

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования**

**«Ивановский государственный архитектурно-строительный
университет»**

Кафедра гидравлики, водоснабжения и водоотведения

**ДИАГНОСТИКА ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ И
СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Методические указания к изучению курса «Обследование, диагностика, реконструкция систем водоснабжения и водоотведения» для студентов специальности 270112.65 – «Водоснабжение и водоотведение»

Иваново 2010

УДК 628.3

Диагностика инженерных систем и сооружений водоснабжения и водоотведения: Методические указания к изучению курса «Обследование, диагностика, реконструкция систем водоснабжения и водоотведения» для студентов специальности 270112.65 – «Водоснабжение и водоотведение» / Иван. Гос. архит.-строит. ун-т; Сост.: М.Ю. Ометова, Б.В. Жуков. – Иваново, 2010 – 60 с.

В методических указаниях изложены общие вопросы технической диагностики систем и сооружений водоснабжения и водоотведения. Излагаются вопросы организации и ведения мониторинга за объектами водоснабжения и водоотведения. Выявлены основные причины неисправного состояния инженерных систем и оборудования объектов водоснабжения и водоотведения.

Методические указания предназначены для студентов специальности 270112.65 – «Водоснабжение и водоотведение» дневной и заочной формы обучения.

Рецензент – доктор технических наук, профессор кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения ИГАСУ Н.Н. Елин.

Составители:

**Ометова Мария Юрьевна
Жуков Борис Вячеславович**

ДИАГНОСТИКА ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Методические указания к изучению курса «Обследование, диагностика, реконструкция систем водоснабжения и водоотведения» для студентов специальности 270112.65 – «Водоснабжение и водоотведение»

Печатается в авторской редакции

Содержание

1.	Основные термины и определения.....	4
2.	Мониторинг внутренних систем водоснабжения и водоотведения зданий.....	6
2.1.	Обследование инженерных систем здания.....	6
2.2.	Неисправности в системах водоснабжения и водоотведения жилых зданий.....	11
2.3.	Физический износ систем водоснабжения и водоотведения зданий	14
3.	Диагностика наружных водопроводных и водоотводящих сетей	18
3.1.	Схема технического диагностирования наружных водопроводных и водоотводящих сетей	18
3.2.	Мониторинг за состоянием наружных водопроводных и водоотводящих сетей	22
3.2.1	Обследование водопроводных сетей	22
3.2.2	Обследование водоотводящих сетей	23
3.3.	Основные дефекты наружных трубопроводов систем ВиВ	25
3.4.	Методы контроля и диагностирования трубопроводов систем ВиВ	26
3.5.	Выбор приоритетных участков реновации	30
4.	Неразрушающий контроль сварных соединений	33
4.1.	Дефекты сварных соединений	33
4.2.	Операционный контроль качества сварочных работ	34
5.	Контроль качества изоляционного покрытия	39
6.	Диагностика арматуры	42
6.1.	Обследование трубопроводной арматуры	42
6.2.	Контроль герметичности и прочности запорной арматуры	43
7.	Диагностирование технического состояния насосных агрегатов	45
7.1.	Диагностический контроль насосных агрегатов	45
7.2.	Неисправности насосных агрегатов	46
7.3.	Вибрационная диагностика насосных агрегатов	51
8.	Обследование водозаборных скважин	54
9.	Обследование водозаборных сооружений поверхностных источников	58
10.	Диагностирование технического состояния компрессоров	59
11.	Библиографический список	60

1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей работе применяют термины с соответствующими определениями:

авария – полная или частичная утрата системами водоснабжения и водоотведения (ВиВ) или их отдельными подсистемами возможности выполнять функции водоснабжения (водоотведения) в пределах, установленных нормативными документами [1], [2]. В результате аварий на объектах ВиВ, как правило, происходит:

- полное или частичное прекращение (снижение) подачи воды обслуживаемым абонентам;
- полное или частичное прекращение отведения сточных вод от обслуживаемого объекта;
- сброс неочищенных сточных вод при наличии очистных сооружений;
- залповый выброс осадков природных и сточных вод в водоем.

Брак является несоответствие качества продукции (оказываемых услуг) установленным требованиям [1], [2], [3]. Брак является следствием нарушения (отклонения от заданных параметров) технических режимов работы оборудования, сооружений, сетей и их элементов, повлекшим за собой:

- снижение напоров в водопроводной сети против расчетных значений;
- ухудшение качества подаваемой потребителям воды;
- ухудшение качества очистки сточных вод против расчетных показателей для действующего состава очистных сооружений;
- снижение качества обработки осадков, препятствующее их последующей утилизации.

Безопасность – отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью задания любого вреда для жизни, здоровья и имущества граждан, а также для окружающей природной среды.

Предельное состояние – состояние, при котором конструкция, основа (здания) или сооружение в целом перестают удовлетворять заданные эксплуатационные требования или требования при выполнении работ (сведения).

Диагностическая процедура – прием, при помощи которого получают информацию о техническом состоянии объекта диагностики.

Долговечность – свойство объекта длительное время хранить работоспособное состояние при установленной системе технического обслуживания и принятом порядке проведения ремонтов.

Исполнительный чертеж трубопровода – аксонометрический детализированный чертеж смонтированной системы трубопроводов, в котором содержатся фактические данные о материалах и изделиях, примененных при ее монтаже. На исполнительном чертеже указывают фактические геометрические размеры системы, высотные отметки, расположение опор и данные по сварным соединениям.

Обследование – комплекс работ по сбору, обработке, систематизации и анализу данных о техническом состоянии инженерных систем, оценке их технического состояния и степени износа.

Обследование предварительное – вид обследования, при котором как основной метод определения показателей эксплуатационной пригодности используют анализ экспертами технической документации и внешний осмотр инженерных систем здания (сооружения) и его частей. При визуальном обследовании определяют главным образом качественные показатели эксплуатационной пригодности.

Обследование детальное – вид обследования, при котором как основной метод определения показателей эксплуатационной пригодности используют инструментальные тесты конструкций и материалов инженерных систем зданий (сооружений).

Обследование специальное – вид обследования, при котором для определения показателей эксплуатационной пригодности используют специальных изыск, исследования, натурные или модельные испытания систем и др.

Обследование сплошное – вид обследования, при котором обследованию подлежат все конструктивные элементы инженерных систем здания (сооружения).

Обследование выборочное – вид обследования, при котором обследованию подлежат только отдельные, наиболее изношенные конструктивные элементы инженерных систем здания (сооружения).

Обследование плановое – обследование, которое выполняется в сроки, которые предварительно определены регламентом эксплуатации систем здания (сооружения).

Обследование внеочередное – обследование, которое выполняется как следствие возникновения любых различных нарушений эксплуатационного регламента (авария, несчастный случай или иные чрезвычайные обстоятельства).

Повреждение – дефект, образовавшийся в результате воздействий (климатических, механических, химических и других).

Расчетная ситуация – комплекс условий, которые учитываются в расчетах, который определяет расчетные требования к конструкциям.

Ремонт – восстановление поврежденных, изношенных илишедших в негодность элементов объекта с доведением их до работоспособного состояния.

Техническое обслуживание – комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия.

Техническое состояние инженерной системы здания – совокупность качественных и количественных показателей, которые характеризуют эксплуатационную пригодность инженерной системы здания и (или) ее частей в сравнении с их предельно допустимыми значениями.

Трубопроводная линия – участок трубопровода с постоянными параметрами транспортируемого продукта, соединяющий между собой оборудование, блоки или отдельные узлы.

Эксплуатация инженерной системы здания или сооружения – использование инженерной системы здания (сооружения) согласно функциональному назначению и проведению необходимых мер к сохранению состояния системы или ее элементов, при котором они способны выполнять заданные функции с параметрами, которые определены требованиями технической документации.

2. МОНИТОРИНГ ВНУТРЕННИХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ

2.1. Обследование инженерных систем здания

Техническое обследование инженерных систем зданий следует проводить поэтапно [4].

Первый этап – предварительное обследование инженерных систем зданий. Основной задачей предварительного обследования является сбор исходной информации, определение общего состояния инженерных систем, состава и объема работ для детального обследования.

В состав работ по предварительному обследованию входят:

- общий осмотр инженерных систем здания;
- сбор общих сведений об инженерных системах зданий (время строительства, сроки эксплуатации, объемы и сроки проведения ремонтных работ);
- общая характеристика и конструктивные решения систем инженерного оборудования согласно проекту;

- выявление особенностей технологических процессов для производственных зданий и их воздействий на характеристики или параметры инженерных систем.

Второй этап – детальное обследование инженерных систем зданий.

Детальное обследование включает:

- визуальное обследование инженерных систем (с фото- или видеофиксацией дефектов);
- определение характеристик или параметров на обследуемом участке или узле;
- инструментальные обследования (определение параметров инженерных систем – скорости, расхода, температур и др. показателей). На этом этапе при необходимости выполняются также лабораторный анализ проб материалов, взятых на объекте.

Инструментальное обследование проводится выборочно. Число квартир, подлежащих инструментальному обследованию, определяется по [4]. Перечень участков и узлов систем ВиВ, подлежащих инструментальному обследованию приведён в табл. 1.

Таблица 1

Перечень узлов, подлежащих инструментальному обследованию

Конструкция и измеряемый параметр	Объём измерений	Методы и средства контроля
1	2	3
Системы горячего водоснабжения		
Температура в подающей магистрали тепловой сети (приготовление горячей воды в МТП)	В МТП здания 4 замеров с интервалом в час.	Термометр технический стеклянный ртутный ГОСТ 215-73Е и ГОСТ 112-78Е, термощуп ЭТП-М ГОСТ 12877-76*, термометр поверхностный ТП-1
То же в обратном трубопроводе	То же	То же
Температура горячей воды, подаваемой на водоразбор	На выходе из водоподогревателя второй ступени или на вводе в здание	То же

Продолжение табл. 1

1	2	3
Температура циркуляционной воды	На выходе из водоподогревателя второй ступени или на вводе в здание, или у нижних оснований циркуляционных стояков	То же
Температура сливаемой воды из водоразборных кранов	Контрольные квартиры и квартиры на наиболее удалённых от теплового пункта стояках	Термометр технический стеклянный ртутный ГОСТ 215-73Е
Температура поверхности полотенцесушителей	Контрольные квартиры и квартиры на наиболее удалённых от теплового пункта стояках	Термометр технический стеклянный ртутный ГОСТ 215-73Е и ГОСТ 112-78Е, термощуп ЭТП-М ГОСТ 12877-76*, термометр поверхностный ТП-1
Свободный напор у водоразборных кранов	В квартирах верхнего этажа на наиболее удалённых от теплового пункта стояках	Манометр технический пружинный класса не ниже 1,5 с пределами измерений от 0 до 1 МПа ГОСТ 8625-77*Е
Расстояние от разводящей магистрали или стояка до запорной арматуры на ответвлении	Контрольные квартиры	Линейка ГОСТ 427-75, рулетка ГОСТ 7502-80
Овальность сечения труб	То же	Наборы металлических угольников, шаблонов ГОСТ 4126-82, ГОСТ 3749-77, штангенциркуль ГОСТ 166-80*
Радиус изгиба труб	Контрольные квартиры	Наборы металлических угольников, шаблонов ГОСТ 4126-82, ГОСТ 3749-77, штангенциркуль ГОСТ 166-80*

Продолжение табл. 1

1	2	3
Расстояние между креплениями трубопроводов разводящих магистралей, стояков и теплотехнического оборудования	чердак, техническое подполье, контрольные квартиры	Линейка ГОСТ 427-75, рулетка ГОСТ 7502-80
Перпендикулярность фланцев к оси трубы	На узле теплового ввода	Наборы металлических угольников, шаблонов ГОСТ 4126-82, ГОСТ 3749-77, штангенциркуль ГОСТ 166-80*
Качество тепловой изоляции разводящей и циркуляционной сети, магистралей, стояков и теплотехнического оборудования	На узле теплового ввода, чердак, техническое подполье, контрольные квартиры	Измеритель теплового потока ИТП, ИТП-7, ИТП-11 тепловизор, инфракрасные термометры

Систем холодного водоснабжения

Давление в подающем трубопроводе	На узле ввода	Манометр технический пружинный класса не ниже 1,5 с пределами измерений от 0 до 1 МПа ГОСТ 8625-77*Е
Свободный напор у водоразборных кранов	В квартирах верхнего этажа на наиболее удалённых от ввода стояках	
Расстояние от разводящей магистрали или стояка до запорной арматуры на ответвлении	Контрольные квартиры	Линейка ГОСТ 427-75, рулетка ГОСТ 7502-80
Радиус изгиба	Контрольные квартиры	Наборы металлических угольников, шаблонов ГОСТ 4126-82, ГОСТ 3749-77, штангенцир-

		куль ГОСТ 166-80*
--	--	-------------------

Продолжение табл. 1

1	2	3
Овальность сечения труб в местах изгиба	Контрольные квартиры	Линейка ГОСТ 427-75, рулетка ГОСТ 7502-80
Расстояние между креплениями трубопроводов разводящих магистралей, стояков, подводов	чердак, техническое подполье, контрольные квартиры	Линейка ГОСТ 427-75, рулетка ГОСТ 7502-80
Перпендикулярность фланцев к оси трубы	На узле теплового ввода	Наборы металлических угольников, шаблонов ГОСТ 4126-82, ГОСТ 3749-77, штангенциркуль ГОСТ 166-80*
Система водоотведения		
Уклоны трубопроводов	В контрольных квартирах, техническом подполье	Уровень (уклономер) ТУ 25-11-760-72

Третий этап – поверочный расчет и камеральная обработка данных обследования.

