

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
(институт)

кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

08.04.01 «Строительство»
(код и наименование направления подготовки)

«Водоснабжение городов и промышленных предприятий»
(наименование профиля магистерской программы)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему **«Оптимизация эксплуатационных свойств защитных покрытий, используемых в бестраншейном восстановлении работоспособности водопроводных сетей г. о. Тольятти.»**

Студент	<u>А.Г. Дремов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Научный руководитель	<u>В.М. Филенков</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультант	<u>И.А. Лушкин</u> (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 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	1
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТИПОВ САНАЦИИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ.....	9
1.1 Основные виды и технологические решения санации трубопроводов.....	9
1.2 Методы восстановления водопроводных сетей.....	10
1.3 Сравнительные показатели методов бестраншейного восстановления водопроводных сетей.....	Ошибка! Закладка не определена.
2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ САНАЦИИ.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Инспекционный и диагностический контроль состояния трубопроводных сетей техническими средствами	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Автоматизированные системы выбора приоритетных объектов санации в г.о. Тольятти.....	38
2.3 Подготовка трубопроводов к санации	Ошибка! Закладка не определена.
3 РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САНАЦИИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ Г.О. ТОЛЬЯТТИ.....	43
3.1 Выбор технологии и материалов для санации трубопроводов	43
3.2 Обобщение опыта испытания трубного полиэтилена в условиях производства.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Испытание трубы с защитной оболочкой	Ошибка! Закладка не определена.
3.4 Рекомендации по применению трубы с защитной оболочкой при санации сетей водоснабжения г.о. Тольятти.....	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	75

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы: На данный момент в современном городе предотвращение старения и раннего выхода из строя подземных водопроводных сетей и кроме того наилучшая локализация результатов их проявлений, считается одной из основных проблем использования коммунальных объектов.

В минувшие десятилетия, в сфере применения и ремонтных работах на городских коммунальных системах водоснабжения, с целью решения отмеченных проблем, активировалось новое течение, получившее название: бестраншейная технология восстановления (санация) старых и прокладка новых трубопроводов

Главным методом восстановления целостности находящихся под землёй трубопроводов, разного назначения, считается нанесение внутренних защитных покрытий (облицовок, оболочек, рубашек, мембран, вставок и т.д.) по всей протяжённости трубопровода или в единичных его участках, подверженных повреждениям.

Цель работы: Цель состоит в единой оценке технического состояния наружных водопроводных сетей для разработки стратегии их своевременной санации. В согласовании с заданной целью главными задачами исследований представлены:

- создание концепции подбора возможного объекта санации с направлением на восстановление бестраншейными методами и с применением современных защитных покрытий;

- исследование проявления и типология дефектов безнапорных трубопроводных сетей, видов ремонтных материалов (внутренних защитных покрытий) и обстоятельств их использования с целью локализации соответствующих дефектов трубопроводов;

- теория подбора материалов, более пригодных по своим характеристикам (экономическим, прочностным, экологическим, гидравлическим, показателям долговечности).

Объект исследования: Система водоснабжения г. о. Тольятти

Предмет исследования: Защитные покрытия для надёжного восстановления работы трубопровода.

Задачи работы:

- описать виды защитных покрытий и составить классификатор дефектов трубопроводных сетей с рекомендованными типами защитных покрытий для восстановления физической целостности трубопроводов;

- выбрать из нескольких защитных покрытий (полимерный рукав, цементно-песчаное покрытие и полиэтиленовые трубы) дать описание наиболее эффективному;

- провести производственно-экспериментальные исследования по определению надёжности защитного покрытия;

- рекомендовать к использованию покрытия для восстановления целостности трубопровода водопроводной сети, без ухудшения, или с улучшением функциональности трубопровода, и с учётом долговечности и экономической целесообразности.

Научная новизна заключается в улучшения надёжности и увеличении срока службы водопроводных сетей г.о. Тольятти посредством выбора полиэтиленовых труб с защитным покрытием.

Методы исследования. Проведено документальное и экспериментальное исследование защитного покрытия полиэтиленовой трубы.

Практическая значимость работы заключается в том, что исследуемые полиэтиленовые трубы с защитным покрытием ПЭ100РС позволяют более эффективно (по скорости восстановления, показателям надёжности, по экономическим показателям) осуществлять восстановление работоспособности трубопроводов.

Достоверность научных положений и основных выводов заключается в проведении эксперимента по определению защитных свойств покрытия полиэтиленовой трубы, путём протягивания двух отрезков труб диаметром 400 мм (с защитным покрытием и без него) в изношенный трубопровод длиной 109 м. При промерах полученных повреждений (царапин, выскабливаний) была обнаружена способность защитного покрытия противостоять агрессивным нагрузкам и защищать основное тело трубы от повреждений.

На защиту выносятся:

- Результаты сравнительного анализа защитных покрытий.
- Результаты выбора материала защитного покрытия.
- Влияние защитного покрытия на качество санации, скорости санации, экономической выгоды.
- Результаты производственного эксперимента.

Личный вклад автора состоит в обобщении исходных данных, обосновании темы, цели, задач и методики исследований, обоснование применения полиэтиленовых труб с защитным покрытием.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, 3 глав, общих выводов, библиографии из 60 наименований. Общий объем работы 81 стр., включая 40 иллюстрации и 10 таблиц.

Характеристика современного состояния изучаемой проблемы:

Основной проблемой коммунальщиков, из-за долгого срока службы водопроводных сетей, является увеличение надёжности работы, находящихся под землёй трубопроводов, предотвращение их старения и быстрое устранение результатов аварий.

В наше время, данная проблема получила особую значимость, так-как старение водопроводных сетей достигло предельной степени.

Ржавчина, нарушение соединений, прорастание корней растений- все эти процессы происходят постоянно, и они становятся основанием аварийных ситуаций в инженерных коммуникациях

Власти г. о. Тольятти серьёзно обеспокоены состоянием водопроводных сетей, т. к. повреждения коммунальной инфраструктуры в Центральном и Комсомольском районах ещё больше, чем по стране, он достигает до 85%, а оборудования-75%. Статистика аварийных ситуаций показывает, что последующее использование в том же режиме, без капитального ремонта и модернизации, через определённое время может вызвать большие трудности, нежели порывы единичных трубопроводов.

Коммунальными службами мегаполисов разных государств проявляют большой интерес к применению многообещающих бестраншейных технологий восстановления (санации), это является альтернативой классическому, открытому методу восстановления трубопроводов с отрытием траншеи

При открытой реконструкции лишние расходы идут на понижение давления воды и восстановлению дорожного покрытия. Сейчас у экспертов появился способ обновлять трубопроводы закрытым (бестраншейным) методом. Это необходимо на участках, проложенных под автотрассами.

Нынешние технологии бестраншейного восстановления трубопроводных систем, гарантируют высочайшее качество проведённого восстановления, ликвидируя угрозу обрушения строений, исключают осадку фундамента, в 3-4 раза удешевляя ремонтные работы.

Первое широкое знакомство отечественных инженеров с разнообразными иностранными технологиями бестраншейной реставрации работающих трубопроводов, произошло в конце 80-х, начале 90-х годов XX в.

Ветшание подземных водопроводов разного назначения, приводит к утрате напора; уменьшению пропускной возможности, из-за зарастания труб; усиление негативных тенденций физико-химических характеристик

транспортируемой хоз.-питьевой воды (в следствии свищей, трещин, нарушения стыков). Потеря воды из трубопроводов (спровоцирована их ветшанием) является основанием подъёма уровня грунтовых вод, что приводит к быстрому разрушению строений и сооружений инженерной инфраструктуры

В передовой иностранной практике 95% объёма работ по восстановлению подземных трубопроводов выполняется бестраншейным методом. В различных крупных иностранных городах ремонт водопроводных сетей открытым способом (с отрывом траншеи) уже запрещена.

Санация трубопроводов, это полное восстановление трубопровода путём ликвидации повреждений всех видов, по всей протяжённости труб и в участках их стыковок, с помощью нанесения защитных покрытий, с соблюдением заданных гидравлических данных потока жидкости.

