коммунального водоснабжения и водоотведения.

Задача технической эксплуатации состоит в том, чтобы обеспечить полное выполнение функций водопроводными и водоотводящими системами при соблюдении требуемых условий надежности, экологичности экономичности и безопасной жизнедеятельности обслуживающего персонала.

В соответствии с Правилами [37] техническая эксплуатация включает комплекс работ, направленных на осуществление производственных процессов и на сохранение работоспособности оборудования и устройств (объектов). Выполнение указанных работ контролируется и результаты контроля служат основой для планирования и осуществления мер по улучшению качества эксплуатации.

При проведении эксплуатационных работ используются средства автоматики, вычислительной техники, теле- и робототехники.

Инженер-эксплуатационник должен знать: принципы действия, конструкции, условия содержания объектов, их технологические взаимосвязи с другими объектами системы. Он должен уметь правильно оценивать качество работы объектов, условия их функционирования, прогнозировать отказы, выяснить возможные причины возникновения и принимать меры по предупреждению отказов, организовывать профилактические и ремонтные работы, анализировать опыт эксплуатации, разрабатывать и осуществлять мероприятия по ее улучшению.

Роль инженера-эксплуатационника как организатора и куратора производственного процесса трудно переоценить. Он должен знать не только, как следует выполнить ту или другую производственную операцию, но понимать почему и когда ее следует осуществить.

Курс технической эксплуатации основывается на таких дисциплинах, как водоснабжение, водоотведение, производство строительно-монтажных работ, гидравлика, теоретические основы очистки воды.

1. СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЕЕ ОБЩИЕ ЗАДАЧИ

1.1. Содержание работ по технической эксплуатации

Техническая эксплуатация включает производственное и техническое обслуживание объектов, входящих в системы водоснабжения и водоотведения, сооружений, установок, оборудования.

Производственное обслуживание заключается в поддержании заданного режима работ объектов и выполнении ряда вспомогательных операций.

Соответствие фактического режима функционирования объектов заданному проверяется измерением характерных параметров (расходов, давлений, уровней воды и других), т. е. путем проведения оперативного контроля.

Техническое обслуживание имеет целью поддерживать постоянную работоспособность объектов в условиях их неизбежного износа.

Работоспособностью называется состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют нормативно-технической и проектной документации [2].

Техническое обслуживание состоит из диагностики технического состояния и ремонтов.

Система технического обслуживания предприятия ВКХ (водопроводно-канализационного хозяйства) централизуется и осуществляется под общим руководством главного инженера.

Планирование работ по техническому обслуживанию проводится с учетом сложившихся реальных условий, а для осредненных – согласно [67].

1.2. Функции систем и объектов водоснабжения и водоотведения. Отказы

Функции коммунальных водопроводов заключаются в бесперебойной подаче абонентам питьевой воды; функции систем водоотведения – в бесперебойном отведении сточных вод, образующихся у абонентов, в водный объект.

Объекты, входящие в состав систем, имеют более узкие, но взаимно дополняющие функции.

Функции характеризуются набором соответствующих параметров: расходов, напоров, показателей качества воды.

Функции считаются выполненными, если фактические значения параметров отвечают заданным и не выполненными, если этого не происходит. В определенной степени отклонение значений параметров по сравнению с

требуемыми признается допустимым, хотя и рассматривается как брак в работе. Интервалы, в которых могут меняться значения параметров, обосновываются расчетами, а для системы водоснабжения указываются в нормативах [1, п. 4.4].

Если отклонение значений параметров превысит допустимый предел, происходит отказ объекта.

Отказы классифицируются по характеру проявления, по способу обнаружения, по тому с чем связан отказ: с неисправностью данного объекта или с отказом другого, технологически связанного с первым.

По характеру проявления отказы могут быть внезапными или постепенными.

В первом случае происходит резкое и скачкообразное изменение параметров, во втором – параметры меняют значения постепенно, под влиянием постоянно действующих негативных факторов, и могут прогнозироваться.

Различают явные и скрытые отказы (явные обнаруживаются при осмотре объекта, скрытые выявляются специальными обследованиями).

Причины, вызывающие отказы, разнообразны и могут быть отнесены к ошибкам эксплуатации, к низкому качеству строительно-монтажных работ, к дефектам проектной документации.

Выяснение действительных причин конкретных отказов важно для их устранения.

Безотказность объекта характеризуется показателем интенсивности λ , т. е. количеством отказов за единицу времени (час, год).

На рис. 1.1 приводится график зависимости интенсивности отказов от продолжительности эксплуатации объекта в интервале между двумя ремонтами.

На графике видны три периода, с разным характером изменения интенсивности. На участке 1–2 отсутствует закономерность в изменениях λ . Происходит «приработка» объекта и реализация в виде отказов скрытых дефектов, не выявленных к началу эксплуатации. На участке 2–3 интенсивность отказов почти не меняется, причины отдельных отказов различны и каждый отказ возникает случайно. Для этого участка интенсивность отказов определяется по фактическим результатам эксплуатации:

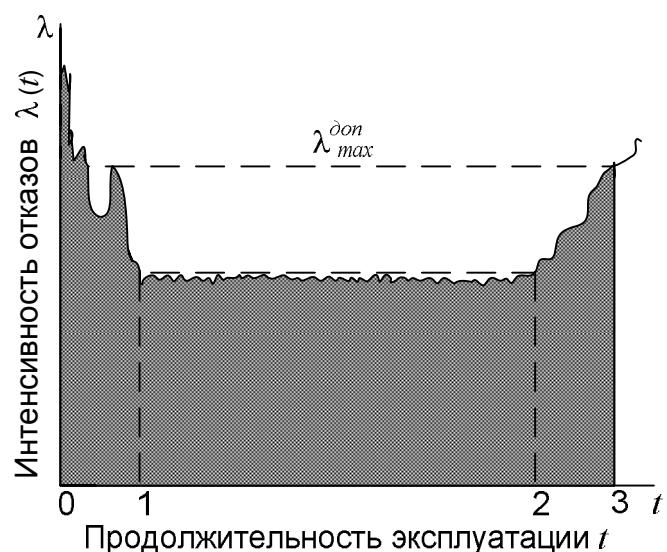


Рис. 1.1. Изменение интенсивности отказов по продолжительности эксплуатации

$$\lambda = \frac{N_h - N_k}{0.5(N_h + N_k)t}, \quad (1.1)$$

где N_h – количество исправных объектов в начале периода t ; N_k – то же (без учета восстановления) в конце периода t ; t – продолжительность периода, в течение которого производится учет отказов (участок «2 – 3»).

Помимо отказов, вызываемых случайными и непрогнозируемыми обстоятельствами, со временем возникают отказы, связанные с износом объекта. Планово-предупредительные ремонты позволяют ограничивать интенсивность износа. Радикальное восстановление объекта достигается при его капитальном ремонте. Необходимость в капитальном ремонте появляется к концу периода, обозначенного на участком 2–3 (рис. 1.1), так как в дальнейшем происходит рост интенсивности отказов.

После каждого капитального ремонта период эксплуатации с постоянной интенсивностью отказов сокращается, а сложность и объем ремонта возрастают. По техническим соображениям считают, что объект выработал свой ресурс, достиг предельного состояния и подлежит замене.

Интенсивность износа зависит от исходных (стартовых) характеристик объекта: конструкции; использованных материалов; качества монтажа и т. д.; *природных условий*: грунтовых, гидрологических, климатических и др.; *условий эксплуатации*: своевременность проведения ремонтных работ; качества профилактического обслуживания; соответствия режима эксплуатации производственным характеристикам объекта.

1.3. Оценка качества эксплуатационного процесса

Под качеством эксплуатации в настоящей работе понимается степень выполнения или невыполнения определенных условий, которым должен отвечать эксплуатационный процесс.

Качество оценивается критериями, обладающими достаточной всесторонностью и объективностью. Они должны быть представительными, а численные значения определяющих критерии параметров – подсчитываться при анализе опыта эксплуатации за отчетный (обычно годовой) период. Сравнение фактических значений параметров с заранее принятыми (образцовыми или эталонными) позволяет констатировать удовлетворены ли условия эксплуатации, т. е. оценить ее качество [57].

Оценка качества является тем методическим приемом, который может целенаправленно искать, разрабатывать и адресно проводить мероприятия по оптимизации процесса эксплуатации.

Для оценки качества эксплуатации предлагаем четыре критерия: надежность, экологичность, экономичность и безопасность жизнеобеспечения производственного персонала.

Надежность позволяет оценить процесс с позиции выполнения системами и их объектами своих обязательных функций: экологичность оценивает способность ограничить негативное влияние объектов водоснабжения и водоотведения на экосистему; экономичность характеризует затратность процесса; безопасность жизнедеятельности персонала оценивает процесс с точки зрения соблюдения условий охраны труда и производственной санитарии [57].

Рассмотрим подробнее предложенные критерии качества эксплуатации.

Надежность

Согласно ГОСТ 27002-89 под надежностью понимается комплексное свойство объектов сохранять во времени и в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять определенные функции в требуемых и заданных режимах и условиях применения технического обслуживания и транспортирования [2].

Надежность включает ряд показателей, из которых для определения качества эксплуатации используем: безотказность, ремонтопригодность и долговечность.

При эксплуатации надежностные свойства объекта по разным причинам могут быть нарушены. Такие события носят случайный характер, часто независимы друг от друга и являются вероятностными. Если вероятность события составляет единицу или 100 %, то наступления события неизбежно, если равна нулю – событие невероятно.

Ø Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность на протяжении некоторого времени (наработки) при проектном режиме эксплуатации.

Вероятность безотказной работы объекта за тот или иной промежуток времени t может определяться по фактическим эксплуатационным данным:

$$P_{(t)} = 1 - \frac{N_h - N_k}{N_h}, \quad (1.2)$$

где обозначения те же, что и в формуле (1.1).

Между интенсивностью отказов и вероятностью безотказной работы существует зависимость

$$P_{(t)} = e^{-\lambda t}. \quad (1.3)$$

Эта зависимость выражается показательным (экспоненциальным) законом и представлена на рис. 1.2.

Вероятность безотказной работы, подсчитанная по формуле (1.2), сравнивается с эталонным значением по формуле (1.3). Соответствующее зна-

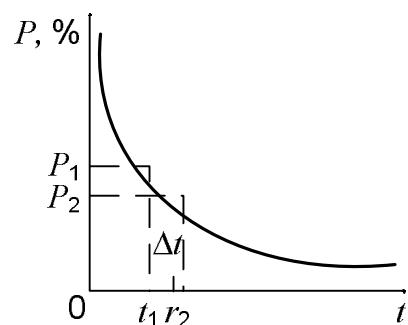


Рис. 1.2. Изменение вероятности безотказной работы продолжительности эксплуатации

чение интенсивности отказов λ принимается по фактическим данным за предыдущий период эксплуатации (1.1) либо по табл. 2.5. справочника [3].

Ø Ремонтопригодностью называется свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

От ремонтопригодности объектов в значительной мере зависит вероятность отказов и продолжительность устранения их последствий.

В результате обработки фактических материалов по выполнению ремонтно-восстановительных работ на данном объекте средняя продолжительность его восстановления составляет

$$t_{cp}^p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (1.4)$$

где n – количество ремонтно-восстановительных работ, выполненных на объекте за период наблюдений; t_i – продолжительность отдельных работ.

Вероятность продолжительности выполнения ремонтно-восстановительной работы

$$F_{(t)}^p = 1 - e^{-\mu t},$$

где μ – интенсивность восстановления, принимается по [3, табл. 2.5]; t – продолжительность ремонтно-восстановительной работы.

После преобразования последней формулы «эталонное» значение продолжительности восстановления, отвечающее $F_{(t)}^p \geq 0,5$ составит

$$t = \frac{1}{\mu} \ln \frac{1}{1 - F_{(t)}^p} \geq \frac{0,7}{\mu}. \quad (1.5)$$

При сопоставлении этого значения с фактическим (1.4) констатируем качество эксплуатации объекта по признаку ремонтопригодности.

Ø Долговечностью называется свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния, при установленной системе технического обслуживания и капитальных ремонтов.

Наступление предельного состояния ожидается после работы объекта в течение назначенного ресурса $t_{n.p.}$. Назначенный ресурс принимается в зависимости от значения объекта в системе и от условий его замены [1].

Основные фонды водопровода и канализации относят ко второму классу ответственности ($t_{n.p.} \geq 50$ лет), сети и сетевое окружение – к третьему классу ответственности ($t_{n.p.} \geq 20$ лет). Некоторые, особенно дорогостоящие и сложные объекты, например, гидротехнические сооружения (плотины, крибы) проектируют с учетом $t_{n.p.} \geq 100$ лет (первый класс ответственности).

Фактическая продолжительность эксплуатации объекта – средний ресурс t_{cp} . Его значение определяется по зависимости

$$t_{cp} = \frac{1}{n} \sum n_i \cdot t_i, \quad (1.6)$$

где n – общее количество одинаковых объектов; n_i – количество объектов, ресурс которых составил t_i , ч.

Если $t_{cp} < t_{n.p.}$ необходимо выяснить конкретные причины, вызвавшие ускоренный износ (подразд. 1.1).

Если отрицательное влияние этих причин можно устранить путем реконструкции выполнения дополнительных работ или улучшения условий эксплуатации, соответствующие меры следует обосновать и осуществить. Более подробно вопросы надежности водоснабжения и водоотведения рассмотрены в [4].

Ø Техническое обслуживание как метод повышения надежности. Задача диагностики заключается в своевременном определении степени износа, неисправностей и других дефектов объектов, что может явиться причиной нарушений условий эксплуатации. При диагностике систематически проводят планово-профилактические осмотры (ППО), а так же испытания сооружений и исследования их технического состояния. Эти мероприятия выполняются под руководством технических руководителей с участием обслуживающего персонала, а иногда – ремонтного персонала. Результаты диагностики фиксируются в журналах или актируются. В дальнейшем материалы диагностики должны анализироваться и использоваться при усовершенствовании производственных процессов и планировании ремонтных работ.

Ремонты относятся к текущим и капитальным. В настоящей работе мы будем различать ремонты по степени достигаемого восстановления безотказности объектов. При капитальном ремонте безотказность повышается до единицы (100 %), а при текущем – не достигает единицы, причем после очередного текущего ремонта оказывается меньше, чем после предыдущего.

Текущие ремонты являются предупредительными, уменьшающими возможность возникновения внезапного отказа и тормозящими процесс износа.

Обычно при текущих ремонтах проводится ревизия состояния объекта, устраняются мелкие дефекты.

Капитальные ремонты, как правило, предусматривают замену изношенных элементов, или их восстановление.

В [67] различают комплексный и выборочный капитальные ремонты. В первом случае ремонтируется весь объект в целом, во втором – только отдельные элементы.

Выборочный ремонт проводится в случаях, когда комплексный может вызвать перебои в работе системы, а так же при значительном износе отдельных конструкций, угрожающем сохранности всего сооружения, либо по технико-экономическим соображениям.

При выборочном ремонте в первую очередь ремонтируют те элементы, от которых зависят нормальное ведение технологического процесса, безопасность жизнедеятельности персонала, сохранность инженерных конструкций и оборудования.

Графики текущих планово-предупредительных (ППР) и капитальных ремонтов носят ориентировочный характер, т. к. выявляемые в результате контроля за техническим состоянием неисправности могут потребовать проведение внеочередного ремонта.

Планирование ППР, проводимых в интервалах между капитальными ремонтами, производится с учетом того, что вероятность безотказной работы объекта между двумя текущими ремонтами не должна быть ниже некоторого, заранее принятого значения (например, 0,55–0,60). По одному из вариантов планирования к каждому из очередных ППР вероятность безотказной работы понижается до принятого минимума, а продолжительность интервала между ними, подсчитываемая по формуле (1.3), уменьшается. По второму варианту периодичность ППР постоянна, но минимальное значение $P_{(t)}$ достигается только к концу последнего интервала, т. е. перед очередным капитальным ремонтом. Количество ППР по второму методу планирования оказывается больше, чем по первому.

Методика планирования ППР приводится в [3], а пример расчетов в [4].

Экологичность процесса эксплуатации. Процесс эксплуатации водоснабжения и водоотведения включает отдельные экологически грязные операции. Трудно полностью исключить загрязнение воздушной среды при транспортировке сточных вод, хранении и использовании сильнодействующих ядовитых веществ (хлор, аммиак), очистке сточных вод в отстойниках и осадков в перегнивателях, при накоплении осадков на иловых площадках, избежать загрязнения почвы и водных источников при выпуске сточных вод, даже после их очистки до уровня ПДС или при хранении осадков, акустического (шумового) загрязнения при работе двигателей и т. д.

В экологическом паспорте предприятия «Водоканал» уровень неизбежных загрязнений ограничивается расчетом и соответствует проектным возможностям системы. Экологический мониторинг позволяет установить действительный уровень воздействия объектов Водоканала на экосистему и констатировать соблюдение или превышение установленных в паспорте показателей.

Экономичность эксплуатационного процесса. Комплексным показателем, оценивающим экономичность эксплуатации, является себестоимость, т. е. отношение суммы годовых эксплуатационных затрат к годовой фактической производительности системы водоснабжения или водоотведения. Как известно, годовые эксплуатационные затраты включают основные статьи: заработную плату с начислениями, затраты на электрическую и тепловую энергию, на реагенты, амортизационные отчисления, затраты на текущий ремонт и прочие расходы.

В качестве эталонного показателя для сравнения могут быть приняты значения себестоимости за предыдущие периоды эксплуатации в сопоставимых ценах. В тех случаях, когда цены, принятые в смете годовых экс-

плутационных затрат изменились неадекватно, экономичность может быть оценена по удельным затратам основных ресурсов в физически единицах на единицу произведенной продукции, например, квт – часах на 1000 м³ воды.

Экономические показатели объективно и полно отражают качество эксплуатации и фактическое состояние материально-технической базы Водоканала. Повышение себестоимости однозначно указывает на низкий уровень эксплуатации, если только не существует каких-либо объективных причин, объясняющих такое положение.

Безопасность жизнедеятельности. Обслуживание объектов водоснабжения и водоотведения требует принятия строгих мер, обеспечивающих безопасность персонала, что связано с действием на рабочих местах неблагоприятных производственных факторов. Многие производственные процессы сопровождаются газо- и пылевыделением, в помещениях наблюдается повышенная влажность и высокий уровень шума, некоторые технологические операции выполняются вне помещений, у открытых водных поверхностей широко используются электрические установки, отдельные агрегаты имеют вращающиеся части.

При очистке природных и сточных вод применяются различные химические реагенты, в том числе сильно действующие ядовитые вещества, при обработке сточных вод и их осадков существует опасность микробиального и паразитологического заражения.

При проектировании водопроводных и водоотводящих систем предусматривают защитные системы производственной вентиляции, освещения, автоматического контроля за состоянием воздушной среды. В проектах обосновываются необходимые для безопасной работы габариты помещений, ограждения, проходы, а в инструкциях подробные указания по безопасному ведению работ.

Весь персонал проходит инструктаж по правилам безопасности и должен иметь удостоверения на право ведения наиболее опасных работ.

Безопасность жизнедеятельности в решающей степени зависит от качества эксплуатации и характеризуется уровнем производственного травматизма, несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Ситуация объективно оценивается численными значениями коэффициентов частоты травматизма в расчете на 1000 человек работающих K_u и тяжести несчастных случаев за отчетный период K_m .

Первый коэффициент $K_u = \frac{n}{1000p}$, где n – количество несчастных случаев с потерей работоспособности на 4 дня и более; p – среднесписочный состав работавших за отчетный период; коэффициент K_m показывает среднюю продолжительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай

$$K_m = \frac{T}{H},$$

где T – общее количество дней нетрудоспособности за отчетный период; H – количество учтенных несчастных случаев.

Эталонные значения K_u и K_m могут приниматься по полученным в предыдущие годы и обосновываются с учетом уровней, характерных для предыдущих периодов эксплуатации и ожидаемого эффекта от внедрения новых мер по повышению безопасной жизнедеятельности.

1.4. Материалы для оценки качества эксплуатации

К этим материалам относится первичная документация: журналы, которые ведутся дежурным персоналом, сведения об отказах, их причинах и о мерах, принятых для устранения, протоколы аварий, сведения о зафиксированных случаях нарушения требований экологии, данные о затратах энергетических и других материальных ресурсах, протоколы, относящиеся к случаям нарушения безопасности жизнедеятельности, отчеты об исследованиях, диагностики и испытании установок и оборудования.

Первичная документация должна систематизироваться, накапливаться. На ее основании дается оценка качества эксплуатации и разрабатываются мероприятия, направленные на улучшение эксплуатационного процесса.

1.5. Эксплуатационный персонал, его обязанность и ответственность

Правила технической эксплуатации (ПТЭ) подразделяют эксплуатационный персонал на административно-технический, дежурный и ремонтный [37, п. 1.2.2].

Дежурный персонал включает рабочих и инженерно-технических работников (ИТР). Рабочие различных профессий (машинисты насосных станций, операторы очистных сооружений, обходчики сетей, ремонтные рабочие, лаборанты) относятся к дежурному персоналу и работают посменно.

Их служебные обязанности строго ограничены и сформулированы в производственных инструкциях (регламентах). Инструкции содержат перечисление всех производственных операций, выполняемых дежурным в нужной последовательности и указаний о том, как следует выполнить ту или иную операцию. При возникновении случаев, не предусмотренных инструкцией, рабочий должен обратиться к дежурному мастеру за указаниями. В инструкции следует определить ситуации, при возникновении которых дежурный должен действовать самостоятельно во избежание вероятного несчастного случая или аварий.

Обязанности дежурного персонала сводятся: к поддержанию назначенного режима работы объекта и к своевременному его изменению, к систе-

матическому обходу и осмотру трубопроводов и оборудования в пределах рабочей зоны, к контролю параметров, характеризующих режим работы объекта, а также к действиям при отказах, включая и аварийные. Кроме того, дежурный персонал должен осуществлять профилактическое обслуживание установок, проводить мелкий ремонт, содержать в порядке свои рабочие места, поддерживая условия, влияющие на ремонтопригодность и на безопасность жизнеобеспечения.

Каждое рабочее место необходимо обеспечить инструментами, средствами малой механизации, а также производственной инструкцией и другой необходимой документацией.

Административно-технические работники должны организовывать и руководить работой соответствующего дежурного персонала, контролировать правильность выполнения последними своих обязанностей, принимать решения в случае отказов и аварий, контролировать и возглавлять ремонтные работы. Они устанавливают режим труда и отдыха дежурного персонала, руководствуясь при этом внутренним распорядком предприятия и трудовым законодательством.

Технические руководители объектов (начальники цехов и другие) организуют техническую учебу и проверку знаний рабочих, лично контролируют состояние систем и средств безопасной жизнедеятельности, следят за производственной дисциплиной и качеством обслуживания объекта, готовят заявки на материалы, дефектные ведомости для проведения ремонтных работ и отчетную документацию.

Важной задачей технических руководителей является оценка качества эксплуатации объекта на основе имеющихся первичных материалов и разработка мер по улучшению качества эксплуатационного процесса. Как указывается в [37], технические руководители «должны вносить предложения по внедрению новой техники, усовершенствованию технологических процессов, улучшению конструкций сооружений и оборудования».

Предложения, внедрение которых полностью находится в компетенции данного технического руководителя, должны им своевременно реализовываться.

За аварии, брак в работе, ухудшение качества эксплуатации несут ответственность как непосредственно обслуживающие объекты дежурные (если их действия нарушали требования производственной инструкции), так и ИТР, которым подчинен этот персонал.

1.6. Техническая документация

На объектах водопроводных и водоотводящих систем должна быть документация, содержащая полные сведения о конструкциях и техническом состоянии всех элементов объекта, включая оборудование и контрольно-измерительные приборы (КИП). Эти материалы необходимы как для управления и обслуживания, так и для проведения ремонтных работ.

К таким материалам относятся исполнительные чертежи объекта со всеми изменениями, появившимися за период эксплуатации, технологические схемы, паспорта оборудования и КИП, протоколы специальных исследований работы объекта и испытаний оборудования.

В ПТЭ [37] приводятся перечни документов, подлежащих хранению на объектах. Разумеется, подлинники этих документов должны храниться в техническом архиве Водоканала.

Мы отмечали, что дежурный персонал необходимо обеспечить комплектом документов, регламентирующих выполнение дежурными своих служебных обязанностей. Эта документация включает эксплуатационную инструкцию, правила по охране труда и технике безопасности, регламент эксплуатации отдельных сооружений, паспорта на отдельные установки, технологические схемы и другие.

Весь ход эксплуатационного процесса должен документироваться. Дежурный персонал ведет записи в оперативном журнале, отмечая все случаи нарушения производственного режима, появления неисправностей и отказов; производятся регулярные (согласно регламенту) измерения значений характерных параметров, по которым можно судить о состоянии производственного процесса, и делают соответствующие записи в журнале; в специальной ведомости или журнале отмечается прием и сдача смен и фиксируется состояния объекта на этот момент.

При устранении отказов или аварий составляются протоколы с изложением обстоятельств события.

Эта первичная документация исключительно важна, так как на ее основании анализируется работа объекта и оценивается качество его эксплуатации. Поэтому инженерно-техническим работникам следует строго контролировать качество записей: они должны быть обязательно достоверными и настолько подробными, чтобы на их основе можно было бы сделать объективные выводы.

1.7. Интенсификация систем водоснабжения и водоотведения

Интенсификация (лат. *Intensiv* усиление) – комплекс мер по увеличению объема или качества работы, выполняемой данным объектом или системой. Интенсификация предполагает более полное использование производственного потенциала объекта за счет совершенствования режима эксплуатации или технологических процессов.

В общем случае понятие «интенсификация» включает и реконструкцию, но в настоящей работе мы будем рассматривать способы усиления без конструктивных изменений и переделок объектов. К таким способам относятся: использование «избыточности», заложенной в конструкциях объек-

тов оптимизация условий использования насосного оборудования и применение улучшенных технологий при очистке природных и сточных вод.

Создание «избыточности» производственного потенциала объекта методом резервирования является основным способом повышения его надежности.

По характеру резервирование может быть нагруженным, ненагруженным и облегченным.

В первом случае все одинаковые и установленные параллельно элементы объекта функционируют в нормальном режиме, но при выходе части элементов из строя возникающая при этом дополнительная нагрузка перераспределяется между остальными исправными элементами, которые переходят на форсированный режим. Функционирование в форсированном режиме должно соответствовать техническим возможностям элементов и не вызывать их отказа.

Нагруженное резервирование обычно предусматривается для трубопроводов и резервуаров.

Механическое оборудование устанавливается с учетом ненагруженного резервирования (насосные и воздуходувные станции, скважины с погружными насосами, центрифуги, фильтрпрессы и т. д.).

Примером облегченного резервирования служат соединительные линии кольцевых водопроводных сетей, которые большую часть времени почти не загружены, но при авариях или при возникновении пожаров обеспечивают пропуск по сети больших расходов воды.

В случаях повышения нагрузок, сравнительно с расчетными, представляется возможным, перевести объекты на форсированный режим работы, включить резервное оборудование при ненагруженном резервировании и полностью загрузить объекты при облегченном резервировании, но одновременно понижается безотказность объектов.

Такие решения легко осуществимы, так как эта возможность предусмотрена конструкциями объектов и отвечает условиям их устойчивого функционирования, но должны рассматриваться как временные, поскольку связаны со снижением нормативной безотказности.

1.8. Пусконаладочные работы

Наладка предшествует вводу объекта в эксплуатацию, либо начинает проводиться на заключительном этапе строительства.

Объем и сложность наладки зависят от качества проекта и строительно-монтажных работ.

При приеме завершенных строительством объектов основное внимание уделяется элементам, наиболее существенно влияющим на условия эксплуатации. Для каждого объекта в зависимости от его назначения и места в системе водоснабжения или водоотведения может быть составлен

перечень таких элементов. Если они будут выполнены с плохим качеством, необходима обязательная переделка.

Пусконаладочные работы предусматривают изучение проектной документации, актов на скрытые работы и гидравлические испытания трубопроводов, паспортов оборудования и КИП; дополнительную проверку соответствия выполненных работ проектам (уточнения габаритов сооружений, нивелировка по трассам трубопроводов и т. д.).

Анализ этих материалов позволяет выявить ошибки, допущенные в проектах и в процессе строительства. Эти ошибки по заданию наладчиков устраняются.

Проверочный расчет сооружений с учетом фактических габаритов и схем позволяет выявить для объектов или их элементов действительные производственные характеристики, нередко отличающиеся от проектных как в большую, так и в меньшую сторону.

После того, как установлена техническая готовность объектов к началу эксплуатации, производится их включение и отрабатываются оптимальные режимы работы.

Сооружения проверяются в действии как при проектных, так и при фактических нагрузках, а также в условиях перегрузок.

Одновременно уточняется перечень и места размещения КИП, точек отбора проб для анализов, программа лабораторного контроля за процессом очистки.

Во время наладки отрабатывается система производственного контроля, уточняются правила проведения контроля за техническим состоянием объектов и содержание их диагностики, составляются производственные инструкции, определяются правила проведения первичной документации.

Пробная эксплуатация объектов проводится силами будущего обслуживающего персонала, который под руководством наладчиков проходит нужную подготовку.

К завершению пусконаладочных работ объект должен быть подготовлен к нормальной эксплуатации.

В последующих главах рассматриваются конкретные примеры пусконаладочных работ для основных объектов городского водоснабжения и водоотведения.

1.9. Оперативное управление производственными процессами водопроводно-канализационного хозяйства

Производственные объекты водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) рассредоточены на большой территории, функционируют в разных режимах, должны работать в соответствии со складывающимся нерегулируемым спросом (водопотребление и водоотведение) абонентов.

Необходимая по условиям эксплуатации координация производственных процессов и централизация оперативного контроля достигается путем диспетчерского управления. Только малые водопроводы и канализации не нуждаются в диспетчеризации.

В состав диспетчерских служб водопровода и канализации могут входить центральный и местные диспетчерские пункты (ЦДП и МДП). Последние предусматриваются для отдельных крупных узлов (сети, очистные сооружения и другие). МДП подчиняются в оперативном отношении ЦДП.

Основные задачи диспетчеризации заключаются в разработке эксплуатационных режимов как для отдельных объектов, так и для систем в целом, в контроле за поддержанием заданных режимов, их корректировке или изменении в связи со складывающимися условиями (например, в случае пожаротушения или аварий), в приеме заявок на устранение отказов или повреждений, в организации аварийных работ.

Диспетчерская служба должна оперативно руководить персоналом смен, участков и подразделений по выполнению работ, связанных с изменением режимов, по включению отдельных установок, сооружений или оборудования, вводу оборудования из резерва, или переводу в резерв. Диспетчерская служба ведет техническую отчетность, анализирует результаты эксплуатации и на основе анализа разрабатывает оптимальные эксплуатационные режимы, а также предложения по улучшению качества эксплуатации.

Диспетчерская служба подчиняется непосредственно главному инженеру ВКХ, штат службы включает старшего и сменных диспетчеров, обеспечивающих круглосуточное дежурство.

Старший диспетчер руководит персоналом диспетчерского пункта, отвечает за его деятельность, в ежемесячных и годовых отчетах анализирует процесс эксплуатации и вносит предложения по его улучшению.

Сменный диспетчер несет полную ответственность за принимаемые решения и в его действия не должны вмешиваться вышестоящие диспетчеры и главный инженер. Основные обязанности сменного диспетчера указаны в п. 8.1.8 ПТЭ [37]. Среди них: контроль по поддержанию заданных режимов работы сооружений и оборудования, корректировка режимов и их изменение, запрашивание сведений о состоянии оборудования и режимных параметров у дежурных операторов, руководство действиями персонала по устранению отказов, по локализации и ликвидации аварий, осуществление оперативной связи с противопожарными службами в случае пожаротушения, информирование руководства ВКХ и заинтересованных организаций о возникающих нарушениях, авариях.

В состав диспетчерской службы могут входить группы профилактического осмотра, режима, разрабатывающие режимные карты, а также аварийные бригады.

Для анализа ситуаций и принятия оперативного решения диспетчеру необходимо знать фактическое техническое состояние и производствен-

ные возможности основного оборудования, установок и сетей по результатам диагностики и паспортизации.

Указанные условия требуют обеспечения диспетчеров постоянной информацией о всех выполняемых работах, связанных с выключением из работы отдельных объектов, единиц оборудования, участков сетей, своевременной передачи исполнительной документации по вводимым в эксплуатацию новых, либо реконструированных объектов.

В обязанность диспетчерской службы входит регистрация аварийных случаев с указанием времени возникновения и характера, а также осуществление оперативного руководства по локализации и ликвидации аварий.

Главному инженеру или его заместителям следует ежедневно контролировать работу диспетчерской службы (проверка выполнения аварийных работ за истекшие сутки).

Функции диспетчерской службы и ИТР должны быть четко разделены. Как правильно указывается в [20], если «основные работы на сети и сооружениях выполняются помимо диспетчера (по согласованию только с техническим руководством), роль диспетчера сводится к роли телефониста».

Диспетчерские пункты оборудуются средствами связи, а иногда дистанционного контроля или управления механизмами и сооружениями.

Двухсторонняя избирательная телефонная и радиотелефонная связь должна связывать диспетчерский пункт со всеми объектами участка для получения информации о значениях режимных параметров и передачи указаний сменным операторам.

Диспетчерский пункт следует оснащать компьютерной техникой, что позволяет оперативно отыскивать и выводить на дисплей схемы узлов и сетей, а также показателей работы объектов и другие материалы, необходимые для принятия решения.

В состав основной документации диспетчерских пунктов входят чертежи сооружений:

- сеть водопровода или канализации, нанесенная на план города с указанием наименований улиц, площадей, проездов и нумерации строений, эскизы регулировочных узлов и зон питания водопроводной сети, исполнительные чертежи водоводов, магистральной сети, дворовых сетей, вводов, схем насосных станций с нумерацией задвижек и характеристиками агрегатов, аналогичные схемам, имеющимся на станции и т. д.;

- графики планово-предупредительного ремонта объектов;
- режимные карты;
- производственные инструкции и в том числе по вопросам гражданской обороны в чрезвычайных ситуациях;
- графики и схемы текущих плановых переключений на сетях и перевода оборудования в резерв или из резерва.

Режимные карты, которыми руководствуется сменный диспетчер, составляются в соответствии со сложившимся фактическим режимом водо-

разбора или водоотведения и с закономерным колебанием значений контролируемых параметров в течение суток.

В отдельные часы значения этих параметров (уровней воды, расходов, давлений) в точках контроля колеблются в ограниченном диапазоне. Изменение значений параметров приурочено к определенным часам суток, прогнозируется и требует соответствующих изменений в режиме работы объектов водопровода и канализации.

Прогнозируемый режим водоснабжения и водоотведения в будние и нерабочие дни различен. Сезонные изменения режима требуют корректировки режимных карт.

Диспетчер, получив текущую информацию о закономерном изменении значений режимных параметров, рассматривает это как стандартную ситуацию и дает предусмотренную для нее команду (переключение сетей, включение или отключение насосных агрегатов и т. д.).

При составлении карт исходят из условий наиболее эффективного использования объектов по технологическим и экономическим показателям, насосные агрегаты должны работать при высоких КПД, потокораспределение в водопроводной сети отвечать минимальным потерям напора, водоразборные скважины, имеющие большие дебиты, выводятся в резерв на непродолжительное время.

В тех случаях, когда некоторые объекты не исправны или находятся на профилактическом обслуживании, в режимные карты вносятся изменения.

В случае возникновения нестандартной ситуации, например, аварий, возникновения пожара, аварийного сброса сточных вод и других, должны приниматься нестандартные и срочные управленческие решения, требующие от диспетчера хорошего знания производственных возможностей системы и быстроты мышления.

В помощь (но не взамен) сменному диспетчеру создается автоматизированная система управления, АСУ ВК с использованием ЭВМ.

АСУ позволяет получать более оперативную информацию, безошибочно давать стандартные команды, информационно-советующая система позволяет более эффективно использовать объекты в производственном процессе, оптимизировать потокораспределение в водопроводной сети как в стандартных, так и в некоторых прогнозируемых нестандартных ситуациях.

За счет более строгого контроля за состоянием водопроводной сети АСУ обеспечивает своевременное выявление скрытых утечек и создает условия для их ликвидации.

В ряде случаев с помощью АСУ производится расчет и анализ технологических и экономических показателей, производится учет расходов воды, затраты электроэнергии и других ресурсов.

Опыт показывает, что АСУ окупается за 1–2 года.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите основные функции систем водоснабжения и водоотведения и какие виды отказов возникают в процессе эксплуатации систем?
2. По каким критериям оценивается качество эксплуатации. Объясните, с какой целью оценивается качество эксплуатации.
3. Назовите цель и виды технического обслуживания объектов водоснабжения и водоотведения.
4. Какие исходные материалы используют для оценки качества эксплуатации и требования, предъявляемые к ним?
5. Назовите основные обязанности и ответственность эксплуатационного персонала.
6. Что такое техническая документация и предъявляемые к ней требования?
7. Назовите необходимость и обоснование путей интенсификации систем и объектов водоснабжения и водоотведения.
8. Цели и содержание пусконаладочных работ.
9. Как вы понимаете – оперативное управление системами, диспетчеризация? Содержание работы и ответственность диспетчера.
10. Какое обоснование должно быть для возможности автоматизации диспетчерского управления?

2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГОЛОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОПРОВОДА

Головные сооружения включают водозабор, насосную станцию первого подъема и соответствующие коммуникации.

Функция головных сооружений состоит в подаче из источника на очистку суточного расхода воды, качество которой при заборе не должно ухудшаться.

Головные сооружения размещаются в первом поясе зоны санитарной охраны. Как известно, это зона строгого режима, которая исключает опасность случайного или умышленного загрязнения воды в месте ее забора.

Эксплуатационный процесс также обусловливает содержание источника водоснабжения с целью сохранения благоприятных условий для водоприема.

Чаще всего головные сооружения работают равномерно и круглосуточно.

2.1. Эксплуатация водозаборов из подземных источников с водяными скважинами

Общие положения. Подземный водозабор со скважинами схематически показан на рис. 2.1. Рабочие и резервные скважины параллельно присоединены к сборному коллектору. Арматура, размещенная в колодцах, позволяет отключать любую скважину и опорожнять участок напорной линии от скважины до колодца.

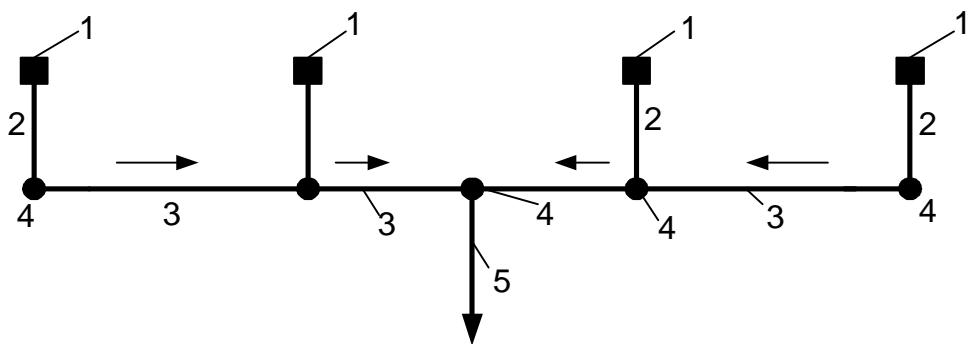


Рис. 2.1. Схема водозабора со скважинами: 1 – скважины; 2 – напорная линия; 3 – коллектор; 4 – колодец; 5 – водовод

При длительном бездействии скважин их техническое состояние ухудшается. Поэтому в течение года периодически используются все скважины водозабора. Перевод скважин из резерва в рабочее состояние и из рабочего состояния в резерв производится по указанию диспетчера или в соответствии с заранее составленным графиком.

Скважина находится в резерве 1–2 недели. При большей продолжительности следует демонтировать погружной насос, а скважину законсервировать [13].

Скважины одних и тех же головных сооружений различаются между собой локальными гидрогеологическими условиями, техническим состоянием и имеют разные производительности. Разумеется, что длительность использования скважин в течение года принимается неодинаковой. Те из них, которые имеют лучшие производственные характеристики, используются чаще.

На рис. 2.2. приводится типовая схема водозаборной скважины с погружным насосом.

Насосный агрегат оборудуется манометром, амперметром и вольтметром, а скважина – измерителем уровня воды. Желательно, чтобы каждая скважина оборудовалась расходомером.

Головные сооружения обслуживаются машинистами. Характер производственных операций позволяет применять как ручное, так и автоматизи-

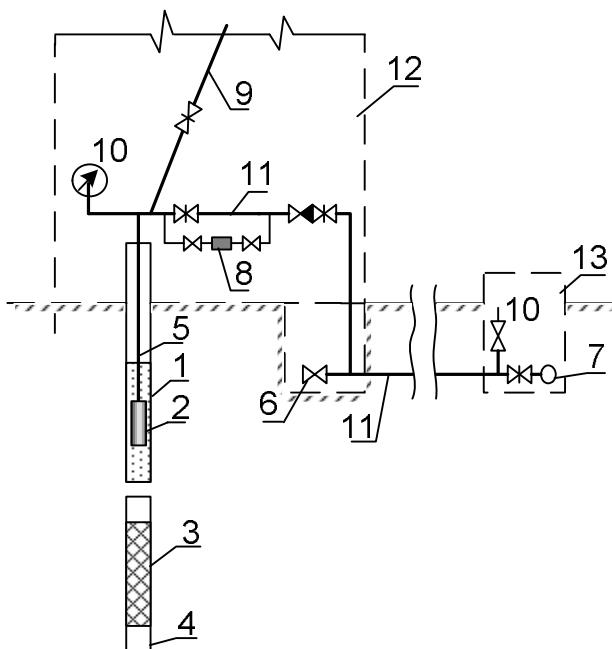


Рис. 2.2. Схема скважинного водозабора: 1 – ствол скважины; 2 – насосный агрегат; 3 – фильтр скважины; 4 – отстойник скважины; 5 – водоподъемная труба; 6 – выпуск; 7 – напорный коллектор; 8 – расходомер; 9 – труба для продувки; 10 – воздухосборник (ванутз); 11 – напорная линия; 12 – павильон; 13 – колодец

рованное или дистанционное управление, а обязанности дежурного персонала свести к техническому обслуживанию.

Максимальный отбор подземных вод при эксплуатации ограничен эксплуатационными запасами источника, превышение которых приводит к возникновению вредных воздействий на подземный водный объект. Нормативы, определяющие предельно допустимый уровень воздействий, разрабатываются и утверждаются применительно к такому объекту и относятся к степени понижения статических уровней в эксплуатируемом водоносном горизонте и в первом от поверхности горизонте, к изменению качества подземных вод, к уменьшению поверхностного стока и понижению грунтовых вод, к активизации негативных геологических процессов, при которых возможны недопустимые деформации земной поверхности и инженерных сооружений.

Оперативная работа и производственный контроль. Дежурные машинисты производят включение и отключение насосов с выводом в резерв и с вводом в работу отдельных скважин и поддерживают заданный режим работы головного сооружения.

Включение насоса и начало отбора воды нарушает уже сложившиеся у скважины гидрогеологические условия, что приводит к временному выносу в нее песка и повышению мутности воды. Поэтому непосредственно после включения насоса вода направляется не в коллектор, а сбрасывается по линии 9 в водосток, т. е. производится прокачка скважин (продувка) (рис. 2.2).

Расход при этом принимается близким к расчетному, продолжительность прокачки – до исчезновения в воде мути, ржавчины и песка. Качество воды определяется визуально, но если скважина бездействовала более 1,5–2,0 недель берутся пробы воды для бактериологического и химического анализов. Во время прокачек следят за отводом воды во избежание подтопления площадки, на которой расположена скважина.

Насос включается при закрытой задвижке на напорной линии, а отключается – после закрытия задвижки, что устраняет опасность возникновения гидравлических ударов.

После включения насоса производится регулируемый впуск воздуха в напорную линию с целью предотвратить образование вакуума при самоопорожнении водоподъемной трубы. При последующем включении насоса необходим регулируемый выпуск воздуха.

Включение и выключение насосного агрегата всегда сопровождается колебаниями давлений воды как в трубах, так и в водоносном слое, в связи с чем необходимы меры по возможному ослаблению этих колебаний. Особенно это важно, если скважины работают в режиме частого включения и выключения.

Колебания давлений усиливаются при пуске насоса на открытую задвижку при неисправности обратного клапана, при выполнении в его диске отверстий для сброса воды и тем более при отсутствии клапана.

Негативными последствиями колебания давлений являются: ускоренный износ насоса, повреждение элементов скважины, обрыв насосного аг-

регата, изменение удельного дебита скважины из-за переформирования зерен водоносного слоя в призабойной области.

Плавное проведение операций по включению и выключению насоса вручную затруднено и неэффективно. Указывая на это обстоятельство д-р техн. наук А.Д. Гуринович рекомендует автоматизированную схему управления такой операцией, что позволяет улучшить условия эксплуатации скважин [76].

Поскольку насосы в скважинах присоединяются к коллектору параллельно, всякое включение или выключение приводит к разрегулировке всей группы насосов, в связи с чем требуется дополнительная регулировка при помощи задвижек (рис. 2.1).

После включения скважины устанавливают подачу и напор указанные диспетчером. Измерение подачи производится расходомером на обводной линии в течение нескольких часов. В дальнейшем назначенный режим работы насоса контролируется по показаниям манометра, амперметра и вольтметра, а расходомер отключается.

Заметим, что расходомер при указанной на рис. 2.2. схеме установки дает погрешность, превышающую паспортную. Это объясняется тем, что во избежание деформации потока, влияющей на показания расходомера, на участке до него длиной 50–60 и после него – длиной 10–15 диаметров трубы, не должно быть арматуры, поворотов или других источников возмущения [11]. Достоверность показаний расходомера увеличивается при установке перед ним фильтра – струевыпрямителя (см. рис. 3.7). При содержании в воде 2 % воздуха или различных газов турбинный расходомер завышает расход на 30 %, а при содержании газов 5 % погрешность измерения возрастает до 50 % и более [74].

При длительном отключении скважины в зимний период участок напорной трубы до коллектора опорожняется.

В обязанность дежурного персонала входят: ежесуточная влажная уборка павильонов над скважинами и поддержание строгого режима на территории водозабора (восстановление благоустройства, ограждений, поверхностного водоотведения и др.).

Производственный контроль за работой водозабора предусматривает снятие показаний манометров, амперметров и вольтметров каждый час, измерение подачи насосов в отдельных скважинах расходомерами по специальному графику, общей производительности головных сооружений – расходомерами на водоводах каждые сутки или чаще.

По графику или по указаниям диспетчера измеряются уровни воды в работающих скважинах (обычно раз в месяц). Статические уровни в источнике определяются уровнями, размещенными в отключенных скважинах, несколько раз в год (в зависимости от сезонных изменений гидрогеологических условий).

В журнале эксплуатации фиксируются результаты замеров, а также время включения и выключения отдельных скважин.

Нарушения, возникающие при эксплуатации скважин. При проведении производственного контроля обнаруживаются отклонения от условий нормальной эксплуатации, выражющиеся в уменьшении подачи воды, песковании (попаданием в скважину значительного количества песка), прекращении работы насосного оборудования и повреждении конструкций скважин.

Часть этих нарушений возникает внезапно, в других случаях ухудшение работы нарастает постепенно.

Уменьшение подачи воды часто связано с изменением условий работы насосов. Как известно, рост напора, создаваемого центробежным насосом, сопровождается снижением подачи и потребляемой мощности.

Неисправность арматуры, установленной на напорной линии насоса, а также случайное прикрытие отдельных задвижек вызывают уменьшение расходов воды откачиваемой из скважин.

К такому же результату приводит и увеличение высоты подъема воды насосом, из-за снижения динамического уровня при взаимодействии группы скважин.

В первом случае причина устанавливается при измерении давления на выходе из скважины (увеличивается) и потребляемой мощности (уменьшается), во втором – при измерении мощности (уменьшается) и уровня воды в скважине (понижается). Такие измерения выполняются в ходе производственного контроля и неисправности могут оперативно устраняться.

Иногда уменьшение подачи объясняется падением напряжения в системе энергоснабжения с уменьшением количества оборотов двигателя насосных агрегатов. При этом фиксируется снижение не только расходов, но напоров и потребляемой мощности.

Некоторые причины уменьшения производительности скважин [3, табл. 3.6].

Снижение уровня воды в скважине иногда приводит к попаданию воздуха в недостаточно заглубленный насос (менее 1–3 м) и к нарушению его подачи.

При падении напряжения в электрической сети возникают затруднения в пуске насоса. Пусковой ток может настолько возрасти, что срабатывает система защиты пусковой станции и двигатель автоматически отключается. Такое же отключение происходит в случае повреждения изоляции на токопроводящем кабеле одной из фаз.

Постепенный рост гидравлических сопротивлений напорной линии насосов вызывается засорением трубопроводов отложениями, а в ходе производственного контроля постоянно отмечается соответствующее снижение расходов воды.

Засорение (кольматация) фильтров скважин – характерная причина постепенного понижения в них уровней воды со всеми уже рассмотренными последствиями.

Повреждение фильтров или их неправильно назначенная конструкция – причина постоянного или возрастающего пескования.

Как будет показано ниже, эти усиливающиеся отрицательные факторы уточняются во время генеральной проверки водозабора и устраняются при капитальном ремонте.

Планово-предупредительный осмотр (ППО) с целью определения технического состояния объекта предусматривает регулярный обход трассы сборного коллектора и павильонов над скважинами для выявления внешних признаков повреждений и утечек. Не реже одного раза в месяц производится ревизия состояния арматуры, оголовков скважин, лотков для водоотвода, ежегодно проверяются КИП (расходомеры – каждые два года).

Выявленные при осмотре повреждения (нарушение герметизации устья скважины, просадка грунта у скважины, явные утечки из напорных трубопроводов, неисправность арматуры и другие) устраняются по мере их выявления или в порядке проведения ППР.

Наиболее полное обследование осуществляется при генеральных проверках, которые проводятся не реже одного раза в год.

Как указывается в правилах технической эксплуатации, цель генеральной проверки состоит в установлении степени износа скважин, причин уменьшения их производительности, а также изменения качества подземной воды и гидрогеологических условий водозабора. Одновременно проверяется техническое состояние коммуникаций и других сооружений.

По результатам генеральной проверки уточняются фактические производительности отдельных скважин и их совместно работающих групп, техническое состояние сооружений и оборудования. При генеральной проверке может возникнуть необходимость в демонтаже оборудования некоторых скважин. Поэтому сроки проверки согласовываются с диспетчерской службой и назначаются в наиболее удобный период, определяемый местными условиями [5].

При генеральной проверке в первую очередь обращается внимание на плохо работающие скважины.

Основными признаками плохой работы является низкая производительность скважин, их пескование и ухудшение качества забираемой воды.

Рассмотрим причины ухудшения работы скважин, уточняемые при генеральной проверке.

Ø Снижение производительности скважины при допустимом понижении уровня. Причинами снижения производительности нередко являются: уменьшение удельного дебита скважины или недостаточная водозахватная способность фильтра.

Удельным называется дебит скважины при понижении уровня в один метр.

Перед вводом новой скважины в эксплуатацию производится испытание, для получения графика $q_{yd} = f(S)$, где q_{yd} – производительность скважины, $\text{м}^3/\text{сут}$ м; S – соответствующее понижение уровня воды в водоносном слое, м, (рис. 2.3). График прикладывается к паспорту скважины.

Как следует из рисунка, первоначальный (паспортный) и рабочий (при генеральной проверке) графики различаются, что объясняется перемещением в водоносном слое тонких фракций песка, под влиянием откачки воды из скважины. Как видно из графиков (рис. 2.3), поддержание первоначального

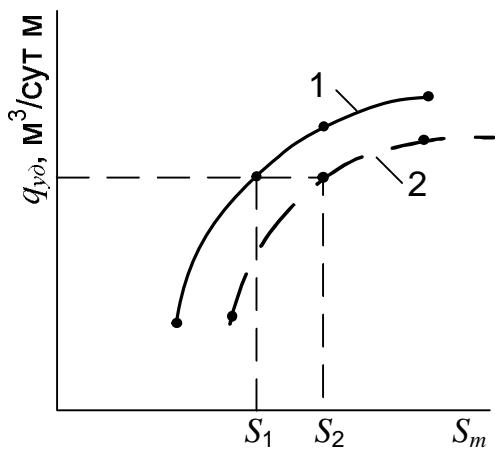


Рис. 2.3. График $q_{yo} = f(S)$: 1 – паспортный график; 2 – при генеральной проверке (рабочий)

Как известно, дебит скважины ограничивается водозахватной способностью:

$$Q = 204 d_\phi L_\phi \alpha \sqrt[3]{K}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.1)$$

где d_ϕ – диаметр фильтра, м; L_ϕ – длина фильтра, м; α – скважинность фильтра; K – коэффициент фильтрации, $\text{м}^3/\text{сут}$.

Если фактический дебит оказался меньше расчетного, то это может быть связано либо с неправильным определением K при предпроектных изысканиях, либо с ошибками при монтаже скважины (неправильно принятые значения L_ϕ или d_ϕ , заниженное значение α).

Ограничение в производительности скважины должны в дальнейшем учитываться при ее эксплуатации.

Оценка коэффициента взаимного влияния скважин. Взаимное влияние одновременно работающих соседних скважин оценивается значением коэффициента влияния:

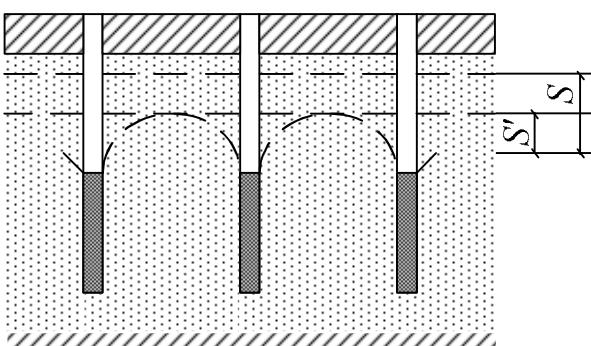


Рис. 2.4. Схема взаимодействия скважин: S' – уровень при работе группы скважин; S – статический уровень

Во время генеральной проверки целесообразно установить фактическое значение коэффициентов для скважин, работающих в расчетном режиме.

чальной производительности скважины возможно при увеличении понижения уровня до S_2 (иногда приток к скважине увеличивается и необходимое понижение уровня снижается).

По результатам испытания уточняются эксплуатационные параметры скважины – дебит и степень понижения.

Воду из скважины откачивают с постоянным расходом до тех пор, пока уровень не стабилизируется. Такие откачки производятся в основном для трех расходов, что позволяет получить три точки для построения кривой.

$$\beta = \frac{Q'}{Q} \leq 1, \quad (2.2)$$

где Q' и Q – производительности скважин при наличии и при отсутствии взаимодействия. Для этих производительностей понижение уровней составляют S' и S (рис. 2.4).

Коэффициент влияния зависит от многих факторов, в том числе и меняющихся в процессе эксплуатации.

Ø Снижение производительности скважины при понижении уровня воды в ней сравнительно с динамическим уровнем. Значительное снижение уровня воды в скважине сравнительно с динамическим уровнем у скважины объясняется большими гидравлическими сопротивлениями фильтра. Если рост гидравлического сопротивления фильтра обнаружился в процессе эксплуатации, то причина заключается в кольматации (фр. *соматага* наполнение).

Кольматация возникает при неправильном выборе конструкции фильтра, отверстия которого засоряются частицами песка, не образующего каркас грунта и вымываемого при откачке воды из скважины, в других случаях происходит химическая кольматация, заключающаяся в отложении солей и других нерастворимых соединений на поверхности фильтра. Наконец, кольматация возникает после роторного бурения при попадании в забой в месте установки фильтра, глинистых частиц, или при размыве водоносного слоя с обрушением в область размыва из слоев расположенных выше, глинистых грунтов.

Количественная оценка кольматации дается по продолжительности восстановления уровня воды в скважине после того, как этот уровень был понижен путем подачи в надводную часть ствола скважины сжатого воздуха. Такое понижение принимается обычно в пределах 0,5–0,8 м.

При генеральной проверке может потребоваться демонтаж насосного оборудования и осмотр внутренней поверхности обсадных труб фильтра при помощи специальной телевизионной аппаратуры (см. разд. 4 и 5). Понижение уровня в скважине может быть связано с засорением внутритрубными отложениями кольцевого зазора между стенкой обсадной трубы и поверхностью насосного агрегата, что обнаруживается при проведении осмотра.

Для оценки состояния фильтра иногда применяется расходомер, размещаемый внутри скважины. Одновременно из скважины эрлифтом откачивается вода.

Расходомер оборудован греющим элементом, который охлаждается потоком обтекающей прибор воды. Чем больше расход воды в месте размещения расходомера и больше скорость обтекающей его воды, тем интенсивнее охлаждение, и ниже фиксируемая температура элемента.

Если кольматация отсутствует, скорость обтекания монотонно меняется при перемещении расходомера внутри фильтра, но в местах, где произошла кольматация (участок *Б–В*), приток воды уменьшается и снижение температуры происходит значительно медленнее (рис. 2.5).

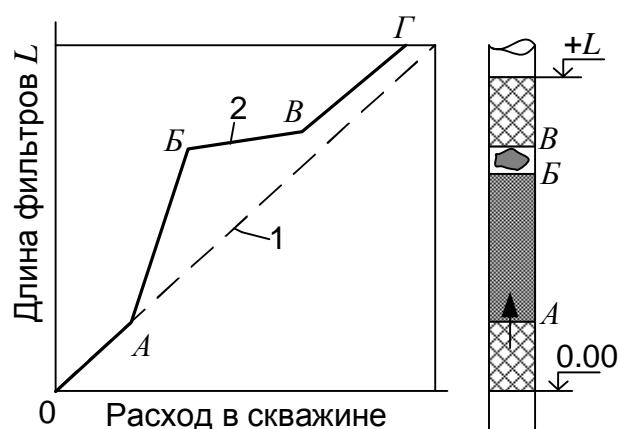


Рис. 2.5. Изменение расхода по длине фильтра: *AB* – закольматированный участок; *BB* – место разрушения фильтра; 1 – при исправном фильтре; 2 – при повреждении и кольматации фильтра

Ø Пескование скважин. Как известно, фильтры скважин предназначены для крепления стенок забоя и предотвращения их обрушения при одновременном пропуске расчетных расходов воды. Отверстия фильтров подбираются таким образом, чтобы задерживать фракции грунта, составляющие его каркас, и этим предотвратить разрушение монолита. Более мелкие фракции, заполняющие поры каркаса, должны свободно проходить через фильтр.

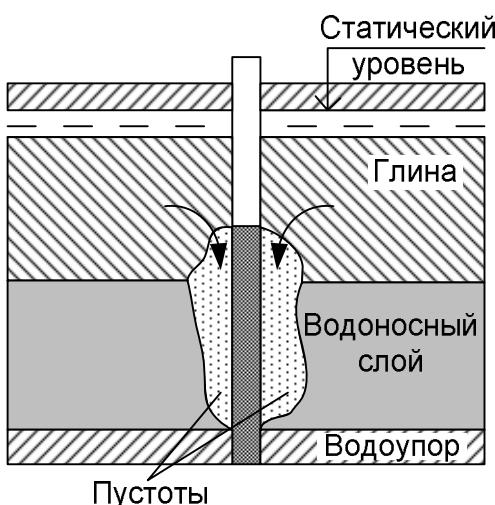


Рис. 2.6. Схема к случаю аварии [7]

Основная ошибка, допущенная при эксплуатации и вызвавшая столь тяжелые последствия, заключалась в том, что своевременно не принимались меры по ликвидации пескования.

При песковании и содержании песка в воде более нескольких мг/л, происходит быстрый износ водоподъемного оборудования, насосов и особенно двигателей.

Пескование наблюдается при повреждении и разрушении фильтра, что может быть обнаружено во время обследования внутренней поверхности скважин. При обследовании пескующих скважин в ходе генеральной проверки желонкой извлекают песок из отстойника и производят его рассев для выявления гранулометрического состава. Если песок включает наряду с мелкими и крупные фракции можно предполагать разрыв фильтра.

Пескование иногда объясняется плохим состоянием сальника в зазоре между надфильтровой и обсадной трубами. Нередко это связано с недостаточной длиной надфильтровой трубы, которая должна заходить в буровую трубу на 3–5 м в зависимости от диаметра.

При песковании создаются условия для образования внутри скважин грязевых пробок.

Ø Уменьшение пропускной способности напорных трубопроводов. Пропускной способностью называется расход воды, который проходит по трубопроводу при расчетных потерях напора. Если вода источника не стабильна, следует ожидать увеличения гидравлического сопротивления, а следовательно, снижения пропускной способности. Часто подобное явле-

ние вызывает не только засорение скважины, но и вымыв грунта в призаборной части. В [7] приводится описание аварии, возникшей из-за такой ситуации (рис. 2.6). В образовавшиеся пустоты начал проникать глинистый грунт, лежащий над песчаным водоносным слоем. Фильтр скважины был закольматирован глиной, что привело к прекращению поступления в скважину воды.

