

«Тольяттинский государственный университет»

(ИНСТИТУТ)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(код и наименование направления подготовки)

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему **«Исследование характеристик набрызговых цементно-песчаных покрытий наружных водопроводов»**

Студент

Н.В. Мишин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

В.М. Филенков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

к.т.н., доцент В.М. Филенков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент М.Н. Кучеренко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2017

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ САНАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ	6
1.1 Санация трубопроводов методом нанесения цементно-песчаных покрытий	6
1.2 Восстановление трубопроводов методом «протяжки»	18
1.3 Санация водопровода методом полимерного U-образного рукава	23
1.4 Выводы	29
2 МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ТРУБОПРОВОДАХ.....	30
2.1 Акустический метод.	31
2.2 Корреляционный метод.	38
2.3 Метод телеинспекции и видеодиагностики.	43
2.4 Пневматическое и гидравлическое испытание	51
2.5 Метод магнитной дефектоскопии	57
2.6 Выводы	64
3 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАБРЫЗГОВЫХ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫХ ПОКРЫТИЙ.....	66
3.1 Исследование способов нанесения цементно-песчаного покрытия на внутреннюю часть водопроводов	66
3.2 Состав набрызгового цементно- песчаного покрытия.	72
3.3 Рекомендации по применению набрызговых цементно-песчаных покрытий при санации водопроводов	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	84
Список используемой литературы	85

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Эффективная работа систем городского водоснабжения напрямую зависит от технического состояния трубопроводов. Большое количество используемых в городском хозяйстве трубопроводов сильно изношены и требуют ремонта. Зачастую заменить участок водопровода крайне сложно из-за высокой стоимости строительства, либо из-за большого количества коммуникаций, пересекающихся на одном участке.

Реконструкция напорных водопроводов набрызговым методом, с использованием полимерных материалов, довольно перспективное направление.

Цель работы: Целью данной диссертации является исследование реновации с использованием цементно-песчаных покрытий покрытий.

Для реализации поставленной цели требуется решение следующих задач:

- Изучить способы санации водопроводов.
- Исследовать способы их нанесения.
- Исследовать методы диагностики поврежденных трубопроводов
- Проанализировать основные характеристики цементно-песчаных покрытий
- Сделать выводы об возможности применения ЦПП.

Объект исследования: Напорные водопроводы, восстанавливаемые при помощи цементно-песчаных покрытий.

Предмет исследования: Изучение характеристик, в том числе прочностных, для реконструированных водопроводов.

Научная новизна заключается в:

- Теоретическом обосновании применения цементно-песчаных покрытий, как способа санации поврежденных водопроводов, при определенных условиях;
- Разработке рекомендации по применению цементно-песчаных покрытий

Практическая значимость работы заключается в том, что предлагаемые конструктивные решения по применению набрызговых цементно-песчаных покрытий позволяет на начальном этапе реконструкции водопровода, оценить будущий объем работ и правильно организовать работы.

Личный вклад автора состоит в анализе литературных источников, формировании темы, целей и задач; написании первой и второй глав; и составление рекомендаций по применению цементно-песчаных покрытий

На защиту выносятся: теоретическое обоснование применения набрызговых цементно-песчаных покрытий, методов диагностики.

Апробация работы:

1. XIX Международная научно-практическая конференция «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии». Мишин Н.В., Филенков В.М. Использование видео и робототехники при диагностике повреждений трубопроводов. – В сборнике: Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии. – Пенза, МНИЦ. 2017.

2. Мишин Н.В., Филенков В.М. Исследование характеристик набрызговых полимерных защитных покрытий наружных водопроводов / «Студенческие дни науки в ТГУ»,: науч –практ. конфер. (Тольятти, 1-25 апреля 2016 года, электронный сб. студ. работ, -Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. с.6...8

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, основных выводов, библиографии источников. Общий объем работы 91 страниц машинописного текста, включая 36 иллюстрацию, 1 график, 9 таблиц.

1 ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ САНАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

В мировой практике существует большое количество методов бестраншейного ремонта водопроводов, наиболее широко распространенные:

- Использование набрызгового цементно-песчанного покрытия;
- Санация методом протяжки нового трубопровода через сечение старого
- Применение гибкого комбинированного рукава;
- метод «лайнера», включающий восстановление трубопровода при помощи пластиковой U-образной трубы;
- локальный ремонт.

1.1 Санация трубопроводов методом нанесения цементно-песчаных покрытий

Цементно-песчанное покрытие, наносимое на внутреннюю поверхность водопроводов, получило широкое применение в мире. Наносить покрытие можно как в стационарных условиях (на заводах изготовителях), так и в полевых (непосредственно в месте прокладки).

Наиболее часто используют метод центрифугирования и способ центробежного набрызга. Принцип данных способов заключается в нанесении ЦПП на внутреннюю поверхность санируемых трубопроводов, под действием центробежных сил. Специальный раствор подается на лопатки облицовочной головки, из бункера, по напорному рукаву. Под действием центробежных сил раствор равномерно наносится на поверхность. В процессе санации разбрызгивающее устройство перемещается по трубопроводу. [4]

Основные способы нанесения противокоррозионных покрытий на внутреннюю поверхность новых металлических труб используя классификацию составленную Палиевым В.И. можно разделить на: пневматическое,

гидравлическое и центробежное распыление; окунание; наливом (способ центробежной окраски); растирание с помощью покрывных пробок; обливом; электрофорезом; накатывание с помощью торцов; приклеивание рукава методом выворачивания; экструзия[37,38,43]. Данные способы так же подробно описаны в монографии Абулгафарова « Бестраншейные технологии ремонта трубопроводов» Краснодар 2009г [67].

Таблица 1.1- Методы нанесения защитных покрытий на новые трубопроводы.

Характеристика способа	Метод нанесения ЦПП	Описание	Месторасположение трубопровода
Порционное нанесение цементно-песчанного покрытия на внутреннюю поверхность водопровода	Пневматическое, центробежное, гидравлическое распыления	Сырье подается по подготовленной магистрали на распыляющее устройство. Нанесение покрытия происходит при движении устройства внутри трубопровод	Труба статична
Нанесение излишнего количества цементно-песчанной смеси, её свободное распределение и дальнейшее стекание остатков	Окунание.	Труба погружается в специальную ванну с раствором, после чего поднимается и остатки ЦПП стекают обратно	Труба находится в подвешенном закрепленном состоянии
Подача завышенного количества смеси в трубу с её дальнейшим распылением и стеканием излишков.	Центробежная окраска	ЦПП подается в трубу и распределяется по её внутренней поверхности при помощи вращения трубы	Отрезок трубы вращается под определенным углом

Продолжение таблицы 1.1

Характеристика способа	Метод нанесения ЦПП	Описание	Месторасположение трубопровода
Подача цементно-песчанной смеси в трубопровод и механическое распределение по внутренней поверхности с удалением остатков	Растирание	Смесь заливается между двумя специальными пробками, установленными в трубопроводе, и раскатывается по внутренней поверхности	Труба находится в горизонтальном положении. Данную процедуру можно выполнять в полевых условиях
То же	Обливом	Покрытие подается через специальное перфорированное устройство в трубопроводов и равномерно распределяется при помощи щеток.	Труба находится в горизонтальном положении. Может при необходимости вращаться

Продолжение таблицы 1.1

Распределение смеси по внутренней поверхности трубопровода в результате электрического взаимодействия	Электрофорезом	Труба - катод. Медный цилиндр перемещаемый по водопроводу - анод. Смесь под действием электромагнитных сил оседает на стенках трубопровода.	Изделие статично. Может находится в любой плоскости
Подача сырья в трубопровод и дальнейшее механическое распределение	Накатывание с помощью торков.	Будущее покрытие в жидком виде подается в трубопровод между двумя торками. Они перемещаются под действием сжатого воздуха по трубопроводу, тем самым разглаживая поверхность	Труба в горизонтальном положении. Возможно использовать в полевых условиях, а так же на отводах и поворотах трубы

Продолжение таблицы 1.1

Приклеивание рукава из пленочного материала, специальным клеем к стенкам	Приклеивание рукава методом выворачивания.	Рукав приклеивается под действием тора, который в свою очередь перемещается сжатым воздухом или водой	Труба плотно закреплена. Возможно использовать данный метод непосредственно на объекте
Прямая подача в трубу материала для формирования из него антикоррозионной защиты	Экструзия	Материал заполняется в трубу между пробкой и снарядом с диаметром, меньшим, чем труба, протягивается по трубе лебедкой и формирует защитное покрытие.	Труба неподвижна. Отсутствие поворотов и тройников



Рисунок 1.1 - Трубы с нанесенным ЦПП на заводе

Восстановление водопроводов с применением ЦПП не всегда возможно. Например при большом количестве разветвление и тройников . В этих случаях во время санации возможно закупорка ответвлений с меньшим диаметром условного прохода.

Подготовительные работы, перед нанесением цементно-песчанного покрытия включают в себя мероприятия по подготовке рабочей площадки и приготовление смеси [39,40].

В свою очередь, подготовка рабочей площадки должна заключаться в проведении следующих операций:

- раскопке двух траншей (стартовой и конечной) и подготовке трубопровода. Все операции должны осуществляться при отсутствии теплоносителя в водопроводе;

- определении технологических захваток, длинна которых зависит от протяжности шланга, для подачи смеси, от мощности растворонасоса и в целом от оборудования.

Перед нанесением ЦПП трубопровод тщательно очищается, но при этом допускается остаточный слой ржавчина 0,05 мм. Если магистраль водопровода имеет непреодолимые для прохождения оборудования препятствия, такие как вертикальные подъемы, спуски, резкие углы поворота, сильные сужения, необходимо производить раскопку дополнительных котлованов, для замены поврежденных участков водопровода. В недоступных для снарядов местах, нанесение ЦПП может производиться как в ручную, так и с заменой отдельных элементов сети на новые с нанесенным покрытием в заводских условиях.

Подготовка необходимых компонентов для смеси включает в себя просеивание песка через сито и дальнейшее хранение в специальных емкостях для предотвращения попадания инородных предметов. Портландцемент не должен содержать сгустков и комков, иметь густоту цементного теста не более 27%, обладать активностью радионуклидов не менее 370 Бк/кг согласно ГОСТ. Возможно наличие в составе ЦПП минеральных добавок, но не более 10% для повышения физико-химических свойств покрытия.

К песку также предъявляются жесткие требования по фракционному составу, содержанию примесей. Например, крупность зерен не должна превышать 1мм, а фракции 0,315мм-0,63мм должны составлять не менее 70 % от общей массы. Содержание глинистых, илистых и пылевидных частиц не должно превышать 3% , а активность радионуклидов должна быть аналогичная портландцементу. Вода используемая для приготовления смеси обязана отвечать ТУ ГОСТ 23732-79 и иметь температуру +10 ... +30 °С, а

оптимальное соотношение твердых компонентов цемент -песок должно быть в пределах: по объему от 1:1 до 1:1,2 и по массе от 1:1,115 до 1:1,338.

Приготовленную смесь ЦПП необходимо тщательно перемещать, во избежание образования комков и неоднородностей. Подвижность смеси в течение всего времени использования должна быть в диапазоне 6,5-9,0 (по глубине погружения конуса согласно ГОСТ 5802-86).

Во избежание потери своих свойств, запрещается наносить покрытие на водопровод, при среднесуточной температуре менее 5°C. Нанесенные цементно-песчаные покрытия должны соответствовать следующим основным требованиям:

- покрытие должно быть сплошным и однородным, поверхность заглаженной
- набор прочности цементно-песчаного покрытия до 70% должен проходить при температуре покрытия +5 ... +30 °C, влажности 90-100%;
- покрытие на любом участке санированного трубопровода должно иметь среднюю плотность не менее 2200 кг/м³ и прочность на сжатие в возрасте 3 сут. - 30 МПа (70% R28), 7 сут. - 35 МПа (80% R28) и 28 сут. - 45 МПа (100% R 28 по ГОСТ 26633-91 и СНиП 82-02-95).

Общая принципиальная схема для нанесения ЦПП представлена на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 - Принципиальная схема нанесения ЦПП

1. Механическая очистка внутренней поверхности трубы
2. Механизм нанесения раствора на стальную трубу
3. Разглаживание нанесенного раствора колоколом

В качестве исходных материалов необходимо использовать портландцемент марки М500 - ГОСТ 10178-85 и мелкозернистый кварцевый песок, фракционированный по ГОСТ 8736-93 и ТУ 39-1554-91.

Минимальная толщина защитного слоя должна определяться диаметром и материалом труб, а требуемая - возрастом труб, толщиной их стенок и физическим состоянием, степенью износа. Задать толщину цементно-песчанного покрытия можно изменяя скорость передвижения метательной головки в водопроводе.

Санация при помощи ЦПП возможно для труб, проходящих на любой глубине, и не зависимо от грунта. Метод наиболее целесообразен и эффективен при коррозии трубопроводов, обрастании. Однако его нельзя применять при сквозной коррозии, при сильном повреждении стыков сварки и т.д..

Максимальные отклонения диаметров водопроводов, подлежащих санации цементно-песчаным покрытием, не должны превышать величин, указанных в нормативных документах (ГОСТ: 8731-74, 8732-78, 8696-74, 10704-91, 10706-76). Эллиптичность должна быть не более 0,5% диаметра, а поражение коррозией не свыше 10% толщины стенки трубы.

Минимальные толщины слоя в зависимости от диаметра трубопровода представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2- Толщина ЦПП покрытия

Минимально допустимый слой покрытия, мм	Наружный диаметр трубопровода, мм	Отклонения толщины покрытия, мм
2	1	3
4	76	+2
4	89	+2
4	102	+2
4	108	+2
4	114	+2
4	133	+2
5	159	+2
5	219	+2
5	273	+2
6	325	+2
6	377	+2
7	426	+2
7	530	+2
7	630	+2
7	720	+2
9	820	+2
10	920	+2
11	1020	+2
12	1220	+2

1420	12	+2
1620	14	+2
2020	16	+2

□

Указанные в таблице 1.2 допуски по толщине слоя соответствуют гладкому и прямому трубопроводу; над сварными швами толщина слоя может уменьшаться (до 3 мм). Данные представленные в таблице так же относятся к трубопроводам с нанесенным цементно-песчаным покрытием в заводских условиях. Для промывки могут применяться эластичные поршни, напором воды или водно-воздушной смеси. По завершению, составляется акт выполненных работ.

Перед сдачей санированного трубопровода в эксплуатацию необходимо в обязательном порядке произвести его промывку и дезинфекцию. [31].

Требования и порядок промывки и дезинфекции подробно изложены в СНиП 3.05.04.-85. Для дезинфекции используется раствор хлорной извести соответствующей ГОСТ 19433-38.

К плюсам данного метода можно отнести относительную простоту технического исполнения и невысокую стоимость проведения работ, которая составляет 1/3 от стоимости нового строительства. Поверхность ЦПП облицовки способна обеспечить снижение гидравлического сопротивления и потерь напора. После санации при помощи цементно-песчанного покрытия, водопровод может быть пущен в эксплуатацию через 5 суток. Покрытие имеет большой срок эксплуатации, как показывает практика около 50 лет

Контроль качества нанесения покрытия, нанесенного на внутреннюю поверхность должен включать:

- визуальный осмотр (при большом диаметре водопровода) и видеодиагностику (при малом диаметре),

- измерение толщины защитного слоя (щупом для неотвердевших покрытий и ультразвуком для готовых покрытий); покрытие должно быть сплошным и гладким, допускаются борозды не более 1мм

- измерение механической прочности цементно-песчанного покрытия необходимо производить через 72 часа после его нанесения

1.2 Восстановление трубопроводов методом «протяжки»

Данный способ так же называется Релейнинг.