Под восстановлением структуры труб принимают устранение: структурных повреждений (свищи- сквозные дыры, микротрещины и прочие дефекты, что приводят к эксфильтрации и инфильтрации воды); функциональных повреждений, вызванных фактором времени (старением, возникновением коррозии на внутренних стенках труб, биообрастания, шишковатые наросты в виде уплотнённых оксидов железа, марганца и извести); повреждений, вызванных низкокачественным монтажом труб при их прокладке в траншее (деформирование труб) либо являющимися итогом влияния природных явлений (деформирования грунтов, приток подземных вод и т.д.).

Выбор определённого способа санации трубопровода с применением бестраншейных технологий и возможности его использования напрямую зависит от состояния водопровода, итогов теледиагностики, возможности размещения и применения соответственного оборудования и механизмов с целью применения способа на участке санации.

Срок работы (согласно нормативам) стальных водопроводных труб 20 лет, а чугунных 60, тем не менее, на практике, ветшание стальных труб и

уменьшение их пропускной способности может начаться через 3-10 лет после прокладки. На это воздействует множество следующих условий: отсутствие наружных и внутренних противокоррозионных покрытий, несоответствие материала труб условиям эксплуатации, несоблюдение обстоятельств прокладки труб, агрессивный вид почв и грунтовых вод, биообрастания и т.д.

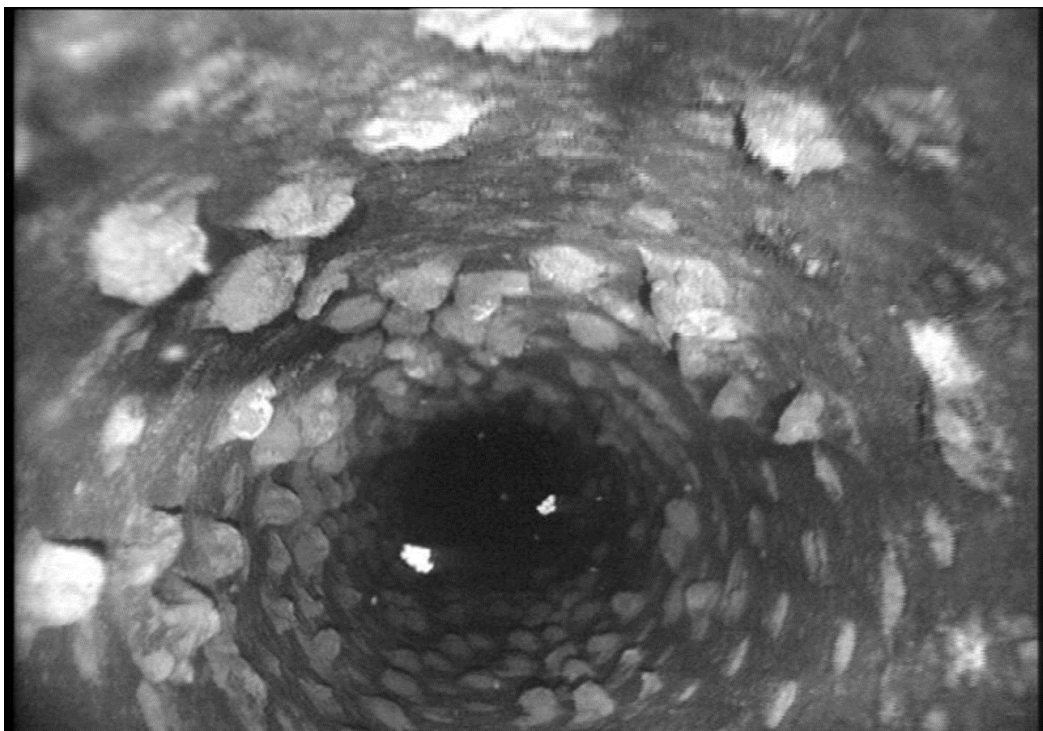


Рисунок №1 Шишкообразные наросты в городском водопроводе

В сетях муниципального водопровода наиболее частыми загрязнениями, являются слежавшийся осадок, оксиды марганца и железа (в виде шишкообразных наростов (рисунок №1)), комплексные соединения на основе оксида железа и извести, посторонние тела: кусочки древесины, мелкий щебень и т.д.

Глава 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТИПОВ САНАЦИИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ.

1.1 Основные виды и технологические решения санации трубопроводов

В соответствии с международной классификацией внутренние защитные покрытия могут осуществляться в виде:

- набрызговых слоёв,
- безприрывных покрытий,
- спиральных оболочек,
- точечных (местных) покрытий

Из разнообразия имеющихся методов восстановления водопроводных сетей допускается особо отметить следующие:

- покрытие внутренней поверхности восстанавливаемого трубопровода цементно-песчанной смесью;

- протаскивание новой полиэтиленовой трубы в испорченный старый (с его разрушением и без разрушения) с помощью специальных механизмов, пример: пневмопробойник;

- протаскивание эластичной (заранее стянутой или сложенной

U-образной формы) полимерной трубы внутрь восстанавливаемого трубопровода;

- применение эластичных компонентов из листового материала с зубчатой скрепляющей текстурой;

- применение эластичных комбинированных рукавов, позволяющих создавать новую композитную трубу внутри прежней;

- применение узкорулонной навивки (бесконечных профильных лент) на внутреннюю плоскость изношенной трубы;

- установка точечных (местных) покрытий

Результативность применения этого, либо другого способа и материала с целью восстановления обуславливается после подробных диагностических исследований и решения технической экспертизы.

1.2 Методы восстановления водопроводных систем

В соответствии с сегодняшней международной систематизацией видов внутренних защитных покрытий водопроводов они смогут производиться в вариантах набрызгиваемых оболочек (облицовок, рубашек, обделок); беспрерывных покрытий; спиральных оболочек; точечных (местных) покрытий.

Образцом набрызговых оболочек сможет быть цементно-песчаные покрытия (ЦПП) нанесённые на внутреннюю плоскость санируемой трубы, а сплошные покрытия - вводимые в ремонтируемый водопровод и фиксируемые трубе разного рода оболочек, к примеру, новых полиэтиленовых труб, эластичных полимерных рукавов, затвердевающих на участке выполнения санации.

Образцом спиралевидных оболочек может выступать структура внутреннего защитного покрытия посредством навивки нескончаемой неширокой пластиковой ленты с особым штекерным разъемом в концах, в следствии чего изнутри ремонтируемого водопровода возникает другой пластиковый трубопровод.

Точечные покрытия, это герметичные строительные материалы (смолы, вставки, бандажи и т.д.), предназначенные для ремонта единичных повреждений в трубопроводах, если нет необходимости в полном восстановлении всего трубопровода.

Цементно-песчаное покрытие (ЦПП)

Напыление ЦПП на внутреннюю плоскость ремонтируемого стального, либо чугунного водопровода необходимо расценивать, как противокоррозионную изоляцию соприкасаемой с водой поверхности.

Защитные характеристики цементного покрытия при взаимодействии с металлом знакомы уже 150 лет. В первой половине XIX века существовали рекомендации Французской Академии наук по использованию цемента для защиты стали от ржавчины. В США начиная с 1931 года нанесение

цементного раствора на чугунные, либо стальные трубы, стало общепризнанной методикой.

Первый навык использования ЦПП на Столичном водопроводе применен в 1968 г., тогда была сделана санация части металлического водопровода второго подъема диаметром 1,1 метра, протяженностью 110 м. Каждый 10-й год со дня запуска водопровода в пользование, опыты по установлению качества ЦПП демонстрировали его устойчивость, свидетельствуя о надежности материала и верности принятого решения по санации ЦПП.

В настоящее время оставаясь всё ещё нужными, ЦПП, все равно со временем уступают новым полимерным покрытиям.

Напыление ЦПП на внутренние плоскость водопроводов, для возобновления их работы может проводиться центрифугированием либо центробежным набрызгиванием с применением, либо без применения разглаживающих механизмов для металлических трубопроводов диаметрами 76-2020 миллиметров.

На рисунке №2 фрагмент набрызгового метода на малых диаметрах без использования разглаживающих устройств.