Основная ошибка, допущенная при эксплуатации и вызвавшая столь тяжелые последствия, заключалась в том, что своевременно не принимались меры по ликвидации пескования.

При песковании и содержании песка в воде более нескольких мг/л, происходит быстрый износ водоподъемного оборудования, насосов и особенно двигателей.

Пескование наблюдается при повреждении и разрушении фильтра, что может быть обнаружено во время обследования внутренней поверхности скважин. При обследовании пескующих скважин в ходе генеральной проверки желонкой извлекают песок из отстойника и производят его рассев для выявления гранулометрического состава. Если песок включает наряду с мелкими и крупные фракции можно предполагать разрыв фильтра.

Пескование иногда объясняется плохим состоянием сальника в зазоре между надфильтровой и обсадной трубами. Нередко это связано с недостаточной длиной надфильтровой трубы, которая должна заходить в буровую трубу на 3–5 м в зависимости от диаметра.

При песковании создаются условия для образования внутри скважин грязевых пробок.

Ø Уменьшение пропускной способности напорных трубопроводов. Пропускной способностью называется расход воды, который проходит по трубопроводу при расчетных потерях напора. Если вода источника не стабильна, следует ожидать увеличения гидравлического сопротивления, а следовательно, снижения пропускной способности. Часто подобное явле-

ние наблюдается, если подземная вода содержит железо. Наиболее интенсивно растут гидравлические сопротивления в водоподъемной трубе.

Как отмечалось, увеличение гидравлических сопротивлений напорного трубопровода вызывает повышение напора, создаваемого центробежным насосом в скважине, что приводит к снижению его подачи.

В необходимых случаях при генеральной проверке определяется численное значение модуля удельного сопротивления труб. Подробнее о методике этого определения см. разд. 4.

Ø Ухудшение рабочих характеристик насосного оборудования. В процессе эксплуатации, особенно при перекачке воды, содержащей песок, происходит износ погружных насосов и снижение кпд, особенно за счет объемного коэффициента полезного действия. Текущий контроль за изменением кпд, осуществляется путем измерения параметров насосного агрегата: давления, подачи, силы тока и напряжения:

$$\eta = 5,67 \frac{QH}{IV}, \quad (2.3)$$

где η – кпд насосного агрегата; Q – подача, $\text{м}^3/\text{ч}$; H – напор, м; I – сила тока, А; V – напряжение, В.

Пример. Определить кпд насосного агрегата ЗЭЦВ6-10-80, если показания приборов: $Q = 7 \text{ м}^3/\text{ч}$; $P = 5,5 \text{ атм}$; $I = 14 \text{ А}$; $V = 500 \text{ В}$; расстояние по вертикали от уровня воды в скважине до манометра $\Delta = 25 \text{ м}$. Потери напора в водоподъемной трубе условно не учитываются.

Решение: напор насоса $H = \Delta + \frac{P}{\gamma} = 25 + 55 = 80 \text{ м}$.

$$\text{Кпд агрегата } \eta = 5,67 \frac{7 \cdot 80}{14 \cdot 500} = 0,453.$$

Хотя расчеты по формуле (2.3) следует рассматривать как сугубо ориентировочные из-за недостаточной достоверности значений исходных параметров (H , Q , I , V), они указывают на характер и интенсивность изменения кпд, значение которого в течение года может уменьшаться на 0,1–0,3.

Ø Оценка качества и ухудшение качества воды, получаемой из скважины. Согласно нормативам [12] качество воды из скважин контролируется эксплуатирующей организацией. По сезонам года отбираются пробы для определения в них микробиологических, органолептических и обобщенных показателей. К первым относятся такие показатели, как содержание термотолерантных и общих колиформных бактерий, а также микробное число. Органолептические показатели включают мутность, цветность, привкус и запах, а обобщенные – pH, сухой остаток, жесткость общую, перманганатную окисляемость, фенольный индекс, нефтепродукты, аниноактивные ПАВ.

Раз в год отбираются пробы для определения содержания неорганических и органических веществ по утвержденному перечню и радиологические показатели (общая и γ – радиоактивность).

В процессе бурения скважин между стенками забоя и обсадными трубами, а также между колоннами обсадных труб образуются зазоры в несколько десятков миллиметров. Эти зазоры должны тампонироваться для того, чтобы исключить просачивание в водоносный слой загрязненных поверхностных вод. Плохая заделка нередко оказывается причиной ухудшения качества воды, забираемой из скважин. При генеральной проверке причина загрязнения воды источника должна быть точно установлена.

В тех случаях, когда ухудшение качества воды связано с районной депрессией, рассматривается вопрос об уменьшении производительности данного водозабора или его ликвидации.

Ремонтные работы. Ремонтные работы выполняются в плановом порядке или по результатам ППО.

В частности, плановая проверка состояния задвижек, обратных клапанов и труб, их текущий ремонт проводится два раза в год; капитальный ремонт – по мере необходимости, но не реже одного раза в три года.

При текущем ремонте проверяется общее состояние скважин, проводится их чистка и дезинфекция, выполняется мелкий ремонт арматуры, труб, автоматических и электрических устройств системы управления.

При капитальном ремонте заменяется водоподъемное оборудование, восстанавливается производительность скважин, их перебуривание, производится чистка стенок обсадных труб и фильтров, санация сборных трубопроводов, замена арматуры и другие работы [67].

Некоторые виды ремонтов выполняются в ходе генеральной проверки. К ним относятся такие виды текущего ремонта, как пробная откачка воды из скважин, обследование для определения степени засорения фильтров, очистка отстойников скважин, дезинфекция скважин. К капитальному ремонту относится чистка и замена фильтров и обсадных труб, удаление из скважин упавших насосов и их деталей, декольматация фильтров, затрубная цементация и др.

После 5–8 тыс ч работы производится разборка и проверка состояния погружных насосов. Разбирать агрегат следует сразу же после извлечения из скважины, так как на воздухе металлические части быстро окисляются, что затрудняет демонтаж. Изношенные элементы агрегата заменяются, испытывается изоляция электродвигателя.

В профилактических целях проводится очистка скважины от песка и продуктов коррозии. Внутренняя поверхность обсадных труб очищается специальным снарядом («паук» с тупыми зубьями), коррозионные отложения удаляются металлическими ершами. Продукты очистки собираются в ловушке в виде цилиндра, опущенного в скважину. Осадки из отстойника скважины откачиваются эрлифтом, а при большой плотности – удаляются желонкой.

Наиболее сложной работой является восстановление производительности скважин путем декольматации фильтров и призабойной области водоносного слоя. Эти работы относятся к капитальному ремонту и позволяют восстановить дебит скважины на 70–90 % и более.

Как отмечалось выше кольматация возникает вследствие засорения неправильно выбранного фильтра (заниженные размеры отверстий) частицами песка, а иногда глиной и также в результате образования нерастворимых продуктов химических реакций.

Скважина вентилирует водоносный слой, что нарушает углекислотное равновесие в подземной воде, приводит к выделению углекислого газа и, в зависимости от химического состава – карбонатов кальция и магния, окислов трехвалентного железа и марганца. В состав кольматантов входят частицы гуминовых веществ и другие примеси.

Часто кольматация фильтров и водоносного слоя прифильтровой области вызывается развитием железобактерий. Возникновение такого явления вероятно, если подземная вода содержит около 1 мг/л и более двухвалентного железа и марганца, имеет $\text{pH} > 4-5$ и $\text{Eh} > -10$ мВ [18].

Для подавления биологической кольматации рекомендуется в качестве профилактического мероприятия периодическое хлорирование скважин с остаточной концентрацией хлора 5–7 мг/л.

Хлорная вода нагнетается в скважину в течение 40–50 мин. Операция систематически повторяется в зависимости от достигаемого эффекта, например, через 3–4 месяца [17].

Методы декольматации зависят от прочности кольматанта, и по возможности не должна приводить к разрушению фильтра. Декольматация, особенно при кольматантах химического происхождения, захватывает и призабойную область водоносного слоя толщиной в несколько десятков сантиметров.

Декольматация обычно осуществляется в импульсном режиме, так как при этом достигается концентрация энергии во времени.

В наиболее простых случаях, когда кольматант имеет малую прочность, производится так называемая прокачка скважины. В скважину вводится утяжеленный поршень с манжетами и клапаном. При опускании поршня создается давление, под действием которого кольматант начинает вытесняться из отверстий фильтра. Затем клапан открывается и поршень свободно погружается. Во время обратного хода поршня происходит засасывание воды через фильтр. В следующем цикле картина повторяется. Таким образом, импульсы создаются механическим путем.

При пневматическом методе в пределах закольматированной части фильтра размещается цилиндр, к которому подводится сжатый воздух. Клапан в цилиндре кратковременно открывается и порция выбрасывается в скважину. В результате быстрого расширения сжатого воздуха возникает импульс и часть воды выталкивается через фильтр из скважины, в следующий момент формируется обратная волна и возврат воды.

В скважине создается давление до 4 мПа при количестве импульсов не менее 10 на 1 пог. м длины фильтра.

Электрогидродинамическая обработка осуществляется при помощи специальных установок, создающих электрогидравлические удары, при которых давление может достигать 5–6 мПа, а количество импульсов – от 100 до 500 на 1 пог. м длины фильтра. Величины и количество импульсов легко регулируются, что позволяет поддерживать щадящий режим декольматации и избежать разрушения фильтров.

Наиболее жестким импульсным методом является пиротехнический. В скважине размещают «торпеду», удлиненный пороховой заряд, при взрыве которого образуется облако пороховых газов, отгоняющее воду на один метр и более от скважины и обеспечивающее хорошую декольматацию призабойной области. Как правило, пиротехнический метод приводит к разрушению фильтра. Повышение давления при взрыве достигает 30–40 мПа.

Нерастворимые отложения, образующие кольматант, растворяются в результате кислотной обработки или восстановления.

Гидроксид железа, карбонаты железа, кальция или магния вступая в реакцию с соляной кислотой переводятся в растворенное состояние, то же происходит и с сернистым железом или кальцием, которые образуются, если подземная вода содержит сероводород. Органические вещества, входящие в состав композиции кольматанта, разрушаются серной кислотой, глины – плавиковой.

Трехвалентное железо и четырехвалентный марганец, входящие в состав кольматанта восстанавливаются до растворимых соединений сульфитом или бисульфатом натрия.

Для химической декольматации применяется соляная кислота с ингибиторами, которые исключают ее воздействие на чистый металл. В качестве ингибиторов используют техническую серную кислоту, катапин – *А* или катапин – *Б*.

Важным условием эффективности химической обработки является торможение реакции с тем, чтобы сохранить активность реагента на некотором расстоянии от скважины. Кроме того, важно обеспечить направленное движение раствора реагентов в призабойной области.

На рис. 2.7 указана схема оборудования скважины при химической обработке. В ствол заливается раствор реагента, который выжимается сжатым воздухом в призабойную область 2. Уровень раствора понижается на величину *P*. Затем по линии 4 воздух сбрасывается, уровень раствора повышает-

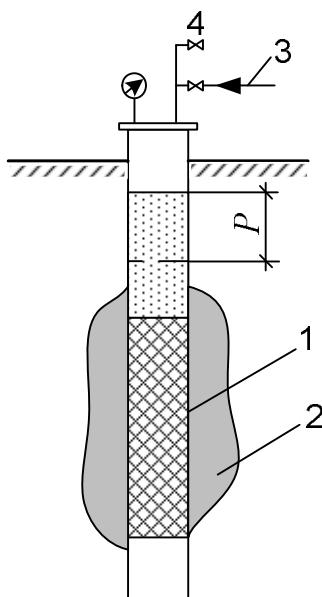


Рис. 2.7. Схема оборудования скважины при химической обработке: 1 – фильтр; 2 – область кислотной промывки; 3 – сжатый воздух из ресивера; 4 – выпуск воздуха; 5 – раствор реагента

ся и он вновь через фильтр возвращается в скважину. Эту операцию (вытеснение реагента и его возврат) повторяют несколько раз до достижения требуемого результата. Недостаток метода заключается в больших потерях реагента и в его нерациональном использовании, так как зафильтрованная область кольматаируется неравномерно.

На рис. 2.8 приведена схема «кислотной пробки», – перфорированного цилиндра, который размещается в местах, где фильтр подвергся кольматации. Цилиндр заполняется реагентом, который затем вытесняется сжатым воздухом в зафильтровое пространство. По мере необходимости «кислотная пробка» перемещается в пределах фильтра.

Более совершенной является технология циркуляционной декольматации, позволяющая регулировать размеры обрабатываемой зафильтровой области водоносного грунта [16]. На рис. 2.9 приведена схема соответствующей установки. Циркуляция реагента в фильтре и прифильтровой зоне создается путем одновременной откачки раствора эрлифтом из нижней части фильтра и его закачки в верхнюю часть фильтра. Установленные в фильтре диски 5 создают сопротивления, ограничивающие рециркуляцию раствора в стволе скважины и обеспечивающие его движение снаружи фильтра. Диск 6 имеет больший диаметр, чем диск 5 и размещается на расстоянии 0,1 длины фильтра.

Размеры зафильтровой области декольматации регулируются интенсивностью заливки реагента из емкости 8, путем увеличивая производительности эрлифта. Усиливая подачу раствора, мы увеличиваем область декольматации. После химической обработки данная и ближайшие скважины прокачиваются до полного осветления и восстановления качества исходной воды. Иногда после химической обработки производят импульсную декольматацию. Подробнее о декольматации скважин [17].

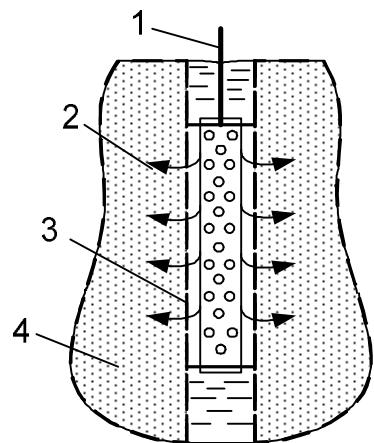


Рис. 2.8. Установка кислотной пробки: 1 – труба сжатого воздуха; 2 – кислотная пробка; 3 – фильтр; 4 – область промывки

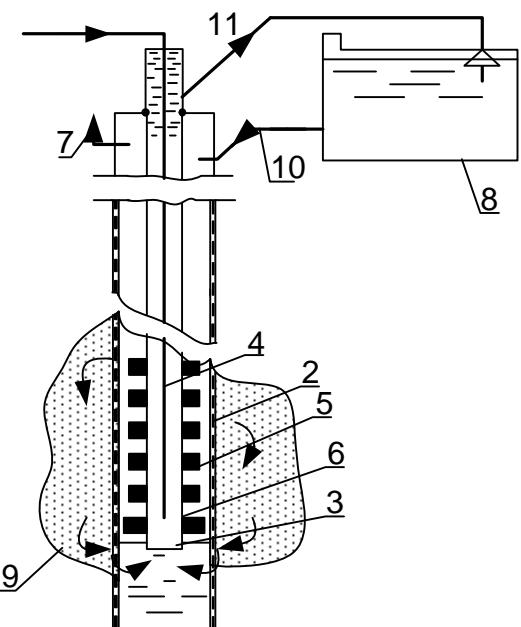


Рис. 2.9. Схема оборудования скважины при циркуляционной обработке: 1 – ствол скважины; 2 – фильтр; 3 – водоподъемная труба эрлифта; 4 – воздушная труба эрлифта; 5 – диски; 6 – нижний диск; 7 – выпуск газа; 8 – емкость для раствора; 9 – область промывки; 10 – залив раствора; 11 – возврат раствора

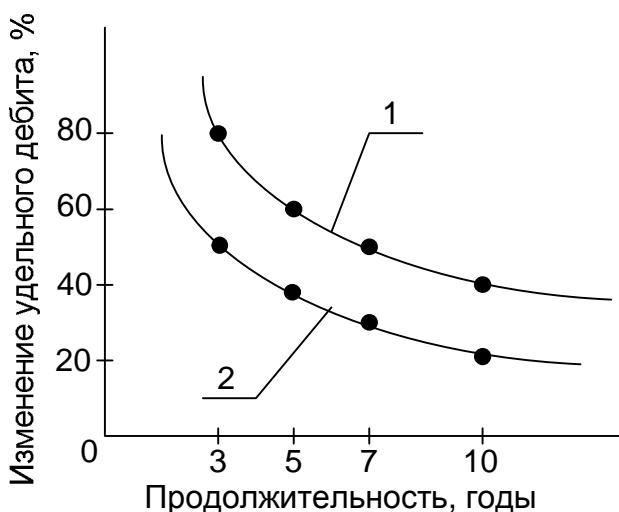


Рис. 2.10. Изменение удельного дебита после восстановления (литературные данные): 1 – пиротехнический метод; 2 – пневматический метод

водится капитальный ремонт с заменой фильтра методом перебуривания, для чего старый фильтр удаляется, ствол засыпается песком, затем ведется перебуривание и установка нового фильтра с отстойником.

Нередко возникает необходимость цементации затрубного и межтрубного пространства. Способы выполнения этих видов капитального ремонта изложен в литературе [9].

Наиболее распространенной аварией скважин является обрыв водоподъемных труб. Для извлечения из скважин насосных агрегатов и труб применяют специальные ловильные инструменты, которые крепятся на буровых штангах или на стальных трубах со стальными муфтами.

Демонтаж и монтаж оборудования скважин выполняется при помощи электрических талей, смонтированных под перекрытием павильонов.

Для монтажа и демонтажа длинномерных элементов предусматриваются люки в перекрытиях павильонов и монтируется специальные вышки.

После завершения работ скважина дезинфицируются. Для этого скважина полностью заполняется хлорной водой при содержании активного хлора до 50 мг/л на 3–6 ч. Для удержания хлорной воды в надводной части скважины в ней на отметке статического уровня временно устанавливается пневматическая пробка (резиновая камера, заполняемая сжатым воздухом).

Если при генеральной проверке обнаружено существенное снижение пропускной способности напорных трубопроводов, в порядке капитального ремонта ее восстанавливают (подробнее в разд. 4).

Как правило, с наибольшей интенсивностью происходит засорение водоподъемных труб в скважине. Если восстановить их пропускную способность оказывается затруднительным, трубы заменяются.

Восстановление производительности скважины носит временный характер. Поскольку факторы, вызывающие колымацию не устранены, этот негативный процесс неизбежно возобновляется (рис. 2.10). Как следует из рис. 2.10 уже через 3 года после восстановления удельный дебит скважин резко уменьшился и продолжил монотонно снижаться.

При интенсивном песковании скважины вследствие неправильного подбора фильтра или его повреждения (в том числе и при декольматации), а в плановом порядке – после 10 лет эксплуатации, произ-

водится капитальный ремонт с заменой фильтра. Эта операция проводится

ствол засыпается песком, затем ведется перебуривание и установка нового фильтра с отстойником.

Неперспективные скважины следует ликвидировать досрочно, до истечения назначенного ресурса. Поскольку ликвидируемая скважина не должна в дальнейшем превратиться в место загрязнения водоносного слоя, ее тампонаж должен производиться по определенным правилам. Первоначально из скважины удаляется оборудование и она очищается от отложений и от коррозии с последующей обработкой хлорной водой (доза – 100 мг/л), затем рабочая часть, скважины засыпается промытым и прохлорированным фильтрующим материалом и заливается цементным раствором. После последующей промывки и хлорирования кольцевых зазоров заливается вторая порция цементного раствора. На заключительном этапе тампонирования вокруг скважины отрывается шурф квадратной формы в плане и глубиной 0,5 м, который бетонируется до уровня пола в павильоне.

Обеспечение безопасной жизнедеятельности персонала. Для безопасного обслуживания скважин необходимо следить за исправностью систем освещения и вентиляции надземных павильонов или подземных камер, исправностью спусков в подземные камеры, правильно содержать территории зоны строгого режима (очистка дорог, освещение территории, исправность лотков и труб, для отвода воды при продувке).

Сложными по условиям безопасности являются ремонтные работы, связанные с монтажом и демонтажем оборудования скважин.

Эти работы проводятся в присутствии мастера, обученного и сдавшего экзамен по правилам перемещения грузов кранами, лебедками и талями. На производство работ выписывается наряд-допуск, рабочие должны работать в спецодежде, касках и рукавицах [13]. Наружные монтажные работы запрещается проводить при ветре более 5 баллов.

К наиболее опасным относятся работы по декальматации фильтров.

К выполнению химической кислотной обработки допускаются лица прошедшие специальный инструктаж и имеющие допуск к этим работам. Рабочие должны пользоваться специальной одеждой, защитными очками, респиратором. Следует иметь в виду, что при заливке в скважину соляной кислоты происходит бурная реакция с возможным выбросом из заливочной трубы.

К декальматации пиротехническим методом допускаются только лица, имеющие книжку взрывателя. На производство работы нужно получить специальное разрешение. Зарядка порохового снаряда производится на открытом месте вдалеке от источников открытого огня. Зарядка и подрыв снаряда производится только в дневное время, причем устье скважины должно быть полностью открыто, а люди удалены от устья скважины не менее чем на 5 м. Работы по декальматажу фильтров производятся под руководством и в присутствии технического руководителя [9].

Анализ работы, интенсификации подземного водозабора. При анализе результатов эксплуатации водозабора, изучаются и обобщаются причины отказов и аварий, случаи нарушения экологических требований, статистики несчастных случаев и профессиональных заболеваний, данные о затратах электроэнергии и о кпд насосов.

Надежность головных сооружений главным образом зависит от состояния и условий работы скважин. Надежность последних обусловлена качеством выполнения строительно-монтажных работ, принятой конструкции фильтров, гидрохимическими условиями, содержанием в процессе эксплуатации.

В условиях, когда возможна химическая кольматация, пониженную безотказность имеют фильтры скважин с малыми размерами входных отверстий. Например на водозаборе г. Железногорска Курской области, кольматация соединениями железа фильтров щелевого типа с оболочками из синтетической напыленной ткани снизила за 2–3 года эксплуатации производительность скважины от 60 до 10–15 м³/ч. Для скважин с проволочными фильтрами и гравийной засыпкой такое снижение произошло за 5–13 лет работы [73].

Производственный ресурс скважин редко превышает 15–25 лет. Для поддержания работоспособности водозабора на нормативном уровне (для второго класса ответственности) необходима систематическая реновация (обновление) скважин. На упомянутом выше железногорском водозаборе за 17 лет эксплуатации проведена реновация почти всех скважин, причем некоторые из них перебуривались дважды.

Неудовлетворительные значения показателей надежности главным образом связаны с недостатками технического обслуживания, несвоевременностью проведения ремонтов, ошибками при проведении производственных операций.

Мы уже упоминали отмеченный в [7] случай, когда было допущено длительное пескование скважины, что в итоге привело к ее отказу.

Среди ошибок, допускаемых при контроле работы водозабора, особенно опасными следует считать небрежность в содержании источника, при наблюдениях за статическим уровнем подземных вод и за их качеством. От положения статического уровня зависит область питания источника. Если эта область захватывает водные бассейны, содержащие воду низкого качества, то реальна угроза поступления загрязненной воды и к водозабору. Колебания статических уровней, иногда значительные, носят сезонный характер.

Статический уровень и радиус воронки депрессии закономерно меняются в зависимости от продолжительности эксплуатации водозабора. В частности, радиус воронки депрессии пропорционален длительности периода эксплуатации с показателем степени 0,5.

Таким образом, за 15–25 лет эксплуатации площадь области питания водозабора увеличивается во столько же раз. В литературе приводится пример, когда после многолетней работы водозабора в воде начали регистрироваться в постепенно возрастающих концентрациях соединения мышьяка. Поскольку первоначально этих загрязнений в воде не было, и при анализе проб воды мышьяк не определялся, его появление своевременно не обнаружилось, что привело к заболеваниям среди населения.

Экономное расходование электроэнергии требует работы насосных агрегатов при близких к максимуму значениях кпд (для погружных насосов – 50–70 %). В [13] отмечается, что у погружного насоса в течение месяца (около 700 ч работы) кпд может понизиться на 3 %. Таким образом, несвоевременный ремонт или замена насоса является серьезной причиной неэкономичной работы водозабора.

Экономичность водозабора зависит от того, насколько обоснованно расходуется электроэнергия. При эксплуатации очень важно исключить рост внутритрубных отложений при транспортировке нестабильной воды. Особенно быстро засоряются водоподъемные трубы скважин, а также участки от скважин до сборного трубопровода.

Контроль за гидравлическими сопротивлениями труб и, в частности водоводов от головных сооружений до водопроводной станции, своевременная чистка, санация или замена трубопроводов, строгий учет подаваемой воды, что позволяет своевременно выявить и ликвидировать утечки, обязательные условия экономичной работы водозаборов.

Интенсификация водозабора направлена на увеличение его производительности и сокращение затрат электроэнергии.

Как известно, производительность водозаборной скважины ограничивается тремя взаимонезависимыми факторами: водозахватной способностью фильтра, степенью понижения уровня и рабочими характеристиками насоса.

Водозахватная способность зависит только от габаритов и конструкции фильтра и от значения коэффициента фильтрации водоносного грунта, т. е. имеет постоянное значение (2.1).

Степень понижения обусловлена положением статического уровня подземных вод и учетом понижения, вызываемого совместной работой скважин. Для некоторых источников характерно колебание уровней воды в течение года и для периодов, когда фактические уровни превышают расчетные, представляется возможным увеличить приток к водозаборным скважинам за счет большого водопонижения.

Если увеличение производительности скважины ограничивается только подачей насоса, то его следует заменить. В случае, когда количество ступеней насоса меньше максимально возможного, а двигатель насосного агрегата полностью не загружен, возможная интенсификация достигается увеличением количества ступеней. При этом рабочая характеристика на-

состоит в том, что положение рабочей точки на графике характеристик насоса и трубопровода переместится в область больших напоров и расходов.

В [9] рассмотрен пример такого решения. При увеличении количества ступеней насоса от двух до трех, подача возросла в 2,6 раза, а потребляемая двигателем мощность только в 1,6 раза.

Иногда многоступенчатый насос при эксплуатации создает излишний напор, избыток которого гасится задвижкой на напорной линии. В этом случае с целью экономии электроэнергии, следует рассмотреть возможность уменьшения количества рабочих ступеней.

Экономия электроэнергии достигается и при регулярной промывке напорных трубопроводов, что позволяет поддерживать их пропускную способность на проектном уровне.

На основании анализа разрабатываются рекомендации по повышению экономичности работы головных сооружений.

В процессе эксплуатации должны быть установлены скважины, продолжение использования которых по их техническому состоянию и производственным возможностям признается нецелесообразным.

2.2. Эксплуатация головных сооружений при заборе воды из поверхностных источников

Общие положения. Особенностью речных водозаборов являются крайне непостоянные условия приема воды из источника. К ним относятся колебания уровней воды, меняющиеся по интенсивности руслообразующие процессы, возникновение биологических обрастаний, ледовые помехи и др.

Некоторые из этих условий меняются закономерно и хорошо прогнозируются, другие проявляются внезапно, что не позволяет к ним заранее подготовиться.

При низких уровнях воды в источнике могут возникнуть затруднения в водоприеме из-за падения уровня воды во всасывающей части водоприемного колодца и срыва вакуума, создаваемого насосами первого подъема. Очень высокие уровни в источнике представляют опасность для креплений берега и затопления площадки головных сооружений. Колебания уровней не всегда вызываются природными причинами, нередко они связаны с регулированием речного стока плотинами водохранилищ.

Уровни и расходы воды в источнике характеризуют руслообразующую деятельность реки и качество речной воды. При низких уровнях транспортирующая способность речного потока уменьшается, что приводит к выпадению взвешенных веществ и к образованию донных отложений. При паводках, а также при сбросе части воды из водохранилища (если водозабор расположен в нижнем бьефе плотины), усиливается размыв и мутность воды резко увеличивается. На реках рыбохозяйственного значения вблизи

нерестилищ есть опасность попадания в водозаборное сооружение рыбьей молоди. Эти, а также ледовые помехи (шуга, донный лед, ледоход) достаточно хорошо прогнозируются по времени.

Важнейшей задачей эксплуатации водозаборов является своевременная подготовка к изменению условий водоприема. Поэтому особенно важно наблюдать за состоянием водного источника и осуществлять меры по его содержанию (дноуглубительные и берегоукрепительные работы, ликвидация котлов шугообразования и др.).

Как и во всех иных случаях, головные сооружения располагаются в пределах зоны строгого режима, в состав которой входит и часть акватории водного источника.

Конструкции водозаборов принимаются в зависимости от профиля по-перечника реки в створе водоприема.

Размеры входных окон зависят от скорости входа воды, которые принимаются 0,4–0,6 м/с, и меньшими, если есть опасность засасывания шуги, молоди рыб, взвешенных веществ [1].

Насосная станция первого подъема либо совмещается с береговым колодцем, либо размещается на минимально возможном по строительным соображениям расстоянии от колодца. В последнем случае всасывающие линии желательно прокладывать в полуходных каналах.

Насосы первого подъема работают равномерно и как правило круглосуточно. Управление насосами в основном дистанционное, из надземного помещения или из павильона над береговым колодцем.

В дальнейшем нами будет рассматриваться техническая эксплуатация водозабора с русловым водоприемником, самотечными линиями и береговым сеточным колодцем.

Оперативная работа и контроль. Операторы водозабора производят включение и выключение насосов первого подъема, систематическую промывку сеток в береговом колодце, поддерживают необходимые по требованиям безопасного обслуживания условия на рабочем месте и строгий режим в зоне санитарной охраны.

Включение или выключение с переводом в резерв насосов первого подъема, а также регулировка их подачи, выполняются по указаниям диспетчера или технического руководителя.

Сетки промываются по достижении перепада уровней по обе стороны полотна 15–20 см (плоские) и 20–30 см (вращающиеся сетки). Значительное превышение перепада уровней может привести к разрыву полотна сетки. Включение системы промывки проводится вручную, но может быть автоматизировано. Вода после промывки поступает в техническую канализацию объекта и отводится за пределы водозабора.

Помимо указанных постоянных работ, персонал выполняет и другие производственные операции, приуроченные к изменениям условий водо-

приема. К ним относятся: подготовка водозабора к появлению молоди рыб; дооборудование и обслуживание водозабора при ледовых помехах, и при подготовке к другим прогнозируемым ситуациям, усложняющим эксплуатацию.

Оперативный контроль за производственным режимом заключается в наблюдении за поддержанием требуемых параметров работы насосов первого подъема: создаваемым напором, силой тока и напряжением в сети электрического питания. Производительность определяется водомерами, установленными на напорных водоводах насосной станции. Контрольными считаются расходы воды, подаваемые в течение смены и суток.

Регулярно (один раз в час) измеряют уровни воды во всех отделениях сеточного колодца и ежесуточно – уровень воды в водотоке, для чего предусматривается водомерный пост.

В соответствии с [12] проверяется качество воды в месте водозабора. Ежемесячно отбираются пробы воды для определения микробиологических, паразитологических, органолептических и обобщенных показателей по сезонам года для определения неорганических и органических примесей, один раз в год – для определения радиологического показателя качества.

Контроль за техническим состоянием объекта и наблюдение за водным источником. Текущий контроль за состоянием объекта предусматривает постоянный осмотр трубопроводов, механизмов для подъема плоских и вращающихся сеток, насосов, площадки головных сооружений.

В порядке проведения ППО по графику осматриваются элементы водозабора. В табл. 2.1. приводятся ориентировочные сроки и частота проведения ППО. Заметим, что график планово-предупредительного осмотра может существенно отличаться от рекомендуемого, так как устанавливается с учетом фактических условий эксплуатации водозабора [3].

Таблица 2.1

Рекомендуемые сроки проведения планово-предупредительного осмотра (ППО) головных сооружений при поверхностном водоисточнике

Объект	Срок ППО
1. Оголовки и решетки при нормальном режиме работы	2 раз в год
2. То же при ледовых помехах	Постоянное наблюдение
3. То же при цветении водорослей и листопаде	Постоянное наблюдение
4. Самотечные линии	1 раз в год
5. Береговой колодец	2 раза в год
6. Крепления береговой полосы	2 раза в год (перед ледоставом и после половодья)
7. Плотины, дамбы, каналы, водоспуски	1 раз в месяц

Объект	Срок ППО
8. Насосы первого подъема	Постоянное наблюдение
9. Задвижки, приемные клапаны и сетки, арматура, самотечные, всасывающие, грязевые трубопроводы, трубопроводы для подачи промывной воды к сеткам и к самотечным линиям	2 раза в год
10. Сетки и механизмы	Постоянное наблюдение

Для удобства проведения оперативных работ и ППО к шиберам, задвижкам, приемным клапанам, подъемным механизмам и т. д. должен быть обеспечен удобный и безопасный доступ. Маховики задвижек вывожатся на высоту не менее 0,7 м от поверхности перекрытий колодцев.

Осмотр подводных элементов (оголовки, решетки, трассы самотечных линий) производится водолазами или аквалангистами. Во время осмотра решеток самотечных линий должны быть обязательно отключены. Подводные элементы могут осматриваться со съльда или с лодок с использованием автоскопа (рис. 2.11).

Осмотр берегового колодца производит бригада из трех человек с соблюдением требований безопасности. Секция колодца отключается и освобождается от воды. Одновременного выполняется чистка колодца.

Герметичность самотечных линий проверяется обратной промывкой с добавлением красителя или с нагнетанием воздуха [37].

Степень засорения самотечной линии и решетки оценивается величиной коэффициента гидравлического сопротивления:

$$S = \frac{\Delta}{Q^2}, \quad (2.4)$$

где Δ – перепад уровней воды в реке и аванкамере; Q – расход воды, проходящий по линии, $\text{м}^3/\text{с}$, (измеряется расходомером на НС1 с отключением всех самотечных линий, кроме данной).

Если насосы первого подъема работают не под заливом (хотя бы часть года) всасы-

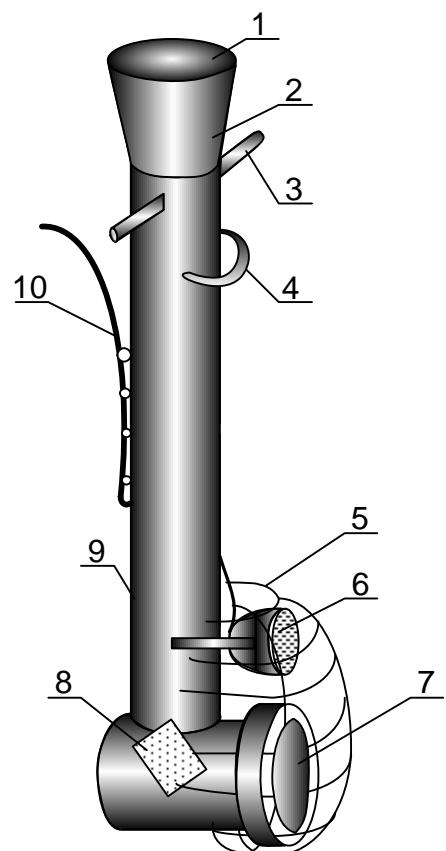


Рис. 2.11. Автоскоп для подводного обследования водозаборов: 1 – стекло верхнее; 2 – раструб из листового железа; 3 – ручки; 4 – скоба для страховющего троса; 5 – дуги предохранительные; 6 – фара автомобильная герметичная; 7 – стекло зеркальной коробки; 8 – зеркало плоское; 10 – провод электрический в изоляции [80]

вающие линии периодически проверяются на герметичность. В тех случаях, когда в конце всасывающей линии установлен приемный клапан (см. рис. 3.4), рекомендуется следующая методика проверки герметичности. Линия полностью заполняется водой и включается вакуумметр, показания которого должны оставаться без изменения [71].

Достаточно достоверное прогнозирование неблагоприятных природных явлений требует постоянных наблюдений за гидрологическим режимом и за развитием руслообразующих процессов.

Правилами технической эксплуатации [37] предусматривается наблюдение за изменениями фарватера, перемещением побочней, образованием отмелей и размывов берегов. В обоснованных случаях гидрологические наблюдения проводятся не только для реки, из которой осуществляется водозабор, но и для ближних притоков, сток которых определяет минимальный дебит основного источника.

Не реже одного раза в год следует производить нивелировку дна водотока на участке длиной 100–150 м выше и ниже водоприемника. Промеры дна производят по постоянным створам, закрепленными на берегах геодезическими знаками и расположенных через 10–20 м. Промеры делаются до и после паводков и половодий или в другие, характерные для эрозионной деятельности реки, сроки.

На протяжении всего периода ледостава наблюдают за подвижками льда, его воздействием на конструкции водозабора и на крепления береговой полосы.

Накануне ледостава, если возможны возникновения ледовых помех, регулярно измеряют температуры воды в реке и в водоприемнике, следят за образованием донного льда и шуги, наблюдают за перемещением облака шуги к водозабору.

Мониторинг состояния источника водоснабжения позволяет своевременно подготовиться и принять меры при возникновении изменений в условиях водоприема, вызванных природными причинами.

Процесс эксплуатации в особом режиме. Возникновение особых условий, требующих проведение специальных эксплуатационных мер, связано с ледовыми помехами, эрозионной деятельностью водотока, сезонными ухудшениями качества речной воды, рыбохозяйственными причинами. В большинстве случаев, рассматриваемые неблагоприятные для приема воды ситуации являются временными и сезонными.

Ø Эксплуатация в условиях ледового режима. К помехам, относящимся к ледовому режиму, относят: возникновение шуги и донного льда, возможность повреждения инженерных конструкций водозабора при ледоходе, паводках, а также при подъеме уровней при образовании заторов ниже водоприемника.

Шуга и донный лед образуются в условиях переохлаждения воды источника накануне льдообразования и ледостава.

Шуговые явления оцениваются по трехбалльной системе, предложенной Э.Л. Лазаряном: для длительности шугохода до 3 суток, без образования шуговых ковров и для условия, что шуга занимает не более 25 % живого сечения явление оценивается одним баллом. При двух баллах продолжительность явления достигает 7 суток, а шуга занимает до 50 % живого сечения и транспортируется в верхней части речного потока. Более тяжелые условия, когда возможна даже полная закупорка живого сечения речного потока шугой, оцениваются тремя баллами.

Гидравлическая крупность частиц шуги находится в пределах 30–40 мм/с. При скоростях воды до 0,7–0,8 м/с поля шуги останавливаются перед препятствиями и, смерзаясь образуют ледовый покров, при скоростях 1,5 м/с и более поток шуги проходит под препятствием, огибая его снизу. В этих условиях на некотором участке может существовать подледный слой шуги. Донный лед образуется в зависимости от характера дна: на твердых поверхностях (скала, бетонные плиты и другие) слой донного льда иногда достигает толщины до одного метра и более. На песчаном дне донный лед образуется плохо – он отрывается и вместе с песчинками всплывает.

С учетом вероятной тяжести шуголедовых явлений предусматриваются стационарные защитные конструкции: ковши, водоприемные окна размещаемые на разных глубинах, струенаправляющие сооружения.

К прогнозируемому началу ледового периода эти сооружения осматриваются и приводятся в работоспособное состояние. Кроме того, на период шуголедовых явлений предусматривается ряд эксплуатационных мероприятий: уменьшение расходов и скоростей входа воды в окна водоприемника, подогрев решеток, подогрев воды, установка запаней.

Уменьшение скоростей входа является эффективным и апробированным мероприятием. Поскольку уменьшение скорости означает уменьшение производительности водозабора, рассматривается возможность форсирования работы других, например, подземных водозаборов (при их наличии). К моменту, когда возникает необходимость уменьшить забор воды, все запасные емкости системы водоснабжения полностью заполняются. В необходимых случаях подача воды водопроводом уменьшается до 70 % от расчетной.

Принятие такого решения относится к компетенции диспетчера и главного инженера Водоканала.

Если тяжесть шуголедяного явления не превышает одного балла, а скорость воды в реке не превышает 0,7–0,8 м/с, эффективным защитным мероприятием является установка на подходе к водоприемнику запани, создающей порог, заглубленный на 1,5–2,0 м. Положение запани фиксируется бетонными якорями. После образования ледового покрова запань удаляют (рис. 2.12).

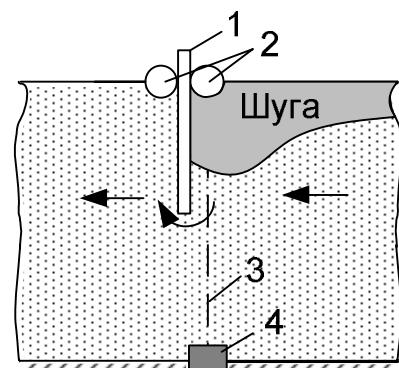


Рис. 2.12. Запань: 1 – порог; 2 – pontoны; 3 – канат; 4 – якорный бетонный блок

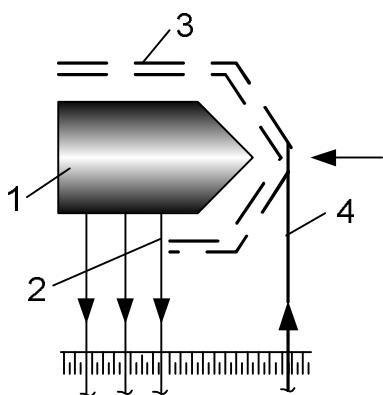


Рис. 2.13. Создание пневматической защиты: 1 – оголовок; 2 – самотечные линии; 3 – донные перфорированные трубы; 4 – воздуховод на понтоне

При бальности шуголедяных явлений в лах 1–2 баллов успешно применяют пневматическую защиту водоприемника. На подходах к водоприемнику на дне размещаются несколько параллельных ниток перфорированных труб, в которые подается сжатый воздух. Отверстия диаметрами 2–4 мм размещаются через 0,25 м. Диаметр перфорированных труб принимается до 100 мм. Восходящий воздушный поток эжектирует шугу и выносит ее на поверхность (рис. 2.13). Как отмечает проф. А.М. Курганов, восходящая скорость воды, создаваемая воздушным потоком, должна быть больше скорости в реке примерно на 50–60 %. Смерзшиеся массы шуги легко разрушаются и отклоняются от водоприемника. Удельный расход воздуха определяется в процессе использования

пневматической завесы и зависит от местных условий: глубины реки, скорости течения, интенсивности явления. Например, при скорости в реке около 0,5 м/с и глубине 3,5 м удельный расход воздуха, обеспечивший достаточную защиту, составил 1 м³/мин на 1 м длины завесы [14].

Подогрев решеток производится путем пропуска пара или горячей воды через прутья решеток трубчатого сечения, либо путем пропуска электрического тока. В последнем случае решетки превращаются в греющие элементы.

Для предотвращения прилипания внутриводного льда к поверхностям решеток они должны быть нагреты до температур + 0,04 – + 0,05 °С.

С учетом этого обстоятельства на подогрев решеток расходуется 0,15–0,20 кг пара низкого давления в расчете на 1 м³ забираемой воды. При электроподогреве удельные затраты электроэнергии составляют от 3,5 до 8 квт·ч на 1 м² площади решетки [15]. Решетки присоединяются к шинам электропитания группами и соединяются последовательно. Напряжение постоянного тока не должно превышать 150 В.

По наблюдениям профессора А.Ф. Порядина, в тяжелых шуголедовых условиях внутриводный лед образует у оголовков малоподвижный массив из насыщенной кристаллами льда воды, не позволяющий водолазам приблизиться к водоприемнику. В результате работы системы нагрева решеток с наружной стороны водоприемных окон образуется зона, свободная от льда, но поступление воды к окнам нарушается.

Если в процессе преодоления шуголедовых явлений возникает такая необходимость, то производится механическая очистка решеток скребками и граблями, а иногда полезной оказывается обратная промывка самотечных линий, продолжительностью 10–20 мин.

Заметим, что прогрев решеток следует начинать до подхода шуги к водоприемнику.

Во время хода шуги на головных сооружениях должны дежурить технические руководители Водоканала: главный инженер, его заместители, главный диспетчер, так как принимаемые ими оперативные решения влияют на безотказность всего водопровода.

В период ледостава проводятся регулярные работы по содержанию источника: ликвидации шугозажоров, мест полного промерзания речного потока на плесах. Следует своевременно обкалывать лед в местах его смерзания с элементами конструкций головных сооружений.

Полыньи, расположенные выше водоприемника, могут превратиться в места постоянного образования шуги, что особенно опасно при больших скоростях течения (более 1,5 м/с). Полыньи обычно возникают на перекатах. Не замерзшие участки следует перекрывать хвостом и намораживать лед.

Заторы ниже водоприемника провоцируют во время ледохода возникновение подпора, затопление площадки головных сооружений и повреждения инженерных конструкций. Поскольку заторы и зажоры возникают на мелких местах желательно заблаговременно провести дноуглубительные работы. В возможных местах полного промерзания речного потока ледовый покров утепляется снегом, хвостом и т. д.

Существует опасность повреждения гидротехнических сооружений водозаборного узла льдом. Наиболее опасными периодами считаются ледоход.

Заблаговременно, накануне ледохода, удаляются вмерзшие в лед крупногабаритные предметы, дополнительно защищаются или временно демонтируются установки или элементы сооружений, которые могут быть повреждены льдом.

Для защиты территории головных сооружений от затопления при паводках по необходимости создаются защитные дамбы, разрушаются заторы льда и проводятся другие работы.

На период ледохода, половодья и паводков на площадке головных сооружений должен быть аварийный запас материалов и дежурная аварийная бригада. Если существует опасность образования заторов, следует установить дежурство подрывников [19].

Ø Проведение рыбозащитных мероприятий. Рыбозащитные мероприятия направлены на предотвращение попадания личинок рыб и их молоди в водозаборное сооружение. Цель этих мероприятий двоякая: чисто экологическая и техническая (устранение опасности загрязнения водозабора).

Эффективность рыбозащиты должна быть не менее 70 % для рыб промысловых видов, размером более 12 мм.

Способы защиты могут быть активными и пассивными. К последним относятся разного типа рыбозаградительные полотнища, сетки и кассеты,

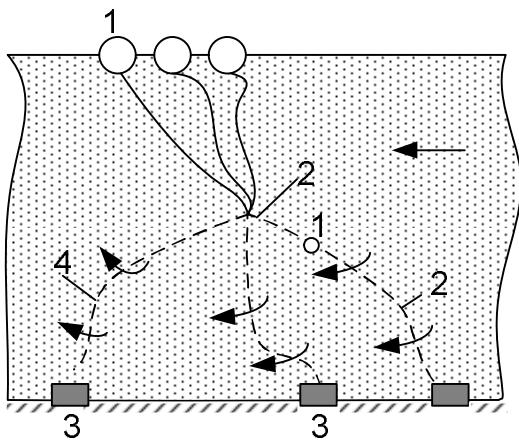


Рис. 2.14. Перемещающееся рыбозаградительное полотнище из прорезиненной ткани [14]: 1 – фиксирующий поплавок; 2 – полотнище-козырек; 3 – якорный бетонный блок; 4 – перемещающееся полотнище

Перед водоприемником создают электрические поля, причем с уменьшением длины рыб требуется поля большего напряжения. Чаще всего метод эффективен по отношению к рыбам длиной более 35–40 см.

Звуковой способ при частотах до 100 Гц оказывает отпугивающее влияние на рыб.

При прозрачности воды более 20–30 см применим световой метод, который создает ориентир, отвлекающий рыб от зоны водоприема.

Во всех случаях на период, когда проводятся рыбозащитные мероприятия, скорость входа в водоприемнике снижается до возможного минимума.

Иногда для рыбозащиты оголовки оборудуются фильтрующими кассетами, водоотборная площадь которых рассчитана на скорости втекания около 0,05 м/с и менее. Кассеты регенерируются при импульсной промывке самотечных линий (см. ниже), а также путем обмычки водовоздушными струями или струями из гиромонитора.

Кассеты устанавливаются в пазовых конструкциях водозаборных окон. Перед очередной установкой кассеты промываются и дезинфицируются.

Согласно [37, п. 2.3.4] для наблюдения за эффективностью рыбозащиты, на водозаборе организуется ихтиологический пост. Периодичность наблюдений и их выполнение устанавливаются и проводятся органами рыбоохраны при необходимом содействии эксплуатационного персонала.

Рыбозащитные установки должны своевременно монтироваться, испытываться и регулироваться, а после использования – демонтироваться и храниться.

Ø Эксплуатационные мероприятия при сезонном увеличении мутности и загрязненности речной воды. Если эрозионная деятельность реки активизируется в течение определенного периода года, наряду с исполь-

зуются временные и в дальнейшем демонтируются (рис. 2.14).

Чтобы уменьшить опасность присасывания мальков к рыбозаградителям скорость входа воды в водоприемник ограничивается 0,1–0,2 м/с и менее.

Рыбозащитным устройством физиологического действия является воздушная завеса, которая создается при подаче сжатого воздуха по системе дырчатых труб. Завеса образуется из пузырьков воздуха диаметром 2–3 мм и обеспечивает эффективность отвода рыб в пределах 30–35 %.

К активным методам рыбозащиты относятся установки, создающие у рыб реакцию раздражения и вызывающие их уход.

зованием стационарных регулирующих гидротехнических сооружений применяются временные устройства и проводятся специальные работы.

Так, при заборе воды из реки Волги, при заносе водоприемника песком была повышена высота порога. С этой целью в пазах водоприемных окон вместо решетки установили специальный короб, посредством которого вода забиралась выше потока донных насосов [19].

Для защиты от заноса затопленных русловых водоприемников хабаровского водопровода, в теплый период года осуществляется расчистка участка русла р. Амур от песчаных отложений. В настоящее время вокруг оголовков сооружена подковообразная дамба, высотой до 9 м.

При значительном сезонном повышении мутности речной воды для водозаборов небольшой производительности можно рекомендовать временную установку наплавного водоприемника, совмещенную с тонкослойными модулями для предварительного осветления воды по схеме И.А. Бакаева. Водоприемный блок на понтонах закрепляется тросами с бетонными блоками-якорями и соединяется с водоприемным окном стационарного оголовка гибкой вставкой. Забор воды производится близко к поверхности, причем, вода при проходе через тонкослойный модуль с высотой полок 50–80 мм под углом 45–60° к горизонту, в значительной степени очищается от грубодисперсной взвеси. В период эксплуатации блок водоприемника регулярно осматривается, а модули при необходимости очищаются. После сезонного улучшения качества воды наплавной водоприемник демонтируется и на оголовке вновь устанавливаются решетки (рис. 2.15).

Для предупреждения засасывания плавающего сора и при недостаточной глубине забрала водоприемника временно устанавливаются наплавные запани.

Ø Эксплуатационные меры защиты водоприемника от биологических обрастаний. В ряде случаев существует опасность биологических обрастаний водоприемников. Среди гидробионтов, вызывающих обрастания, гидры, олигохеты, пиявки, личинки ручейника и моллюск дрейссена, который был занесен в водохранилища европейской части России из бассейнов Атлантического океана, Балтийского и Белого морей. Отмирая и раз-

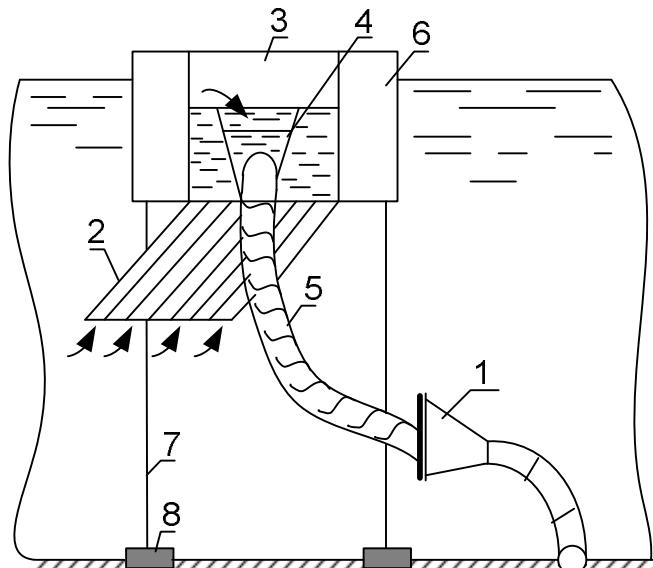


Рис. 2.15. Схема плавучего водоприемника с тонкослойными осветлительными модулями: 1 – основной оголовок; 2 – тонкослойный модуль; 3 – водоприемная камера; 4 – сборный лоток; 5 – гибкая вставка (рукав); 6 – понтоны; 7 – трос; 8 – якорный бетонный блок

лагаясь обрастатели ухудшают качество воды и засоряют решетки, сетки и трубопроводы.

Методы борьбы с обрастаниями осуществляются с учетом закономерностей биологического цикла и развития гидробионтов.

Наиболее эффективной мерой борьбы с дрейссеной является периодическая десятиминутная промывка водой температурой 40–45 °С. В течение 1 ч около 70 % всех моллюсков отпадает от поверхностей и легко вымываются при последующей холодной промывке [19].

Для борьбы с обрастаниями успешно применяется хлорирование, режим которого назначается с учетом физиологических характеристик подавляемых организмов. Оно особенно эффективно при обрастании микробиальным биоценозом. Вод хлора прерывистый: 5–15 мин хлорирования и 40–60 мин перерыва.

Имеется положительный опыт хлорирования при обрастаниях гидробионтами и, в частности дрейссеной. При дозах хлора до 1,5 мг/л личинки этого моллюска погибают в течение 8 ч.

Хлорная вода подается на расстоянии 30–40 см от входа в водоприемные отверстия.

Причины ухудшения работы речных водозаборов. Нарушение нормального функционирования речных водозаборов проявляется в уменьшении их производительности или в ухудшении качества забираемой воды.

Причины такого ухудшения объясняются ошибками в эксплуатации нарушением условий забора воды.

Уменьшение производительности оказывается вынужденным в связи с особенно неблагоприятными ледовыми условиями, повышением мутности воды, ужесточением требований в отношении рыбоохраны. Задача эксплуатационного персонала в сложившихся ситуациях состоит в применении дополнительных мер защиты водоприемника по сравнению с обычно применяющимися.

Снижение производительности часто вызывается ростом гидравлических сопротивлений решеток и самотечных линий.

Это приводит к снижению уровня воды во всасывающей камере берегового колодца, что в свою очередь может нарушить работу насосов [36]. Причинами увеличения гидравлических сопротивлений служит засорение решеток, сеток и труб. Иногда сопротивления возрастают из-за неисправности задвижек или поворотных клапанов в конце самотечных линий. Конкретные причины, вызвавшие рост гидравлических сопротивлений, могут быть легко выяснены и устранены.

Если самотечные линии имеют схему сифона, то неплотность в той части трубы, которая находится выше уровня воды в реке (рис. 2.16 участок 1–2), приведет к срыву вакуума и прекращению поступления воды в сеточный колодец.

Снижение уровней воды в сеточном колодце представляет ту опасность, что может произойти засасывание воздуха во всасывающие линии насосов, установленных не под заливом, с последующим нарушением их работы. Впрочем, такая ситуация возможна только при уровнях воды в источнике, близких к расчетному минимуму.

Срыв вакуума и полный отказ насосов, установленных не под заливом не исключен и при разгерметизации всасывающих труб на тех участках, где они находятся под вакуумом. Другие причины возможных отказов насосов первого подъема относятся к центробежным насосам вообще и рассматриваются в разд. 3 настоящей работы.

Ухудшение качества воды вызывается рядом причин: недостаточной высотой порога или глубиной забрала, биологическими обрастаниями решеток и сеток, природными и техногенными факторами.

При недостаточной высоте порога в водоприемник поступает песок и другие донные наносы. Тонкий песок, не задерживаясь в береговом колодце, попадает на очистные сооружения водопроводной станции, чем усложняет их эксплуатацию. Кроме того, пескование приводит к ускоренному износу насосов первого подъема и к истиранию труб.

Если глубина забрала оказалась недостаточной, в водоприемник поступают загрязнения, находящиеся вблизи поверхности. В их число входят и многие техногенные загрязнения: масла, СПАВ, нефтепродукты и другие.

В этих случаях необходима реконструкция водоприемника.

Если ухудшение качества воды объясняется устранимыми причинами, следует рассмотреть возможность на них воздействовать (режим выпуска воды из водохранилища, прекращение тех или иных гидротехнических работ, производимых выше по течению и т. д.).

Аварии, при которых возникает серьезное нарушение или полное прекращение функционирования головных сооружений чаще всего могут произойти по трем причинам: при полной закупорке входных отверстий оголовка шугой; нарушениях, вызывающих отключение насосной станции первого подъема (разд. 3); при ухудшении качества воды в источнике, делающей ее непригодной для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Так, при попадании в начале 2000 года большого количества цианосодержащих осадков в реки Тиссу и Дунай, потребовалось аварийное отключение водозаборов ряда городов Сербии, Венгрии и Болгарии.

Профилактические и ремонтные работы. Эксплуатация речных водозаборов всегда связана с накоплением в сооружениях песка или ила, поступающих при заборе воды. Поэтому ряд планово-профилактических ремонтов проводится с целью очистки сооружений от осадков.

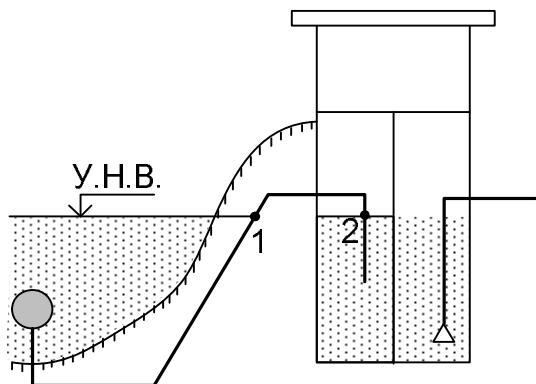


Рис. 2.16. Схема сифонной линии

К таким ППР относятся: очистка приемных сороудерживающих решеток, самотечных линий, береговых колодцев, ковшей.

Одновременно с очисткой производится осмотр инженерных конструкций и трубопроводов и устраняются выявленные повреждения. Текущие ремонты проводятся по результатам ППО, но не реже, чем через шесть месяцев. В необходимых случаях проводится капитальный ремонт инженерных конструкций, береговых креплений, напорных трубопроводов, трубопроводной арматуры, решеток, сеток, устройств шуго- и рыбозащиты, их установка и демонтаж. Капитальный ремонт оголовков водоприемников проводится не реже, чем один раз в 2 года, а водоприемного сеточного колодца – в пять лет.

Ø Промывка самотечных линий. Согласно нормативам [1] самотечные линии рассчитываются на скорость движения воды 0,7–1,5 м/с, что позволяет поддерживать во взвешенном состоянии ил или мелкий песок с диаметрами частиц около 0,1 мм. Более крупные фракции перемещаются в виде гряд по дну трубы.

Часть донных наносов, накапливаясь в трубе, постепенно снижают ее пропускную способность. Для восстановления пропускной способности предусматривается плановая (обычно один раз в году) промывка самотечных линий. При промывке необходимо вызвать перемещение неподвижного слоя осадка.

В зависимости от поведения неподвижных частиц различают скорости троганья сплошного поверхностного слоя и скорости массового перемещения. Чем меньше размеры фракций, тем больше различие между этими скоростями. Для фракций диаметрами 0,1–0,5 мм скорости троганья меньше скорости массового перемещения в несколько раз. Если условно приравнять скорость троганья к скорости воды, при которой произошло оседание частиц, то скорость промывки самотечной линии должна составлять 2–3 м/с и более. По нашему мнению, обычно рекомендуемая скорость промывки, превышающая расчетную скорость воды в самотечной линии в 1,25–1,5 раза, занижена.

Во всех случаях, необходимая скорость и продолжительность промывки определяется с учетом местных условий по опыту эксплуатации.

Различают прямую и обратную промывку.

На период промывки самотечная линия отключается. Поэтому сроки работы по промывке самотечных линий, которые могут продлиться несколько суток и вызывают уменьшение производительности головных сооружений, требуют согласование сроков с диспетчером.

При обратной промывке, вода насосами первого подъема (а при близком расположении НС2 – насосами второго подъема) подается в самотечную линию, загрязнения вымываются из трубы в водоток.

Интенсивность обратной промывки ограничена возможностями насосного оборудования. Если для промывки используются насосы первого

подъема, забирающие воду из работающих секций берегового колодца, то остальные самотечные линии эксплуатируются в форсированном режиме, а сетки в сеточных колодцах – в условиях перегрузки. Подача воды на станцию очистки в этот период существенно уменьшается или вовсе прекращается. К началу промывки резервуар чистой воды и другие емкости на водопроводной сети следует полностью заполнить водой.

Эффективность обратной промывки, что особенно важна для самотечных линий диаметрами более 300 мм, существенно повышается при создании прерывистого импульсного режима.