Поверочные расчеты выполняются с учетом результатов обследования (выявленных дефектов, отклонений от размеров, коррозионного износа, реальных прочностных свойств материала, действительных расчетных схем и нагрузок, температурных воздействий и т. д.).

По результатам обследования составляется акт с приложением документов, использованных при работе (копии схем обследованных участков или узлов, места отбора проб материалов, акты лабораторных анализов проб материалов и т.п.).

Совокупность инженерных устройств, обеспечивающих подачу воды из наружного водопровода здания к водоразборным приборам с необходимым напором, называется **системой водоснабжения здания**.

Наладку систем внутреннего водопровода производят два раза в год в период подготовки зданий к весенне-летнему и зимнему периодам эксплуатации, при этом сети систем водоснабжения испытывают давлением, превышающим рабочее на 2 кг/см^2 , но не более 6 кг/см^2 .

Испытание систем водоснабжения проводят в соответствие с требованиями нормативных документов [5].

Неисправности, выявленные в процессе эксплуатации в межремонтный период, необходимо устранять в сроки, установленные Правилами и нормами технической эксплуатации жилищного фонда, а при авариях — немедленно.

Система водоотведения включает в себя инженерные сооружения и устройства, предназначенные для приема сточных жидкостей, транспортирования их к очистным сооружениям, очистки сточных вод, утилизации полезных веществ, содержащихся в осадке, и сброса очищенных вод. В системах внутреннего водоотведения два раза в год (при подготовке зданий к эксплуатации в весенне-летний и зимний периоды) проверяют исправность соединений трубопроводов, надежность их креплений и уклоны.

Трубопроводы, замонтированные в санитарно-технические блоки, а также установленные в санитарно-технических кабинках или в кирпичных стенах, подвергают в течение 10 мин гидравлическому испытанию давлением $0,3 \text{ кг/см}^2$, при этом падения давления не допускается. Работоспособность систем ВиВ оценивается по количеству имеющихся дефектов.

Системы ВиВ находятся в удовлетворительном состоянии, если в ней имеются частичные дефекты и недостатки (не более 25% от объема системы) [4]. Устранить эти дефекты возможно при техническом обслуживании и текущем ремонте.

В неудовлетворительном — значительные дефекты и неисправности, устранение которых связано с разработкой технической документации и капитальным ремонтом.

В аварийном — массовые дефекты и неисправности не позволяющие эксплуатацию системы.

2.2. Неисправности в системах водоснабжения и водоотведения жилых зданий

Аварийные ситуации в системах внутреннего водоснабжения и водоотведения возникают в результате полного (частичного) прекращения подачи (отведения) воды по следующим причинам: истечение срока службы (изношенность), некачественные материалы, оборудование, стихийные явления, прекращения энергоснабжения.

Нарушение технологических режимов работы оборудования, сооружений, сетей и т.д. происходят в результате несвоевременного проведения планово-предупредительного ремонта, нарушения правил технической эксплуатации систем.

Обследование состояния трубопроводов необходимо начинать с выявления следующих дефектов:

- свищей в металле труб;
- свищей (течей) в резьбовых соединениях;
- непрогрева полотенцесушителей.

Дефекты в системах водоснабжения

1. Нарушение плотности резьбовых или сварных соединений. Из-за неравномерной осадки грунта возможно расстройство раструбных соединений чугунных трубопроводов, нарушение сварных соединений стальных трубопроводов, переломы трубопроводов, которые из-за местных просадок плохо уплотненного грунта подвергаются изгибающим усилиям. Распространенной причиной разрушения вводов, особенно из стальных, плохо изолированных трубопроводов, является почвенная коррозия и коррозия, вызываемая блуждающими токами.

2. Резкое увеличение расхода воды против установленных норм водопотребления свидетельствует о неисправностях оборудования, утечках воды или нерациональном ее использовании. Для контроля за расходом воды устанавливают водомер.

3. Наличие обильного конденсата на водопроводных трубах свидетельствует о недостаточной вентиляции помещений, где они проложены. Причиной конденсата может также явиться плохая теплоизоляция рядом расположенных трубопроводов горячего водоснабжения.

4. Сверхнормативный шум и вибрация в помещениях от работы систем водопровода.

Часто в водопроводных системах возникают шумы, свидетельствующие о нарушении нормального режима работы и вызывающие жалобы населения. Наиболее характерные причины возникновения шумов:

4.1. Скорость воды в трубопроводе превышает 3 м/сек, в результате может возникнуть утечка ее через краны и смывные бачки, что может **явиться** причиной шума.

4.2. Источником шумов является выход воздуха из системы через краны и смесители с одновременным выбросом воды.

4.3. Местные сужения трубопроводов, являющиеся причиной снижения напоров, а также шумов, происходят из-за оседания на стенках труб растворенных в воде солей кальция, магния, железа и взвешенных частиц в воде.

5. Коррозия, наличие свищей и хомутов в трубопроводах и соединениях.

6. Частично или полностью не действующая запорно-регулирующая арматура, недействующие водоразборные приборы.

Дефекты в системах горячего водоснабжения

К дефектам и неисправностям системы горячего водоснабжения относятся:

1. засоры отдельных участков и системы в целом;
2. коррозия, наличие свищей и хомутов в трубопроводах соединениях и полотенцесушителях;
3. частично или полностью недействующая запорно-регулирующая арматура;
4. недействующие водоразборные приборы;
5. частичное или полное отсутствие изоляции трубопроводов в подвале и на стояках.

Дефекты в системах водоотведения зданий

К наиболее распространенным дефектам систем водоотведения относятся:

1. Нарушение плотности стыковых соединений и повреждения трубопроводов. Во вновь построенных зданиях, особенно высотных, в первые годы эксплуатации в результате осадочных деформаций (а в старых зданиях вследствие износа) наиболее распространенными причинами нарушения нормальной работы водоотводящих систем являются расстройство стыковых соединений, повреждение трубопроводов, нарушение работы сифонов и вытяжных вентиляционных труб.

2. Нарушение вытяжной вентиляции. Неприятный запах в помещениях свидетельствует о нарушении нормальной работы вентиляционного стояка, наличии неплотностей в трубопроводах и их стыковых соединениях, неисправности сифонов. Причиной нарушения вентиляции канализационной системы могут быть засоры, образование ледяных пробок, отсутствие флюгарок на верхнем конце трубопровода, а также опрокидывание тяги в вентиляционном стояке.

3. Нарушение работы сифонов. При быстром течении сточных вод могут иметь место «срывы» водяных затворов в сифонах, являющиеся также причиной проникания запахов в помещение. Одной из причин повышения скорости сточных вод являются местные сужения сечения трубопровода из-за засоров, поэтому при производстве наладочных работ трубопроводы, и особенно сифоны и подводки к приборам, необходимо прочищать и восстанавливать плотность их соединения.

4. Засорение трубопроводов. Засоры трубопроводов могут образоваться при попадании твердых крупных предметов, при контруклонах и в случае предельно допустимых уклонов при недостаточном количестве слива сточных вод. Засоры выпусков устраняют способом промывки трубопроводов струей воды под давлением.

Иногда причиной засора являются переломы труб дворовой канализации из-за местной просадки неуплотненного грунта в основаниях трубопровода. Часто засоры в трубопроводах образуются при попадании в сифоны и подводки к приборам песка, мыла, волокон от тряпок, крупных предметов.

2.3. Физический износ систем водоснабжения и водоотведения зданий

По результатам обследования определяют физический износ системы внутреннего водоснабжения и водоотведения здания.

Физический износ – утрата первоначальных технико-эксплуатационных качеств (пропускной способности, поддержание необходимых параметров, устойчивости, надёжности и т.д.) в результате воздействия природно-климатических факторов и жизнедеятельности человека.

Физический износ системы следует оценивать путём сравнения признаков физического износа, выявленных в результате визуального и инструментального обследования с величинами, приведёнными в табл. 2 [4].

Физический износ элементов системы, имеющих различную степень износа, следует определять по формуле:

$$\Phi_k = \sum_{i=1}^{i=n} \phi_i \frac{P_i}{P_k} \quad (1)$$

где Φ_k – физический износ элемента или системы, %;

ϕ_i – физический износ участка элемента или системы, определённый по табл.2;

P_i – размеры (площадь или длина) поврежденного участка, м² или м;

P_k – размеры всей конструкции, м² или м;

n – число поврежденных участков.

Таблица 2

Физический износ систем ВиВ

системы горячего водоснабжения		
признаки	Физический износ, %	Примерный состав работ
1	2	3
Ослабление сальниковых набивок, прокладок смесителей и запорной арматуры, отдельные нарушения теплоизоляции магистралей и стояков	0 – 20	Набивка сальников, замена прокладок, устройство теплоизоляции трубопроводов (местами)
Капельные течи в местах резьбовых соединений трубопроводов и врезки запорной арматуры; нарушение работы отдельных полотенцесушителей (течи, нарушение окраски, следы ремонта); нарушения теплоизоляции магистралей и стояков; поражение коррозией магистралей отдельными местами	21 – 41	Частичная замена запорной арматуры и отдельных полотенцесушителей, замера отдельными местами трубопроводов магистралей, восстановление теплоизоляции
Неисправность смесителей и запорной арматуры; следы ремонта трубопроводов и магистралей (хомуты, заплаты, замена отдельных участков); неудовлетворительная работа полотенцесушителей; значительная коррозия трубопроводов	41 – 60	Замена запорной арматуры, смесителей, полотенцесушителей; частичная замена трубопроводов магистралей и стояков

Продолжение табл. 2

1	2	3
Неисправность системы: выход из строя запорной арматуры, смесителей, полотенцесушителей, еды больших ремонтов системы в виде хомутов, частичных замен, заварок; коррозия элементов системы	61 – 80	Полная замена системы
Система холодного водоснабжения		
Ослабление сальниковых набивок и прокладок кранов и запорной арматуры, в некоторых смывных бачках имеются утечки воды, повреждение окраски трубопроводов в отдельных местах	0 – 20	Набивка сальников, смена прокладок в запорной арматуре, ремонт и регулировка смывных бачков
Капельные течи в местах врезки кранов и запорной арматуры; отдельные повреждения трубопроводов (свищи, течи); поражение коррозией отдельных участков трубопроводов; утечки воды в 20% приборов и смывных бачков	21 – 40	Частичная замена кранов и запорной арматуры, ремонт отдельных участков трубопроводов, восстановление окраски трубопроводов
Расстройство арматуры и смывных бачков (до 40%); следы ремонта трубопроводов (хомуты, заварка, замена отдельных участков); значительная коррозия трубопроводов; повреждение до 10% смывных бачков (трещины, потеря крышек, руко-	41 – 60	Замена запорной арматуры, частичная замена смывных бачков, замена отдельных участков трубопроводов, окраска трубопроводов

яток)		
-------	--	--

Продолжение табл. 2

1	2	3
Полное расстройство системы, выход из строя запорной арматуры, большое количество хомутов, следы замены отдельными местами трубопроводов, большая коррозия элементов системы, повреждение до 30% смывных бачков	61 – 80	Полная замена системы

Система водоотведения

Ослабление мест присоединения приборов; повреждение эмалированного покрытия моек, раковин, умывальников, ванн на площади до 10% их поверхности; трещины в трубопроводах из полимерных материалов	0 – 20	Уплотнение соединений, ремонт труб местами
Наличие течи в местах присоединения приборов до 10% всего количества; повреждение эмалированного покрытия моек, раковин, умывальников, ванн до 20% их поверхности; повреждение керамических умывальников и унитазов (сколы, трещины, выбоины) до 10% их количества; повреждения отдельных мест чугунных трубопроводов; значительное повреждение трубопроводов из полимерных материала-	21 – 40	Заделка мест присоединения приборов и ремонт чугунных трубопроводов в отдельных местах, частичная замена перхлорвиниловых (ПХВ) трубопроводов; замена отдельных приборов

ЛОВ		
Продолжение табл. 2		
1	2	3
Массовые течи в местах присоединения приборов; повреждение эмалированного покрытия моек, раковин, ванн, умывальников до 30% их поверхности; повреждение керамических умывальников и унитазов до 20% их количества; повреждение чугунных трубопроводов, массовые повреждения трубопроводов из полимерных материалов	41 – 60	Частичная замена трубопроводов и приборов, замена ПВХ-трубопроводов
Неисправность системы; повсеместные повреждения приборов; следы ремонтов (хомуты, заделка и замена отдельных участков)	61 – 80	Полная замена системы

Примечание: Если системе присущи все признаки износа, то следует принимать физический износ равный верхней границе интервала. Если в результате обследования выявлен только один или несколько признаков износа, то физический износ следует принимать равным нижней границе интервала.