Релейнинг— это протяжка новой, полиэтиленовой трубы внутри старой, нуждающейся в ремонте.

Существует две разновидности данного способа:

- 1) Без разрушения существующего водопровода.
- 2) С разрушением.

Основное преимущество метода «протяжки полиэтиленовых труб в старых металлических трубах» — это недорогой ремонт трубопроводов с минимальными техническими сложностями.

Данная технология применима ко всем трубам стандартного сечения, но диаметр восстанавливаемого трубопровода должен быть на 40 мм больше протаскиваемой трубы. Вновь проложенный трубопровод выдерживает высокое внутреннее давление [5].

Ремонт трубопровода при помощи метода релейнинга начинается с определения поврежденного участка трубы (способы определения поврежденного участка, подробно описаны во второй главе) , после чего в начале данного участка сооружается котлован. Поврежденная труба подвергается очистке, любым из существующих методов, после чего в нее с помощью специального оборудования пропускается новая труба меньшего

диаметра из синтетических материалов. Для протягивания труб из пластика при реализации бестраншейных технологий используются специальные быстросъемные металлические головки Рисунок 1.3.

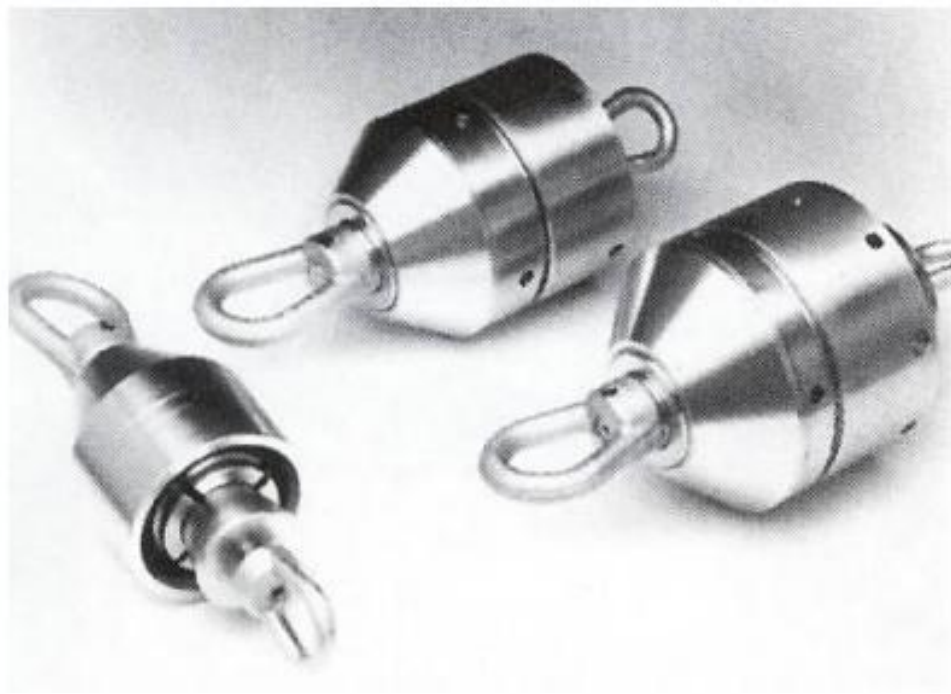


Рисунок 1.3- Головки для протаскивания трубопровода

Внутри головок установлены зубцы-захваты, обеспечивающие прочное соединение с трубопроводом при различных толщинах стенок труб и их диаметров, которые могут составлять от 16 до 630 мм. Конструкция головок должна учитывать допустимые тяговые усилия, возникающие при бестраншейной прокладке полимерных труб. Помимо основной роли, то есть, способствуя протягиванию, головки изолируют торец трубопровода от попадания в него различных загрязнений в период проведения работ по протягиванию.

При этом пропускная способность трубы, эффективность работы участка трубопровода не ухудшается – так как трубы из синтетических материалов имеют гладкую поверхность и сила трения в них значительно меньше[30].

Ремонт методом релейнинга применяется в ряде тех случаев, когда небольшое уменьшение диаметра трубы, компенсируемое усилением пропускной способности в дальнейшем, допустимо условиями эксплуатации. Трубы для протяжки подготавливают на поверхности, свариваются и вводятся в поврежденный трубопровод с помощью специального оборудования.



Рисунок 1.4- Восстановление водопроводной сети без разрушения

Ремонт трубопровода методом релейнинга производится по определенной схеме. Самым важным в подготовке стартового котлована является четкая центровка рабочего станка разрушителя относительно разрушаемой трубы. Горизонт станка должен совпадать с горизонтом трубы. Затем, с другой стороны в технологическом колодце (или же в месте такого же вскрытия) устанавливается система лебедки. В трубу заводится трос, с помощью специального оборудования. К тросу крепятся специальные ерши, которыми производится предварительная очистка внутренней поверхности трубопровода [29].



Рисунок 1.5- Металлический ёрш для механической очистки трубопроводам

Так же можно использовать способ гидравлической очистки. В специальную распыляющую головку подается вода под высоким давлением. Распыленная вода полностью удаляет крупные куски ржавчины и отложений [16].



Рисунок 1.6- Устройство для гидравлической очистки водопроводов

После очистки к тросу крепится пластиковая труба, которая заранее сварена в одну плетть и она затягивается в старую трубу. Данный способ позволяет эффективно проводить ремонт трубопровода в самые кратчайшие сроки, избегать большого объема земляных работ и значительно улучшает дальнейшую работу трубопровода. Затрагивая вопросы использования полимерных труб нельзя не отметить их высокую стойкость к истиранию (это относится в основном к трубам из полиэтилена высокой плотности и

полипропилена)[18]. Малая степень истираемости внутренней и внешней поверхности иногда является решающим обстоятельством для окончательного выбора материала труб при нескольких альтернативных решениях.

Релайнинг с разрушением старой трубы, ничем кардинально не отличается от вышеописанного способа, но есть свои нюансы. Протаскивание нового трубопровода с разрушением старого наиболее перспективно в тех случаях, когда необходима полная замена поврежденного водопровода с увеличением диаметра.

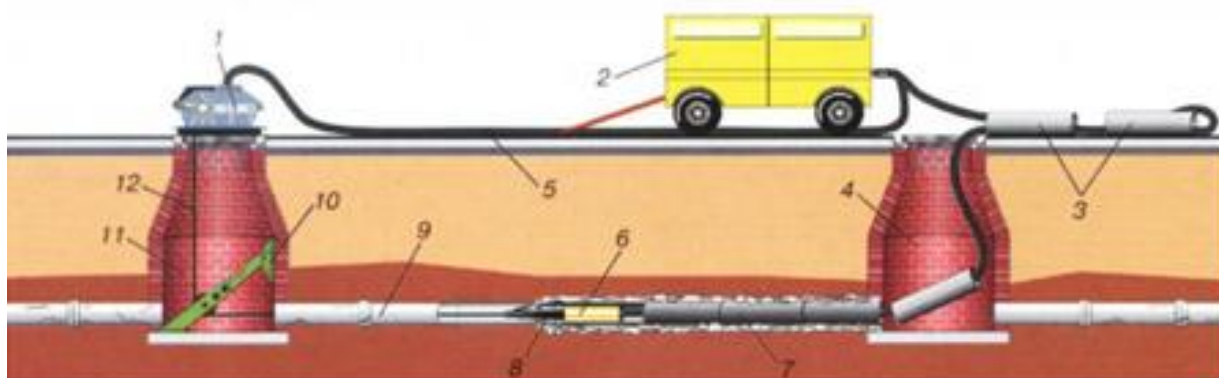


Рисунок 1.7- Схема разрушения старого трубопровода и протаскивание нового из отдельных модулей с помощью пневмоударной машины

1-пневматическая лебёдка, 2- компрессор, 3-секции нового трубопровода, 4- рабочий колодец, 5- воздухоотводной шланг, 6-пневмоударная машина, 7- новый трубопровод, 8- расширитель, 9 – заменяемый трубопровод, 10- анкер, 11- приемный колодец, 12- трос лебедки

Для разрушения старого водопровода, используется специальный пневмопробойник.



Рисунок 1.8- Комплект пневмопробойника

1- трос лебедки, 2-направляющая штанга, 3- разрушающая гильза нож, 4- расширитель, 5- клеммы, 6- шланг высокого давления

Нож благодаря своей конструкции, разрушает ветхий водопровод, а его осколки вдавливают в грунт, тем самым создавая пространство для протаскивания нового трубопровода и укрепляя окружающий грунт.

Как показал опыт, слой грунта толщиной 10-15 мм в около трубном пространстве скважины настолько плотный благодаря обломкам старой трубы, что его прочность практически равна прочности бетонной трубы. После появления рабочего органа в финишном котловане, его демонтируют и приступают к протаскиванию нового трубопровода. Однако у данного метода есть большой недостаток. Во время протаскивания нового трубопровода через старый, образуются ударные волны, которые способны повредить либо близлежащие коммуникации, либо привести грунт в движение, что позже скажется на целостности близлежащих сетей. Для того чтобы этого избежать, необходимо тщательно изучить генплан, на наличие или отсутствие иных коммуникаций в зоне пролегающего трубопровода. На сегодняшний день данный метод активно применяется в ряде стран запада и Европы.[54,55,56].

1.3 Санация водопровода методом полимерного U-образного рукава

Подготовительные работы перед монтажом, практически идентичны работам описанным в разделе 1.2. Перед началом работ полимерный рукав

пропитывается специальной эпоксидной композицией и прокатывается через валки вальцов для равномерного распределения материала композиции.



Рисунок 1.9- Подготовительные работы

Введение внутрь трубопровода рукава выполняется методом выворачивания и при этом рукав прижимается к стенкам трубопровода за счет гидростатического давления воды.

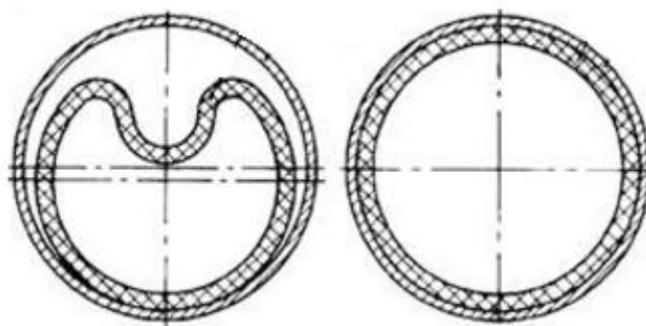


Рисунок 1.10 Положение рукава до и после подачи воды

По истечению определенного времени сжатый трубопровод распрямляется и плотно прилегает к внутренней поверхности металлической трубы. Готовый водопровод обладает высокими прочностными характеристиками, и малым гидравлическим сопротивлением, по отношению к старому водопроводу[61,62,63,65].



Рисунок 1.11- Восстановленный водопровод при помощи полимерного рукава

Так же существует множество других полимерных покрытий, рукавов, лент, для восстановления трубопроводов. Одним из них является использование элементов из листового материала с зубчатой скрепляющей структурой. Данный метод основан на применении полимерной облицовки из элементов продольного сечения, образующих при скреплении друг с другом внутреннюю защитную оболочку трубопровода. Метод разработан германской фирмой Trolining 53. Технология нанесения покрытия крайне проста. В её основе лежит протаскивание полимерного покрытия через трубопроводов, отличие заключается лишь в способе его крепления. Между полимером и трубопроводом вводится цементирующий материал, и новый трубопровод под действием давления воды «распрямляется» и плотно прилегает к стенкам водопровода.

Использование гибкого комбинированного рукава (чулка)

Суть данного метода заключается в следующем: в ветхом водопроводе монтируется тонкостенная труба, благодаря которой снижение диаметра условного прохода минимально. Это позволяет восстановить трубопровода,

не изменяя его пропускную способность в выраженную в м³/ч. Перед началом санации необходимо определить стартовый и финишный колодцы, далее через них пропускают комбинированный рукав. Для того чтобы рукав плотно прилегал к стенкам трубопровода он пропитывается термоактивным связующим веществом. Сам же рукав представляет из себя стеклоткань и синтетический войлок. После этого плотно герметизируют рукав с двух сторон, и в него под давлением подается пар (возможно применение горячей воды), благодаря которому рукав распрямляется, плотно прилегает к стенкам водопровода, образуя новую композитную трубу. Рукав протаскивают и корректируют его движение по трубопроводу при помощи гибкого металлического троса и лебедки[22]. Главным преимуществом данного метода является то, что благодаря комбинированному рукаву можно восстанавливать трубопроводы практически любой формы, будь это круг, овал, или эллипс. Так же комбинированный рукав обладает высокой прочностью, способен выдерживать нагрузки.

Восстановление трубопровода при помощи профильной ленты

Для восстановления безнапорных самотечных сетей могут так же применяться методы Ribloc и Expanda-Pipe[53]. Данные методы позволяют восстановить водопровод при помощи поливинилхлоридной ленты. Монтаж ленты похож на восстановительные работы при помощи U-образного рукава, но есть свои нюансы. В колодце устанавливается специальный станок, который выполняет ряд определенных функций: навивка ленты на внутреннюю поверхность трубопровода, её монтаж, подача клеящей смолы и проталкивание образовавшейся ПВХ внутрь водопровода[25].



Рисунок 1.12 Работа установки по навивке ленты

После процесса облицовки внутренней поверхности профильной лентой, между старой трубой и новой образуется пространство, которое заполняется специальным раствором и трамбуется. Благодаря этому повышается прочность данного покрытия[19]. В зависимости от применяемой технологии, используется разная лента. Например для технологии Panel Lok, разработанной фирмой Camit Ltd (Австралия), применяется профилированная лента, с Т-образными рифлениями с наружной стороны. Благодаря такой конструкции увеличивается площадь поверхности ленты, а так же повышается механическое сцепление с цементным раствором, которым заполняется свободное пространство[20].



Рисунок 1.13- Т-образная лента

Ленту можно применять для трубопроводов любой формы, овальной, круглой, с диаметром от 900мм. Этим данный способ санации схож с вышеописанным (U-образный рукав), однако ленту можно применять даже для трубопроводов имеющих прямоугольное сечение. Применять ленту можно так же для ремонта точечных повреждений (трещин, местной коррозией). Трещины могут появиться по разным причинам. Одна из наиболее часто встречаемых - это усадка грунта, в результате землетрясений, проведения земляных работ в непосредственной близости к трубопроводу, неверно спроектированная сеть и т.д.[24].

Данный метод обладает рядом преимуществ:

- Плотное прилегание ленты, благодаря специальному раствору
- Малое уменьшение проходного сечения водопровода
- Уменьшение гидравлического сопротивления

1.4 Выводы

Теоретический анализ показал, что существует множество способов восстановления поврежденных трубопроводов. Каждый из них обладает своими преимуществами и недостатками. Нельзя выделить один из способов санации как единственно правильный и применять только его, выбор методики во много зависит от характера повреждений, условий эксплуатации сети, экономической целесообразности. Однако способ санации при помощи цементно-песчаного покрытия, позволяет сократить время реконструкции водопровода, тем самым быстро запустив в эксплуатацию. Так же данный метод не требует сложных инженерных решений или дорогостоящей техники.

2 МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ТРУБОПРОВОДАХ

Обнаружение мест локальных повреждений трубопроводов, утечек — сложная инженерная задача, решение которой требует специального оборудования и профессионального подхода[23,41].