Рисунок №2 Метательная головка

На рисунке №3 представлен набрызговый метод на больших диаметрах с использованием разглаживающих устройств.

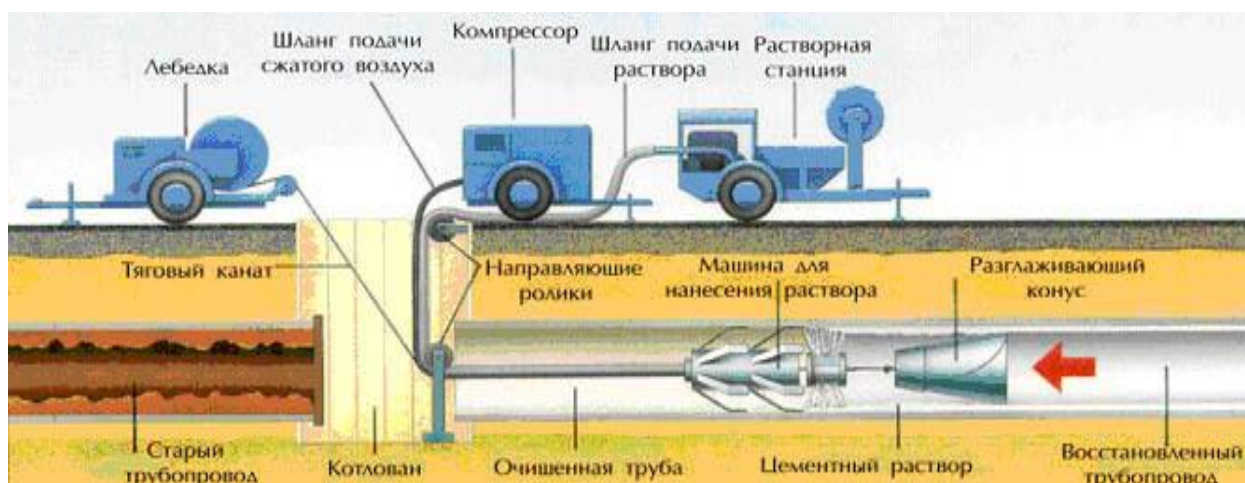


Рисунок №3 Набрызгивание и разглаживание цементно-песчаного покрытия

При ремонтных и восстановительных работах по напылению ЦПП в составе начальных материалов следует воспользоваться портландцементом марки М 500 и мелкозернистым кварцевым песком.

Самый тонкий слой защитного напыления формируется диаметрами и материалами труб, толщиной стен и практическим износом.

Нужная толщина предохранительного слоя получается быстротой продвижения метательной головки в трубе, при равной скорости подачи армоцементной смеси и быстроты вращения метательной головки.

Метод напыления является, самым эффективным при следующих дефектах: обрастании ржавчиной; стачивании стенок абразивами. Но, так же подобный метод совершенно неэффективен при открытых стыках и деформированных частях труб, сильнейшем износе абразивами, потому, как не обеспечивает увеличения несущей возможности водопровода.

Внутренняя поверхность водопровода, до напыления ЦПП, должна пройти очистку. На внутренней плоскости металлических труб разрешается слой коррозии не больше, чем 0,05 мм. Вода из трубопровода должна быть удалена.

Эллипс труб не должен быть более 0,5% диаметра, а поражение ржавчиной не больше чем 10% толщины трубы. Слой ЦПП для

металлических труб обязан отвечать техническим условиям, оговорённым с заказчиком.

Минимальные толщины слоя в зависимости от диаметра трубопровода представлены в таблице №1

Таблица №1 Минимальные толщины защитного слоя с допусками

Наружный диаметр трубы, мм	Минимальная толщина слоя ЦПП, мм	Допуск слоя ЦПП, мм
1	2	3
76	4	+2
89	4	+2
102	4	+2
108	4	+2
114	4	+2
133	4	+2
159	5	+2
219	5	+2
273	5	+2
325	6	+2
377	6	+2
426	7	+2
530	7	+2
630	7	+2
720	7	+2
820	9	+2
920	10	+2
1020	11	+2
1220	12	+2
1420	12	+2
1620	14	+2
2020	16	+2

Указанные в таблице №1 допуски согласно толщине покрова, отвечают гладкой и прямой трубе, над сварными швами слой ЦПП сокращается (вплоть до 3 мм). На торцах труб возможно снижение толщины слоя до 50%,

и от концов - не более 50 мм. Толщины заводской ЦПП идентичны, санация данным покрытием обязана включать в себя: осуществление подготовительных работ, подготовку и изготовление ингредиентов смеси.

Предварительные работы включают в себя следующие действия: рытье двух котлованов (начального и финишного) или применение колодцев с удалением гидрантов, фасонных деталей и установкой заглушек; подготовительные работы заканчиваются удалением воды из трубопровода. Размер технологических захватов определяется длинами типовых рабочих тросов и шлангов (подачи раствора и воздуха) и рабочими данными насоса для раствора, вне зависимости от диаметра трубы.

При непроходимых препятствиях для прочистных снарядов и отделочных аппаратов (отвесные подъемы и спуски, углы поворота магистрали и прочие преграды, в том числе болты и т.д.) нужны вспомогательные вскрытия трубы. Это не зависит от положения колодцев в границах предварительно сделанной технологической захватки и замещение их заранее покрытыми элементами и фасонными частями. Набрызгивание ЦПП в малодоступных участках обязано изготавливаться ручным способом на месте либо в стационарных условиях с дальнейшей перекладкой труб. Вероятны и прочие способы ликвидации преград, появляющиеся при ремонте трубопровода.

Обычная методика подготовки частей смеси включает в себя действия по просеиванию песка и цемента при помощи сито и загрузку в особые емкости, с закрывающимися створками. Портландцемент обязан соответствовать следующим условиям: не иметь комков и химических добавок, обладать консистенцией цементного теста не выше 27% и этап схватывания не менее 60 мин.

Не разрешается смешивание цемента различных партий и марок, кроме того применение вяжущего с периодом хранения выше 60 суток со дня отправки производителям. Возможно присутствие в составе вяжущего

сертифицированных мелкозернистых добавок (вплоть до 10% веса цемента) с целью улучшения физико-химических данных напыления.

Применяемый для изготовления смеси песок, крупностью зерен обязан не превышать 1 мм; фракции с величиной зерна 0,315-0,63 мм обязаны создавать не менее 70% веса песка, а фракции величиной до 0,315 мм меньше 3%. В общей массе смеси глинистых, илистых и пылевидных элементов должно быть менее 3%. Применяемая вода должна отвечать технологическим условиям и обладать температурой +10 ... +30 °С, а подходящее отношение цемент -песок обязано находиться в пределах границы, согласно объема 1:1 до 1:1,2 и по весу от 1:1,115 до 1:1,338. Отношение воды и цемента должно быть 0,3-0,36.

Подготовленная к набрызгиванию на внутреннюю плоскость трубы, смесь цемента и песка представляет собой перемешанную и однородную субстанцию. До набрызгивания в коллектор смесь должна обладать температурой +10 ... +25 °С.

Нанесение ЦПП должно быть непрерывным и сглаженным (возможны борозды или гребни с глубиной до 1,0 мм при исполнениях условий, согласно толщине слоя).

Сразу по прошествии восстановления трубопровода, делается маркировка и оформление произведенных операций по ТУ, оговоренных с заказчиком. С целью однородного затвердевания цемента по всей протяженности трубопровода он герметизируется в районах захваток посредством заделки полиэтилена. До сдачи восстановленного водопровода в пользование, выполняется его промывка и обеззараживание.

Основными плюсами методики ЦПП являются легкость работ и невысокая цена, составляющая примерно 30% цены постройки нового водопровода. Через 3-5 суток после нанесения ЦПП коллектор допускают к использованию, данный срок является довольно длительным, однако нанесенное ЦПП остается прочным в ходе длительного срока службы (50 лет).

Российские и иностранные навыки использования водопроводов с внутренним ЦПП демонстрируют, что с течением времени характеристики защитного напыления не только не портятся, но и улучшаются. Передаваемая по отремонтируемому водопроводу, питьевая вода со временем реорганизуется гидроокись кальция, состоящий в нанесенной оболочке, в гидрокарбонат кальция. В следствие данного процесса на рубеже соприкосновения ЦПП и воды остается все меньше пор, борозд и оно делается более непроницаемым.