3. ДИАГНОСТИКА НАРУЖНЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ И ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ

3.1. Схема технического диагностирования наружных водопроводных и водоотводящих сетей

Техническое диагностирование систем и сооружений водоснабжения и водоотведения состоит из следующих основных этапов:

- анализ технической (проектной, исполнительной и эксплуатационной) документации;
- контроль функционирования;

- контроль технического состояния;
- анализ повреждений и параметров технического состояния;
- принятие решения о возможности дальнейшей эксплуатации;
- оформление результатов диагностирования технического состояния.

Анализ технической документации

Анализу подлежат проектная, исполнительная и эксплуатационная документация и паспорта на оборудование систем ВиВ.

Анализ технической документации предусматривает получение следующей информации:

- дата ввода в эксплуатацию объектов;
- данные о неисправностях и проведённых ремонтах;
- схемы систем водоснабжения и водоотведения;
- соответствие оборудования маркам, заложенным в проектно-технической документации;
- проверка сроков государственной метрологической поверки контрольно-измерительных приборов (манометров), узлов учёта расхода воды;
- сведения о режиме работы в процессе эксплуатации.

По результатам анализа составляется протокол, который должен содержать:

- перечень проанализированной документации;
- перечень оборудования и элементов, их технические характеристики и параметры;
- режим работы и условия эксплуатации, перечень повреждений и отказов.

Основным документом технической инвентаризации для водопроводных сетей является поучичный план-схема с нанесёнными на нем всеми сетевыми сооружениями и устройствами. На плане-схеме указывают диаметр, длину, материал и глубину заложения труб, материал заделки стыков, материал колодцев, год прокладки труб. Кроме того, должны быть указаны места вводов в здания и даны привязки всех колодцев к постоянным сооружениям тремя прямоугольными координатами. На каждый ввод по установленной форме составляют учетную карточку, в которой отмечают год его прокладки, диаметр, материал и глубину заложения.

Документами технической инвентаризации для канализационных сетей служат: план сети района с нанесенными выпусками, диаметрами и протяженностью уличных коллекторов; поуличные планы-схемы с указанием диаметров, уклонов и глубин заложений труб, местоположения всех колодцев, расстояний между колодцами, направления течения воды и мест присоединений микрорайонных канализаций; исполнительные чертежи на городскую и микрорайонную сеть с документами приемки их в эксплуатацию; инвентарная ведомость всей сети с указанием дат постройки, технической характеристики каждой линии, первоначальной стоимости и даты ввода в эксплуатацию; технические паспорта на каждую уличную линию. Все ежегодные изменения, происходящие на сетевых сооружениях, оформляют актом и вносят в инвентаризационные данные.

Контроль функционирования

Данный вид контроля проводится с целью получения данных о работоспособности оборудования, выявления и предотвращения возможности возникновения отказов.

Контроль функционирования включает следующие работы:

- проверка плотности всех соединений;
- проверка функционирования запорной арматуры;
- проверка пределов регулирования давления при изменении расхода.

По результатам оформляется протокол.

Контроль технического состояния

Контроль технического состояния систем ВиВ проводится с целью получения информации о реальном техническом состоянии объекта, наличии повреждений и дефектов, выявления причин и механизмов их возникновения и развития.

Оценка технического состояния систем ВиВ осуществляется с помощью методик на применяемые методы неразрушающего контроля, паспортов на приборы и оборудование.

В рамках технического обслуживания систем холодного водоснабжения и канализации проводят такие мероприятия, как надзор и технический учет за уровнем потребляемой и отводимой воды, устранение утечек.

Проводят проверку работы запорной и регулирующей арматуры и других устройств водопроводной и канализационной сети. Также де-

лают очистку и замену водяных фильтров, прочистку дренажных труб и очистку колодцев, промывку и чистку гидрозатворов, откачивание воды из камер и колодцев. Во избежание аварийных ситуаций для нормальной работы канализационной системы периодически проводят чистку сточных труб, а также своевременную замену и ремонт обветшалых труб.

Перечисленные работы входят в список задач комплексного технического обслуживания.

Контроль технического состояния включает в себя:

- визуальный и измерительный контроль;
- неразрушающий контроль сварных соединений;
- замер толщины стенок (толщинометрия);
- проверку на прочность;
- проверку на герметичность.

Визуальный и измерительный контроль проводится в соответствии с требованиями РД 34.10.130 "Инструкция по визуальному и измерительному контролю".

Диагностирование систем водоснабжения и водоотведения должно базироваться на систематическом, планомерном накоплении сведений об их техническом состоянии от пуска объекта в эксплуатацию до окончания срока службы.

Анализ повреждений и технического состояния

Анализ повреждений и параметров технического состояния проводится на основании данных, полученных на всех этапах технического диагностирования, и должен включать оценку основных параметров контроля функционирования и технического состояния на соответствие их требованиям нормативно - технической документации.

Цель анализа – установление уровня повреждений и текущего технического состояния систем водоснабжения и водоотведения, что является необходимым для прогнозирования остаточного ресурса.

Принятие решения о возможности дальнейшей эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения

Дальнейшая эксплуатация систем ВиВ возможна систем:

- при полном соответствии оборудования и приборов проектной документации;
- при соответствии основных технических характеристик оборудования и приборов техническим условиям;

- при положительных результатах испытаний трубопроводов и оборудования на прочность и герметичность.

При обнаружении в процессе испытаний недопустимых дефектов и повреждений дальнейшая эксплуатация возможна после проведения ремонтно-восстановительных работ.

Оформление результатов технического диагностирования

На выполненные работы по техническому диагностированию систем и сооружений ВиВ составляется документация (акты, заключения, протоколы, таблицы, фотографии и др.), в которой должны быть отражены все обнаруженные повреждения, дефекты, особенности эксплуатации.

В документах указываются:

- дата проведения;
- основание для проведения работ;
- наименование диагностируемого объекта, наименование организации, проводящей техническое диагностирование;
- данные о контролируемом объекте;
- основные параметры технического диагностирования;
- анализ данных, полученных при техническом диагностировании.

3.2. Мониторинг за состоянием наружных водопроводных и водоотводящих сетей

3.2.1. Обследование водопроводных сетей

Основной задачей эксплуатации водопроводных сетей и сооружений является поддержание их в постоянной исправности с целью обеспечения бесперебойной подачи потребителям необходимого количества воды высокого качества и при заданном напоре. Для выполнения этой задачи проводятся работы по содержанию и ремонту сети, в том числе с использованием средств телевизионной диагностики.

К плановым работам относят:

- обход по трассе водопроводных линий и проверка наличия координатных таблиц, проверка состояния крышек колодцев и других сетевых сооружений; выявление про-

валов мостовых у колодцев и на трассе водопроводных линий, течей на сети и других неисправностей;

- проверка технического состояния сетевой арматуры и прочего сетевого оборудования (задвижек, пожарных гидрантов, колодцев и т. д.);
- обследование технического состояния вводов в здания, дюкеров и переходов под железнодорожными путями и автомобильными дорогами; проверка состояния уличных водоразборных колонок и регулировка их работы;
- изучение режима работы сети, заключающееся в выявлении распределения свободных напоров путем проверки давления (манометрами) в контрольных точках, а также степени загрузки водопроводных линий;
- промывка тупиковых участков сети водой со скоростью движения не менее 1 м/сек до тех пор, пока качество воды, подаваемой в трубопровод и выходящей из него, не будет одинаковым;
- предохранение сооружений от замерзания, заключающееся в утеплении перед зимним сезоном пожарных гидрантов, вантузов и задвижек, установленных в колодцах, соломой, отходами хлопка, войлоком, паклей, древесной стружкой и пр.

Наружный осмотр трассы водопроводной сети производят не реже 1 раза в 2 месяца бригадами численностью 1–2 чел.

Профилактическое обслуживание (текущий ремонт) сооружений и устройств сети водоснабжения проводят два раза в год.

Текущий ремонт сети, планируемый на основании данных, полученных при периодических осмотрах сети, заключается в выполнении небольших по объему работ (ремонт колодцев, регулировка крышек колодцев и т. д.) и профилактических мероприятий (промывка и очистка трубопроводов, очистка колодцев и т. д.).

3.2.2. Обследование водоотводящих сетей

Надзор за состоянием канализационной сети включает в себя планирование, организацию и выполнение регулярных осмотров трубопроводов, сооружений и эксплуатируемого оборудования, который подразделяется на:

- наружный (поверхностный) осмотр;
- технический осмотр канализационных трубопроводов, сооружений, техническое обслуживание запорной арматуры и

- другого оборудования, установленного на канализационной сети;
- осмотр внутренней поверхности трубопроводов методом телевизионной диагностики.

Целью проведения **наружного осмотра** является своевременное обнаружение и предупреждение условий, угрожающих сохранности и нормальному режиму работы канализационной сети и сооружений.

Наружный осмотр производится путем обхода трасс и осмотра внешнего состояния сооружений на сети без опускания людей в колодцы и камеры.

Наружный осмотр сети производится в соответствии с установленным планом работ не реже 1 раза в 2 месяца бригадой из двух человек.

Выявленные во время осмотров дефекты устраняются по возможности немедленно или подлежат устранению при очередном текущем или капитальном ремонте трубопроводов в зависимости от характера дефекта.

Поверхностный осмотр канализационных трубопроводов и сооружений на них включает в себя:

- а) проверку состояния координатных табличек;
- б) проверку внешнего состояния камер/колодцев;
- в) проверку наличия крышек;
- г) проверку наличия просадок грунта по трассе и около колодца;
- д) проверку наличия завалов, разрывов в месте прохождения трассы;
- е) проверку размещения объектов, строительных и других работ вблизи трубопроводов и сооружений;
- ж) проверку наличия свободного проезда к камерам, колодцам.

При осмотре люков обращают внимание на то, чтобы корпус люка плотно прилегал к горловине колодца, чтобы исключить проникновение в колодцы поверхностного стока.

В отдельные сезоны года наружный осмотр сети имеет свои особенности. Например, весной, за 4–5 дней до паводка крышки должны быть очищены, проверена сохранность люков, плотность их соединения с горловинами колодцев, проверено состояние аварийных выпусков, которые должны быть закрыты и опломбированы.

В обязательном порядке регулярному **техническому осмотру** подлежат:

- запорная арматура и другие устройства, обеспечивающие оптимальные параметры работы сети;
- напорные канализационные сети, в том числе: проходящие под (над) линиями метрополитена и железных дорог, а так же расположенные на трассах (маршрутах) проезда, мест постоянного и временного пребывания объектов государственной охраны (режимные трассы города);

- джокеры;
- аварийные выпуски;
- связки и узлы переключений;
- коллектора.

Технический осмотр водоотводящей сети, устройств и сооружений на ней выполняют периодически:

- коллекторов и каналов, смотровых колодцев и выпусков – 1 раз в год;
- камер, эстакад и переходов – не реже 1 раза в квартал;
- для каналов большого диаметра (2,5–4,5 м) – 1 раз в 2 года.

При техническом осмотре полностью выявляют дефекты физического состояния и гидравлические условия работы водоотводящей сети, проверяют действия оборудования и ликвидируют мелкие неисправности. Технический осмотр водоотводящей сети проводится по специальному графику в тёплое или удобное для эксплуатации время года.