С этой целью в конце линии 1 устанавливается герметически закрывающийся затвор 2, к линии присоединяется стояк 3, диаметр которого в 1,5...3 раза больше диаметра трубы 1 (рис. 2.17).

При создании в стояке 3 вакуума вакуум-насосом 4 вода поднимается в стояке на высоту Δ , м, относительно уровня в реке, что соответствует $P_{вак} = \Delta$, м.в.ст. Максимальное значение $P_{вак}$ может приниматься до 8 м.в.ст.

При срабатывании клапана 5 и срыве вакуума вода из стояка «залпом» поступает в 1, создавая импульс, способствующий смыву отложений. Такие операции по промывке повторяются многократно.

Безотказность импульсной промывки зависит от герметичности закрытия затвора 2.

Обратную промывку следует производить при низких уровнях воды в реке.

Прямая промывка производится при высоких уровнях воды и отсутствии опасности подсоса песка в самотечные линии. Она включает следующие повторяющиеся операции: максимальное понижение уровня воды в секции берегового колодца, к которой присоединена промываемая самотечная линия; открытие задвижки в конце самотечной линии, промывка. После заполнения секции до некоторого промежуточного уровня задвижка на самотечной линии закрывается и вода из секции вновь откачивается и т. д.

Заполнение опорожненной секции по промываемой самотечной линии происходит при перепаде уровней $Z - Z_1 = \Delta_1$ и скорости в самотечной линии достигают нужных по условиям хорошей промывки значений (рис. 2.18).

Рекомендуем следующую методику расчета при прямой промывке.

Предварительно по результатам работы самотечной линии определяем ее коэффициент гидравлического сопротивления по формуле (2.4).

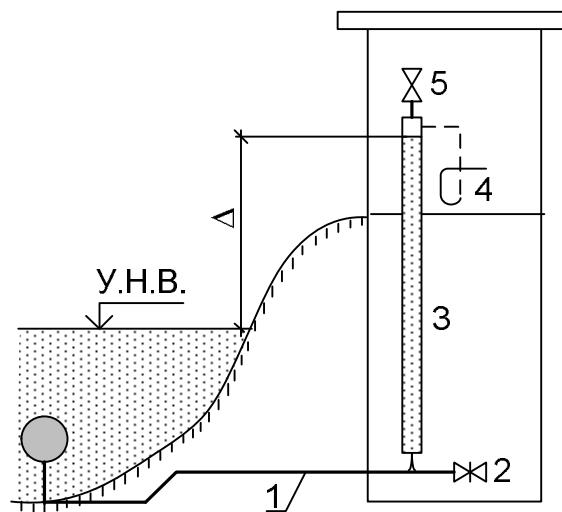


Рис. 2.17. Схема импульсной промывки: 1 – самотечная линия; 2 – герметический затвор; 3 – стояк; 4 – вакуум-насос; 5 – клапан для срыва вакуума

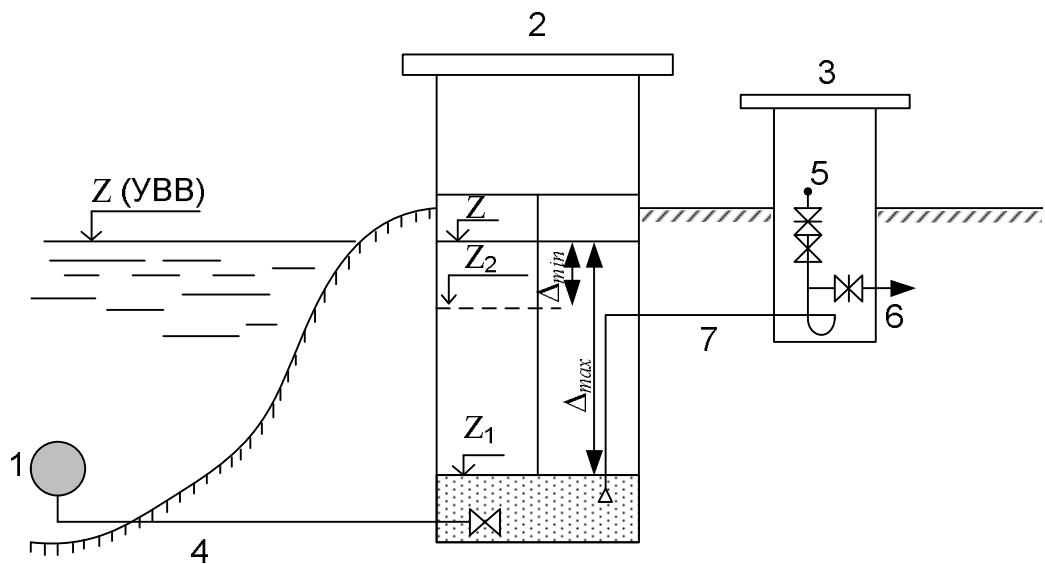


Рис. 2.18. Схема прямой промывки: 1 – оголовок; 2 – сеточный колодец; 3 – НС-1; 4 – самотечная линия; 5 – напорный водовод; 6 – напорный водовод; 6 – выпуск в техническую канализацию; 7 – всасывающая линия

Пусть минимально необходимый для промывки самотечной линии расход воды равен Q_{min} . Тогда перепад уровней воды в реке и колодце $\Delta_{min} = Z - Z_2$ (рис. 2.18) будет $\Delta_{min} = S Q_{min}^2$.

Уровень воды в колодце $Z_2 = Z - \Delta_{min}$.

При наполнении колодца от уровня Z_1 до уровня Z_2 расход и скорость промывки будет превышать минимально необходимые значения.

Максимальный расход при $\Delta_{max} = Z - Z_1$ следующий: $Q_{max} = \sqrt{\frac{\Delta_{max}}{S}}$

Продолжительность заполнения секции берегового колодца от уровня Z_1 до Z_2 $t = 2F \frac{Z_2 - Z_1}{Q_{max}}$, где F – площадь секции.

В ходе промывки значение коэффициента S уменьшается, что приводит к увеличению ее скорости.

Прямая промывка при всех ее преимуществах может применяться, если доказана невозможность следующих опасных последствий:

- разрушения или повреждения под действием неуравновешенных сил гидростатического давления перегородок, отделяющих работающие секции берегового колодца от промываемых;

- смещения или повреждения берегового колодца из-за несимметричного изменения его массы при временном опорожнении и заполнении водой промываемых секций;

- размыва участков дна водотока во время промывки;

- засорения самотечных линий в ходе промывки донными наносами с большой гидравлической крупностью фракций.

Поскольку по промываемой линии в береговой колодец поступает загрязненная вода, ее следует откачивать в техническую канализацию, как показано на рис. 2.18. Сетку в сеточном колодце следует убрать, а после промывки очистить секцию от осадков и промыть всасывающую линию и насос, откачивающий загрязненную воду.

В случаях, когда гидравлический способ восстановления пропускной способности оказывается мало эффективным, применяют гидропневматические и механические методы.

По условиям производства работ такие способы очистки самотечных линий целесообразны при минимальных уровнях воды в источнике. Подробнее эти методы рассмотрены в разд. 4 настоящей работы.

Ø Очистка береговых колодцев. Осадок из очищаемых секций колодцев удаляется при помощи насосов, гидроэлеваторов и эрлифтов.

Откачка осадка производится погружным канализационным насосом, а для разрыхления донных отложений в колодце монтируются перфорированные трубы, присоединяемые к напорной линии насоса.

Гидроэлеватор опускается на троссе и гибких шлангах, по одному из которых откачивается осадок, по другому подается «рабочая вода» под напором 50–80 м с расходом около 10 л/с. Если насосы первого подъема не способны создать требуемые напоры для подачи рабочей воды, она подается от НС2 или используются привозные насосы, создающие требуемый напор. Конструкция переносного гидроэлеватора обеспечивает размыв отложений, в противном случае необходимо проложить дополнительные напорные перфорированные трубы.

Для откачки осадка могут применяться эрлифты.

После удаления основной массы отложений секция опорожняется и дальнейшие работы выполняются вручную. При этом полностью удаляются осадок, стены и днище промываются брандспойтом, а в обоснованных случаях – хлорной водой, очищаются от ржавчины и окрашиваются металлические поверхности, затираются с железнением стены и днище, ремонтируются решетки, сетки, арматура. При необходимости выполняются и некоторые капитальные ремонтные работы, в том числе смена ходовых скоб, лестниц, механизмов сеток, арматуры и другого оборудования, ремонтируются стенки и днища колодца.

Ø Ремонт оголовков и самотечных линий. При обследовании оголовков водолазами, аквалангистами или при помощи автоскопов выявляется повреждение конструкций, размыв дна, либо занос песком площадки, где расположены оголовки. С учетом выявленных повреждений производятся ремонтные работы. Среди них такие капитальные работы, как смена венцов ряжевых оголовков, загрузка и отсыпка оголовков камнем, замена водоприемника типа «косое колено» в случае его повреждения речным транспортом и др. При выполнении ремонта необходимо следить за сохранением мест размещения водоприемников в пределах речного русла,

расположения входных отверстий относительно направления движения воды в реке, отметок порога и забрала.

Недопустимо такое изменение конфигурации водоприемников, которое нарушает плавное обтекание речным потоком. В противном случае водоприемник окажется в зоне размыва дна или образования донных отложений. Очистка и ремонт входных решеток, затопленных оголовков производится после их извлечения из воды.

Обследование самотечных линий проводится при низком уровне воды, а оставшаяся подводная часть обследуется аквалангистами. При обследовании обращается внимание на сохранение проектного профиля труб, так как вследствие просадки, всплытия или размыва траншеи на линии могут возникнуть контруклоны, искривления, т. е. места, где может скапливаться воздух или образовываться грязевые пробки. Самотечные линии чаще всего выполняются из стальных труб и подвержены коррозии. При образовании каверн увеличиваются потери воды из самотечной линии, а каверны, находящиеся на участках, где при низком уровне воды в реке возникает вакуум, могут быть причиной отказа вследствие его срыва.

Как уже отмечалось, места расположения каверн обнаруживаются при обратной промывке подкрашенной или аэрированной водой.

Выявленные неисправности устраняются.

Ø Очистка ковшей, ремонт конструкций крепления гидротехнических сооружений. Ковши, которые защищают водозаборы от наносов и шуги являются по характеру работы отстойниками и нуждаются в регулярной очистке. Осмотр конструкций ковша и его очистка от наносов проводятся в порядке ППО и ППР не реже, чем через 1–2 года. При удалении наносов используют механизмы, применяемые для дноуглубительных работ и землеройную технику.

При ППР гидротехнических сооружений водозабора производится затирка трещин в бетонной облицовке, замена отдельных бетонных плит в креплениях откосов, посев травы.

Капитальный ремонт предусматривает замену конструкций креплений, пришедших в негодность, а также при необходимости противооползневые работы.

Ремонтные работы на сетях в пределах головных сооружений и насосных станциях первого подъема будут рассмотрены в разд. 4.

Условия безопасной жизнедеятельности. Работы по эксплуатации головных сооружений из открытых источников считаются весьма опасными. Это в первую очередь относится к тем профилактическим и ремонтным работам, которые выполняются в пределах акватории.

Как уже отмечалось, осматривать, ремонтировать и очищать сорудерживающие решетки на водоприемных окнах разрешается только после остановки насоса первого подъема, необходимы меры, исключающие случайное включение этого насоса во время ведения работ.

Осмотр и чистка решеток с лодок разрешается только при скоростях течения не более 0,6 м/с и при глубине не свыше 2 м. Персонал, выполняющий указанную работу, должен уметь плавать и иметь спасательные средства.

При выполнении работ со льда производится предварительная проверка его толщины и ведется непрерывное наблюдение за состоянием ледового покрова. Работа выполняется бригадой из трех человек, спасательные средства размещаются на дощатых настилах.

Необходимо соблюдать ряд правил безопасности и при выполнении водолазных работ. Бригада состоит из трех аттестованных водолазов. Во время ведения работ на месте должна находиться дежурная лодка со спасателями и необходимыми спасательными средствами. Все подводные работы выполняются в присутствии и под контролем мастера.

Работы, требующие спуск в колодцы и камеры переключения выполняются бригадами из трех человек (двою страхующих). Рабочие снабжаются необходимой экипировкой. Перед началом работ проверяется отсутствие загазованности.

Правила безопасного обслуживания насосов изложены в разд. 3.

Анализ работы и интенсификация водозаборов из поверхностных источников. Надежность головных сооружений из поверхностных источников зависит от фактических условий водоприема.

На безотказность влияет интенсивность эрозионной деятельности источников, ледовые помехи, увеличение мутности воды. Поступление в водоприемник песка вызывает истирание труб самотечных линий. Нередки случаи деформации оснований этих труб вследствие просадок, пучения на участках, расположенных выше отметок низких уровней воды в источниках.

Интенсивность отказов самотечных линий, в среднем составляет $0,25 \cdot 10^{-4}$ 1/ч. Безотказность оголовков оказывается более высокой: для раструбных оголовков $\lambda = 0,02 \cdot 10^{-4}$ 1/ч, для железобетонных оголовков русловых – $\lambda = 0,01 \cdot 10^{-4}$ 1/ч.

Центробежные насосы первого подъема эксплуатируются в условиях интенсивного абразивного износа (разд. 3). Средняя интенсивность отказов горизонтальных насосов $\lambda = 2 \cdot 10^{-4}$ 1/ч, а вертикальных $\lambda = 3,5 \cdot 10^{-4}$ 1/ч [3].

Малая доступность для проведения ППО и ремонтов понижает ремонтопригодность элементов водозаборов, вынесенных в пределы русел. Так, средняя продолжительность ремонта оголовков и самотечных линий составляет 140–150 ч.

Водозаборы относятся ко второму классу ответственности и их назначенный ресурс – не менее 50 лет.

Экономичность головных сооружений зависит от работы насосов первого подъема, которые должны эксплуатироваться при значениях КПД, близких к максимальным. Большую роль играет и состояние напорных водоводов на участке НС I – водопроводная станция. Пропускная способ-

ность водоводов должна поддерживаться путем своевременного проведения промывок, а в необходимых случаях – санацией (см. разд. 4). Особен-но важно правильное содержание водоводов, если они имеют большую протяженность, а вода источника не стабильна.

Важное значение имеет контроль за состоянием водоводов, а так же строгий учет расходов воды, позволяющий своевременно выявить и ликвидировать утечки.

При анализе опыта эксплуатации водозаборов особого внимания заслу-живают оценка действительных условий приема воды из источника и труд-ности, которые возникают из-за несоответствия этих условий проектным.

Анализируются:

- обстоятельства отказов, аварий и эффективность мер, предприни-мавшихся для их предупреждения и ликвидации;
- техническое состояние сооружений и оборудования и обнаружившая-ся в процессе эксплуатации необходимость в усилении;
- достаточность планировавшихся мероприятий по содержанию объек-та и его техническому обслуживанию.

На основании анализа дается оценка качества эксплуатации головного сооружения и разрабатываются мероприятия по ее улучшению.

Интенсификация головных сооружений направлена на увеличение их производительности.

В проекте закладывается некоторая избыточность производительности, так как расход воды зависит от расчетного уровня в источнике.

Согласно [1] расчетным считается минимальный уровень 90–97 % обеспеченности в зависимости от категории водозабора. Такие уровни на-блюдаются редко и в течение непродолжительного периода.

Следовательно, почти всегда имеется возможность увеличить забор воды сравнительно с расчетным проектным.

Одновременно возникают ограничения для следующих показателей: скорости втекания в водоприемные отверстия, продолжительности нахож-дения воды в аванкамере сеточного колодца, частоты промывки сеток, по-дачи насосов первого подъема.

Если интенсификация должна осуществляться не постоянно, а только в отдельные периоды года (например, для разгрузки других городских головных сооружений), то увеличение скорости втекания и уменьшение пре-бывания воды в аванкамере лишь приведут к ухудшению качества пода-ваемой на очистку воды, что может оказаться допустимым. Заметим, что понижение скорости втекания в связи с ледовыми помехами, рыбоохраной и повышением мутности воды, приурочены к временными ситуациям.

Частота промывок сеток возрастает приблизительно пропорционально от-носительному увеличению расхода в третьей степени. Если это создает боль-шие трудности по условиям выполнения, то не исключается отказ от сеток.

Разумеется, возможность работы по такому интенсифицированному режиму зависит от качества воды в источнике и только в течение обосно-ванного периода времени.

2.3. Наладка и прием в эксплуатацию головных сооружений

В зависимости от сложившихся условий после предварительного приема в эксплуатацию новые скважины либо включаются в работу, либо консервируются.

При приеме изучаются исходные документы: паспорт скважины с приложениями. К последним относятся: подробные геолого-технические разрезы скважины, журнал опытных откачек, гидрогеологические и технические заключения с указаниями о максимально возможном водоотборе, типе водоприемника и отметках, на которых он установлен, результаты анализов воды, для скважин пробуренных роторным способом – электрокаротажная диаграмма с расшифровкой.

При приеме измеряется глубина скважины до забоя и до статического уровня, проверяется ее вертикальность, производится повторная опытная откачка и подсчитывается удельный дебит, определяется сопротивление фильтра. Все выявленные дефекты, включая и возникновение пескования, подлежат устраниению организацией, производившей бурение и оборудование скважины.

При обследовании головных сооружений обращается внимание на соответствие размещения скважин проектному, правильность монтажа коммуникаций и оборудования павильонов, наличие требуемых КИП, проверяется работоспособность систем автоматики, связи, энергоснабжения, подготовка территорий в зоне строгого режима, наличие дорог, благоустройства, систем водоотведения поверхностного стока.

Задачей наладки является проверка правильности подбора водоподъемного оборудования, подача которого должна отвечать дебиту скважины при максимально возможном водопонижении и водозахватной способности фильтра. Максимальные дебиты скважин устанавливаются с учетом взаимного влияния при разных комбинациях вывода части скважин в резерв. При наладке устанавливается режим работы головных сооружений, отвечающий расчетной производительности.

Прием в эксплуатацию речных водозаборов требует особенно внимательной проверки высотной схемы сооружения: отметок, на которых выполнены водоприемные окна оголовков, профиля самотечных линий, отметок дна сеточного колодца, осей насосов первого подъема, профиля всасывающих линий. Проверяются размеры водоприемных окон и окон для установки сеток в сеточном колодце.

Следует иметь в виду, что необходимо строго выдержать проектные значения высоты порога и заглубления забрала.

Самотечная линия, во избежание образования при эксплуатации воздушных и грязевых пробок, не должна иметь участков с контруклонами или с нулевыми уклонами.

Исключительно важным является правильное размещение оголовка в пределах акватории. Смещение оголовков при уменьшении или увеличении длин самотечных линий сравнительно с проектом может привести к тому, что они (оголовки) окажутся в области активной эрозионной деятельности водотока.

Не менее важно правильно разместить оголовок относительно движения речного потока. Оголовки, особенно с железобетонным или ряжевым защитным корпусом обтекаемой формы, имеют целесообразные очертания, если размещены вдоль потока. Даже небольшое нарушение проектного положения делает очертание сооружения чрезвычайно нецелесообразным, вызывает вихреобразования, формирование зон размыва и накопления наносов.

При приеме проверяется качество строительства гидротехнических сооружений, монтажа трубопроводов, подготовки к эксплуатации механизмов, арматуры, насосного оборудования, систем автоматики, связи и энергоснабжения. Проверяется качество работ по благоустройству территории зоны строгого режима, ограждения, освещение, выполнение вертикальной планировки, поверхностный водоотвод.

Наладка предусматривает проверку в действии всего объекта при расчетной нагрузке. При этом обращается внимание на качество забираемой из источника воды (захват песка и ила), перепады уровней воды в отдельных сооружениях и их соответствие проектным значениям, надежность систем подъема сеток и их промывки, других систем (энергоснабжение, автоматика, сигнализация, связь).

Фактические значения перепадов уровня позволяют установить действительные значения коэффициентов гидравлического сопротивления оголовка и самотечной линии, а также сеток, всасывающих линий насосов первого подъема.

По этим значениям легко подсчитать производительность объекта в расчетных условиях (при расчетном минимальном уровне воды в источнике).

Полезно проверить равномерность втекания воды в водоприемные окна по интенсивности подсоса воды в разных точках отверстий. Неравномерность втекания зависит от конструкции решеток на входе. Равномерному втеканию способствует конструкция решеток из полос, расположенных вертикально, причем ширина стержней принимается не меньше зазора между ними.

Производительность речного водозабора иногда ограничивается расположением входных воронок всасывающих труб насосов в виду опасности образования воздушных шнурков и подсоса воздуха.

В этом случае воронки оборудуются защитными козырьками или устанавливаются наплавные плотики, что, как известно, снижает вероятность подсоса воздуха.

При наладке отрабатываются такие операции, как промывка самотечных линий, съем входных решеток, промывка сеток, установка временных средств борьбы с ледовыми помехами и для обеспечения рыбоохраны.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие существуют общие требования, предъявляемые к подземным водозаборам? Сформулируйте содержание оперативной работы и организацию производственного контроля.
2. Перечислите характерные нарушения, возникающие при эксплуатации водозаборов со скважинами. Как выяснить причины нарушений?
3. Объясните содержание и назначение планово-профилактического осмотра подземного водозабора со скважинами.
4. Содержание ремонтных работ. Обеспечение безопасной жизнедеятельности персонала при проведении ремонтных работ.
5. Анализ работы подземного водозабора, определение путей улучшения его работы.
6. Общие требования, предъявляемые к речным водозаборам. Содержание оперативного контроля за работой водозабора и наблюдение за источником водоснабжения.
7. Как организуются эксплуатационные работы в особых условиях?
8. В чем причины ухудшения работы речных водозаборов?
9. Из чего состоят профилактические и ремонтные работы?
10. Опишите специфику работ по обслуживанию водозаборов из поверхностных источников и особые требования по обеспечению безопасной жизнедеятельности.
11. В чем заключается анализ работы и обоснование мер по интенсификации водозаборов?
12. Содержание пусконаладочных работ головных сооружений водоводовода.

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Техническая эксплуатация насосных станций должна обеспечивать:

- бесперебойную подачу воды в соответствии с графиком подачи;
- экономное расходование электроэнергии, материальных ресурсов, повышение эксплуатационной надежности оборудования;
- соблюдение условий безопасной работы обслуживающего персонала.

Техническая эксплуатация включает:

- оперативную работу – набор каждого дня производственных операций, обеспечивающих бесперебойное функционирование насосной станции с экономичными параметрами;
- планово-предупредительные ремонты (ППР) и предшествующие им планово-профилактические осмотры (ППО), призванные своевременно выявлять и устранять неисправности насосных агрегатов и вспомогательного оборудования;

– капитальные ремонты, как разновидность планово-предупредительных – крупные ремонты оборудования с полной или частичной заменой неисправных узлов и агрегатов.

3.1. Общие сведения о насосных станциях

Насосные станции систем водоснабжения и водоотведения предназначены для повышения напора с целью подачи воды потребителям, в том числе на высокие отметки, и транспортирования ее при невозможности самотечного движения. Устройство, оборудование и режим работы насосных станций определяется их назначением, местоположением в схемах водоснабжения и водоотведения.

Водопроводные насосные станции (ВНС) подразделяются на станции I и II подъема и повысительные. Насосная станция I подъема (НС I) забирает воду из источника водоснабжения и подает ее на очистные сооружения. Насосная станция второго подъема (НС II) подает воду из резервуара чистой воды в распределительную сеть. В тех случаях, когда давление в сети недостаточно для надежной подачи воды, сооружаются повысительные насосные станции (подкачки, НСП).

Канализационные насосные станции (КНС) подразделяются на местные, районные и главные. КНС имеют приемный резервуар для приема стоков. Местные и районные КНС перекачивают бытовые, производственные или иные стоки к месту их очистки. Главная канализационная насосная станция (ГКНС) подает воду непосредственно на очистные сооружения.

Под режимом работы насосной станции понимают характер изменения подачи насосов в течение суток.

Как отмечалось в разд. 2, режим работы НС I обычно постоянный (одноступенчатый).

Режим подачи насосной станции второго подъема стараются приблизить к режиму водопотребления. При наличии на сети напорно-регулирующей емкости это позволяет уменьшить ее вместимость. Чаще всего режим работы НС II многоступенчатый (2–4 ступени). На рис. 3.1 показан суточный график водопотребления, совмещенный с 2-ступенчатым графиком подачи воды насосами. В часы, когда подача насосами превышает величину водопотребления, излишек воды поступает в регулирующую емкость. Если водопотребление больше чем подача насосной станции, недостающая часть расхода воды поступает из водонапорной емкости.

В источнике [37, п. 6.2.8] указывается, что в случаях взаимного влияния несколько насосных станций режим их работы должен быть увязан так, чтобы режим функционирования всей системы (насосные станции, трубопроводы, резервуары) был оптимальным, обеспечивающим минимум суммарных энергозатрат в квт·ч на 1000 м³ воды.

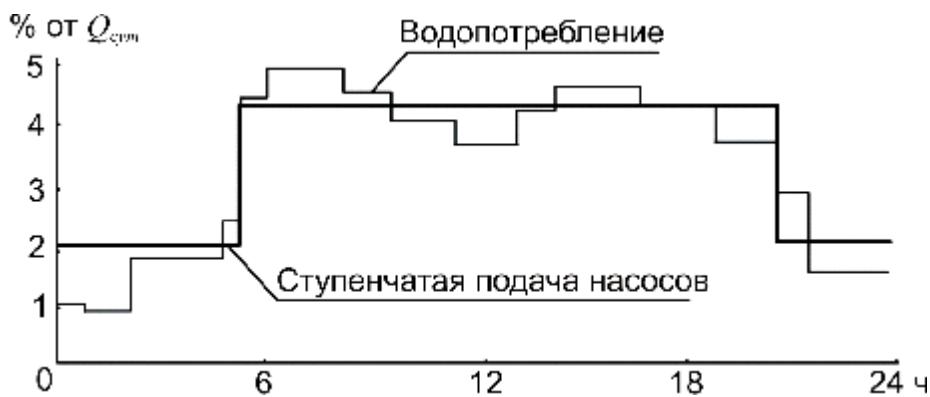


Рис. 3.1. Режим водопотребления и режим подачи воды насосной станцией

Фактические условия работы насосной станции второго подъема существенно отличаются от проектных. Отработка режима – длительный и очень ответственный этап пусконаладочных работ. Режим выбирается и обосновывается экспериментальным путем.

При ступенчатом режиме в разные часы суток на станции работают одиночные насосы с разными рабочими характеристиками, либо несколько параллельно соединенных насосов. Для совместной параллельной работы могут использоваться как одинаковые, так и разные по характеристикам насосы. Применение однотипных насосов предпочтительнее по условиям эксплуатации.

На рис. 3.2 показан пример построения графиков характеристик насосов и трубопровода при совместной параллельной работе. Работа одного насоса с характеристикой $Q-H$ совместно с трубопроводом (характеристика $H = SQ^2 + Hr$) оценивается положением точки *А* с параметрами Q_1, H_1, η_1 . График суммарной характеристики двух насосов $Q-H \times 2$ пересекает характеристику трубопровода в точке *Б* с параметрами Q_{1+2}, H_{1+2} . Каждый из двух работающих насосов обеспечивает при этом параметры в точке *С* (подача Q_2 , напор H_{1+2} , кпд – η_2).

Как видим, подача одного насоса, работающего в одиночку, больше, чем каждого из двух, работающих совместно, а напор несколько меньше. Важно отметить, что при совместной работе изменяются кпд насосов, что иногда сказывается на экономичности их работы. В приведенном примере кпд снизился, хотя при других условиях может наоборот, возрасти.

Условия работы насосов заключаются в обеспечении требуемых параметров подачи и напоров при поддержании высоких значений кпд. С учетом этого разрабатывается оптимальный график использования насосов на НС II.

Включение и выключение тех или иных насосов в течение суток производится по командам дежурного диспетчера, на малых станциях – по имеющемуся почасовому графику.

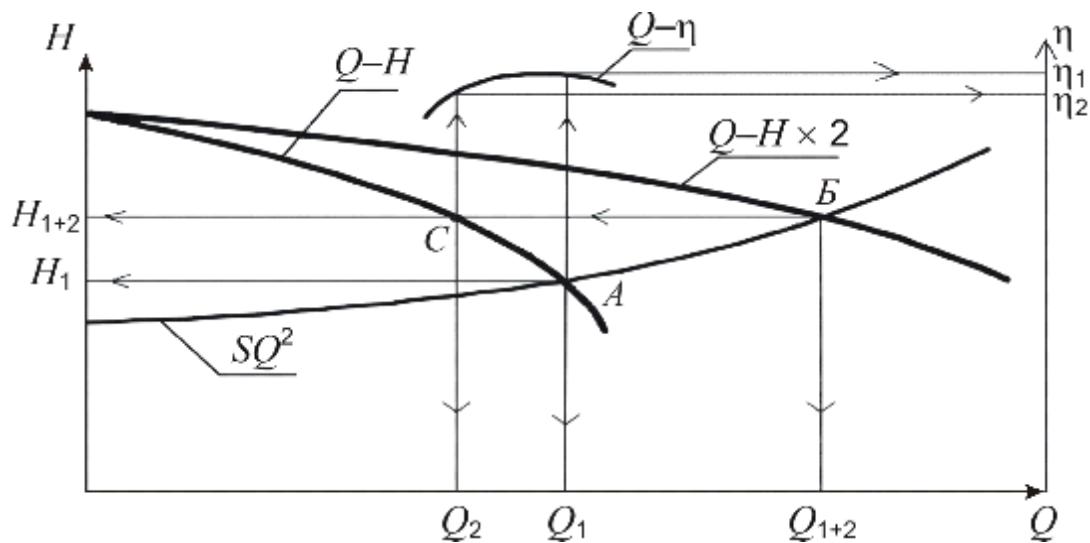


Рис. 3.2. Совместная параллельная работа двух одинаковых насосов на трубопровод

НСП работает, как правило, с постоянной подачей в течение суток или в часы недостаточного напора в зоне ее действия.

Поступление сточных вод в приемные резервуары КНС происходит в фактически сложившемся режиме. Для предотвращения длительного пребывания в резервуаре склонных к загниванию стоков, в КНС устанавливаются насосы (насосы) с производительностью не меньше, чем наибольший ожидаемый часовой приток сточных вод. В часы с меньшим поступлением стоков насос работает в режиме кратковременного включения-выключения: при наполнении резервуара до определенного объема насос включается, а при опорожнении до минимально уровня – отключается. На рис. 3.3 приведен пример работы КНС при разных режимах притока сточных вод.

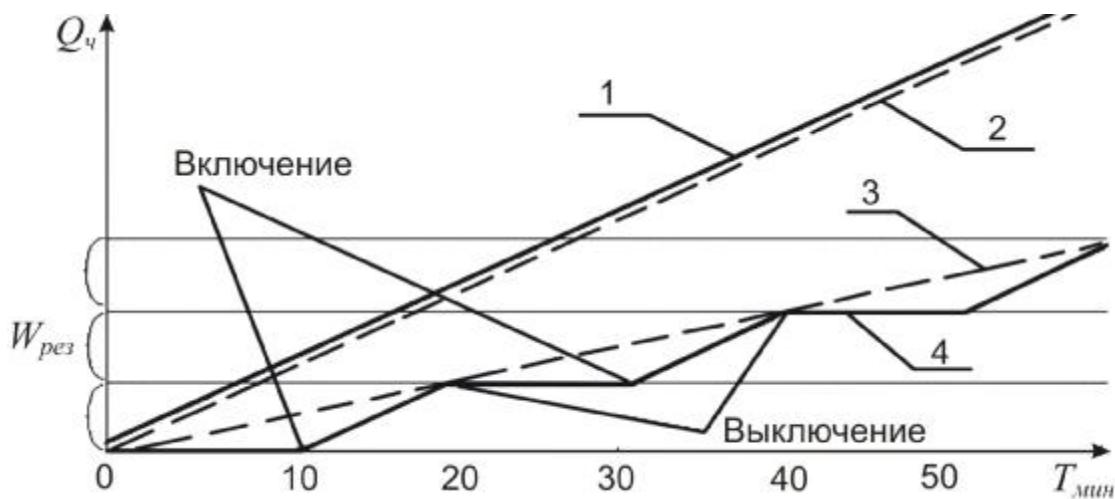


Рис. 3.3. Пример режима работы КНС в часы различного притока:
 1 – график работы насоса при наибольшем притоке сточных вод;
 2 – график наибольшего притока; 3 – график минимального притока;
 4 – насос отключен

Во избежание быстрого износа насосных агрегатов рекомендуется ограничить количество их включений и выключений 5–6 раз в час. Современные насосные агрегаты допускают увеличение количества включений.

Если приток сточных вод превышает суммарную производительность установленных насосов, канализационная станция автоматически отключается и происходит перелив стоков по аварийному выпуску, что рассматривается как отказ.

Управление насосными агрегатами может быть ручным или автоматизированным. Ручное управление применяется на малых НС. Автоматизация управления насосной станцией повышает надежность ее работы, облегчает работу эксплуатационного персонала, снижает эксплуатационные расходы, обеспечивает выбор экономичных режимов работы насосных агрегатов, увеличивает срок службы оборудования, делает систему водоснабжения (водоотведения) более гибкой.

Автоматическое управление обычно назначают при значительных колебаниях расходов в течение часа. В канализационных насосных станциях автоматическое управление обеспечивает минимальный объем приемного резервуара. Крупные и наиболее ответственные насосные станции (например, насосные станции 2-го подъема) автоматизируются частично и за эксплуатационным персоналом оставляется право и обязанность принимать оперативные решения по изменению режима их работы.

В проектах насосных станций должны предусматриваться условия, необходимые для поддержания хорошего качества эксплуатации.

При эксплуатации НС проектные условия следует сохранить, а при необходимости – усовершенствовать.

3.2. Дежурный персонал и его обязанности

Оперативное обслуживание насосных станций осуществляется:

- а) сменным дежурным персоналом (машинистами и электриками);
- б) дежурным персоналом на дому;
- в) оперативно-выездными бригадами (ОВБ).

Состав, численность и квалификация обслуживающего персонала (смен и бригад) устанавливается штатным расписанием предприятия («Водоканала») исходя из производительности и степени сложности насосной станции, объемов работ по обслуживанию и ремонту насосных агрегатов.

Численность машинистов насосных установок в смену определяется числом единиц установленного оборудования и их производительностью согласно нормативам [40].

Число дежурных электриков определяется в зависимости от количества, типа и марок оборудования, их характеристики и ремонтной сложности.

В оперативном отношении дежурный персонал подчиняется диспетчерской службе предприятия.

К обслуживанию насосных агрегатов допускаются лица, прошедшие медицинское обследование, имеющие удостоверение машиниста по обслуживанию насосных агрегатов с электродвигателями. До назначения на самостоятельную работу работники обязаны пройти специальную подготовку, обучение на рабочем месте, проверку знаний правил эксплуатации и техники безопасности.

Сменные машинисты осуществляют контроль за работой насосов, электродвигателей, КИП, и другим оборудованием и при необходимости регулировку их работы.

В насосной станции у старшего оперативного дежурного должна храниться необходимая техническая документация, список которой приведен в [37, п. 6.1.7].

Для насосных станций без оперативного дежурного персонала документация хранится в помещении дежурного машиниста (электрика, слесаря) или в диспетчерском пункте.

В инструкции (регламенте для дежурного персонала) должны быть определены условия эксплуатации оборудования и систем:

- а) при нормальной работе станции;
- б) при работе НС с неисправным оборудованием и в аварийных режимах;
- в) при проведении профилактических и капитальных ремонтов оборудования.

3.3. Оперативное обслуживание насосной станции

3.3.1. Производственные операции и контроль при оперативной работе в насосной станции

Оперативное обслуживание (производственный и технический контроль) насосных станций осуществляется непрерывно или периодически (при автоматическом управлении). Обслуживание заключается в выполнении определенных производственных операций, основными из которых являются:

- пуск и остановка насосных агрегатов;
- аварийное отключение агрегатов;
- регулировка работы насосов;
- непрерывное или периодическое снятие показаний по приборам, контролирующим основные параметры работы насосной станции в целом и отдельных агрегатов;
- контроль функционирования и технического состояния оборудования;
- выявление видимых и косвенных признаков нештатной работы насосов;
- ведение технической документации по эксплуатации;
- поддержание санитарного состояния НС;
- удаление дренажных вод.

3.3.2. Пуск и выключение насосных агрегатов

В инструкции по эксплуатации насосных агрегатов должна быть указана последовательность операций пуска и остановки насосных агрегатов, допускаемое количество их включения и отключения, способы регулирования рабочих параметров, допустимые температуры подшипников и других узлов агрегатов, диапазон изменения уровня масла в подшипниковых камерах и т.п.

Перед пуском насосного агрегата в работу должны быть проверены:

- состояние напорных и всасывающих задвижек (открыты, закрыты);
- заполнение корпуса насоса водой или стоками;
- состояние сальников, муфтовых соединений, защитных ограждений, фундаментных болтов;
- состояние контрольно-измерительных приборов и средств управления и пусковых устройств;
- наличие масла в подшипниках и подпятниках.

Проверяется свободно ли вращается ротор, а при помощи вольтметра наличие напряжения.

Перед запуском канализационных насосов подается вода из технического водопровода на уплотнение сальников, смазку и охлаждение подшипников (расход 1 л/с, давление на 1 кгс/см² больше, чем в насосе).

Пуск насосов может производится двумя способами: на открытую или закрытую задвижку.

Пуск на открытую задвижку упрощает процедуру включения, что особенно важно при автоматизированном управлении.

Пуск на открытую задвижку возможен, если:

- пусковая мощность (при нулевой подаче) не превышает потребляемой мощности при номинальной подаче воды;
- гидравлические удары, возникающие при включении и выключении насосного агрегата по своей силе не опасны для напорного трубопровода;
- не возникает осложнений при заливе насоса.

Повышение напора в случае возникновения гидравлических ударов определяется расчетом. В частности, методы таких расчетов проведены в работе проф. В.С. Дикаревского [22].

Как указывается в [37, п. 6.4.8] способ пуска для конкретного объекта должен обосновываться расчетами и проверяться опытным путем. Соответствующие обоснования необходимы и в тех случаях, когда для уменьшения усилий для открытия задвижек больших диаметров, пуск насосов производится на частично открытую задвижку.

На всасывающей линии при любом способе запуска насоса задвижка должна быть полностью открыта.

Перед запуском насоса проверяют залита ли всасывающая линия и насос водой. Далее следует открыть кран у манометра и включить двига-

тель. Когда насос разовьет полное число оборотов, а манометр покажет соответствующее давление, надо включить вакуумметр и постепенно открыть задвижку на напорном трубопроводе. Одновременно следует открыть краны на трубопроводах, подводящих воду к сальникам. Во избежание нагревания жидкости работа насоса при закрытой задвижке не должна продолжаться более 2–3 мин.

Постепенное открытие задвижки и повышение напора в водоводах – процесс достаточно длительный и в некоторых случаях может достигать нескольких часов.

Остановку насоса рекомендуется осуществлять на предварительно закрытую задвижку во избежание значительных гидравлических ударов.

Отключение насосов производится в обратном, сравнительно с включением, порядке: закрывается задвижка на напорной линии и отключается двигатель. Необходимо следить за плотным закрытием задвижки и обратного клапана во избежание обратного тока воды через насос. Особое внимание следует уделить плотности закрытия обратного клапана в случаях, когда насос предусматривается включать при открытой задвижке на напорной линии.

Во избежание гидравлического удара, выключение нескольких параллельно работающих насосов производится поочередно и только после того, как проверено отсутствие обратного вращения у ранее остановленных агрегатов [71].

3.3.3. Заливка насосов перед пуском

Насосы в насосной станции устанавливаются под залив (с подпором) и не под залив. В первом случае (при отрицательной геометрической высоте всасывания) корпус насоса находится ниже наименьшего уровня воды в резервуаре. Подпор со стороны всасывания при установке под залив ограничивается конструкцией насоса и обычно не превышает 5–10 м. Процедура заливки максимально упрощается и ускоряется: перед пуском насоса достаточно открыть задвижку на всасывающей линии и кран для выпуска воздуха в верхней точке корпуса насоса. Происходит самозаливка насоса из резервуара.

Под залив обычно устанавливают насосы в водопроводных насосных станциях первой категории, поскольку для них допускается перерыв в подаче не более 10 мин. Канализационные насосы также преимущественно располагают под залив, что позволяет легко автоматизировать их работу.

При установке насоса с положительной высотой всасывания, т. е. выше уровня воды в приемном резервуаре, предусматривается одна из следующих схем заливки.

1. Заливка из напорного трубопровода производится, если в напорном трубопроводе постоянно избыточное давление. При этом на всасывающем

трубопроводе устанавливается обратный приемный клапан. От напорного трубопровода к корпусу насоса присоединяют обводную трубу с задвижкой (рис. 3.4, а). Задвижку открывают и заливают всасывающую трубу и насос до появления воды в воздушном кране. Обратный приемный клапан вызывает дополнительное гидравлическое сопротивление во всасывающей линии, поэтому этот способ рекомендуется при малом диаметре всасывающих труб – до 200 мм.

2. Заливка из резервного напорного бака применяется при отсутствии постоянного избыточного давления в напорном трубопроводе. Резервный бак устанавливается выше насоса и заполняется из напорного трубопровода во время работы насоса (рис. 3.4, б). Здесь также необходим обратный приемный клапан. Наличие клапана, а также ограничение вместимости бака позволяют рекомендовать такой способ заливки для небольших насосов.

3. Заливка насоса при помощи струйного насоса производится следующим образом. Всасывающая линия струйного насоса (гидроэлеватора) присоединяется к верхней точке корпуса насоса (рис. 3.4, в). Рабочая жидкость подается от напорного трубопровода или специального насоса. Вакуум, образующийся в струйном насосе, распространяется на корпус и всасывающую линию основного насоса. Заполнение их водой происходит из приемного резервуара через всасывающий трубопровод. Обратный клапан не требуется. Заливка производится при плотно закрытой задвижке на напорном трубопроводе до выброса перекачиваемой воды через струйный насос (судят по резкому увеличению выброса жидкости через струйный насос), после чего включают в работу заливаемый насос. Способ применяют для заливки средних и крупных насосов.

4. Заливка специальным насосом применяется при отсутствии постоянного избыточного давления в напорном трубопроводе. Насос небольшой производительности устанавливается под заливом (рис. 3.4, г), поэтому его работа легко автоматизируется. На всасывающей линии необходим обратный приемный клапан.

5. Заливка при помощи вакуум-насоса применяется на крупных насосных станциях. Все насосы в верхней части корпуса присоединяются трубопроводами к общей вакуумной установке, состоящей из двух вакуум-насосов (один резервный) и одного циркуляционного бачка (рис. 3.4, д). Заметим, что в данном случае, а так же при заливке по п. 3 необходимо при пуске насоса подавать воду к гидравлическим уплотнениям (на сальники) от постороннего источника. При закрытой задвижке на напорном трубопроводе производится откачивание воздуха и создание вакуума во всасывающем трубопроводе и корпусе насоса, за счет которого вода через всасывающий трубопровод заполняет насос. При появлении воды в воздушном трубопроводе насос запускается. Обратный приемный клапан не требуется.

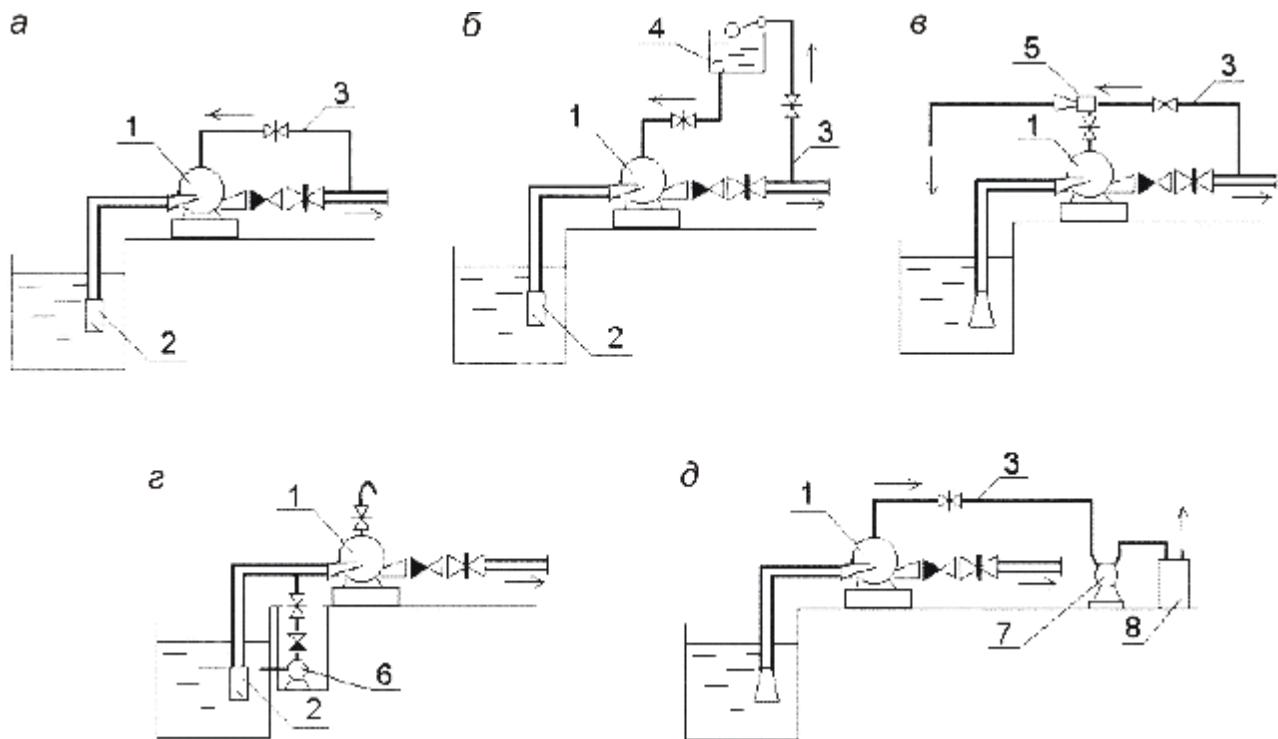


Рис. 3.4. Способы заливки насосов: 1 – основной насос; 2 – приемный обратный клапан; 3 – обводная линия; 4 – бак; 5 – гидроэлеватор; 6 – специальный насос; 7 – вакуумный насос; 8 – циркуляционный бачок

На канализационных насосных станциях, чтобы не допустить попадания загрязненной жидкости в вакуум-насос, перед ним на вакуум-проводе устанавливается промежуточный бак.

Наряду с вышеописанными способами, для заливки насоса может использоваться соседний, уже работающий насос. Для этого всасывающие трубопроводы этих насосов соединяются трубой с задвижкой. Работающий насос создает разряжение и во всасывающей линии соседнего, благодаря чему соседний насос заполняется водой.

3.3.4. Аварийное отключение насосов

Насосный агрегат немедленно (аварийно) останавливается, задвижка на напорной линии закрывается:

- а) при несчастном случае (или угрозе его);
- б) появлении явного и неустранимого стука и шума в агрегате;
- в) появлении дыма или огня из двигателя или пускорегулирующей аппаратуры;
- г) вибрации сверхдопустимых норм, угрожающей целостности агрегата;
- д) поломке агрегата (видимой);
- е) нагреве подшипника сверхдопустимой температуры;
- ж) падении давления в маслосистеме.

После аварийного отключения неисправного агрегата вместо него по указанию диспетчера в работу включается резервный.

О каждом случае аварийного отключения делается запись в журнале и немедленно ставится в известность вышестоящая диспетчерская служба.

При аварийном отключении электропитания происходит неконтролируемая остановка агрегатов на открытую напорную задвижку. Поэтому в ходе эксплуатации рекомендуется предусматривать меры по уменьшению величины гидравлического удара, если они не предусмотрены проектом. К таким мерам относятся: установка клапанов для впуска воздуха на водоводах, установка обратных клапанов с замедленной посадкой, пропуск потока воды через насос в обратном направлении и т. п.

3.3.5. Регулировка работы насосных агрегатов

При подборе насосов исходят из условий их работы с высоким КПД, отличающимся от максимального не более, чем на несколько процентов. Заводы-изготовители указывают отвечающую этому рекомендуемую область применения насосов на графике « Q – H » рабочей характеристики.

Насосы, перекачивающие воду с абразивными примесями (сточные воды, неочищенная вода источника водоснабжения) во избежание быстрого износа желательно эксплуатировать при значениях КПД более близких к максимальному.

Регулирование подачи насосной станции в соответствии с меняющимся режимом работы водопроводных и канализационных сетей осуществляется следующими способами:

- подбором наиболее расчетным и опытным путем экономичных комбинаций одинаковых или разнотипных насосов для различных диапазонов водоподачи.
- изменением режима работы отдельных насосных агрегатов, путем:
 - регулирования (дросселирования) потока задвижками на напорных линиях;
 - перепуска воды из напорного во всасывающий трубопровод или приемный резервуар;
 - регулирования частоты вращения рабочего колеса с помощью регулируемого привода;
 - регулирования частоты вращения двигателя насоса;
 - срезки лопаток рабочего колеса.

Кроме того, режим работы насосного агрегата может регулироваться с помощью направляющего аппарата, устанавливаемого на входе в насос.

Регулирование центробежных насосов задвижками на всасывающем трубопроводе запрещается.

Порядок регулирования работы насосов устанавливается режимными картами и графиками, разработанными для данной станции. Обо всех изме-

нениях в режиме работы насосной станции, а также произошедших ненормальных ситуациях и авариях делаются записи в эксплуатационных журналах.

Регулирование (дросселирование) работы насосов задвижкой на напорной линии применяется при относительно небольшом превышении создаваемых напоров сравнительно с требуемыми, потому что этот метод не экономичен, хотя и прост. При закрытии задвижки возникает дополнительное гидравлическое сопротивление, на преодоление которого и расходуется излишний напор.

На рис. 3.5 показано изменение графической характеристики трубопровода при дросселировании задвижкой. Характеристика трубопровода до регулирования S_1 пересекает характеристику насоса $Q-H$ в точке A_1 с параметрами Q_1 и H_1 . Если подача не соответствует расчетной, то прикрывают задвижку на напорной линии до тех пор, пока подача насоса не снизится до Q_2 . При этом характеристика трубопровода займет положение S_2 , а пересечение с характеристикой насоса переместится в точку A_2 с параметрами H_2 и Q_2 . Разница напоров ΔH , есть превышение напора сверх требуемого и равна потерям напора в задвижке.

Помимо нерациональной потери напора из-за дополнительного сопротивления ΔH возможно (но не всегда) также снижение кпд насоса. В приведенном примере проекция точек A_1 и A_2 на линию $Q-\eta$ показывает, что кпд снизился с η_1 до η_2 .

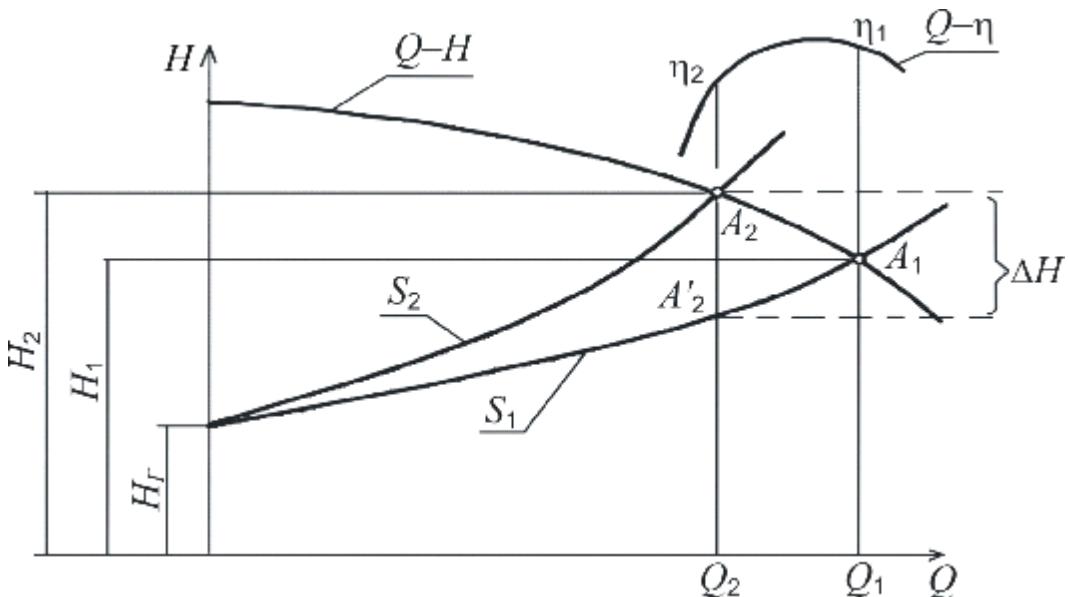


Рис. 3.5. Регулирование работы насоса дросселированием задвижкой

Регулирование задвижкой удобно применять при оперативном управлении насосным агрегатом в случае необходимости временного снижения подачи.

К простым, но не экономичным, относится способ регулирования перепуском части воды из напорного во всасывающий трубопровод насоса (как

вариант – в резервуар). При этом потребителям поступает расчетный расход, а насос подает излишний расход согласно характеристике. Чем больше разница в этих расходах, тем больше бесполезные затраты энергии.

Изменение частоты вращения рабочего колеса может производиться при помощи гидромуфты, электромагнитной муфты, коробки передач, регулируемого привода (вариатора). Этот способ регулировки удобен возможностью широкого и плавного варьирования частоты вращения рабочего колеса.

На рис. 3.6 показана графическая иллюстрация метода регулировки изменением частоты вращения рабочего колеса. При паспортной частоте вращения рабочего колеса n_1 точка пересечения A_1 характеристики трубопровода S_1 и насоса $Q-H$ отличается от расчетной A_2 .

Регулирование снижением частоты вращения вала электродвигателя более экономично, чем другие способы, поскольку уменьшение числа оборотов двигателя снижает потребляемую мощность. Регулировка осуществляется частотными преобразователями, изменением скольжения, варьированием напряжения на статоре, изменением числа пар полюсов, применением вентильного электродвигателя. Закономерность изменения характеристик насоса аналогична регулировке частоты вращения рабочего колеса (рис. 3.6).

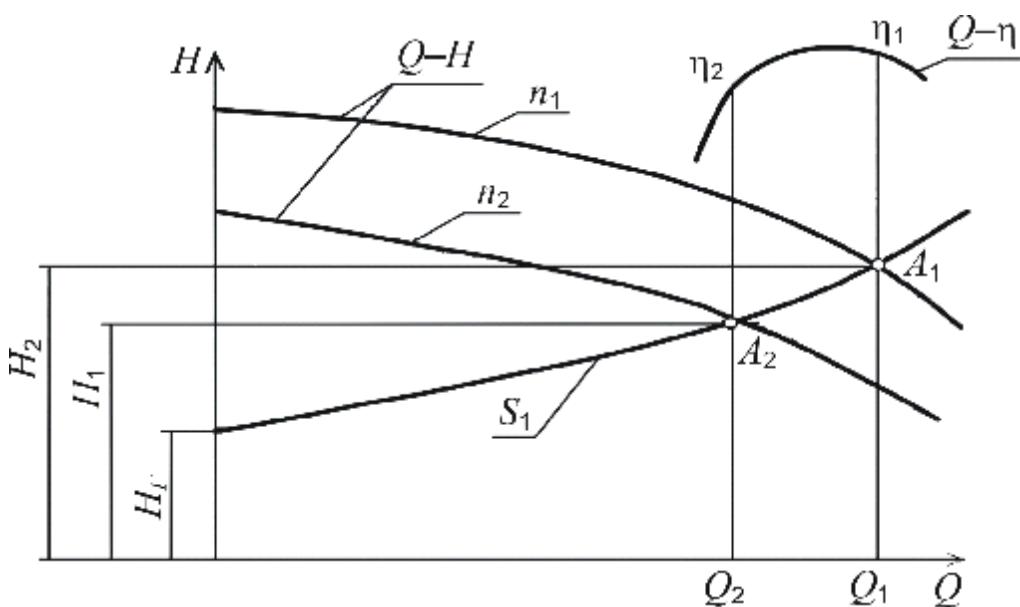


Рис. 3.6. Регулирование работы насоса изменением частоты оборотов

При срезке (обточке) рабочего колеса характеристика насоса меняется аналогично тому, как это происходит при изменении частоты вращения рабочего колеса. Срезка колеса применяется при условии постоянного изменения режима работы насоса, если обратная замена рабочего колеса на большее потребуется не скоро. Величина срезки не должна быть значительной, поскольку при меньшем диаметре через большие зазоры между колесом и корпусом увеличивается циркуляция воды в насосе и снижается

объемный кпд. Предельная рациональная величина срезки зависит от коэффициента быстроходности насоса [42].

3.4. Оперативное и профилактическое обслуживание насосных станций

Основа бесперебойной работы насосной станции – неукоснительное соблюдение должностных инструкций, в которых перечисляются работы по оперативному обслуживанию насосных агрегатов.

При приемке смены дежурный должен ознакомиться с состоянием оборудования, электрической и гидравлической систем насосной станции и режимом его работы.

3.4.1. Оперативный контроль работы насосной станции

В соответствии с [37, п. 6.5] для проведения оперативного контроля работы насосной станции предусматривается установка контрольно-измерительных приборов.

На напорных и всасывающих линиях каждого насоса, а также на напорных и всасывающих водоводах станции устанавливаются манометры, вакуумметры (или мановакуумметры, если насосы часть года работают под заливом, как, например, некоторые насосы первого подъема). На каждом из напорных водоводов станции необходима установка расходомеров.

Измерение расходов воды диафрагмами, трубами или вставками Вентури, а на малых насосных станциях турбинными водосчетчиками, не обеспечивает достаточной достоверности. По данным НИИ КВОВ недоучет расходов воды, связанный с погрешностями измерений, составляет на водопроводах России, в среднем 4,3 %. В отдельных случаях погрешность оказывается значительно большей, особенно при использовании турбинных расходомеров. В настоящее время разработаны схемы установки таких водосчетчиков совместно с фильтрами-струевыпрямителями, что существенно повышает достоверность измеряемых расходов (рис. 3.7).

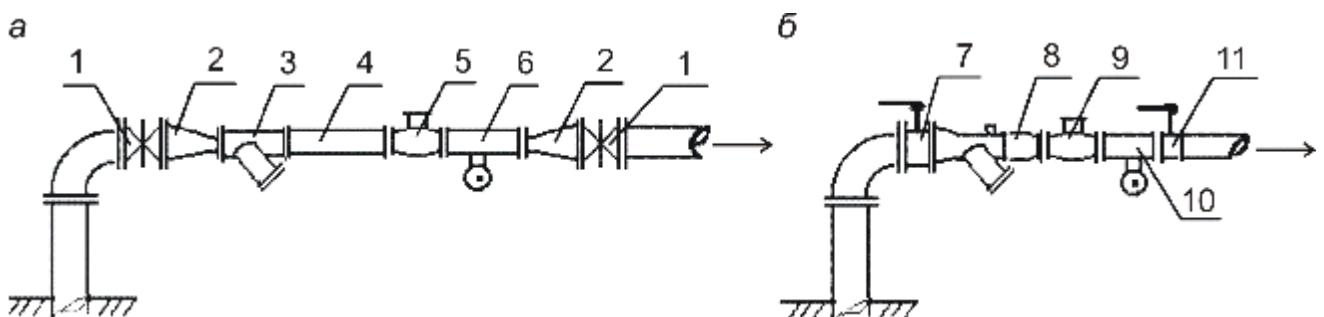


Рис. 3.7. Водомерные узлы [45]: а – типовой; б – с фильтром-струевыпрямителем; 1 – задвижка; 2 – переход; 3 – фильтр; 4 – парубок до счетчика; 5, 9 – счетчик; 6, 10 – патрубок после счетчика; 7, 11 – затвор поворотный

Современные ультразвуковые расходомеры позволяют измерять расходы воды (в том числе сточной) с минимальными погрешностями. Затраты на замену устаревших приборов учета воды более совершенными быстро окупаются. В этой связи петербургский Водоканал заменил на водопроводных станциях трубы Вентури ультразвуковыми расходомерами [45].

В приемных резервуарах (РЧВ, всасывающих камерах сеточных колодцев, приемных резервуарах канализационных насосных станций) размещаются уровнемеры, показания которых дистанционно передаются на насосную станцию.

Электродвигатели оборудуются вольтметрами, амперметрами, или ваттметрами; для контроля температуры подшипников и обмоток электродвигателей устанавливаются термометры или термопары; для учета расходуемой электроэнергии на станции предусматриваются счетчики.

Показания приборов для измерения давления, электроизмерительных приборов у двигателей и уровнемеров снимаются машинистами не реже одного раза в час, объемы перекачиваемой воды и расходы электроэнергии измеряются один раз в смену или в сутки. Кроме того, измерения выполняются при изменении режимов работы или по требованию диспетчера. Результаты измерений фиксируются в рабочем журнале и передаются диспетчеру.