Быстроотверждаемое покрытие Scotchcot на основе двухкомпонентного полимера Copon Nucot

Этот вид набрызгового покрытия принадлежит к новому типу полуструктурных предохранительных покрытий и прилагается в 2-х модификациях, для ситуаций с нарушением и сохранением рабочей способности водопроводов с высокой стойкостью к износу абразивом. Покрытие производится компанией E.Wood (Великобритания) с 2000 года и в настоящее время реконструированно более 8000 км сетей систем водоснабжения в некоторых государствах.

Защитное покрытие набрызгивается на внутреннюю плоскость водопровода особыми метательными головками и имеет множество различных особенностей, порядком отличающих его от ЦПП как при набрызгивании, так и в перспективе защиты водопровода.

При восстановлении водопровода, слой напыления составит за проход от 1 до 5 миллиметров; разрешается наличие воды на стенках. На стенках, покрытие твердеет за нескольких мин., а водопровод способен функционировать через 1 час. Исследования выявили, что уже при толщине предохранительного напыления в 3 мм оно более действенно для удаления сквозных коррозионных дефектов размером до 5 мм; продольных и круговых трещин.

В сравнении с полиэтиленовыми трубами, применяемыми при санации изношенных водопроводов посредством протаскивания в них, покрытие

Coron Nucot имеет большую стойкостью к усадке под действием на него хлора, что непременно существует в водопроводной воде.

Сплошное покрытие. Метод «Чулка»

Суть способа — в протягивании в saniруемый водопровод эластичного полимерного рукава, сделанного из мягкого материала, насыщенного разными видами смол, с дальнейшей кристаллизацией пропитанного слоя.

Таким способом ремонтируются напорные и безнапорные водопроводы из разных материалов: стали, чугуна, железобетона; диаметрами — от 150, до 1400 мм.

В санации бестраншейным способом используются разные способы крепежа полимерных рукавов — протаскивание с дальнейшим наполнением воздуха или водой, а кроме того разные способы кристаллизации — действием светового излучения, нагревом водой либо подачей пара.

Главные плюсы технологии:

- снижение расходов в планировании и сооружения за счет применения функционирующей магистрали водопровода;
- абсолютная защищённость для коммуникаций, находящихся рядом;
- большой темп установки;
- наименьшее кол-во земляных работ;
- вероятность прокладки в зонах с изгибом, вплоть до 90°;
- наименьший объём строй. площадки;
- не нуждается в большой строительной техники и оборудования;
- наименьшее снижение внутреннего диаметра функционирующего водопровода;
- повышение скорости потока воды из-за гладкой поверхности saniрующего материала;
- большая коррозионная устойчивость;
- высокая стойкость к абразивному износу;
- расчетный период работы свыше 50 лет;

- лояльное отношение к экологии.

Самой многообещающей, согласно выводам специалистов, методика отверждения полимерного рукава с использованием ультра-фиолетового излучения. Эта технология даёт возможность отказаться от термических смол и уменьшить восприимчивость к воздействию внешних факторов. При использовании фотореактивных смол возрастает время хранения полимерных рукавов вплоть до полугода. Кроме-того новые технологии дали возможность осуществлять пропитку полимерных рукавов в условиях производства, ну а пропитка термическими смолами проводится прямо на строительной площадке.

Рукав представляет собой многослойную эластичную оболочку, состоящую из трех слоев (рисунок №4)

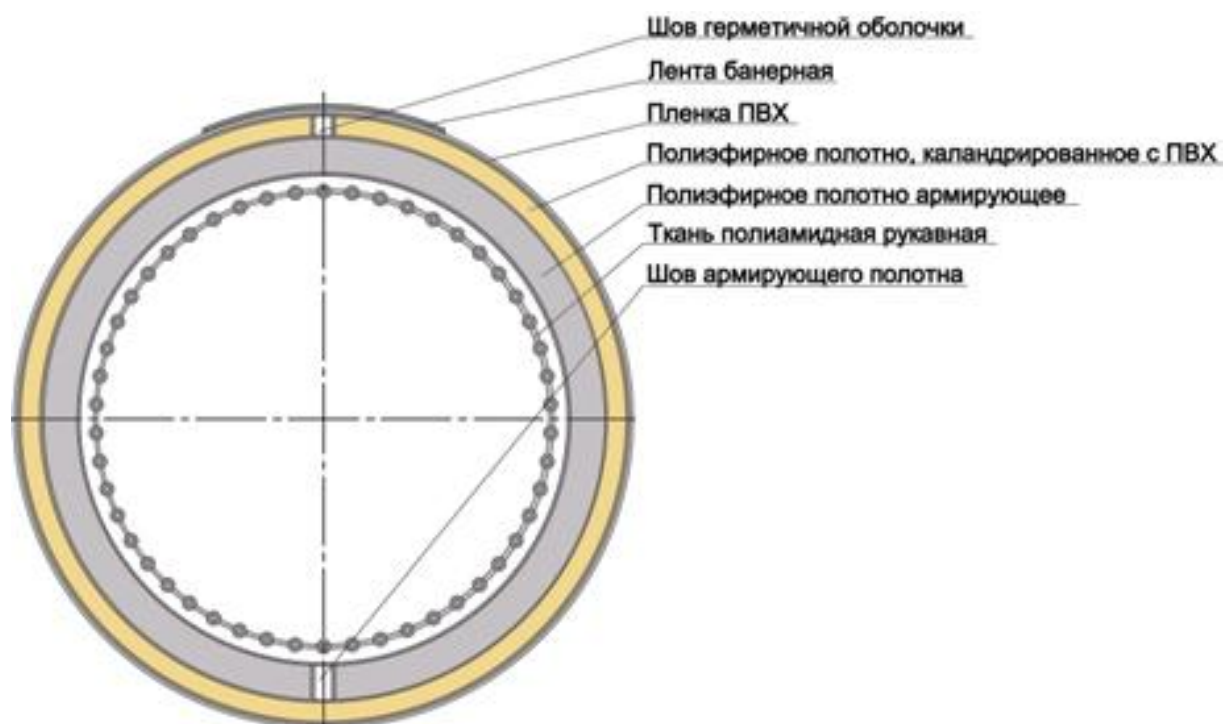


Рисунок №4 Строение полимерного рукава

Для повышения скорости кристаллизации и улучшения свойств saniрующих материалов, одновременно с введением УФ излучения, была изменена конструкция полимерного рукава. Иглопробивные стекломаты поменяли на стеклоткань, обладающую наиболее высокими прочностными характеристиками, это позволило существенно уменьшить толщину стенки рукава.

Важным итогом улучшения конструкции композитного рукава, это уменьшение веса из-за снижения размера стенки.