Целью телевизионной диагностики (ТВД) канализационной сети является определение технического состояния внутренней поверхности напорных трубопроводов.

При телевизионно-диагностическом осмотре фиксируются все дефекты трубопроводов на каждом осматриваемом интервале с указанием их точного места (трещины, свищи, расхождение стыков, наличие «мешков», истирание лотковой части труб, состояние свода трубопроводов и т.д.), а также осуществляется замер толщины стенки трубопровода.

Ежегодные объёмы проведения ТВД напорной сети должны формироваться с учетом, заранее планируемых, работ по санации и реконструкции трубопроводов.

Обследование водосточной сети и сооружений осуществляется 2 раза в год:

Первый – весной после пропуски паводка для учёта возможных повреждений и определение объёма ремонтных работ;

Второй – осенью при подготовке сооружений к зиме.

3.3. Основные дефекты наружных трубопроводов систем ВиВ

- высокий износ;
- неправильный выбор материала труб и класса их прочности, отвечающего фактическим внешним и внутренним нагрузкам, воздействующим на трубопровод;
- несоблюдение технологии укладки и монтажа труб;
- отсутствие необходимых мер по защите трубопроводов от агрессивного воздействия внешней и внутренней среды;

- разрушающие давления, воздействие гидравлических ударов, падение долговременной прочности; несоответствие качества труб требованиям ГОСТов и т. п.

При эксплуатации водоотводящих чаще других встречаются пять типов патологий:

- нарушения в стыках,
- дефекты внутренней поверхности труб,
- засоры различного происхождения,
- нарушение герметичности стенок,
- деформация стенок трубы.

Наиболее подробный перечень патологий водоотводящих сетей приведён в [6].

3.4. Методы контроля и диагностирования трубопроводов систем ВиВ

На практике используются следующие методы контроля:

- визуальный;
- измерительный;
- акустико-эмиссионный;
- капиллярный;
- магнитный;
- ультразвуковой.

Визуальный контроль проводится на надземных трубопроводах. Этот метод позволяет выявить видимые дефекты: деформации, задиры, вмятины, прогибы, коррозионные язвы, изменение исходной формы, утечки. Может проводиться с применением осветительных и оптических приборов, например, прибора типа РВП для внутреннего осмотра труб, эндоскопа, лупы ЛП1-5Х и других средств. При осмотре необходимо установить исправность трубопровода и возможность его дальнейшей эксплуатации. Особое внимание следует уделять участкам трубопроводов, работающих в опасных условиях, где наиболее вероятен износ трубопроводов (целостности стыков, сдвигов между ними, целостность материала трубопровода, и т.д.).

В условиях больших городов при высокой плотности застройки визуальный осмотр подземных систем ВиВ робототехническими комплексами предпочтительней по сравнению с другими методами контроля, например, использование корреляторов, течеискателей, и т.д. Кроме обнаружения течи, ТВ-установки позволяют обследовать внут-

рение поверхности трубопроводов, выявлять наличие коррозионных образований, размеры и характер солевых отложений, и т.д.

Телеинспекция канализационных коллекторов

Телеинспекция может также применяться для выявления следующих дефектов коллекторов:

- выявления мест полного разрушения верхнего свода больших коллекторов для последующего своевременного ремонта и предотвращения провалов на дорогах и в жилых районах;
- выявления мест формирующегося засора коллекторов для своевременной прочистки и предотвращения выброса канализационных стоков на улицы;
- выявления расстыковки и разрушений труб канализации для предотвращения попадания ливневых стоков в канализацию и перегрузки очистных сооружений.

Телеинспекция водопроводных трубопроводов

- позволяет выявить наличие посторонних предметов, песка, проверить качество соединений труб;
- выявить закрытые колодцы и определить схемы прокладки трубопроводов (для восстановления схем утраченных инженерных коммуникаций и т.д.).

Телеинспекция позволяет исключить из планового ремонта работоспособные участки трубопровода.

Измерительный контроль позволяет определить геометрические размеры дефектов. Средствами контроля при этом методе являются линейки, штангенциркули, ультразвуковые толщиномеры. Особое внимание на толщину стенки следует обращать в околошовных зонах.

Замер толщины стенок трубопроводов должен производиться на участках, работающих в наиболее сложных условиях: отводах (коленах, гйбах), тройниках, врезках, местах сужения трубопроводов, перед арматурой и после нее, в местах скопления конденсата, застойных зонах, дренажах, тупиковых и временно неработающих участках, корпусах арматуры, воротниках фланцев, и т.д.

Если размер дефекта не определяется измерительным контролем, обследуемые участки подвергаются контролю неразрушающими методами.

При **акустико-эмиссионном контроле** диагностирование трубопровода осуществляется созданием в нём избыточного давления в несколько циклов согласно графику нагружения. Источниками АЭ являются процессы развития трещин, переход материала в пластическое состояние и т.п., а также, процессы, связанные с наличием дефектов – разрушение продуктов коррозии в полости трещины, разрушение и

отслоение шлаковых включений. Источниками АЭ являются также турбулентные или кавитационные режимы движения рабочего вещества такие, как утечки через сквозные дефекты, разуплотненную запорную арматуру (заглушки). К числу дефектов, выявляемых при АЭ-контроле, относятся трещины и участки, в которых происходит коррозионное растрескивание и течи.

При **АЭ-контроле** выявляются развивающиеся и склонные к развитию (проявляющихся в процессе изменения нагрузки) дефекты или наличия течи, определение их местоположения и оценка степени их опасности. Количественные характеристики обнаруженных опасных дефектов такие, как размеры, ориентация и т.д. определяются при помощи дополнительных методов неразрушающего контроля в соответствии с действующей НТД. К объектам АЭ-контроля относятся линейные участки, переходы через естественные и искусственные препятствия, линейная запорная арматура, отводы, места врезок трубопроводов. Использование АЭ метода возможно на объектах находящихся в условиях напряженно-деформированного состояния под воздействием различных агрессивных сред. АЭ-контроль линейной части трубопроводов проводится в период эксплуатации, либо при выводе объекта из эксплуатации, при проведении гидравлического или пневматического испытаний объекта контроля.

Капиллярному контролю подлежат трубопроводы и сварные соединения, которые были выявлены при АЭ-контроле. Данным методом выявляются дефекты, выходящие на поверхность труб (трещины, расслоения, закаты). Трубопроводы считаются годными к эксплуатации, если индикаторные следы дефектов отсутствуют.

Магнитопорошковый контроль применяют в тех же случаях, что и капиллярный. Этот метод позволяет выявлять поверхностные и подповерхностные трещины. При обнаружении трещин любого размера участок трубопровода должен быть забракован.

Магнитометрический контроль даёт возможность:

- диагностировать трубопроводы любого диаметра и любой конструкции;
- определять участки с дефектами металла любой природы: механические повреждения, коррозионные процессы, нарушение целостности изоляционного покрытия, дефекты сварных соединений;
- существенно сократить время полного цикла проведения работ;
- оценить работоспособность дефектных участков с расчетом периода безопасной работы и допустимого рабочего

давления трубопровода, разработать предложения по режимам эксплуатации, техническому обслуживанию и реконструкции объектов.

Ультразвуковой контроль как дополнительный применяют по результатам визуального, акустико-эмиссионного, магнитометрического и капиллярного контроля. Ультразвуковой контроль трубопроводов включает в себя неразрушающий контроль трубопроводов, выборочный контроль без вывода систем водоснабжения и водоотведения из эксплуатации. Кроме того, этот метод применяется при проведении сертификации труб.

Ультразвуковой контроль трубопроводов позволяет выявлять дефекты, связанные с нарушением сплошности (раковины, поры, неметаллические включения, трещины, непровары и т.д.) и измерять толщину изделий.

Дефекты, обнаруженные при ультразвуковом обследовании, классифицируют на непротяжённые, протяжённые и цепочки.

К **непротяжённым** относятся дефекты, длина которых не превышает: 5 мм – при толщине стенки труб 7,5 мм и менее, 10 мм – при $8 \leq \delta \leq 11,5$ мм, 15 мм – при $\delta \geq 12$. Непротяжёнными дефектами являются одиночные поры, компактные шлаковые включения, одиночные коррозионные язвы.

К **протяжённым** относятся дефекты, длина которых превышает вышеуказанные значения. Протяжёнными дефектами являются одиночные удлинённые неметаллические включения и поры, непровары, трещины, коррозионные повреждения.

Цепочкой (скоплением) считают три и более дефекта.

Годными к эксплуатации считаются трубопроводы и сварные соединения, в которых отсутствуют:

- непротяжённые дефекты;
- цепочки, для которых амплитуда эхо-сигнала от любого дефекта превышает амплитуду эхо-сигнала от контрольного отражателя в стандартном образце предприятия;

Участки трубопроводов с недопустимыми дефектами отбраковываются.

По результатам комплексной диагностики подземных трубопроводов составляется специальная анкета (паспорт), примерный вид которого представлен в табл. 3.

Таблица 3

Результаты комплексной диагностики

Рубрикатор	Содержание
Общие сведения	Наименование населенного пункта, улицы, дома, номер колодца, дата обследования
Сведения о трубопроводе	Год укладки, диаметр, протяженность, глубина прокладки, тип стыковочного узла и материал кольцевых уплотнительных прокладок, состояние поддерживающего основания ...
Состояние участка трубопровода (по результатам анализа)	Внешняя поверхность: цвет, наличие и характер повреждений... Внутренняя поверхность: цвет, наличие и характер повреждений...
Сведения о грунте вдоль трассы	Тип грунта: естественный местный грунт, насыпной привозной ...
Состояние окружающей среды	Цвет окружающего грунта, запах, влажность, и т.д. Место расположения трубы: под проезжей частью, под тротуаром и т.д. Близость расположения других коммуникаций и т.д. Наличие воздействий: химического, электрического, биологического и т.д.
Сведения об авариях (дефектах, повреждениях)	Тип аварий: единичные продольные трещины, круговые трещины, свищи, лучевые трещины боковой поверхности, смещение в стыках и т.д. Места дефектов или повреждений: по длине трубы, по периметру, в стыках и т.д.

3.5. Выбор приоритетных участков реновации

Конечной целью обследования трубопроводов является определение первоочередных объектов восстановления (реновации), т.е. наиболее ущербных участков городской сети, подлежащих перекладке или ремонту.

Подход к определению первоочередного объекта реабилитации трубопроводов базируется на выделении базового фактора, которым служит его надежность, а также метод оценки определённого количе-

ства косвенных дестабилизирующих факторов, влияющих на показатели надежности участков трубопроводов в реальных условиях эксплуатации.

Оценка косвенных факторов и их ранжирование по значимости к приоритетному фактору (аварийности) должно производиться с учётом двух основных условий: минимального ущерба (материального, экологического, социального) в случае аварийной ситуации, например, отказа участка водоотводящей сети и увеличения срока безаварийной эксплуатации участков сети.

При разработке стратегии реновации к косвенным факторам на риск возникновения аварии в водоотводящих сетях следует отнести 11 факторов [6] (представлены в тексте в произвольной форме без учёта ранжирования):

- год укладки трубопровода – №2;
- диаметр трубопровода (толщина стенок) – №3;
- нарушение в стыках трубопроводов – №4;
- дефекты внутренней поверхности – №5;
- засоры, препятствия – №6;
- нарушение герметичности – №7;
- деформация тела трубы – №8;
- глубина заложения труб – №9;
- состояние грунтов вокруг трубопровода – №10;
- наличие (отсутствие) подземных вод – №11;
- интенсивность транспортных потоков – №12.

Представленный список не полностью отражает косвенные факторы, вызывающие аварийность. В зависимости от конкретных условий эксплуатации в это список можно вносить коррективы (например, наличие или отсутствие станций катодной защиты, качественные характеристики транспортируемых сточных вод...).

Влияние 11 косвенных факторов (№ 2-№ 12) на базовый, т. е. аварийность водоотводящей сети (№ 1), рис. 1 и определение их приоритетности по балльной системе производится с помощью математической модели (теории графов) посредством составления матриц доминирования, устанавливающих общую связность (т.е. наличие или отсутствие связей вершин графа) всех элементов системы с учётом множества возможных сочленений и выявлением ранга доминирования (или значимости). Значимость одного фактора по отношению к другому определяется рангом, равным сумме элементов строки матрицы.

Решение этой задачи базируется на основе использования современных информационных технологий. По средствам работы автомати-

зированных программ выявляются приоритетные участки восстановления, имеющие максимальное количество баллов.