Известно, что первые проявления повреждений трубопроводов, начинаются с зонах повышенной нагрузки. К таким зонам можно отнести водопроводы подверженные постоянным или временным механическим нагрузкам, коррозионные области под напряжением; зона сварного шва, места переходов трубопроводов с одного диаметра на другой. В процессе эксплуатации трубопровода, из строя выходит не весь участок, а лишь малая часть принадлежащая одной из вышеописанных зон[6]. На сегодняшний день существует множество способов для диагностики повреждений трубопроводов[44,45].

Как показывает опыт первые микроповреждения трубопровода, происходят в зонах повышенной пластической деформации. Примером таких зон может служить дефект при монтаже, повышенная нагрузка грунта, подвижность грунта и т.д. Совокупность динамических и статических нагрузок в процессе эксплуатации вызывает при этом локальное образование двух основных типов повреждений, приводящих в конечном итоге к разрушению объекта, это трещиноподобные дефекты и дефекты коррозионной природы [7]. Скорость развития этих дефектов во многом зависит от эксплуатации трубопровода. К примеру, во время не устраненный дефект, во время ежегодных гидравлических испытаний, способен привести к аварии [14].

2.1 Акустический метод.

Данный метод имеет широкое применение в России. Вода вытекающая из поврежденного трубопровода имеет спектр сигнала от 100 до 3000 Гц. Основные приборы для поиска утечек можно разделить на несколько групп:

1) К первой группе можно отнести приборы отечественных производителей, такие как «ТА-12М», «Поиск-1МК» и т.д. Данные приборы отлично работают в заданном диапазоне, для обнаружения течи. [8].

2) Вторая группа получила наиболее широкое распространение. Приборы этой группы обладают функцией фильтрации входного сигнала, для выделения полезного сигнала в условиях городского шума. Примером такого оборудования могут служить приборы «FUJI TECOM» (Япония), «Успех-АТГ-210» (Россия). [15].

3) К третьей группе относятся течеискатели с функцией псевдокоррелятора. Такие приборы способны определить расстояние до места локального повреждения, по разности шума. Примером таких течеискателей являются отечественные разработки «Успех АТ-207» и «Ультракорт» [68].

Одним и, пожалуй, самым главным достоинством акустического способа, является то, что диагностику можно производить на действующих водопроводах, с циркулирующим носителем. [9]. По окончании диагностики оформляется акт, в котором описываются все найденные места протечек, и делается заключение о возможности дальнейшей эксплуатации. Так же в заключение акта, прикладывается схема, с обозначением все повреждений. Данная схема позволяет скоординировать дальнейшие действия по восстановлению водопровода [46,47].

При первом знакомстве с данным способом диагностики поврежденных сетей, эксплуатирующая организация может сомневаться в правильности результатов полученными в результате обследования. Для этого, продиагностированные участки вскрываются и осуществляется замер остаточной толщины стенки трубы. Затем оценивают данные полученные в результате акустической диагностики и в результате вскрытия. Метод не идеальный, поэтому возникает ряд расхождений которые снижают уровень достоверности акустической диагностики. [36].

Это связано с тем, что в основе описанного метода лежит процесс излучения сигналов элементами трубопровода с повышенными механическими напряжениями (сварные швы, деформации и т.д.) [10].

Для пояснения этого в НИУ МГСУ были рассмотрены результаты анализа данных диагностики и замеров фактической толщины стенки трубы, осуществленных на магистральных трубопроводах тепловой сети г. Казани (ОАО «Татэнерго», Казанские тепловые сети)[68],[67].

На нижеприведенных рисунках (2.1-2.5) представлены графики зависимости, по оси X откладывается расстояния до одного из датчиков, установленных на трубопроводе:

- а) показание замера толщины стенки , а так же соотношения утончения к её изначальной толщине выраженной в «%»;
- б) местоположение очагов коррозии и дефектов;
- в) классификация дефектов , которая позже дублируется в отчет.

Сотрудник выполняющий диагностику, должен проанализировать данные полученные с приборов и сделать заключение. По последней кривой инженер может сделать заключение о характерах повреждениях. Например

критические дефекты обозначены красным цветом, их пропускная способность составляет 4 течь/п.км в год. Приближенные к критическому – зеленым (1,7 течь/п.км в год), и удовлетворительные желтым (0,15 течь/п.км в год) [68],[67]. Далее чтобы сделать заключение о возможности дальнейшей эксплуатации трубы, либо её демонтажу, необходимо вычислить коэффициент аварийноопасности. Сравнив коэффициент с предельным значением (получен на основании статистических данных для каждого диаметра трубопровода), можно сделать вывод о возможности дальнейшего использования водопровода[68],[67].

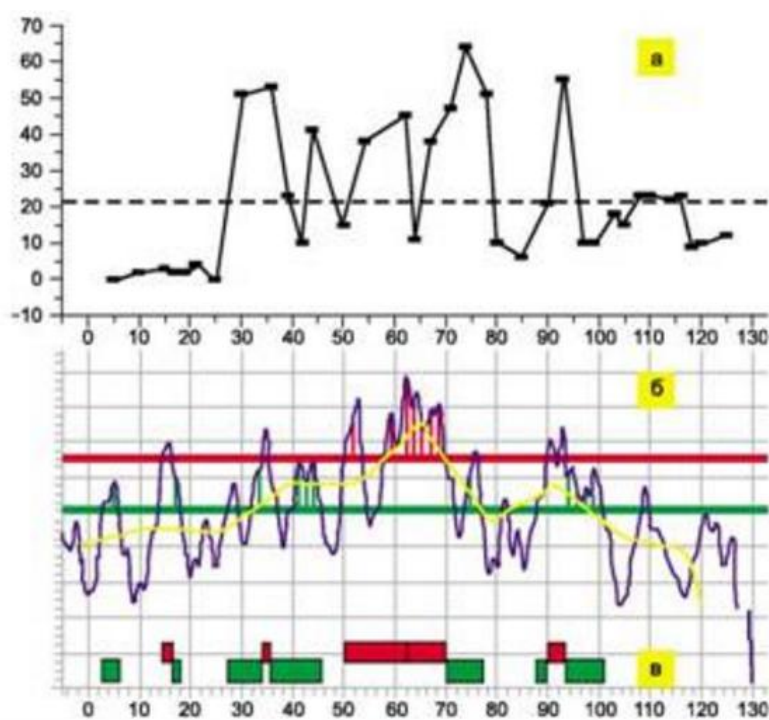


Рисунок 2.1- Состояние трубы- значительное утончение стенки, требуется перекладка

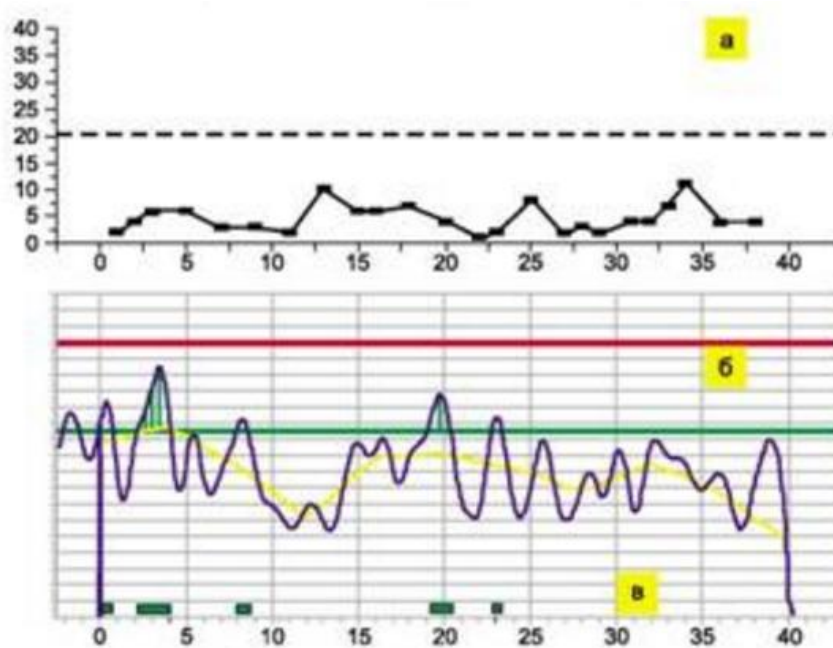


Рисунок 2.2-Состояние трубы удовлетворительное, допускается дальнейшая эксплуатация

При рассмотрении представленных результатов надо в первую очередь учитывать, что:

- график кривой «а» рисунков, основан том, что трубопроводов не может иметь утончения более 20% [4];
- анализ состояния трубопровода основан на вычислении коэффициента аварийности[68],[67].

На рис. 2.2 изображен водопровод без существенных повреждений стенок внутренней поверхности. По критерию «толщины» допускается его дальнейшая эксплуатация.

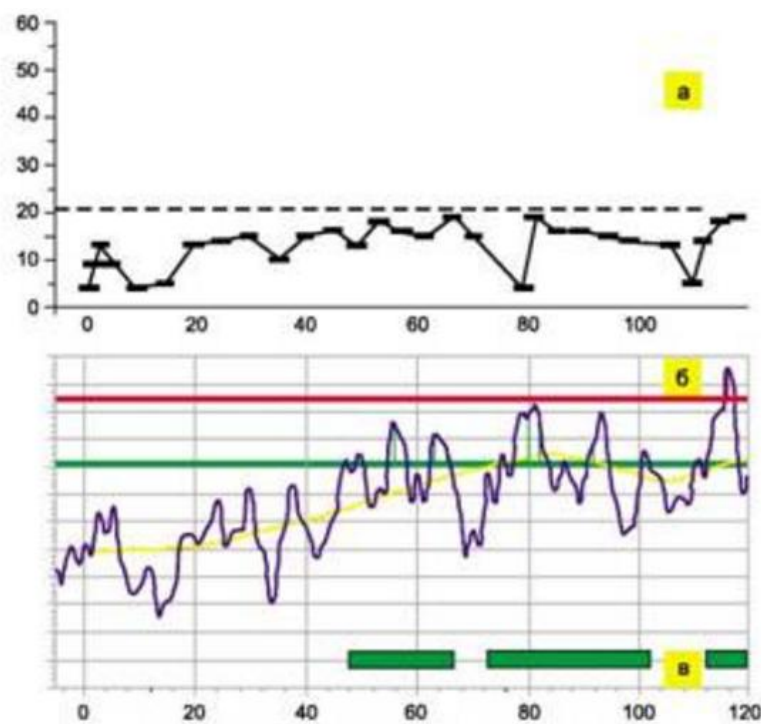


Рисунок 2.3- Состояние трубы приближается к критическому, ограниченный рабочий ресурс

На рисунке 2.3 изображен участок водопровода с существенными повреждениями. Утончение стенки приближается к максимально допустимому значению в 20%. В связи с этим эксплуатация трубопровода возможно, но не продолжительный срок, так как это может привести к аварии. [68],[67]

Тем самым опираясь на данные по остаточной толщине стенки трубопровода и по значению предельного напряжения можно сделать вывод о возможности ввода или вывода из эксплуатации водопровода.

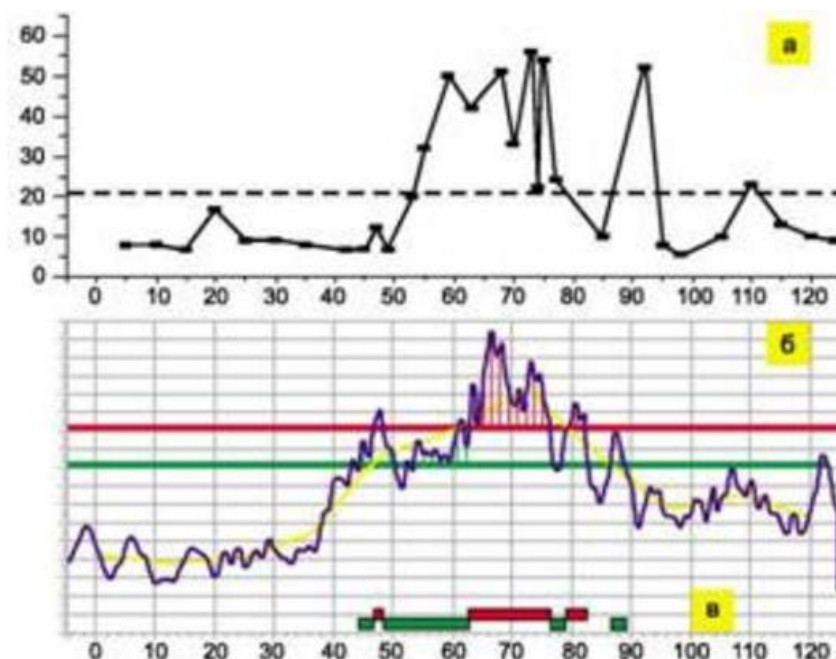


Рисунок 2.4-Локализация мест утончения при диагностике

Результаты замеров отдельных участков трубопровода, сводятся в единый график, на котором изображена вся магистраль. Например, на участке, представленном на рис. 2.4, видно, что сеть наиболее повреждена на отрезках между 50 -92 м.

Как было сказано ранее при помощи акустического метода, можно выявить места повышенных напряжений, именно эти участки наиболее подвержены интенсивному износу и быстрому выхода из строя. Одинаковое значение утончения, выраженное в % может быть как критическим, так и допустимым, в зависимости от диаметра трубопровода, предельного напряжения. Для объективной оценки состояния трубопровода, необходимо производить диагностику всей трассы, а не отдельных участков.

На рис. 2.4 видно, что если осуществить раскопку котлованов на участке 50-90 м, то локальный дефект на отметке 92 м может быть не обнаружен. Как показывает практика при помощи метода акустической диагностики сложно обнаружить дефекты размером менее 20см в диаметре. Статистика показала что данным методом можно обнаружить около 60% дефектов водопроводов. Дефектные интервалы длиной более 1 м выявляются с достоверностью около

90%.

Следует понимать что аварийно опасные места возникают не только в результате коррозии или износа трубопровода. Их появление может быть обусловлено ошибками при монтаже, либо в результате соприкосновения со скользящей опорой. Практика насчитывает множество случаев, когда после вскрытия сетей были обнаружены дефекты в результате не правильно оприсовки сетей и т.д. Все это приводит к появлению течи и дальнейшему разрушению водопровода.

На основании вышеописанных экспериментов можно составить алгоритм обработки данных результатов акустической диагностики:

1. Получить значение коэффициента аварийности, сравнить его с установленной величиной для данного диаметра трубопровода, если значение не превышает максимального, возможна дальнейшая эксплуатация водопровода.

2. Построить график распределения повреждений по все длине магистрали, выявить конкретные места течи. Если они имеют локальный характер, то устранять, если они имеют большую продолжительность по всей магистрали, целесообразнее будет провести локальный ремонт.

3. При раскопке котлованов следует понимать, что прибор мог указать на предельное значение напряжения на определенном участке, но это не означает что там течь, возможно в этом месте произошло разрушение скользящей опоры, подпорки, и т.д в результате чего в металлической трубе возникло дополнительное механическое повреждение.

Эффективность использования данных, полученных при акустической диагностике, иллюстрирует опыт работы организации ОАО «Тепло-энерго» г. Кемеров.