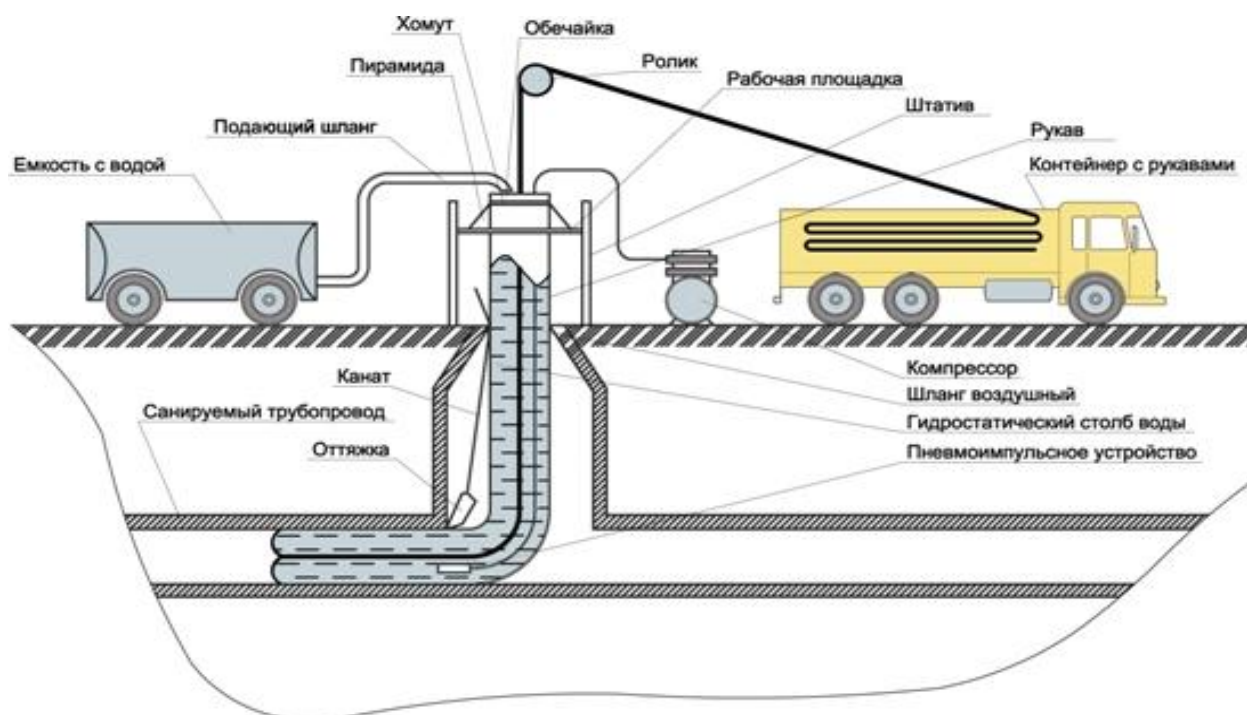


Рисунок №5 Санация метод «Чулка»

Санация водопровода начинается с телевизионного обследования самодвижущимся роботом с видеокамерой. Следующая процедура — очищение ремонтируемой трубы от различных загрязнений.

В основном используются механический и гидравлический способы. После прочистки производится повторный осмотр самодвижущимся роботом. После чего, пневматическим либо гидравлическим автоматом, рукав протягивают в ремонтируемый водопровод (рисунок №5). Из-за избранного способа установки протягивание производится давлением водой или сжатым воздухом. После протягивания чулка в ремонтируемый участок водопровода наступает процесс кристаллизации. В завершении проходит контрольное телевизионное обследование.

Ограничивают использование данного метода следующие требования: потребность в остаточной прочности санируемого водопровода, высокие требования к внутренней стенке ремонтируемого водопровода, риск частичного приклеивания, либо неполного прилегания полимерного чулка к санируемому водопроводу в разных участках.

Протаскивание нового трубопровода в поврежденный старый (с его разрушением и без разрушения).

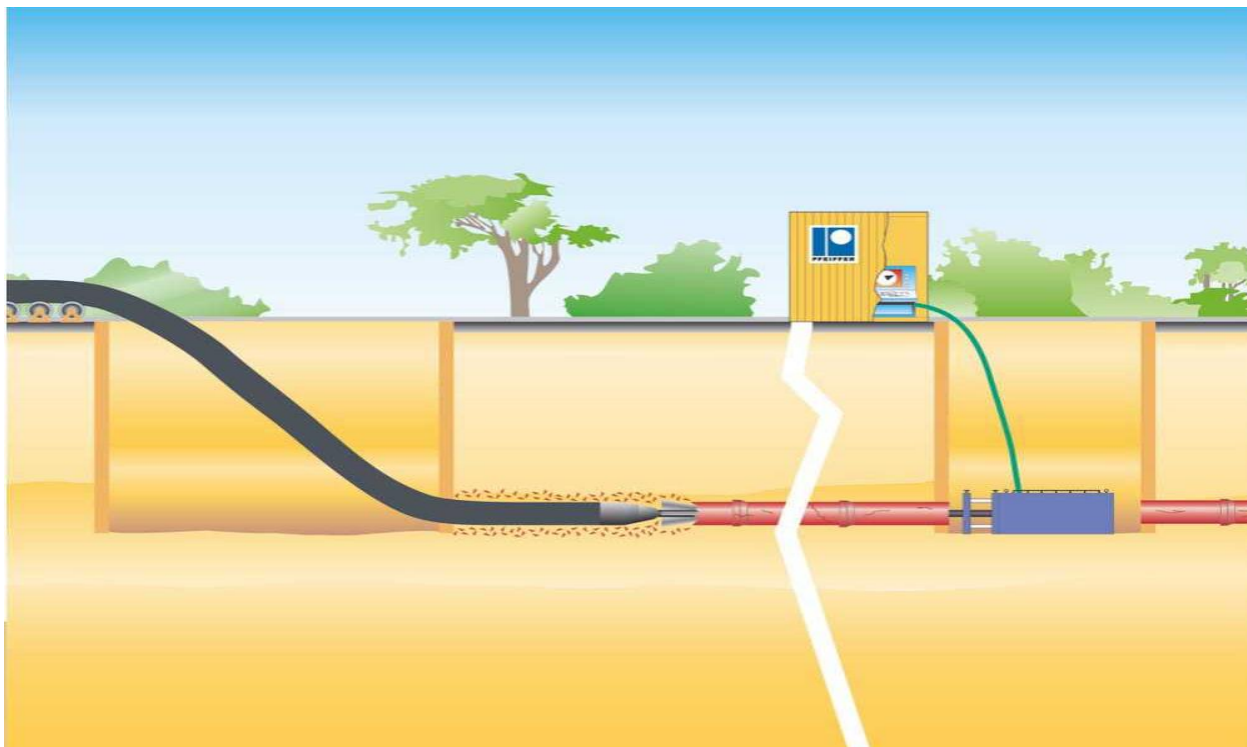


Рисунок №6 Протаскивание нового трубопровода в поврежденный старый с его разрушением

Основным достоинством этого способа является возможность реставрации разрушенных водопроводов посредством протяжки нового, к примеру, полиэтиленового низкого давления (ПНД), в участке прежнего. Протяжка новой трубы в старый наиболее выгодно в случае, если нужна полная замена старого водопровода с увеличением диаметра сети.

В отечественной и зарубежной практике применяется метод протяжки новой трубы в старый трубопровод с его разрушением.

После разрушения ветхих водопроводов их заменяют новыми из различных материалов, большего диаметра, чем старые. Бестраншейный способ замены труб посредством разрушения и протягивания новых обладает неоспоримыми преимуществами по сравнению с другими: увеличение диаметра трубы даёт более высокую пропускную способность; может

применяться труба из полимерных материалов, которая выдерживает большие нагрузки в течении 50—100 лет.

Помимо этого, способ допускает использование в неустойчивых грунтах.



Рисунок №7 гибкая штанга, расширитель, ниппель для захвата новой трубы



Рисунок №8 Рабочий орган Grundoburst

Протаскивание нового трубопровода с одновременным разрушением ветхого осуществляется с помощью пневмоударных машин либо пневмопробойников, оборудованных разрушающими гильзами с ножами (рисунок №7). Движение производится с помощью компрессора (рисунок №8). Взламывающий нож разрушает прежнюю трубу и уплотняет осколки в

грунт. Расширитель формирует большой профиль для новой трубы, которая протягивается в готовое пространство во время разрушения.

В последние годы в России на ряде объектов использовалась технология замены ветхих неметаллических трубопроводов после их разрушения полиэтиленовыми с помощью раскатчиков. Данная технология предусматривает использование специального рабочего органа - раскатчика с силовым приводом. Раскатчик устанавливается в рабочий котлован при помощи крана или вручную. После обеспечения соосности раскатчика и разрушаемого трубопровода осуществляется ввёртывание раскатчика в трубопровод и вдавливание обломков разрушенной трубы в стенки образуемой скважины. При этом грунт вытесняется в радиальном направлении и вокруг скважины образуется уплотнённая зона грунта. Практика показывает, что поверхностный слой грунта толщиной 10-15 мм в стенках скважины настолько спрессован, что его прочность сопоставима с прочностью бетонной трубы той же толщины. После выхода рабочего органа в приёмный котлован и его отсоединения к концу приводных штанг подсоединяют полиэтиленовую трубу (целиковую или отдельными секциями), которую затягивают в образовавшуюся скважину обратным ходом штанг.