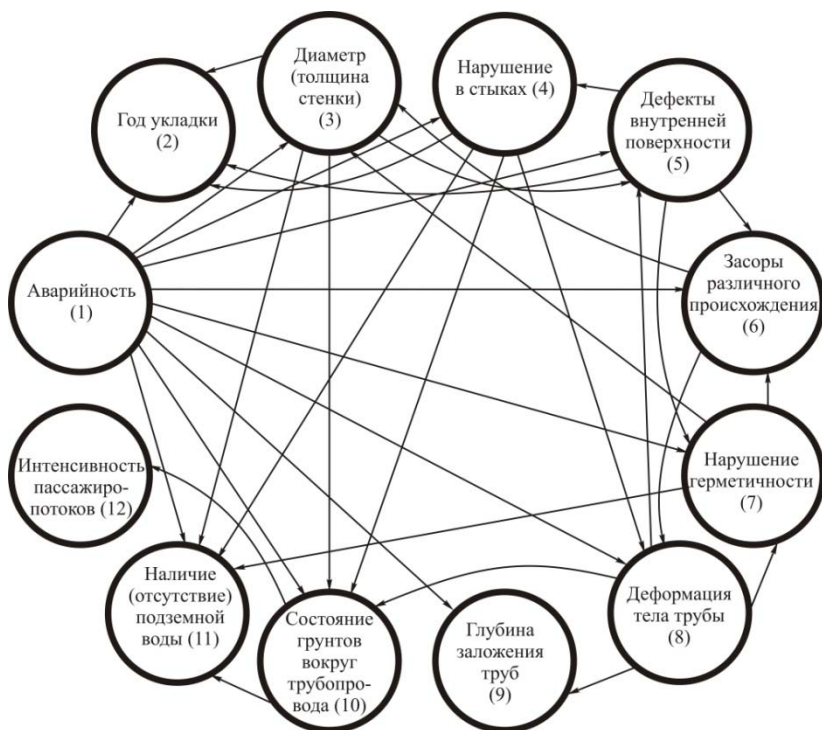


Рис. 1. Граф связности факторов, влияющих на аварийность водоотводящей сети

В настоящее время ГУП «МосводоканалНИИпроект» совместно с МГУП «Мосводоканал» и МГСУ разработана **методика оценки и прогноза технического состояния трубопроводов**, которая базируется на комплексном использовании статистических методов оценки надёжности, анализе факторов, дестабилизирующих их надёжность и на результатах технической диагностики.

Данная методика включает:

- оценку и прогноз показателей надёжности трубопроводов на основе автоматизированной системы регистрации, хранения и

- обработки данных по аварийности трубопроводов и анализа условий их прокладки и эксплуатации;
- планирование и проведение комплексной технической диагностики трубопроводов;
 - анализ их дефектов, ранжирование и оценку факторов, дестабилизирующих надежность и долговечность сетей – выявление «слабых» звеньев системы – участков трубопроводов;
 - прочностные расчеты, оценку остаточного ресурса трубопроводов;
 - прогноз их технического состояния.

4. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Сварные швы и соединения должны быть непроницаемыми для различных жидкостей и газов. Неплотности в швах снижают их прочность при вибрационных нагрузках, уменьшают коррозионную стойкость, вызывают утечку хранимых и транспортируемых продуктов и создают недопустимые условия эксплуатации сварных конструкций.

Контроль непроницаемости сварных соединений проводят в соответствии с ГОСТ, включая следующие виды испытаний: капиллярный, вакуумный, пневматический, радиографический, ультразвуковой, магнитометрический, акустико-эмиссионный.

Перед проведением испытаний должны быть устранены все дефекты, выявленные внешним осмотром.

4.1. Дефекты сварных соединений

Наплывы – образуются при сварке горизонтальными швами вертикальных поверхностей в результате натекания жидкого металла на кромки холодного основного металла.

Подрезы – представляют собой углубления, образующиеся в основном металле вдоль края шва при завышенном сварочном токе и длинной дуге.

Прожоги – это проплавление основного или наплавленного металла с возможным образованием сквозных отверстий.

Дефекты макроструктуры

Газовые поры – образуются в сварных швах вследствие быстрого затвердения газонасыщенного расплавленного металла, при котором выделяющиеся газы не успевают выйти в атмосферу.

Шлаковые включения – результат небрежной очистки кромок деталей и сварочной проволоки от окалины, ржавчины и грязи.

Непровар – местное несплавление основного металла с наплавленным.

Дефекты микроструктуры

Дефектами микроструктуры сварного соединения являются: микропоры и микротрещины, нитридные, кислородные и другие неметаллические включения, крупнозернистость, участки перегрева и пережога. Наиболее опасным дефектом является *пережог*, при котором в структуре металла шва много окисленных зерен с малым взаимным сцеплением.

Сварные швы бракуют, если выявляются следующие дефекты:

- трещины любых размеров;
- непровар глубиной более 15% толщины стенки трубы, если она не превышает 20 мм и не более 3 мм при толщине стенки свыше 20мм;
- шлаковые включения и поры глубиной более 10% толщины стенки трубы, если она не превышает 20 мм и 3 мм при толщине свыше 20мм;
- скопления включений и пор в виде сплошной сетки.

4.2. Операционный контроль качества сварочных работ

Методы операционного контроля качества должны предусматривать в зависимости от типа вида свариваемых конструкций и трубопроводов следующие [7]:

- визуальный (внешний) и измерительный;
- неразрушающие (физические) методы контроля: ультразвуковой по ГОСТ 14782-86 или радиографический по ГОСТ 7512-82;
- механические испытания по ГОСТ 89962-66*.

При визуальном контроле сварные швы должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь гладкую или равномерно чешуйчатую поверхность без резких переходов к основному металлу;
- швы должны быть плотными по всей длине и не иметь видимых прожогов, сужений, перерывов, наплывов, а также недопустимых по размерам подрезов, непроваров в корне шва, несплавлений по кромкам, шлаковых включений и пор;
- металл шва и околошовной зоны не должен иметь трещин любой ориентации и длины;
- кратеры швов в местах остановки сварки должны быть переварены, а в местах окончания – заварены.

Неразрушающий контроль качества сварных соединений необходимо выполнять после исправления недопустимых дефектов, выявленных визуальным и измерительным контролем.

Контролю в первую очередь должны быть подвергнуты швы в местах с признаками дефектов.

Контроль должен осуществляться в соответствии с требованиями стандартов, проектной и технологической документации. Неразрушающий контроль должен производиться специалистами (дефектоскопистами), аттестованными в установленном порядке.

Использование **капиллярного метода** основано на способности многих жидкостей подниматься по капиллярным трубкам, какими в сварных швах являются сквозные поры и трещины. Керосин обладает высокой смачивающей способностью и сравнительно малой вязкостью, что обеспечивает большой эффект этого способа контроля.

О наличии пор, свищей, сквозных трещин и непроваров свидетельствуют жирные желтые точки или полосы керосина на меловом слое, которые с течением времени расплываются в пятна. Поэтому необходимо тщательно следить за появлением первых точек или полосок и своевременно отмечать границы дефектных участков.

При испытании **обдувом** одну сторону сварного шва промазывают мыльным раствором (вода 1 л, мыло хозяйственное 100 г), а другую обдувают сжатым воздухом, подаваемым по гибкому шлангу с наконечником под давлением 4-5 кгс/см². Расстояние между наконечником и швом должно быть не более 50 мм.

Сквозные дефекты обнаруживают по появлению пузырей на промазанной мыльным раствором стороне шва.

Вакуумный контроль герметичности сварных соединений осуществляется с помощью вакуум-камеры и пенных индикаторных растворов. В местах сквозных дефектов возникают пульсирующие пузырьки.

В местах мельчайших сквозных дефектов обнаруживаются скопления мелких нелопавшихся пузырьков.

С помощью ультразвукового неразрушающего контроля:

- выявляют дефекты типа нарушения сплошности (раковины, поры, неметаллические включения, трещины различных видов, непровары, непропаи, дефекты многослойных конструкций и др.);
- контролируют геометрические размеры изделий (толщины труб, прутков, листов и др., имеющих односторонний доступ);
- определяют физико-механические свойства и структуру материала (механические свойства, модуль упругости, величину зерна, отклонения режимов термической и пластической обработки).

Магнитографический контроль наиболее чётко выявляет продольные трещины, непровары, цепочки и скопления шлаковых включений и газовых пор.

При магнитном контроле необходимо, чтобы дефекты были расположены перпендикулярно или под небольшим углом к направлению магнитного потока. При параллельном расположении дефекта рассеяния почти не возникает и дефект обнаружить невозможно.

Радиографический контроль сварных соединений позволяет выявлять следующие виды дефектов в сварном шве: газовые включения; непровары; прожоги; разность в толщине стенок; смещение стыкуемых элементов; крупные трещины.

Наиболее эффективным методом выявления дефектов сварных соединений является акстико-эмиссионный.

Контроль качества соединений стальных трубопроводов

При приемочном контроле осуществляют приемку готовых изделий по качеству на основании данных входного и оперативного контроля.

Объем контроля сварных соединений стальных трубопроводов неразрушающими методами в процентном соотношении к общему числу стыков, сваренных каждым сварщиком (но не менее одного стыка) должен приниматься в соответствии с данными табл. 4 [7].

В качестве неразрушающих методов контроля следует применять с учетом конкретных условий преимущественно ультразвуковой и радиографический методы.

Таблица 4

Категории трубопроводов	Число стыков, %
P_y свыше 10 МПа (10 кгс/см ²)	100
I категории	20
II категории	10
III категории	2
IV категории	1

По результатам ультразвукового метода контроля сварных соединений трубопроводов P_y свыше 10 МПа остаются качественными, если отсутствуют:

- протяженные плоскостные и объемные дефекты;
- объемные непротяженные дефекты с амплитудой отраженного сигнала, соответствующей эквивалентной площади 2 мм² и более – при толщине стенки трубы до 20 мм и 3 мм² – при толщине стенки свыше 20 мм;
- объемные непротяженные дефекты с амплитудой отраженного сигнала, соответствующей эквивалентной площади до 2 мм² – при толщине стенки трубы до 20 мм и 3 мм² – при толщине стенки свыше 20 мм, в количестве более трех на каждые 100 мм шва.

Испытание сварных соединений из нержавеющей сталей следует производить на склонность к межкристаллитной коррозии в случаях, оговоренных проектом, в соответствии с ГОСТ 6032-75.

При приемке трубопроводов производится контроль качества сварных соединений путем гидравлических испытаний на прочность и герметичность [7].

Контроль качества соединений трубопроводов из цветных металлов и сплавов

Контроль качества сварных и паяных соединений следует выполнять путем:

- внешнего осмотра швов;
- гидравлического или пневматического испытания трубопроводов в соответствии с указаниями [7].

По внешнему виду швы должны иметь гладкую поверхность с плавным переходом к основному металлу. Наплывы, плены, раковины, посторонние включения и непропай не допускаются.

Дефектные места швов разрешается исправлять сваркой, пайкой с последующим повторным испытанием, но не более двух раз.

Контроль качества соединений трубопроводов из полимерных материалов

Контроль качества соединений пластмассовых трубопроводов должен включать входной, операционный и приемочный контроль (внешний осмотр и измерения, ускоренную проверку качества сварных соединений и их механические испытания). Контроль качества сварных соединений выполняется в соответствии с нормативной документацией.

Визуальному обследованию подлежат все сварные и клеевые соединения. Внешний вид соединения должен отвечать следующим требованиям:

а) валик сварного соединения, полученный в результате контактной сварки встык, должен быть симметричным и равномерно распределенным по ширине и периметру;

б) валик сварного соединения не должен иметь резкой разграничительной линии, его поверхность должна быть гладкой, без трещин, газовых пузырей и инородных включений; при сварке внахлест валик должен быть равномерно распределен по торцу раструба;

в) при газовой прутковой сварке поливинилхлоридных труб не должно быть пустот между прутками, пережога материала изделий и сварочных прутков, неравномерного усиления сварного соединения по ширине и высоте, а его поверхность должна быть выпуклой и иметь плавное примыкание к основному материалу;

г) при склеивании труб зазор между ними должен быть заполнен клеевой пленкой, равномерно выступающей по периметру соединения.

Для оценки качества сварных соединений, выполненных при помощи муфт и отводов с закладными нагревателями, муфтовые соединения испытываются на сплющивание, а седловые отводы - на разрыв.

Трубопроводы из полимерных материалов должны испытываться на прочность и плотность (герметичность) гидравлическим или пневматическим способом в соответствии с требованием СП 40-102-2000 [7].