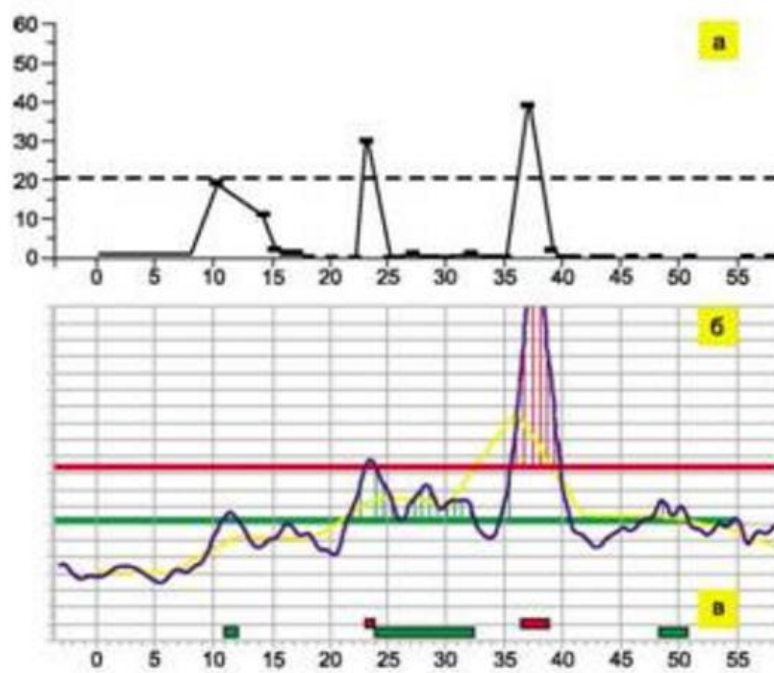


Рисунок 2.5- Характер выявления локальных дефектов размером менее 1м.

На сегодняшний день более 60 организаций в России активно используют оборудование для акустической диагностики водопроводов.

2.2 Корреляционный метод.

Есть еще один широко распространенный способ диагностики – корреляционный. Он нашел свое применение в зашумленных участках, в черте города либо заводов. Течеискатели типа «Коршун», «Кондор» и «Теакорр» очень сложные в использовании. Для работы с ними необходимо создавать специально обученную группу технических специалистов. Основное и пожалуй самое главное их отличие от акустических приборов, заключается в том, что течеискатель подключается всего в двух точках, начальной и финишной. Таким образом, это позволяет производить диагностику сразу по всей длине водопровода, не строя дополнительные графики отдельных участков. Данный метод наиболее эффективен при канальной прокладке трубопроводов. Точность выявления дефектов составляет 50-90%. Однако, несмотря на высокую эффективность, у него есть свои недостатки. К примеру, корреляционный метод в сравнении с

акустическим, более чувствителен к неоднородностям в трубопроводе, таким как отводы, повороты, тройники, изменение диаметров, переходы и т.д.

Погрешность измерения составляет не более 1% от общей длины магистрали

Комплект "Искор-410" позволяет более точно (± 30 см) определить реальное место нахождения утечки.

Шум, который появляется в результате течи воды через поврежденный трубопровод, распространяется вдоль стенок трубы на десятки и даже сотни метров.

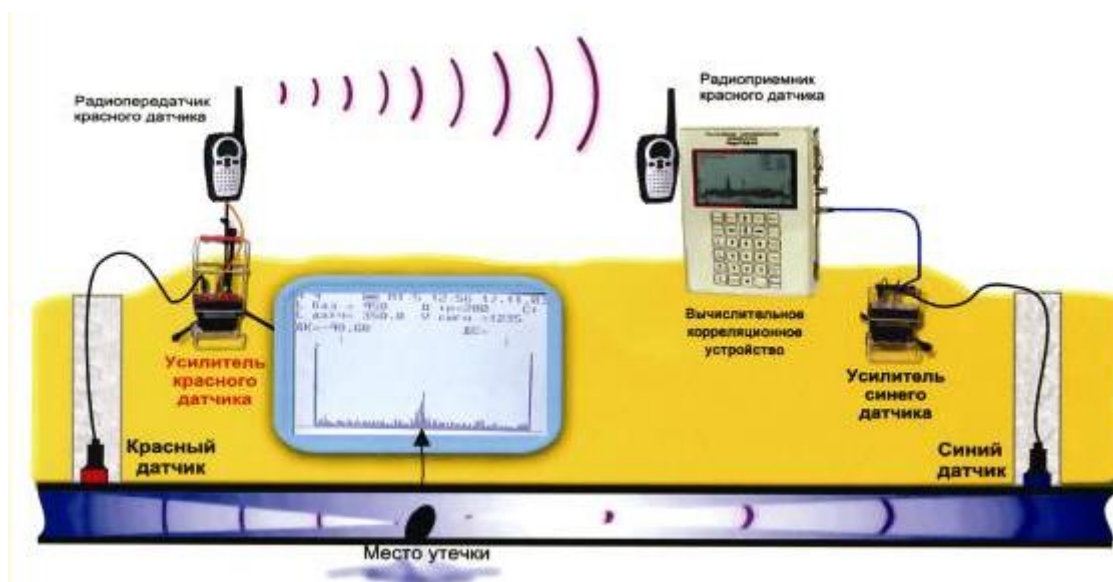


Рисунок 2.6- Принципиальная схема установки

Пьезоэлектрические датчики, которые инженеры устанавливают на стенку водопровода, позволяют преобразовывать шум утечки в сигнал. Далее этот сигнал через специальное устройство усиливается через синий и красный датчики.

Корреляция - это «взаимосвязь». Для установления места локального повреждения вычислительное устройство анализирует поступающие от

датчиков сигналы, производит вычисления и устанавливает конкретное место повреждений водопровода. Оператор подгоняет маркер к пику и на экране высвечивается точное значение расстояния от датчиков до места утечки.

Не смотря на сложность данного метода, сам прибор имеет доступный интерфейс с подсказками и всплывающими окнами, но тем не менее работать с корреляционным течеискателем допускается только специально обученный человек .

Порядок работы с корреляционным течеискателем:

Определение места прорыва методом закрытия задвижек от самого дальнего участка к котельной до прекращения подпитки котла. Находим тепловые камеры, проводим трассировку, измеряем длину трассы, устанавливаем датчик на трубу при помощи вмонтированных в датчики магнитов. Подключаем радиостанцию. Оставляем радиостанцию подключенную к датчику работать автономно. Переходим на противоположный конец обследуемого трубопровода. Открываем люк с противоположного конца места утечки (рис. 2.7).



Рисунок 2.7- Подготовительные работы

Устанавливаем датчик на трубу (рис. 2.8).



Рисунок 2.8- Установка датчиков

Подключаем второй датчик и радиостанцию к корреляционному течеискателю. Вводим параметры трубопровода (рис. 2.8).



Рисунок 2.9- Усилитель сигнала датчика

Определяем местоположение утечки. Она четко видна на экране (рис. 2.10).

Убеждаемся в правильности определения места утечки и для достоверности повторно запускаем корреляционный течеискатель (рис. 2.10).



Рисунок 2.10- Определение места течи

Измеряем расстояние до места утечки, уточняем место с помощью акустического течеискателя, начинаем работы по вскрытию трубопровода в месте предполагаемой утечки.

Вскрываем трассу и обнаруживаем, что место утечки совпадает с показаниями прибора с точностью до 10 см (рис. 2.11).

Разбираем применяемое оборудование.



Рисунок 2.11- Место прорыва трубопровода

Проведенные работы корреляционным способом позволили определить место утечки за 7 мин. Оперативность в работе с прибором позволила сэкономить затраты на земляные работы и время.

2.3 Метод телеинспекции и видеодиагностики.

Так же существует метод телеинспекции труб. Расширение масштабов данного метода необходимо решения сложных инженерных задач, с которыми не справится ни один из методов диагностики. И здесь необходимо согласится с техническими специалистами в сфере водоснабжения, что отвести угрозу «паралича» с сетей России, не возможно, если использовать только традиционный метод ремонта- перекладку. Это просто экономически невозможно. В связи с этим необходимо срочное освоение бестраншейных методов санации, а так же диагностики. Привести водопровод в наше время в технически хорошее состояние крайне сложно. Это связано с рядом факторов: плотная застройка, пересекающиеся коммуникации и т.д. При отсутствии ТВ **роботов** сложно оценить внутреннее состояние трубы, контроль строителей, проведение акта приемки работ.

Самоходные роботы для телеинспекции:

В первые роботы для телеинспекции систем ВиВ появились в далеких 50-х годах. Первым кто открыл серийное производство, была немецкая фирма «ІВАК». С тех пор данные системы активно развиваются и по сей день. На сегодняшний день более 20 фирм во всем мире предлагают свои инженерные решения и новинки в области видеодиагностики и телеинспекции. Как показывает практика компания , на вооружении которой ТВ робот, при активном его пользовании способно сэкономить сумму в 2 раза превышающую стоимость самой техники. . В СССР инспекционные ТВ роботы для водопроводных и канализационных сетей до 1991 г. не производились. Это объясняется отсутствием в прошлом должного внимания к проблемам коммунального хозяйства. Однако высокий научно-технический потенциал специализированных российских предприятий позволил им в начале 90-х гг. быстро наверстать упущенное. Сегодня в России производством ТВ-роботов занимается несколько организаций, в том числе НПО «ТАРИС».

В 80-е гг. муниципальные службы крупных российских городов для инспекции трубопроводов могли использовать только импортные телесистемы « ІВАК», « [Rausch](#)» (Германия), « Vretmaskin» (Швеция). Но уже с 1991 г. отечественные телевизионные роботы достойно конкурируют с импортными системами. Это объясняется не только ценой, которая у отечественных систем на 15-20 % ниже, чем у зарубежных аналогов (при том же уровне качества), но и возможностями выполнения российскими предприятиями гарантийных и послегарантийных обязательств в более короткий срок и за значительно меньшую стоимость.

Основные характеристики систем телеинспекции

К основным характеристикам, определяющим функциональные возможности систем телеинспекции трубопроводов, можно отнести:

- 1) самоходный движитель, установленный непосредственно на работе,
- 2) способность производить диагностику трубопроводов как с большим, так и с маленьким диаметром,
- 3) возможность диагностики длинной магистрали,
- 4) камера способна вращаться,
- 5) цветная картинка
- 6) автоматическое документирование проведенных результатов, в память компьютера



Рисунок 2.12 Подготовка работа



Рисунок 2.13- Подготовительные работы

Некоторые роботы оснащены самоходным двигателем, который обеспечивает его перемещение по трубопроводу. Роботы обладают различной проходимостью, в зависимости от типа двигателя. В качестве двигателя могут использоваться либо гусеницы либо колеса. При больших отложениях в канализационных или водосточных трубопроводах может забуксовать даже самый неприхотливый самоходный ТВ-робот, поэтому сильно засоренные канализационные и водосточные трубопроводы перед телеинспекцией рекомендуется промывать.

Робототехнический комплекс Rausch M Series

Современные упрощенные варианты **систем телеинспекции труб**, также как и впервые созданные телекамеры перемещаются в трубопроводе путем их проталкивания жестким стекло пластиковым жгутом или протаскиваются предварительно протянутым тросом. Длина участков, инспектируемых таким методом, как правило, не превышает 50—80 м. Такие упрощенные системы делают обычно для трубопроводов диаметром 76—250 мм в переносном варианте, и их стоимость (как импортных, так и отечественных) в России составляет от 10 тыс. долл. США. Несамостоятельные системы просты и надежны, однако их возможности ограничены, и

муниципальные организации, имеющие широкий круг задач, используют их редко.

Диапазон диаметров применения ТВ роботов ограничен лишь для самоходных передвижных роботов. Видеодиагностику можно производить в водопроводе любого сечения. Но для получения качественной картинки лучше придерживаться следующих рекомендаций: самоходные ТВ роботы лучше применять при больших диаметрах трубы от 90 до 1400 мм. Для трубы с сечением менее 90мм, рекомендуется использовать оборудование без самоходных элементов. Минимальный диаметр определяется габаритами устройства для диагностики, а максимальный – целесообразностью применения ТВ робота, ведь при определенных условиях это может сделать человек (при $D \geq 1400\text{мм}$). Исходя из этого производитель, как правило, предлагает два типа ТВ роботов: для диагностики малых диаметров (с возможностью установки камеры на заданную высоту), для исследования больших диаметров (с возможностью замены колес на разные диаметры).

Теледиагностика трубопровода роботом РАУШ

Длина обследуемой магистрали зависит от длины кабеля, размещенного на барабане робота, и способностью протащить кабель на заданное расстояние, т.е. мощностью двигателя робота. Так же помимо мощности, огромное значение играет масса робота, размер и проходимость его покрышек, форма гусениц, а так уровень деградации трубопровода. Как правило диагностики сетей малого диаметра возможно роботами на 250 м, а больших диаметров-до 400м.

ТВ-роботы могут быть оснащены жестко закрепленной камерой, либо поворотной. За движение камеры отвечает оператор, находящийся за пультом управления. Такая система стоит значительно дороже. Целесообразно её использовать при больших диаметрах трубопровода, с

возможностью рассмотреть мелкие дефекты, обнаружить инородные тела, выявить трещины или оценить состояние сварных швов.



Рисунок 2.14- Робототехнический комплекс Rausch M Series

Качество полученного изображения зависит от многих параметров, в первую очередь от разрешающей способности и угла обзора по диагонали. Разрешающая способность зависит от количества телевизионных линий на экране монитора. Угол обзора по диагонали для ТВ роботов с поворотной камерой составляет не менее 60° , а для систем с неповоротной телекамерой - не менее 90° . Так же камера оснащена управляемым фокусом и повышенной светочувствительностью (2-5 Люкс). При верном соотношении телесистемы пониженная светочувствительность может компенсироваться прибавлением мощности источников освещения. Если показания указанных характеристик находятся в верном соотношении, то пользователь имеет качественное видеоизображение на своем мониторе. Если верно настроить камеру, то сотрудник, а результате диагностики получит изображение высокого качества[35].



Рисунок 2.15-Система документирования результатов телеинспекции

Практически для всех систем ТВ-роботов ведется запись результатов видеообзора на кассету. Однако такая форма представления информации часто неудобна. Для распечатки наиболее интересных и критичных кадров многие фирмы-производители оснащают свою систему телеинспекции видеопринтером, позволяющим получать фотографии конкретных фрагментов трубопроводов. К недостаткам такого способа представления информации можно отнести высокую стоимость расходных материалов, а также неудобство хранения фотографий и их увязки с протоколом осмотра. На некоторых ТВ роботах внедрена система документирования видеоинформации в цифровом формате. Это является наиболее перспективным направлением. Благодаря цифровому формату можно хранить огромные объемы информации на диске, а так же в любой момент распечатать необходимый кадр водопровода, для акта, или судебного разбирательства.

Схема выполнения телеинспекции

Видеодиагностика трубопроводов выполняется по одной и той же схеме как для напорных, так и для безнапорных сетей:

1. Определяют согласно ТЗ, необходимый для диагностики участок
2. Находят необходимые колодцы для запуска робота в трубопроводах
3. Видеодиагностика
4. Составление заключительного отчета

Благодаря видеоинспекции можно не только оценить состояние водопровода, но так же сделать вывод о работах, производившихся на данном участке (санация, ремонт, сварные работы).

При приеме в эксплуатацию вновь построенных трубопроводов **телеинспекция** позволяет выявить наличие посторонних предметов в трубопроводе, по виду внутренней линии сварного стыка проверить качество сварки. Эти же возможности появляются у строительно-монтажных организаций в режиме «самоконтроля». Так, отсутствие бугорка сварки на внутренней стороне стыка означает возможный непровар, а образование на внутренней поверхности стыка больших «капель» и острого грата приведет к увеличению гидравлического сопротивления трубопровода при его эксплуатации, к сложностям при прочистке. При строительстве трубопроводов из труб с внутренней цементно-песчаной защитой проверяется ее фактическое наличие по всей длине, выявляются сколы и осыпания в результате ударов и изгибов трубы при транспортировке и строительстве, проверяется качество заделки стыков цементно-песчаным раствором.