При выполнении измерений стрелки приборов (кроме вольтметров) должны равномерно колебаться относительно значения измеряемого параметра. Резкие скачки свидетельствуют о попадании в воду воздуха.

При измерении температуры при помощи термопар определяется электрическое сопротивление обмотки электродвигателя R_e и температура воздуха t_e , $^{\circ}\text{C}$ в помещении. Искомая температура обмотки находится по таблице или по графику, при составлении которого пользуется формула

$$T = \frac{R_e}{R_x(t_e + T) - T},$$

где R_x – заранее известное сопротивление обмотки в холодном состоянии, $T = 235^{\circ}$ или 245° соответственно для обмоток из меди или алюминия.

Если измеренные значения давлений и силы тока у отдельных насосов изменились и не соответствуют заданным, машинист в соответствии с производственной инструкцией производит регулировку при помощи задвижки на напорной линии; в других случаях он сообщает о возникшей неисправности мастеру или диспетчеру и действует по их указаниям.

В предаварийных условиях (резкое падение давления и увеличение силы тока из-за повреждения напорного водовода, перегрев обмоток двигателя или подшипников) необходимо аварийное отключение насосного агрегата, о чем немедленно сообщается диспетчеру. Заметим, что температура подшипников электродвигателя и насоса не должна превышать 95 и 80 $^{\circ}\text{C}$ соответственно и быть выше температуры воздуха в машинном зале не более, чем на 60 и 45 $^{\circ}\text{C}$ соответственно для подшипников качения и скольжения.

Максимальное превышение температуры обмоток электродвигателя составляет: 50/60, 65/75, 70/80 градусов соответственно для обмотки из хлопка, синтетического материала и стекловолокна. В числитеце указана температура, измеряемая термометром, в знаменателе – термопарой.

Все нештатные ситуации, возникающие при эксплуатации, фиксируются в журнале с указанием времени их возникновения и принятых мерах. О произошедших за смену нештатных ситуациях информируется руководство цеха и сменный персонал.

3.4.2. Осмотр насосной станции и выполнение профилактических работ

Персонал осуществляет периодический обход помещений, осмотр оборудования, проверяет его состояние и режим работы. Результаты осмотров заносятся в журнал. В ходе дежурства машинист по указанию мастера или диспетчера проводит опробование резервного оборудования, перевод насосов в резерв (обычно не реже одного раза в 10 дней), проверяет работу сигнализации и часов, систем вентиляции, меняет диаграммы приборов-самописцев.

Обход станции проводится согласно маршруту, указанному в производственной инструкции, и имеет целью своевременно обнаружить по внешним признакам возникающие неисправности.

Машинист должен обращать внимание на наличие утечек из трубопроводов, на звук работающих насосных агрегатов, появление заметной вибрации при их работе, на появление необычных запахов, что связывается с утечками масла или перегревом подшипников, на состояние сальников с гидравлическими уплотнениями. При нормальной работе вода просачивается через сальник отдельными каплями и ее расход не должен превышать 30 мл/ч.

Значительный приток воды в машинный зал крайне опасен, так как может быть вызван скрытыми утечками из недоступных для осмотра участков напорных трубопроводов, либо из приемных резервуаров. Причины такого притока нуждаются в срочном выяснении.

Корпусы двигателей должны быть чистыми и сухими, а их чрезмерный нагрев требует выяснения причины.

Следует наблюдать за состоянием и работой систем, обеспечивающих безопасность персонала: достаточной освещенностью, эффективностью вентиляции. Это особенно относится к заглубленным помещениям. В исправном состоянии должны находиться лестницы, ограждения, съемные перекрытия каналов, переходы через трубы.

Регулярно проверяются: температура подшипников и обмоток электродвигателей (см. выше), уровни масла в масляных ваннах агрегатов, давление в системах технического водо- и воздухоснабжения, температура и циркуляция воды в охлаждающих системах.

При проведении осмотра персоналу запрещается касаться токоведущих частей и заходить за ограждения распределительного щита, силовой сборки и др.

Все выявленные при осмотре неисправности отмечаются в журнале. Те из них, которые должны быть устранены машинистом или дежурным механиком, подлежат немедленному устранению (регулирование сальников, ликвидация утечек через фланцевые соединения, утечки масла и т. д.). О более серьезных неисправностях сообщается мастеру или диспетчеру, которые вызывают ремонтную бригаду.

Дежурный персонал очищает оборудование от загрязнений, причем запрещается прикасаться к движущимся и токоведущим частям, и снимать кожухи и другие ограждения при осмотре этих элементов. В обязанности дежурного персонала входит содержание помещений станции в чистоте и порядке, удаление воды, попадающей на пол машинного зала, разливов масла. Поддерживаются условия безопасного труда, пожарной безопасности, гигиены и санитарии. С целью сохранения проектного уровня ремонтопригодности и безопасной жизнедеятельности запрещается загромождать проходы, лестницы, монтажные площадки оборудованием, инструментом, деталями насосов.

В профилактическом порядке по указанию мастера производится продувка электродвигателей сухим воздухом (не реже одного раза в месяц), а также замена масла: ежеквартально у насосов и каждые полгода – у электродвигателей. Состояние масла проверяется ежемесячно. Его внеочередная замена необходима при потемнении, загрязнении или попадании в масло воды.

Насосные агрегаты периодического использования, например, пожарные, подлежат регулярному включению не реже, чем каждые 10 суток, а в остальное время находятся в режиме ожидания, т. е. должны включаться немедленно в случае необходимости. Операции по проверке работоспособности этих агрегатов выполняются персоналом в соответствии с заранее составленным графиком.

В обязанности дежурного персонала входит также обслуживание вспомогательного оборудования: вакуум-систем, технического водоснабжения, масляного хозяйства, дренажной системы, отопления и вентиляции, подъемно-транспортного оборудования, арматуры и т. п.

3.5. Диагностика состояния оборудования и контроль за состоянием строительных конструкций

3.5.1. Периодичность и содержание работ по диагностике

Работоспособность насосной станции определяется поддержанием оборудования в исправном состоянии, своевременным обнаружением и устранением дефектов.

Диагностика состояния оборудования осуществляется как визуальным наблюдением (по внешним проявлениям неисправностей в виде течей, шума, вибрации, нагревания), так и по соответствующим приборам. Диагностика оборудования осуществляется установленными стационарными приборами или временными переносными (тахометрами, дефектоскопами, щупами и т. п.).

В период эксплуатации не все неисправности могут быть замечены, поэтому основная диагностика проводится в период профилактического планово-предупредительного осмотра (ППО).

ППО проводится по утвержденному календарному плану в соответствии с рекомендуемой периодичностью для каждого вида установленного оборудования (табл. 3.1). Конкретное время проведения ППО согласуется с диспетчером. При ППО снимается оперативный ток и выполняются другие меры безопасности, необходимые при обслуживании электроустановок [3].

Таблица 3.1

Периодичность осмотра и проведения текущих ремонтов оборудования насосных станций

Наименование оборудования	Периодичность, месяцы	
	ППО	текущий ремонт (не реже)
Насосы (центробежные, поршневые и др.)	1	3
Воздуходувки, компрессоры	1	2
Трубопроводы, воздуховоды	2	6
Вакуумметры, манометры, вантузы, клапаны	1	12
Запорная арматура	2	12
Водомеры	1	24
Механические грабли, решетки-дробилки	1	3
Дробилки молотковые	1	6

При осмотре насоса проверяется состояние винтовых соединений вращающихся элементов, болтовых соединений по разъему корпуса, буks сальников, фланцевых соединений всасывающих линий.

Обращается внимание на отсутствие загрязнений элементов двигателя: подшипников, обмоток, коллектора, контактных колец, щеток и других.

Результаты ППО, которые осуществляются техническим руководителем станции или главным инженером совместно с эксплуатационным и ремонтным персоналом, служат основанием для составления планов ремонта.

3.5.2. Контроль за изменением параметров центробежных насосов

В процессе эксплуатации центробежного насоса ухудшаются параметры его работы (подача, напор, кпд), все более отличаясь от паспортных значений. Наблюдения за изменениями параметров должны проводиться

регулярно, а рабочая характеристика уточняется путем натурных испытаний. В [37] указывается, что периодичность и способ проверок характеристик насосов устанавливается руководством насосной станции или Водоканала.

Текущий контроль целесообразно осуществлять для уточнения значений кпд. Динамика снижения кпд зависит от условия эксплуатации, позволяет выявить неблагоприятные факторы и принять меры по их устранению.

Ориентировочные значения кпд подсчитываются по формуле (2.3):

$$\eta_h = \frac{5,67 QH}{IV\eta_{de}},$$

где Q – подача, $\text{м}^3/\text{ч}$; H – напор, м; I – сила тока, А; V – напряжение, В; η_{de} – кпд двигателя, который мало меняется и может быть принят по паспорту.

Подача насоса находится путем временного поагрегатного измерения расходомерами на напорных водоводах станции, либо объемным способом, например, путем измерения снижения уровня воды в приемном резервуаре за определенный промежуток времени:

$$Q = \frac{F\Delta h}{t},$$

где F – площадь зеркала воды в резервуаре; Δh – снижение уровня за время t .

С удовлетворительной точностью (около 5–6 %) расход измеряется «солевым» способом (рис. 3.8). К всасывающей линии насоса 1 присоединяется патрубок 2, через который из бачка 3 подсасывается растворированной соли. Время, в течение которого из бачка отсасывается некоторый объем раствора, измеряется. Одновременно через патрубок 4 на напорной линии насоса отбирается проба воды, в которой анализом определяется концентрация соли.

Подача насоса:

$$Q = \frac{W_{c.p.}(C_1 - C_2)}{t(C_2 - C_0)},$$

где $W_{c.p.}$ – объем солевого раствора, засасываемый за период t ; C_0 – концентрация соли в исходной воде; C_1 – то же в бачке; C_2 – то же при отборе из патрубка 4.

Испытания для уточнения рабочих характеристик насоса позволяют объективно оценить степень его износа и обосновать необходимость капитального ремонта, либо замены.

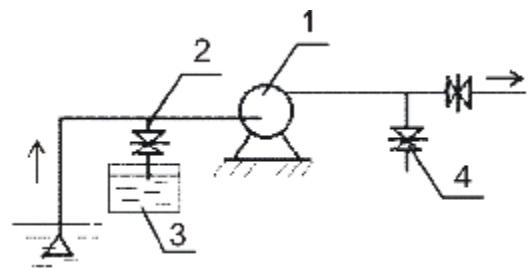


Рис. 3.8. Схема измерения подачи солевым способом: 1 – насос; 2, 4 – патрубок; 3 – бачок

Испытания производятся раз в два года в производственных условиях, но с большей точностью характеристики снимаются на специальных стендах (стендовые испытания).

Испытаниями в производственных условиях устанавливают:

- напорную характеристику $Q-H$;
- энергетические характеристики $Q-N$ и $Q-\eta$;
- кавитационную характеристику $Q - \Delta h_{don}$ (устанавливается при необходимости проверить всасывающую способность насоса).

Перед снятием характеристик необходимо уточнить диаметры трубопроводов, высотное положение приборов давления, вычислить постоянные измерительных приборов.

Для построения характеристик насоса производят замеры не менее чем при 16 подачах. Считка показаний приборов должна быть не дольше 15 с, при этом последовательность записи показаний сохраняется во всех опытах одинаковой.

Замеры производятся с интервалом по подаче не более 8 % от nominalной подачи насосов и регулируются с помощью задвижки на напорном трубопроводе. Для центробежных насосов испытания начинаются с нулевой подачи и доводятся до максимально возможной. Испытания других типов насосов начинаются, наоборот, с максимальной подачи.

Подача определяется на выходе из насоса после отбора расхода на охлаждение, промывку, смазку его элементов. Точность измерения расходов не должна превышать $\pm 1,5-2,0$ %.

Для измерения подачи можно использовать стандартные расходомеры. Не рекомендуется использовать при испытаниях эксплуатационные расходомеры, так как их точность обычно недостаточна [41]. Для измерения подачи объемным способом используют любую емкость, объем которой можно точно протарировать.

Для объемного способа измерения продолжительность опыта выбирается таким образом, чтобы погрешность измерения не превышала 5 %.

Напор насоса определяется по величине суммы давлений на нагнетательном и всасывающем патрубках насоса, определяемых по показанию манометра и вакуумметра (манометра при установке насоса с подпором), по формуле

$$H = z_h - z_e + \frac{(P_h + P_e)}{\rho g} + \frac{(v_h^2 - v_e^2)}{2g},$$

где z_h , z_e – вертикальные отметки положения приборов (по центру трехходовых кранов); P_h и P_e – давление по показаниям приборов; v_h , v_e – скорости жидкости в соответствующих патрубках; знак «–» соответствует положительному избыточному давлению, знак «+» – разряжению.

Для измерения давления используются манометры с классом точности до 1,6 и вакуумметры (мановакуумметры) с классом точности до 2,5.

Потребляемая насосом мощность в производственных условиях определяется по потребляемой мощности двигателя с помощью одного трехфазного или двух однофазных ваттметров с классом точности до 0,2. Приборы на щитах управления имеют недостаточный класс точности. Поэтому измерение производят образцовыми КИП. Мощность насоса вычисляется по формуле

$$N = \eta_{de} N_{de},$$

где N_{de} – мощность, подводимая к клемме двигателя; η_{de} – кпд двигателя.

Кпд двигателя мало зависит от нагрузки и определяется путем предварительного испытания.

В процессе испытания частота вращения вала насосного агрегата может отличаться от той, при которой проводились заводские испытания и которая указана в паспортных данных. Кроме того, число оборотов двигателя несколько меняется при изменении подачи насоса. Поэтому следует производить измерения частоты вращения прецизионным измерительным устройством – тахометром или электрическим счетчиком. Затем все опытные значения параметров насоса пересчитываются на постоянное число оборотов по формулам:

$$Q = Q_{on} (n / n_{on}); \quad H = H_{on} (n / n_{on})^2; \quad N = N_{on} (n / n_{on})^3.$$

Коэффициент полезного действия насоса, %, определяют как отношение полезной мощности N_n к затраченной мощности насоса по формуле

$$\eta = \left(\frac{N_n}{N} \right) 100.$$

Результаты замеров показаний приборов заносят в журнал и после обработки и пересчета по вышеприведенным формулам записывают в журнал обработки. По их значениям строятся характеристики насоса. Рекомендуемые формы журналов приводятся в [3].

3.5.3. Контроль за состоянием строительных конструкций здания насосной станции, освидетельствование грузоподъемного оборудования

Здания насосных станций находятся под неблагоприятным воздействием вибрации, нагрузок от работающего грузоподъемного оборудования, высокой влажности.

Конструктивные схемы зданий станций, совмещенных с резервуарами (НС1, КНС) потенциально опасны, так как повреждение стенок, отделяющих резервуары от смежных заглубленных помещений (обычно машинных залов), может привести к серьезным авариям.

Эксплуатационный дежурный персонал обязан следить не только за оборудованием, но и за состоянием строительных конструкций насосной станции.

В процессе каждодневной эксплуатации визуальным осмотром производится оценка состояния строительных элементов по внешним проявлениям. При этом в первую очередь обращается внимание на окна, двери, кровлю (водонепроницаемость). Постоянно контролируется исправность систем вентиляции, отопления и освещения (в том числе аварийного). Все отмеченные дефекты отмечаются в журнале и подлежат устраниению при первой возможности.

Более тщательная диагностика состояния строительной части необходима в период проведения ППО. Для обследования каждые 3–5 лет создается комиссия, включающая специалистов в области строительства. Во время ППО осуществляется целенаправленный осмотр и оценка состояния строительных конструкций насосной станции. В первую очередь осматриваются несущие конструкции здания – колонны, фермы и балки, несущие стены, а также грузоподъемные механизмы и их крепление. При обнаружении дефектов или при появлении подозрения на неудовлетворительное состояние строительных конструкций необходимо провести более тщательное обследование, в том числе приборное и при необходимости специальные испытания.

Особое внимание следует обращать на случаи поступления воды в подземную часть и основание здания. По результатам обследования определяются и осуществляются меры по смягчению негативного влияния эксплуатации на техническое состояние здания станции.

Грузоподъемное оборудование испытывается в рабочем состоянии под нагрузкой. Проверяется прочность и грузовая устойчивость, действие механизмов и тормозных устройств. Для статических и динамических испытаний используют груз, масса которого превышает грузоподъемность механизмов на 10 %, а грузозахватывающие приспособления проверяются на нагрузку, превышающую номинальную на 25 %.

Производится внешний осмотр механизмов и приспособлений (крюки, захваты, стропы и др.).

Частичное и полное освидетельствование грузоподъемных механизмов, поскольку они используются эпизодически, выполняются по утвержденному главным инженером графику.

3.6. Характерные отказы при работе насосных станций.

Причины и необходимые меры по восстановлению работоспособности

Нарушение нормальной работы насосной станции возможно по причинам неисправности коммуникаций (внутристанционных и водоводов), вспомогательного оборудования (например, решеток, устройств для залива насосов) и самих насосов.

Наиболее часто отказы возникают вследствие изменения условий работы насоса на трубопровод. Увеличение гидравлических сопротивлений напорных трубопроводов закономерно приводит к возрастанию напора и уменьшению подачи центробежного насоса. При этом увеличиваются показания манометра, уменьшается вакуум во всасывающей линии, снижается потребляемая мощность и показания амперметра. Причинами увеличения гидравлического сопротивления могут быть: засорение трубопровода или неисправность арматуры (задвижки, обратные клапаны). В первом случае сопротивление растет медленно и наблюдается постепенный, а во втором случае – происходит мгновенный отказ. Рост подачи насоса при уменьшении создаваемого напора, увеличении вакуума во всасывающей линии и росте силы тока обычно связан с аварийным повреждением – разрывом трубопровода, и это возникает мгновенно.

Ненормальная работа насоса может быть выявлена при внешнем осмотре эксплуатационным персоналом, по показаниям установленных приборов.

Характерные неисправности центробежных насосов, причины, способы их обнаружения и устранения приведены в табл. 3.2.

Небольшие неисправности устраняются сменным дежурным персоналом, а значительные, сложные – ремонтной бригадой.

Характерные неисправности электродвигателей приведены в соответствующей литературе [4, 5, 39].

Таблица 3.2

Основные неполадки в работе насосов и способы их устранения

Неисправность	Причина неисправности	Способ определения	Способ устранения
Насос после запуска не подает воду	1. Заливка насоса недостаточна. В насосе остался воздух	По выходу воздуха из напорной части насоса при открывании воздушного клапана	Остановить насос и вновь произвести заливку
	2. Подсос воздуха через неплотности на всасывающей линии насоса		Проверить соединения труб на всасывающей линии
	3. Велика геометрическая высота всасывания	Вакуум-насос показывает наибольшее паспортное значение, а вода не поступает в насос	Уменьшить высоту всасывания
	4. Неправильно уложены всасывающие трубопроводы, образуются воздушные мешки	Вакуум-насос показывает наибольшее паспортное значение, а вода не поступает в насос	Исправить прокладку трубопровода

Продолжение табл. 3.2

Неисправность	Причина неисправности	Способ определения	Способ устранения
Уменьшение подачи воды или подача меньше паспортной	1. Засорение всасывающего трубопровода	Повышение показания вакуумметра	Прочистить
	2. Просачивание воздуха через сальник	Осмотром	Подтянуть или сменить сальник
	3. Значительный износ уплотняющих колец	Проверкой зазора между кольцом и рабочим колесом после разборки насоса	Заменить уплотнительное кольцо
	4. Недостаточная частота вращения ротора двигателя	Измерением частоты оборотов двигателя	Проверить электродвигатель
Насос не развивает полного напора	1. Износ рабочего колеса или уплотняющих колец	Увеличение силы тока нагрузки и потребляемой мощности	Отремонтировать или заменить колесо
	2. Наличие воздуха в жидкости	Уменьшение показаний вакуумметра	Проверить герметичность всасывающей линии
	3. Уменьшение частоты вращения ротора вследствие падения частоты тока	Измерением частоты оборотов двигателя	Выключить насос до восстановления нормальной частоты тока
Велика потребляемая мощность	1. Неправильная сборка насоса – вал тяжело проворачивается вручную	Увеличенные показания амперметра у двигателя	Перебрать насос, устранить перекосы
	2. Большое содержание песка и других твердых примесей в воде	По шуму и треску	Прочистить насос и устранить причину попадания примесей
Греется сальник	1. Износилась набивка сальника	Визуально и по термометру	Заменить набивку
	2. Сильно затянута прижимная крышка		Ослабить гайки крышки
Греется корпус насоса	1. Насос работает с закрытой напорной задвижкой	Визуально	Открыть задвижку
Насос при работе дребезжит, слышится шум и треск	1. Ослабление крепления насоса к фундаментной плите	Визуально, ключами	Подтянуть крепежные болты
	2. Кавитация	Визуально и по повышению вакуума	Уменьшить высоту всасывания

Окончание табл. 3.2

Неисправность	Причина неисправности	Способ определения	Способ устранения
Насос при работе дребезжит, слышится шум и треск	3. Нарушение центровки двигателя и насоса, износ муфты	Визуально	Заменить кольца муфты, отцентрировать валы
	4. Износ рабочего колеса и нарушение балансировки ротора	Визуально при разборке	Заменить рабочее колесо
Нагревается электродвигатель	1. Неисправность подшипников или большое трение в сальниках	По повышению температуры в подшипниках	Заменить подшипники, ослабить уплотнение сальников

3.7. Ремонтные работы

3.7.1. Виды ремонтных работ и их содержание

Ремонтные работы выполняются специальным персоналом. На станциях средней производительности (25–150 тыс. м³/сут) должен быть создан электромеханический цех (группа).

Крупные станции комплектуются специальными службами:

- механическим цехом;
- энергетическим цехом;
- цехом контрольно-измерительных приборов;
- ремонтно-строительным цехом.

Ремонтные работы, направленные на поддержание и восстановление первоначальных эксплуатационных характеристик насосного оборудования, подразделяются на ремонты текущий и капитальный [39]:

- текущий ремонт первой категории ТР₁;
- текущий ремонт второй категории ТР₂;
- капитальный ремонт.

Кроме того, в период ремонтов выполняются следующие операции:

- модернизация оборудования МО;
- испытания и наладка оборудования НР;
- ведение технической документации по ремонту.

Текущий ремонт может быть профилактическим и непредвиденным.

Профилактический ремонт планируется на основании записей в дефектной ведомости по результатам ППО.

Непредвиденный (аварийный) ремонт заключается в срочном исправлении мелких эксплуатационных повреждений или неисправностей, возникших в результате аварии.

План ППР утверждается руководителем цеха или главным инженером.

Рекомендуемая периодичность текущих ремонтов указана в табл. 3.1 и [67].

Плановая периодичность капитальных ремонтов насосов для чистой воды составляет 3 года при наработке 5000 ч в год, а для артезианских (погружных насосов) – 2 года при наработке 8000 ч в год.

Если по данным наблюдений установлена динамика снижения безотказности насосов, то планирование текущих и капитальных ремонтов может быть обосновано расчетами, методика выполнения которых приведена в [3]. Предполагается, что после капитального ремонта безотказность насоса восстанавливается полностью, а после текущего частично, причем после каждого последующего в меньшей степени, чем после предыдущего.

При текущем ремонте ТР₁ производится технический осмотр и ремонт агрегата без вскрытия корпуса, а также вспомогательного оборудования анализируются замечания в оперативном и ремонтном журналах о работе оборудования.

ТР₁ является расширенной формой ППО и включает дополнительные работы по замене элементов уплотнения, центровке агрегата, смене масла в системе смазки и ваннах подшипников и др.

После устранения неисправностей проводится испытание работоспособности агрегата в соответствии с инструкцией по эксплуатации и оформление необходимой документации по произведенному ремонту, а также составление дефектной ведомости для очередного текущего ремонта ТР₂.

В ходе ТР₂ промываются и чистятся узлы и детали, определяется степень их износа, а в необходимых случаях проводится замена.

Последующая сборка агрегата производится с соблюдением всех допусков и посадок.

Перед сдачей в эксплуатацию агрегат испытывается (обкатывается) в номинальном режиме в течение 24 ч. Одновременно проверяется вибрационная активность в контролируемых точках агрегата.

По завершении ТР₂ оформляется ремонтная документация и составляется предварительная дефектная ведомость для очередного капитального ремонта.

Ремонт вспомогательного оборудования, технологически связанного с основным, обычно выполняется с ним одновременно.

Капитальный ремонт насосного оборудования включает работы по смене крупных деталей и узлов, а в случае необходимости и замене их на исправные или более совершенные.

Капитальный ремонт выполняется согласно предварительной дефектной ведомости. При этом производится:

- полная разборка насоса;
- проверка состояния корпуса, патрубков, фундамента, анкерных болтов;
- анализ документации ранее проведенных ремонтов;
- уточнение предварительной дефектной ведомости;
- замена всех деталей и узлов согласно дефектной ведомости;
- перезаливка фундамента и анкерных болтов;

- сборка агрегата с соблюдением всех допусков и посадок;
- балансировка рабочего колеса;
- опрессовка корпуса;
- наладка агрегата и всех вспомогательных систем;
- контроль всех параметров агрегата с целью установления соответствия паспортным данным.

Желательно провести стендовое испытание насоса с целью получения рабочих характеристик.

Работы по ремонту, наладке и регулировке защит, аппаратуры, КИП и автоматики производятся согласно инструкциям по ремонту и эксплуатации.

После завершения ремонта насос присоединяется к внутристанционным трубопроводам, а двигатель – к системе энергопитания.

Затем в течение 48–72 ч производится испытание насосного агрегата, сперва на холостом ходу, а затем в режиме номинальной нагрузки.

Перед принятием агрегата в эксплуатацию проводится его осмотр при участии начальника станции. Считается, что безотказность насоса восстановлена полностью.

Водопроводные насосы после капитального ремонта и ТР₂ должны быть тщательно промыты и дезинфицированы.

Сведения о выполнленном ремонте, наладке, испытаниях агрегата заносятся в журнал ремонтов.

3.7.2. Планирование технического обслуживания и ремонта

Планирование технического обслуживания и ремонта (ТОР) является важнейшим звеном всей системы технической эксплуатации насосных станций, от которого зависит эффективность функционирования системы.

Планирование проводится с целью:

- обеспечения своевременного технического обслуживания, необходимого для экономичной и надежной работы оборудования;
- обеспечения своевременного проведения профилактических ремонтов, предупреждающих износ оборудования и его отказы;
- обеспечения своевременного ТОР материальными и трудовыми ресурсами;
- равномерной загрузки ремонтного персонала;
- увязывания работ по ТОР с технологическим процессом и работами других служб и подразделений;
- оптимизации всей системы ТОР.

Планирование ТОР осуществляется путем составления документации, регламентирующей ТОР каждой единицы технологического и другого механического оборудования, и включает в себя:

- учет технического состояния оборудования и его наработку;
- определение трудовых затрат и простоя оборудования при ремонте и ожидании его;

- расчет материальных затрат на проведение ТОР и составление заявок на материально-техническое снабжение;

- планирование организации и проведения ремонтных работ.

Планирование ТОР осуществляется в два этапа с разделением работ, выполняемых эксплуатационным и ремонтным персоналом. На первом этапе разрабатывается годовой план-график ТОР основного оборудования с целью определения общих объемов и стоимости работ, потребностей в материально-техническом и трудовом обеспечении. Годовой план-график проведения ТОР разрабатывается отделом главного механика и утверждается главным инженером не менее чем за 2 месяца до начала планируемого года.

На втором этапе разрабатываются квартальные (месячные) планы-графики с целью уточнения сроков проведения работ, детализации объемов работ и планирования их выполнения.

Квартальное планирование ТОР разрабатывается начальником ПТО по результатам периодических ППР и замечаниям в вахтенном журнале. План согласуется с отделом главного механика, службами КИП.

Планирование штатов ремонтного персонала производится исходя из объема проводимых плановых работ по ТОР, примерного объема проводимых неплановых ремонтных работ, необходимости оперативного выполнения аварийных ремонтных работ.

Планируемая продолжительность нахождения оборудования в ремонте из расчета на 1 единицу не должна превышать:

- для текущего ремонта ТР₁ – 2 сут.;
- для текущего ремонта ТР₂ – 3 сут.;
- для капитального ремонта – 5 сут.;
- для наладочных работ – 2 сут.

При планировании работ по ТОР следует предусматривать и проведение внеплановых ремонтов, которые увеличивают трудовые и материальные затраты на 5–10 %.

До вывода агрегатов и механизмов в ремонт должны быть проведены подготовительные работы:

- составлены ведомости работ и смета;
- составлен график проведения ремонта, заготовлены необходимые материалы и запасные части;
- укомплектованы и приведены в исправное состояние инструмент, приспособления, такелажное оборудование, подъемно-транспортные механизмы;
- подготовлены места для ремонта, спланировано размещение частей и деталей;
- укомплектованы и проинструктированы ремонтные бригады.

Сроки проведения ремонтных работ согласуются с диспетчерской.

3.7.3. Причины ускоренного износа насосов, оборудования, трубопроводов, строительных конструкций

Наибольшему износу, в силу их функционального назначения, подвержены следующие детали насосов:

- защитные втулки, уплотнительные кольца, грундбуксы;
- механические торцевые уплотнения;
- рабочие колеса и валы;
- корпус, крышки.

Назначенные ресурсы работы этих элементов объективно различаются, поэтому для них установлены различные сроки текущих и капитальных ремонтов (табл. 3.3). В зависимости от характера и степени износа, установленного при осмотре, определяют вид ремонта – текущий, капитальный или аварийный [42].

Износ проточных частей насосов приводит к ухудшению энергетических характеристик насосов (снижению напора и кпд) и увеличению потребления электроэнергии. Износ происходит главным образом вследствие кавитации и абразивных процессов.

Таблица 3.3
Ресурс работы деталей насосов

Детали и узлы насосов	Ресурс работы, ч, при мощности, кВт			
	до 100	100–500	500–1000	более 1000
Защитные втулки, уплотнительные кольца, грундбуксы	5 000	5 000	5 000	5 000
Механические торцевые уплотнения	10 000	8 000	5 000	5 000
Рабочие колеса и валы	10 000	15 000	20 000	25 000
Корпус, крышки	20 000	30 000	40 000	50 000

Интенсивность кавитационной эрозии зависит от условий кавитации, степени ее развития и продолжительности работы насоса в кавитационном режиме. Процесс кавитации может усиливаться при высокой коррозийности перекачиваемой среды. Наиболее подвержены кавитационной эрозии входные участки всасывающей стороны лопастей колес и лопаток направляющих аппаратов.

Коррозионная эрозия происходит за счет механического воздействия коррозионной среды на защитные пленки материалов насосов. Этот процесс сопровождается электрохимической коррозией, когда разрушающийся входной участок всасывающей стороны лопастей является анодом, а остальная часть лопасти, защищенная пленкой, – катодом. Чем больше в воде окислителей (кислород, хлор и др.), а также выше скорость движения воды, тем интенсивнее разрушение металла.

Кавитация не возникает, если:

$$h_{ec} \leq 10 - h_w - \left(\frac{n\sqrt{Q}}{C_s} \right)^{4/3},$$

где h_{ec} – высота всасывания, м; h_w – потери напора во всасывающей линии насоса, м; n – количество оборотов насоса в минуту; Q – подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$; если насос с двухсторонним входом воды, в формулу подставляется значение $0,5Q$; C_s – коэффициент, зависящий от коэффициента быстроходности насоса, n_s . Если $n_s = 70\text{--}80$, то $C_s = 800$; при $n_s = 80\text{--}150$ – $C_s = 800\text{--}1000$.

Следует стремиться к созданию условий, при которых кавитационный режим не возможен. Это достигается уменьшением высоты всасывания, сокращением протяженности всасывающего трубопровода, снижением потерь напора на всасывающей линии.

Ускоренное разрушение рабочих органов насоса происходит в присутствии абразивных взвесей и зависит от их концентрации, гранулометрического и минералогического состава, формы частиц.

Интенсивность абразивного износа пропорциональна скорости потока. Установлено, что наименьшее абразивное воздействие происходит при работе насоса в оптимальной области (по каталогу). Поэтому при выборе насосов и его регулировке следует стремиться не выходить за пределы этой зоны [43].

Профессор В.Я. Карелин рекомендует оценивать интенсивность износа рабочих колес по потере их массы в расчете на 1 ч работы:

$$J_{изн} = \frac{\Delta G}{Gt},$$

где ΔG и G – потери массы колеса за t ч работы и первоначальная масса рабочего колеса соответственно.

Такая оценка условий работы целесообразна для насосов первого подъема, канализационных насосов и др.

Измерения, необходимые для определения интенсивности износа, могут выполняться при проведении текущего ремонта второй категории.

Долговечность трубопроводов зависит в первую очередь от качества перекачиваемой жидкости. Коррозионные среды вызывают интенсивную коррозию (в насосной станции прокладываются стальные трубы) и, как следствие, аварийность трубопроводов. Наихудшие условия эксплуатации у всасывающих трубопроводов, в которых возможно развитие кавитационных процессов. Вода с положительным индексом стабильности вызывает образование в трубах солевых отложений, которые приводят к увеличению потерь напора и изменению параметров насоса – увеличению напора и снижению КПД.

Ускоренному износу оборудования, коммуникаций, а также ограждающих конструкций способствует повышенная влажность помещений. Особенно высокая влажность в заглубленных насосных станциях, перекачивающих теплые жидкости, например, в канализационных насосных станциях. Для таких помещений предусматривают надежную принудительную вентиляцию.

3.8. Условия охраны труда и безопасной жизнедеятельности при эксплуатации насосных станций

3.8.1. Требования к условиям безопасной работы в насосных станциях

Безопасная жизнедеятельность эксплуатационного персонала обеспечивается созданием безопасных условий труда и соблюдением производственного регламента самими работающими.

Условия безопасной работы в насосной станции учитывают на стадии проектирования и строительства, используя:

- надежные строительные конструкции;
- рациональное размещение основного и вспомогательного оборудования;
- удобные, достаточные и безопасные подходы к любому участку насосной станции, снабженные при необходимости ограждениями;
- оснащение опасных механизмов и деталей защитными устройствами;
- достаточное и надежное освещение, в том числе аварийное, вентиляцию и отопление всех помещений.

Организационно-техническое обеспечение эксплуатации также должно быть направлено на создание безопасной жизнедеятельности работающих и включает:

- рациональную организацию эксплуатации;
- правильный расчет и подбор штата сотрудников;
- обучение эксплуатационного персонала безопасным методам труда;
- постоянный контроль за соблюдением персоналом требований техники безопасности;
- обеспечение работающих защитной спецодеждой;
- оснащение работающих безопасными инструментами и вспомогательными механизмами;
- обеспечение НС страховочными устройствами и приспособлениями;
- окраску и маркировку оборудования, механизмов и коммуникаций в соответствии с их назначением и степенью опасности;
- оснащение НС необходимыми схемами, правилами, инструкциями и предупредительными надписями и табличками;
- оснащение насосной станции аптечкой и другими средствами оказания доврачебной помощи;

– своевременное проведение испытаний основного и вспомогательного оборудования и механизмов.

Сверхурочная работа машинистов насосных станций недопустима.

Ответственность за соблюдение требований безопасной жизнедеятельности при эксплуатации насосной станции возложена на главного инженера или технического руководителя предприятия (ВКХ), а также начальника и мастеров.

На основании учета и расследования всех случаев травматизма, следует проводить анализ и устранять причины их возникновения.

Главный инженер предприятия обязан:

– разрабатывать ежегодные и перспективные планы мероприятий по улучшению условий безопасности труда;

– своевременно разрабатывать и обновлять инструкции и памятки, предупредительные надписи по безопасным методам труда;

– своевременно проводить инструктаж и обучение рабочих и служащих по безопасным способам работы;

– внедрять современные безопасные технологии и конструкции, предохранительные устройства;

– внедрять механизацию и автоматизацию трудоемких процессов, облегчающих условия труда;

– организовывать разбор обстоятельств произошедших несчастных случаев и доведение его результатов до эксплуатационного персонала.

Главный механик предприятия отвечает за содержание в исправном и безопасном состоянии здания насосной станции, сооружений и оборудования, механизмов, систем энергоснабжения, отопления, вентиляции, водоснабжения и канализации.

Особое внимание должно быть обращено на заземление металлических частей с электроприводами, электродвигателями, пусковых агрегатов и других устройств, которые могут находиться под напряжением в результате повреждения изоляции.

Главный механик осуществляет инструктаж, обучение и проверку знаний по технике безопасности подчиненных работников, обеспечивает их спецодеждой и предохранительными средствами, инструкциями по безопасности труда.

Начальник насосной станции обязан содержать в исправном состоянии и обеспечивать безопасную эксплуатацию помещений и оборудования, а также хранение, транспортировку и использование ядовитых, взрывоопасных и других вредных веществ.

Мастер обязан организовать безопасную работу на вверенном участке за счет правильной организации рабочих мест, обеспечения рабочих необходимыми механизмами, инструментами, приспособлениями и средствами индивидуальной защиты. Он должен лично убедиться в исправности оборудования и инструментов.

На мастера возлагается инструктаж на рабочем месте и контроль за соблюдением рабочими требований по безопасному выполнению производственных операций.

Во время ликвидации аварии за безопасное ведение работ несет полную ответственность старший по смене вне зависимости от возможного присутствия лиц старших по должности.

3.8.2. Основные условия безопасной жизнедеятельности

Эксплуатационный персонал перед допуском к работе должен пройти курс обучения и сдать экзамены по безопасным методам труда, а также правилам электробезопасности в пределах своих обязанностей. При поступлении на работу машинист должен пройти вводный инструктаж по т/б и инструктаж на рабочем месте у мастера участка.

Дежурный машинист должен:

- принять смену в установленном порядке;
- получить у мастера инструктаж по технике безопасности;
- одеть спецодежду;
- произвести осмотр исправности оборудования и механизмов;
- ознакомиться с записями в эксплуатационных журналах предыдущей смены, обратив особое внимание на произошедшие внештатные ситуации и аварии, и выяснить, устранены ли неполадки;
- проверить наличие на рабочих местах защитных средств и ограждений.

При сдаче смены машинист сообщает сменщику или мастеру о замеченных дефектах и о принятых мерах по их устранению с записью в оперативном журнале. Машинист может окончить свою работу не ранее того, как сменяющий его работник примет от него обслуживание агрегатами.

Запрещается приемка и сдача смены во время ликвидации аварий или во время производства ответственных оперативных переключений.

Текущая эксплуатация насосной станции машинистом должна осуществляться в соответствии с должностной инструкцией, в которую включают требования по технике безопасности.

Вход в помещение насосной станции разрешается только лицам, обслуживающим оборудование в установленное время, или имеющим специальное разрешение. Запрещается производить работы на действующем оборудовании.

Работы с электроустановками должны выполняться лицами, имеющими допуск на эти виды работ.

При ремонте и наладке любых агрегатов следует обесточить оборудование, принять необходимые меры против их непроизвольного пуска и вывесить предупреждающие плакаты (например, «Не включать, работают люди»).

Работать на оборудовании, у которого истек срок действия разрешения на эксплуатацию, запрещено.

Работы на высоте выполняются на подмостях, сделанных по специальному проекту или по типовой схеме. Запрещается производить работы одновременно на разных отметках на одной вертикали, без установки соответствующих ограждений (козырьков и т.п.).

Работа машиниста насосной станции считается опасной и требующей внимания. Поэтому сверхурочная работа машинистов запрещается.

3.9. Анализ качества эксплуатации насосных станций

Анализ качества эксплуатации насосной станции основывается на первичных отчетных материалах (записях в журналах эксплуатации, промежуточных отчетах, результатах производственных испытаний) и должен содержать объективную оценку показателей качества эксплуатации, а также мотивированные предложения по их улучшению. Результаты анализа и предложения следует включать в годовой отчет о работе станции.

Как отмечалось в разд. 1, показателями качества эксплуатации являются: надежность, экономичность, экологичность и безопасность жизнедеятельности персонала.

3.9.1. Надежность

Оценка надежности работы отдельных узлов, агрегатов, а также насосной станции в целом требует длительного и разностороннего наблюдения. Для этого персоналу необходимо с момента пуска станции начинать систематическое накопление статистического материала по произошедшим авариям, снижению КПД, выявленным дефектам оборудования, обращая внимание на их причины. На основании этих данных подсчитываются показатели надежности эксплуатации агрегатов и станции в целом, разрабатываются мероприятия по повышению надежности эксплуатации и производится оценка эффективности этих мероприятий.

Безотказность эксплуатации характеризуется интенсивностью отказов и вероятностью безотказной работы. Причины отказов в одних случаях связаны с нарушениями работы оборудования станции и внутристанционных коммуникаций, в других – неисправностями внешних систем (водоводы, системы энергоснабжения).

Часть отказов вызывается износом оборудования, может достоверно прогнозироваться и своевременно предупреждаться путем проведения ремонтов. Так, опытом эксплуатации установлена корреляция между частотой и амплитудой вибрации насосного агрегата и степенью износа и разрушения отдельных узлов ротора насоса и агрегата в целом. Это дает возможность предсказать периодические отказы узлов насосов и рассчитать наработку агрегата до ремонта.

Планово-предупредительный осмотр трубопроводов позволяет своевременно поддерживать коммуникации в удовлетворительном состоянии и

свести к минимуму вероятность их повреждения. Поэтому в большинстве случаев повреждения оборудования или трубопроводов следует рассматривать как дефект эксплуатации.

Выводы о безотказности работы насосов и коммуникаций можно сделать при сравнении фактической интенсивности их отказов показателями, приведенными в табл. 3.4. Задача заключается в выявлении конкретных причин, отрицательно влияющих на безотказность, что позволяет определить меры по их устранению [3].

Таблица 3.4
Показатели надежности оборудования по данным эксплуатации

Вид оборудования	Интенсивность отказов, $\lambda_c \cdot 10^4$, ч ⁻¹			Интенсивность ремонта, $\mu \cdot 10^2$, ч ⁻¹
	λ_{\min}	$\lambda_{ср}$	λ_{\max}	
Насосы типов:				
ЭЦВ 4	1	1,25	1,6	2
ЭЦВ 6	0,8	1,2	5,6	2
ЭЦВ 10	0,9	1,5	3,2	2
Д 200-95	1,2	3,2	4,8	4
Д 630-90	—	2,1	—	2
Д 1250-65	1,2	1,6	3,5	2
Д 1250-125	1,2	2	3,2	2
Д2500-62	—	1,8	2	2
К 8/18, 1,5 К 8/19	1	1,25	4	4
4К 90/35, 4К 90/20	1,4	3	4,5	4
ЗНФ, 4НФ, 6НФ	0,8	1,8	5,6	4
Задвижки с электроприводом	0,1	0,6	1	4
Обратные клапаны	0,04	0,08	1	4

Одним из важнейших параметром обслуживания является затрачиваемое время на профилактическое и ремонтное обслуживание. По этому времени рассчитывается штатный состав эксплуатационного персонала.

При определении затрачиваемого рабочего времени выделяют время простоя и время, затраченное непосредственно на ликвидацию отказа. Время простоя – период, когда оборудование не может эксплуатироваться (выявление отказа, подготовка к ремонту, ремонт, пусконаладочные работы, вывод на эксплуатационный режим).

Активное время простоя – период времени, в течение которого производится непосредственная ремонтная или профилактическая работа, исключая организационное время.

Оценка ремонтопригодности станции дается дифференцировано с учетом значений как активного времени, так и общей длительности простоя.

Неудовлетворительная ремонтопригодность, чаще всего объясняется нарушениями правил содержания оборудования, трубопроводов и помещений, плохим материально-техническим снабжением (отсутствие нужных деталей и материалов), неорганизованность ремонтных служб.

Исходные данные, предусмотренные проектом, условия ремонтопригодности, нередко оказываются нарушенными после проведения на станции капитальных ремонтов или реконструкции.

При анализе необходимо установить действительные причины снижения ремонтопригодности и адресно определить меры по их устранению.

Долговечность насосной станции обеспечивается долговечностью ее строительной части, внутристанционных коммуникаций, насосно-силового оборудования, КИП и вспомогательного оборудования.

Здания насосных станций относятся ко 2 классу ответственности со сроком службы не менее 50 лет. Внутренние коммуникации выполняются стальными и их ресурс ниже – 20–25 лет. Поэтому следует своевременно производить замену изношенных труб. Повышению долговечности трубопроводов способствует применение труб с антикоррозионным защитным покрытием.

Назначенный (нормативный) ресурс может быть не достигнут из-за плохой эксплуатации, несвоевременного или некачественного проведения ремонтов или профилактического обслуживания, перегрузок и других причин. Нормативный ресурс может быть сокращен из-за морального старения оборудования, которое в этом случае заменяется на более эффективное.

При замене насосно-силового оборудования и КИП следует использовать наиболее современные и экономичные конструкции и модели. При этом возможна корректировка режима работы насосных агрегатов и их регулировка.

3.9.2. Оценка экономичности работы насосной станции

Себестоимость перекачиваемой воды является обобщенным экономическим показателем эксплуатации насосной станции.

Себестоимость складывается из ряда составляющих – стоимости затраченной электроэнергии, платы за установленную мощность, затрат на амортизацию, зарплату, ремонт и др. Если анализировать каждую составляющую себестоимости в отдельности, то можно четко выявить нерациональные затраты и предусмотреть меры по их устранению.

Себестоимость перекачиваемой жидкости находится по формуле

$$C_e = \frac{\sum C}{W},$$

где SC – суммарные годовые эксплуатационные расходы, руб.; W – объем жидкости, перекачиваемый станцией за год.

Себестоимость одного тонно-метра поданной насосами воды

$$C_n = \frac{\sum C}{WH_{cp}},$$

где H_{cp} – средний напор насосов в течение года, м.

Наиболее полно экономичность работы насосной станции характеризуется и отношением фактически израсходованной электроэнергии A к полезной работе $A_{пл}$, совершенной насосами за то же время

$$a = \frac{A}{A_{пл}} = \frac{1}{\eta_{nc}},$$

где η_{nc} – среднеарифметическое значение кпд насосной станции за определенное время (обычно за год).

Если расход энергии выразить в кВт · ч и отнести его к полезной работе в расчете на 1000 т-м поданной воды, то удельный расход электроэнергии будет определяться выражением

$$N_{y\partial} = \frac{2,724}{\eta_{nc}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / (1000 \text{ т} \cdot \text{м})$$

и называется теоретической удельной нормой расхода электроэнергии. При этом кпд насосной станции принимается максимальным для установленных насосов. При нескольких работающих насосах в насосной станции ее кпд:

$$\eta_{nc} = Q_1 t_1 + Q_2 t_2 + \dots + Q_n t_n / (Q_1/\eta_1 + Q_2/\eta_2 + \dots + Q_n/\eta_n) \sum_1^n t,$$

где Q_1, Q_2, Q_n и η_1, η_2, η_n – подача и кпд каждого из установленных насосных агрегатов $\eta_h, \eta_{\partial\partial}$; t_1, t_2, t_n – продолжительность работы каждого насоса; $\sum_1^n t$ – суммарное время работы насосов.

Удельную теоретическую норму расхода электроэнергии в кВт·ч/1000 т·м насосного агрегата можно определить по формуле

$$N_{y\partial} = \frac{2,724}{\eta_h \eta_{\partial\partial}},$$

где $\eta_h, \eta_{\partial\partial}$ – наибольшие (паспортные) значения кпд насоса и кпд двигателя.

Сопоставление действительного значения удельного расхода электроэнергии подсчитанного для фактических значений КПД насосов с теоретическим позволяет оценить эффективность работы как отдельного насоса, так в целом насосной станции.

Показатель кпд наиболее информативен при оценке экономичности работы насосной станции. Его удобно использовать именно для оценки эффективности эксплуатации, так как он позволяет сравнивать кпд в разные периоды эксплуатации или в разные смены. Если произвести сопоставление кпд насосной станции в разные годы функционирования или после проведенных ремонтов, то можно сделать вывод о степени изношенности насосного оборудования или об изменении условий работы на сеть.

На кпд самих насосных агрегатов влияет регулировка насосов. Расчетами (см. п. 3.3.5) или прямыми измерениями можно определить потери

напора и КПД насоса при разных способах регулировки и выбрать наиболее экономичный.

Кпд насосов должны находиться в области оптимальных значений. Это в первую очередь относится к основным насосам, используемым большую часть времени. Насосы, рабочие характеристики которых не соответствуют условиям работы, должны своевременно заменяться.

Дополнительными критериями оценки эффективности использования установленного оборудования насосной станции являются: коэффициент использования установленной мощности и коэффициент использования рабочей мощности по [4].

Оценка эффективности и экономичности работы насосной станции основывается на объективном учете работы насосной станции по следующим показателям:

- подаче воды потребителям (в час, сутки, за месяц, квартал, год);
- расходу электроэнергии, топлива, воздуха на станции в целом;
- расходу воды на собственные нужды;
- расходам электроэнергии, топлива, воздуха на собственные нужды;
- количеству часов работы и простоя машин и электрооборудования, коэффициенту их полезного действия;
- потерям напора во внутристанционных трубопроводах. Хотя значения этих потерь не нормируется, их значительное увеличение в процессе эксплуатации свидетельствует о засорении труб и неисправности арматуры, т. е. о дефектах обслуживания, и понижает показатели экономичности.

Главный путь повышения экономичности эксплуатации и снижения удельных энергозатрат заключается в повышении кпд основных насосов. Помимо упомянутых выше мер (использование насосов в области высоких кпд, поддержание насосного оборудования в работоспособном состоянии), а также ограничения потерь напора во внутристанционных трубопроводах, экономически целесообразна реновация (замена) устаревших насосов, имеющих невысокий кпд. Это относится и к неправильно подобранным насосам, нуждающимся в постоянной регулировке.

3.9.3. Оценка экологичности эксплуатации насосных станций

Отрицательное влияние, оказываемое водопроводными насосными станциями на экосистему, заключается в чрезмерном уровне шума и вибрации. Канализационные насосные станции являются источниками загрязнения воздушной среды, а при возникновении отказов – сбросов неочищенных сточных вод по аварийным выпускам.

Уровень шума зависит от технического состояния насосного оборудования и снижается при устройстве звукопоглощающих оснований фундаментов насосных агрегатов, установкой пластичных вставок и применением других звукопоглощающих устройств.

Газовые выбросы канализационных насосных станций в атмосферу содержат значительный процент углекислого газа, сероводорода и в мень-

шей мере метана, аммиака и других газов. При необходимости газы, удаляемые вытяжной вентиляцией с искусственным побуждением могут быть очищены. Локализующее влияние оказывают древесные насаждения в пределах санитарно-защитной зоны, в которой размещается станция.

3.9.4. Оценка безопасности жизнедеятельности персонала при эксплуатации

Оценка степени безопасности жизнедеятельности персонала насосной станции дается на основании данных о несчастных случаях, производственном травматизме и профессиональных заболеваниях. Анализ этих материалов позволяет выявить основные причины.

Как известно, условия работы на насосных станциях считаются тяжелыми. К причинам возникновения нарушений безопасной жизнедеятельности относятся:

- невыполнение персоналом регламентированных правил поведения и исполнения производственных операций;
- неисправность элементов установок, трубопроводов, конструкций, предназначенных для создания безопасных условий работы (ограждения, защитные кожухи, лестницы, площадки и т. д.);
- неэффективность работы систем освещения, отопления, вентиляции, пожарного водоснабжения;
- аварийные повреждения оборудования, трубопроводов, инженерных конструкций.

Опасными следует считать заглубленные помещения, затопление которых может возникнуть при образовании течей из смежных заполненных водой емкостей, либо при повреждении напорных трубопроводов. Известны случаи, когда разрушение напорного трубопровода приводило к гибели людей, находившихся в заглубленном машинном зале.

Анализ условий безопасной жизнедеятельности позволяет разработать и принять дополнительные конкретные меры при защите обслуживающего персонала.

3.10. Пусконаладочные работы на насосных станциях

В разд. 1 отмечалось, что цель пусконаладочных работ состоит в доведении объекта до работоспособного состояния, в отработке оптимального режима эксплуатации и в водоподготовке эксплуатационного персонала.

Пусконаладочные работы на насосных станциях включают:

- изучение проекта и его дополнительную корректировку в случае обнаружения упущений;
- обследование станции и проверку соответствия выполненных строительно-монтажных работ по проекту, оценку качества выполненных работ и выявление недоделок, подлежащих устранению;

- проверку работоспособности основного и вспомогательного оборудования, систем вентиляции, освещения, сигнализации, автоматизации;
- отработку режимов работы станции (проектных или в соответствии с фактически сложившимися условиями);
- разработку документации, необходимой для ведения эксплуатационного процесса (производственные инструкции, технологические схемы и т. д.) обучение персонала станции.

Задачей пусконаладочных работ является доведение значения критерия экономичной работы станции, выражаемого в кВт·ч/1000 м³, при поддержании заданного давления или заданного графика перекачки сточных вод, до проектного значения.

Рассмотрим подробнее некоторые этапы пусконаладочных работ.

Обследование станции. При обследовании станции большое внимание следует уделить проверке высотной схемы. Нивелировкой проверяется соответствие проекту геодезических отметок для приемного резервуара, перекрытий, площадок, пола машинного зала, осей насосов, монорельсов или подкрановых путей.

Измеряется ширина проходов между насосными агрегатами, размеры помещений, наличие и размеры площадок, лестниц, переходов над трубами, подпольных каналов, правильность выполнения ограждений и др.

При обследовании внутристанционных трубопроводов тщательно проверяют правильность выполнения всасывающих линий.

Расположение входных воронок в приемной камере (расстояния от стенок дна) должны отвечать проекту, это же относится и к взаимному расположению нескольких всасывающих труб, расположенных в одной камере. Во избежание образования воздушных мешков во всасывающих линиях они должны прокладываться с подъемом в сторону насосов и соединяться с последними косыми переходами. Уклоны всасывающих линий инструментально проверяются и во всех случаях должны быть не менее 0,005.

Необходимо проверить соответствие проекту диаметров напорных и всасывающих труб и арматуры. Размещение арматуры и разборных соединений должно быть удобно для осмотра, профилактического обслуживания и выполнения ремонтных работ. Все трубопроводы закрепляются таким образом, чтобы исключить их вибрацию при работе насосов.

Следует в максимальной степени ограничить силовое воздействие трубопроводов на насосы (при температурных деформациях, под влиянием сил гидростатического давления). В необходимых случаях на напорных линиях в местах присоединения насосов устанавливаются монтажные вставки (при больших диаметрах монтажные муфты), которые играют в определенной степени роль компенсаторов и упрощают монтаж и демонтаж.

При осмотре проверяется наличие опор и упоров для трубопроводов, правильность закрепления труб, а также качество заделок в местах прохода труб через стены, особенно через стенки резервуаров.

При осмотре арматуры контролируется ее исправность и правильность монтажа.

Наиболее ответственной операцией является проверка соответствия проекту и качество монтажа насосных агрегатов.

При этом производят измерения и контролируют правильность установки агрегатов на фундаментах, центровку насосного агрегата, центровку валов насоса и двигателя по муфтам. Для вертикальных насосов проверяется вертикальность вала агрегата. Указания о правилах монтажа насосов и допустимые допуски при монтаже содержаться в [44].

Оценивается качество монтажа вспомогательного оборудования (дренажных насосов, вакуум-насосов, грузоподъемного оборудования).

При осмотре следует обратить внимание на правильность подключения оборудования к системе энергоснабжения, монтажа систем залива насосов, масляного хозяйства, технического водоснабжения и пневматики, систем отопления, приточно-вытяжной вентиляции и освещения.

Проверяется наличие и правильность установки КИП, и, в частности расходомеров. Напомним, что достоверность показаний расходомеров зависит от степени турбулизации потока в месте измерения. Поэтому расходомеры располагают на определенном расстоянии от местных сопротивлений, вызывающих дополнительные возмущения в потоке воды.

Недостатки, выявленные при осмотре, устраняются.

Проверка работоспособности оборудования и систем. Работоспособность оборудования и систем оценивается при пробном пуске. Основное насосное оборудование проверяется поагрегатно. Все задвижки и вентили (за исключением задвижек на всасывающей линии) закрываются. Затем открывают вентили, подающие смазывающую или охлаждающую жидкость к сальнику, подшипникам или охладителю и производят залив насоса. После включения электродвигателя постепенно открывают задвижку на напорной линии при одновременном наблюдении за изменением силы тока по амперметру. В случае резкого возрастания силы тока агрегат немедленно останавливают. В [44, табл. 75.1] указаны возможные неполадки, связанные с дефектами монтажа насоса или трубопроводов.

Агрегат должен работать без стука и чрезмерного шума, без перегрева, без утечек смазки и охлаждающих жидкостей. Уровень вибрации подшипников насосов и двигателей на всех режимах работы не должен превышать следующих значений:

Частота вращения, 1/мин	375–750	1000	1500	3000	3600
Вибрация, мм	0,12	0,10	0,08	0,06	0,04

Опробование насоса продолжается по достижении устойчивой работы агрегата в течение двух часов. Затем агрегаты испытываются индивидуально под рабочей нагрузкой в течение четырех часов.

При опробовании инженерных систем насосной станции (автоматика, электрическое хозяйство, вентиляция и др.) определяется эффективность и безотказность выполнения производственны операций.

Для основных насосных агрегатов перед установкой рекомендуется произвести стендовые испытания для получения достоверных и фактических рабочих характеристик. В противном случае следует провести испытания на месте установки, как изложено в п. 3.5.2. Такие испытания необходимы, так как по различным причинам фактические рабочие характеристики нередко отличаются от паспортных.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы общие требования, предъявляемые к насосным станциям. Дежурный персонал, его обязанности.
2. Содержание основных производственных операций при работе насосных станций.
3. Перечислите содержание работ по оперативному контролю и профилактическому обслуживанию насосных станций.
4. Содержание работ по диагностике оборудования, контроля за изменением параметров насосных агрегатов и за состоянием строительных конструкций зданий станций.
5. Характерные отказы в работе насосных агрегатов, их причины и выявление.
6. Содержание ремонтных работ, анализ причин проведения досрочных ремонтов.
7. Какие требования к условиям труда при эксплуатации насосных станций?
8. Содержание пусконаладочных работ на насосных станциях.
9. Анализ качества эксплуатации насосных станций.
10. Пути повышения экономичности работы насосных станций.

4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ

4.1. Общие сведения

Система подачи и распределения воды (СПРВ) включает: водоводы, магистральные и распределительные сети, вводы к абонентам и водомерные узлы на вводах, насосные станции второго и третьего подъемов, напорные и безнапорные резервуары.

Функция СПРВ заключается в бесперебойной подаче воды питьевого качества всем потребителям, т. е. полностью совпадает с функцией системы водоснабжения.

Подача воды абонентам должна осуществляться с учетом складывающегося режима водопотребления. Исключение составляют промышленные предприятия, график потребления воды которыми устанавливается заранее по договоренности с Водоканалом.

Свободные напоры на вводах должны быть достаточными для нормальной работы водоразборов у абонентов, но не превышать 60 м или быть менее 10 м. Первое условие связано с опасностью повреждения внутридомовых водопроводных сетей и с увеличением утечек воды, второе – с санитарными требованиями. Случайное падение напора может привести к подсосу загрязненных грунтовых вод; кроме того, при вакууме существует опасность деформации стальных труб, особенно больших диаметров.

Указанные напоры определяются относительно отметок поверхности земли на вводе.

Для оптимизации свободных напоров, требуемое значение которых зависит от этажности зданий, на сети могут выделяться зоны повышенного или пониженного (по сравнению с магистральной сетью) давления.

В первом случае требуемые напоры создаются насосами – повысителями, во втором – установкой регуляторов давления на присоединениях сетей зоны к высоконапорным магистралям. По опыту московского водопровода оптимизация напоров повышает безотказность сети и сокращает потери воды [44].

В соответствии с [37] к задачам технической эксплуатации относятся: надзор за состоянием и сохранением труб, арматуры, сетевых сооружений, их техническое содержание, проведение планово-профилактических и аварийно-восстановительных ремонтов, а также по предотвращение перерывов в подаче воды, контроль за потокораспределением и его оптимизация.

Эксплуатация водопроводной сети производится службой, включающей эксплуатационные районы с радиусом обслуживания до 10 км. Протяженность трубопроводов в районе достигает 300–350 км.

Управление СПРВ диспетчерское и осуществляется на основании текущей информации о напорах, фиксируемых в контрольных точках сети, уровнях воды в резервуарах, параметрах (подача, напор, потребляемая мощность) насосных агрегатов.

4.2. Факторы, отрицательно влияющие на работу, и техническое состояние сети

К факторам, негативно влияющим на техническое состояние трубопроводов, относятся: гидравлические удары и другие колебания давлений, попадание воздуха, образование внутритрубных отложений и коррозионное разрушение труб, а также их повреждения.