5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ

При оценке состояния изоляционного защитного покрытия определяют:

- равномерность толщины покрытия – индукционным или магнитным толщиномером через каждые 100 м (не менее чем в 4 точках по окружности трубопровода);
- сплошность покрытия – выборочно искровым дефектоскопом;
- прилипаемость (адгезия) покрытия к металлу – адгезиметром или вырезанием из покрытия треугольника под углом $45 - 60^0$ и отделения материала от металла трубы. Изоляция считается хорошо прилипшей, если покрытие отрывается от металла отдельными кусочками и часть его остаётся на трубопроводе.
- изоляционное покрытие из полимерных липких лент проверяют на ширину и герметичность нахлёста. Герметичность считается удовлетворительной, если нахлёсты склеены полостью. Сплошность покрытия проверяют дефектоскопом.

Дефекты изоляционных покрытий

Дефекты изоляции включают в себя видимые и невидимые нарушения. Первые можно обнаружить и устранить в процессе нанесения покрытий. Для обнаружения невидимых дефектов применяют инструментальную дефектоскопию.

Дефекты изоляционных покрытий можно разделить на 2 группы:

- дефекты, возникающие при изоляционно-укладочных работах и засыпки трубопровода;
- дефекты, которые появились в процессе эксплуатации трубопроводов.

В табл. 5 приведены основные дефекты изоляционных покрытий и причины их возникновения [8].

Таблица 5

Дефект	Причина дефекта
1	2
Гофры, задиры, царапины, воздушные мешки	Механические воздействия грунта в процессе эксплуатации

Продолжение табл. 5

1	2
Сквозные отверстия в изоляционном покрытии	Наличие влаги, механических включений, пропуски при нанесении покрытия, небрежная погрузка, транспортировка и разгрузка изолированных труб, механические повреждения при опускании труб и ударах о стенки траншеи, прожиг при несоблюдении температурного режима.
Нарушение адгезии между слоями	Отступление от установленного режима наложения изоляционного покрытия.
Поперечные морщины и складки	Большая разнотолщинность ленты, Плохо отрегулированная машина, неправильно выбранный угол, наклона шпуль.
Расслоение покрытия на составляющие компоненты	Физико-химическое воздействие грунта, влияние поверхностно-активных компонентов грунтово-коллоидной среды, несоблюдение температурного режима, нарушения при приготовлении компонентов.
Пропуски наружного защитного слоя	Несвоевременная смена катушек в изолировочной машине, нарушение технологии нанесения
Нарушение адгезии покрытия к поверхности трубы	Плохая очистка и подготовка поверхности трубы, наличие влаги на трубе, неправильная эксплуатация трубопровода (резкий перепад температур перекачиваемого продукта, перекачка продукта с температурой выше проектной и т.д.).
Посторонние включения в изоляционное покрытие	Нарушения при очистных работах, использование загрязненных материалов и инструментов, нарушение в технологии приготовления компонентов покрытия, плохая регулировка

При повреждениях изоляционного покрытия на большой протяженности трубопровода покрытие меняют на всем участке трубы.

При локальных повреждениях изоляции проводится ремонт на месте, причем, если повреждение площадью не более $0,1 \text{ м}^2$ применяют латки, если площадь повреждения превышает $0,1 \text{ м}^2$ или повреждения небольшой площади близко расположены, то применяют ремонт путём спиральной намотки вокруг трубы ремонтного материала, с перекрытием дефекта, не менее $0,5 \text{ м}^2$ от его края в обе стороны.

Определение состояния изоляции подземных трубопроводов производится в соответствии с требованиями [9]:

- на основе визуального осмотра;
- контактный метод измерения сигналов на переменном токе;
- бесконтактный метод измерения сигналов на переменном токе.

Недостатком **визуального обследования** изоляционных покрытий является субъективность суждения.

При контактном методе измерения сигналов на переменном токе применяют генератор и приемник для поиска трассы, настроенные на фиксированные частоты, а также измерительные электроды, соприкасающиеся с грунтом, которые фиксируют на поверхности грунта повышенную разность потенциалов между трубой и почвой в двух разных точках, возникающую в местах дефектов изоляции (так называемый метод Пирсона). Этот метод широко используется в мире и является основным для индикации дефектов изоляции. Необходимым условием применения данного метода является знание положения оси трубопровода. Поэтому приборы для контроля изоляционных покрытий должны быть снабжены поисковым контуром.

При бесконтактном методе измерения на переменном токе применяют приемные устройства с бесконтактными преобразователями электромагнитного поля на фиксированных и стабильных частотах, сигналы которых преобразуют в постоянный ток. В качестве преобразователей для измерения переменного тока используют катушки индуктивности. По величинам токов, измеренных в двух соседних точках, вычисляется затухание тока на определенной дистанции. На основе величин затухания по таблицам или номограммам для определенной частоты сигнала и определенного диаметра трубопровода находят интегральную величину сопротивления изоляционного покрытия, отнесенную к одному квадратному метру поверхности трубопровода. Далее по формуле вычисляют интегральную величину площади дефек-

та на одном квадратном метре, и таким образом оценивают состояние изоляционного покрытия по критериям интегральной оценки.

6. ДИАГНОСТИКА АРМАТУРЫ

6.1. Обследование трубопроводной арматуры

При диагностировании арматуры контролируют её герметичность, а также наличие в её корпусе и деталях. Контроль и испытания трубопроводной арматуры предусмотрены во многих нормативных документах. Для реализации этого требования разработан государственный стандарт – ГОСТ Р 53402–2009 «Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытания», введён в действие с 1 января 2010 г.

Показатели исправности трубопроводной арматуры (задвигки):

- прочность и плотность предохранительных устройств, трубопроводной арматуры и фланцевых соединений работающих под давлением;
- отсутствие протечек и потения сквозь металл и сварные швы;
- герметичность сальниковых уплотнений и фланцевых соединений трубопроводной арматуры;
- герметичность затвора арматуры;
- плавное перемещение всех подвижных частей арматуры без заеданий;
- соответствие показаний указателей положения регулирующей арматуры на щитах управления ее фактическому положению.

Все вышеперечисленное достигаются при изготовлении трубопроводной арматуры (задвигки) и поддерживаются текущими или капитальными ремонтами.

В стандарте впервые введены три категории испытаний:

- **Основные**, включающие испытание на плотность и прочность материала корпусных деталей и сварных швов, находящихся под давлением.
- **Дополнительные** испытания. Включают в себя определение гидравлических и акустических характеристик. Необходимость и объём дополнительных испытаний определяют в зависимости от назначения и условий эксплуатации арматуры.

- **Специальные** испытания проводят для подтверждения стойкости арматуры к механическим, климатическим и термическим воздействиям.

К **специальным** испытаниям относят: климатические испытания на теплоустойчивость, холодоустойчивость, воздействие морского тумана, росы, пылезащищенность и т.д.

Механические испытания на воздействие вибрации (сейсмостойкость, вибростойкость), удар.

Термические испытания – на огнестойкость.

К **основным** видам контроля арматуры относят визуальный и измерительный контроль. Визуально-измерительному контролю (ВИК) подлежат: корпус, крышка, входные и выходные патрубки, прокладки и т.д. Контролю подвергается фундамент арматуры.

ВИК арматуры выявляет следующие дефекты, возникшие при эксплуатации:

- все виды трещин;
- одиночные и рассредоточенные раковины;
- коррозионные повреждения;
- смятия, сколы, износ деталей;
- нарушения целостности резьбовых соединений.

В случае обнаружения локально-деформированных зон проводят измерение геометрических параметров с последующим контролем неразрушающими методами (магнитный, ультразвуковой, капиллярный и др.).

Для измерения геометрических размеров применяют прошедшие метрологическую проверку инструменты и приборы: лупы измерительные (не менее 4-кратного увеличения), в недоступных местах – эндоскопы, металлические линейки, штангенциркули.

6.2. Контроль герметичности и прочности запорной арматуры

Детали трубопроводной арматуры, изготавливаемые отливкой, могут иметь такие **дефекты**, как песчаные и газовые раковины, пористость металла, трещины, разностенность в результате смещения стержня в литейной форме, остаточные внутренние напряжения. В сварных соединениях возможны непровар, трещины, пористость, смещение стенок, растрескивание околошовной зоны. Для того, чтобы гарантировать прочность детали и непроницаемость металла, производят **испытание на прочность**. Испытания проводят при пробном давлении, которое в 1,25-2 раза превышает условное давление.

Испытание проводится водой при нормальной температуре, а наличие или отсутствие протечек выявляется внешним осмотром испытуемого изделия, по падению давления в замкнутом объеме или соответствующими приборами.

Продолжительность испытания устанавливается соответствующей технической документацией (стандартами или техническими регламентами). Время выдержки изделия под пробным давлением должно быть достаточным для осмотра и установления годности изделия. Пропуск воды и «потение» через металл и сварные швы не допускаются.

Испытанию должны подвергаться все полости трубопроводной арматуры, заполняемые рабочей средой. Поэтому арматура испытывается при открытом положении запорного органа, но с заглушёнными проходными отверстиями. Литые детали при испытании на прочность простукиваются свинцовым или медным молотком с целью лучше выявить протечки. Детали, в которых при испытаниях выявлены течь или «потение», после исправления заваркой должны быть подвергнуты повторному испытанию.

В целях предохранения внутренних поверхностей корпусных деталей от коррозии для испытания в водный раствор добавляют ингибиторы коррозии.

Испытание арматуры **на герметичность** проводится для проверки качества обработки уплотнительных поверхностей деталей запорного органа трубопроводной арматуры. Одновременно контролируется качество сборки разъемных соединений сальникового или мембранного узла. Гидравлическое испытание на герметичность производится под условным давлением P_y и выполняется после гидравлического испытания на прочность. При испытаниях задвижек и кранов давление создается с каждой из сторон запорного органа: сначала с одной, а затем – с другой стороны. Соответственно, с противоположной стороны производится осмотр. В клапанах и заслонках испытание производится, как правило, с одной стороны. Арматура, снабженная приводами, дополнительно испытывается на обеспечение герметичности запорного органа приводом.

В закрытом положении запорная арматура не должна пропускать среду из одной части трубопровода в другую, отделенную запорным органом. Однако, в ряде случаев нет необходимости предъявлять к арматуре особо высокие требования в отношении герметичности, поскольку иногда некоторая незначительная протечка допустима.

Для контроля герметичности арматуры используется также **акустический метод**. Сущность акустического метода определения не-

герметичности арматуры заключается в анализе звукового поля, возникающего при протечках. В ходе диагностирования сравниваются величины уровня звукового давления исправной (герметичной) арматуры и арматуры, имеющей определённое техническое состояние на момент обследования, при одинаковых условиях эксплуатации.

На основании данных, полученных при техническом диагностировании, проводится анализ повреждений, устанавливается текущее техническое состояние арматуры и уровня повреждённости, устанавливаются сроки и условия дальнейшей эксплуатации.

7. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

7.1. Диагностический контроль насосных агрегатов

Диагностический контроль насосных агрегатов представляет собой совокупность обязательных мероприятий:

- составление перечня насосного оборудования.
- Обследование состояния каждой единицы оборудования посредством внешнего осмотра, проведения вибродиагностики, частичной разборки.
- Замеры рабочих параметров (частота вращения, температура подшипников, утечки через сальниковые уплотнения, установленный разбег ротора, объём выхода жидкости после узла разгрузки, уровень вибрации на подшипниковых узлах).
- Замеры напорной характеристики;
- Проверка центровки валов электродвигателя с насосом на угловую и параллельную несоосность.
- Разработка рекомендуемого варианта инструкции по эксплуатации для машиниста насосной станции.

Периодичность обследования насосных агрегатов приведена в табл. 6.

Диагностирование насосных агрегатов в процессе эксплуатации производят по следующим основным и вспомогательным параметрам:

- КПД, определяемому в предположительной зависимости подачи Q от перепада давления h на расходомере по формуле $Q = k h^n$, $n < 1$;
- амплитуде пульсации давлений в магистральных трубопроводах;
- сопротивлениям на участках гидролиний;

- уровню шума и вибрациям узлов агрегата;
- эрозионным и другим износам рабочих и корпусных деталей;
- мощности агрегата и ее колебаниям;
- температуре рабочих узлов.

При этом принятые параметры должны наиболее полно отвечать техническому состоянию агрегата, реагировать на неисправности узлов и позволять выявлять эти неисправности, по возможности, без разборки и остановок машины, т. е. «на ходу».