В последние годы на ряде отечественных и зарубежных объектов реновации проводились работы по разрушению стальных трубопроводов. Для этого использовался разрушающий наконечник, действующий как консервный нож и разрезающий трубопровод на две половины. Средняя скорость передвижения установки с разрушающим наконечником составляет порядка 60 м/ч. Некоторое снижение скорости наблюдается лишь при прохождении наконечника через резьбовые соединения труб.

Бестраншейная замена старых трубопроводов на новые может производиться и без их разрушения. Восстановление участка ветхой водопроводной сети без разрушения с помощью полимерных труб В данном случае используется новый полимерный трубопровод, сматываемый с

бобины (бухты, барабана) и протягиваемый с помощью пневмо - лебёдки и троса через футляр и колодец в ветхий участок водопроводной сети.

Учитывая предрасположенность полиэтиленовых труб к порезам случайными твердыми включениями в канале при протягивании, для снижения до минимума возможности повреждения наружной поверхности трубопровода применяют: нанесение в заводских условиях утолщенной внешней оболочки (рисунок №9), чтобы возможные повреждения затронули только ее; использование полиэтиленовых труб со стойкой к механическим повреждениям наружной полипропиленовой оболочкой (рисунок №10).



Рисунок №9 Полиэтиленовая труба с защитным покрытием



Рисунок №10 Защитная оболочка после протаскивания в старой трубе

Метод спирально-навивочного восстановления трубопроводов:

Сущность спирально-навивочного метода заключается в том, что в поврежденном действующем трубопроводе, путем спиральной навивки, сматываемой с бобины бесконечной, полимерной ленты заводского изготовления формируется обсадная труба высокой прочности. Процесс навивки бесконечной ленты штампованного ребристого профиля из ПВХ или полиэтилена высокой прочности производится специальной навивочной машиной, которая располагается вблизи люка смотрового колодца. Края ленты соединяются друг с другом, образуя сплошную водонепроницаемую конструкцию внутри восстанавливаемого трубопровода.

Для ремонта трубопроводов спирально-навивочным методом используются четыре модификации: SPR, SPR PE, SPR EX. Характерные особенности каждой модификации и последовательность операций по навивке, которая может осуществляться при частичном (до 40 %) наполнении трубопровода жидкостью и скорости её течения до 5 м/с, представлены ниже.

Модификация SPR предназначена для бестраншейного восстановления ветхих горизонтальных трубопроводов большого диаметра (до 5000 мм), а также в вертикальных конструкциях (скважинах). В данной технологии используются ленты из ПВХ со стальным уплотнением и замком, благодаря которому соединяющиеся концы профиля образуют герметичный механический затвор, способный противостоять мощным деформирующим силам.

Процесс формирования обсадной трубы можно разделить на 4 этапа: осмотр (визуальный и телекамерами) и очистка восстанавливаемого участка трубопровода; реализация процесса навивки; установка крепежной системы; заливка жидким раствором кольцевого межтрубного пространства между старой и новой трубами.

Реализация процесса навивки заключается в подаче ленты через люк стартового колодца в навивочную машину, располагаемую в восстанавливаемом трубопроводе со стороны стартового колодца. Навивочная машина придает профилю из ПВХ необходимую форму и соединяет его концы, образуя тем самым новую герметичную трубу. Навивочный процесс длится до тех пор, пока обсадная труба не достигнет конца восстанавливаемого трубопровода. В ходе процесса навивочная машина может быть стационарной или передвижной по направлению к следующему (финишному) смотровому колодцу (рисунок №11).

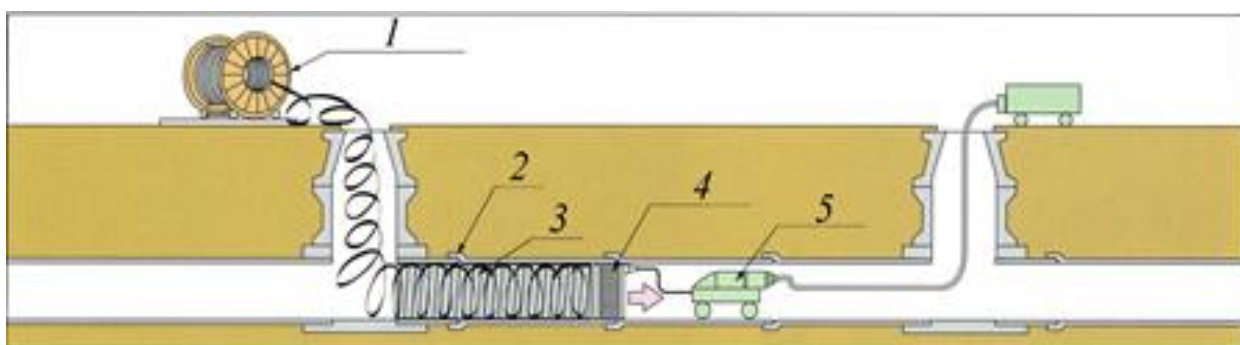


Рисунок №11 Фрагмент реализации спирально-навивочной технологии при реновации водоотводящего трубопровода с помощью передвижной машины: 1-бобина с бесконечной лентой;

- 2-подлежащий реновации ветхий трубопровод;
- 3-сформировавшаяся обсадная труба внутри ветхого трубопровода;
- 4-самодвижущаяся навивочная машина;
- 5-передвижное устройство для непрерывной подачи клеящей смолы в замковые устройства

По завершении процесса навивки устанавливается крепежная система, обеспечивающая стабильность конструкции в период заливки раствора в межтрубное пространство. Крепежный материал опускается в трубопровод через стандартные люки смотровых колодцев. Процесс заливки раствором разделяется на процесс ввода связующего материала в кольцевое межтрубное пространство между существующей трубой и профилем ПВХ и процесс вулканизации высокопрочного связующего раствора. Уникальная ребристая структура профиля способствует его эффективной фиксации в растворе (рисунок №12). В последствие вспомогательные элементы крепежной системы удаляются из колодцев и отремонтированный трубопровод принимается в эксплуатацию.

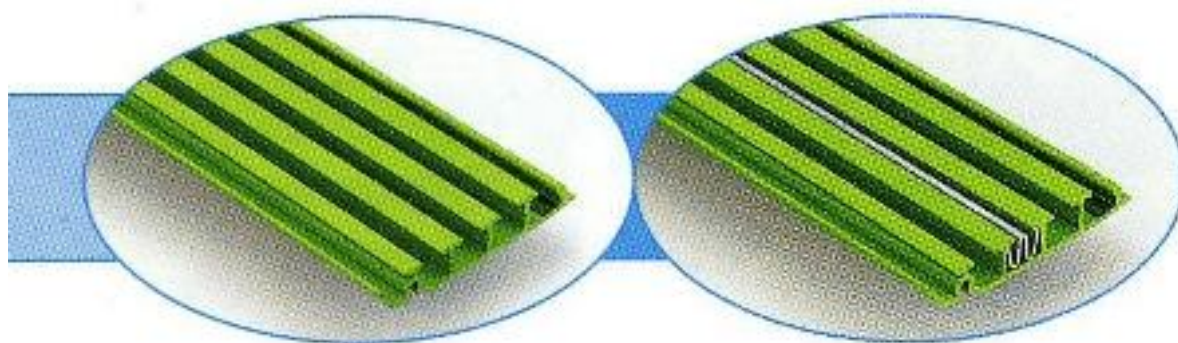


Рисунок №12 Фрагменты ребристой структуры полимерной ленты без замыкающего механизма (слева) и с замыкающим механизмом (справа)

В зависимости от условий на объекте можно использовать два метода навивки: с помощью «проталкивающей» или «самодвижущейся» гидравлической навивочной машины. Использование «проталкивающей»

(стационарной) машины не требует присутствия человека. Машина размещается в существующем, смотровом колодце и формирующаяся ей обсадная труба подается внутрь ремонтного участка старого трубопровода. При этом расположение машины остается стабильным. Процесс навивки с помощью «самодвижущейся» гидравлической навивочной машины требует присутствия человека для ее управления и подачи в машину ленты. Машина располагается в полости существующего смотрового колодца и, постепенно перемещаясь вперед по восстанавливаемому трубопроводу, спирально навивает профиль, образуя за собой новый трубопровод меньшего диаметра, чем восстанавливаемый.