Так как для запуска ТВ робота в водопровод необходимо производить срез участка трубы , так называемое « окно», соответственно диагностику проводят как правило перед ремонтом, или заменой отдельных участков трубы. Для напорных трубопроводов, можно легко определить место течи. Сразу после сброса давления и слива теплоносителя, вода которая ранее

вытекала через места локальных повреждений и попадала в грунт, будет под действием сил закачиваться обратно в трубопровод. Места заполнения водой, попадут под объективы камер. Поэтому данный способ можно использовать и для поиска мест течи, аналогично акустическому и корреляционному. Пожалуй, одним из главных преимуществ является то, что при данном способе можно выявить все внутренние повреждения трубопровода, уровень его обрастания коррозией, остаточное проходное сечение и т.д.

На сетях водоотведения в первую очередь необходимо проверить места стыком труб, раструбные соединения. Это требуется в первую очередь для предотвращения загрязнения сточными водами, грунтовых вод, и к провалам грунта, в том числе с образованием огромных воронок, как это было в Краснодаре в 1988 г. и в Набережных Челнах в 1992 г. На действующей канализационной сети так же проверяется уровень её загрязнения, толщина отложения на стенках трубопровода.

Важным фактом является раздельное использование роботов, в зависимости от диагностируемых сетей. ТВ робот для телеинспекции канализационных сетей, не должен использоваться для диагностики хозяйственно питьевых или технических водопроводов. На каждую группу систем, должен быть свой комплект оборудования. [51].

2.4 Пневматическое и гидравлическое испытание

Данным способом нельзя определить точное место повреждения трубопровода, можно лишь выявить факт повреждения трубопровода. Коммунальные хозяйства ежегодно проводят данное испытание, для проверки целостности обслуживаемых систем.

На всех водопроводах, не зависимо от их назначения или классификации, ежегодно проводятся гидравлические и пневматические

испытания на прочность в соответствии с требованиями СНиП III-Г.9—62 и НиТУХП—62.

Нередко проведение гидравлического испытания невозможно, из-за отсутствия на площадке воды, пониженной температуры окружающего воздуха, наличие опасных напряжений в трубопроводе. В этом случае проводят пневматическое испытание трубопровода. Так же на этапе проектирования в это может быть указано в техническом задании.

Испытание трубопроводов должно проводиться строго под руководством прораба(мастера). Должны быть соблюдены все требования проекта, Госгортехнадзора и техники безопасности. Непосредственно перед гидравлическим испытанием бригада рабочих производит осмотр водопроводов, проверяют всю имеющуюся техническую документацию, устанавливают необходимую запорную и регулирующую арматуру (вентили, спускные краны, манометры и т.д), а так же выполняют подключение трубопровода к опрессовочному агрегату. Если в сети имеются участки, которые не подлежат испытанию, необходимо их отключить с помощью заглушек, применять обычный вентиль или другую запорную арматуру в этом случае запрещено. Для подключения испытуемого водопровода к компрессору, выполняется при помощи пары вентилях.

Манометры, используемые при испытании должны быть откалиброваны и проверены. Их класс точности должен быть $\geq 1,5$, согласно ГОСТ 2405—63, с ценой деления не более 0,1 С.

Гидравлическое испытание водопровода позволяет проверить прочность и плотность одновременно.

Величину испытательного давления закладывают на этапе проектирования сети, как правило, она должна быть:

для водопроводов изготовленных из стали, которые эксплуатируются при давлении до 4 кгс/см² и с температурой трубы свыше 400° С, величина испытательного давления составляет 1,5 рабочего давления. Но она должна быть не меньше 2 кгс/см²;

для водопроводов изготовленных из стали, которые эксплуатируются при давлении более 5 кгс/см²— 1,25 от рабочего давления. Но она должна быть не меньше 3 кгс/см²;

для остальных трубопроводов установлен обобщенный коэффициент 1,25 от рабочего давления, но данная величина зависит от материала испытываемых труб:

- Чугунные трубопроводы - 2 кгс/см²
- Медные (и прочие цветные металлы)- 1 кгс/см²
- Фаолитовые трубопроводы -0,5 кгс/см²

Для создания испытываемого давления, применяются специальные насосы повышенной мощности:

- Плунжерные насосы. Примером таких насосов могут служить модели НП-600 и ГН-1200-400 рис.(2.16)
- Ручные поршневые насосы (ТН-500,ГН-200) рис.(2.17)
- Гидравлический пресс
- И прочие эксплуатационные насосы способные создать необходимое давление в системе.



Рисунок 2.16 Плунжерный насос



Рисунок 2.17 Ручной поршневой насос

Гидравлическое испытание проводят в следующей последовательности:

1. Подключение к существующей сети насоса или прессы, в зависимости от технических условий.
2. Установка манометров, для контроля давления

3. Заполнение магистрали теплоносителем. При заполнении жидкостью трубопровода, необходимо убедиться в отсутствии воздушных пробок.
4. Визуальный осмотр трубопровода. В первую очередь необходимо обратить внимание на сварные соединения, места подключения арматуры и т.д.
5. После создания необходимого давления в трубопроводе, необходима выдержка трубопровода, согласно ТУ.
6. Повторные осмотр сети
7. Демонтаж оборудования (насос, манометры, и т.д)

Под повышенном давлении трубопроводы должны выдерживаться не менее 5 минут. При осмотре стальных трубопровода под давлением, необходимо особое внимание уделять сварным швам. Для проверки их прочности и герметичности, швы обстукивают закругленным молотком, на расстоянии 1-2 см. Это допускается делать только на трубопроводах изготовленных из стали, для иных материалов, данный способ применять запрещено.

Результаты гидравлического испытания на прочность и плотность считаются удовлетворительными, если во время испытания не произошло падения давления по манометру, а в сварных швах, фланцевых соединениях и сальниках не обнаружена течь или следы конденсата. При выявлении каких либо дефектов, необходимо их устранить и провести гидравлические испытания повторно. Если во время испытания температура окружающего воздуха отрицательная, необходимы мероприятия по предотвращению замерзания теплоносителя. Особенно это необходимо в спускных линиях. После проведения испытаний в демисезонный период, необходимо полная

продувка системы сжатым воздухом, для предотвращения скапливания воды в нижних точках сети.

Гидравлические испытания системы холодного водоснабжения считаются пройденными успешно, если утечка не выше показаний таблицы.

Таблица 2.1- Разрешенные объемы протечек на отрезке водопровода продолжительностью 1 км

Диаметр труб внешний, см	Разрешенная протечка, литр\мин	
	Для сварных соединений	Для соединений на уплотнителях (раструбы)
6,3-7,5	от 0,2 до 0,24	от 0,3 до 0,5
9-11	от 0,26 до 0,28	от 0,6 до 0,7
12,5-14	от 0,35 до 0,38	от 0,9 до 0,95
16-18	от 0,42 до 0,6	от 1,05 до 1,2
20	0,56	до 1,4
25	0,7	до 1,55
28	0,8	до 1,6
31,5	0,85	до 1,7

Продолжение таблицы 2.1

35,5	0,9	до 1,8
40-45	от 1,1 до 0,5	от 1,95 до 2,1
50-56	от 1,1 до 1,15	от 2,2 до 2,3
63	1,2	до 2,4
71	1,3	до 2,55
80	1,35	до 2,7
90	1,45	до 2,9
100	1,5	до 3
120	1,6	до 3

Данные, полученные в результате гидравлических испытаний, максимально подробно вносят в акт приемки водопроводной системы. Сюда же включают сведения о переделках и починках, произведенных в ходе испытаний. Акт испытания водоснабжения — это доказательство качества и отличного состояния водопроводной системы, готовности к эксплуатации.

2.5 Метод магнитной дефектоскопии

Этот метод диагностики получил широкое распространение. Его применение позволяет выявить следующие виды дефектов:

- потеря уровня герметичности;

- потеря контроля состояния напряженности;
- нарушение сварных стыков;
- разгерметизация сварных швов и другие параметры, которые ответственны за надежное функционирование магистралей.

Дефектоскопия на 100% способна выявить недостатки и предупредить серьезные аварии. Методы, и испытываются новые модели дефектоскопов. Плюс ко всему этому проводятся различные анализы для того, что бы в последствие улучшить работу средств. Дефектоскоп это устройство для обнаружения локальных повреждений трубопровода, без его демонтажа или его вскрытия. В качестве дефектов могут быть трещины, сквозные отверстия, очаги коррозии, и любые другие нарушения целостности структуры.

В основном применяются следующие дефектоскопы:

- Ультразвуковые
- Капиллярные
- Вихретоковые
- Магнитно-порошковые



Рисунок 2.18- Пример обследования водопровода методом дефектоскопии

Вихретоковые дефектоскопы:

В основу работы данного оборудования легло измерение вихревых токов, которые возникают в магнитном поле дефектов. Вокруг дефекта, образуется магнитное поле, с вихревыми токами, которые как раз и фиксирует дефектоскоп. По результатам диагностики можно выявить местоположение и характер дефектов. (рисунок 2.19) [8].

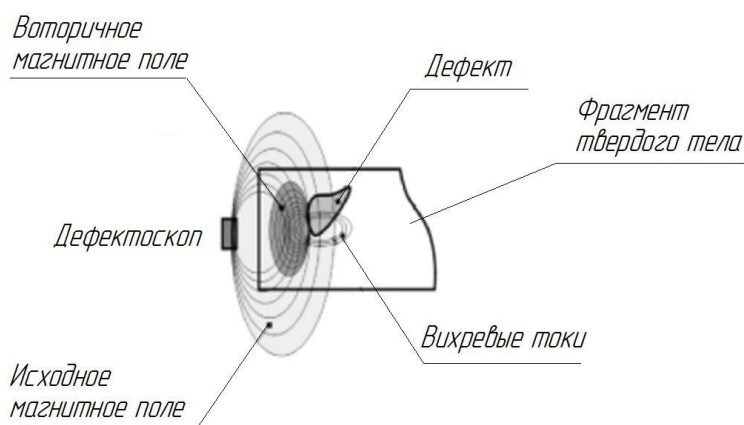


Рисунок 2.19- Основной принцип работы дефектоскопа

Данный метод обладает рядом преимуществ и недостатков

Преимущества:

- Высокая скорость диагностики
- Минимальная погрешность измерений
- Невысокая цена

Недостатки:

- Глубина исследуемого покрытия не более 0,2 см
- Не пригоден для диагностики трубопроводов всех материалов
- Низкая надежность оборудования

Ультразвуковой дефектоскоп

Ультразвуковая дефектоскопия трубопровода впервые была предоставлена Соколовым С.Я. в 1928 году. Она создана на основе изучения передвижения ультразвуковых колебаний, которые находились под контролем дефектоскопа. Дефектоскопия сварных швов трубопроводов является обязательной процедурой перед запуском в эксплуатацию магистральных коммуникаций, особенно проходящих под землей. В любой конструкции сварной шов являлся слабым местом, по этим причинам их качество всегда должно быть под контролем. На сварных швах лежит важная ответственность — они определяют герметичность и качество готового сооружения в целом.

В основу работы положены теневой метод контроля и эхо-метод. Суть эхо-метода заключается в подаче импульсов и измерении сигналов. Устройство отправляет сигнал на исследуемый объект и фиксирует время

отраженного сигнала. Благодаря этому выявляется местоположение дефекта. Данный способ позволяет обнаружить дефекты на различной глубине, что его отличает от вихревого. [7].

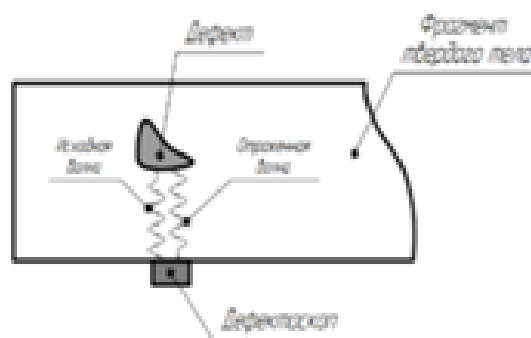


Рисунок 2.20- Эхо-метод

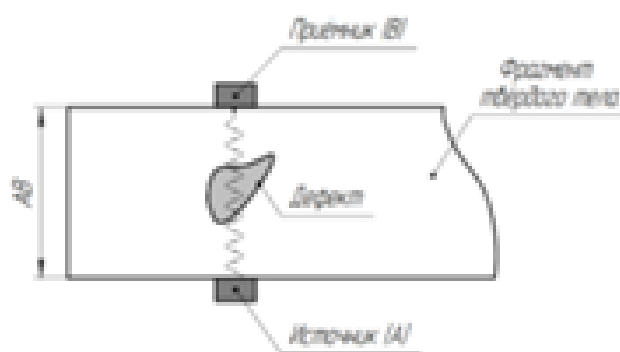


Рисунок 2.21- Теневой метод

Теневой метод немного отличается от эхо-метода. Для диагностики используют отражатели, которые устанавливают друг напротив друга (А и В). Зная расстояние между отражателями, рассчитывается время прохождения сигнала (в зависимости параметров трубопровода). Если полученные данные отличаются от расчетных, значит присутствует дефект[12].

Данный способ обладает рядом достоинств и недостатков.

Преимущества:

- Диагностируемый трубопровод может быть стальным, чугунным, пластиковым, полимерным, бетонным и т.д.
- Метод получил широкое распространение во всех странах.

Недостатки:

- Повышение требования в габаритам и форме трубопровода
- Диагностика трубопровода занимает продолжительное время
- Высокая стоимость оборудования

Магнитно-порошковая дефектоскопия

Суть данного метода основана на выявлении рассеивания магнитного поля, в результате локальных дефектов (рисунок 2.23). Данный метод является наиболее наглядным. Для выявления дефектов на поверхность трубопровода наносится магнитный порошок, который под действием магнитного поля формирует «рисунки». В местах повреждений порошок скапливается. Данный метод не позволяет провести полную диагностику трубопровода по всей длине, а лишь проверить качество сварных швов, стыков. [11].

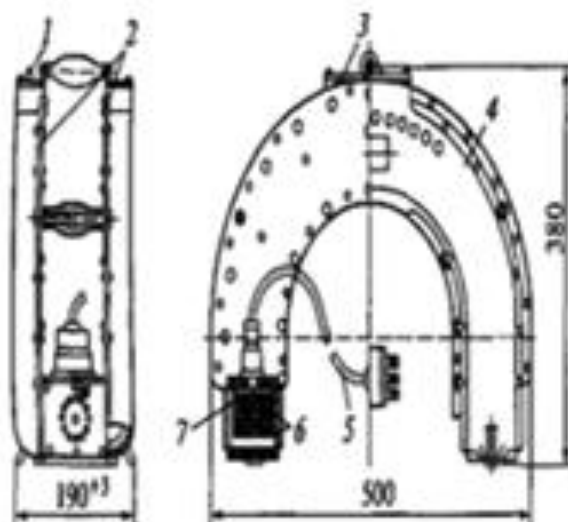


Рисунок 2.23- Магнитно порошковый дефектоскоп

- 1- Включатель/выключатель , 2- медный сердечник, 3- щиток, 4- корпус устройства, 5- кабель, 6, 7- намагничивающая и дополнительная катушки

Преимущества:

- Возможность быстро выявить место дефекта
- Визуальный осмотр мест дефектов
- Низкая стоимость оборудования
- Долговечность работы

Недостатки:

- Сложность в размагничивании больших элементов трубопровода
- Диагностика возможна только при демонтированном трубопроводе

- Диагностика только стальных трубопроводов
- Ограниченная глубина действия устройства

Капиллярный дефектоскоп

Метод капиллярной дефектоскопии позволяет невооруженным глазом обнаружить трещины и прочие повреждения трубопровода [24]. Полость трубопровода заполняется специальным веществом, которое проникает внутрь стенки под действием капиллярных сил. После нанесения панетранта, поверхность очищается и на нее наносится порошок белого проявителя. После чего под действием ультрафиолетового излучения ярко видны контуры трещин и локальных повреждений.