В [22] отмечается, что гидравлические удары сопровождаются резкими и скачкообразными колебаниями давлений, иногда – возникновением ва-

куума и кавитации. «Эти давления нарушают герметичность стыков, вызывают разрыв труб. На напорных линиях, поврежденных даже незначительным колебаниям давлений утечки растут из года в год».

Наибольшую опасность для трубопроводов представляют гидравлические удары, происходящие при включении и, особенно при выключении насосов, если задвижки на напорных линиях открыты (см. разд. 3).

Нередко аварийные ситуации возникают при эксплуатации водоводов в момент неожиданного нарушения энергопитания насосных агрегатов и их внезапного отключения. В зависимости от первоначальной скорости воды, материала труб, от длины и профиля водовода возможен гидравлический удар с разрывом сплошности потока, иногда в нескольких точках. Удар начинается с понижения давления, при котором на отдельных участках трубопровода создается глубокий вакуум, что само по себе способно вызвать деформацию стальных труб, особенно больших диаметров.

Вследствие перемещения потока под действием инерции, отмечает профессор В.С. Дикаревский, в водоводе проявляются разрывы сплошности (пустоты), заполненные парами воды. В следующий момент пустоты заполняются водой, перемещающейся двумя встречными потоками, что приводит к резкому увеличению давления, превышающего обычное. Основной разрыв сплошности образуется сразу же за источником удара. На остальной длине водовода возможна «путевая разрывность», в виде отдельных каверн, заполненных водяным паром. Заметим, что самыми опасными в отношении такого гидравлического удара являются участки, расположенные на возвышенных местах.

При непосредственном присоединении к магистральным сетям насосов третьего подъема их включение при открытых задвижках нередко сопровождается значительными гидравлическими ударами.

Как известно, движение воды в водопроводной сети носит неуставновившийся характер, что является результатом непрерывного меняющегося водоразбора. Колебание скоростей вызывают незначительные по силе гидравлические удары, опасность которых заключается в непрерывном повторении. Импульсное воздействие приводит к постепенному ослаблению и к повреждению наименее прочных элементов трубопроводов – стыковых соединений труб.

Причинами гидравлических ударов в ряде случаев оказываются скопления воздуха, образующего воздушные пробки.

Деформация оснований приводит к возникновению опасных напряжений в трубах. Деформации обычно связаны с размывом грунта вследствие утечек воды. Часто причины деформаций состоят в нарушении технологии выполнения земляных работ при прокладке сети.

В пучинистых грунтах деформации вызываются вертикальными перемещениями водопроводных монолитных колодцев. Известны случаи, когда подъем колодца настолько значителен, что сопровождается переломом труб.

Для трубопроводов непрерывной сборки (стальные, пластмассовые) опасность представляют продольные температурные напряжения.

$$\sigma_t = \alpha E (t_M - t_\Theta),$$

где α – коэффициент линейного расширения материала труб; E – модуль упругости материала; t_M , t_Θ – температуры воды трубы при ее монтаже (сварке) и при эксплуатации. Для стальных труб $\alpha E = 25$, кг·град/см², а $\sigma_t = 25 (t_M - t_\Theta)$, кг/см².

Металлические и в первую очередь стальные трубы при транспортировке воды подвергаются коррозии. Это сокращает производственный ресурс труб, приводит к потерям воды вследствие утечек, понижает безотказность сети.

Кроме того, коррозия вызывает вторичное загрязнение транспортируемой воды и уменьшает пропускную способность труб.

Интенсивность внутритрубной коррозии возрастает в случае, если вода содержит избыток окислителей (кислород, хлор).

По исследованиям, которые проводились на Кемеровском водопроводе, отмечалось возрастание скорости коррозии при увеличении дозы активного хлора и понижении pH воды. Так, при содержании 0,3 мг/л хлора и pH = 6,5 скорость коррозии составила 0,131 мм/год, при 0,40 мг/л и том же значении pH – 0,15 мм/год, при дозе хлора 0,5 мг/л и pH = 6,5; 7,0; 7,5; 8,0–0,184; 0,170; 0,145; 0,128 мм/год [44].

При увеличении скорости воды коррозия усиливается [65]. Заметим, что допустимой считается скорость коррозии не более 0,05 мм/год.

Коррозионная активность воды оценивается значением индекса насыщения J (индекс Ланжелье).

Возрастание содержания железа в воде под влиянием коррозии можно ориентировочно определить по зависимости:

$$\Delta C = \frac{\alpha_1 + 25,4}{\vartheta 10^3} \text{ мг/л}, \quad (4.1)$$

где ϑ – диаметр трубы, м; α_1 – экспериментальный коэффициент, зависящий от индекса насыщения (табл. 4.1); ϑ – скорость воды, м/с.

Таблица 4.1
Значения коэффициента α_1

J	-0,4	-0,5	-1,2	-1,6	-2,0	-2,4	-2,6
α_1	20,6	51,1	82,3	128,0	172,4	157,7	204,6

Возможность и вероятность коррозии труб объективно оценивается по диаграмме Пурбэ в зависимости от значений pH и окислительно-восстановительного потенциала E , измеряемых при помощи pH – метра.

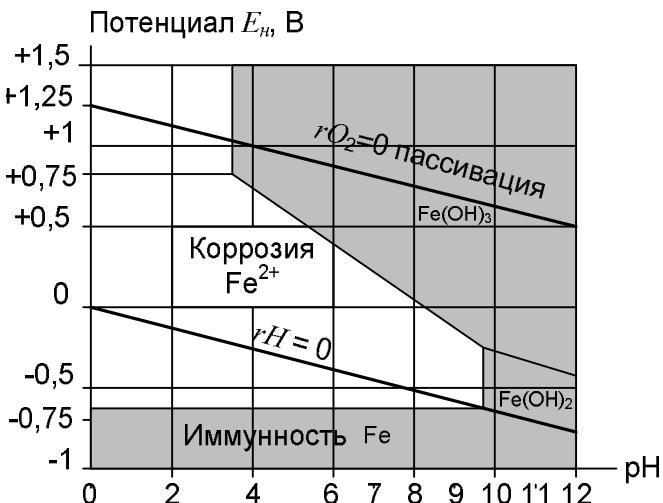


Рис. 4.1. Диаграмма состояния железа в воде (диаграмма Пурбэ)

В интервале значений pH от 6,5 до 9,0 железо находится преимущественно в растворенном виде, но при более высоких значениях мощности редокс-системы rH_2 , образуется нерастворенный гидроксид $Fe(OH)_3$, увеличивающий цветность воды и вызывающий за-сорение трубопроводов (рис. 4.1).

В [33] приводится формула, позволяющая ориентировочно оце-нивать снижение пропускной спо-собности трубопроводов в зависи-мости от длительности их эксплуа-тации:

$$Q_t = Q_p (1 - 0,01 n t^m), \quad (4.2)$$

где Q_p , Q_t – пропускная способность трубы в начале (расчетная) и по истечении t лет эксплуатации; n , m – коэффициенты, зависящие от качества воды (способность вызывать коррозию или образовывать солевые отло-жения).

Таблица 4.2

Значение коэффициентов m и n

Группы воды (по качеству)	Индекс насыщения J	Коэффициент	
		n	m
Слабо минерализованные воды с незна-чительным содержанием растворенного железа и органики	-0,2 – +0,2	4,4–2,3	0,5
То же с содержанием железа и органики менее 3 мг/л	-0,2 – -1,0	6,4–2,3	0,5
Весьма коррозионные воды с содержанием железа более 3 мг/л, хлоридов и сульфатов не более 100–150 мг/л	-1,0 – -2,5	11,6–6,4	0,4–0,5
То же с содержанием хлоридов и сульфа-тов более 500–700 мг/л	Менее 0,0	18–11,6	0,35–0,40
Вода с большой временной и малой по-стоянной жесткостью, коррозионные воды с плотным остатком более 2000 мг/л	Более +0,8	32–18	0,25–0,35

4.3. Оперативная работа, оперативный и санитарный контроль

По указаниям диспетчера производится регулярное или вызванное чрезвычайными ситуациями перераспределение потоков воды в магистральной сети. В первом случае необходимость изменения потокораспределений связано с суточным режимом водоразбора, во втором – с такими событиями, как пожаротушение или отключение отдельных участков магистралей при авариях и ремонтных работах. Оптимизация потокораспределений и изменения маршрутов основных потоков имеет целью поддержание в сети нужных напоров, обеспечение такого обмена воды в баках и резервуарах, при котором не ухудшается ее качество, создание щадящих режимов на изношенных участках. Потокораспределение осуществляется частичным открытием или закрытием задвижек в регулировочных узлах. Последние размещаются в местах разветвления основных магистралей, и их положение должно быть обосновано. Проверочными гидравлическими расчетами устанавливается связь потокораспределения со степенью открытия задвижек в узлах.

При управлении работой сети степень открытия регулировочных задвижек указывается диспетчером.

Оперативный контроль за работой сети предусматривает регулярные (по графику или по указанию диспетчера) измерения уровней воды в резервуарах и напоров в контрольных точках. Такие точки должны размещаться в наиболее характерных местах, где ожидаются наибольшие и наименьшие напоры. Чаще всего выбираются места, удобные для обслуживания: выходы из насосных станций и водонапорных башен, вводы промышленных предприятий. Стационарные пункты наблюдения часто оборудуются манометрами с самописцами. Иногда измерения выполняют на необорудованных участках, установкой манометров на пожарных гидрантах.

На водопроводной сети Санкт-Петербурга размещены автономные измерители давлений (АИД), которые помимо выполнения измерений накапливают измеренные значения, привязанные к дате и времени с выводом в ПЭВМ [46].

В среднем на 1 км² селитебной территории размещается 1–2 пункта наблюдения.

Согласно [12] из сети производится систематический отбор проб воды для анализа и определения ее качества.

Производственный контроль качества воды в сети регламентирован СанПиНом [12]. Количество проб зависит от количества обслуживаемого населения. Кроме того, обязательные контрольные пробы отбираются после ремонтных работ на сети.

Пробы отбираются в местах, удаленных от точек питания, на тупиковых участках, на выходе из резервуаров, в наиболее возвышенных точках сети

и из внутренних водопроводных сетей всех зданий, имеющих подкачку в местные водонапорные баки.

На водопроводных сетях Нижнего Новгорода проводится дополнительный контроль за общей токсичностью воды по специальной методике. Было установлено, что индекс токсичности увеличивается при повышении содержания в воде (наряду с другими ингредиентами) растворенного железа и связанного хлора [63].

Ухудшение качества воды свидетельствует об ошибках в эксплуатации сети. Например, недопустимое снижение концентрации активного хлора указывает на недостаточную проточность сети или на слабый водообмен в водонапорных резервуарах, повышение мутности, появление запахов и растворенного железа – на коррозию труб и развитие в них железобактерий, бактериальное загрязнение – на негерметичность сетей, на длительное нахождение воды в резервуарах и дефекты систем их вентиляции, на неправильное ведение ремонтных работ.

4.4. Обследование сетей (надзор за состоянием)

Водопроводные сети систематически обследуются путем обхода трасс и внешнего осмотра, а также проверки действия сетевого оборудования [37].

Осмотр проводится по специальному графику и по заранее разработанным маршрутам. В среднем любой участок сети осматривается не менее 6 раз за год, но отдельные участки – чаще. На маршрут выходит бригада из двух человек, которые должны хорошо знать трассу и разбираться в возможных нарушениях работы сети [20].

Контролируется отсутствие утечек с изливом на поверхность, состояние поверхности земли по трассе водопровода (отсутствие просадок, пучения, навалов в местах расположения колодцев, разрытий по трассе, не-разрешенных работ по устройству присоединений к сети), состояние колодцев (наличие и плотность прилегания крышек, целостность люков, крышек, горловин, скоб, отсутствие в колодцах воды или ее утечек, загазованность). Наличие газов определяется приборами. При осмотре трасс открывают крышки колодцев, но спуск людей в колодцы не разрешается.

Обходчики проверяют исправность координатных табличек, указывающих расположение колодцев. При необходимости устраняются мелкие неисправности, поправляются сдвинутые крышки колодцев, очищают люки от снега, мусора и др., проверяется исправность уличных водоразборов. О всех неисправностях, выявленных при осмотре, сообщается мастеру сети.

Внешний осмотр дает ценную информацию, так как оперативно выявляет явные нарушения.

Не реже двух раз в год обследуется состояние арматуры в водопроводных колодцах. Работа проводится бригадой из трех человек, причем один из них спускается в колодец, а двое – «страхуют» его, находясь на

поверхности. Бригада имеет соответствующую экипировку и снаряжение, обеспечивающие безопасность ведения работ. Перед началом осмотра необходимо убедиться (с использованием сигнализатора) в отсутствии загазованности. При наличии газа колодец вентилируется, а осмотрщик в колодце работает в противогазе с удлиненным шлангом, выведенным на поверхность.

Проверяется состояние соединений труб и арматуры, отсутствие утечек в стыковых соединениях и сальниковых уплотнениях арматуры, течей через неплотности в стенах и днище колодцев, исправность скоб для спуска в колодец и выполняется «разгонка» задвижек и пожарных гидрантов, заключающаяся в их открытии и закрытии. «Разгонка» исправной арматуры должна происходить без усилий. Задвижки больших диаметров и регулирующие задвижки «разгоняются» только по согласованию с диспетчером.

При необходимости выполняются мелкие ремонтные работы: подтяжка болтов, очистка клапанов вантузов, удаление со дна колодцев грязи и другие. Кроме того, выполняются сезонные работы: утепление колодцев и наружных водоразборов осенью и снятие утепления весной.

В наиболее ответственных случаях места повреждения труб и техническое состояние оснований трубопроводов определяют геофизическими методами.

Технический осмотр переходов через водные преграды по мостам или по дну, а также переходы под железными и шоссейными дорогами производится не реже одного раза в год. При техническом осмотре проверяется исправность арматуры и инженерных конструкций, и проводятся испытания участков на утечки.

Подводные переходы обследуются водолазами каждые 10 лет, а при необходимости чаще.

Перед ледоставом, весенным ледоходом и после него осматриваются инженерные конструкции камер переходов.

Трубопроводы переходов по мостам или эстакадам, а также водоводы надземной прокладки обследуются накануне зимнего периода: проверяется состояние теплоизоляции, компенсаторов, скользящих и неподвижных опор, выявляются явные утечки.

Абонентские вводы и водомерные узлы осматриваются ежегодно. Цель осмотра – проверить отсутствие явных утечек, исправность арматуры, правильность содержания водомерных узлов.

Органы пожарной охраны совместно с сетевой службой накануне зимы обследуют пожарные колодцы, проверяют состояние пожарных подставок и гидрантов, а в затапливаемых колодцах закрывают сливные отверстия гидрантов во избежание их закупорки льдом. Весной эти отверстия должны быть открыты.

Результаты осмотров и обследований служат основой для планирования текущих и капитальных ремонтов, причем в отдельных случаях производятся внеочередные срочные ремонты.

Так, пожарные гидранты должны ремонтироваться в течение суток с момента обнаружения неисправности. О выполнении этой работы в обязательном порядке информируется Государственная пожарная служба [37, п. 2.10.12].

Одной из задач обследования является поиск постоянных мест скопления воздуха и образования воздушных пробок, что снижает пропускную способность трубопроводов. В этих местах для удаления воздуха следует устанавливать вантузы.

Воздух попадает в воду главным образом на участках, где возникает вакуум, например, на всасывающих линиях насосов. При повышении давления воздух растворяется в воде, но потом выделяется в местах, где давление снижается.

Обычно в воде содержится 1,5–2,0 % (по объему) воздуха.

Как отмечает профессор В.С. Дикаревский [52] воздушные скопления могут перемещаться по сети при скоростях воды, превышающих некоторые критические значения и задерживаться на горизонтальных и нисходящих участках. На восходящих участках они не задерживаются, так как перемещаются под действием выталкивающей (архимедовой) силы.

Хотя наиболее вероятными метами воздушных скоплений являются повышенные переломные места профилей трубопроводов, нельзя исключить и постоянное образование пробок в других местах, которые выявляются в результате систематических наблюдений.

4.5. Контроль за скрытыми утечками

Скрытыми утечками называются, не обнаруживаемые при обследованиях сети, и возникающие в недоступных для осмотра местах.

Помимо экономического ущерба от потерь воды при скрытых утечках, следует учитывать опасность повреждения труб в связи с размывом грунта в основаниях, а также разрушение дорожного покрытия, подтопление подземных сооружений вдоль трассы водопровода, формирование верховодки.

Величина скрытых утечек не нормируется и не может нормироваться, так как материалы и конструкции водопроводных сетей должны быть водонепроницаемы и утечки существуют только вследствие вполне устранимых дефектов и повреждений. Фактический уровень утечек в каждом случае признается допустимым или недопустимым лишь в результате технико-экономических расчетов.

В девяностых годах двадцатого века по статистическим данным скрытые утечки из водопроводных сетей России составляли от 8 до 30 % суточного расхода воды, в Германии – 8 %, Испании – 11 %. Италии – 18 %, Швеции и Бразилии – 20 %, Японии – 11,7 %.

Характер распределения утечек различен. В одних случаях утечки по длине трубопроводов относительно равномерны, и связаны с плохим состоянием стыковых соединений труб, или с образованием многочисленных сквозных каверн, вызванных коррозией в стенках. В других случаях утечки приурочены к местам крупных по размеру повреждений: к трещинам и выколам в теле чугунных или асбестоцементных труб, к местам разрушения заделок стыков или арматуры в колодцах.

Некоторые утечки легко обнаруживаются при обходе сетей или о них сигнализируют жители. В других случаях вытекающая при утечках вода не появляется на поверхности, так как фильтруется в грунте или перехватывается разного рода дренажами (каналами теплосетей, сетями водоотведения, тоннелями и т. д.).

О возникновении таких утечек судят по косвенным признакам затопленных колодцев, по появлению воды в подвалах домов, расположенных вдоль трассы водопровода, пучению дорожного покрытия при промерзании грунта, по ненормальному характеру снижения свободных напоров в сети.

На скрытые утечки указывает несоответствие расходов воды, поданных потребителю и им израсходованных. С этой целью сопоставляются выборочные круглосуточные записи водометров – самописцев, установленных на абонентских вводах и на линии, по которой вода подается группе потребителей или крупному абоненту [37, п. 2.10.39]. Контроль за текущими расходами и напорами на сети позволяет оперативно выделять и устранять скрытые утечки. Так, в г. Зеленограде потери воды (неучтенные расходы) составляют всего 7,5–8 % от суточного водопотребления.

Поиск и оценка величины утечек должны проводиться систематически и регулярно, так как они (утечки) возникают постоянно и полное их устранение практически невозможно. Речь идет только об их разумном ограничении.

Рекомендации по выявлению и устранению утечек содержатся в Инструкции [60].

Первоочередные работы проводятся на тех участках сети, где по имеющимся признакам следует ожидать наиболее крупные утечки.

Изменение утечек на транзитных линиях и водоводах могут определяться объемным способом по понижению уровня в напорном резервуаре. На рис. 4.2 приведена схема определения объема утечек в водоводе 4 от насосных станций до водонапорной башни. При отключенном насосе 1 и закрытых задвижках

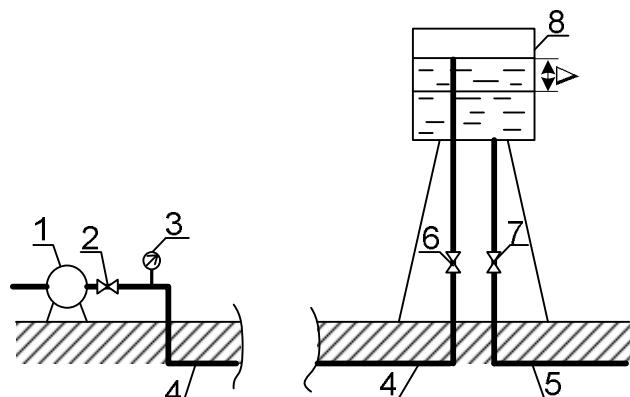


Рис. 4.2. Схема определения объема утечек [23]: 1 – насос; 2, 6, 7 – задвижка; 3 – манометр; 4,5 – водоводы; 8 – бак

2 и 7 в течение одного часа следят за падением давления в месте установки манометра 3, что соответствует снижению уровня в баке 8 на Δ_m .

Определение величины утечек часто выполняется по методике испытания трубопровода на плотность. На период испытания водовод или участок магистрали и все присоединения к нему отключаются. Потери воды

сравниваются с нормируемыми. Методика проведения испытаний изложена в Справочнике [23].

При измерении утечек из внутридворовых сетей малого диаметра и вводов используется установка, показанная на рис. 4.3. Установка включает закрытый бак 1, который присоединяется к исследуемому участку трубопровода 6. Задвижки в начале и в конце участка должны находиться в хорошем состоянии и не пропускать воду. В противном случае они демонтируются и в конце трубы ставятся заглушки и упоры. Участок заполняется водой под обычным рабочим давлением; одновременно заполняется напорный бак, уровень воды в котором поднимается до максимального. При необходимости производится регулировка путем «стравливания» воздуха через 3.

Рис. 4.3. Схема установки для измерения утечек: 1 – закрытый бак; 2 – водомерное стекло; 3 – выпуск воздуха; 4 – вентиль; 5 – спуск воды; 6 – исследуемый участок

В течение некоторого времени уровень в закрытом баке понижается до минимума, так как из 6 происходит утечка воды и давление снижается. Манометром измеряют начальное (при полном заполнении) и конечное давление (при нижнем уровне в баке). Продолжительность снижения уровня в баке измеряется секундомером.

Расход при утечках на участке составляет:

$$Q_{yt} = \frac{W}{t} \frac{(P - P_0)}{PP_0}, \quad (4.3)$$

где W – объем напорного бака, считая от нижнего уровня; P, P_0 – абсолютные давления при максимальном и минимальном уровнях воды в баке; t – продолжительность измерения.

Формула получена на основании закона Бойля-Мариотта.

Если распределительная сеть присоединена к двум разным магистралям, ее превращают в тупиковую путем закрытия задвижки на месте ее присоединения к одной из магистралей и устанавливают контрольный расходомер, через который будет проходить вода, поступающая в группу домов, оборудованных собственными расходомерами. Расход, измеренный

контрольным расходомером за некоторый период времени (2–3 часа) со-поставляется с суммой расходов, измеренных домовыми расходомерами в тот же период (рис. 4.4).

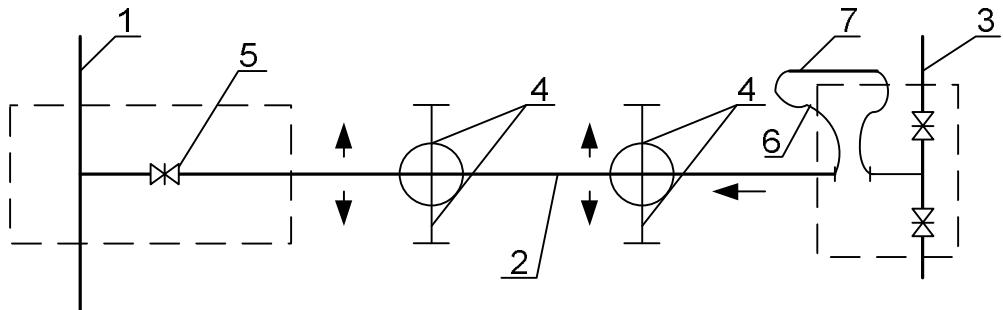


Рис. 4.4. Схема определения утечек из распределительной сети:
1, 3 – магистрали; 2 – распределительная сеть; 4 – вводы в здания;
5 – закрытая задвижка; 6 – шланги; 7 – труба диаметром 50–80 мм,
длиной 2 м для установки бесконтактного расходомера

Если утечки, обнаруженные на данных участках сети или водоводах, признаны недопустимо большими, планируется капитальный ремонт трубопроводов.

4.6. Мониторинг пропускной способности сети

Как отмечалось выше, эксплуатация водопроводной сети сопровождается закономерным ростом гидравлических сопротивлений труб и снижением их пропускной способности [формула (4.2)].

Для обоснования и своевременного выполнения работ по восстановлению пропускной способности необходима организация постоянного и систематического наблюдения за изменением гидравлических сопротивлений основных магистральных линий.

4.6.1. Наблюдение за гидравлическими сопротивлениями трубопроводов

Изменение гидравлических сопротивлений трубопроводов зависит как от продолжительности работы, так и от первоначального состояния внутренней поверхности труб и от состава транспортируемой воды.

А.Г. Камерштейн классифицировал отложения в трубах по форме поверхности, в соответствии с чем были выделены шесть видов: бугристые, расположенные как в верхней, так и в нижней части труб; сплошные донные; комбинированные (донные и бугристые); неравномерные сплошные; равномерно расположенные по всему периметру и донные бугристые отложения (схемы отложений разных конфигураций приведены на рис. 4.5).

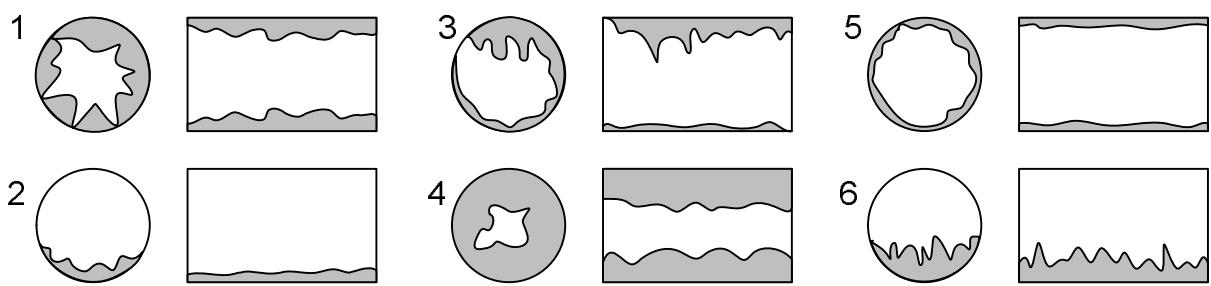


Рис. 4.5. Виды отложений по конфигурации: 1 – бугристые; 2 – донные сплошные; 3 – комбинированные; 4 – неравномерные сплошные; 5 – равномерные сплошные; 6 – донные бугристые

Конфигурация отложений и степень сужения ими живого потока влияют на процесс снижения пропускной способности.

На рис. 4.6 приводится примерный график, описывающий динамику снижения пропускной способности в зависимости от продолжительности эксплуатации при транспортировке воды, имеющей различную стабильность.

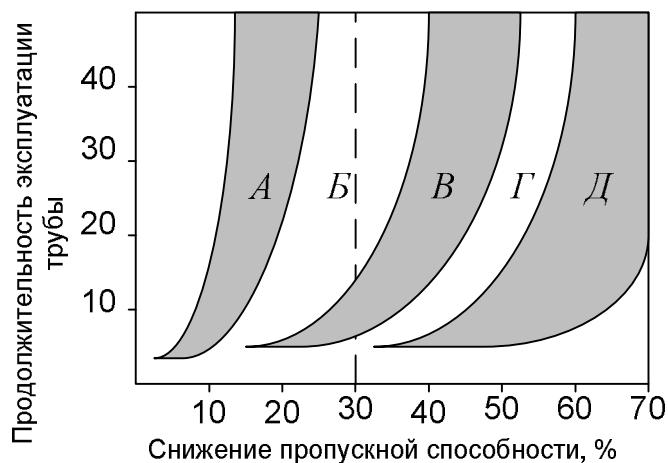


Рис. 4.6. Динамика снижения пропускной способности металлических труб (по Комерштейну)

зона *B*. Такие условия, например, справедливы для многих подземных вод восточного участка БАМа.

Наиболее интенсивно засоряются трубы при транспортировке нестабильной воды, содержащей более 500–700 мг/л сульфатов и хлоридов, с индексом насыщения до + 0,8 (зона *Г*) и сильно минерализованной воды (плотный осадок более 2000 мг/л) при индексе насыщения более +2...+3, а также нестабильных жестких вод (карбонатная жесткость более 25–30°) с индексом насыщения более +0,8 (область *Д*).

В СниПе [1] отмечается, что при отсутствии стабилизационной обработки воды или эффективных внутренних защитных покрытий, гидравлические сопротивления новых чугунных или стальных труб быстро возрас-

тевые кривые, ограничивающие каждую область, относятся к трубам диаметрами 150–300 мм, правые 400–600 мм. [21]. Область *A* относится к транспортировке практически стабильной воды, имеющей индекс насыщения от + 0,2 до –0,2; область *B* – для слабо коррозионной воды с индексом насыщения до –0,1, содержащей не более 3 мг/л железа или органики. Для сильно коррозионной воды с индексом насыщения до –2,5 при низком содержании хлоридов и сульфатов и содержащих более 3 мг/л железа или органики.

тают, и прогнозируется снижение пропускной способности последних до 30 %. Как следует из рис. 4.6, для случаев транспортировки нестабильной воды такое снижение произойдет за 10–20 лет и менее.

Хотя интенсивность коррозии возрастает при увеличении скорости воды, распределение мест разрушений и коррозионных отложений на внутренней поверхности металлических труб более равномерно и менее значительно, чем при малых скоростях. Так, по наблюдениям за техническим состоянием сетей петербургского водопровода, отмечено, что на стальном водоводе, находящемся в эксплуатации около 50 лет, средняя высота коррозионных неровностей составляет 5–8 мм, тогда как на периодически используемой стальной перемычке (20 лет эксплуатации) высота неровностей – до 15 мм, а на тупиковом участке сети – до 20–25 мм [77].

За ростом гидравлических сопротивлений и соответственно за уменьшением пропускной способности трубопроводов должно вестись систематическое слежение (мониторинг). Поскольку процесс засорения трубопроводов происходит постепенно и закономерно, результаты мониторинга позволяют заранее планировать сроки проведения работ по восстановлению пропускной способности.

Степень снижения пропускной способности трубопроводов не нормируется. Оно считается недопустимым, если в результате нарушаются нормальные условия водообеспечения абонентов.

Контроль за изменением гидравлических сопротивлений включает два этапа. На первом (манометрическая съемка) дается качественная, на втором (определение модуля удельного сопротивления) – количественная оценка. Последняя – служит основанием для проведения капитального ремонта трубопровода с целью восстановления его пропускной способности.

4.6.2. Манометрическая съемка

Манометрическая съемка позволяет определить потери напора на участке трубопровода. Она проводится в течение ряда лет регулярно (1–2 раза в год) на одних и тех же участках, и повторяется для одного и того же периода года, дня недели и времени суток. Предполагается, что при этом расходы воды на участке сохраняются без существенных изменений и потери напора зависят только от величины гидравлического сопротивления. Динамика роста потерь напора из года в год качественно характеризует процесс засорения. Участки, которые выбирают для манометрической съемки, назначаются на маршрутах движения основных транзитных потоков воды. Полагают, что существенное снижение пропускной способности участка на этом маршруте отрицательно скажется на водораспределении значительной части СПРВ.

Схема установки для манометрической съемки представлена на рис. 4.7. В начале и в конце участка 1–2 установлены манометры, например, на стендерах пожарных гидрантов.

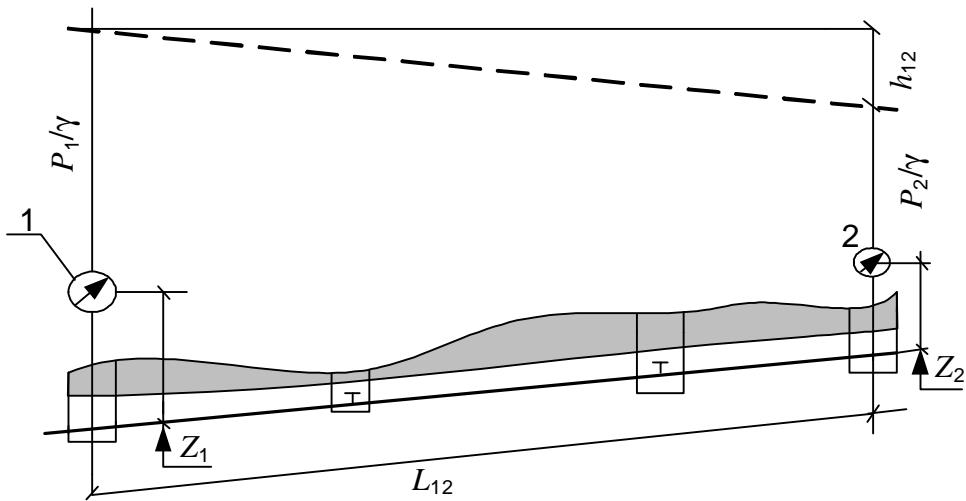


Рис. 4.7. Схема к манометрической съемке

Отметки верха труб в точках z_1 ; z_2 определяются высокоточной нивелировкой, вертикальные расстояния от верха труб до точек присоединения манометров h_1 ; h_2 измеряются. Полный манометрический напор в точке $H = z + h + \frac{P}{\gamma}$, где $\frac{P}{\gamma}$ – приведенная высота, а потери напора $h_{12} = H_1 - H_2$.

Необходимая длина участка l_{12} зависит от класса точности устанавливаемых образцовых манометров. Это объясняется тем, что потери напора на участке должны быть в 5–10 раз больше абсолютной погрешности измерения.

Класс точности прибора, определяющий абсолютную погрешность измерения, – это процент от максимального значения показаний, измеряемых данным прибором. Например, абсолютная погрешность манометра, рассчитанного на измерение давления до 6 атм (60 м вод. ст.) и имеющего класс точности 0,3 равен $60 \times 0,003 = 0,18$ м вод. ст.

Пусть с помощью указанного манометра выполняется манометрическая съемка. Тогда потери напора на обследуемом участке должны составлять как минимум 0,9–1,8 м. При обычных значениях гидравлических уклонов на магистральной водопроводной сети 0,003–0,005 можно считать, что длина обследуемого участка не должна быть меньше 200–300 м.

Измерения давлений в начальной и конечной точках участка производится одновременно и повторяются с интервалами 3–5 мин в течение часа. При обработке результатов сомнительные значения отбраковываются и находится среднее значение потерь напора на участке. Если оно резко отличается от результатов предыдущих манометрических съемок, то причину следует обязательно установить. Возможно, что это связано с изменениями потокораспределений. Повышение потерь напора нередко вызывается засорением трубопровода крупногабаритными предметами или случайным прикрытием задвижки в одном из колодцев, находящихся на участке.

Закономерное увеличение потерь напора, вызываемое прогрессирующим засорением труб отложениями, позволяет своевременно выявить необходимость восстановления пропускной способности. Но прежде чем проводить эту сложную и дорогостоящую работу следует определить численное значение модуля удельного сопротивления труб.

Практическая ценность результатов манометрических съемок зависит от того, насколько часто они проводятся и от степени охвата магистральных сетей измерениями. В Санкт-Петербурге разработана и внедрена система мониторинга напоров в сети, достоинством которой является большая представительность результатов. Приборы для измерения давлений и температур воды размещены во многих точках, измерения проводятся в течение 7 суток подряд (представительный цикл города), их результаты передаются на центральный пункт, вводятся в ПВЭМ и обрабатываются. Мониторинг позволяет накопить большой объем статистических материалов и составить на его основе достоверную карту манометрических и свободных напоров для характерных моментов времени [26]. Для измерения применяются автономные измерители (АИД) (подразд. 4.3).

4.6.3. Определение модуля удельного сопротивления труб

В соответствии с известной зависимостью (второй водопроводной формулой): $h_1 = A1Q^2$, где A – модуль удельного сопротивления; 1 – длина участка; Q – расход (пропускная способность участка); h_1 – потери напора по длине.

Нетрудно заметить, что пропускная способность обратно пропорциональна модулю удельного сопротивления с показателем степени 0,5. Возрастание модуля вдвое уменьшает пропускную способность почти на 30 %.

Значение модуля определяется по результатам манометрической съемки участка, если известен проходящий по участку расход воды:

$$A = \frac{h_1}{1Q^2}. \quad (4.4)$$

В некоторых случаях расход определяется водомером, т. е. путем непосредственного измерения. Такая благоприятная ситуация складывается при исследовании ниток водоводов.

По схеме на рис. 4.8, а расход воды измеряется объемным способом. Задвижка на участке закрыта, все присоединения на участке 1–2–3 отключены. Водоразбор в точке 3 производится из стендера, вода поступает в цистерну (водомерная емкость). Одновременно на участке 1–2 проводится манометрическая съемка для определения потерь напора. Поскольку водоразбор через пожарный гидрант ограничен, а скорости воды при съемке должны быть не менее 0,8–1,2 м/с, метод рекомендуется для трубопроводов диаметрами не более 200–250 мм.

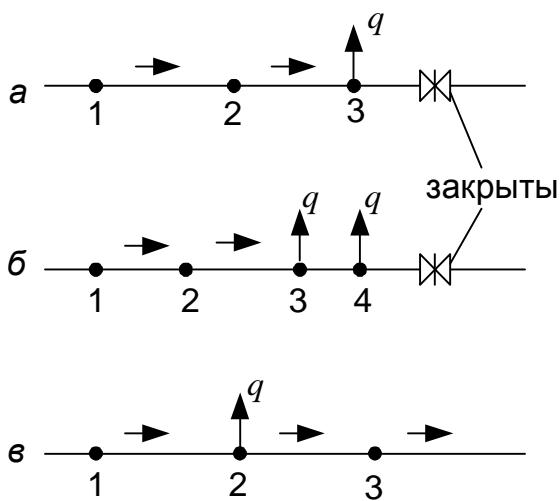


Рис. 4.8. Схемы к определению модуля удельного сопротивления: *а* – для труб диаметром до 200–250 мм; *б* – для труб диаметром более 200–250 мм; *в* – методом трех манометров

Расход на участке 1–2 можно увеличить, если водоразбор производить через несколько гидрантов, как показано на рис. 4.8, *б*, либо при оборудовании стендера специальной расширяющейся насадкой.

Если отключение участка, как это предусмотрено схемами (рис. 4.8, *а* и *б*), невозможно, то применим метод «трех манометров» (рис. 4.8, *в*). Манометрическая съемка производится на участках 1–2 и 2–3, по которым проходит нормальный транзитный поток воды. В точке 2 через стендера отбирается вода с расходом, составляющим не менее 10–20 % от транзитного расхода (неизвестного и принимаемого ориентировочно в зависимости от принятого потокораспределения).

Модуль удельного сопротивления находится по формуле

$$A = \frac{1}{q^2} \left(\sqrt{\frac{h_{12}}{\mathbf{l}_{12}}} - \sqrt{\frac{h_{23}}{\mathbf{l}_{23}}} \right)^2, \quad (4.5)$$

где h_{12} , h_{23} – потери напора на участках по результатам манометрической съемки; \mathbf{l}_{12} , \mathbf{l}_{23} – длина участков; q – отбираемый в точке 2 расход.

Если модули удельного сопротивления на участках 1–2 и 2–3 явно не одинаковы (разные диаметры труб, различный материал, разные годы постройки), работа выполняется в два этапа: сначала производится манометрическая съемка без отбора воды в точке 2, а затем – с отбором. Значение модулей для участков подсчитываются по зависимостям:

$$A_{12} = \frac{1}{q^2} \frac{\left(\sqrt{h_{12} h_{23}^{'}} - \sqrt{h_{12}^{'} h_{23}} \right)^2}{h_{23}^{'} \mathbf{l}_{12}}; \quad (4.6)$$

$$A_{23} = \frac{1}{q^2} \frac{\left(\sqrt{h_{23} h_{12}^{'}} - \sqrt{h_{23}^{'} h_{12}} \right)^2}{h_{12}^{'} \mathbf{l}_{23}}, \quad (4.7)$$

где с индексом «штрих» приведены результаты манометрической съемки без отбора расхода, а без индекса при отборе расхода q .

По результатам определения фактического значения модуля в зависимости от складывающихся условий принимается решение о восстановлении пропускной способности трубопровода.

4.7. Ремонтные работы

4.7.1. Общие положения

Ремонтные работы могут быть планово-предупредительными (ППР) и аварийно-восстановительными.

Планово-предупредительные работы выполняются регулярно, в соответствии с заранее составляемым планом и с учетом закономерного износа объекта.

Аварийно-восстановительные работы проводят в срочном порядке по факту возникновения аварии.

В зависимости от степени восстановления безотказности, от объема и длительности ППР относится к текущему и капитальному.

Текущий ремонт проводится для устранения мелких неисправностей отдельных деталей объекта, что предупреждает его ускоренный износ и сохраняет безотказность на обоснованном уровне.

Капитальные ремонты арматуры предусматривают замену изношенных элементов и проводятся каждые 4–6 лет с полным восстановлением безотказности.

Текущий ремонт арматуры в колодцах включает такие работы, как подтяжка крепежных деталей (шпильки, гайки, болты), подбивка сальников шпинделей задвижек, окраска корпусов. Такой ремонт проводится ежегодно, а по необходимости, установленной при осмотрах, вне плана. Заметим, что наиболее уязвимыми элементами арматуры являются сальниковая набивка и интенсивно корродирующие крепежные детали. Поэтому Мосводоканал практикует замену обычных сальников более долговечными кольцами из синтетического материала и гидроизоляцию крепежных деталей.

Наиболее часто в капитальном ремонте нуждаются трубы малых диаметров, из которых монтируются вводы в здания, дворовые и внутриквартальные сети. Характерными повреждениями стальных труб являются свищи в стенках, вызываемые коррозией, а чугунных – трещины, выколы, неплотныестыки.

Некоторые капитальные ремонты связаны с длительным выключением магистральных трубопроводов и прекращением подачи воды большой группе абонентов.

В этом случае проект производства работ, сроки которых согласуются с муниципальными органами, предусматривает временное водоснабжение отключенных абонентов. О начале и сроках работ ставятся в известность органы пожарной охраны.

Водопроводная сеть имеет пониженную ремонтопригодность.

Большинство ремонтов выполняется в неудобных и стесненных условиях: сетевая арматура ремонтируется в колодцах, трубы – в траншеях.

Значительная часть времени, требующегося на ремонт труб подземной прокладки, затрачивается на поиск места повреждения, вскрытие и засыпку траншеи.

Поэтому целесообразно и перспективно широкое применение роботехники для диагностики и ремонта подземных трубопроводов.

Рассмотрим подробнее некоторые виды ремонтов: устранение утечек на сети, восстановление пропускной способности трубопроводов, создание защиты от электрокоррозии, а также санацию труб.

4.7.2. Поиск мест и ликвидация утечек

Процесс включает следующие этапы: поиск мест утечек, раскопка траншеи, выполнение ремонта, дезинфекция участка (если работы производились с вскрытием трубы), засыпка траншеи, восстановление дорожного покрытия.

Поиск места утечек – длительная и сложная операция, при проведении которой сказывается низкая ремонтопригодность труб подземной прокладки.

Малые утечки, связанные с водопроницаемостью стыков или с коррозией стальных труб, могут быть выявлены путем перекрытия участка пневматической пробкой. В трубопровод через демонтированную задвижку вводится пакер (надувной резиновый баллон, перекрывающий данный участок). Затем участок заполняется водой, уровень которой определяется по «смотровому стояку», смонтированному на пожарном гидранте. Если уровень в стояке не понижается, то на отключенном участке утечек нет. Падение уровня указывает на существующую утечку [60].

Другой способ заключается в выполнении по длине участка шурfov или бурении скважин. Если в шурфе появилась вода, значит он находится вблизи места утечек. Иногда по трассе фрезой прорезается щель. Этот способ оперативен, но есть опасность повреждения кабелей и других подземных коммуникаций.

Крупные течи могут быть выявлены по шуму изливающейся воды. Заметим, что на общем фоне шумов в поверхностном слое грунтов селитебной территории обнаружить место течи можно только при больших расходах вытекающей воды и малой глубине заложения труб.

Корреляционные течеискатели позволяют анализировать сигналы звуковой волны, расходящиеся от места утечки и воспринимаемые магнитными датчиками, устанавливаемыми в колодцах на стенках трубопровода. Результаты представляются на экране коррелятора в виде диаграммы с всплесками в месте утечки. Корреляторы снабжаются фильтрами для подавления посторонних шумов.

Область применения корреляционных течеискателей ограничена расстояниями между колодцами, в которых можно установить магнитные датчики. Корреляционные течеискатели успешно зарекомендовали себя на водопроводе г. Уфы [59].

Водоканал Санкт-Петербурга применяет стандартную геофизическую аппаратуру для поиска мест утечек, а также мест размывов оснований под трубами и отыскания засыпанных и заасфальтированных колодцев [13].

Целесообразно использовать для поиска мест утечек робототехнику. При этом трубопровод отключается и опорожняется, а робот заводится в трубу либо в колодце (для чего демонтируется арматура), либо через лаз, который прорезается в стенке трубы для чего откапывается специальный котлован. По окончании работы лаз заваривается и котлован засыпается. Телеробот, перемещаясь по трубам, передает изображение их внутренней поверхности оператору. Одновременно изображение записывается на касету (п. 5.4.2).

4.7.3. Восстановление пропускной способности трубопроводов

Работы по восстановлению пропускной способности труб периодически приходится повторять.

Способы восстановления пропускной способности трубопроводов зависят от их диаметров и в основном от характера отложений. Применяется гидравлический, гидропневматический и механический способы очистки. Иногда целесообразна химическая обработка.

Во всех возможных случаях желательно сочетать промывку и прочистку труб с теледиагностикой. Это особенно относится к тем участкам, на которых предполагаются значительные утечки.

Гидравлическая промывка. Этот способ применим при удалении рыхлых и легко смываемых загрязнений. Промывка осуществляется при повышенных скоростях воды: до 2–3 м/с и более. Промывная вода сбрасывается в лотки или колодцы дождевой канализации. Очевидно, что при больших диаметрах труб указанный метод не пригоден, так как требует таких расходов воды, которые невозможно подвести по сети водоснабжения и отвести после использования. Например, для промывки труб диаметрами 250–300 мм потребуются расходы воды более 100–150 л/с.

Поэтому гидравлический способ чаще всего применяется для внутридворовых сетей диаметром 100–200 мм и вводов в здания.

Иногда для промывки используются поливочные машины.

При промывке домовых вводов сброс промывной воды производится по шлангу, который присоединяется в месте снимаемого на это время водомета.

Продолжительность процесса зависит от конкретных местных условий и продолжается до 2–4 часов и более. Целесообразен прерывистый, «импульсный» режим промывки.

При наличии прочных отложений целесообразна предварительная химическая обработка: заполнение трубопроводов 20 % раствором ингибиранной соляной кислоты на 18–24 ч. или рециркуляция раствора до тех пор, пока концентрация кислоты не перестанет существенно изменяться.

Гидропневматическая промывка. Сущность метода состоит в том, что при движении водовоздушной смеси возникает «пробковый» характер

потока с образованием в верхней части труб воздушных скоплений или пробок. Проф. В.С. Дикаревский отмечает, что «это наиболее бурный тип течения, сопровождающийся легкой пульсацией и небольшими гидравлическими ударами, способствующими разрушению отложений. В нижней части трубы, т. е. под скоплениями воздуха, создаются большие скорости течения, размывающего отложения».

Пробковый режим создается при определенных скоростях водовоздушной смеси на промываемом участке и соотношениях расходов воздуха и воды. Чем меньше будет это соотношение, тем большим должен быть расход воды, необходимый для создания пробкового режима. При соотношении 1:1 и малопрочных отложениях необходимые скорости водовоздушной смеси в промываемых трубах диаметрами до 300 мм и менее не превышают 1,5 м/с.

При удалении более прочных загрязнений скорости движения водовоздушной смеси принимаются большими: для чистых песчаных отложений – не менее 1,5 м/с, железистых 2,0–2,5 м/с, неплотных карбонатных до 2,5–3,0 м/с.

Как следует из схемы рис. 4.9, сжатый воздух подается компрессором по воздуховоду, присоединенному к фланцу, установленному на пожарной подставке либо корпусе задвижки, или через специально вваренный патрубок. Для выпуска водовоздушной смеси в конце промываемого участка устанавливается стояк.

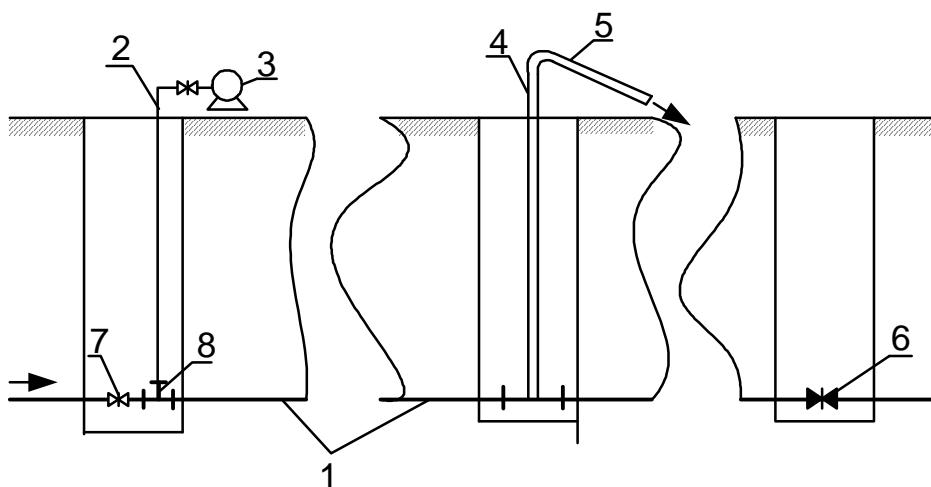


Рис. 4.9. Схема гидропневматической промывки: 1 – промываемый участок; 2 – труба для подачи сжатого воздуха; 3 – компрессор; 4 – отводной стояк; 5 – шланг; 6 – закрытая задвижка; 7 – открытая задвижка; 8 – пожарная подставка

Длина промывного участка принимается до 500–1000 м.

Сжатый воздух подается под давлением до 3–6 атм и более.

Эффективность промывки повышается, если режим подачи воздуха будет прерывистым, с интервалами в подаче от 0,5 до 2–3 мин, т. е. приобретет импульсный характер.

Макеевским инженерно-строительным институтом предложен метод пневматической импульсной промывки, который заключается в пуске в промывную трубу порций сжатого (под давлением 15–20 атм) воздуха. Быстро расширяющийся воздушный пузырь вызывает длительную и интенсивную пульсацию давлений, что приводит к разрушению даже плотных солевых отложений с последующим их выносом в результате эрлифтного эффекта.

Аппарат для промывки представляет собой пневматический патрон с клапаном, открывающимся при достижении необходимого давления. Патрон присоединен к высоконапорному шлангу и перемещается по трубе рывками под действием реактивной силы, возникающей в момент открытия клапана.

Механическая промывка применяется в тех случаях, когда отложения имеют большую прочность и плохо удаляются рассмотренными выше способами.

Механическая промывка предусматривает протаскивание через трубу специального снаряда, вызывающего дробление, рыхление или размытие отложений.

На рис. 4.10 приведена схема гидромеханической промывки, применяемая для труб больших диаметров. Через пожарную подставку, на месте временно снятого пожарного гидранта, в трубу вводится снаряд в виде деревянного шара с металлическими полосами на поверхности. Диаметр шара принимается равным приблизительно 0,8 от внутреннего диаметра трубы. Шар закрепляется на тросе, пропущенном через заглушку, установленную на пожарной подставке, и подведенном к лебедке. В конце участка для промывки на пожарной подставке временно устанавливается стояк для сброса промывной воды. При движении по участку воды, вокруг шара возникают высокие скорости течения, и он, вибрируя на тросе, дробит отложения. Под действием перепада давления до и после шара (2–3 атм.) происходит его медленное перемещение по трубе. Раздробленные отложения смываются к месту выпуска. Скорость очистки до 100 м/час.

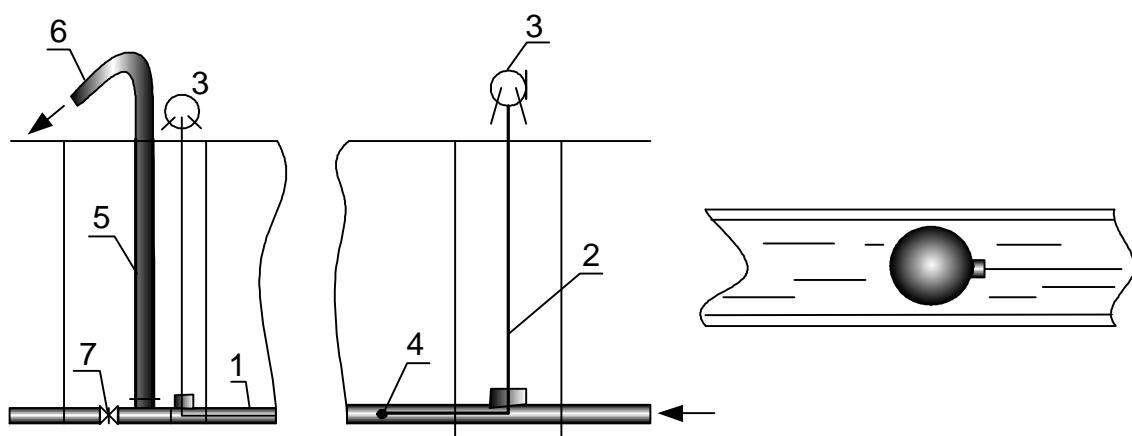


Рис. 4.10. Схема гидромеханической промывки: 1 – промываемый участок; 2 – трос; 3 – лебедка; 5 – стояк для выпуска; 6 – шланг; 7 – закрытая задвижка

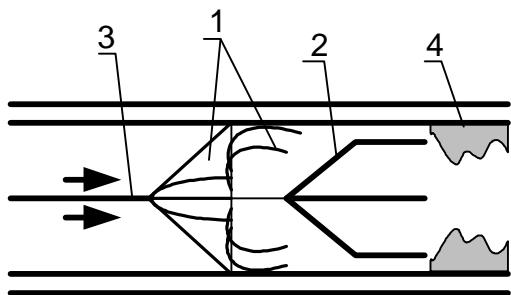


Рис. 4.11. Трубоочистительный снаряд: 1 – манжета; 2 – нож; 3 – трос к лебедке; 4 – отложения

возникает кавитация, пульсация давлений и измельчение отложений, которые скальваются ножами.

Снаряд перемещается за счет перепада давлений, достигающего 0,5–0,6 атм. Недостаток снаряда – неполное удаление частиц отложений, достигающих 3–10 мм и имеющих большую гидравлическую крупность.

Снаряды для прочистки труб имеют разнообразные конструкции, но принципы их воздействия на отложения одинаковы. Недостаток механических методов промывки заключается в возможности повреждения внутренней гидроизоляции, а иногда и стенок труб.

4.7.4. Защита трубопроводов от коррозии

Основной причиной ускоренного старения металлических и особенно стальных труб являются химическая и электрокоррозия. Один из видов планового капитального ремонта сетей и водоводов – создание противокоррозийной защиты.

Химическая или почвенная коррозия возникает в результате электрохимических процессов. Грунтовые воды являются проводником электрического тока второго рода. Вследствие неоднородности металла трубы отдельные участки трубопровода приобретают разные электрические потенциалы, что приводит к появлению местных электрических токов. Анодные участки

при этом начинают разрушаться (рис. 4.12). Интенсивность процесса зависит от коррозионности грунта. Если она высокая или весьма высокая, сквозные отверстия в стенках стальных труб толщиной 8–10 мм образуются за 1–5 лет [21].

Коррозионность грунта обусловлена электропроводностью грунтовой воды, следовательно, ее соле-содержанием. Попадание в грунт

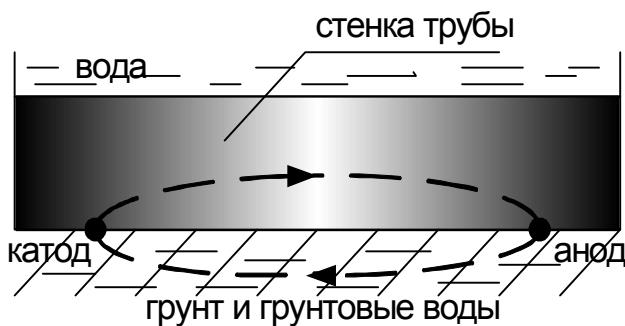


Рис. 4.12. Схема протекания почвенной электрохимической коррозии

сточных вод, поверхностного стока с загрязненных территорий и другие факторы могут существенно повысить коррозионность сравнительно с первоначальной, наблюдавшейся при изысканиях и проектировании трубопровода. Если в процессе эксплуатации обнаружены признаки активной почвенной коррозии, проводятся работы по определению коррозионности на соответствующих участках сети.

Измерения коррозионности выполняются при помощи двухэлектродной установки. До глубины заложения труб пробуривают два отверстия, которые заливаются дистиллированной водой, после чего в них устанавливают два стержня (электроды) и пропускают постоянный ток от батареи, цепь замыкается через слой грунта между стержнями. Затем измеряются электрические сопротивления этого слоя в омах. Коррозионность считается весьма высокой, если этот показатель от нуля до 5, высокой, если он равен 10, повышенной при значениях от 10 до 20 Ом/см.

На участках, где установлена высокая коррозионность, оборудуются стационарные пункты наблюдения (рис. 4.13). Удельное сопротивление, Ом/м, имеет вид:

$$R = 6,28 \frac{V}{IL},$$

где L – расстояние между электродами, м; V – разность потенциалов, мВ.; I – сила тока, мА.

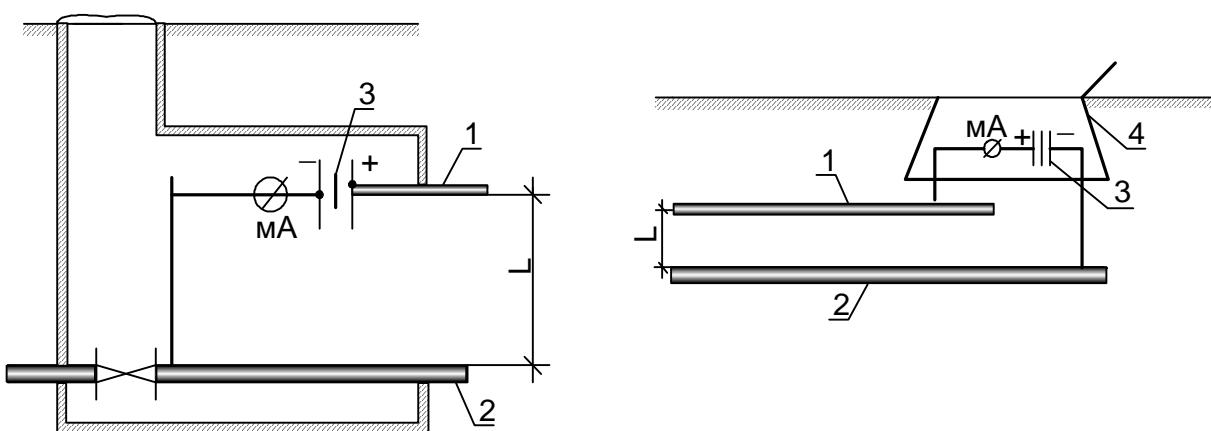


Рис. 4.13. Стационарные пункты наблюдения за коррозионностью грунта:
1 – стержень (анод); 2 – трубопровод (катод); 3 – электрическая батарея; 4 – ковер

Мониторинг коррозионности относится к текущему ремонту; замеры выполняются каждые два месяца. По их результатам принимаются решения о перекладке труб и замене изоляции на более эффективную, а также о создании катодной защиты трубопроводов.

Электрокоррозия возникает в электрическом поле, образованном буждающими токами, стекающими с рельсов электрифицированного транспорта.

Токи проникают в трубы в местах повреждения внешней изоляции, образуя катодные зоны, и выходят на анодных участках, вызывая разрушение металла.

При больших плотностях бегущих токов (более $0,15 \text{ mA/dm}^2$ для стальных и $0,75 \text{ mA/dm}^2$ для чугунных труб) электрокоррозия вызывает образование сквозных каверн и по интенсивности существенно превышает действие почвенной электрохимической коррозии.

Универсальным способом защиты труб от электрокоррозии является катодная защита. Ее принцип заключается в том, что вся поверхность защищаемого трубопровода превращается в катод, а разрушается расположенный рядом металлический анод.

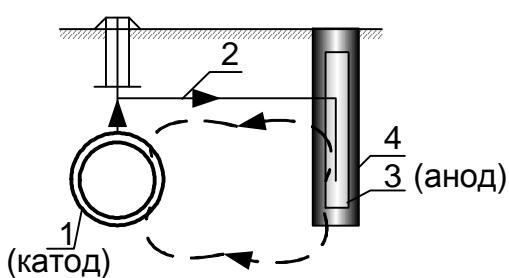


Рис. 4.14. Схема протекторной защиты: 1 – труба; 2 – кабель; 3 – протектор; 4 – активатор; 5 – скважина для протектора

зашитенной. Скважина, в которой находится протектор, заполняется активатором – смесью сульфатов натрия, магния, кальция и глиной. Расстояние между протекторами и защищаемой трубой – до 4,0–5,0 м.