«Проталкивающая» машина способна обеспечить навивку труб круглого поперечного сечения в диапазоне диаметров от 200 до 1400 мм. «Проталкивающую» и «самодвижущуюся» машины можно разобрать, чтобы они могли пройти в существующие люки колодцев. Скорость навивки зависит от диаметра восстанавливаемой трубы, конфигурации и степени её разрушения, а скорость подачи профиля в навивочную машину составляет 5–10 м/мин.



Рисунок №13 Фрагмент подачи ленты и формирования навивочного покрытия внутри трубы яйцеобразного сечения.

«Самодвижущийся» метод навивки имеет два варианта, соответственно для труб круглого и некруглого сечений (овального, подковообразного и т.д.), обеспечивая ремонт трубопроводов диаметром более 550 мм (рисунок №13).

К преимуществам модификации SPR относится оперативный ремонт труб (круглых, некруглых) большого диаметра (DN 800-5000 мм) без образования стыков.

Модификация SPR RE позволяет восстановить прочность труб из кирпича, бетона, камня, стеклопластика или асбестоцемента диаметром от 900 до 3000 мм и продлить срок их службы. Стальное уплотнение профиля придает навитой трубе высокую устойчивость для особенных статических условий. В технологии используются профили из уплотненного полиэтилена высокой прочности (ПЭВП) и комбинированной стали, что позволяет восстановить стареющие трубы различных типов. Последовательность операций по технологии SPR RE практически не отличается от описанной выше технологии SPR. С её помощью восстанавливаются круглые трубы диаметром 900-3000мм.

Модификация SPR EX позволяет создать самонесущую статическую трубу, используемую для восстановления старых трубопроводов диаметром от 150 до 1800 мм. Существенным отличием данной модификации является то, что после ремонта обсадная труба плотно прилегает к старой трубе. Технология SPR EX специально разработана для сейсмоактивных областей, регионов с опусканием местности, мест свалок, поэтому обсадная труба обладает максимальной плотностью и устойчивостью к нагрузкам. Материал для труб изготовлен из ПВХ приблизительно того же класса, что и новые трубопроводы.

Данный материал позволяет выдерживает высокие температуры транспортируемой среды. Технология позволяет производить монтаж двумя способами (варианты S и L).

По варианту S профиль S-ПВХ монтируется в старый трубопровод диаметром до 750 мм с минимальной потерей диаметра посредством местного расширения. Процесс установки длится до тех пор, пока обсадная труба, передвигающаяся из стартового колодца внутри старого трубопровода против течения водного потока, не достигнет финишного колодца. Так называемый процесс экспандирования (расширения) начинается после того, как производится стопорение торца обсадной трубы в финишном колодце и из замыкающего механизма обратным ходом бобины вытягивается специальная режущая нить, которая удаляет из профиля вторичный замыкающий механизм. Благодаря этому происходит увеличение обсадной трубы в диаметре, т.е. её распрямление. Таким образом, профиль новой трубы плотно прилегает к старому трубопроводу и живое сечение практически не меняется.

Вариант L с профилем типа L-ПВХ используется для труб диаметром от 800 мм, когда обсадная труба при своем формировании с помощью, продвигающейся вдоль трубопровода навивочной машины изначально плотно прилегает к внутренней поверхности старого трубопровода.

Точечные (местные) покрытия:

Uhrig GmbH (Германия). С 1962 года опытный производитель техники для санации трубопроводов и каналов. Уникальные ремонтные муфты "Quick-Lock" и система ремонта стыков Quist - визитные карточки Uhrig.

Quick-Lock - уникальная запатентованная бестраншейная технология восстановления и ремонта поврежденных трубопроводов и соединения труб из различных материалов, независимо от их горизонтального или вертикального направления. Благодаря высокой коррозионной и теплостойкости, Quick-Lock систему можно применять, как в промышленности, так и во многих др. направлениях.

Quick-Lock является эластичной системой, восстанавливающей частичные внутренние разрушения трубных каналов. Эта система была

разработана 15 лет назад компанией «UHRIG Техника каналов GmbH». Сегодня эта система совмещена с интеллектуальной робототехникой, что сделало ее работу более эффективной.

Высокая степень эффективности при восстановлении каналов (рисунок №14).

Особое внимание при разработке системы Quick-Lock было уделено максимуму исключению каких-либо ошибок при её применении, за счет предварительной диагностики реставрируемого канала при помощи компьютерной техники и видеокамеры.

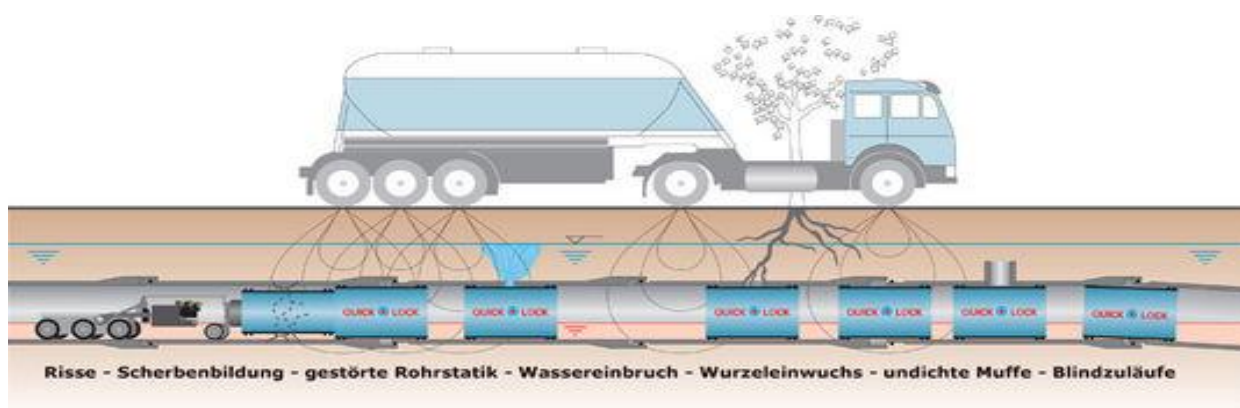


Рисунок №14 Примеры применения точечных покрытий

На практике муфтовая система Quick-Lock была применена более 50 000 раз и официально одобрена немецким институтом строительной техники, с её применением для всех видов труб с номинальным диаметром 150-800 мм. К применяемым материалам Quick-Lock относятся: высококачественная нержавеющая сталь V4A и эластичная резина EPDM – оказались на протяжении десятилетий самыми эффективно-пригодными в строительстве, восстановлении трубопроводов и очистительных сооружений.

В состав системы Quick-Lock входит муфта из нержавеющей стали круглой формы, к которой сверху плотно прилегает бесшовная эластичная резина EPDM. В середину муфты встроены два передаточных механизма, которые внедряют ее в канал и затем расширяют внутри и не допускают обратного сжатия. Механизм блокируется, и обратное сворачивание становится невозможным.



Рисунок №15 Механизмы для установки точечных покрытий (муфт)

Устанавливает муфты Quick-Lock внутри канала транспортный упаковщик Racker (рисунок №15). На него посредством компрессорного агрегата подается сжатый воздух, и муфта из нержавеющей стали расширяется до диаметра, необходимого для перекрытия канала. В заданной позиции муфта (рисунок №16) устанавливается с помощью видеокамеры и использования автоматических устройств.

Применяемые материалы – высококачественная сталь V4A (1.4404) и EPDM резина, которые на протяжении десятилетий успешно применяются в строительстве трубопроводов и разных коммунальных проектах.