Преимущества:

- Высокая точность показаний
- Визуальный осмотр

Недостатки:

- Возможна диагностика только тех элементов, которые находятся на поверхности, либо демонтированы

2.6 Выводы

Все методы диагностики описанные в данной главе являются эффективными и используются на сегодняшний день. Однако не всегда можно применять тот или иной способ, так как каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Прежде нужно провести анализ диагностируемого объекта, а так же параметры диагностируемого трубопровода(диаметр, рабочие характеристики, срок эксплуатации и т.д.

После этого можно уже определять метод диагностики который будет наиболее эффективен.

Своевременное и достоверное определение размеров и конфигурации дефектов исключительно важно для оценок остаточного ресурса компонентов трубопроводов, для планирования и выбора технологии восстановления поврежденных участков, для назначения сроков проведения инспекций

3 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАБРЫЗГОВЫХ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫХ ПОКРЫТИЙ

3.1 Исследование способов нанесения цементно-песчанного покрытия на внутреннюю часть водопроводов

В зависимости от сложности решения технической задачи, существует два способа нанесения ЦПП на внутреннюю часть водопровода - ручной или автоматический.

Рассмотрим автоматический метод нанесения. Подготовительные работы, для данного способа, подробно описаны в главе 1.

Этапы технологического процесса при нанесении цементно-песчанного покрытия:

- 1) Анализ состояния трубопровода, выполнение подготовительных работ
- 2) Очистка трубопроводам
- 3) Нанесение цементно-песчаного покрытия одним из способов
- 4) Контроль качества выполненных работ
- 5) Завершающие работы (земляные работы, сборка оборудования, работы по благоустройству участка)

На рисунке 3.1 показан примерный план расположения строительной техники на площадке, для нанесения ЦПП. Не смотря на то, что для санации необходимо много единиц техники, вся она компактно размещена, что играет важную роль в плотной городской застройке

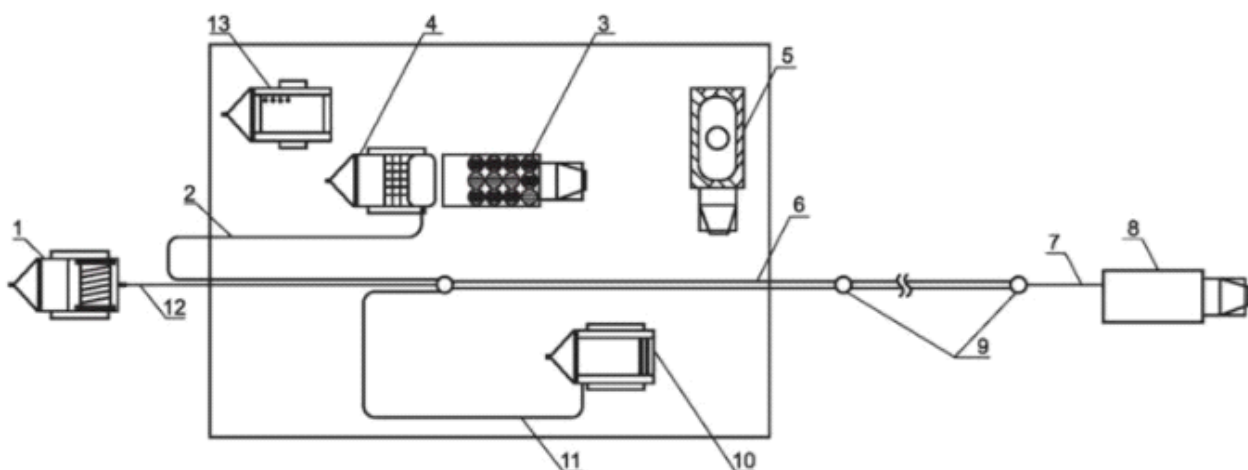


Рисунок 3.1 Схема расстановки механизмов и оборудования

- 1- тяговая лебедка ;
- 2- рукав для подачи рабочего цементно-полимерного раствора
- 3- бортовая машина;
- 4-растворонасос;
- 5- напорная цистерна;
- 6-обрабатываемый участок трубопровода;
- 7-вспомогательный трос;
- 8- машина со вспомогательным тросом;
- 9-колодец(котлован), в котором расположен saniруемый водопровод;
- 10- компрессор;
- 11- рукав для подачи сжатого воздуха;
- 12- рабочий трос;
- 13- электростанция

Нанесение цементно-песчанного покрытия на внутреннюю поверхность водопровода осуществляется центробежным способом с помощью метательной головки облицовочного агрегата, который протаскивают при помощи троса (лебедки) внутри водопровода.

Устройство (рисунок 3.2) состоит из патрубка 1, к которому подсоединяется шланг высокого давления для подачи цементно-песчаной смеси, конусной втулки 3 и направляющего

конуса 5. Для обеспечения равномерности наносимого покрытия используется сборный заглаживающий конус 6. Перемещение по трубопроводу данного устройства осуществляется при помощи 8-ми пар колес, расположенных на регулируемых опорах 2. Расход цементно-песчаной смеси изменяется с помощью технологического зазора Δ , образованного конусной втулкой и направляющим конусом 5, регулируемого четырьмя шайбами 4.

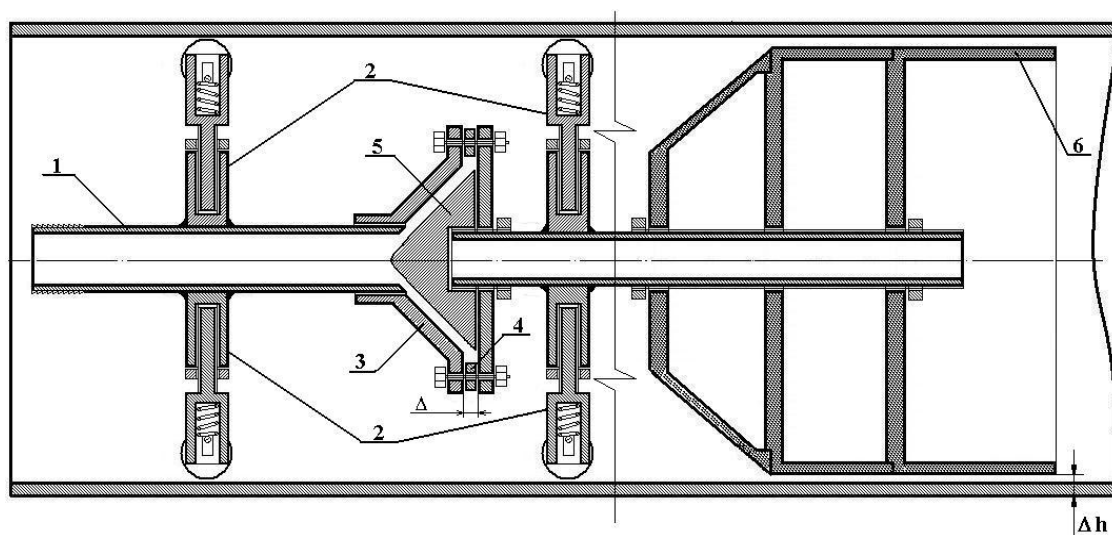


Рисунок 3.2 - Схема устройства для нанесения цементно-песчаного покрытия
1 – подводящий патрубок; 2 – опора с колесами; 3 – конусная втулка; 4 – технологический зазор; 5 – направляющий

Технический результат достигается тем, что пневматическая головка для центробежной цементно-песчаной облицовки внутренних поверхностей трубопроводов содержит статор, ротор с лопатками, закрепленный на конце ротора центробежный метатель, корпусные фланцы, переднюю и заднюю крышки, установленную в заднюю крышку подающую трубу, проходящую через полый вал ротора, при этом на задней крышке расположены штуцеры

для подвода воздуха и упомянутых облицовочных смесей. Она дополнительно снабжена закрепленным на подающей трубе редуктором и заглаживающим приспособлением, закрепленным на корпусе редуктора, расположенными соосно и установленными со стороны центробежного метателя, в торцевой плоскости которого предусмотрены по меньшей мере две втулки, образующие с ним полумуфту, при этом подающая труба выполнена из двух частей, связанных между собой резьбовым соединением, при этом одна часть трубы, содержащая пазы, имеет на свободном конце внутреннюю резьбу для крепления редуктора[3].

Составная конструкция подающей трубы обеспечивает замену части трубы с пазами, при ее износе, без извлечения всей трубы из пневматической облицовочной головки. Кроме того, это упрощает демонтаж планетарного редуктора с заглаживающим приспособлением и сокращает вспомогательное время, связанное с их обслуживанием. Соединение заглаживающего приспособления с планетарным редуктором обеспечивается специальной конструкцией корпуса последнего, являющегося выходным звеном и имеющим на конце наружную резьбу.

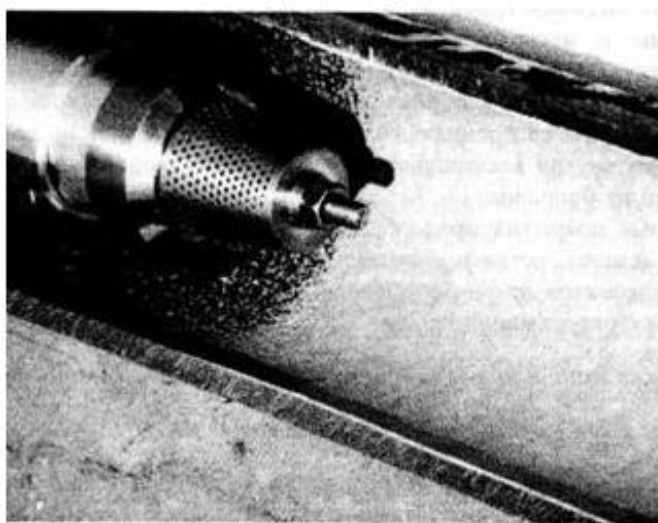


Рисунок 3.3-Иллюстрация нанесения защитного покрытия набрызговым методом

Существует графическая зависимость скорости движения устройства от диаметра трубопровода. [2] Она представлена на рисунке ниже.

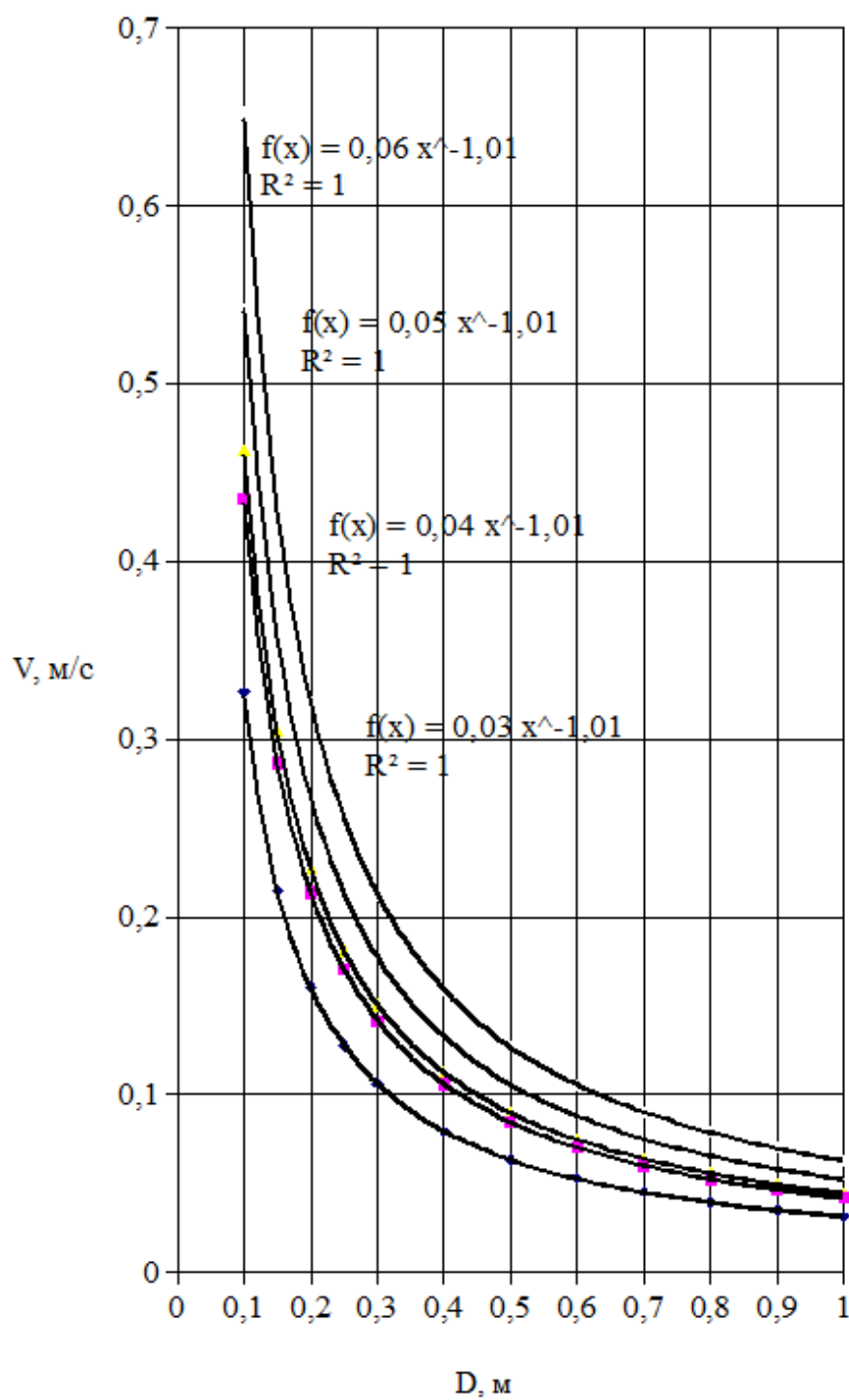


Рисунок 3.4-Зависимость скорости движения устройства от диаметра восстанавливаемого трубопровода

Толщина слоя наносимого агрегатом напрямую зависит от диаметра труб. За один проход можно нанести слой толщиной от 5 до 12 мм,

Таблица 3.1 — Расход смеси, в зависимости от диаметра санируемого водопровода.

Внутренний диаметр трубы D _y , мм	Толщина ЦПП, мм		Расход смеси					
	Минимальное значение, мм	Допуск*, мм	м ³ /п м	кг/п м	Коэффициент потерь		С учетом коэффициента потерь, кг/п м	
					Пневматический метатель	Электрический метатель	Пневматический метатель	Электрический метатель
250	6	+2	0,0046	9,89	1,22	–	12,07	–
300	6	+2	0,0055	11,91	1,23	–	14,65	–
400	7	+2	0,0099	21,18	1,24	–	26,26	–
500	7	+2	0,0124	26,57	1,25	–	33,21	–
600	8	+2	0,0149	32,06	–	1,25	–	39,75
700	8	+2	0,0172	36,97	–	1,25	–	46,21
800	9	+3	0,0248	53,33	1,28	1,23	68,26	65,60
900	9	+3	0,0279	60,08	–	1,24	–	74,50
1000	11	+3	0,0372	79,98	1,30	1,25	103,97	99,98

Опираясь на данные представленные в таблице, можно просчитать затраты на восстановление трубопровода. После завершения санации трубопровода, необходимо герметично закрыть все вырезы и лазы, для равномерного твердения ЦПП покрытия. Так же чтобы ускорить процесс набора марочной прочности ЦПП трубопровод желательно заполнить водой, но не ранее чем через 1 сутки после нанесения раствора.