Продолжительность использования протектора составляет 7–10 тысяч часов на 1 кг его массы. По мере необходимости протекторы заменяются.

Другим вариантом катодной защиты является схема с катодной станцией (рис. 4.15). К катоду источника тока (станции) присоединяется защищаемая труба, к аноду – заземлитель из трудно растворяющегося материала. Таким образом, труба превращается в катод, а заземлитель – в растворяющийся анод.

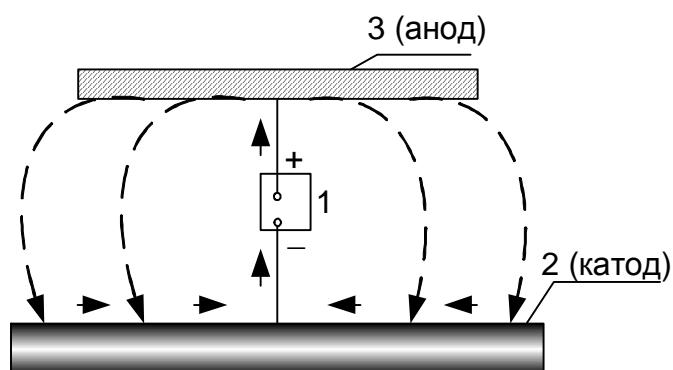


Рис. 4.15. Схема катодной защиты: 1 – катодная станция; 2 – защищаемая труба; 3 – анодное заземление

На рис. 4.14 приведена схема протекторной катодной защиты. Протекторы – стержни из цинковых или магниевых материалов, образуют с защищаемой трубой гальваническую пару. Под влиянием разности потенциалов железа и сплавов протектора возникает электрический ток. В замкнутой цепи находятся электролит (грунтовая вода) и кабель (провод для возвратного тока). Протектор является анодом и разрушается, труба приобретает отрицательный потенциал и оказывается защищенной.

Скважина, в которой находится протектор, заполняется активатором – смесью сульфатов натрия, магния, кальция и глиной. Расстояние между протекторами и защищаемой трубой – до 4,0–5,0 м.

Оценка эффективности электрохимической защиты производится измерением разности потенциалов «земля–труба» по всей ее длине и при включении всех средств электрохимической защиты.

Обслуживание установок катодной защиты (проверка техни-

ческого состояния, замена протекторов или заземлителей, необходимый ремонт) входят в состав ППО и ППР.

4.7.5. Восстановление труб (санация)*

Трубы, не пригодные для дальнейшей эксплуатации вследствие плохого технического состояния, подлежат замене.

Перекладка водопроводных сетей, помимо большого объема работ и их высокой стоимости, часто оказывается невозможной из-за стесненных условий, разрушения элементов городского благоустройства, длительного нарушения сложившихся транспортных потоков.

Альтернативой перекладки являются бестраншейные методы восстановления производственного ресурса труб, называемые санацией (лат. оздоровление).

В положении [79] под санацией понимается устранение основных дефектов, выявленных при обследованиях трубопроводов, и восстановление их проектных гидравлических характеристик.

Выбор первоочередных объектов для санации производится с учетом следующих факторов: показателей качества воды, влияющих на процессы коррозии; наличия грунтовых вод; глубины заложения труб; типов грунтов; давления в трубах; диаметров труб; года укладки; других местных условий (интенсивность транспортных потоков, плотность населения). В [79] рекомендуется использовать при анализе информационно-техническую систему «АИТИС-Санация».

Санация сокращает продолжительность капитального ремонта в десятки раз, многократно снижаются затраты и, как правило, увеличивается пропускная способность трубопроводов.

Производственный ресурс труб возрастает на несколько десятков лет, безотказность увеличивается до 100 %.

В табл. 4.3 приведены основные технологические, эксплуатационные и технические показатели, характеризующие наиболее распространенные в мировой практике методы санации труб разного назначения: для сетей водоотведения, водопровода питьевого назначения, технического водопровода [34].

Целесообразность использования того или иного метода определяется в каждом конкретном случае в зависимости от многих факторов, главными из которых являются техническое состояние труб, их диаметры и протяженность, ограничения продолжительности ведения работ, виды транспортируемой среды, окружающая подземная инфраструктура (подземные коммуникации, тоннели и другие заглубленные сооружения).

* Раздел написан при участии инженера С.И. Кесельмана

Таблица 4.3

Характерные показатели некоторых методов санации труб

Технологические, эксплуатационные и технические показатели методов бесструнштного ремонта трубопровода	Метод						«Expanda-Pipe»
	С нанесением цементно-песчаного покрытия	С использованием пневмопробойника	С использованием комбинированного рукава «чулок»	Протяжки полиэтиленовых труб			
Тип трубопроводов: канализационные, водонапорные, технические	+	+	+	+	+	+	+
Диапазон диаметров, мм	80–2200	100–300	100–1500	150–300	100–400	200–1200	
Максимальная протяженность ремонтируемого участка, м	180	100	300	200	600	200	
Виды ремонтируемых повреждений	Мелкие трещины, коррозия, износ	Любые	Крупные трещины, сколы, небольшие провалы	Средние трещины, неплотности соединений	Средние трещины и сколы, неплотности соединений	Средние трещины, сколы, неплотности соединений	
Материал ремонтного покрытия	Цементно-песчаная смесь	Полипропилен, поливинилхлорид, полиэтилен	Композит на основе полиэфирных, эпоксидных смол	Термопластичные полимеры полипропилен	Полиэтилен высокого давления, полипропилен	Полипропилен, поливинилхлорид, полиэтилен низкого давления	
Длительная термостойкость, °С	Без ограничений	45	70	45	50	50	
Требования к подготовке внутренней поверхности ремонтируемого трубопровода	Качественная очистка щетками, поролоновыми пробками	Не требуется	Очистка водой под давление, корнерезы, контроль дисками				
Требования к водоотливу	Требуется	Требуется	Требуется	Требуется	С $\frac{1}{4}$ уровня заполнения	Не требуется	
Минимальное монтажное отверстие (при ремонте канализационных трубопроводов)	Крышка колодца	Крышка колодца	Крышка колодца	Крышка колодца	Крышка колодца	Крышка колодца	

Окончание табл. 4.3

Технологические, эксплуатационные и технические показатели методов бес-траншейного ремонта трубопровода	Метод						
	С нанесе- нием це- ментно- песчаного покрытия	С исполь- зованием пневмо- пробойни- ка	С исполь- зованием комбини- рованного рукава «чулок»	Протяжки полиэтилено- вых труб	Комбини- рованная труба	Сложенная труба с термич. памятью)	«Expanda- Pipe»
Продолжительность технологического цикла для ремонтируемого участка длиной 100 м (рабочих смен)	3–5	2–3	1	1	1	1	1
Срок службы ремонтного покрытия, лет: прогнозируемый реальный	50 более 10	50 более 15	30 более 20	50 более 10	50 более 10	50 более 5	
Уменьшение диаметра трубопровода после ремонта, %	5–10	нет	3–5	10–15	10–15	10–15	
Требуется испытание на герметичность	нет	да	нет	да	Нет	да	

Как следует из табл. 4.3, для санации труб коммунальных водопроводов рекомендуются следующие методы: нанесение цементно-песчаного покрытия, метод с использованием пробойника, комбинированного рукава, протяжка полиэтиленовых труб и тонкостенных рукавов из нержавеющей стали

Санация металлических труб нанесением цементно-песчаного покрытия на внутреннюю поверхность. При этом способе восстановления продолжительность ремонта уменьшается в 2–3 раза, а затраты сокращаются на 30–60 % по сравнению с перекладкой труб. Пропускная способность труб полностью восстанавливается, а срок службы возрастает до 50 и более лет. Скорость восстановления методом цементно-песчаного покрытия составляет от 1 до 5 км в месяц, в зависимости от технического состояния и диаметра трубопровода.

На предварительно очищенную от продуктов коррозии и обрастания внутреннюю поверхность труб наносится слой цементно-песчаного раствора. Согласно [79] минимальная толщина слоя принимается в зависимости от диаметра труб и составляет от 4 до 16 мм при значении допуска – 12 мм. Толщина покрытия может быть увеличена при неудовлетворитель-

ном состоянии труб. Гладкая поверхность покрытия обеспечивает уменьшение гидравлического сопротивления трубы. В результате пропускная способность восстановленных трубопроводов достигает значений, соответствующих новым трубам, не имеющим внутреннего защитного покрытия, и сохраняется стабильной в течение длительной эксплуатации.

Облицовка производится отдельными участками длиной 150–180 м, что обусловлено возможностями применяемого оборудования и механизмов (смесителя и растворонасоса). Местами обязательного вскрытия трубопровода (с устройством котлованов для заведения и выведения оборудования) являются изгибы по трассе, места изменение диаметров, а также участки труб, имеющие технологические и строительные дефекты, препятствующие пропуску оборудования. К таким участкам относятся места значительного проржавления, сильного застания, загибы кромок труб внутрь, смещение труб, деформирования вставок и др.

Работы включают следующие этапы.

Первый этап — устройство рабочих котлованов и вырезка в верхних частях участков трубопроводов окон, через которые заводят устройства для прочистки и разбрызгивающие механизмы.

Второй этап — очистка внутренней поверхности труб. Перед началом работ проверяется состояние трубы (отсутствие вмятин, врезок и т.п.). Прочистка продолжается до полного удаления загрязнений. После завершения прочистки пропускаются прочищающие катушки, а затем осушающие поверхность поролоновые пробки (рис. 4.16).

Третий этап — облицовка трубопровода. В трубопроводе протягивается трос от лебедки, к которому присоединены шланги подачи сжатого воздуха и раствора.

Сжатый воздух от компрессора подается к распыляющей головке.

В растворном узле готовится цементно-песчаный раствор в пропорции 1:1. Песок и цемент предварительно просеиваются на вибросите (цемент М500, песок кварцевый, фракционный, крупность зерен 0,1–0,9 мм). Готовый раствор с помощью растворонасоса по растворному шлангу попадает на вращающуюся гребенку турбины, распыляется на внутреннюю поверхность трубопровода и заглаживается присоединенным конусом (рис. 4.17).

Четвертый этап — закрытие ранее вырезанных окон на трубопроводах в котлованах и обратная засыпка котлованов.

Вместо специально отрываемых котлованов иногда удается использовать колодцы и камеры, в которых на время выполнения работ демонтируются соответствующая запорная арматура и фасонные соединительные, части (трубные узлы). Одновременно производится необходимый ремонт арматуры, или ее замена.

Продолжительность производственного цикла больше чем при других методах санации.

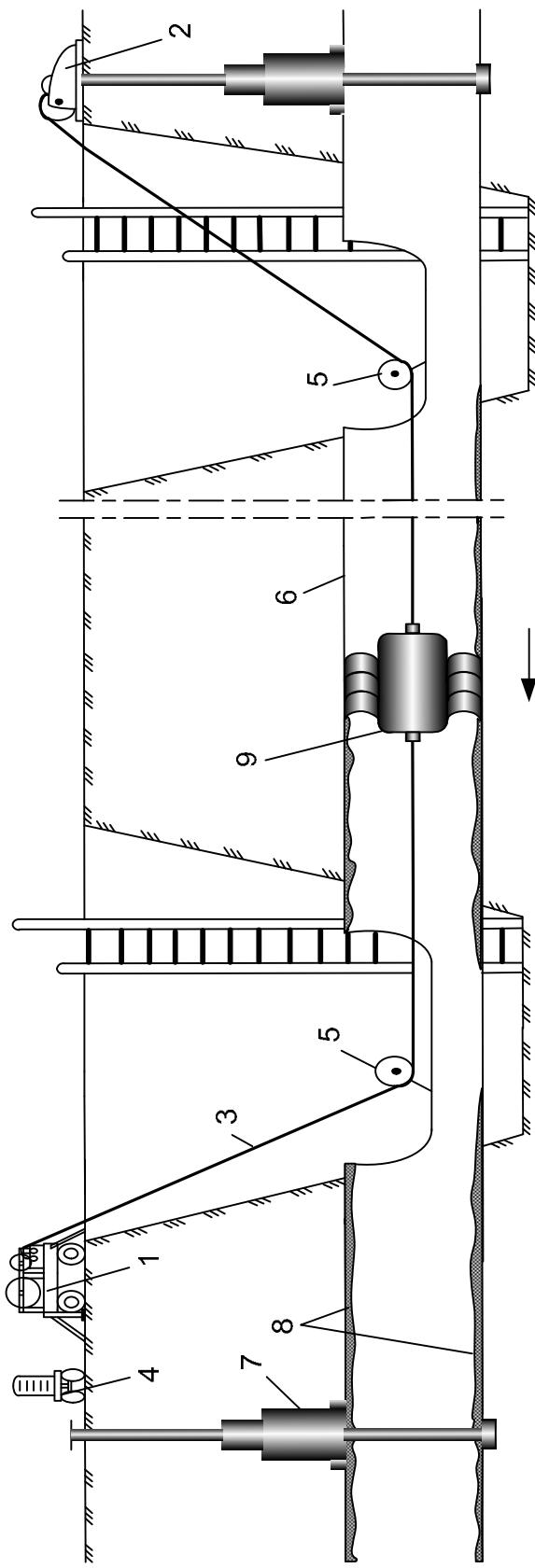


Рис. 4.16. Схема бесстраничного восстановления трубопровода с нанесением внутреннего цементно-песчаного покрытия (этап очистки внутренней поверхности трубы от коррозионных отложений):
 1 – универсальная тяговая лебедка; 2 – вспомогательная лебедка; 3 – трос; 4 – передвижная электростанция;
 5 – роликовый блок; 6 – участок очищаемого трубопровода; 7 – задвижка; 8 – коррозионные отложения и
 обрастанья; 9 – очистной скребковый снаряд

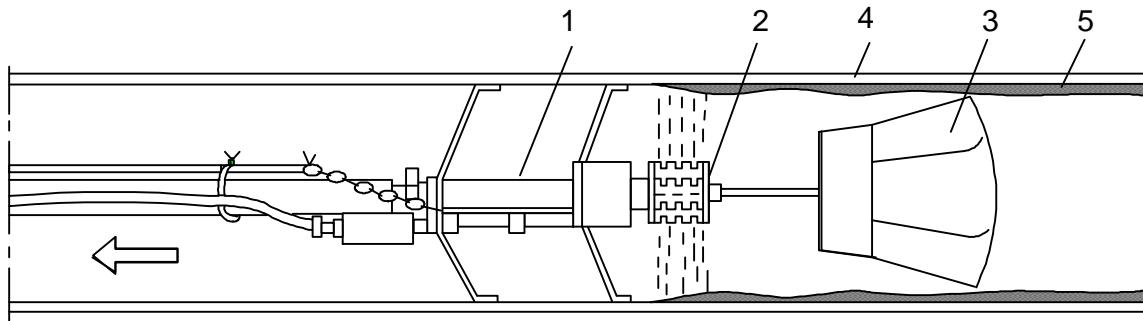


Рис. 4.17. Облицовочная машина: 1 – пневматическая облицовочная машина; 2 – головка для набрызга цементно-песчаной защиты; 3 – разглаживающий конус; 4 – цементно-песчаная защита с шероховатой поверхностью; 5 – цементно-песчаная защита с заглаженной поверхностью

Метод применим для мало разрушенных труб, еще достаточно прочных и способных защитить внутреннюю облицовку от повреждения. Он позволяет устранить многочисленные мелкие неплотности и каверны в стенках труб и ликвидировать утечки.

Санация труб с использованием пневмопробойника. Метод рекомендуется для санации сильно разрушенных труб из хрупких материалов. Пневмопробойник, диаметр которого превышает внутренний диаметр трубы, разрушает ее и образует в грунте канал, в который заводится толстостенная труба из полимерного материала, чаще всего из полиэтилена.

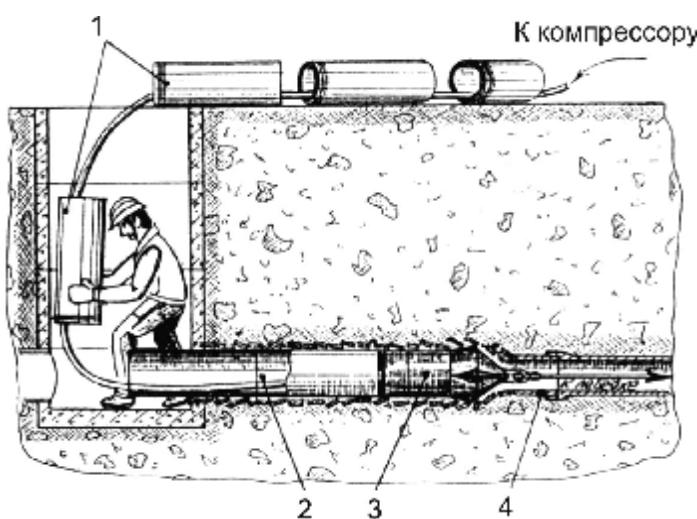


Рис. 4.18. Ремонт трубопровода с использованием пневмопробойника: 1 – трубчатые секции; 2 – полимерный трубопровод; 3 – пневмопробойник; 4 – регулируемый трубопровод

Как видно из рис. 4.18 пневмопробойник при помощи лебедки перемещается по ветхой чугунной или асбоцементной трубе, раскалывает ее и протаскивает за собой новую полимерную трубу. Эта труба собирается из отдельных секций, длина которых ограничена размерами входной камеры или котлована. Ввод полимерной трубы производится из котлована. Секции труб свариваются в плети длиной до 100 м. В соответствии с [75] должны быть решены вопросы с компенсацией температурных деформаций труб.

Как следует из табл. 4.3, рассмотренный метод применим только для труб малых диаметров. Возможность его применения ограничена опасностью повреждения расположенных вблизи подземных коммуникаций и инженерных сооружений ударными волнами. Заметим, что метод несколько дороже других методов санации.

Санация с использованием гибкого комбинированного рукава. Комбинированный рукав выполняется из стеклоткани, пропитанной термоактивным связующим. Внешняя пленочная оболочка рукава предотвращает прямой контакт персонала с полимерным связующим и облегчает протягивание рукава при его размещении в трубах. Рукав вводится в трубопровод через колодец или через окно в стенке трубы. После подачи в рукав пара или горячей воды он расправляется и прижимается к внутренней поверхности трубы, а полимерное связующее полимеризуется, образуя новую композитную трубу (рис 4.19).

Для размещения в трубах тяжелых и длинных (до 300 м) комбинированных рукавов больших диаметров, а также для обеспечения надежного соединения покрытия со стенками труб, применим способ выверта двухслойной рукавной заготовки. При выверте происходит продвижение рукава внутрь защищаемого трубопровода. Для этого используется давление сжатого воздуха (пневмовыверт). На рис. 4.20 показана схема установки с применением пневмовыверта. Необходимое давление в барокамере создается компрессором.

Относительно короткие участки труб малых и средних диаметров допускают производство выверта с применением лебедки и троса.

Основными преимуществами рассмотренного метода является высокое качество и долговечность ремонтного покрытия, возможность санации относительно изношенных труб в широком диапазоне диаметров, сравнительно простая и доступная технология.

Прием размещения рукава вывертом связан со значительным силовым воздействием на стенки защищаемых труб и ограничен прочностью последних.

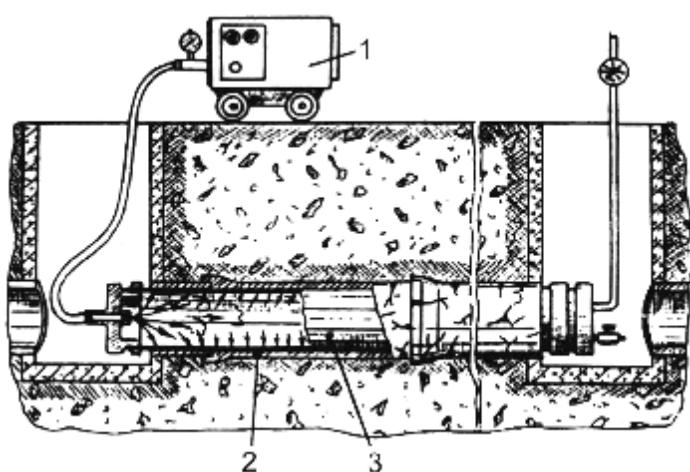


Рис. 4.19. Ремонт трубопровода с применением комбинированного рукава: 1 – теплогенератор; 2 – ремонтируемый трубопровод; 3 – новая композитная труба

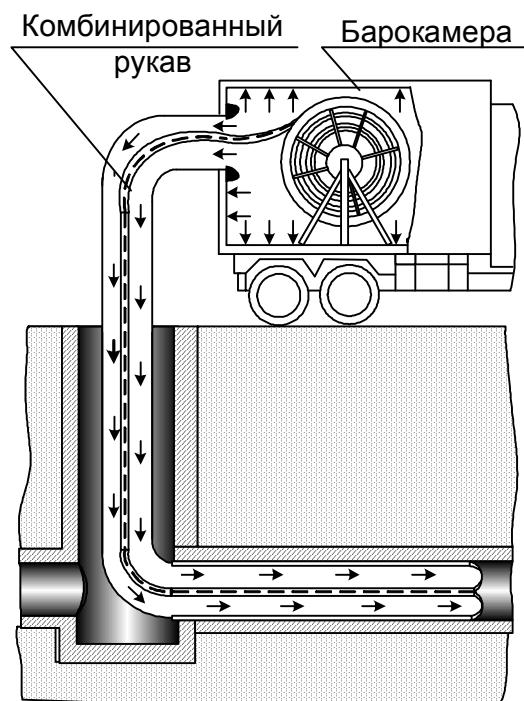


Рис. 4.20. Ремонт трубопровода способом размещения комбинированного рукава методом «пневмовыворота»

При производстве работ требуется повышенное внимание к безопасности персонала, так как полимерные связующие, как правило, токсичны.

Санация методом протяжки полиэтиленовых труб. Предварительно обосновываются: подбор типа полиэтиленовой трубы; выбор технологии проведения сварочно-монтажных работ; способ протяжки; выбор типа сварки и необходимых соединительных деталей.

Перед началом работ санируемые трубы очищаются от отложений и проверяется проходимость их внутренних полостей для протяжки полиэтиленовой трубы.

Для ремонта способом протяжки преимущественно выбирается прямолинейный участок водопровода, поскольку протяжка через изношенные трубы с изгибом может привести к их разрушению.

Схема протяжки полиэтиленовых труб определяется их диаметром.

Первый способ – рекомендуется для труб диаметром до 160 мм. Он заключается в сматывании полиэтиленовой трубы с барабана, который располагается рядом с входным колодцем. Труба заводится во внутрь восстановливаемого трубопровода и протаскивается за оголовок с помощью лебедки.

Второй способ – применим для труб диаметрами от 160 до 530 мм включительно. Полиэтиленовые трубы, предварительно сваренные в плети, заводятся в защищаемую трубу из входного котлована с подготовленным откосом и выводятся в концевой котлован, который выполняется также с откосом.

Третий способ – применяется при санации труб диаметром более 530 и заключается в протягивании или проталкивании последовательно свариваемых полиэтиленовых труб. Сварочно-монтажное оборудование размещается в котловане, на уровне оси трубопровода.

Предельная длина плети труб для протяжки ограничивается расчетным сопротивлением полипропилена, ее диаметром и массой. Обычно длина плети на прямолинейном участке не превышает 150 м, хотя в ряде случаев может быть до 500 м и более.

Для протяжки в трубах диаметрами до 250 мм применим робот (тросопротягиватель), обеспечивающий протяжку троса на расстояние до 1 км (рис. 4.21).

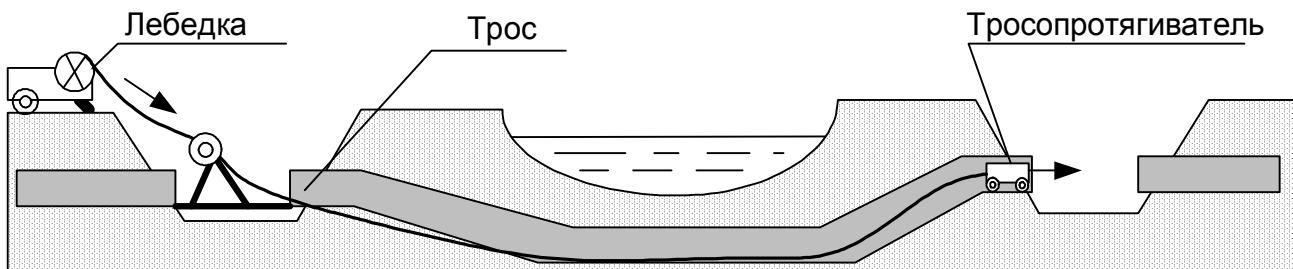


Рис. 4.21.Схема работы с применением тросопротягивателя

При санации методом протяжки полиэтиленовых труб должны быть предусмотрены устройства для компенсации температурных деформаций и проведены испытания на плотность и герметичность [75].

Технология протяжки предусматривает применение полимерных труб, наружный диаметр которых меньше внутреннего диаметра труб санируемого участка. При таком свободном размещении полимерных труб возникают следующие отрицательные обстоятельства:

- заметно уменьшается площадь живого сечения и может снизиться пропускная способность трубопровода;
- металлическая санируемая труба не будет воспринимать давление воды, что потребует применения полимерных труб, рассчитанных на достаточно высокие давления;
- на полимерном трубопроводе необходимо предусматривать компенсаторы и соответствующие «мерные точки», т. е. места, где положение труб будет жестко зафиксировано.

Указанные сложности в некоторой степени уменьшаются при использовании для санации предварительно обжатых полимерных труб, у которых после восстановления первоначальной формы наружная поверхность плотно прижимается к внутренней поверхности металлической трубы [77].

Санация протяжкой труб с термической памятью. Одним из применяемых методов – метод U-Liner заключается в протаскивании внутри труб восстанавливаемого участка полимерной трубы, поперечное сечение которой имеет U-образную форму (рис. 4.22). Перед началом работ производится телевизионный осмотр внутренней поверхности труб санируемого участка с записью на видеокассету. Одновременно с ТВ-съемкой записываются комментарии оператора об обнаруженных неисправностях.

В Водоканале г. Хабаровска используется так называемый «чейн-нокер», приспособление для очистки внутренней поверхности ремонтируемых труб от отложений и продуктов коррозии с одновременной промывкой трубопровода.

«Чейн-нокер» представляет собой промывную насадку, к вращающемуся корпусу которой присоединены три или четыре небольших кусочка звеньев стальной цепи. При вращении насадки они сбивают со стенок отложения. Насадка приводится в действие водой, подаваемой под давлением примерно 150–160 атм.

После окончания очистки от отложений и продуктов коррозии, при помощи специальных направляющих и лебедки в ремонтируемый участок протаскивают трубы типа «U-Lin».

На их концах устанавливают специальные зажимы. Далее делают врезки в начале и в конце трубопровода для подачи и сброса теплоносителя – пара. В течение 30–50 мин трубу «U-Liner» прогревают до температуры 125–135 °С. После прогрева закрывают врезку в конце трубопровода и далее создают в трубе «U-Lin» давление приблизительно 1,5–2 атм.

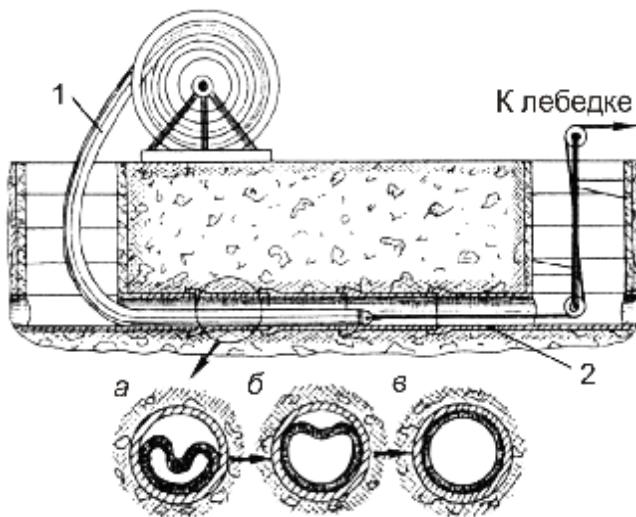


Рис. 4.22. Ремонт трубопровода с использованием U-образной полимерной трубы: 1 – сложенная U-образная полимерная труба; 2 – ремонтируемый трубопровод

Метод «U-Liner» характеризуется высокой производительностью и простотой, он позволяет восстанавливать трубы непригодные к эксплуатации из-за больших утечек.

Длина плети труб «U-Liner» ограничивается емкостью барабана и диаметром трубы, например: на барабане помещается 150 м труб «U-Liner» диаметром 300 мм.

К недостаткам метода следует отнести: ограничение диаметров санитарных труб (не более 400 мм), уменьшение площади живого сечения после санации на 20–30 %, возможность ведения работ только в теплое время года.

4.7.6. Аварийно-восстановительные работы и устранение повреждений труб

Авариями считается повреждение или выход из строя элементов СПРВ, повлекшее прекращение или существенное снижение объемов водоподачи, качества питьевой воды или причинение ущерба окружающей среде, имуществу и здоровью населения.

Аварии могут быть связаны с разрушением трубопроводов или с загрязнением воды в сети и сетевых сооружениях.

Устранение аварий носит срочный характер и осуществляется аварийной службой, подчиненной в оперативном отношении диспетчеру. При необходимости к ликвидации аварий привлекаются дополнительные силы и техника.

Продолжительность проведения аварийных работ зависит от характера аварии и технических возможностей аварийной службы. Согласно ПТЭ [37,

Под давлением поперечное сечение трубы, изготовленной из модифицированного полиэтилена, имеющего так называемую «термическую память», принимает первоначальную, круглую форму (состояния а, б, в рис. 4.22).

После выполнения работ производит повторный телевизионный осмотр.

В состав комплекса оборудования для укладки труб «U-Liner» входит: лаборатория для телевизионной инспекции трубопроводов, парогенератор, гидродинамическая машина для промывки трубопроводов, лебедки, направляющие для заведения труб, компрессор.

п. 2.10.23] ликвидация аварий должна производиться в сроки, указанные в СнiП [1, табл. 34]. В зависимости от диаметра труб и глубины их заложения проектная ремонтопригодность соответствует продолжительности ликвидации аварий находится в пределах 8–24 ч. Существует мнение, что в упомянутой таблице СнiП учитывается только продолжительность самих ремонтных работ и не учтена затрата времени на поиск места повреждения, на земляные работы и на последующую дезинфекцию труб.

Заметим, что в ПТЭ [5] продолжительность ликвидации аварий не нормировалась, но по отношению к обычно встречающимся видам аварий эти нормы можно было регламентировать, исходя из статистических данных по продолжительности восстановительных работ на данном водопроводе. Существующие методики, например Н.Н. Абрамова, позволяют прогнозировать продолжительность ликвидации аварий с любой вероятностью [4].

Если при ликвидации аварии прекращается подача воды населению численностью более одной тысячи человек, либо если продолжительность аварийных работ превышает 24 ч, следует организовать временное водоснабжение, например, путем подвоза питьевой воды [37, п. 2.10.13].

Авария – случайное событие, момент и место возникновения которого нельзя заранее определить. Однако влияние периодически и закономерно возникающих факторов, способных спровоцировать повреждение сетей и вызвать аварии, можно прогнозировать с достаточной уверенностью.

Одним из факторов аварийности являются колебания температуры, подаваемой в сеть воды или приуроченные к определенным периодам года деформации грунта (просадка, пучение).

Часто причиной повреждений труб из хрупких материалов (асбестоцемент, железобетон, чугун) оказываются усталостные явления.

По исследованиям НИИ Водгео, после 15–20 циклов «повышение-понижение» давлений чугунные трубы разрушались при значительно более низких давлениях, чем те, которые ими выдерживались во время испытаний [61].

Наиболее вероятными местами повреждений трубопроводов из-за усталости оказываются участки вблизи насосных станций.

В [82] температурными деформациями объясняются повреждения чугунных труб с асбестоцементной заделкой стыков, вблизи от мест заделки. Гладкий конец, обжатый заделкой, зафиксированной раструбом, оказывается в сжатом состоянии и при сдвигке с большой силой ударяет по стенке раструба. В результате в трубах появляются поперечные трещины.

Таким образом, можно с определенной вероятностью выявить участки сети неблагополучные в отношении аварий и примерные сроки возникновения аварийных ситуаций.

Если авария приобретает особенно бедственный и разрушительный характер, либо когда она сопровождается очень большими потерями воды, участок поврежденного трубопровода немедленно отключается. В других случаях отключение производят только перед началом ремонта.

Продолжительность устранения аварийных повреждений в большой мере зависит от того, насколько быстро будет найдено место повреждения. Решающее значение при этом имеет ремонтопригодность сети: возможность легко отыскать колодец, его доступность (отсутствие воды и загазованности), исправность отключающих задвижек.

Часто в аварийных ситуациях возникает опасность опорожнения отдельных участков сети с образованием вакуума. В первую очередь в неблагополучном положении оказываются трубопроводы, проложенные на возвышенностях или удаленные от точек питания сети (мест присоединения водоводов от насосных станций или водонапорных сооружений), в которых поддерживаются минимально необходимые свободные напоры. Как известно, вакуум в трубах является причиной их повреждения или разгерметизации и приводит к подсосу загрязненных грунтовых вод.

Образование вакуумных зон предупреждается таким оперативным изменением потокораспределения, когда на опасных участках поддерживаются повышенные свободные напоры.

Если избежать вакуумных зон все же не удается, об ухудшении санитарной обстановки срочно оповещается население. В дальнейшем загрязненные трубы промываются и дезинфицируются [37, п. 2.11.5].

Технология ремонта, как отмечалось, должна исключить загрязнение труб, так как это в свою очередь может вызвать новую аварийную ситуацию – ухудшение качества питьевой воды.

Заметим, что уровень аварий ясно указывает на качество эксплуатации, так как аварию всегда легче предупредить путем проведения профилактических ремонтных работ, чем ликвидировать.

Прогнозирование аварий и их характера, анализ продолжительности выполнения аварийных работ являются основой для планирования численности, состава и технической оснащенности аварийных бригад.

Перечень работ по ППР приведен в [3, табл. 3.12].

Обнаруженные неплотности и повреждения могут устраняться при помощи заплат (внутренних бандажей), накладываемых роботом. В [26] приводится описание указанной работы по технологии НПО «Тарис».

Робот заводится в трубу через монтажное окно, вырезанное в ее стенке, или через демонтируемый трубопроводный узел в колодце. Робот оборудуется телеустановкой и с ее помощью производится внутренний осмотр труб для определения размеров и места повреждения. Место повреждения фрезерной головкой на роботе зачищается до металлического блеска, а поврежденный участок перекрывается пакерами с надувными баллонами.

На место повреждения помещают цилиндр из листовой нержавеющей стали, который прижимает к внутренней поверхности трубы заплату – плотную ткань, пропитанную полимерным составом. Через несколько минут состав полимеризуется, пакер и цилиндр удаляются роботом, а после ликвидации монтажного окна или восстановления демонтированного узла в ко-

лодце трубопровод может быть заполнен водой. Общая длительность операции составляет около часа (без учета продолжительности дезинфекции).

Известен зарубежный опыт экстренной заделки трещин и сквозных отверстий при помощи пластиреи и лент из полимерных материалов, покрытых слоем быстротвердеющих синтетических смол.

Комплект JMR включает пластирь, ленту, быстротвердеющие пробки (заглушки). Место повреждения зачищается, на него накладывается пластирь (крупные отверстия закрывают заглушками), труба обматывается лентой. Смола активизируется и твердеет в присутствии воды в течение 30–40 мин и обеспечивает хорошую адгезию по отношению к большинству материалов. Вся операция по ремонту длится не более 1 ч, не требует опорожнения ремонтируемой трубы и использования какого-либо оборудования. Заделка выдерживает давления до 2,8 МПа и не повреждается при изгибе.

При повреждениях, требующих демонтажа части труб, трубопровод вскрывается. Земляные работы в пределах городской застройки ведутся при строгом соблюдении правил безопасности как для рабочих, так и для населения.

При вскрытии усовершенствованного покрытия извлеченный грунт следует увозить, а засыпку траншеи частично производить песком, что исключает последующую просадку.

Трещины сварных швов стальных труб ликвидируются путем переварки или вваривания заплат. Для этого дефектная часть шва вырубается, затем стык подваривается, а если трещина проходит сбоку шва, то дефектное место вырезается и ставится заплата.

Свищи на чугунных трубах перекрывают стальными хомутами, заделывая их цементом. В других случаях на трубу устанавливается муфта, стягиваемая болтами.

Неисправная асбестоцементная заделка чугунных труб удаляется вместе с конопаткой, после чего стык заделывается заново с использованием цементов марок 400 или 500, либо расширяющегося цемента.

Свинцовая заделка стыков восстанавливается простым подчеканиванием.

Поврежденные фасонные части из чугуна подлежат замене. При этом вырезается кусок трубы, что необходимо для установки новой фасонной части, а затем вводится новый кусок трубы, который монтируется на неподвижной муфте.

Опорожнение и заполнение трубопровода при ремонте должны проводиться так, чтобы исключить образование в трубах вакуума и возникновения гидравлического удара.

При опорожнении используются имеющиеся выпуски, либо вода сбрасывается в пожарный колодец через пожарную подставку, а из колодца откачивается вакуумной машиной.

Одновременно с выпуском воды в верхней точке участка в трубу поступает воздух через специальный патрубок, комбинированный вантуз или по

пожарному гидранту. Выпуск воды регулируется задвижкой, которую постепенно открывают по мере опорожнения трубопровода.

Заполнение труб водой после ремонта производится при непрерывном удалении в верхней точке воздуха. Для этой цели могут быть использованы вантузы достаточно большой производительности; воздух может удаляться и через пожарные гидранты с установленными на них стендерами. Чем больше протяженность трубопровода, тем больше должны быть площади отверстий для удаления воздуха. В [37] указывается, что при диаметре труб не более 300 мм и при длине трубопровода до 500 м, для выпуска воздуха достаточен один стендер, а при большей длине необходимо иметь по одному стендеру на участок длиной не более 500 м. Для труб диаметром более 300 мм порядок заполнения водой и выпуска воздуха специально разрабатывается с учетом местных условий. Трубопровод считается заполненным, если через воздухоотводящие устройства вода вытекает спокойной струей.

Во всех случаях вскрытия трубопровода, при которых в трубы могут попасть загрязнения, обязательна дезинфекция. Предварительно участок труб промывается. Затем он заполняется хлорной водой при концентрации активного хлора не менее 75–100 мг/л. Хлорная вода готовится на месте проведения работ чаще всего с использованием гипохлорита натрия. Продолжительность хлорирования занимает не менее 6 ч. После взятия пробы воды проводится анализ на содержание избыточного хлора (при его отсутствии необходимо дополнительное хлорирование). Затем хлорная вода откачивается, и участок повторно промывается, для получения двух удовлетворительных результатов анализов проб воды. Дезинфицируемый участок должен быть изолирован. С этой целью в начале и в конце участка устанавливаются заглушки или пневматические пробки (пакеры).

4.8. Эксплуатация напорно-регулирующих резервуаров

На сети размещаются напорные и безнапорные резервуары, предназначенные для регулирования расходов и для хранения неприкосновенных запасов воды. По современным представлениям суммарная вместимость резервуаров может составлять до 8–10 % от суточного расхода воды и более.

Режим работы водопроводной сети должен исключать застаивание воды в резервуарах, а кратность водообмена в них составлять не менее 0,5–1,0 в сутки. Исключением являются пожарные резервуары, обслуживающие территории малоэтажной застройки, где водопроводная сеть выполнена по тупиковой схеме. В такие резервуары, предназначенные только для пожаротушения, вода подается из сети с разрывом струи, а ее замена осуществляется каждые 1–3 месяца.

Резервуары для питьевой воды герметизируются, а поступающий в них воздух очищается от аэрозолей в фильтрах поглотителях. Резервуары, по-

строенные по старым проектам и снабженные несколькими вентиляционными шахтами, переоборудуют: все шахты следует заглушить за исключением тех, которые присоединены воздуховодами к вентиляционным каналам.

При опорожнении и наполнении резервуаров в надводном пространстве создается вакуум или избыточное давление. Изменение давления на 1 мм вод. ст. создает силу аэростатического давления, действующего на 1 м² поверхности перекрытия, равную 1 кг. По условиям прочности перекрытия типового резервуара максимальное колебание давлений относительно атмосферного не должно превышать 20 мм вод. ст. Эти условия обеспечиваются работой вентиляционного узла, размещаемого в подземной камере у резервуара. В камере установлены фильтры-поглотители, системы отопления вытяжной вентиляции и освещения. Воздух в камеру поступает по заборной шахте, выведенной на 2 м выше поверхности земли. Входное отверстие шахты закрыто сеткой.

Схема установки воздушных фильтров-поглотителей приведена на рис. 4.23. При заборе воды и снижении уровня в резервуаре воздух засасывается в фильтры 1, очищается от аэрозолей и по воздуховоду 5 поступает в резервуар. При этом клапан 2 открыт, а клапаны 3 и 4 закрыты.

При заполнении резервуара воздух из него вытесняется и через выпуск 6 сбрасывается в атмосферу (клапаны 2 и 3 должны быть закрыты, клапан 4 открыт). Если по каким-то причинам давление воздуха превысит атмосферное более, чем на 20 мм вод. ст., откроется предохранительный клапан 3 и сброс произойдет по выпуску 7. Указанные на схеме задвижки ремонтные и полностью открыты.

Фильтр-поглотитель (рис. 4.24) представляет собой открытый резервуар, оборудованный дренажной решеткой и

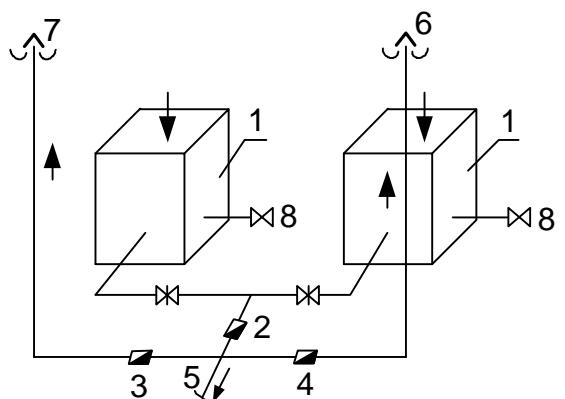


Рис. 4.23. Схема установки воздушных фильтров (поглотителей): 1 – фильтр; 2 – клапан; 3 – клапан; 4 – клапан; 5 – воздуховод к резервуару; 6 – воздушный стояк; 7 – аварийный выпуск воздуха; 8 – выпуск конденсата

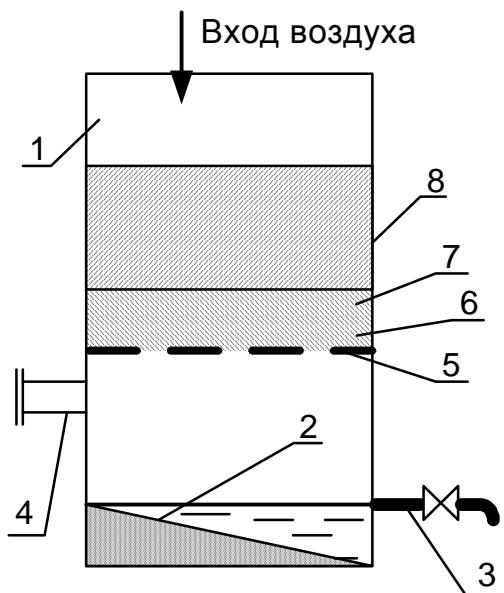


Рис. 4.24. Воздушный фильтр (фильтр-поглотитель): 1 – корпус; 2 – поддон; 3 – выпуск конденсата; 4 – патрубок для воздуха (линия к резервуару); 5 – дренаж; 6 – нижний поддерживающий слой; 7 – верхний поддерживающий слой; 8 – фильтрующий слой

заполненный зернистым материалом слоем 400 мм. Чаще всего это песок крупностью 0,5–1,0 мм. Поддерживающий слой из гравия крупностью 15–20 мм имеет толщину около 120 мм.

Поддранное пространство предназначено для сбора конденсата, который может выпадать в воздуховоде 4 из влажного воздуха. При скорости фильтрации воздуха 0,05 м/с фильтры-поглотители указанной конструкции вызывают падение давления в пределах 15–18 мм вод. ст.

Расходы воды при разборе из резервуара и при его заполнении должны быть равны (или не превышать) расчетной производительности по воздуху фильтров-поглотителей, что зависит от площади последних.

Вентиляционные камеры следует регулярно осматривать, контролируя работу систем отопления, вентиляции и освещения, следить за своевременным удалением конденсата и заменой фильтрующей загрузки.

Оперативное управление резервуарами предусматривает регулирование расходов при помощи задвижек, установленных на подающих и отводящих линиях, в соответствии с режимами заполнения и опорожнения.

Оперативный контроль включает наблюдение за уровнями воды в баках с передачей информации диспетчеру.

По мнению авторов работы [62], оптимизация режима управления процессами заполнения и срабатывания регулирующих емкостей СПРВ как в нормальных, так и в аварийных ситуациях, позволяет снизить затраты энергии на подачу воды насосами не менее, чем на 20–30 %.

С целью санитарного контроля ежесуточно и без доступа в резервуар отбираются пробы воды для проведения анализов. Если обнаружено несоответствие требованиям, предъявляемым к питьевой воде, резервуары промываются. Промывка завершается при достижении требуемого качества воды. Если промывка оказалась неэффективной, проводят внеочередную очистку резервуаров (см. ниже).

Резервуары питьевой воды (башни, заземленные резервуары) размещаются в зоне строгого режима, правильное содержание которых входит в обязанности обслуживающего персонала. В соответствии с требованиями режима допуск посторонних лиц к резервуарам должен быть запрещен, лазы и люки камер переключения задвижками следует закрыть и запломбировать.

ППО предусматривает регулярную (не реже чем через три месяца) проверку санитарного состояния и осмотр лазов в резервуар, вентиляционных устройств, сливных и переливных труб, арматуры, а также систем катодной защиты металлических баков. Сила тока при катодной защите принимается по плотности тока $2,5\text{--}3,5 \text{ mA/m}^2$ защищаемой поверхности стен и дна стального бака.

ППР предусматривает регулярную проверку и ремонт арматуры, фильтров для очистки воздуха и очистку баков не реже чем через 2 года.

Очистка баков для хранения питьевой воды включает полное опорожнение, удаление со дна осадка, чистку дна, стен и колонн металлическими щетками с последующей тщательной обмывкой водой из брандспойта.

Затем производится дезинфекция баков хлорной водой дозами 75–100 мг/л при контакте до 6 ч или 25 мг/л при суточном контакте. Для резервуаров большой емкости обеззараживание производится методом орошения хлорной водой с концентрацией активного хлора до 250 мг/л. Расход хлорной воды составляет 0,3–0,5 л/м² обрабатываемой поверхности. Через 1–2 ч после дезинфекции резервуар промывают фильтрованной водой. В случаях оборудования резервуаров направляющими перегородками для обеспечения проточности и исключения застойных зон, вдоль перегородок прокладываются дырчатые трубы специального промывочного водопровода. В эксплуатацию резервуар может быть введен только после получения двух удовлетворительных результатов анализа воды, отбираемой с интервалом, достаточным для полного ее обмена в баке. Каждые три года промывка совмещается с окраской внутренней поверхности бака.

Работы по промывке считаются опасными, производятся в кислородных противогазах и под контролем мастера, с соблюдением правил безопасности.

В [83] отмечается, что принятая технология дезинфекции поверхностей недостаточно эффективна, так как хлор почти не проникает в поры и в глубину клеточных конгломератов. Кроме того, после нескольких циклов обработки формируется микрофлора, устойчивая к дезинфектантам.

Перед началом холодного периода проверяется и восстанавливается теплоизоляция открытых трубопроводов башни.

Систематически проводятся испытания на утечку воды из баков и на герметизацию последних. Для подземных резервуаров такие испытания проводят два раза в год.

Плановый капитальный ремонт резервуаров (восстановление штукатурки дна и днища), трубопроводов и арматуры проводится каждые 5 лет. С такими же интервалами планируется капитальный ремонт водонапорных башен (здания, шатра, баков, трубопроводов, арматуры).

4.9. Анализ опыта и качество эксплуатации.

Интенсификация работы системы подачи и распределения воды

Анализ опыта эксплуатации СПРВ базируется на фактических данных о напорах в контрольных точках сети, зарегистрированных отказах и случаях аварий, основывается на результатах диагностики технического состояния трубопроводов, на материалах мониторинга утечек и изменений гидравлических сопротивлений трубопроводов.

Как отмечалось, свойствами надежности являются безотказность, ремонтопригодность и долговечность.

Отказы СПРВ связаны с недопустимым ухудшением качества воды при ее транспортировке и с нарушением условий бесперебойной водоподачи при авариях.

К конкретным причинам загрязнения воды относятся: недостаточный водообмен на отдельных участках сети и в резервуарах; периодическое возникновение в трубах вакуума, что сопровождается подсосом загрязненных грунтовых вод; нарушение правил производства ремонтных работ (попадание в трубопровод загрязнений, недостаточная промывка и дезинфекция); коррозия металлических труб.

Большинство перечисленных причин не должно возникать при нормальной эксплуатации и устраняется путем изменения потокораспределений, соблюдения продуманного режима заполнения и опорожнения резервуаров, контроля за проведением ремонтных работ.

Процесс коррозии может быть ослаблен при аммонизации воды (хлорамины являются более слабыми окислителями, чем активный хлор), а также санацией стальных труб. Наиболее радикальным способом является стабилизация воды, но требует изменения технологической схемы водоподготовки.

Отказы, вызываемые авариями или другими серьезными повреждениями сетей, оцениваются интенсивностью отказов в расчете на 1 км длины трубопроводов. Согласно [3] максимальная интенсивность отказов для чугунных труб диаметрами от 250 до 900 мм находится в пределах от 1,0 до $0,4 \cdot 10^{-4}$ 1/ч на 1 км. Для стальных труб интенсивность отказа меньше.

Фактические значения интенсивности отказов нередко превышают эти значения, что свидетельствует о недостаточной надежности трубопроводов. Важно установить динамику изменения интенсивности отказов в течение ряда лет, поскольку это позволяет оценить эффективность предпринимаемых мер по поддержанию надежности сети или, наоборот, указывает на необходимость и срочность таких мероприятий.

Анализ безотказности трубопроводов следует проводить дифференцировано, выделяя отдельные районы сети, различающиеся по показателям интенсивности отказов.

В свою очередь, отказы, зарегистрированные в течение анализируемого периода для данного района, рекомендуется классифицировать по причине возникновения: выработке назначенного ресурса; фактической степени изношенности (с учетом аварийности в предыдущие годы); неблагоприятным условиям работы (высокие или низкие давления, их колебание, частые гидравлические удары и т. д.); низкому качеству строительно-монтажных работ и использованных строительных материалов и изделий; несвоевременности или качеству ремонтов.

На основе этой классификации можно сделать конкретные выводы о режимах работы сети и потокораспределения и определить необходимость в проведении адресных ремонтно-восстановительных работ.

На основании документации о проводимых за анализируемый период ремонтов оценивается ремонтопригодность водопроводной сети.

Задача анализа ремонтопригодности состоит в том, чтобы найти резервы времени для сокращения продолжительности ремонтов. В этой связи следует раздельно учитывать активное время (период выполнения работы) и общую продолжительность отключения ремонтируемого участка.

Следует анализировать фактические графики выполнения ремонтов: затрату времени на поиск места повреждения, отключение поврежденного участка, выполнение земляных работ, вскрытие трубы, ее засыпка), непосредственно на производство работы, промывку и дезинфекцию.

В результате можно сделать аргументированные выводы о фактической ремонтопригодности труб и арматуры в колодцах, а также об эффективности аварийной службы, включая качество оперативного руководства со стороны диспетчера, подготовленность и техническое оснащение аварийных бригад.

Анализ долговечности должен касаться как труб, так и арматуры, сетевых сооружений, и в первую очередь колодцев.

Сокращение выработанного ресурса арматуры (задвижка, вантуз, выпуск пожарных гидрантов и водоразборные колонки) сравнительно с назначенным ресурсом, обычно объясняется неудовлетворительным содержанием колодцев, несвоевременностью профилактических работ, низким качеством выполнения ремонтов. В частности, совершенно недопустима практика, когда стальные задвижки ввариваются, а не устанавливаются на фланцах.

Железобетонные конструкции колодцев быстрее разрушаются в условиях, когда колодцы постоянно заполнены водой, не очищаются от грязи или загазованы. Причины ускоренного износа труб, особенно стальных, рассмотрены выше.

Анализ должен четко определить мероприятия по увеличению долговечности трубопроводов.

Большую помочь в объективной оценке условий, влияющих на надежность функционирования систем подачи и распределения воды, оказывают результаты их гидравлического моделирования.

Гидравлическая модель системы создана и с успехом используется на водопроводе г. Санкт-Петербурга. Она позволяет прогнозировать рост гидравлических сопротивлений трубопроводов, длительность пребывания в них воды, изменения в потокораспределении, создающиеся при этом скорости течения отложений и повышения мутности воды на отдельных участках сети.

Оценка экономичности как показателя качества эксплуатации должна основываться на анализе потерь неоплачиваемой абонентами воды

(скрытие утечки) и на перерасходе энергии вследствие недостаточной пропускной способности трубопроводов.

В Правилах [37, п. 2.11.7] в «качестве критерия оптимальности режима работы системы водоподачи при недифференцированном по часам суток тарифе на оплату энергии должен приниматься минимум затрат энергии на подачу. При дифференцированном тарифе (повышенном в часы энергетического максимума) критерием оптимальности является минимум расходов по оплате затрат электроэнергии».

Безопасность жизнедеятельности персонала служб сети связана с соблюдением элементарных правил ведения работ в камерах и колодцах, а также при санации труб и аварийных работ, особенно при вскрытии подземных трубопроводов. Нарушение правил рабочими является упущением со стороны технического персонала, который обязан проводить инструктаж и контролировать строгое выполнение инструкций и регламентов.

Базируясь на результатах оценки качества эксплуатации, осуществляется интенсификация работы СПРВ. Необходимость в интенсификации в одних случаях связана с ухудшением технического состояния системы, в других – с увеличением водопотребления или с изменением режима водоразбора сравнительно с ранее сложившимися. Интенсификация должна быть обязательно направлена на улучшение экономических показателей работы СПРВ.

Интенсификация достигается главным образом за счет эксплуатационных мер, хотя ее эффективность может повышаться, если одновременно проводятся работы по усилению (реконструкция, новое строительство, реконструкция).

Основной путь интенсификации – изменение потокораспределения и режимов питания сети от НС-2.

Как известно, линии водопроводной сети загружены неравномерно.

Эксплуатационный режим подлежит дальнейшему уточнению в реальных условиях эксплуатации.

4.10. Требования к качеству строительства и пусконаладочные работы

Соответствие построенного объекта проекту особенно важно в следующих случаях: в соблюдении диаметров труб и их материалов, конструкций узлов переключения, в сохранении проектных профилей, что влияет на условия опорожнения труб и выпуска из них воздуха, в размещении упоров на поворотах труб подземной прокладки, неподвижных и скользящих опор при надземной прокладке, в конструкциях тепловой и гидроизоляции.

Качество строительных и монтажных работ должно отвечать строгим нормативным требованиям, особенно в отношении стыковых соединений,

подготовки оснований под трубы, водонепроницаемости колодцев, заделки труб в местах их входа в колодцы. Разумеется, должны быть получены положительные результаты гидравлических испытаний труб.

Пусконаладочные работы следует начинать с обследования объекта, осмотра колодцев, нивелировки верха труб, проверки правильности размещения на сети водоразборов (пожарных гидрантов, водоразборных колонок), оценки качества монтажа узлов.

Желательно определить фактические значения модулей удельного сопротивления труб по обычной методике. Известно, что при проектировании водопроводных сетей ориентируются на значение модулей для труб бывших в употреблении, т. е. можно ожидать, что пропускная способность новых труб окажется больше проектной. Однако из-за небрежного монтажа, а также неподготовленности арматуры гидравлические сопротивления могут превысить расчетные. Напомним, что перед установкой арматуры ее следует разобрать, проверить состояние, устранить заводские дефекты.

Проверка модуля удельного сопротивления труб после санации является совершенно необходимой.

При наладке проверяется работа всех выпусков, устройств для впуска и выпуска воздуха, противоударных устройств. Производится разгонка запорной арматуры.

Включение в существующую систему новых трубопроводов существенно меняет автомодельное (осуществляемое самостоятельно и в соответствии с гидравлическими закономерностями) потокораспределение в сети. Оптимизация потокораспределений для характерных случаев работы сети производится путем выполнения поверочных гидравлических расчетов для эквивалентной схемы сети, включающей как новые, так и существующие участки. При составлении схемы используется данные по изучению гидравлических сопротивлений существующих трубопроводов, полученные в процессе эксплуатации.

В связи с задачами по управлению потокораспределением производится тарировка регулирующих задвижек по степени открытия, при которой изменение гидравлических сопротивлений увязывается со степенью открытия.

ПТЭ [37, п. 2.10.17] предусматривают проверку водопроводной сети на водоотдачу, т. е. на способность обеспечить требуемый водоразбор, как при нормальном повседневном состоянии системы, так и при пожаротушении и при прогнозируемых характерных аварийных ситуациях.

По результатам проверки, которая выполняется совместно с Государственной пожарной службой, составляется перечень закрытых задвижек (затворов), установленных на связках между линиями и на обводных линиях регуляторов давления».

Определяются места расположения точек наблюдения за давлениями.

Пусконаладочные работы, связанные с вводом в эксплуатацию емкостных сооружений (новых или после капитального ремонта) включают проверку геометрических размеров резервуаров, нивелировку отметок днища и бортов сооружения, верха присоединяемых труб, соответствие проекту устанавливаемой арматуры, правильность ее монтажа и подготовленность к эксплуатации, работоспособность узла вентиляции.

С целью проверки прочности конструкций, равномерности осадки и водонепроницаемости сооружения производится гидравлическое испытание. Резервуар заполняется водой на высоту 1 м и выдерживается в течение суток, затем заполняется до проектного уровня. Уровень в резервуаре регистрируется, как правило, в двух точках.

При этом считается допустимо потемнение отдельных мест стенок, но исключается утечка в виде струек. Окончательное испытание проводят через пять суток после заполнения резервуара, когда впитываемость воды бетоном практически прекращается. Наибольшие потери воды за сутки не должны превышать 3 л на один квадратный метр смоченной поверхности.

Резервуары для хранения питьевой воды проверяются на герметичность.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Общие требования, предъявляемые к системе подачи и распределения воды.
2. Перечислите основные факторы, отрицательно влияющие на техническое состояние водопроводной сети.
3. Содержание оперативной работы и санитарного контроля за состоянием водопроводной сети. Осмотр сетей. Требования к условиям труда и безопасности жизнедеятельности.
4. Как осуществляется контроль за скрытыми утечками. Поиск утечек, оценка объемов.
5. Мониторинг пропускной способности сети. Цель мониторинга, его способы.
6. Ремонтные работы на сети. Их планирование. Основные виды ремонтных работ.
7. Профилактическая промывка сетей. Технологии промывки.
8. Восстановление труб (санация). Способы санации.
9. Профилактическая защита труб от коррозии.
10. Аварийно-восстановительные работы на водопроводной сети.
11. Содержание работ по эксплуатации резервуаров на водопроводной сети.
12. Анализ работы и пути интенсификации системы подачи и распределения воды.
13. Пусконаладочные работы на водопроводной сети.

5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ

5.1. Общие сведения

Водоотводящие сети включают трубы и каналы, а также сетевые сооружения, т. е. насосные станции перекачки (КНС) и регулирующие резервуары.

Сточные воды транспортируются самотеком, хотя на отдельных участках прокладываются напорные водоводы (от КНС).

Сеть хозяйствственно-бытовой канализации выполняется из труб круглого сечения. При больших расходах воды применяются каналы прямоугольного, овощадального, шатрового или полуэллиптического сечения.

Сеть водоотведения трассируется по тупиковой схеме, но иногда она частично закольцовывается.

КНС, в основном, автоматизированы, имеют приемные резервуары небольшой вместимости и режим их работы максимально приближен к режиму притока сточных вод. В случаях аварий или перегрузки, когда возникает угроза затопления станции, она отключается, и стоки сбрасываются по аварийному выпуску.

Функция системы водоотведения заключается в бесперебойном отведении сточных вод, образующихся у абонентов, и в транспортировке стоков на городские очистные сооружения.

Обязательным условием транспортировки является соблюдение санитарно-гигиенических и экологических условий, согласно которым не должно происходить загрязнение грунтов, грунтовых вод, воздушной среды, излива стоков на поверхность или затопление ими подвалов и других заглубленных сооружений, поступление в водные объекты помимо очистных сооружений неочищенных сточных вод.