Таблица 6

Вид оборудования	Продолжительность периодов между		
	Осмотрами, мес.	Текущими ремонтами, мес.	Капитальными ремонтами, лет
Центробежные насосы:			
Горизонтальные	1	3	3
Вертикальные (погружные, артезианские)	1	3	2
Канализационные	1	3	2
Вакуум-насосы	1	3	2

7.2. Неисправности насосных агрегатов

Основные неисправности насосных агрегатов представлены в табл. 7.

Таблица 7

Дефект	Причина дефекта	Способы устранения
1	2	3
Кавитация насосов	Забита вентиляционная труба (или ее диаметр слишком мал) при высокой температуре перекачиваемой жидкости.	Прочистить или установить новую трубу большего диаметра

Продолжение табл. 7

1	2	3
Кавитация насосов	Длинный всасывающий трубопровод для насосов при монтаже «сухая установка».	Подобрать другой подходящий насос.
	Частицы воздуха или газа в перекачиваемой жидкости.	Обеспечить глубокое погружение насоса в воду или установить отбойные щитки с целью исключить попадания струи воды на участок вблизи насоса.
	Забит или зашлакован подводящий трубопровод	Очистить подводящий трубопровод насоса или шахту; очистить гидравлическую часть насоса
	Высокая температура перекачиваемой жидкости.	Подобрать другой насос
	Насос работает в правой части характеристики.	Подобрать другой насос; повысить сопротивление на напорном трубопроводе путем установки искусственных сопротивлений таких, как дополнительные колена, трубопровод малого диаметра.
Насос не развивает необходимой мощности (Н, Q)	Неверное направление вращения насоса (только для 3-х фазных насосов).	Для установки правильного направления поменять местами две фазы (жилы кабеля питания насоса).
	Повреждение рабочего колеса по причине его абразивного износа и коррозии.	Заменить поврежденные детали (например ржавое рабочее колесо).
	Забита подающая линия насоса или рабочее колесо.	Очистить их.

Продолжение табл. 7

1	2	3
Насос не развивает необходимой мощности (Н, Q)	Забился или заклинил обратный клапан.	Очистить клапан.
	Не полностью открыта задвижка на напорном трубопроводе.	Полностью открыть задвижку.
	Частицы воздуха или газа в перекачиваемой жидкости.	Обеспечить глубокое погружение насоса в воду или установить отбойные щитки с целью исключить попадания струи воды на участок вблизи насоса.
	Забита вентиляционная труба.	Проверить и при необходимости прочистить.
Прибор управления подаёт сигнал превышения тока	Падение напряжения в сети	Проверить напряжение в сети
	Слишком высокая вязкость перекачиваемой жидкости, что вызывает перегрузку мотора.	Установить рабочее колесо меньшего диаметра или другой мотор.
	Работа насоса в правой части характеристики.	Ограничить производительность насоса с помощью запорной арматуры на напорном трубопроводе.
	Слишком сильное повышение температуры мотора.	Проверить количество запусков и остановок и при необходимости ограничить прибором управления через настройку частоты включений.
	Неверное направление вращения насоса (только для 3-х фазных моторов).	Для установки правильного направления пометить местами две фазы насоса.

Продолжение табл. 7

1	2	3
Прибор управления подаёт сигнал превышения тока.	Выпадение одной из фаз.	Проверить контакты подключения кабеля, а при необходимости –заменить неисправные предохранители.
Насос и напорный трубопровод забиваются отложениями.	Образование отложений происходит при пониженной подаче по причине снижения скорости жидкости.	Проверить рабочую точку насоса и диаметр трубопровода на их соответствие скорости жидкости.
	Слишком частое включение для перекачки небольших объемов.	Произвести перерасчет высоты уровня жидкости для включения насоса (увеличить объем перекачки за один цикл работы насоса), при необходимости увеличить быстродействие на приборе управления.
Возникают гидравлические удары	Перемещение большого объема жидкости через небольшое сечение трубы в момент запуска насоса.	Проверить рабочую точку насоса и диаметр трубопровода на предмет их соответствия скорости жидкости.
	Образование воздушных пробок в трубопроводе.	Установка вентиляционных клапанов за обратным клапаном или в верхних точках трубопровода.
	Быстрый выход насоса на режим.	Заменить 2-х полюсный мотор на 4-х полюсный или использовать устройство плавного пуска.

Продолжение табл. 7

1	2	3
Возникают гидравлические удары.	На некоторых участках трубопровода установлена быстро-запорная арматура.	Заменить арматуру на обычную.
Шумит обратный клапан.	Клапан слишком медленно закрывается и после выключения насоса ударяет по посадочному гнезду.	Замена на быстрозапорный клапан, использование клапана с резиновым уплотнением, с плавающим шаром, настройка быстрогодействия на приборе управления.
Насос слишком громко работает	Неверное направление вращения насоса (только для 3-х фазных моторов).	Для установки правильного направления поменять местами две фазы (жилы кабеля питания насоса).
	Повреждение рабочего колеса по причине его абразивного износа и коррозии.	Заменить поврежденные детали (например, ржавое рабочее колесо).
	Забита подающая линия насоса или его рабочее колесо.	Очистить их.
	Забита вентиляционная труба.	Проверить и при необходимости прочистить.
	Слишком низкий уровень жидкости в резервуаре.	Проверить указатель уровня и при необходимости перенастроить.
	Причина звуков – колебания трубопроводов.	Проверить эластичные соединения и прочно закрепить трубопроводы анкерами, проверить вводы труб через стену.

Продолжение табл. 7

1	2	3
Насос слишком громко работает.	Работу насоса в шахте слышно даже в здании.	Шахта не звукоизолирована от здания; установить звукоизоляционные перегородки в прямых жестких каналах, соединяющих дом и шахту.
	Установку слышно по всему зданию.	Установка не изолирована от пола/стены, необходимы изолирующие прокладки.

Для насосного оборудования характерны отказ и остановка, вызванные аварийным выходом из строя насоса в целом. Такая остановка вызвана не только повреждением детали, приведшей к отказу, но сопровождается рядом других поломок. Такие остановки приводят к повышенному объему ремонтных работ, сокращению общего срока службы машины, повреждению базовых поверхностей, восстановление которых в условиях эксплуатации не представляется возможным.

Одной из важнейших задач эксплуатации насосных установок становится диагностика их технического состояния во время работы.

Анализ возможных методов неразрушающего контроля в рабочих условиях на первое место ставит виброконтроль, т.е. измерение частотных спектров вибрации и их сравнение с "эталонными" величинами, которые устанавливают текущее техническое состояние и позволяют оценить динамику регрессирования, а также прогнозировать остаточный ресурс центробежных насосов.

7.3. Вибрационная диагностика насосных агрегатов

Контроль за вибрацией насосов позволяет существенно сократить количество аварий. Очень важно своевременно обнаружить повышенную вибрацию, а также причину ее возникновения, и немедленно ее устранить. Основные причины возникновения вибрации в насосах:

1. Лопаточная вибрация возникает в процессе прохождения рабочих лопаток мимо препятствий в проточной части. Лопаточная вибрация является конструктивным свойством оборудования и не является признаком неисправности.

2. Турбулентность потока приводит к появлению гармоник в спектре вибрации контролируемых подшипников.

3. Кавитация приводит к проявлению вибрации в широком спектре частот, обычно достаточно высоких.

4. Возможной причиной вибрации насосов может явиться неконцентричность цапф и шеевых уплотнений на колесе по отношению к оси ротора.

5. При параллельной работе на сеть возможно возникновение вибраций вследствие неодинаковых характеристик насосов или разных сопротивлений трубопроводов. При параллельной работе центробежных насосов совместно с поршневыми, шестеренными и другими насосами, имеющими пульсирующую подачу. В этом случае необходима установка воздушных емкостей ("колпаков") – гасителей колебаний на линии поршневых насосов, а также амортизаторов на трубопроводах в местах присоединения центробежных насосов.

6. Причиной возникновения вибрации может являться неправильное подсоединение трубопроводов. Оно характеризуется следующими признаками:

- соединение трубопроводов под прямыми или острыми углами (без радиусов округления); следует выполнять радиус скругления не менее $5D_y$ трубопровода, причем длина прямого участка перед фланцем всасывающего патрубка должна быть не менее (6-8) D_y ;

- наличие на трубопроводах тупиковых ответвлений, особенно на напорной линии; при попадании жидкости с большой скоростью в тупиковые ответвления возможно возникновение гидравлических колебаний (ударов), которые приводят не только к нарушению заданных параметров (напора и подачи), но и к возникновению вибрации всего трубопровода с находящейся в нем жидкостью; эта вибрация передается на корпус и на ротор центробежного насоса;

- наличие на трубопроводах резких расширений или сужений, что также часто приводит к возникновению гидравлических ударов.

Амплитуду вибрации обычно измеряют на крышках подшипников в поперечном, вертикальном и осевом направлениях с помощью виброизмерительных приборов. Точки измерения вибропараметров представлены на рис. 2.

Вибродиагностический контроль проводится по следующим критериям:

- допустимому уровню вибрации;
- скорости изменения вибрации относительно базовой характеристики;
- спектральным характеристикам.

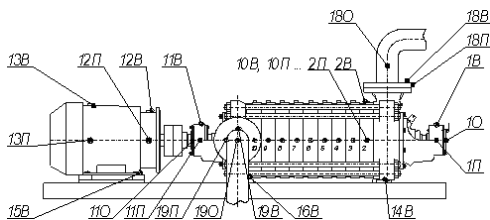


Рис. 2. Точки замера вибрации на насосном агрегате при мониторинге:

П – направление установки пьезоакселерометра для замера поперечных колебаний; **В** - направление установки пьезоакселерометра, для замера вертикальных колебаний; **О** – направление установки пьезоакселерометра для замера осевых колебаний.

В европейской практике широкое распространение получили нормы VDI. Согласно этим нормам, за основную характеристику вибрации принимают эквивалентную амплитуду скорости вибрации, измеренную при рабочей скорости вращения ротора. Электроизмерительными приборами измеряют непосредственно эффективную амплитуду скорости вибрации.

Спектральный анализ вибрации позволяет отслеживать кинематические несовершенства насосного агрегата, в оперативном порядке определять и устранять их.

Оценка вибрации насосного агрегата будет не полной, если не учитывать уровень вибрации фундамента, жесткость крепления машин к фундаменту. Эти особенности учтены в нормах VDI разделением машин на четыре группы.

Группа I включает насосы и электродвигатели мощностью до 15 кВт, жестко связанные в рабочем состоянии. К этой группе принадлежат консольные насосы типов К, АХ, Х.

Группа II включает средние насосы и электродвигатели мощностью от 15 до 75 кВт без специального фундамента, а также насосные агрегаты мощностью до 300 кВт, жестко закрепленные на фундаменте. К этой группе относятся насосы типов Д, О, крупные насосы К, Х, АХ, ЭЦВ.

Группа III включает крупные насосные агрегаты, жестко закрепленные на тяжелых фундаментах. К этой группе относятся насосы типов ОПВ, В, ХБ, ЦНС.

Группа IV охватывает большие горизонтальные турбо- и электронасосные агрегаты с большими вращающимися массами.

К этой группе относятся питательные насосы, установленные на строго оговоренных фундаментах.

Основные дефекты механизмов, выявляемые вибродиагностическими методами контроля приведены в табл. 8.

Таблица 8

Вид неисправности	Причина
Нарушение уравновешенности ротора - дисбаланс	Центр масс ротора не лежит на оси вращения
Несоосность валов	Неравномерное тепловое расширение деталей механизма, не точная выверка валов; недостаточная жесткость креплений
Повреждения в муфтах	Износ, повреждения элементов; нарушение центрирования валов
Повреждения подшипников качения	Сколы, оспины, трещины на беговых дорожках и телах качения
Повреждения подшипников скольжения	Износ, задиры, эллипсность шейки вала, продавливание масляной пленки, автоколебания и т.д.
Повреждения лопаток	Срыв потока с лопаток из-за износа, повреждений
Электромагнитные дефекты	Неравномерный воздушный зазор

8. ОБСЛЕДОВАНИЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

Обследование скважины проводится для восстановления или уточнения технических характеристик скважины, требующихся для оценки возможности дальнейшей эксплуатации, необходимости и степени сложности ремонта или реконструкции, необходимости ликвидации.

Обследование действующих водозаборных скважин производится в несколько этапов [10].

Этап 1. Сбор и анализ исходной документации (устанавливается местоположение скважины, организация, соорудившая скважину, год сооружения, способ бурения, и т.д.)

Этап 2. Натурное обследование скважины.