В случае появления на пути непреодолимых для оборудования препятствий (вертикальные подъемы, спуски, изгибы и прочее) необходимо производить дополнительные вскрытия трубопровода. В труднодоступных местах ЦПП может наноситься как в ручную(при большом диаметре условного прохода трубы), так и производится замена

поврежденных участков водопровода на новые трубы с нанесенным покрытием в заводских условиях. Нанесение цементно-песчаных покрытий в ручную, производится, как правило, на заводе изготовителе, на новые трубы.



1

Рисунок 3.5- Нанесение ЦПП на новый участок водопровода

Оборудования для нанесения цементно- песчаных , ручным способом, кардинально не отличается от автоматического оборудования, принцип работы одинаков[66].

3.2 Состав набрызгового цементно- песчаного покрытия.

Подготовка необходимых компонентов для смеси включает в себя просеивание песка через сито и дальнейшее хранение в специальных емкостях для предотвращения попадания инородных предметов рис.(3.6)



Рисунок 3.6 Образец лабораторного сита, для определения фракционного состава песка

Портландцемент не должен содержать комков, иметь густоту цементного теста не более 27%, обладать активностью радионуклидов не менее 370 Бк/кг согласно ГОСТ. Возможно наличие в составе ЦПП минеральных добавок (до 10% массы цемента) для повышения физико-химических характеристик покрытия (водонепроницаемости и стойкости к вспучиванию).

К песку также предъявляются жесткие требования по фракционному составу, содержанию примесей. Например, крупность зерен не должна превышать 1мм, а фракции 0,315мм-0,63мм должны составлять не менее 70 % от общей массы. Содержание глинистых, илистых и пылевидных частиц не должно превышать 3% , а активность радионуклидов должна быть аналогичная портландцементу. Вода используемая для приготовления смеси обязана отвечать ТУ ГОСТ 23732-79 и иметь температуру +10 ... +30 °С, а оптимальное соотношение твердых компонентов цемент -песок должно быть в пределах: по объему от 1:1 до 1:1,2 и по массе от 1:1,115 до 1:1,338.

Цементно-песчанное покрытие наносится на внутреннюю поверхность водопровода под большим давлением, в результате чего образуется слой торкрет бетона. Его свойства значительно отличаются от свойств обычного бетона, он обладает высокой механической прочностью, морозостойкостью,

водонепроницаемостью, лучшим сцеплением с поверхностью обрабатываемой конструкции, быстрее набирает прочность при равных условиях ухода за бетоном.

Для торкрет-бетона установлены следующие классы прочности на сжатие:

B 30, B35, B40, B45, B50, B55, B60.

Для торкрет-бетона установлены следующие классы прочности на растяжение при изгибе:

B_{tb} 3,6; B_{tb} 4,0; B_{tb} 4,4; B_{tb} 4,8; B_{tb} 5,2; B_{tb}5,6; B_{tb} 6,0

Таблица 3.2 -Соответствие марки бетона (М) классу (В) и прочности на сжатие

Марка бетона, М	Класс бетона, В	Прочность, МПа	Прочность, кг/см ²
M50	B3,5	4.5	45.8
M75	B5	6.42	65.5
M100	B7,5	9.63	98.1
-	B10	12.84	130.9
M150	B12,5	16.05	163.7
M200	B15	19.26	196.4
M250	B20	25.69	261.8
M300	B22,5	28.9	294.6
-	B25	32.11	327.3
M350	B27,5	35.32	360
M400	B30	38.35	392.8
M450	B35	44.95	458.2
M500	B40	51.37	523.7
M600	B45	57.8	589.2
M700	B50	64.2	654.6
M750	B55	71.64	720.1
M800	B60	77.06	785.5

M900	B65 / B70		
M1000	B75 / B80		

Основной характеристикой водонепроницаемости торкрет-бетона является марка водонепроницаемости «W», коэффициент фильтрации «Кф» и водопоглощение. Все эти параметры должны соответствовать данным представленным в таблице 3.3.

Таблица 3.3-Водонепроницаемость торкрет-бетона

Водопоглощение, %	до 5,7	до 4,7	до 4,2	до 4,0	до 3,8
Марка по водонепроницаемости, «W»	4	6	8	10	12
Коэффициент фильтрации, см/с «Кф»	7×10^{-9}	2×10^{-9}	6×10^{-10}	1×10^{-10}	6×10^{-11}

Материалы для изготовления торкрет-бетона.

1) Вяжущее.

В качестве вяжущего в торкрет-бетоне должен быть использован цемент.

Марка цемента выбирается исходя из условий эксплуатации водопровода.

2) Заполнители.

В качестве заполнителей для торкрет-бетона должен быть использован песок по ГОСТ 8736, ГОСТ 26633 и ГОСТ 9757;

3) Добавки для торкрет-бетона.

В качестве добавок могут использоваться пластификаторы, ускорители твердения и т.д.

Все добавки должны соответствовать требованиям Технических условий, по которым они выпускаются, а так же быть безвредными для человека. Так же добавки не должны изменять химический состав воды. Если санация проводится на хозяйственно-питьевом водопроводе, то вода, после циркуляции в таком водопроводе, не должна изменить свои физико-химические свойства. Вода в хозяйственно питьевом трубопроводе должна соответствовать - СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»

3.3 Рекомендации по применению набрызговых цементно-песчаных покрытий при санации водопроводов

Покрытие труб ЦПП в ряде случаев дало хорошие результаты, однако у данного метода есть свои недостатки:

- 1) Данный способ санации нельзя применять для бетонных труб, в связи с низкой адгезией торкретбетона, к бетону,
- 2) При нанесении торкретбетона под давлением на внутреннюю часть водопровода, образуется жесткая связь бетона с металлом трубопровода, которая приводит к разрушению цементно-песчанного покрытия при деформации трубы.

Деформация трубы может происходить от механической нагрузки грунта, грунтовой воды. Принципиальная схема нагрузки на трубопровод представлена на рисунке 3.3

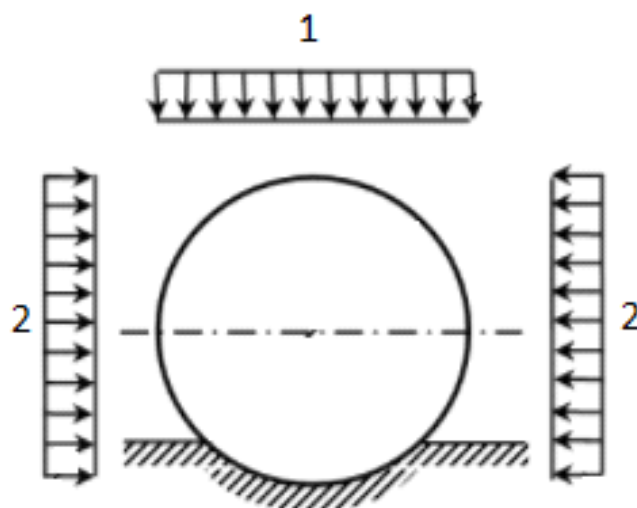


Рисунок 3.6- Принципиальная схема механической нагрузки на трубопровод

1- Механическая нагрузка грунта

2- Механическая нагрузка грунтовых вод

Так же возможна механическая нагрузка при движении грунта его усадке, т.д.

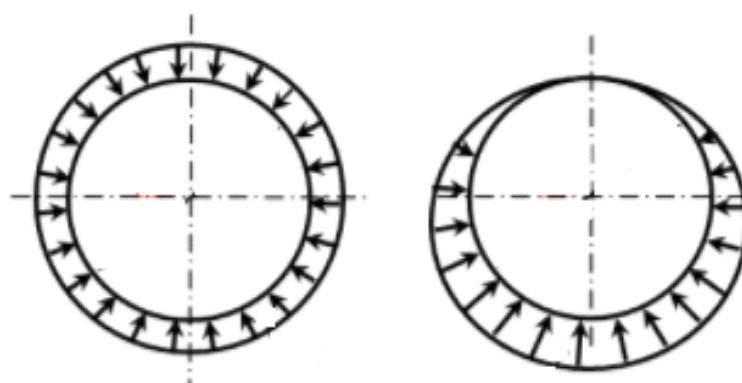


Рисунок 3.7-Принципиальная схема механической нагрузки на трубопровод,
при движении грунта

Произвести расчет нагрузки на водопровод можно по методике описанной в - СП 33.13330.2012 «Расчет на прочность стальных трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 2.04.12-86 (с Изменением N 1)».

Во избежании разрушения цементно-песчанного покрытия под действием внешней нагрузки, можно увеличить толщину покрытия в трубопроводе,

уменьшив тем самым проходное сечение водопровода, что не всегда возможно, по эксплуатационным параметрам.

3) Бетон в цементно-песчанном покрытии подвергается процессу карбонизации, выщелачивания и химической деградации. Будучи пористым, бетон хорошо впитывает кислород и влагу. Способность бетона впитывать не влияет на прочность самой бетонной структуры, но оказывает пагубное воздействие на металлические стенки водопровода. Известь, образующаяся при гидратации цемента, создает в бетоне щелочную среду, с высоким показателем pH (около 12). Стальная стенка трубы в таких условиях начинает ржаветь. Ржавчина, формирующаяся при окислении стали, увеличивает ее объем, повышает внутреннее напряжение и приводит к разломам бетона и оголению стенок водопровода. Оголенная сталь разрушается еще стремительнее под действием воды, что приводит к быстрому изнашиванию водопровода. Химическая деградация покрытия особенно интенсивно протекает в канализационных коллекторах.



Рисунок 3.8-Процесс разрушения цементно-песчанного покрытия канализационного трубопровода

В связи с вышеописанными достоинствами и недостатками , разработаны рекомендации по применению цементно-песчаных покрытий.

1)Способ диагностики восстанавливаемого трубопровода.

Самым оптимальным вариантом будет способ телеинспекции. Метод видеодиагностики поможет оценить состояние водопровода, найти его слабые места и очаги коррозии. Так же благодаря ТВ роботам, можно оценить состояние цементно-песчанного покрытия, сделать заключение о качестве выполненных работ.

2) Способ нанесения цементно-песчанного покрытия.

Для водопроводных сетей с диаметром до 1500мм и с небольшим количеством подъемов, уклонов, поворотов рекомендуется применять автоматический способ нанесения цементно-песчанного покрытия, подробно описанный в главе 3.1. Для водопроводов с диаметром 1500мм и выше не рекомендуется применять автоматический способ нанесения покрытия. Так как центробежная сила слишком мала, чтобы создать прочную связь торкрет бетона с металлическим телом трубы. По причине этого возможно дальнейшее разрушение цементно-песчанного покрытия во время эксплуатации трубопровода. Для водопроводов с большим диаметром, рекомендуется использовать ручной метод нанесения.

Если трубопроводная сеть имеет множество поворотов, отводов, подъемов и изгибов, необходимо так же применять ручной способ, но это возможно только в том случае, если трубопровод имеет большой условный диаметр, чтобы человек мог перемещаться внутри трубопровода. Если же трубопровод малого диаметра, то нанести качественно цементно-песчанное покрытие крайне трудно, или даже практически невозможно. В этом случае необходимо демонтировать участок водопровода и производить санацию не на объекте, а на специально подготовленной площадке.

3) Применение полимерных добавок

Как упоминалось выше, торкрет бетон образует жесткую связь с металлическим телом трубы, которая неустойчива к внешним механическим нагрузкам. При отсутствии нагрузок на трубопровод, можно применять цементно-песчанное покрытие без специальных добавок, что в результате уменьшит объем работ и стоимость работ по санации водопровода. Примером может служить канальная прокладка трубопроводов, где вся механическая нагрузка передается на короб из железобетона. Однако если трубопровод подвержен действию нагрузок при прогибе трубы 1-5 мм/пог.м, необходимо применять дополнительное полимерное покрытие. Высокоэластичное полимерное покрытие было разработано Веселовским Романом Александровичем «Способ санации трубопроводов» Номер патента №2482377. Цитата *«Предпочтительно высокоэластичное полимерное покрытие формировать путем нанесения на внутреннюю поверхность трубопровода и последующего отверждения композиции, содержащей эмульсию, в которой дисперсионной средой являются олигомеры с концевыми изоцианатными группами, а дисперсной фазой является раствор или дисперсия, полученная в результате смешивания известкового раствора с содержанием гидроксида кальция 10-70 мас.% и глицерина в количестве 1-250 масс. частей на 100 масс. частей гидроксида кальция (патентная заявка UA а 201101144). Эта композиция в требуемые сроки отверждается даже при нулевой температуре, прочно приклеивается как к сухой, так и мокрой и ржавой поверхности трубопровода, ингибирует процессы коррозии металлических трубопроводов, прочно склеивается с наносимой на нее бетонной смесью. Покрытие сочетает высокоэластические и пластические свойства, что обеспечивает релаксацию напряжений при деформации трубопровода и исключает возможность разрушения при этом бетонного покрытия. Это позволяет значительно уменьшить его толщину.*

Предпочтительно в наносимую бетонную смесь вводить комплексную добавку, содержащую по отношению к массе цемента 0,1-0,6% глицерина и 0,025-0,1% полиакриламида. Желательно, чтобы комплексная добавка дополнительно содержала сложный полиэфир при следующем содержании компонентов по отношению к массе цемента 0,1-0,6% глицерина, 0,025-0,1% полиакриламида и 0,01-0,5% сложного полиэфира (патентная заявка UA 201010346). Комплексная добавка даже при ее очень малом содержании обеспечивает прочную адгезионную связь наносимой бетонной смеси со свеженанесенным или отвержденным высокоэластичным полимерным покрытием, исключает возможность разделения бетонной смеси на отдельные фракции и ее оплывание на поверхности трубопровода, увеличивает прочность образующегося бетона. [<http://www.findpatent.ru/patent/248/2482377.html>]. Как показали исследования при применении данного полимерного покрытия, разрушения бетонного покрытия не наблюдалось даже при прогибе трубы 20 мм/пог. м.