5.2. Режим поступления сточных вод в сеть водоотведения

Режим поступления сточных вод в сеть водоотведения отличается крайней неравномерностью и не поддается регулировке.

Неравномерность притока особенно заметна на начальных участках сети (внутриквартальные системы).

Естественно, чем больше абонентов обслуживается данным участком сети, тем равномернее расход. Поэтому наиболее равномерно загружены главные и загородный коллекторы. Дополнительное выравнивание расходов достигается при размещении на сети регулирующих резервуаров.

5.3. Условия транспортировки взвешенных веществ и загазованность сетей водоотведения

Сточные воды содержат грубодисперсные примеси с различной гидравлической крупностью и являются мало транспортабельными. В процессе транспортировки состав примесей по дисперсности изменяется: с одной сто-

роны, крупногабаритные и непрочные примеси измельчаются, с другой – формируются грязевые агрегаты, состоящие из песка, тряпок, синтетических упаковочных материалов (пленок), очисток овощей и пр.

Часть водных примесей – песок разной крупности в основном диаметром до 1 мм, который попадает в сеть через люки колодцев или при инфильтрации грунтовых вод. Поэтому количество песка в воде по ходу ее движения возрастает. Особенно велико содержание песка в стоках систем полураздельного и общесплавного водоотведения.

Транспортировка грубодисперсных примесей обусловлена скоростями движения воды. Как известно, сети водоотведения рассчитываются исходя из поддержания в трубах так называемых самоочищающих скоростей. Под самоочищающей понимается скорость потока, при которой не осаждаются примеси с гидравлической крупностью менее 50–100 мм/с. Значения самоочищающей скорости в отечественной проектной практике определяют по формулам Н.Ф. Федорова или С.В. Яковлева – М.А. Масленникова.

При скорости, равной самоочищающей или большей, основная часть примесей остается во взвешенном состоянии, хотя частицы с гидравлической крупностью, превышающей расчетную, будут осаждаться.

Эффект «самоочищения» обусловлен турбулентностью потока и повышается при увеличении абсолютной шероховатости труб.

Расходы, соответствующие самоочищающей скорости, наблюдаются только в течение непродолжительного времени, иногда менее часа в сутки. В остальное время неизбежно активное осаждение взвешенных частиц. Только на участках с относительно постоянными расходами (главные коллекторы и другие) практически не происходит выпадения осадков.

Для полного смыва осадков требуется весьма значительные скорости, многократно превышающие самоочищающие.

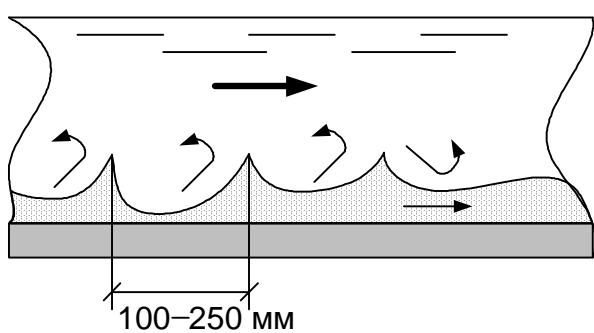


Рис. 5.1. Схема волнообразного перемещения осадка

Тем не менее по мере накопления донных отложений и при достаточно больших скоростях воды происходит постепенное волнообразное перемещение осадков (рис. 5.1). Его характер напоминает движение песков в пустыне под действием ветра. Происходит формирование грязевых гряд, вызывающих завихрение воды и подмыв с низовой стороны этих гряд, которые таким образом разрушаются и вновь формируются ниже по течению.

В наиболее благоприятных условиях перемещение осадка препятствует его накоплению.

В других случаях накопление осадка происходит непрерывно, что вскоре вызывает необходимость в прочистке труб.

Следует сказать, что большая часть самотечных линий работает в режиме непрерывного накопления осадков. Исключения составляют крупные коллекторы в основном транзитного назначения.

Важнейшим последствием выпадения осадков является возникновение устойчивого газообразования.

От 3 до 5–8 % осадков состоит из органических веществ, способных разрушаться в результате биохимических процессов. В сточной воде наблюдается дефицит кислорода, а в отложениях в их глубинных слоях создаются устойчивые анаэробные условия. Под действием анаэробных и факультативных (развивающихся как в аэробной, так и в анаэробной среде) культур микроорганизмов белковые вещества разлагаются и газифицируются. При этом образуется сероводород, и на этапе более глубокого разложения – углекислый газ и метан. Газы частично выделяются из сточной воды.

Условия, при которых образуется сероводород, являются септическими (септис-гнилостный). Они существуют в достаточно узкой области редокс-системы: при значении ее мощности rH_2 от 13 до 15 [69].

При обследовании сетей водоотведения участки генерации сероводорода могут выявляться по мощности редокс-системы, путем измерения значений водородного показателя и окислительно-восстановительного потенциала в пробах сточной воды.

Газовая среда, заполняющая свободное от воды пространство труб, помимо сероводорода и метана, включает и другие газы, и пары легко испаряющихся жидкостей (бензин, эфиры, и др.). Такая среда токсична, а иногда – взрывоопасна, что следует учитывать персоналу, обслуживающему сеть.

В каплях конденсата на сводах и стенах труб и каналов сероводород растворяется и окисляется аэробными микроорганизмами до серной кислоты, что затем приводит к энергичной коррозии металлов и бетона. Заметим, что концентрация кислоты достигает 5 %.

Механизм разрушения железобетонных труб и конструкций сетей канализации связан с превращением извести, входящей в состав цементов, в гипс. Гипс занимает объем почти вдвое больший, чем известь. Возникающие при этом силы расклинивания приводят к образованию трещин в бетоне, а после вымывания или выкрошивания гипса появляются открытые трещины и каверны, обнажается и корродирует стальная арматура [7]. Гипс образуется при реакции между известью и серной кислотой, имеющей крепость более 0,25 %.

Как будет показано ниже, газовая коррозия приводит к катастрофически быстрому разрушению железобетонных конструкций и сокращает ресурс использования сборных железобетонных коллекторов в несколько раз.

Места интенсивного выделения сероводорода из воды приурочены к участкам энергичного перемешивания: к перепадам, быстротокам, поворотам.

В напорных трубопроводах создаются наиболее благоприятные для образования сероводорода анаэробные условия. Поэтому в местах пере-

хода от напорного движения к самотечному наблюдается его усиленное выделение.

Количество сероводорода зависит от содержания в сточной воде органики и увеличивается с повышением БПК, а также концентрации сульфидов.

Газы перемещаются по сети под влиянием многих взаимонезависимых факторов: плотности газов, температуры воды, скорости ее движения.

Считается, что достаточное газоудаление из канализационных сетей обеспечивается при кратностях воздухообмена от 0,5 до 2 объемов в час (соответственно для труб малых и больших диаметров).

Вытяжка из сети в пределах селитебной территории производится через канализационные стояки зданий, а приток – через неплотности колодцев (для труб диаметрами до 600 мм). При больших диаметрах следует предусматривать приточные шкафы или шахты, площадь входных отверстий которых составляет до 400–500 см² в расчете на 1 км длины сети [64].

Производительность вентиляции внутридомовых канализационных систем, работающих при естественном побуждении, никак не увязывается с потребностью в газообмене наружной сети водоотведения, тем более, что в теплое время года возможно даже опрокидывание тяги.

Опыт показывает неэффективность такого способа вентиляции. В результате происходит значительная загазованность сетей канализации, особенно на перегруженных участках, где степень заполнения труб превышает нормальную.

Загазованность сокращает долговечность труб и каналов, снижает их безотказность, создает опасность для обслуживающего персонала (содержание сероводорода 250:1 000 000 вызывает мгновенную смерть).

Радикальным способом уменьшения загазованности следует считать нормирование качества промышленных сточных вод по содержанию веществ, способствующих газообразованию (по БПК, содержанию сульфидов, жиров, мочевины, растворителей и других легко испаряющихся жидкостей). Своевременная и постоянная прочистка трубопроводов, препятствующая накоплению в них осадков, также уменьшает газовыделение.

5.4. Эксплуатационная работа

5.4.1. Общие положения

В отличие от водопроводной, самотечная водоотводящая сеть не поддается управлению. В задачи ее технической эксплуатации в соответствии с правилами [37] входят: надзор за состоянием и содержание сети и сетевых сооружений; проведение профилактических работ и ремонтов; ликвидация аварий; надзор за эксплуатацией систем водоотведения абонентами; изучение режима работы сети, ведение документации и др.

Служба сети состоит из районных участков, в пределах которых находятся сети протяженностью до 300 км с расстоянием до наиболее удаленной точки не свыше 10 км.

Контроль за соблюдением абонентами согласованных условий пользования городским водоотведением, возлагается на специальные (инспекционные) группы.

5.4.2. Надзор за состоянием и содержанием сети

Надзор за состоянием трубопроводов. Надзор за состоянием сетей осуществляется путем обходов и технического осмотра.

Цель надзора состоит в наблюдении за техническим состоянием сети, в развитии таких негативных процессов, как выделение и накопление в каналах, трубах и колодцах сероводорода и других газов, в мониторинге процесса засорения труб.

Режим надзора для осредненных условий эксплуатации регламентирован Правилами [37], но должен усиливаться для отдельных, наиболее неблагоприятных участках, которые следует заранее определить.

Классификация участков сети по вероятности ухудшения технического состояния и других упомянутых обстоятельств часто основывается на рейтинговых численных оценках. Для каждого из основных независимых отрицательных факторов, в зависимости от их влияния, назначается значение рейтинга. Эти значения для всех влияющих факторов суммируются (см. табл. 5.2. и п. 5.6.2).

Обход сети производится регулярно, каждый участок осматривается не реже одного раза в два месяца.

Бригада обходчиков состоит из двух человек и совершает обход по маршруту, устанавливаемому на каждый день.

При обходе обращается внимание на общее состояние поверхности земли (отсутствие просадок и провалов, признаков пучения, раскопов, на валов грунта или снега), на места возможного поступления поверхностного стока в колодцы, на исправность люков и плотность прилегания крышек колодцев, наличие координатных табличек. При осмотре открываются крышки колодцев, проверяется отсутствие подпора воды и загазованности. Спуск рабочих в колодцы не производится.

Мелкие неполадки бригада устраняет своими силами, крупные устраются при проведении ППР.

Технический осмотр внутреннего состояния сети проводится не реже одного раза в год бригадой из трех человек, имеющих соответствующую экипировку. В том случае, если обследуемый колодец оказался загазованным (что должно быть предварительно установлено с помощью приборов), его вентилируют, а рабочий ведет осмотр в противогазе с шлангом, выведенным на поверхность. Учитывая возможную взрывоопасность газовой среды, при осмотре запрещается пользоваться открытым огнем.

При осмотре один из рабочих спускается в колодец, а двое – его страхуют. Осмотр включает проверку состояния конструкций колодца (фиксируются признаки разрушения, наличие каверн, поступление через неплотно-

сти грунтовых вод), состояния люков, скоб, лестниц и лотков, исправность заделки зазоров в местах входа труб, выявление смещения колец сборных колодцев. Кроме того, обращается внимание на плавность сопряжения потоков в колодцах и на возможность возникновения при этом подпоров или задержание мусора. Производится очистка лотков от отложений и другие мелкие ремонтные работы.

При обходе и техническом осмотре сети могут быть выявлены несанкционированные присоединения, сброс дренажных вод из теплосетей (что недопустимо), а также возникнуть предположения о происходящей на участках инфильтрации или эксфильтрации воды.

Инфильтрация грунтовых вод наблюдается в неисправных стыках, в местах повреждения стенок труб и колодцев.

Эксфильтрация сточных вод в грунт наблюдается чаще всего на перегруженных участках или при подпоре вследствие засорения труб. О возможности инфильтрации или эксфильтрации судят по яркому изменению расходов воды, проходящей по лоткам соседних колодцев. В первом случае расход заметно увеличивается, во втором – падает. Для подтверждения версии о существующей на участке инфильтрации отбираются пробы воды из соседних колодцев для определения температуры или таких показателей, как содержание взвесей или окисляемость. Из-за разбавления грунтовой водой значения этих показателей изменяются. Заметное повышение температуры воды свидетельствует об инфильтрации горячей воды из теплосети.

На тех участках, где предполагается значительная инфильтрация или эксфильтрация, следует проводить дополнительные обследования: измерение расходов воды, ТВ-диагностику, применять геофизические методы диагностики (см. ниже).

По результатам обследований участок может быть признан аварийным и подлежащим капитальному ремонту.

При необходимости (частые засорения участка) с помощью зеркала и подсветки проверяется прямолинейность прокладки труб между колодцами, а также отсутствие просадок обнаруживается уменьшением сечения труб при их разрушении или закупорке корнями деревьев.

Камеры и колодцы дюкеров и переходов под шоссейными и железными дорогами, по мостам и эстакадам осматриваются один раз в квартал. При этом проверяется состояние запорной арматуры и вантузов, выполняется покраска и мелкий ремонт, осматривается и восстанавливается теплоизоляция.

Засорение дюкеров диагностируется по повышению уровня воды в верховых камерах при одновременном измерении расходов (подтопление может быть так же вызвано увеличением расходов сточных вод). Установлено, что при скоростях более 1 м/с засорение дюкеров не происходит.

Не реже одного раза в два года проверяется техническое состояние железобетонных каналов больших сечений. Обычно они относятся к главным и загородным коллекторам и их отказы имеют особенно тяжелые по-

следствия. Известно, что фактическая средняя продолжительность эксплуатации таких каналов оказывается значительно меньше нормативного назначенного ресурса (50 лет).

До 44 % повреждений конструкций связана с разрушением сводов тоннельных коллекторов. В наибольшей степени разрушаются вентиляционные шахты.

Участки сети, на которых следует ожидать интенсивную газовую коррозию и которые нуждаются в постоянном наблюдении и защите приводятся в табл. 5.1, заимствованной из работы [66].

Участки расположены в местах, где возникают возмущения потока, образуются вихри и повышается турбулентность.

Такие условия благоприятствуют переходу сероводорода из насыщенного раствора в газовую фазу.

Таблица 5.1
Участки, на которых ожидается интенсивная газовая коррозия

Тип препятствий	Протяженность, м	
	вниз по течению	вверх по течению
Сопряжение труб с формированием вихрей: малых умеренных сильных	6,0–7,5 9,0–1,2 15–60	0,6–1,2 1,5–1,8 2,4–3,0
Коленные сопряжения в продольном профиле с изменением уклонов на: 5 % 20 % 40 % 60 %	6,0 7,5 15,0 60,0	0,6 1,2 1,8 3,0
Коленные сопряжения в плане под углом: 12 % 22,5 % 45 % 90 %	1,5 6,0 15,0 30,0	1,2 1,5 1,8 6,0
Кривые радиусом, м: 6,75 13,5 27,0 54,0	12,0 10,5 9,0 7,5	1,8 1,8 1,5 1,2
Вертикальные водосбросы высотой: 1 Д 2 Д 3 Д	150 Д 200 Д 300 Д	10Д 20Д 30Д

Примечание: Д – диаметр трубы, тоннеля

Обследование коллекторов следует производить особенно тщательно. Обход коллектора проводится бригадой не менее чем из семи человек, включая двух технических руководителей. Перед осмотром участок коллектора отключается и проветривается в течение 6–8 ч через открытые люки. Осмотр проводят группа из трех человек, остальные ее страхуют, находясь на поверхности земли. Группа осмотра должна иметь соответствующую экипировку, кислородные противогазы и фонари.

Во время осмотра основное внимание обращают на места газовой коррозии железобетонных конструкций.

Внутренний осмотр коллекторов может проводиться с помощью телеробота.

По результатам обследований определяется потребность в более детальном изучении состояния сооружения.

Для выявления свищей, через которые в коллектор поступают грунтовые воды, пустот в основаниях и в затрубном пространстве, определения границ зон оседания грунта за обделками шахт коллекторов тоннельного типа применяется геофизическая дефектоскопия.

Надзор за состоянием тоннелей. Канализационные тоннели, т. е. каналы щитовой проходки диаметрами 1,2 м и более, прокладываемые на глубине от 3–4 м и до нескольких десятков метров, относятся к объектам первого класса ответственности (назначенные ресурс 100 лет) и нуждаются в особенно тщательном содержании.

Правила технической эксплуатации систем канализационных тоннелей, в качестве критерий условий содержания сооружений принимает меру их ответственности, т. е. допустимость отключения при авариях либо при капитальном ремонте. В соответствии с этим тоннели классифицируются по категориям обеспеченности водоотведения [49].

К первой категории относятся тоннели, для которых отключение недопустимо, так как отсутствует возможность организации временного водоотведения или аварийного сброса воды; ко второй – допускающие отключение отдельных участков или снижение расходов транспортируемой сточной воды; к третьей – допускающие длительные перерывы в работе.

Возможность аварийного разрушения тоннелей рекомендуется оценивать категориями аварийности по сумме баллов, учитывающих агрессивность сточных вод, локальные условия выделения из воды растворенного сероводорода, а так же наличие подземных вод (табл. 5.2) [49].

При сумме баллов более 25 категория аварийности – первая, от 15 до 25 баллов – вторая, меньше 15 – третья.

Тоннели первой категории обеспеченности водоотведения и аварийности обследуются два раза в год, второй категории – ежегодно, третьей категории – один раз в два года. Эти значения могут быть изменены с учетом неблагоприятного качества стоков промышленных предприятий, общего срока эксплуатации коллекторов и их фактического технического состояния.

Таблица 5.2
Факторы аварийности

Показатель	Значение показателя в баллах				
Температура сточной жидкости, °C	5	10	15	20	> 20
Оценка, балл	0	2	4	10	20
Время протекания жидкости в коллекторе, ч	1	3	6	12	24
Оценка, балл	0	1	4	6	15
Окислительно-восстановительный потенциал сточных вод, mV	+ 200	+ 100	0	- 100	- 200
Оценка, балл	0	3	15	3	> 30
Суточная средняя скорость течения сточных вод по коллектору, м/с	1	0,8	0,6	0,4	0,2
Оценка, балл					
По участку со скоростью, м/с:					
0,6	—	—	—	10	15
1	0	1	2	6	10
1,5	0	0	0	2	6
Наличие перепадов различной конструкции:	Оценка, балл				
с водосливом практического профиля	4				
со свободным падением струи	10				
многоступенчатые	10				
быстротоки	5				
трубчатые	3				
Наличие участков с напорным движением	5				
Наличие сточных вод с ХПК ≥ 350 мг/л и содержанием сульфидов > 1 мг/л	5				
Наличие подземных вод:					
неагрессивных	1				
слабоагрессивных	3				
агрессивных	10				

Обследование внутреннего состояния шахт колодцев и буровых скважин для сброса сточных вод из сетей малого заложения проводятся по необходимости, но не реже двух раз в год.

В табл. 5.3 приведена классификация тоннелей по капитальности [49]. Капитальность оценивается по фактическому состоянию тоннеля. Если она не отвечает предъявляемым условиям, необходимы эксплуатационные мероприятия, позволяющие уменьшить воздействие негативных факторов на конструкции тоннеля (меры по ограничению газообразования и газовыделения, ужесточение требований к абонентам, сбрасывающим агрессивные сточные воды и т. д.).

Таблица 5.3

Классификация тоннелей по капитальности

Категория капитальности	Отличительные признаки
I	Все составные конструктивные элементы канализационного тоннеля и сооружений на нем рассчитаны на нормативный срок службы. В течение срока службы возможен локальный текущий ремонт отдельных элементов сооружений. Капитальный ремонт и реконструкция возможны только при нештатных ситуациях (авария, стихийное бедствие).
II	Отдельные конструктивные элементы канализационного тоннеля и сооружений на нем имеют срок службы меньше нормативного. В течение срока службы возможны текущий и капитальный ремонты отдельных участков канализационного тоннеля и сооружений на нем.
III	Конструктивные элементы канализационного тоннеля и сооружений на нем могут иметь срок службы меньше нормативного. В течение срока службы возможны текущий и капитальный ремонты, реконструкция как отдельных участков, так и всего тоннеля в целом с сооружениями на нем.

Техническая диагностика сетей водоотведения. Современная техническая диагностика включает телевизионный осмотр коллекторов и их обследование с использованием геофизических и других технических методов.

Результаты технической диагностики должны содержать как качественную, так и количественную оценку состояния трубопроводов, достаточную для разработки в необходимых случаях способов лечения дефектных участков.

Технология ТВ-диагностики включает перемещение телевизионной камеры с подсветкой внутри трубы или канала, передачу получаемых изображений и их запись видеомагнитофоном с выводом на монитор. Кроме того, информация вводится в компьютер, записывается, а затем по необходимости может быть воспроизведена. Счетчик расстояния позволяет установить места зафиксированных неисправностей.

Обычно объектами ТВ-диагностики являются наиболее ответственные участки сетей, а также коллекторы, нуждающиеся в ремонте. Перед диагностикой участок сети прочищается.

В зависимости от уровня требований, предъявляемых к результатам ТВ-диагностики, она может быть автоматизированной, полуавтоматизированной и механической.

Автоматическая ТВ-диагностика проводится телекамерой-роботом, который управляет с пульта на расстоянии до 400 м и имеет большое число степеней свободы для объектива. В результате представляется возможным провести осмотр свода, стен и лотка коллектора.

При полуавтоматической диагностике у камеры меньший обзор и получаемая информация оказывается более скучной, чем в первом случае.

Как при автоматической, так и при полуавтоматической диагностике телекамера монтируется на платформе с колесным ходом (на так называемом транспортере).

В случае механической диагностики камера протягивается по трубе вручную или лебедкой, жестко закреплена на салазках, имеет ограниченный обзор (см. рис. 4.21).

Перед автоматической диагностикой обследуемый участок опорожняется, либо ограничивается степень его заполнения водой (на 30–50 % и менее).

ТВ-диагностику проводят группа не менее, чем из двух операторов, имеющих специальную подготовку и сертификацию.

Как отмечается в Рекомендациях [54], эффективность ТВ-диагностики зависит от качества очистки внутренней поверхности труб и каналов, освещенности и положения объектива телекамеры внутри обследуемого участка.

Определенные технические сложности выполнения ТВ-диагностики требуют обоснований в каждом случае ее применения [55].

Количественная оценка состояния труб и каналов, основанная на инструментальных измерениях, может быть получена геофизическими методами обследования.

Электрокаротаж и термокаротаж позволяют с большой точностью определить места повреждений трубопроводов и их стыков, точек инфильтрации, объективно оценить состояние оснований.

Размеры повреждений устанавливаются кавернометрией, способом, при котором используется специальный перемещаемый снаряд, оборудованный рычагами, прижатыми к внутренним стенкам труб или каналов [59].

Результаты диагностики сети и сетевых сооружений используются для планирования ремонтных работ, в том числе и внеочередных.

5.5. Профилактические работы

К профилактическим ремонтным работам относятся: очистка лотков колодцев от песка и мусора; очистка крышек колодцев от снега или земли; закрепление крышек и исправление люков; ликвидация просадок поверхности земли у колодцев и устранение условий поступления в колодцы дождевых и талых вод и другие мелкие ремонтные работы. Часть работ выполняется при обходе и осмотре сети.

К сезонным работам относят восстановление поврежденной теплоизоляции труб мелкого заложения или надземной прокладки, закрепление крышек колодцев, расположенных на затапливаемой при наводнениях территории.

Профилактическими являются мероприятия по уменьшению загазованности сети и газовой коррозии.

Для перевода сероводорода в нерастворимую серу производится обработка воды окислителями, увеличивающими окислительно-восстановительный потенциал и мощность rH_2 редокс-системы. Одновременно оказывается угнетающее влияние на анаэробные микроорганизмы-восстановители [69].

В качестве окислителя преимущественно используется кислород воздуха. С этой целью вода аэрируется, например, в приемных резервуарах насосных станций.

Имеет положительный опыт обработки воды раствором пероксида водорода, технология применения которого достаточно простая, а продукты реакции с разнообразными примесями сточной воды не более опасны, чем исходные примеси.

Ориентировочно на 1 мг окисляемого сероводорода требуется 1,5–2,5 мг пероксида, но это значение всегда необходимо уточнять экспериментально.

Сероводород окисляется активным хлором, но существует опасность одновременного образования хлорорганических соединений (хлороформ и другие).

Обработка воды окислителями дает только временный эффект и нуждается в регулярном повторении.

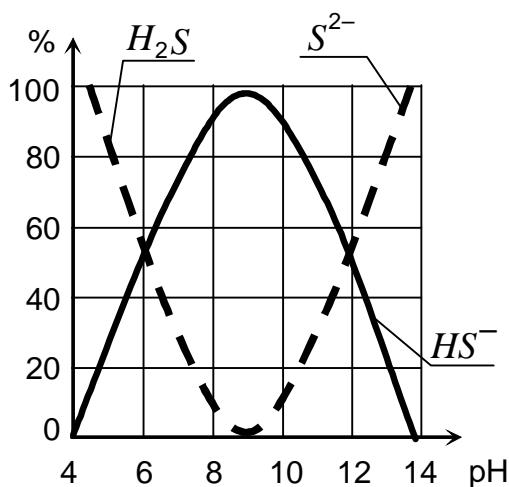


Рис. 5.2. Формы соединений серы в зависимости от pH

Диссоциация сероводорода зависит от значения водородного показателя. При $pH > 9$ сероводород диссоциирует и переходит в форму анионов (рис. 5.2).

На этом основан метод борьбы с газоизделиями путем подщелачивания воды едким натром или кальцинированной содой. При временном повышении pH до 12–13 анаэробы-восстановители испытывают шоковое «ударное» воздействие, что позволяет проводить щелочную обработку с перерывами. Например, после 3–4 суток обработки делается перерыв на несколько суток. Разумеется, режим обработки и оптимизация значений pH должны уточняться экспериментальным путем.

5.6. Ремонт сетей водоотведения

Ремонтные работы включают прочистку сетей, ликвидацию локальных повреждений трубопроводов, каналов и колодцев, санацию участков, находящихся в изношенном, ветхом состоянии.

Пониженная ремонтопригодность и неблагоприятные санитарно-гигиенические условия проведения диагностики и ремонтов сетей водоот-

ведения предопределяют целесообразность максимальной механизации этих работ, включая использование роботехники.

5.6.1. Прочистка сетей водоотведения

Планирование работ. Прочистка относится к планово-профилактическому обслуживанию и ремонту. Она должна проводиться регулярно, так как засорение большей части участков сети носит закономерный и постоянный характер.

Опыт показывает, что наиболее часто засоряются трубы малых диаметров (150–200 мм.), т. е. те, из которых построены дворовые, внутриквартальные и частично уличные коллекторы. Статистика свидетельствует, что сети диаметром 150 мм засоряются в несколько раз чаще, чем диаметром 250 мм.

Усиленное выделение осадков наблюдается в местах, где происходит уменьшение транспортирующей способности потока.

Профессор Н.Д. Доброхотов отмечал, что такое снижение возникает при изменении наполнения труб, при ударе струй из боковых присоединений в основную струю сверху или сбоку, при образовании в местах слияния потоков встречных течений, подпоров и отжимов основной струей боковых струй воды, при поворотах труб диаметрами до 400–500 мм – более 900, а при больших диаметрах – более 600.

Разрушенные или неправильно выполненные сопрягающие лотки в колодцах часто оказываются причинами засорения труб. В колодцах накапливаются осадки, которые вызывают подпор воды, а при продавливании в трубу – ее закупорку [75].

Изучение сети и опыта ее эксплуатации позволяет обосновано классифицировать участки сети по опасности образования в них отложений. Пример такой условной классификации приведен в табл. 5.4. Наиболее опасны в отношении образования отложений участки 4 и 3 категорий. Эти участки должны прочищаться особенно часто.

Таблица 5.4
Примерная классификация и категории участков
по степени опасности образования отложений

Техническая характеристика участка	Степень наполнения h/d при максимальном водоотведении			
	Более 0,25	Менее 0,25	Подпор с низовой стороны	Подпор с верховой стороны
Уклон труб больше минимального	1	2	3	1
Уклон труб меньше минимального	2	3	4	1
Уклоны труб нулевые, контр уклон, просадка труб	3	4	4	2

В среднем частота прочистки труб составляет от 1 до 4–5 в год на 1 км, что зависит от рельефа и других конкретных условий. Считается, что к моменту прочистки толщина слоя осадка не должна превышать 20–30 % от диаметра труб.

В соответствии с изложенным и составляется график прочистки сетей водоотведения с определением сроков выполнения работ для конкретных участков.

Выполнение работ по прочистке. Прочистка проводится по отдельным бассейнам канализования, начиная с верховых и боковых участков, примыкающих к уличным коллекторам.

Удаляемые осадки не должны попадать в нижерасположенные участки. Осадки стараются задержать в нижнем колодце очищаемого участка и удалить их оттуда.

Способы прочистки зависят от диаметров труб и от характера осадков. Наиболее сложно удалять песок.

Процесс прочистки трудоемок и неблагоприятен по санитарно-гигиеническим соображениям. Поэтому разработаны многочисленные конструкции механизмов, позволяющих в значительной мере облегчить труд рабочих.

Сети диаметрами 100–200 мм (выпуски из зданий, дворовые и внутриквартальные сети) промываются (гидравлический способ).

Если в сточной воде промываемых участков содержится относительно малое количество песка, а осадки имеют рыхлую структуру, промывка происходит при скоростях 3–5 м/с и менее.

Для промывки используют сточную воду или воду, подаваемую поливочными машинами, либо отбираемую из водопроводной сети при помощи пожарных гидрантов.

В первом случае в колодце, расположенном в верхней точке промываемого участка, накапливают сточную воду. Для этого выход из колодца закрывается пробкой. Когда пробка извлекается, вода с большой скоростью поступает в трубы и промывает их. Такая операция должна повторяться несколько

раз до получения удовлетворительного результата. Подобным способом можно промыть участок сети длиной до 150–200 м. Для задержания мусора, вымываемого при промывке, в колодцах ставят съемные решетки или вилы.

Иногда в нижних по течению колодцах на время промывки устанавливают колена, что позволяет задерживать осадки, вымываемые из вышерасположенного участка (рис. 5.3).

Изложенный метод используется с учетом того условия, что при накоплении воды в колодце не произойдет подтопления санитарных приборов в подвалах, и не возникнет экспансионной воды из подтопленных труб.

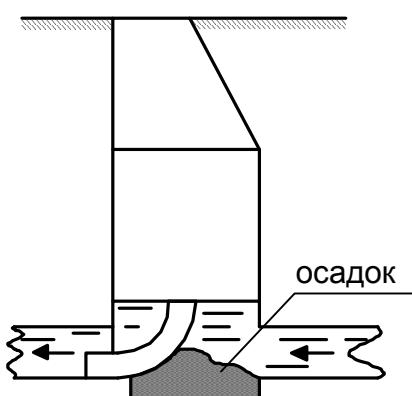


Рис. 5.3. Схема установки колена при гидравлической промывке

Механическая прочистка производится при помощи шаров, цилиндров, дисков, которые протягиваются по трубам лебедками, установленными по концам участка. В ряде случаев применяют специальные снаряды: для рыхления слежавшихся осадков, удаления камней и крупных комьев, для срезки проникших через стыки корней деревьев.

Машина для механической очистки сетей ДКТ-201, смонтированная на шасси автомобиля, снабжена лебедкой с тяговым усилием до 1500 кгс и барабаном для троса (каната) длиной 126 м. Машина оборудована поворотным консольным краном грузоподъемностью 500 кг для извлечения из колодца ковша с мусором и осадком.

Вариантом механической является гидромеханическая прочистка, при которой снаряд перемещается по трубе под действием гидростатического давления воды, создающей перед ним подпор. Вода проходит через зазоры между снарядом и стенкой трубы, с большой скоростью (до 10 м/с и более), что достаточно для размыва и вымыва осадков.

Снаряд удерживается тросом, присоединенным к лебедке, размещенной в верховом колодце участка.

При диаметре труб 1000 мм и более применяется смонтированный на тележке щит, закрывающий трубу на 2/3 ее высоты. В верхней и нижней части щита выполняются вырезы, представляющие собой водосливы для пропуска сточной воды.

Водосливы оборудованы подвижными затворами. Снаряд перемещается со скоростью 50–150 м/сут под действием гидростатического давления, создаваемого подпором воды. Непрерывное наблюдение за снарядом не требуется [13].

Дюкеры прочищаются при помощи резиновых шаров, закрепленных тросами к двум лебедкам у входной и выходной камер. Предварительно по дюкеру пропускается поплавок с леской для протягивания троса. Если шар застрянет, то его (шар) разрывают. Иногда прочистка достигается при пропуске через дюкер ледяного шара.

Гидродинамический метод заключается в использовании насадок. Струи воды, поступают из насадок под напорами, достаточными для размыва и выноса отложений, в том числе и хорошо уплотненных (рис. 5.4). Прочистка труб этим методом эффективна, она обеспечивает удаление крупных и уплотненных грязевых образований.

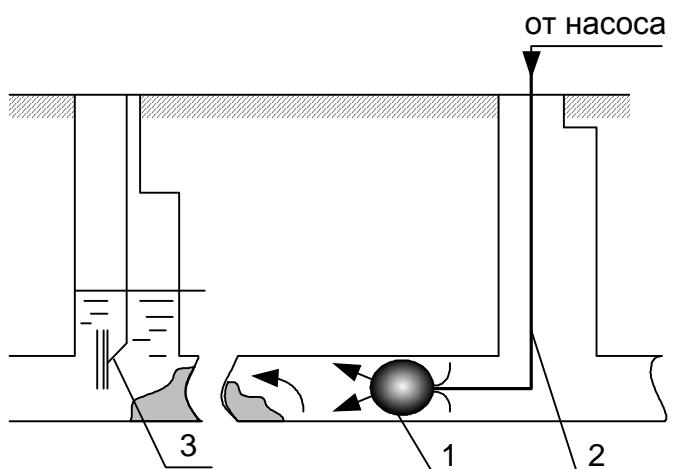


Рис. 5.4. Схема гидродинамической промывки: 1 – реактивный насадок; 2 – шланг; 3 – пробка

Вместе с тем под воздействием струй может происходить разрушение ветхих труб.

Машины для гидродинамической прочистки (каналомоечные машины) делятся на промывочные и комбинированные. Первые применяются только для промывки сети. Удаляемые из промываемого участка осадки задерживаются в низовом колодце специальным ковшом и вывозятся автотранспортом. Комбинированные машины помимо промывки обеспечивают откачу удалаемых осадков.

Каналомоечные машины применяются для очистки сетей диаметрами 150–800 мм.

Машины смонтированы на базе автомобилей. В комплект входят: высоконапорные и вакуум-насосы; цистерны для чистой воды и для осадков; высоконапорные шланги; навесное оборудование (насадки).

Некоторые характеристики каналомоечных машин приведены в табл. 5.5.

Таблица 5.5
Некоторые характеристики машин
для гидродинамической промывки [54]

Тип оборудования	Давление, атм	Расход промывной воды, л/мин	Длина шланга основного и вспомогательного оборудования, м	Длина насосного шланга, м	Объем всасываемого воздуха при 90 % вакуума, м ³ /ч
Переносное	130–160	8–12	20/30		
То же, на базе легкового автомобиля	100–160	20–80	60/50		
Встроенное на базе автомобиля грузоподъемностью до 3 т	100–180	50–120	80/50		
Стационарное высоконапорное на базе автомобиля с грузоподъемностью до 18 т	100–170	180–330	120/60		
Стационарное высоконапорное на базе автомобиля с грузоподъемностью до 18 т	120–170	360–600	120–180/60		
Напорно-всасывающее на базе автомобиля с грузоподъемностью до 18 т	100–170	180–330	120/60	16 – 30	1200
Напорно-всасывающее на базе автомобиля с грузоподъемностью до 18 т	120 – 170	360 – 600	120-180/60	16-30	1200 – 4000

Для контроля за процессом промывки целесообразно использовать методы ТВ-диагностики. С этой целью вместе с насадкой монтируется беспроводная телекамера, причем для обеспечения необходимого тягового усилия расход воды из насадки должен быть не менее 160 л/с.

Насадки, в зависимости от назначения, относятся к четырем видам: для очистки всей внутренней поверхности коллектора (универсальные); для удаления донных отложений; для очистки длинных участков и устранения закупорок; для очистки от жиров и твердых отложений, обрезки корней деревьев; для взмучивания осадка (если его слой превышает 30 % от диаметра труб); для подготовки участка к санации и ТВ-диагностике (рис. 5.5).

Насадки назначаются исходя из конкретных условий промывки. Технические характеристики насадок зависят от количества жиклеров (струйных отверстий), их диаметра и угла выброса струй относительно корпуса (5–50 градусов).

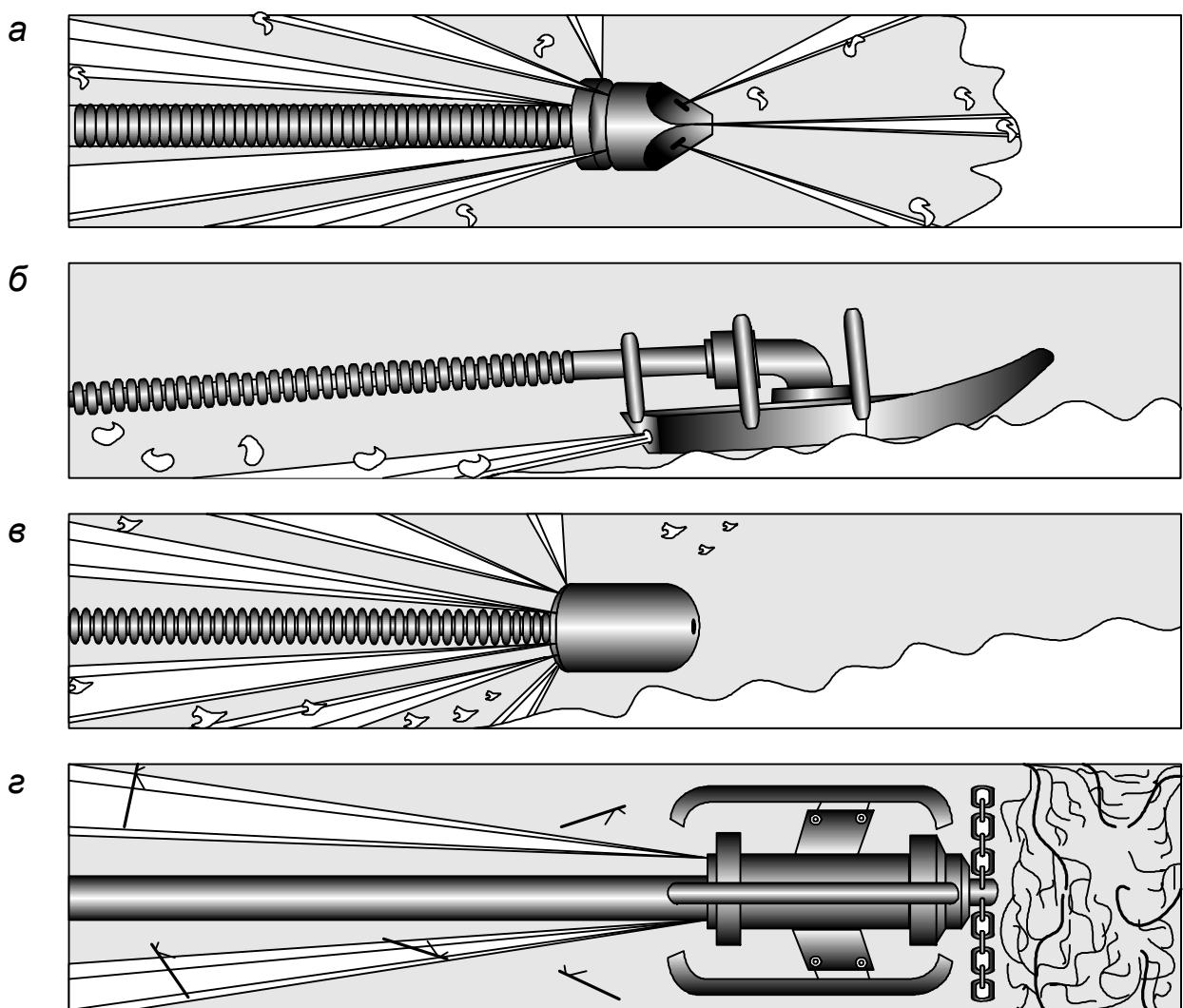


Рис. 5.5. Пример работы насадок: **а** – насадка для устранения закупорок сети; **б** – насадка для очистки донных отложений; **в** – универсальная насадка; **г** – насадка для обрезки корней деревьев

Для увеличения реактивной силы, под действием которой насадка и шланг перемещаются по промываемому участку, применяют насадки с меньшим количеством жиклеров, но большего диаметра. Для повышения ударной силы струи следует увеличить количество жиклеров и уменьшить их диаметр.

В Рекомендациях [54] для промывки труб малых диаметров (до 250 мм) рекомендуются насадки с 6 жиклерами, для труб диаметрами 250–400 мм – 8, – до 600 мм – 10, а при больших диаметрах – 12. Диаметры струйных отверстий находятся в пределах 1,5–2,5 мм.

Отечественные каналомоечные машины оборудуются насадками с дистанционным управлением водяными струями. Вода подается высоконапорным насосом под давлением от 40 до 120 атм через 10 передних жиклеров диаметрами 1,5 мм и 10 задних диаметрами 1,7 мм, а также через переднее сопло. При истечении воды из последнего возникает реактивная сила, необходимая для перемещения насадка по трубе. Расход воды составляет не более 7 л/с. Длина рукава высокого давления, которым оборудуется насадок, составляет 200 м. Для удаления вымытого осадка и мусора, в конце промываемого участка размещается ковш-контейнер, который затем извлекается при помощи навесного оборудования каналомоечной машины.

Выход из колодца в конце прочищаемого участка может закрываться пробкой. Тогда осадок накапливается в колодце и откачивается илососной машиной, смонтированной на шасси грузового автомобиля.

Вакуум-насос хорошо удаляет в шламовый отсек цистерны машины только легкоподвижный осадок. Откачка уплотнившегося осадка или песка, особенно в системах общесплавной или полураздельной канализации, требует взмучивания грейферным рыхлителем.

В качестве илососа применим эжекторный насос ДКТ-220, создающий напор до 40 м при производительности до 2000 л/мин. Для работы эжекторного насоса необходима подача чистой воды (рабочая среда) высоконапорным насосом, которым оборудованы как каналомоечная, так и илососная машина. В последнем случае вода забирается из отсека чистой воды цистерны илососа.

Каналомоечная машина «Мастер воды» (Германия) предназначена для гидродинамической промывки по бессточной схеме. Чистый отсек цистерны, смонтированный на шасси автомобиля, заполняется водой. Высоконапорный насос подает чистую воду в насадку реактивного действия, а загрязненная вода поступает в низовой колодец промываемого участка, откачивается в шламовый отсек машины, проходит четырехступенчатую механическую очистку и возвращается в отсек чистой воды для повторного использования. Однократное заполнение отсека чистой воды достаточно для работы машины в течение смены [30].

Гидродинамическая очистка канализационных выпусков и участков сети малых диаметров (50–100 мм) производится с помощью переносных установок на колесном ходу, укомплектованных высоконапорным насосом,

создающим давление до 130–170 атм при подаче 12–13 л/мин. Вода для промывки забирается из водопроводной сети при условии, что напор в месте присоединения к водопроводу составляет не менее 20 м.

Гидродинамическая очистка канализационных сетей выполняется бригадой из трех человек. Водитель-оператор управляет высоконапорным шлангом и навесным оборудованием, следит за его состоянием и за правильностью укладки шланга при намотке на барабан. Другие операторы выполняют регламентные работы, находясь у колодцев в начале и в конце промываемого участка [54].

5.6.2. Планово-предупредительный ремонт

Планово-предупредительный ремонт (ППР) проводится с периодичностью, указанной в [3] и с учетом результатов диагностики сетей.

Текущий ремонт не требует длительного отключения абонентов. Помимо части работ по прочистке труб к ППР относится ликвидация свищев в стенах колодцев, восстановление разрушенных лотков, заделка зазоров в местах входа труб в колодцы, замена скоб, люков, регулировка высотного положения крышек.

Капитальный ремонт связан с длительным отключением участков сети, в связи с чем возникает необходимость в организации временного водоотводения.

Капитальный ремонт осуществляется по утвержденному проекту производства работ, согласованному с муниципальными органами и всеми заинтересованными организациями. Сроки ремонта определяются диспетчерской службой.

К капитальному ремонту относятся рассмотренные выше случаи прочистки сетей, восстановление или частичная замена поврежденных труб и элементов сборных коллекторов и колодцев, санация труб, замена запорной арматуры или ее изношенных деталей.

В капитальном ремонте нуждаются участки сети с негерметичным стыками, с повреждениями труб (трещины, проломы), участки, на которых из-за деформации оснований нарушены проектные уклоны, возникли контруклионы, произошло смещение отдельных звеньев труб.

Повреждения труб нередко связаны с истиранием лотков песком (это в первую очередь относится к асбестоцементным трубам), переломами из-за неравномерных осадок грунта или из-за оставшихся под трубами камней и кирпичей.

Прочистка труб или устранение засоров также нередко является невольной причиной их повреждений и разрушения.

Необходимость в капитальном ремонте иногда связана с исправлением ошибок, допущенных при строительстве (неправильное стыкование труб, уменьшение сечения лотков в колодцах сравнительно с диаметрами прилегающих труб и других).

Важной задачей является обоснование необходимости в приоритетном ремонте участков, находящихся в предаварийном и аварийном состояниях. В [56] предложена методика рейтинговой аттестации технического состояния участков сети, что позволяет с достаточной объективностью оценивать ситуацию по нормативному признаку – значению рейтингового балла.

Наиболее характерные дефекты классифицированы по видам (негерметичность стыков, просадки труб, прорастание корней деревьев и т. д.) и для каждого вида дефектов указаны рейтинговые значения коэффициентов. Например при смещении стыка по горизонтали до 50 мм коэффициент равен 5, до 100 мм – 10, более 100 мм – 100. Если суммарный рейтинговый коэффициент на участке, полученный суммированием коэффициентов для всех обнаруженных дефектов, составляет, например 20 и менее, аттестационный балл принимается равным единице, а дефекты признаются малоизначительными и не влияющими на нормальную эксплуатацию сети. Если рейтинговый коэффициент равен 60–80, а аттестационный балл – 4, участок признается находящимся в предаварийном состоянии, а при 80–100 (аттестационный балл 5) – в аварийном состоянии.

Необходимый для использования этой методики объем информации дает главным образом ТВ-диагностика.

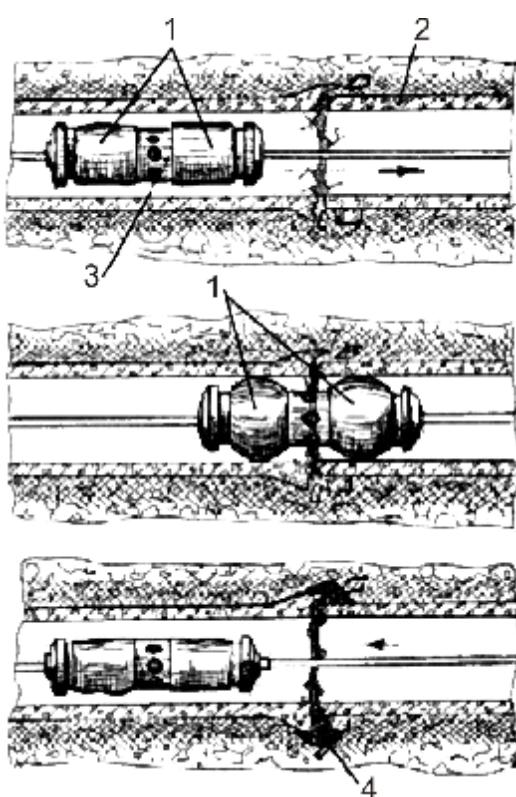


Рис. 5.6. Метод «Пенетрин» для ремонта локальных повреждений трубопроводов: 1 – пневматические заглушки; 2 – ремонтируемый трубопровод; 3 – система отверстий; 4 – герметизирующие пробки

Открытый способ ведения работ при капитальном ремонте в городских условиях не всегда возможен. В этих случаях применяют закрытые (бестраншейные) способы и используется роботехника.

Для ликвидации сквозных отверстий в стенках труб пригодна технология компании «Кьюз». В месте повреждения устанавливается пакер и производится вспрыскивание под давлением специального быстротвердеющего раствора, который проходит через трещины в стенках трубы, пропитывает грунт и образует вокруг трещин водонепроницаемый «воротник».

По технологии фирмы «Jnsituform» для ремонта локальных повреждений применяется пакер, состоящий из двух пневматических заглушек и расположенного между ними патрубка имеющего перфорацию для заполнения места повреждения полимеризующейся композиционной смесью.

На рис. 5.6 приводится иллюстрация к методу «Пенетрин», предназначенному для восстановления заделки стыкового

соединения трубы, поврежденного в результате просадки грунта [38]. После телевизионного обследования и определения места повреждения и очистки трубы к стыку подводится пакер, участок изолируется пневматическими пробками, герметизирующая композиция под давлением поступает через перфорированный патрубок и заполняет неплотности стыка, а также небольшой участок грунта. Композиция в течение 30 с полимеризуется даже в воде. Затем в пневматических пробках сбрасывается давление и пакер удаляется.

На рис. 5.7 приводится схема восстановления разрушенной трубы в результате просадки грунта с уменьшением площади живого сечения. В месте повреждения размещается специальный гидравлический пресс («geraunder»), распирающее усилие которого позволяет восстановить первоначальные размеры трубы.

На месте разрушенного участка устанавливается стальная разъемная царга (патрубок). На втором этапе ремонта по царге наносится новое композиционное покрытие. Для этого к ремонтируемому участку подводится компактная заготовка, состоящая из защитного чехла, ремонтного покрытия и перфорированного патрубка (рис. 5.8).

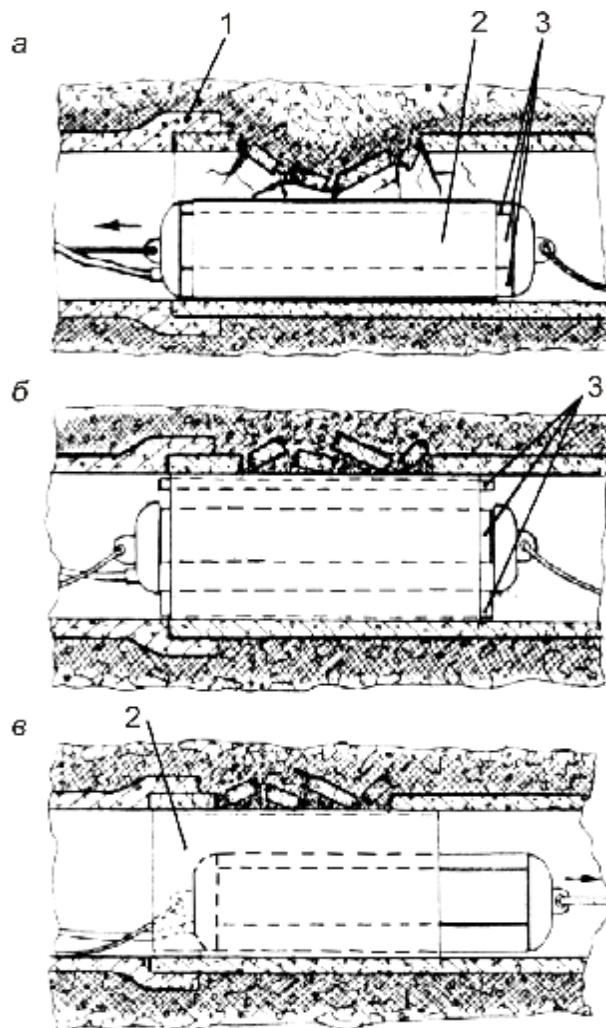


Рис. 5.7. Метод фирмы «Insituform» для ремонта трубопроводов с помощью гидравлического пресса: а – исходное положение; б – рабочее состояние; в – технологическая схема восстановления проходного сечения трубопровода; 1 – ремонтируемый трубопровод; 2 – стальная разъемная царга; 3 – гидравлический пресс

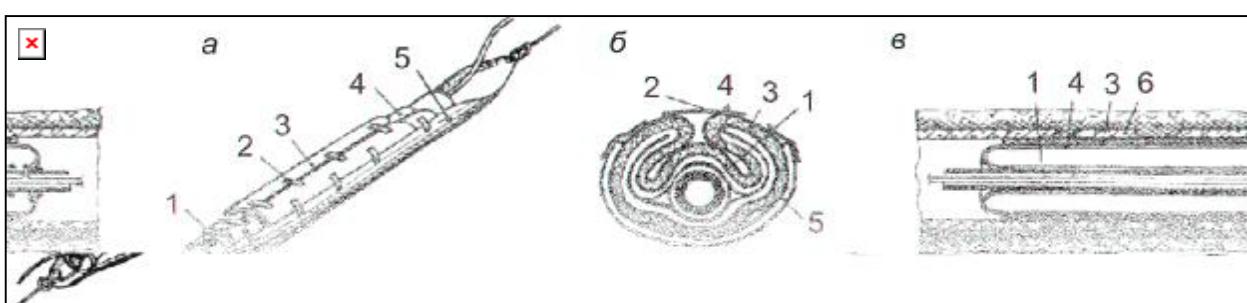


Рис. 5.8. Метод фирмы «Insituform» для ремонта трубопроводов: а, б – компактная заготовка; в – формование ремонтного композитного покрытия; 1 – полый стержень; 2 – липкие перемычки-фиксаторы; 3 – ремонтное покрытие; 4 – эластичная оболочка; 5 – защитный чехол; 6 – ремонтируемый трубопровод

Защитный чехол удерживается липкими перемычками. В патрубок подается теплоноситель (пар, горячая вода), перемычки разрываются, что позволяет извлечь чехол. Под давлением теплоносителя заготовка прижимается к внутренней поверхности трубы и затем полимеризуется.

5.6.3. Восстановление сетей водоотведения бестраншейными методами (санация)

Необходимость капитальных ремонтов с целью массового восстановления сетей водоотведения так же актуальна, как и водопроводных. Значительная часть водоотводящих сетей России почти выработала свой ресурс, изношена и находится в предаварийном состоянии. Так, в системе водоотведения Хабаровска средний износ стальных труб 81 %, чугунных – 48 %, железобетонных – 147 %, керамических – 64 %, асбокементных – 57 % (данные на конец 1997 г.).

Как следует из табл. 4.3, для санации канализационных труб применимы все методы.

Имеющаяся статистика показывает, что санация трубопроводов чаще всего проводится методом протяжки (в 70–80 % случаев).

Условия санации водоотводящих труб облегчены по сравнению с водопроводными. Это объясняется тем, что требования к прочностным характеристикам внутреннего покрытия самотечных линий оказываются более мягкими, а длина участков санирования, ограниченная расстоянием между сетевыми колодцами, в основном невелика (табл. 5.6). Это позволяет отказаться от устройства промежуточных котлованов в процессе производства работ. Заметим, что ограничения по токсичности полимерных связующих при санации канализационных труб не так строги.

Таблица 5.6
Максимальные расстояния между колодцами

Диаметр труб, мм	150	200–450	500–600	700–900	1000–1400	до 2000	Более 2000
Максимальное расстояние, м	35	50	75	100	150	200	250–300

При санировании методом гибкого комбинированного рукава (чулка) размещение рукавной заготовки при диаметре труб до 400 мм может осуществляться способом протягивания (рис. 5.9). При больших диаметрах и при расстояниях между колодцами до 75 м и более используется описанный в разд. 4 способ выверта. Рукавные заготовки для санации канализационных труб готовятся с использованием синтетического войлока и менее жестки, чем изготовленные с применением стеклоткани. Поэтому выверт может производиться лебедкой при помощи гибкого элемента (троса), а также пневмовыверт или гидровыверт (с применением силы гидростатиче-

ского давления). Для выверта достаточно гидростатическое давление 5–7 м вод. ст. при длине рукавной заготовки до 300 м. Такое давление создается за счет геодезической разности отметок верха эстакады, к которой крепится один из концов комбинированного рукава, и верха санируемой трубы.

К методу чулка относится английская технология «Инситуформ», применяемая для санации труб диаметрами от 100 до 2000 мм [35]. Синтетический «чулок» после пропитки полизестровой смолой вводится в защищаемую трубу под гидростатическим давлением. Затем заполненный водой «чулок» длиной до 300 м присоединяется к водонагревателю и вода нагревается до 80–90 °С. При этой температуре в течение 12–24 ч, что зависит от длины и диаметра, прижатый к внутренней поверхности трубы «чулок» полимеризуется. Следующим этапом является вырезание «чулка» в лотковой части колодцев и телевизионный контроль за качеством работы.

Достоинство метода в простоте выполнения работ и в скорости процесса санации.

Для санации методом протяжки труб, помимо рассмотренного в разд. 4 метода U-Liner, хорошо зарекомендовал себя метод «Упонор».

Как и в других случаях санации канализационных труб, при использовании метода «Упонор» производится предварительная прочистка с последующим осмотром внутренней поверхности труб телекамерой.

Затем в восстанавливаемые трубы вводятся и свариваются фирменные полиэтиленовые трубы «Флексорен». Они имеют внутреннюю гладкую и внешнюю гофрированную поверхности 3 (рис. 5.10). Перед сваркой труб, длина которых составляет 10 м, концы труб торцуют специальным резаком и укладываются в кондуктор. Внутрь соединяемых труб вставляют эластичную пробку, которая надувается и принимает форму трубы, что обес-

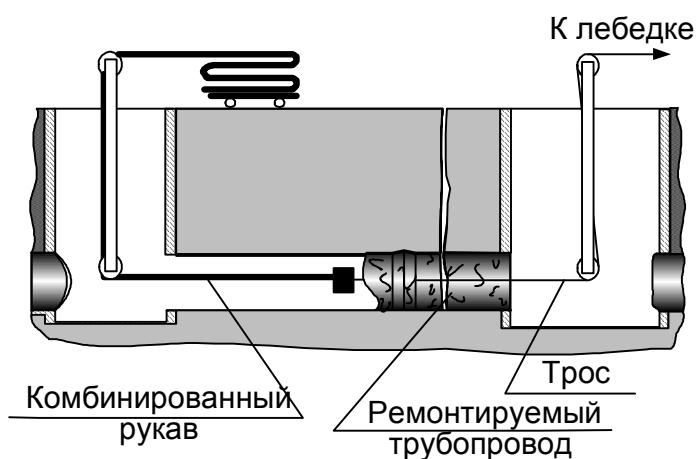


Рис. 5.9. Ремонт трубопровода способом размещения комбинированного рукава методом «протягивания»

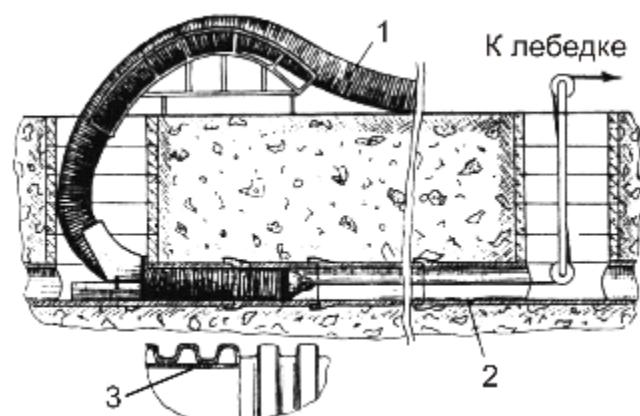


Рис. 5.10. Ремонт трубопровода методом «Упонор»: 1 – полимерная труба «Флексорен»; 2 – ремонтируемый трубопровод; 3 – внутренняя гладкая и внешняя гофрированная поверхность

печивает гладкость свариваемого стыка. Между двумя соединяемыми трубами размещают сварочное синтетическое кольцо, в которое встроен нагревательный элемент. При подаче электрического тока сварочное кольцо расплывается и трубы свариваются. По мере сварки трубы «Флексорен» протаскивают в санируемую трубы лебедкой (рис. 5.10).

В табл. 5.7 приводятся характеристики метода. Как следует из таблицы, метод соответствует условиям санации водоотводящих труб.

Производительность установки, работающей по способу «Упонор», составляет 150–200 м в смену.

Достоинство способа – большая производительность и простота исполнения, а недостаток – уменьшение площади живого сечения на 20–30 %

Таблица 5.7
Некоторые характеристики метода «Упонор»

Диаметр трубы, мм	Минимальный радиус прокладки, м	Вес трубы длиной 10 м, кг	Усилие протяжки, кг	Максимальная длина санируемого участка, м
117	0,3	от 8 до 10	200	300
175	0,5	20	400	270
200	0,6	30	500	270
270	0,8	40	800	280

В [34] приводится описание метода санации канализационных труб «Expana-Pipe» (рис. 5.11). Метод применим для широкого диапазона диаметров труб (от 200 до 1200), позволяя санировать трубы длиной до 200 м и заключается в том, что при помощи специальной намоточной машины с использованием синтетической ленты определенного профиля образуется «намоточная» труба, которая вдвигается в защищаемый трубопровод.