- определение основных параметров скважины (производятся замеры статического и динамического уровней, дебита и глубины скважины);

- проведение дополнительных специализированных работ по обследованию скважины (динамики понижения и восстановления

уровня, отбор проб воды на анализ, осмотр и ревизия наземного и водоподъемного оборудования, каротаж, расходомерия и т.д.).

Этап 3. Обработка результатов обследования:

1. Производительность скважины не изменилась, кольтатация отсутствует, и проведения каких-либо ремонтных работ не требуется, если:

$$а) Q_0 = Q_{\epsilon}, H_{0г} = H_{\epsilonг}, S_0 = S_{\epsilon}, q_0 = q_{\epsilon}, H_{0ст} = H_{\epsilonст};$$

где Q_0, Q_{ϵ} – начальный и измеренный при обследовании дебит скважины, $м^3/ч$;

$H_{0ст}, H_{\epsilonст}$ – начальный и, измеренный при обследовании, статический уровень воды в скважине, $м$;

$H_{0д}, H_{\epsilonд}$ – начальный и, измеренный при обследовании, динамический уровень воды в скважине, $м$;

S_0, S_{ϵ} – начальное и, полученное при обследовании, значение понижения в скважине, $м$;

q_0, q_{ϵ} – начальный и полученный при обследовании удельный дебит скважины, $м^3/ч.м$

$H_{0г}, H_{\epsilonг}$ – глубина скважины начальная и измеренная при обследовании, $м$.

б) Снижение статического уровня при неизменных значениях понижения и удельного дебита свидетельствуют о сработке пьезометрического уровня по району водозабора, т.е.:

$$Q_{\epsilon} < Q_0, H_{\epsilonст} < H_{0ст}, H_{0д} = H_{\epsilonд}, S_0 = S_{\epsilon}, q_0 = q_{\epsilon}, H_{0г} = H_{\epsilonг};$$

В отдельных случаях может потребоваться увеличение глубины загрузки насоса.

в) При уменьшении дебита и понижения при постоянстве значений удельного дебита и статического уровня наиболее вероятной причиной такой ситуации является неисправность насоса, т.е.

$$Q_{\epsilon} < Q_0, H_{\epsilonст} = H_{0ст}, H_{\epsilonд} > H_{0д}, S_{\epsilon} < S_0, q_{\epsilon} = q_0, H_{0г} = H_{\epsilonг};$$

г) В случае уменьшения удельного дебита и глубины скважины высока вероятность образования песчаных пробок в скважине с занесением части рабочего объема полости фильтра вследствие пескования, если

$$Q_{\epsilon} = Q_0, H_{\epsilonст} = H_{0ст}, H_{\epsilonд} > H_{0д}, S_{\epsilon} > S_0, q_{\epsilon} < q_0, H_{0г} > H_{\epsilonг};$$

д) Снижение удельного дебита при неизменных значениях глубины скважины предполагает наличие кольтатации фильтра и прифилтровой зоны скважины, если:

$$Q_{\epsilon} = Q_0, H_{\epsilonст} = H_{0ст}, H_{\epsilonд} > H_{0д}, S_{\epsilon} > S_0, q_{\epsilon} < q_0, H_{0г} = H_{\epsilonг};$$

Динамический уровень воды в скважинах измеряют не реже 1 раза в месяц, статический – при остановке насоса после восстановления уровня – не реже 1 раза в 2 месяца. Дебит учитывают ежедневно,

уровни воды измеряют 1 раз в 10 дней, физико-химические и бактериологические анализы воды производятся 1 раз в месяц. Для глубоких скважин, наполняющихся напорными водами, достаточно проводить 1 раз в 3 – 4 месяца.

Для проведения обследования используются приборы и оборудование для измерения уровней воды в скважине, глубины скважины, расхода воды при водоподъеме. Замерять уровень воды в скважине можно следующими устройствами:

1. Рулеткой с метрированным проводом или стальным канатиком; Электроуровнемером, работающим за счет измерения сопротивления между датчиком, опускаемым в скважину, и обсадной колонной;
2. Наиболее простыми и наиболее употребительными измерительными приборами являются хлопушка. Сочетание хлопушки с термометром, дает возможность при одном спуске определить положение уровня в скважине и температуру воды. Вначале замеряют уровень обыкновенной хлопушкой, а затем прибор опускают ниже уровня для определения температуры воды;

3. Хлопушка со свистком по конструкции близка к хлопушке, но при ударе о воду издает свист. Этот прибор достаточно тяжел и способен натягивать шнур или стальную ленту значительной длины. В вертикальных выработках хлопушка со свистком дает вполне удовлетворительные результаты при глубине до зеркала воды 30-40 м.

Для измерения расхода воды при откачке воды из камеры могут применяться: водосливы, камерные и безкамерные диафрагмы, сопла Вентури, ротаметры, электромагнитные, индукционные, крыльчатые и турбинные водомеры. Результаты произведенных замеров и определений, полученных при обследовании, оформляются в виде актов с заключением о техническом состоянии скважины.

Специальные работы по обследованию скважин проводятся для получения дополнительной информации о техническом состоянии скважины. Необходимость проведения специальных работ определяется по результатам предварительного обследования.

К **специальным** работам по обследованию скважин относится:

1. Проведение их обследования с использованием "печати" (отрезка трубы с деревянной пробкой, низ которой покрывается слоем мастики или пластилина). Такое обследование скважин предназначено для определения уровня верха и диаметра срезанной или вывернутой колонны труб, уровня установки верха и диаметра надфильтровой трубы, глубины нахождения и формы, упавшего в скважину инструмента, водоподъемного оборудования. Уровень верха установки надфильтровой трубы, глубина нахождения упавшего оборудования определяется

по резкому нарастанию сопротивления прохождению "печати" по полости скважины. Диаметр надфильевой трубы (срезанной или вывернутой колонны труб) форма упавшего в скважину инструмента определяется при анализе отпечатка на нижнем срезе "печати" полученной при ее прохождении по полости скважины.

2. Резистивиметрия скважин используется для установления мест притока воды в скважину с определением относительной интенсивности притока воды, уточнения места установки рабочей части фильтра, определение мест нарушения герметичности обсадных труб. Резистивиметрия основана на определении скорости изменения концентрации солевого раствора, которым заполняется полость скважины, в зависимости от скорости фильтрации воды. При проведении такого рода работ первоначально скважинным резистивиметром определяется удельное сопротивление воды в скважине. После удельное сопротивление столба воды снижают путем заполнения полости скважины солевым раствором. Повторно производят замеры удельного сопротивления столба воды скважины резистивиметром с регистрацией данных в виде диаграммы. В местах повреждения труб и в зоне установки фильтра регистрируются зоны высокого удельного сопротивления за счет притока свежей воды.

3. Обследование скважин электронно-каротажными станциями предназначено для уточнения геологического разреза в месте сооружения скважины, выделения в геологическом разрезе водоносных пород, определения мест повреждения обсадной колонны труб, оценки качества цементирования затрубного пространства скважины, определения наличия перетока воды по затрубному пространству скважины, определения интервала установки рабочей части фильтра.

4. Наличие и положение в обсадных трубах каверн, трещин и свищей определяется по-интервальным перекрытием полости скважины пакером с нагнетанием воды в скважину. Положение каверн, трещин и свищей на обсадных трубах, а также оценка величины их площади производится по интенсивности поглощения нагнетаемой в скважину воды.

5. Проведение расходомерии скважин предназначено для оценки пропускной способности фильтра, получение информации о притоке или ее поглощении через обсадные трубы или сальники. Расходомерия скважины может производиться с помощью приборов РЭТС-2 или им подобных в скважинах с температурой воды в пределах 3-80°C и содержание хлоридов до 30 г/л. Пропускная способность фильтра оценивается путем анализа величин скоростей осевого потока воды измеряемых расходомером по длине фильтра при нагнетании воды в сква-

жину либо при ее откачке из скважины. Расход измеряется по частоте вращения крыльчатки расходомера.

В соответствии с «Правилами технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных пунктов», один раз в год в период, определяемый местными условиями, должна проводиться генеральная проверка состояния скважины и ее оборудования. При генеральной проверке устанавливается состояние обсадных труб, водоприемной части скважины, насосного оборудования, промеряется глубина скважины, производится извлечение водоподъемника (насоса) из скважины и полная его разборка.

Один раз в год проводят обследования зоны санитарной охраны водозабора совместно с представителями Госсанэпиднадзора с целью выявления источников возможного загрязнения подземных вод и проверки соблюдения установленного регламента хозяйственной деятельности в этой зоне. Рекомендуется проводить ревизии скважин через 3 – 5 лет после приёмки в эксплуатации.

Дефекты в стенках водяной скважины обнаруживают после демонтажа водоподъёмного оборудования, стенки обсадных труб осматривают визуально или ТВ-камерой. Обследование водозаборных скважин телевизионными установками предназначено для определения типа, длины, технического состояния фильтра и обсадных труб путем визуального контроля. Телевизионные установки могут применяться для обследования скважин с обсадными трубами диаметром от 80 до 1000 мм, глубиной столба воды до 400 м.

9. ОБСЛЕДОВАНИЕ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Детальное обследование всех водозаборных сооружений проводят два раза в год: после весеннего половодья и примерно за месяц до ледостава.

При эксплуатации водозаборов надо вести постоянные наблюдения за источниками, включая уровни воды, переформирование берегов и перемещение наносов, формирование ледяного покрова, разрушение его и прохождение льда у водоприемников, санитарное состояние источников. На малых реках, подверженных перемерзанию, необходимо наблюдать не только за участком расположения водозабора, но и за вышерасположенными участками, а иногда и за всем бассейном водосбора.

Для наблюдения за уровнем воды оборудуются водомерные посты. Наблюдение за санитарным состоянием источников сводится к отбору проб воды и их анализам.

Неотъемлемой составной частью эксплуатации водозаборов должны быть также наблюдения за состоянием водоприемников, подводящих трубопроводов и всего комплекса водозаборных сооружений.

10. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОМПРЕССОРОВ

Периодичность обследования компрессоров приведена в табл. 9.

Таблица 9

Вид оборудования	Продолжительность периодов между		
	Осмотрами, мес.	Текущими ремонтами, мес.	Капитальными ремонтами, лет
Компрессоры, воздухоувки, поршневые насосы	1	2	3

Работоспособность компрессора характеризуется параметрами технического состояния. Различают:

- функциональные параметры (производительность, конечное давление, потребляемую мощность, КПД).
- ресурсные параметры, характеризующие долговечность технических систем компрессора (износостойкость наиболее изнашиваемых деталей, давление и расход масла).

В технической диагностике параметры делят на структурные и диагностические. Структурные отражают состояние элементов компрессора (износ, внутреннее напряжение, микро и макро дефекты).

Диагностические параметры характеризуют структурные параметры по установленным между ними зависимостями.

Составной частью процесса диагностирования компрессоров является дефектация – оценка технического состояния машин и их деталей по результатам измерений и контроля структурных параметров.

Для выявления дефектов деталей в компрессорах применяют методы неразрушающего контроля: гидропневмоиспытания, капиллярные, магнитные, ультразвуковые и т.д.

При **гидропневмоиспытаниях** выявляются трещины, пористости, неплотности прилегания сопрягаемых поверхностей и неподвижных разъёмных соединений, неплотности корпусных деталей.

Библиографический список

1. **СНиП 2.04.02 –84***. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
2. **СНиП. 2.04.03 – 85**. Канализация. Наружные сети и сооружения.
3. **ГОСТ 2874 – 82**. «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством».
4. **ТКП/ПР_1**. Инженерные системы зданий, правила проведения обследований.
5. **СНиП 3.05.01 – 85***. Внутренние санитарно-технические системы.
6. **Храменков, С.В.** Оптимизация восстановления водоотводящих сетей / С.В. Храменков, В.А. Орлов, В.А. Харькин. – М.: Стройиздат, 2002. – 160 с.
7. **СНиП 3.05.05-84**. Технологическое оборудование и технологические трубопроводы.
8. **Набокова, В.В.** Дефекты изоляционных покрытий, причины их возникновения. Ремонт изоляционных покрытий, требования, применяемые к материалам // Материалы XIII научно-технической конференции «Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону». Том первый. Естественные и точные науки. Технические и прикладные науки. Ставрополь: СевКав-ГТУ, 2009. 217 с.
9. **ВРД 39-1.10-026-2001**. Методика оценки фактического положения и состояния подземных трубопроводов.
10. **Романенко, В.А.** Восстановление производительности водозаборных скважин / В.А. Романенко, Э.М. Вольницкая. – Л.: «Недра», 1987 – 112с.