Структура восстановленного трубопровода представлена на рисунке 3.9

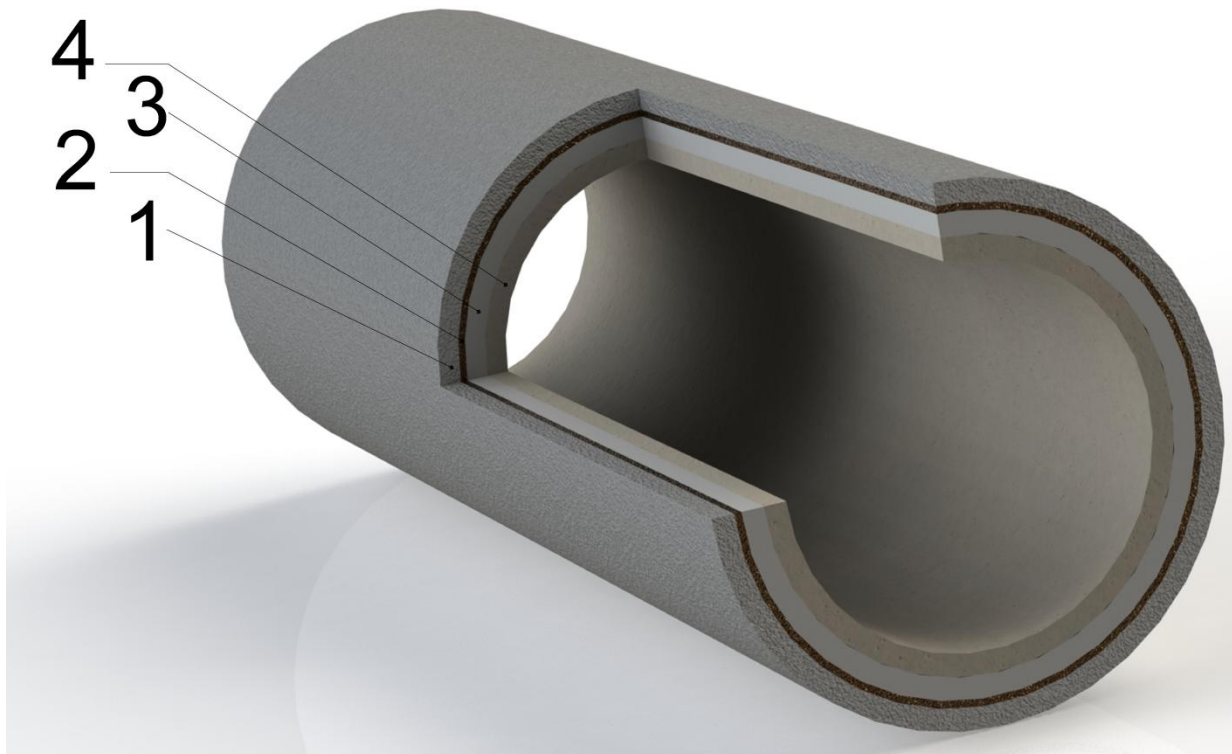


Рисунок 3.9 Восстановленный трубопровод в разрезе

- 1- Водопровод
- 2- Остаточная коррозия
- 3- Полимерное покрытие
- 4- Цементно –песчанная смесь

Не смотря на все проводимые мероприятия по очистке трубопровода от коррозии и отложений (механическим способом, гидравлическим), всю коррозию убрать невозможно, какая то часть останется на стенках трубопровода рис.(3.10).

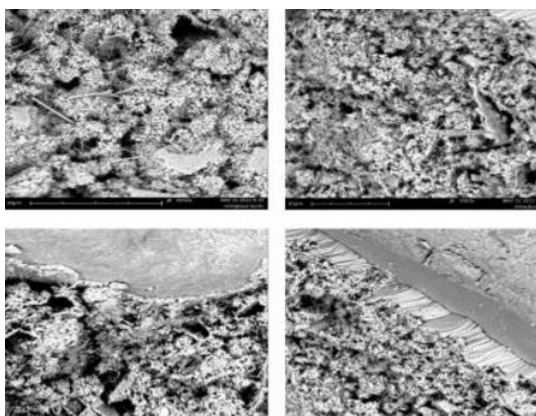


Рисунок 3.10. Микро коррозионные повреждения

Добиться практически полного удаления очагов коррозии возможно только при помощи химических примесей и растворов. Но в питьевых водопроводах их применять запрещено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 В результате анализа существующих методов санации водопроводов, методов их нанесения, плюсов и минусов, выявлен наиболее подходящий – способ нанесения цементно-песчанного покрытия на внутреннюю поверхность трубопровода. В частности данный метод благоприятно подходит для использования в гор. Тольятти.

2 Анализ возможных методов диагностики показал, что целесообразно применять метод видеодиагностики и телеинспекции, это позволит не только получить полную информацию о сетях и проделанных работах, но и уменьшит себестоимость работ.

3 Исследования показали, что торкрет бетон обладает характеристиками отличающимися от обычных цементных покрытий. Он обладает прочностью на сжатие от 44,95 до 77,06 МПа, на растяжение при изгибе от 47,1 до 78,6 кгс/с м². Так же ЦПП обладает низким водопоглощением от 5,7 до 3,8 %.

4 Разработаны рекомендации по применению цементно-песчаных покрытий, по способу их нанесения, применению полимерных добавок.

Основные положения диссертации опубликованы в 2 статьях автора:

Список используемой литературы

1. Орлов В.А., Михайлин А.В., Орлов Е.В. /Технологии бестраншейной реновации трубопроводов // АСВ.-2011.-135 с.
2. Шлычков Д.И. /Унификация подхода к определению гидравлических и экономических показателей водопроводных трубопроводов при их бестраншейной реновации. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. //МГСУ.-2012. – 20 с.
3. Корнопелев В.А. Оборудование для внутренней цементно-песчаной санации трубопроводов водоснабжения. Водоснабжение и санитарная техника № 3, 1997 г.
4. Храменков С.В., Дрейцер В.Н., Плешков Л.В. Современные бестраншейные методы ремонта трубопроводов. Водоснабжение и санитарная техника № 3, 1998 г
5. Продоус О.А. Технологии бестраншейного ремонта трубопроводов водоснабжения и канализации пришли в Россию. // Трубопроводы и экология. 1998. № 2.
6. Гриб В. В. "Диагностика технического состояния и прогнозирование остаточного ресурса магистральных нефтегазопроводов." – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. – 50 с.
7. Семенов С. Е., Рыбаков А. А., Кирьян В. И. и др. "Экспериментальная оценка состояния металла длительно работающих нефтепроводов." – Автоматическая сварка. 2001. № 5. С. 14–18.
8. Жуков А. В., Кузьмин А. Н., Стюхин Н. Ф. "Контроль трубопроводов с применением метода акустической эмиссии." – В мире НК. 2009. № 1(43). С. 29–31.
9. Баранов В. М., Гриценко А. И., Карасевич А. М. и др. "Акустическая диагностика и контроль на предприятиях топливно-энергетического комплекса." – М.: Наука, 1998.

10. Кузьмин А. Н., Жуков А. В., Журавлев Д. Б. "Акустико-эмиссионная диагностика магистральных газопроводов с применением тензометрии." – В мире НК. 2002. № 4(18). С. 60–62.
11. "Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов." ПБ 03-593-03. – М.: Госгортехнадзор России, 2003.
12. Тетельмин В. В., Язев В. А. "Нефтегазопроводы." – М.: «САЙНС-ПРЕСС», 2008.
13. Эйгенсон А. С., Шейх-Али Д. М. Расчет плотности и вязкости пластовой нефти по данным поверхностной дегазации. – Геология нефти и газа. 1989. № 11.
14. Галеев В. Б., Карпачев М. З., Храменко В. И. "Магистральные нефтепродуктопроводы." – М.: Недра, 1986.
15. Харебов В. Г., Кузьмин А. Н., Жуков А. В., Стюхин Н. Ф. "Течеискание на технологических трубопроводах с применением метода акустической эмиссии." – В мире НК. 2009. № 2(44).
16. Алешин Н.П., Потапов А.И., Ермолов И.Н., Акустические методы контроля. – М.: Высшая школа, 1991. – 288 с.
17. АС № 1041179 от 12.04.82 г. Устройство для очистки труб. / Шишкин В.В., Кряжевских Н.Ф., Панченко В.П. и Черевбедев Д.Н. внутренней поверхности трубопроводов. / Черевбедев Д.Н., Кряжевских Н.Ф. и др.
18. АС № 1586801 от 23.08.90 г. Устройство для очистки внутренней поверхности трубопроводов. / Панченко В.П., Кряжевских Н.Ф. и др.
19. Бабиченко В.Я. и др. Производство гидроизоляционных работ. / Справочник. – К.: Будівельник. 1987. – 263 с.

- 20.Белобородов В.Н., Ли А.Н., Савченко В.Т. Технология оклеечной изоляции внутренней поверхности трубопроводов. // Мелиорация и водное хозяйство. 1999. № 4.
- 21.Бухин В. Е. Результаты 30-летних практических исследований эксплуатации подземных канализационных трубопроводов из поливинилхлорида // Трубопроводы и экология. — 2001. — № 2. — С. 18–20.
- 22.Вавилов В.Е. Восстановление трубопроводов методом “Упор” с применением труб “Флексорен” // Бестраншейные методы санации и прокладки трубопроводов: Тез. докл. Всерос. сем. – Н.-Новгород. 1997.
- 23.Васильев В.М., Пинтурия Р.П., Иванов Д.М. Техническая диагностика трубопроводов – важный элемент эксплуатации сетей. // Водоснабжение и санитарная техника. № 9. 2001 г.
- 24.Веренкова Э.М., Ломакин А.Т., Тарасова Т.С., Соколов Б.Ф. Фосфатное противокоррозионное покрытие для стальных труб. // Гидротехника и мелиорация. 1983. № 5.
- 25.Власов Г. С., Бухин В. Е. Трубопроводы инженерных систем: Каталог / Ред. Беликов С. Е. —М.: Аква-Терм, 2004.
- 26.ГОСТ 5272 – 68 Коррозия металлов.
- 27.Добромыслов А. Я., Санкова Н. В. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем канализации из пластмассовых труб для зданий и микрорайонов. Рекомендации. — М.: Издательство ВНИИМП, 2002.
- 28.Защита от коррозии трубопроводов промышленного и бытового назначения/ А.Г. Дорофеев, А.В. Мурадов, А.Ф. Шевелев // Новые материалы и новые технологии. Выпуск 17, М. 1986.
- 29.Зенитов Н.А. Рабочее оборудование каналоочистительных машин: Техника для городского хозяйства, 2001, №2, с.10-14.

- 30.Зиневич А.М., Козловская А.А. Анतिकоррозионные покрытия. – М.: Стройиздат, 1989. – 112 с.
- 31.Корнопелев В.А. Оборудование для внутренней цементно-песчаной санации трубопроводов водоснабжения. Водоснабжение и санитарная техника № 3, 1997 г.
- 32.Косиченко Ю.М., Щедрин В.Н., Савченко В.Т. Надежность функционирования оросительных систем и сооружений. М., 1996 – 98 с.
- 33.Косиченко Ю.Н., Щедрин В.Н., Савченко В.Т. Надежность функционирования оросительных систем и сооружений. ч. 2, - М.: 1996
- 34.Кряжевских Н.Ф., Кряжевских Ф.Н. Интенсификация работы групповых водопроводов. – Краснодар: «Советская Кубань», 2000. – 368 с.
- 35.Кузьмин С.Ю., Кузьмин О.Ю. Телеинспекция трубопроводов при ремонтно-строительных работах. // Водоснабжение и санитарная техника. № 5. 2002 г.
- 36.Курганов А.М. и др. Определение мест повреждений водопроводных сетей акустическими средствами с учетом топологии. // Водоснабжение и санитарная техника, № 10, 2003.
- 37.Ладыгин И.В. Есть ли бестраншейные технологии в России? // Трубопроводы и экология. 2001. № 4.
- 38.Ли А.Н. Совершенствование технологии нанесения окрасочной изоляции на внутреннюю поверхность трубопроводов с применением торов-разделителей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Новочеркасск. 1997.
- 39.Максимов В.П. и др. Изоляция стальных труб цементно-песчаным раствором. // Гидротехника и мелиорация. 1977. № 1.
- 40.Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. – М., Колос, 1974. – 279 с.

- 41.Новожилов Ю.В. и др. Опыт диагностики технического состояния трубопроводов. // Водоснабжение и санитарная техника. № 5 часть 2. 2001 г.
- 42.Орлова Н.А., Гурин В.А. Биологические обрастания и коррозия оросительных трубопроводов. // Гидротехника и мелиорация. 1981. № 12.
- 43.Палиев В.И. Технология строительства и ремонта трубопроводов. Учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар: КГАУ, 1999. – 96 с.
- 44.Патент № 200053 Россия. МКИ F 16 L 58/02. Способ покрытия внутренней поверхности трубопроводов / В.И. Дрейцер, Л.М. Шаронова, В.Н. Клыгин и др. // Открытия. Изобретения. 1995. № 34.
- 45.Патент № 2037734 Россия. МКИ F 16 L 58/10. Способ покрытия внутренней поверхности трубопроводов / В.И. Дрейцер, С.В. Храменков, В.А. Загорский // Открытия. Изобретения. 1995. № 17.
- 46.Патент № 2153163 “Способ внутритрубной ультразвуковой диагностики состояния трубопровода”. 1999. Долгих В.И. и др.
- 47.Патент № 2164321 “Способ определения дефекта трубопровода” 2001 г. Гринь В.Г, Абулгафаров С.В.
- 48.Патент № 2177102 “Устройство для нанесения защитного покрытия на внутреннюю поверхность трубопровода” 2001 г. Гринь В.Г., Абулгафаров С.В.
- 49.Патент № 2182275 “Устройство для облицовки внутренних поверхностей труб рукавным термопластичным пленочным материалом” 2002 г. Гринь В.Г, Абулгафаров С.В.
- 50.Продоус О.А. Технологии бестраншейного ремонта трубопроводов водоснабжения и канализации пришли в Россию. // Трубопроводы и экология. 1998. № 2.

- 51.Рекомендации по гидродинамической очистке и телевизионной диагностике систем водоотведения. НИИ АКХ им. К. Д. Памфилова. — СПб, 2001.
- 52.Ромейко В. С., Баталов В. Г., Бухин В. Е. и др. Защита трубопроводов от коррозии. — М.: Издательство ВНИИМП, 2002.
- 53.Ромейко В. С., Бухин В. Е. и др. Трубы и детали трубопроводов из полимерных материалов: Справочные материалы. — М.: Издательство ВНИИМП, 2002.
- 54.Сабуренко А.О. Восстановление трубопроводов с применением пневмопробойников // Бестраншейные методы санации и прокладки трубопроводов: Тез. докл. Всерос. сем. — Н.-Новгород. 1997.
- 55.СН 478-80. Инструкция по проектированию и монтажу систем водоснабжения и канализации из пластмассовых труб.
- 56.СП 40-102-2000. Проектирование и монтаж трубопроводов водоснабжения и канализации из полимерных материалов.
- 57.Стрижевский В.И. и др. Защита подземных металлических сооружений от коррозии. / Справочник. — М.: Стройиздат, 1990. — 303 с.
- 58.Техника восстановления трубопроводов группы «Ле Джойнт Интерн»: Проспект фирмы «ИМБЕМА»
- 59.Томашов Н.Д. Теория коррозии и защита металлов. — М.: Изд-во АН СССР, 1952. — 592 с.
- 60.Храменков С.В., Загорский В.А., Дрейцер В.Н., Плешков Л.В. Современные бестраншейные методы ремонта трубопроводов. Водоснабжение и санитарная техника № 3, 1998 г.
- 61.Храменков С.В., Дрейцер В.Н., Плешков Л.В. Ремонт трубопроводов бестраншейным способом с помощью комбинированного рукава: «ВиСТ», 1998, №7, с.

62. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. Оптимизация восстановления водоотводящих сетей. М.: Стройиздат, 2002. - 160 с.
63. Храменков С.В., Дрейцер В.Н., Плешков Л.В. Современные бестраншейные методы ремонта трубопроводов. Водоснабжение и санитарная техника № 3, 1998 г
64. Шевелев А.Ф., Яновский Ю.Г., Ромейко В.С., Малащенко В.А. Защита от коррозии и восстановления трубопроводов систем водоснабжения: Обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭИМС Госснаба СССР, 1985.
65. Шестопад А. Н., Ромейко В. С., Бухин В. Е. и др. Проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов. Справочник проектировщика. — М.: Стройиздат, 1985.
66. Шилин С.Д. Санирование трубопроводов цементно-песчаным раствором // Бестраншейные методы санации и прокладки трубопроводов: Тез. докл. Всерос. сем. – Н.-Новгород. 1997.
67. Абулгафаров С.В., Гринь В.Г., Свистунов Ю.А. Бестраншейные технологии ремонта трубопроводов: Монография. - Краснодар: КубГАУ, 2009 г. - 204 с.
68. Методы реконструкции сетей. НИУ МГСУ URL: <http://mgsu.ru/index.php?id=4652&option=content&task=view> (дата обращения 14.11.2012)