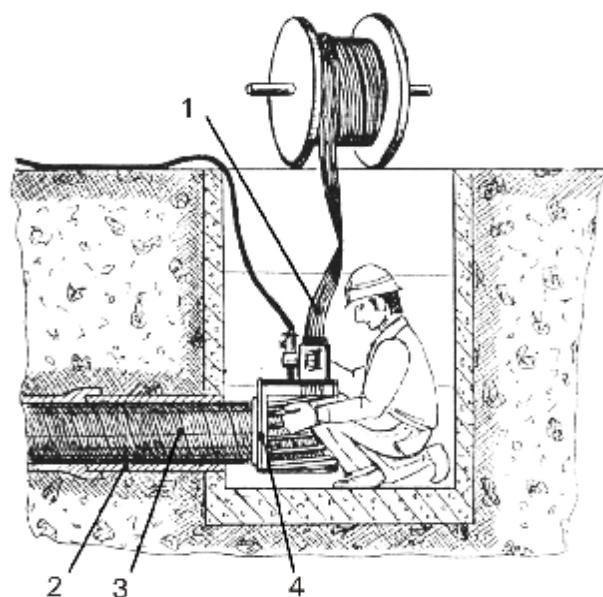


Рис. 5.11. Ремонт трубопровода методом намотанной трубы: 1 – полимерная профильная лента; 2 – ремонтируемая труба; 3 – новая намотанная труба; 4 – намоточная машина

Достоинство метода – в простоте выполнения работ, недостаток – в уменьшении площади живого сечения труб на 20–30 %.

Для санации коллекторов, форма поперечного сечения которых отличается от круглой, применяется метод облицовки внутренней поверхности стеклопластиком, по английской технологии «Ченнелайн» [35]. После предварительной очистки и осмотра коллек-

тора составляются чертежи элементов внутренней футеровки, которые изготавливаются в заводских условиях. Затем эти элементы устанавливаются на свои места, а зазоры между ними и поверхностью коллектора заполняются цементно-песчаным раствором (рис. 5.12). Метод позволяет достаточно быстро выполнять санацию, что особенно важно, так как большие коллекторы предназначены для транспортировки основных потоков сточной воды и не допускают длительных отключений. Метод «Ченелайн» был успешно применен для санации 6 км, кирпичных коллекторов прямоугольного сечения размером $1,2 \times 1,8$ м постройки 1890–1930 гг. по Невскому проспекту С.-Петербурга. Все работы были выполнены за 20 месяцев.

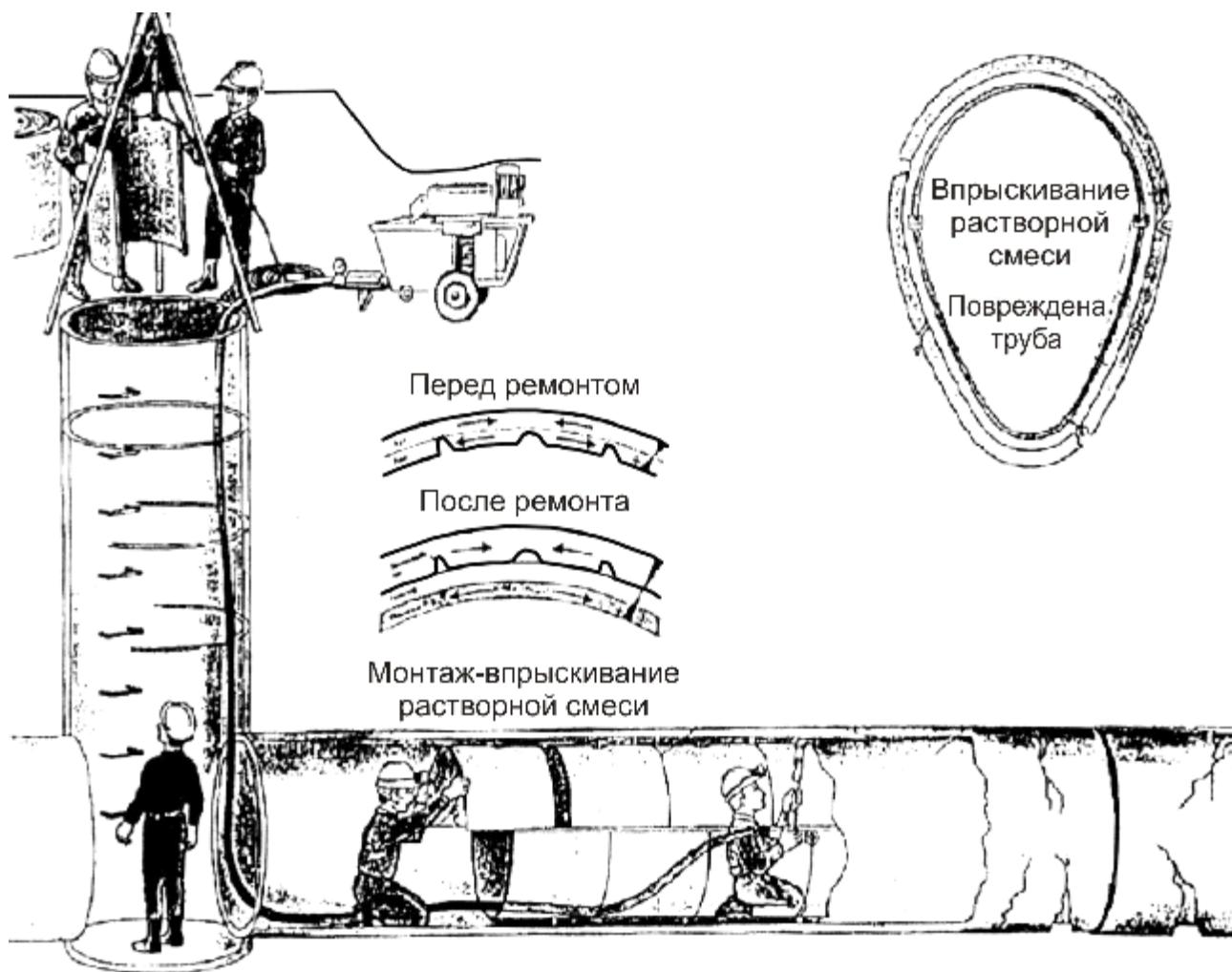


Рис. 5.12. Технологическая схема ремонта коллектора методом «Ченелайн»

Аналогичным методом восстанавливались повреждения газовой коррозией в конструкциях железобетонных колодцев на коллекторах глубокого заложения в г. Харькове. Блоки, облицованные профилированным полиэтиленом, монтировались на стенах колодцев, зазоры замоноличивались, листы полиэтилена сваривались.

5.6.4. Аварийно-восстановительные работы

Аварии на сети возникают вследствие образования засоров или при разрушении труб, сборных или монолитных коллекторов.

Нарушение водоотведения приводит к подтоплению и изливу воды на поверхность.

Полные или частичные засорения, нарушающие нормальную эксплуатации сети, подлежат немедленному устраниению.

Согласно п. 3.2.44 Правил [37] в случаях возникновения аварий «необходимо принять срочные меры для обеспечения:

а) отвода поступающих сточных вод перекачкой в обход поврежденного участка или через аварийный выпуск с уведомлением населения и местных органов Госсанэпиднадзора, а при сбросе в водоем также управления по использованию и охране водного фонда;

б) отключения поврежденного участка, а также сети подвальных помещений зданий, находящихся под угрозой подтопления, путем перекрытия задвижек или установки пробок».

Аварийные работы выполняются персоналом службы сети или специальными бригадами, находящимися в распоряжении диспетчерской службы.

Образование засоров указывает на недостаточный контроль за состоянием сети водоотведения. Засоры формируются постепенно и их образование должно быть предупреждено профилактической прочисткой труб. Такие аварии характерны для сетей малых диаметров (обычно менее 500–600 мм) и ликвидируются за несколько часов.

В зависимости от конкретных условий засоры удаляются механическим разрушением, давлением воды, создаваемым ниже места засора, либо размывом струями воды, подаваемыми под большим давлением.

Перед началом разрушения засора необходимо очистить затопленные колодцы от мусора, во избежание вторичного засорения.

Гибкий вал (спираль) применяется при механическом разрушении засоров в трубах малого диаметра (до 300 мм). Спирали для ручной очистки ДКТ-20 имеют длины от 5 до 45 м и наконечники диаметрами от 13 до 34 мм. Спирали вводятся в колодец посредством направляющей изогнутой трубы. Следует заметить, что этим способом устраняется большая часть засоров на сети.

Особенно прочные засоры, которые не удается разрушить другими способами, удаляются при помощи штанг. Штанги выполняются из труб диаметрами до 25 мм длиной 0,7–0,9 м и имеют по концам нарезку. На первую штангу, вводимую в трубу, привинчивается наконечник в виде пики, бурава, шара, кольца, что зависит от предполагаемого характера засора. По мере продвижения штанги в трубе наращиваются новые звенья. Когда продвижение штанги становится затруднительным, на конец последнего звена наращивается специальный «башмак», прикрепляемый к концу троса лебедки [51].

На время работы участок, на котором образовался засор, отключается для чего в верховом колодце устанавливается пробка и из него откачивается вода.

На рис. 5.13. показана схема разрушения засора созданием давления сточной воды в нижнем бьефе. Участок выделен путем установки съемных пробок в двух колодцах. Для перекачки воды из промежуточного колодца может быть использовано насосное оборудование, входящее в комплект илососов или каналомоечных машин.

Сила гидростатического давления, действующая со стороны нижнего бьефа на засор для труб средних и больших диаметров и при перепаде уровней в колодцах 1 м, составляет несколько сот кгс. Например, при диаметре 500 мм эта сила равна 196 кг, 600 мм – 283 кг и т. д.

Гидродинамическое разрушение засоров с использованием насадок соответствующего типа так же, как и предыдущий способ, применимо при ликвидации засоров в трубах диаметрами более 200 – 300 мм. При этом используется оборудование, входящее в комплект каналомоечных машин. Иногда для разрушения засоров применяют насосы пожарных машин, забирающие воду из водопроводной сети.

В наиболее сложных случаях ликвидация засора требует раскопки и вскрытия труб.

Аварийные повреждения канализационных труб устраняются как открытым, так и бестраншейными методами рассмотренными выше.

Аварии на железобетонных коллекторах, в случаях разрушения конструкций, сопряжены с большим объемом восстановительных работ и особенно опасны по своим последствиям. При таких авариях (поступления неочищенных сточных вод в водные объекты, излив воды на поверхность) могут потребоваться срочные меры по созданию временного водоотведения и устранению экологических последствий. Продолжительность ликвидации некоторых аварий измеряется месяцами и составляет несколько тысяч часов.

В 1995 г. произошла авария загородного коллектора системы водоотведения г. Харькова. Коллектор постройки 1912–1914 гг., проложенный на глубине 9 м, представлял собой массивную железобетонную конструкцию, имел канал эллиптического сечения высотой 2,13 м и шириной 1,42 м с облицовкой из клинкерного кирпича, что и обеспечило долговечность сооружения. Разрушение канала привело к поступлению неочищенных сто-

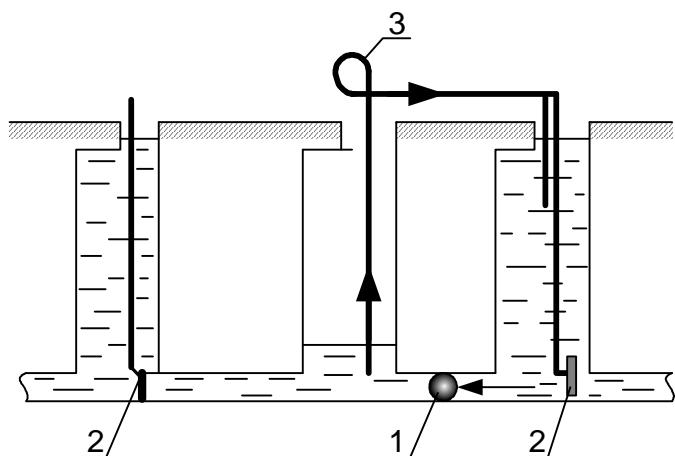


Рис. 5.13. Схема удаления засора обратным давлением: 1 – засор; 2 – пробки; 3 – насос

ков в р. Лопань, содержание растворенного кислорода в воде которой упало до 1,5 мг/л. Такая вода считается очень грязной и не пригодной для любых видов водопользования.

Можно констатировать, что крупные коллекторы и насосные станции перекачки нуждаются в чрезвычайно тщательном наблюдении за состоянием инженерных конструкций и в своевременных ремонтах.

5.7. Требования к качеству строительства водоотводящей сети

От качества строительства сети водоотведения в очень большой мере зависят и условия эксплуатации.

Поскольку сточные воды транспортируются главным образом самотеком, чрезвычайно важно соблюдать проектные отметки лотков колодцев. Завышение этих отметок может сделать невозможным самотечное присоединения некоторых абонентов к коллектору.

При прочих равных условиях накопления осадков и засорения сети зависят от уклонов и прямолинейности участков труб между колодцами. Занижение уклонов сравнительно с проектными и тем более нулевые уклоны или контруклоны на отдельных участках недопустимы.

Нарушения нормальной работы участка иногда вызывается просадками труб в процессе эксплуатации. Причиной является плохое состояние оснований. Поэтому на качество их подготовки перед укладкой труб и перед засыпкой траншей необходимо обращать особое внимание.

Прямолинейность участков между смежными колодцами проверяется по форме светового пятна, отражаемого в зеркале, установленном в колодце, в конце участка. При этом верховой колодец участка освещается. Пятно должно иметь форму круга с максимальным отклонением по горизонтали не более 50 мм в каждую сторону, но не более 1/4 диаметра трубы. Отклонение от правильной формы круга по вертикали не допускается.

Во избежание накопления осадков и интенсивного газовыделения сопряжение труб в колодцах должно быть выполнено плавным и при помощи лотков.

Сопряжение труб в колодцах с перепадами, превышающими 1 м, следует оборудовать гасителями напора.

Недостаточная водонепроницаемость сети приводит к таким недопустимым явлениям, как инфильтрация и эксфильтрация воды.

В мокрых грунтах колодцы должны гидроизолироваться и при приемочном испытании проводится выборочная проверка трубопровода на герметичность [23].

В порядке технического надзора необходимо особенно внимательно следить за качеством заделки стыков по всей окружности труб, за качест-

вом применяемого для заделки материалов, за качеством гидроизоляции колодцев.

Следует проверять качество заделки пазух между стенками колодцев и грунтом, швов между конструкциями колодцев и камер, зазоров в местах входа труб в колодцы.

Обнаруженные дефекты не являются второстепенными, они коренным образом влияют на условия эксплуатации сети и должны быть обязательно устранены.

5.8. Особенности эксплуатации насосных станций перекачки и главных насосных станций

Канализационные насосные станции перекачки (КНС) работают в режиме, определяемом непрерывно меняющимся притоком сточных вод, максимальное значение которого близко к расчетным мгновенным расходам. Незначительная вместимость приемных резервуаров КНС не дает возможности существенно осреднить эти расходы.

Поскольку обеспечить оперативное включение насосов станции при заполнении резервуаров и их включение при опорожнении для персонала сложно, КНС, как правило, автоматизированы.

В случаях ручного управления трудно избежать переполнения приемного резервуара и затопление грабельного отделения.

Помимо нарушения санитарно-гигиенических условий в этих случаях не исключено возникновение аварийных ситуаций.

Включение и выключение насосов на КНС производится в зависимости от уровня воды в приемном резервуаре. При вероятности опасных последствий гидравлических ударов, насосы включаются с закрытой задвижкой на напорной и открытой на всасывающей линии. С учетом времени, затрачиваемого на открытие задвижки, на напорной линии продолжительность включения насосного агрегата составляет 2–3 мин.

Если не ожидается возникновения сильных гидравлических ударов, насосы включаются и выключаются при открытой задвижке на напорной линии.

В случае переполнения приемного резервуара из-за отказа насосов или их недостаточной производительности, приемный резервуар автоматически отключается от подводящего коллектора и сточные воды отводятся по аварийному выпуску. Одновременно подается сигнал в диспетчерский пункт.

Сточная вода предварительно проходит коминуторы или решетки. Грабли решеток включаются автоматически по перепаду уровней воды до и после них.

Современные канализационные насосы имеют рабочие колеса, незасоряющейся конструкции, что позволяет отказаться от установки решеток и в значительной мере упростить эксплуатацию насосной станции перекачки.

Системы вентиляции, электрического отопления и освещения станции автоматизируются.

Помещения КНС, особенно приемный резервуар и грабельное, имеют повышенную загазованность, поэтому электрооборудование должно иметь взрывоопасное исполнение, а исправность систем вентиляции тщательно проверяться.

Оперативно-выездные бригады для проведения профилактических работ и дежурный механик-электрик посещают автоматизированную КНС по специальному графику.

При каждом осмотре особое внимание уделяется состоянию автоматики, проверяется сопротивление электрической изоляции, своевременно производится замена износившихся контактов и очистка деталей автоматики от пыли.

При осмотре задвижек, обратных клапанов, труб и трубных соединений обращается внимание на заметные повреждения и утечки.

Следует иметь в виду, что повреждение внутристанционных трубопроводов может привести к затоплению машинного зала и к длительному выходу КНС из строя.

При посещении станции механик снимает показания КИП, а при автоматизированном контроле – записи самописцев.

Если обнаружены мелкие неисправности – их устраняют, в других случаях вызывается ремонтная бригада.

Профилактическое обслуживание включает измельчение осадков дробилками (3–4 раза в сутки), а на небольших станциях – сбор снятых граблями отбросов в контейнер и их вывоз.

Каждые трое суток производится полное опорожнение приемного резервуара и промывка его стен и днища струями воды из брадспойта.

ППО и ППР насосного оборудования предусматривает осмотр и текущий ремонт без вскрытия насоса после наработки им 2000 ч и с разборкой корпуса – после 4000 ч. Капитальный ремонт с заменой изношенных деталей и с испытанием проводится после 12000 ч наработки. Одновременно ремонтируются двигатели. Текущий ремонт решеток и комминуторов требуется каждые 6 месяцев, дробилок – один раз в год, а капитальный ремонт – через 5 лет.

Сроки проведения ППО и ППР современных насосов, в том числе импортных, могут быть иными и указываются в документации заводов-изготовителей.

Ввод в работу или вывод в резерв насосных агрегатов выполняется по графику диспетчера.

Перед вводом резервного насоса он предварительно прокручивается, а затем рабочее колесо промывается в течение 30 мин чистой водой из пожарного водопровода с расходом не менее 12 л/с и под давлением не менее 0,1 мПа сверхрабочего, создаваемого насосом [13].

При выводе насоса в резерв производится его частичная разборка, прочистка рабочего колеса и обратного клапана на напорной линии.

Оперативный контроль за работой насосов включает замеры давления, силы тока и напряжения, а также учет частоты включений и их продолжительность.

На основании показаний КИП регулярно подсчитывается кпд насосов. При снижении кпд на 5–8 %, насос следует вывести в резерв для осмотра и ремонта.

Оперативное управление КНС желательно централизовать, что допускается ПТЭ [37, п. 6.2.3].

Примером такой централизации является система управления большой группой КНС, созданная в Нижнем Новгороде.

Представляется возможным дистанционно контролировать основные рабочие параметры станций (объемы перекачиваемой воды, количество часов работы каждого насоса, затраты электроэнергии и другие), изменение режима пуска и включения насосных агрегатов, принимать тревожные сигналы, учитывать объемы сточных вод, сбрасываемых по аварийным выпускам, накапливать и хранить текущую информацию [47].

Приток сточных вод на очистные сооружения городской канализации всегда неравномерен, что отрицательно сказывается на процессах очистки. Поэтому Главные насосные станции (ГНС) часто работают по более равномерному режиму чем приток, а их приемные резервуары выполняют функцию регулирующих емкостей. В этом случае особое внимание заслуживают меры по предупреждению накопления осадков.

О негативном влиянии такого накопления свидетельствует опыт эксплуатации ГНС Северной станции аэрации г. Санкт-Петербурга [72]. В приемном резервуаре этой ГНС, производительностью около 0,5 млн m^3 /сут, рабочая глубина достигает 10–11 м и более, а слой осадка (« h » по рис. 5.14) при отдельных измерениях нескольких метров. Всасывающие линии насосов оказываются заполненными осадками и перед включением насосных агрегатов нуждаются в предварительной промыв-

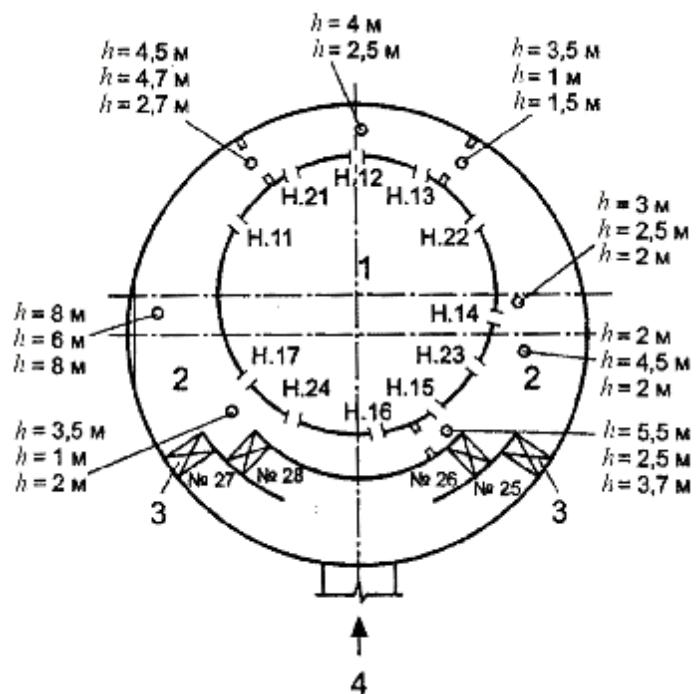


Рис. 5.14. Влияние глубины осадка на эффективность работы насоса: 1 – отделение насосов и оборудования; 2 – приемный резервуар; 3 – решетка; 4 – подводящий коллектор $D = 4,7$ м; H.11–H.24 – насосные агрегаты; № 25–28 – рабочие номера решеток

ке обратным током воды. Дополнительные энергозатраты, связанные с проблемой осадков, достигают 4–5 % от основных.

Общие вопросы эксплуатации КНС рассмотрены в разд. 3.

5.9. Изучение и анализ работы системы водоотведения

5.9.1. Мониторинг расходов сточных вод

Для выяснения фактических режимов и степени загрузки основных коллекторов и КНС необходимо проведение систематических наблюдений. Их задача заключается в определении расходов сточных вод и режима притока к КНС, максимальных и минимальных расходов в главных коллекторах бассейнов стока, выяснению сложившихся графиков суточных и часовых расходов в разные периоды года и дни недели.

Для организации систематических наблюдений целесообразно создание сети наблюдательных пунктов, расположенных в характерных точках сети и на КНС. Наблюдения заключаются в измерении расходов сточных вод либо непосредственно, либо косвенным путем по таким измеряемым параметрам, как глубина воды и скорость потока. Измерения следует производить постоянно или на протяжении достаточно представительного периода времени (обычно одна – две недели).

В С.-Петербурге создана автоматизированная система мониторинга расходов; информация поступает в центр обработки, где накапливается и обрабатывается [29].

Непосредственное измерение расходов в трубах может проводиться при помощи ультразвуковых расходомеров с накладными излучателями. При этом следует своевременно очищать трубы от отложений.

Расходы в открытых лотках часто измеряют ультразвуковыми расходомерами «Эхо-Р» и «Эхо-Р01» по методике НИИ КВОВ [32].

Расходомеры устанавливаются на прямых участках самотечных линий.

В сводах канализационного коллектора выполняются отверстия для пропуска звуковода, а прибор размещается в специальном измерительном колодце. Этим обеспечивается требуемая герметичность электрического присоединения акустического преобразователя и поддерживается необходимый температурно-влажностный режим при эксплуатации расходомера [68].

Иногда расходы определяются расчетным способом по формуле Шези с измерением глубины потока в трубе. Способ дает погрешность до 20 % и более.

Определение расхода по скорости, измеряемой в одной точке потока при помощи трубы Пито-Прандтля, дает более достоверный результат (погрешность до 7 %) [48].

Мониторинг расходов создает базу для анализа работы системы водоотведения, установления перегруженных и недогруженных коллекторов.

Перегрузка или недогрузка иногда объясняется несовпадением фактических режимов водоотведения с проектными (неконструктивность сетей), а часто является результатом инфильтрации или эксфильтрации, т. е. недовлетворительным техническим состоянием сети.

В перегруженных коллекторах ухудшается вентиляция сети и усиливается эксфильтрация сточной воды в грунт, в недогруженных усиливается накопление в трубах осадков.

Если причины перегрузки обоснованы и отвечают сложившимся условиям водоотведения, то требуется усиление сетей и насосных станций. В других случаях причиной являются дефекты эксплуатации, для устранения которых необходимы ремонтные работы или организационные мероприятия (санкции по отношению к абонентам, нарушающим правила пользования городской канализацией, изменения согласованных ранее режимов выпуска сточных вод).

С целью исключения перегрузки отдельных коллекторов КНС и ГНС, а также очистных сооружений канализации, целесообразно регулировать расходы сточных вод путем установки регулирующих емкостей (рис. 5.15). При поступлении по 2 на КНС 1 сточных вод с расходами, превышающими средние, часть расходов поступает в резервуар, а в отводящую линию направляется средний расход q_{cp} . Во избежание осаждения взвеси в 4 вода подается рассредоточено через эжекторы в коническими насадками.

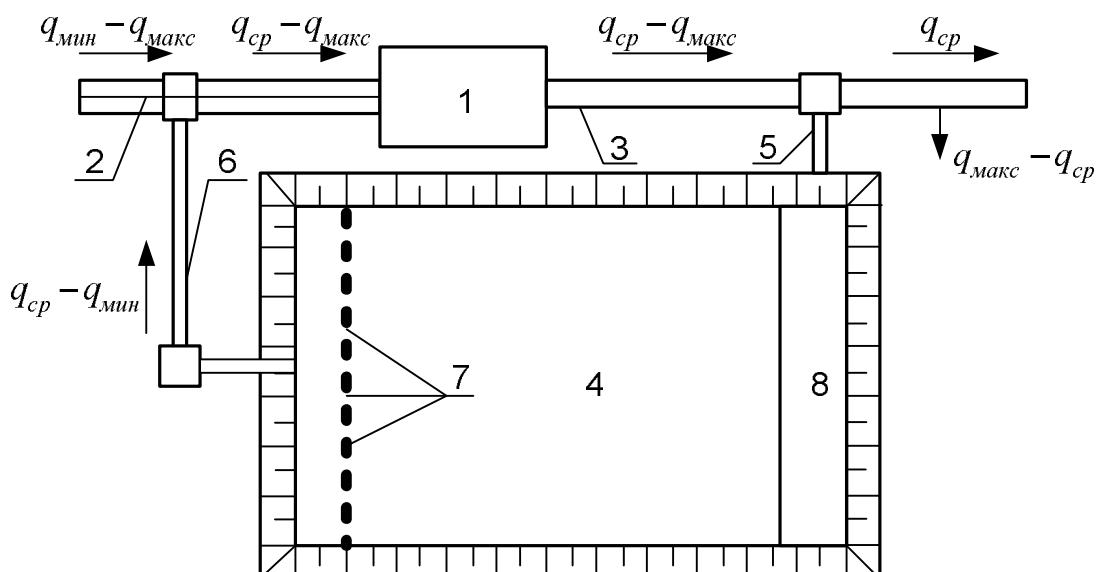


Рис. 5.15. Принципиальная схема канализационной системы с регулирующей емкостью: 1 – канализационная насосная станция перекачки сточных вод; 2 – подводящий канал; 3 – напорный водовод; 4 – регулирующая емкость; 5 – трубопровод, соединяющий напорный водовод от КНС с регулирующей емкостью; 6 – самотечный трубопровод опорожнения; 7 – фильтры-поглотители для очистки газовоздушной смеси; 8 – галерея задвижек

Если по 2 поступают расходы меньше средних, то по линии 6 самотеком направляются воды из 4 с доведением расхода до q_{cr} .

Выделяющиеся в резервуаре газы удаляются системой вытяжной вентиляции после предварительной очистки в фильтрах 7.

Эксплуатация регулирующего сооружения включает обслуживание механического оборудования (насос, вентилятор), автоматизированной арматуры, трубопроводов, эжекторов, систем автоматики, а также периодическое отключение и чистку емкости 4 [78].

5.9.2. Изучение качества сточных вод

Система городского водоотведения рассчитана на транспортировку бытовых и подобных им по составу производственных стоков. Промышленные сточные воды после смешения с бытовыми могут существенно изменить характер общего стока и сделать его мало пригодным для транспортировки по канализационной сети. Это обстоятельство особенно заметно на тех участках, где степень разбавления промышленных стоков бытовыми мала.

Отрицательное влияние некоторых примесей, содержащихся в сточных водах предприятий, проявляется, если они (примеси) представляют собой:

- грубодисперсные частицы с гидравлической крупностью более 50–100 мм (крупный и средний по крупности песок, шлак и т. д.);

- вязкие вещества, малорастворимые в воде, способные образовать на стенках и дне труб плохо смываемые отложения (мазут, жир, масло, смола);

- хлориды и сульфаты, которые при больших концентрациях оказывают вредное воздействие на железобетонные элементы трубопроводов и каналов;

- источники образования сероводорода (сульфиды, органика при больших концентрациях);

- летучие вещества и растворенные газы, создающие в трубах и каналах токсичные, взрыво- и пожароопасные смеси (горючие примеси, растворители и др.);

- токсичные и бактериальные примеси, опасные для обслуживающего персонала, а при эксфильтрации – недопустимо загрязняющие подземные воды и грунты.

Условия приема производственных сточных вод изложены в [50] и [84], включают как перечисленные, так и дополнительные требования, связанные с работой очистных сооружений (см. разд. 2).

В табл. 5.8 приведены значения предельно-допустимых концентраций (ПДК) ряда примесей по условиям транспортировки сточных вод. Таблица составлена по данным НИИ КВОВ, 1996 г.

РН сточных вод может составлять от 6,5 до 9,0, температура не должна превышать + 40 °С.

Таблица 5.8

Предельно-допустимая концентрация примесей по условиям транспортирования сточных вод

Загрязнения	ПДК, мг/л	Загрязнения	ПДК, мг/л
Жиры	50	Хром шестивалентный	0,1
Взвешенные вещества	200	Кадмий	0,2
БПК5	500	Кобальт	0,8
Сухой остаток	900	Никель	0,4
Хлориды	400	Свинец	0,3
Сульфаты	700	Алюминий	4,0
Азот аммонийный	100	Марганец	20,0
Нефтепродукты	50	Медь	0,3
Кальций	150	Ртуть	0,02
Магний	90	Мышьяк	0,2
Сульфиды	1,5	Фенол	15
Железо общее	6,0	Формальдегид	80
Цинк	0,8	Нитриты	2,0
Хром трехвалентный	2,0	Нитраты	12

В случае превышения ПДК предприятие должно перед выпуском стоков в канализационную сеть города произвести их очистку на локальных установках. Контроль за соблюдением ПДК осуществляется инспекторами Водоканала.

На участках сетей, где возникают нарушения, связанные с невыполнением правил абонентами, желательно создать пункты для систематического отбора проб сточной воды и воздуха.

5.9.3. Оценка качества эксплуатации сетей водоотведения

Как было отмечено выше, комплексная оценка качества эксплуатации базируется на первичных материалах обследований сетей, протоколах по ликвидации отказов и аварий, документации по мониторингу расходов воды и ее качества.

Должны быть проанализированы условия работы персонала, определены затраты электроэнергии и других материальных ресурсов, установлены объемы воды, сбрасываемой без очистки по аварийным выпускам.

Безотказность как свойство надежности системы водоотведения связано с перегрузкой сетей и нарушением их работоспособности. Первый вид отказов иногда объясняется неконструктивностью сети, пропускная способность которой в данном районе недостаточна, либо увеличением расходов в результате инфильтрации, поступления дождевого стока, условно чистых и дренажных вод.

Неконструктивность сети устраняется путем ее усиления, например, реконструкцией [36]. В других случаях достаточны ремонтные работы по восстановлению водонепроницаемости коллекторов и смотровых колодцев, либо улучшения контроля за техническим состоянием сети и за соблюдением абонентами правил пользования городской системой водоотведения.

Потеря трубами и каналами работоспособности объясняется либо закупоркой и образованием засоров, либо разрушением конструкций.

Как в том, так и в другом случае, отказы должны заранее прогнозироваться, потому что редко вызываются непредвиденными обстоятельствами. Засорение можно предполагать по результатам постоянного осмотра сети, разрушения – по данным регулярной диагностики.

Своевременные меры (прочистка труб, срезка корней деревьев, ремонт) способны предупредить возникновение большей части отказов.

В процессе эксплуатации меняются исходные (проектные) условия, определяющие ремонтопригодность системы водоотведения. В одних случаях такие изменения закономерны и связаны с благоустройством селитебной территории: прокладкой новых дорог; вертикальной планировкой, усовершенствованием дорожных покрытий и др. Если при этом оказываются необходимыми такие работы, как наращивание горловин смотровых колодцев, улучшение условий доступа к трассам коллекторов или перенос отдельных участков, то их следует своевременно выполнять.

Другие причины, снижающие ремонтопригодность, например, постоянная загазованность колодцев, недоступность (колодец засыпан землей, оказался на огражденной территории) должны заранее обнаруживаться при проведении обходов и устраняться.

Показатель ремонтопригодности характеризует эффективность ремонтных подразделений, их оснащенность, укомплектованность, организацию ремонтно-восстановительных работ.

Капитальные объекты системы водоотведения (здания насосных станций, железобетонные каналы и тоннели) относятся к первому и второму классам ответственности и имеют длительный назначенный ресурс.

Фактическая долговечность этих объектов очень часто оказывается недостаточной. Не вырабатывают назначенного ресурса и сети в основном выполненные из железобетона, асбестоцемента или металла.

Причины сокращения ресурса связаны с истиранием труб песком и с газовой коррозией.

В [27] утверждается, что средняя продолжительность эксплуатации сборных железобетонных коллекторов, являющихся объектами второго класса ответственности, не превышает 15 лет. Основная причина такой недолговечности в разрушениях, вызываемых газовой коррозией.

Сокращение ресурса нередко объясняется плохим содержанием объектов: несвоевременностью обслуживания и ремонтов.

Полностью исключить газовую коррозию трудно, но известны способы ее ослабления и торможения. Истирание труб зависит от содержания в сточной воде песка, который попадает в сети при инфильтрации и с поверхностным стоком. Меры, предотвращающие попадание песка (ремонт смотровых колодцев и труб), достаточно эффективны и в случае их применения долговечность сети может быть повышена.

На долговечность сети влияет присутствие в воде ингредиентов в основном промышленного происхождения, вызывающих разрушение материала труб и колодцев. Такое положение может быть исправлено мерами контроля, за выпуском производственных сточных вод в сеть водоотведения.

Наконец, долговечность зависит от качества строительно-монтажных работ и использованных материалов.

Экономичность эксплуатации в первую очередь определяется затратами электроэнергии на перекачку сточной воды. Радикальным способом экономии электроэнергии следует считать сокращение расходов за счет инфильтрационных, дренажных, условно чистых и дождевых вод. Для этого необходим строгий контроль за содержанием сети и проведением ремонтных работ.

Сокращение расходов электроэнергии достигается при правильном подборе и использовании насосного оборудования.

Эффективной мерой по сокращению капитальных затрат, а следовательно, амортизационных отчислений и себестоимости, является регулирование расходов сточных вод с разгрузкой перегруженных коллекторов и КНС путем размещения на сети регулирующих резервуаров.

По данным [78], зарегулирование канализационного стока в г. Москве позволяет повысить производительность коллекторов и КНС на 25–40 %, окупается за 3–4 года и сокращает капиталовложения по сравнению с альтернативными способами усиления в несколько десятков раз.

Экологичность водоотводящей системы в основном оценивается объемами неочищенной сточной воды, поступающей в канализационную сеть, но «теряется» при транспортировке, в результате аварийных сбросов и инфильтрации. В [51] предлагается рассматривать соотношение этих объемов как показатель эффективности системы водоотведения. Экологические условия нарушаются и при изливе сточной воды на поверхность при образовании засоров или при авариях.

Одним из нарушений экологических требований является загрязнение воздушной среды газами, образующимися в сети и поступающими в теплое время года из смотровых колодцев, а зимой – через вытяжные стояки зданий.

В зоне прокладки канализационных сетей могут возникнуть неблагоприятные экологические условия, особенно при больших количествах выделяющегося в атмосферу сероводорода. К примеру, при эксплуатации коллекторов в гг. Донецке и Харькове в течение года выделяется до 10 т сероводорода [27].

Источником загрязнения воздушной среды оказываются КНС, расположенные в пределах застройки и не имеющие достаточной санитарно-защитной зоны.

Системы водоотведения не благоприятны по условиям безопасной жизнедеятельности персонала.

Особую опасность представляют работы в загазованных смотровых колодцах, взрывоопасные газовые смеси нередко оказываются причиной несчастных случаев как при обслуживании сети, так и КНС.

Опасными признаются ремонтные работы, выполняемые в траншеях, а также при санации труб. Соображения безопасности служат дополнительным доводом для широкого применения роботехники при диагностике, ремонтах и при обслуживании сетей.

Анализ показателей качества эксплуатации позволяет разработать меры по совершенствованию эксплуатационного процесса применительно к конкретным условиям данной системы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите общие требования к системе сбора и отведения воды.
2. Как производится оценка и определение режима поступления сточных вод в водоотводящие сети?
3. Каковы условия транспортировки сточных вод сети водоотведения? Трудности, возникающие при транспортировке.
4. Содержание эксплуатационной работы. Надзор за состоянием сети. Планирование осмотров сети. Требования к условиям труда и безопасной жизнедеятельности.
5. Как осуществляется диагностика технического состояния коллекторов?
6. Содержание профилактических работ на сети водоотведения.
7. Организация и проведение работ по прочистке сетей водоотведения.
8. Планово-предупредительный ремонт сетей водоотведения. Планирование, виды ремонтных работ, санация.
9. Организация и выполнение аварийно-восстановительных работ на сети водоотведения.
10. Требования к качеству работ по строительству сетей водоотведения.
11. Особенности эксплуатации канализационных насосных станций.
12. Изучение работы системы водоотведения. Мониторинг расходов, изучение качества сточных вод.
13. Оценка качества эксплуатации систем водоотведения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Техническая эксплуатация обеспечивает два одновременных и взаимо-дополняющих друг друга процесса: функционирование систем водоснабжения и водоотведения в назначенных режимах и поддержание постоянной работоспособности этих систем.

Первый процесс оптимизируется путем правильного использования сооружений и оборудования, второй – своевременным профилактическим обслуживанием и проведением ремонтных работ.

Синхронизация процессов возможна при условии эффективного контроля: оперативного за ходом производственных операций и постоянного – за техническим состоянием объектов.

Комплексной характеристикой уровня технической эксплуатации является оценка ее качества. Она позволяет адресно выявить элементы систем или технологические операции, из-за которых качество эксплуатации ухудшилось, конкретизировать причины такого ухудшения, разработать или осуществить меры по устранению дефектов эксплуатации.

По результатам оценки качества эксплуатации обосновываются решения по совершенствованию технологий, модернизации оборудования, реконструкции объектов и их реновации. Оптимизация показателей качества – одна из основных задач технической эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]: СниП 2.04.02-1984. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 131 с.
2. ГОСТ 27002-1989. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения [Текст] : Изд-во стандартов. – М. : 1990. – 37 с.
3. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения. Справочник [Текст] / под ред. В. Д. Дмитриева, Б. Г. Мишукова. – 3-е изд. перераб. и доп. – Л. : Стройиздат, 1988. – 383 с.
4. Воловник, Г. И. Вопросы надежности систем водоснабжения и водоотведения : метод. пособие [Текст] / Г.И. Воловник, К.М. Ромм. – Хабаровск : ДВГУПС, 1998. – 41 с.
5. Правила технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест [Текст] / МЖК РСФСР, гл. упр. водопроводно-канализ. хоз-ва, НИИ КВОВ АКХ им. К. Д. Памфилова. – М. : Стройиздат, 1979. – 192 с.
6. Эксплуатация систем водоснабжения [Текст] / под ред. В. Д. Семенюка. – Киев : Будівельник, 1983. – 184 с.
7. Евилевич, А. З. Ошибки эксплуатации водопроводов и канализаций [Текст] / А.З. Евилевич. – Л. : Стройиздат, 1972. – 123 с.
8. Порядин, А.Ф. Устройство и эксплуатация инфильтрационных водоизборов [Текст] / А.Ф. Порядин. – М. : Стройиздат, 1977. – 123 с.
9. Суреньянц, С.Я. Эксплуатация водяных скважин [Текст] / С.Я. Суреньянц. – М. : Стройиздат, 1976. – 128 с.
10. Водопроводные насосные станции : метод. пособие на выполнение курсового и дипломного проектирования [Текст] / Е.В. Сошников, Г.П. Чайковский. – Хабаровск : ДВГУПС, 1999. – 94 с.
11. Лобачев П. В. Измерение расходов жидкостей и газов в системах водоснабжения и канализации [Текст] / П. В. Лобачев, Ф. А. Шевелев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1985. – 124 с.
12. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные нормы и правила [Текст] : СанПин 2.1.4.559-96. – М. : Госкомсанэпиднадзор России, 1996. – 111 с.
13. Эксплуатация систем водоснабжения и канализации [Текст] : учеб. пособие / М.И. Алексеев [и др.] : – М. : Высш. шк., 1993. – 273 с.
14. Курганов, А.М. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения [Текст] : учеб. пособие / А.М. Курганов. – М., СПб.: Изд-во «АСВ» СПБГАСУ 1998. – 246 с.
15. Старинский, В.П. Водозаборные и очистные сооружения коммунальных водопроводов [Текст] : учеб. пособие / В.П. Старинский, Л.Г. Михайлик. – Минск : Высш. шк, 1989. – 269 с.

16. Алексеев, В.С. Опыт циркуляционной регенерации водозаборных скважин [Текст] / В.С. Алексеев, Г.М. Коммунар, В.Г. Тесля // Водоснабжение и сантехника. – 1985. – № 9.
17. Плотник, Н.А. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод [Текст] / Н.А. Плотник, В.С. Алексеев. – М. : Стройиздат, 1990. – 256 с.
18. Чайковский, Г.П. Обезжелезивание и деманганация подземных вод [Текст] : учеб. пособие / Г.П. Чайковский, В.В. Кулаков, Е.В. Сошников. – Хабаровск : ДВГУПС, 1998. – 89 с.
19. Образовский, А.С. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников [Текст] / А.С. Образовский, В.Н. Ереснов, М.А. Казанский. – М. : Стройиздат, 1976. – 368 с.
20. Андриади В.К. Пособие по прокладке и эксплуатации водопроводных сетей [Текст] / В.К. Андриади. – М. : Стройиздат, 1974. – 228 с.
21. Аронов, С.Н. Проектирование водоводов [Текст] / С.Н. Аронов. – М. : Стройиздат, 1953. – 232 с.
22. Дикаревский, В.С. Напорные водоводы железнодорожного водоснабжения [Текст] / В.С. Дикаревский, И.И. Краснянский. – М. : Транспорт, 1978. – 276 с.
23. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации. Справочник строителя [Текст] / А.К. Перешивкин [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1988. – 653 с.
24. Наладка и интенсификация работы городских систем подачи и распределения воды [Текст] / И.В. Кожинов [и др.]. – М. : Стройиздат, 1978. – 111 с.
25. Косыгин, А.В. Аварийный ремонт водопровода при помощи телеработов [Текст] / А.В. Косыгин // Водоснабжение и сантехника. – 2000. – № 2. – С. 17–18.
26. Мобильная система мониторинга водопроводных сетей [Текст] / Ю.А. Трухин [и др.] // Водоснабжение и сантехника. -2000. – № 2. – 2000. – С. 28–29.
27. Дрозд, Г.Я. Надежность канализационных сетей [Текст] / Г.Я. Дрозд // Водоснабжение и сантехника. – 1995. – № 10. – С. 2–4.
28. Данилов Т.Д. Эксплуатация канализационной сети [Текст] / Т.Д. Данилов. – М. : Стройиздат, 1977. – 125 с.
29. Карамазинов, Ф.В. Мониторинг и управление канализационной системой Санкт-Петербурга [Текст] / Ф.В. Карамазинов, М.Б. Лившиц, В.Е. Ковалевский // Водоснабжение и сантехника. – 1999. – № 10. – С. 8.
30. Шрамек, О. Спецмашина «Мастер воды» [Текст] / О. Шрамек // Водоснабжение и сантехника. – 1997. – № 7. – С. 20.
31. Данилов, Д.Т. Эксплуатация канализационной сети [Текст] / Д.Т. Данилов – М. : Изд-во литературы по строительству, 1965. – 112 с.

32. Шафрановский, М.Н. Измерение расхода и учет сточных вод [Текст] / М.Н. Шафрановский, А.В. Озеров // Водоснабжение и сантехника. – 1999. – № 4. – С. 28–29.
33. Курганов, А.М. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения : справочник [Текст] / А.М. Курганов, Н.Ф. Федоров ; под общ. редакцией А.М. Курганова. – 3-е изд. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-е, 1986. – 440 с.
34. Храменков, С.В. Современные бестраншейные методы ремонта трубопроводов [Текст] / С.В. Храменков [и др.] // Водоснабжение и сантехника. – 1998. – № 3. – С. 6–9.
35. Корнопелов, В.А. Реконструкция коммунальных водопроводов с помощью цементно-песчаной облицовки [Текст] / В.А Корнопелов // Водоснабжение и сантехника. – 1998. – № 4. – С. 30–31.
36. Воловник, Г.И. Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения [Текст] : учеб. пособие / Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2001. – 117 с.
37. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации [Текст]. – М., 2000. – 123 с.
38. Храменков, С.В. Бестраншейные методы ремонта локальных повреждений трубопроводов [Текст] / С.В. Храменков, В.И. Дрейцер, Л.В. Плещков // Водоснабжение и сантехника. – 2000. – № 6. – С. 14–16.
39. Шкуратов, В.Г. Руководство по эксплуатации насосов и насосных станций [Текст] / В.Г. Шкуратов, Л.А. Кильбин, В.А. Шевкун. – Минск : Аквабел, 1991. – 120 с.
40. Нормативы численности рабочих, обслуживающих очистные сооружения и объекты водоснабжения промышленных предприятий. – М. : Экономика, 1998. – 43 с.
41. Карелин, В.Я. Насосы и насосные станции [Текст] : учеб. пособие для вузов / В.Я. Карелин, А.В. Минаев. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1986. – 320 с.
42. Карасев, В.А. Насосные и воздуходувные станции [Текст] : учеб. пособие для вузов / В.А. Карасев. – М. : Высш. шк., 1990. – 326 с.
43. Карелин, В.А. Насосные станции с центробежными насосами [Текст] / В.А. Карелин, Р.А. Новодержкин. – М. : Стройиздат, 1983. – 224 с.
44. Усольцев, В.А. Подготовка воды питьевого качества в городе Кемерово [Текст] / В.А. Усольцев [и др.]. – М. : Изд-во НИИ КВОВ, 1996. – 116 с.
45. Кармазинов, Ф.В. Учет и контроль расходов и качества питьевой воды и сточных вод – основа экономики предприятия [Текст] / Ф.В. Кармазинов, С.Г. Гумен // Водоснабжение и сан. техника. – 2001. – № 1. – С. 4–7.
46. Юдин, М.Ю. Манометрическое обследование систем подачи и распределения воды Санкт-Петербурга [Текст] / М.Ю. Юдин [и др]. // Водоснабжение и сан. техника. – 2000. – № 11. С. 26–27.

47. Аппаратно-программный комплекс для канализационных насосных станций [Текст] / М.В. Григорьев [и др.] // Водоснабжение и сан. техника. – № 6. – 2000. – С. 2–5.
48. Лобачев, П.В. Измерение расходов жидкости в системах водоотведения [Текст] / П.В. Лобачев, О.Д. Лойцкер // Водоснабжение и сантехника. – 2000. – № 11. – С. 2–5.
49. Васильев, В.М. Правила технической эксплуатации систем канализационных тоннелей [Текст] / В.М. Васильев // Водоснабжение и сан. техника. 2001. – № 1. – С. 23–26.
50. Правила приема производственных сточных вод в системе канализации населенных мест [Текст] : 5-е изд. – М. : ОНТИ АКХ, 1989. – 94 с.
51. Ермолин, Ю.А. Надежность городской системы водоотведения [Текст] / Ю.А. Ермолин, М.И. Алексеев // Водоснабжение и сан. техника. – 2000. – № 6. – С. 24–25.
52. Дикаревский, В.С. Водоснабжение и водоотведение на железнодорожном транспорте [Текст] : учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта / В.С. Дикаревский, П.П. Якубчик, В.Г. Иванов. – М. : Вариант, 1999. – 440 с.
53. Калецун, В. И. Заиление трубопроводов дюкеров водоотводящих сетей [Текст] / В. И. Калецун, Г. Н. Жмаков, С. А. Алексеев // Водоснабжение и сан. техника. – 1996. – С. 6–8.
54. Рекомендации по гидродинамической очистке и телевизионной диагностике сетей водоотведения [Текст]. – СПб. : НИИ АКХ им. К.Д. Памфилова. – 2001. – 36 с.
55. Продоус, О.А. Совершенствование методов использования бесструнштейных технологий для ремонта городских канализационных сетей. [Текст] : дис. ... д-ра тех. наук / О.А. Продоус. – М. : МАИ, 1999. – 41 с.
56. Воловник, Г.И. Системный подход к планированию мероприятий по улучшению эксплуатации комплексов коммунального водоснабжения и водоотведения [Текст] / Г.И. Воловник // Передовые технологии водоснабжения и водоотведения в Восточных районах России : сб. науч. трудов. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2000. – С. 81–83.
57. Анализ состояния водопроводных сетей и мероприятия по улучшению их работы [Текст] / Л.И. Кантор [и др.] // Водоснабжение и сан. техника. – 2001. – № 5. – Ч. 2. – С. 28–31.
58. Новожилов Ю. В. Опыт диагностики технического состояния трубопроводов [Текст] / Ю. В. Новожилов [и др.] // Водоснабжение и сан. техника. 2001. – № 5. – Ч. 2. – С. 26–28.
59. Васильев, В.М. Техническая диагностика трубопроводов – важный элемент эксплуатации сетей [Текст] / В.М. Васильев, Р.П. Пинтурия, Д.М. Иванов // Водоснабжение и сан. техника. – 2001. – № 9. – С. 26–31.
60. Инструкция по борьбе с утечками и потерями воды на городских водопроводах [Текст]. – М. : Стройиздат, 1973. – 79 с.

61. Требования к промышленной продукции общего названия, используемой в системах водоснабжения [Текст] / А.П. Нечаев [и др.] // Водоснабжение и сан. техника. 2001. – № 10. – С. 4–7.
62. Нормативное обеспечение эффективности систем водоотведения [Текст] / Н.Н. Жуков [и др.] // Водоснабжение и сан. техника. – 2001. – № 10. – С. 2–3.
63. Гречканев, О. М. Мониторинг качества питьевой воды в распределительных водопроводных сетях Нижнего Новгорода [Текст] / О. М. Гречканев, Е. Ю. Петров // Водоснабжение и сан. техника. – 2001. – № 10. – С. 8–10.
64. Шушкевич Е. В. Оптимизация режимов работы распределительных сетей города [Текст] / Е. В. Шушкевич // Водоснабжение и сан. техника. – 2001. – № 11. – С. 16–19.
65. О необходимости совершенствования строительных норм и правил / Г. Я. Дрозд [и др.] // Водоснабжение и сан. техника. – 2002. – № 1. – С. 17–20.
66. Положение о провидении планово-предусмотрительного ремонта на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства [Текст] : НИИ КВОВ АКХ. – М. : ГОССТРОЙ РСФСР, 1990. – 67 с.
67. Шафрановский, М.Н. Практические вопросы учета сточных вод / М.Н. Шафрановский // Водоснабжение и сан. техника. – 2002. – № 3. – С. 17.
68. Воловник, Г.И. Теоретические основы очистки воды : монография. В 2 ч. [Текст] / Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2002. – Ч. 2. – 116 с.
69. Порядин, А.Ф. Устройство и эксплуатация водозаборов [Текст] / А.Ф. Порядин. – М. : Строймздат, 1984.
70. Карешов, Х. Эксплуатация систем водоснабжения [Текст] / Х. Карешов. – Алма-Ата : Рауан, 1990. – 190 с.
71. Васильев, В.М. Анализ работы ГНС Северной станции аэрации Санкт-Петербурга [Текст] / В.М. Васильев, А.Г. Безденежный, Ф.В. Васильев // Водоснабжение и сан. техника. – 2002. – № 8. – С. 21–27.
72. Петриченко, В.П. Оборудование для сооружения и эксплуатации водозаборных скважин / В.П. Петриченко, В.Н. Алешечкин, П.В. Трунов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 9. – С. 14–15.
73. Мурлин, А.А. Некоторые проблемы измерения и учета объемов воды. / А.А. Мурлин, В.М. Симахин, Н.В. Филипповская // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 9. – С. – 32–34.
74. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования. СП 40-102-2000. – М. : Госстрой России. – 2001. 37 с.
75. Доброхотов, Н.Д. Канализационная сеть. – М. : Изд-во ЖКХ РСФСР, 1949. – 182 с.

76. Гуринович, А.Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников: проблемы и решения. – Минск : УП «Технопринт», 2001. – 304 с.
77. Разработка программы реконструкции водопроводных сетей на основе моделирования процесса подачи и распределения воды / И.П. Махнев [и др.] // Водоснабжение и сантехника. – № 10. – 2003. – С. 2–5.
78. Регулируемые канализационные системы / С.В. Яковлев [и др.] // Водоснабжение и сантехника. – № 9. – 1998. – С. 13–15.
79. Положение о санации водопроводных и водоотводящих сетей / Госстрой России. – М. : Изд-во Прима-Пресс, 2004. – 43 с.
80. Порядин, А.Ф. Водозaborы в системах централизованного водоснабжения / А.Ф. Порядин. – М. : НУМЦ Гос. экологии России, 1999. – 338 с.
81. Модель системы подачи воды Санкт-Петербурга / П.П. Махнев [и др.] // Водоснабжение и сан.техника. – № 8. – Ч. 2. – 2004. – С. 28–29.
82. Глумин А.А. Почему происходят аварии на подземных трубопроводах // Водоснабжение и сан.техника. – № 7. – 2004. – С. 35–38.
83. Амеличкин С.Г. Дезинфекция водопроводных сооружений электрохимически активированным раствором / С.Г. Амеличкин [и др.] // Водоснабжение и сан.техника. – № 8. – Ч. 2. – 2004. – С. 21–24.
84. Методические рекомендации по расчету количества и качества принимаемых сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов. МДК 3-01-2001/ Госстрой России, утверждены приказом №75 от 06.04.02.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЕЕ ОБЩИЕ ЗАДАЧИ	4
1.1. Содержание работ по технической эксплуатации	4
1.2. Функции систем и объектов водоснабжения и водоотведения. Отказы	4
1.3. Оценка качества эксплуатационного процесса	6
1.4. Материалы для оценки качества эксплуатации	12
1.5. Эксплуатационный персонал, его обязанность и ответственность	12
1.6. Техническая документация	13
1.7. Интенсификация систем водоснабжения и водоотведения	14
1.8. Пусконаладочные работы	15
1.9. Оперативное управление производственными процессами водопроводно-канализационного хозяйства	16
2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГОЛОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОПРОВОДА	20
2.1. Эксплуатация водозаборов из подземных источников с водяными скважинами	20
2.2. Эксплуатация головных сооружений при заборе воды из поверхностных источников	38
2.3. Наладка и прием в эксплуатацию головных сооружений	57
3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ	59
3.2. Дежурный персонал и его обязанности	63
3.3. Оперативное обслуживание насосной станции	64
3.3.1. Производственные операции и контроль при оперативной работе в насосной станции	64
3.3.2. Пуск и выключение насосных агрегатов	65
3.3.3. Заливка насосов перед пуском	66
3.3.4. Аварийное отключение насосов	68
3.3.5. Регулировка работы насосных агрегатов	69
3.4. Оперативное и профилактическое обслуживание насосных станций	72
3.4.1. Оперативный контроль работы насосной станции	72
3.4.2. Осмотр насосной станции и выполнение профилактических работ	74
3.5. Диагностика состояния оборудования и контроль за состоянием строительных конструкций	75
3.5.1. Периодичность и содержание работ по диагностике	75

3.5.2. Контроль за изменением параметров центробежных насосов	76
3.5.3. Контроль за состоянием строительных конструкций здания насосной станции, освидетельствование грузоподъемного оборудования	79
3.6. Характерные отказы при работе насосных станций. Причины и необходимые меры по восстановлению работоспособности	80
3.7. Ремонтные работы.....	83
3.7.1. Виды ремонтных работ и их содержание.....	83
3.7.2. Планирование технического обслуживания и ремонта	85
3.7.3. Причины ускоренного износа насосов, оборудования, трубопроводов, строительных конструкций.....	87
3.8. Условия охраны труда и безопасной жизнедеятельности при эксплуатации насосных станций	89
3.8.1. Требования к условиям безопасной работы в насосных станциях	89
3.8.2. Основные условия безопасной жизнедеятельности.....	91
3.9. Анализ качества эксплуатации насосных станций	92
3.9.1. Надежность	92
3.9.2. Оценка экономичности работы насосной станции.....	94
3.9.3. Оценка экологичности эксплуатации насосных станций	96
3.9.4. Оценка безопасности жизнедеятельности персонала при эксплуатации.....	97
3.10. Пусконаладочные работы на насосных станциях	97
4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ	100
4.1. Общие сведения	100
4.2. Факторы, отрицательно влияющие на работу, и техническое состояние сети	101
4.3. Оперативная работа, оперативный и санитарный контроль.....	105
4.4. Обследование сетей (надзор за состоянием).....	106
4.5. Контроль за скрытыми утечками	108
4.6. Мониторинг пропускной способности сети	111
4.6.1. Наблюдение за гидравлическими сопротивлениями трубопроводов	111
4.6.2. Манометрическая съемка	113
4.6.3. Определение модуля удельного сопротивления труб	115
4.7. Ремонтные работы.....	117
4.7.1. Общие положения	117
4.7.2. Поиск мест и ликвидация утечек.....	118
4.7.3. Восстановление пропускной способности трубопроводов	119

4.7.4. Защита трубопроводов от коррозии	122
4.7.5. Восстановление труб (санация)	125
4.7.6. Аварийно-восстановительные работы и устранение повреждений труб	134
4.8. Эксплуатация напорно-регулирующих резервуаров	138
4.9. Анализ опыта и качество эксплуатации. Интенсификация работы системы подачи и распределения воды	141
4.10. Требования к качеству строительства и пусконаладочные работы.....	144
5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ.....	147
5.1. Общие сведения.....	147
5.2. Режим поступления сточных вод в сеть водоотведения	147
5.3. Условия транспортировки взвешенных веществ и загазованность сетей водоотведения.....	147
5.4. Эксплуатационная работа	150
5.4.1. Общие положения.....	150
5.4.2. Надзор за состоянием и содержанием сети	151
5.5. Профилактические работы.....	157
5.6. Ремонт сетей водоотведения	158
5.6.1. Прочистка сетей водоотведения	159
5.6.2. Планово-предупредительный ремонт	165
5.6.3. Восстановление сетей водоотведения бестраншейными методами (санация)	168
5.6.4. Аварийно-восстановительные работы	172
5.7. Требования к качеству строительства водоотводящей сети.....	174
5.8. Особенности эксплуатации насосных станций перекачки и главных насосных станций.....	175
5.9. Изучение и анализ работы системы водоотведения.....	178
5.9.1. Мониторинг расходов сточных вод	178
5.9.2. Изучение качества сточных вод	180
5.9.3. Оценка качества эксплуатации сетей водоотведения	181
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	185
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	186

Учебное издание

Воловник Георгий Исаевич
Терехов Лев Дмитриевич
Сошников Евгений Валентинович
Стеблевский Владимир Иванович

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
КОММУНАЛЬНЫХ СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Учебное пособие

В двух частях

Часть 1

Редактор *А.А. Иванова*
Технический редактор *И.А. Нильмаер*

Сдано в набор 14.12.2007 г. Подписано в печать 05.12.2008.
Формат 60x84¹/₁₆. Гарнитура Arial. Усл. печ. л. 11,4.
Зак. 31. Тираж 50 экз. Цена 330 р.

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