Характеристика материалов:

1. EPDM резина:
2. Этилен- пропилен- диеновый каучук (EPDM)
3. Твердость по Шору 30, прочность растяжки 750%

Рисунок №16 Установленная муфта

4. Хорошая устойчивость к старению

5. Устойчивость к воздействию воды, разбавленных кислот и щелочей при температуре до 120°C
6. Ограниченная устойчивость к ароматическим и хлорированным углеводородам (маслам, смазкам, топливным жидкостям)
7. V4A нержавеющая сталь (1.4404):
8. Низкоуглеродистая проводимость 1.4571 с улучшенным качеством антикоррозийной защиты
9. Высокая прочность

1.3 Сравнительные показатели методов бестраншейного восстановления водопроводных и водоотводящих сетей

При выборе варианта обеспечения надежности трубопроводов в условиях эксплуатации важную роль играют как технические, так и экономические факторы.

Экономическая целесообразность эксплуатации трубопровода определяется окончанием экономического срока службы, за пределами которого расходы на эксплуатацию участка трубопровода превышают возможные расходы на его реновацию (перекладку или санацию), а уровень надежности не соответствует требуемому или принятому за норматив.

Техническая целесообразность эксплуатации участка трубопровода в его существующем состоянии определяется окончанием технического срока службы, при котором его техническое состояние, прочностные и гидравлические параметры и показатели качества транспортируемой воды являются недостаточными и не соответствуют требуемым или принятым за норматив.

Как и в большинстве российских городов в г.о. Тольятти для восстановления трубопроводов систем водоснабжения используется преимущественно открытый способ, т.е. проведение земляных работ с раскопкой траншей или котлованов, ремонтом или заменой трубопровода.

Чаще всего лишь в случае пересечения трубопроводов с автодорогами, чтобы предотвратить разрушение асфальтового покрытия и перекрытие движения автотранспорта, используются бестраншейные методы, такие как метод труба в трубе.

Предлагаемые на строительном рынке методы восстановления трубопроводов достаточно разнообразны. Инженерные коммуникации - особая сфера, которая требует более тщательной проработки при принятии решения. При малейшей ошибке решение вопроса в денежном выражении вырастает в несколько раз. Поэтому перед принятием решения необходимо провести диагностику трассы и на основе обследований выбрать метод восстановления трубопровода.

В случае, если трасса не подлежит ремонту, принимается решение ее замены. Отечественные и зарубежные производители предлагают обширный перечень оборудования для разрушения старых трубопроводов из любого материала с одновременной заменой их на полиэтиленовые трубы большего сечения. Подобное оборудование позволяет решить сразу несколько задач: избежать перекладки трубопровода, увеличить пропускную способность.

Несомненно, бестраншейные методы ремонта и замены коммуникаций значительно выгодней, чем проектирование и строительство новых коммуникаций. И чем раньше мы сможем приступить к ремонту, тем выгодней это для владельцев сетей и жителей городов.

Таблица 1. Сравнительные показатели методов бестраншейного восстановления водопроводных сетей

Технологические, технические и эксплуатационные показатели	Нанесение цементно-песчаных покрытий	Протаскивание нового твёрдого трубопровода в старый пневмопробойником	Протаскивание гибкой предварительно сжатой полимерной трубы	Протаскивание гибкой сложенной (U-образной) полимерной трубы
1	2	3	4	5
Диапазон диаметров, мм	80—2200	100—1600	80—300	100-800
Максимальная протяжённость	180	150	200	600
Виды повреждений (дефектов), код ограничений (I, ИДИ, IV)	Мелкие трещины, коррозия, износ (I)	Любые повреждения (IV)	Любые повреждения (IV)	Средние трещины и сколы, неплотности соединений (II)
Технологические, технические и эксплуатационные показатели	Нанесение цементно-песчаных покрытий	Протаскивание нового твёрдого трубопровода в старый пневмопробойником	Протаскивание гибкой предварительно сжатой полимерной трубы	Протаскивание гибкой сложенной (U-образной) полимерной трубы
Материал ремонтного покрытия	Цементно-песчаная смесь	Полипропилен, поливинилхлорид, полиэтилен	Полиэтилен	Полиэтилен высокого давления, полипропилен
Термостойкость, °С	Без ограничений	45	50	50
Требования к подготовке внутренней поверхности трубопровода	Очистка скребками и швабрами	Не требуется	Очистка водой под давлением, контроль дисками	Очистка водой под давлением, контроль дисками
Требования к водоотливу	Требуется	Требуется	Требуется	С 1/4 уровня заполнения
Минимальное монтажное отверстие (проем)	Люк колодца	Люк колодца	Люк колодца	Люк колодца
Продолжительность технологического цикла при ремонте участка длиной 100 м, рабочих смен	3-5	1	1	1
Срок службы ремонтного покрытия, лет прогноз реальность	30 Более 20	50-100 Более 50	50 Более 30	50 Более 10
Потери диаметра трубопровода после ремонта, %	5-10	Нет	3-5	10-15

Таблица 2. Выбор оптимального метода бестраншейного восстановления

результатам анализа

Х. Наименование метода и кода Н. ограничений Показатели ^{хч}	Нанесение цементно-песчаных покрытий	Протаскивание нового твёрдого трубопровода в старый с помощью пневмопробойника	Протаскивание гибкой предварительно сжатой полимерной трубы	Протаскивание гибкой сложенной (U-образной) полимерной трубы
1	2	3	4	5
Стоимостные, тыс. руб. / п.м (С)*	1	3,5	5	4
Средневзвешенный стоимостной показатель ($K_c = C/C_{cp.}$)	0,3	1,03	1,48	1,18
Технологические: продолжительность цикла, сут. (Т)	0,5	0,3	1	1
Средневзвешенный технологический показатель ($K_T = T/T_{cp.}$)	2,69	1,62	0,54	0,54
Эксплуатационные: частота замены (величина обратная сроку службы), лет'	0,033 (30)	0,02 (50)	0,02 (50)	0,1 (10)
Средневзвешенный эксплуатационный показатель ($K_{\varepsilon} = \varepsilon/\varepsilon_{cp.}$)	0,63	0,38	0,38	1,88
Технические: потери диаметра (живого сечения), % (Д)	10	0	5	15
Средневзвешенный технический показатель ($K_D = D/D_{cp.}$)	0,7	0	0,58	1,75
Сумма средневзвешенных показателей	4,78	3,02	2,97	5,34

Глава 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДИГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ САНАЦИИ

2.1 Инспекционный и диагностический контроль состояния трубопроводных сетей техническими средствами

В настоящее время практически любой метод санации требует обязательный предварительный осмотр трубопровода для определения состояния трубы и объема работ, а также заключительный осмотр - для контроля качества.

Поиск места утечки воды из трубопровода определяется с помощью корреляционного и акустического течеискателя. Для предварительной локализации места утечки повреждённого трубопровода датчики прибора устанавливаются в начале и конце контролируемого участка непосредственно на трубу или детали запорной арматуры. Датчики воспринимают акустические сигналы, возникающие в месте утечки, которые усиливаются и передаются по радиоканалу на микропроцессорный блок обработки, где вычисляется взаимная корреляционная функция этих шумовых сигналов. Положение пика корреляционной функции соответствует положению места утечки. Определение места порыва осуществляется на действующих трубопроводах без их вскрытия, поиск проводится на участках протяженностью от 40 до 250 м., диаметр трубы от 50 до 1020 мм, материал трубопровода сталь, чугун, полиэтилен. Точность определения места утечки $\pm 10\%$ от базы постановки датчиков. Поиск утечки затруднён при: прокладке труб типа «труба в трубе» при пересечении трубопроводов с силовыми и радиочастотными кабелями.

В настоящее время признан и развивается метод по диагностике трубопроводов тепловых и водопроводных сетей разработанный НПК

«Вектор», который более 5 лет активно и широко применяется группой службы технической диагностики ОАО «ТЕВИС». Целью данных работ является получение максимально возможного объёма информации для проведения оценки остаточного рабочего ресурса трубопроводов, мест и объёмов ремонтных работ. По характеру выполняемых работ, диагностика технического состояния трубопроводов включает три типа обследований и инструментальных замеров:

Оценка коррозионного состояния металла труб с определением мест наибольших поражений.

Определение состояния элементов технических конструкций (изоляция, скользящие опоры и др.).

Выявление причин, обуславливающих увеличение скорости разрушения металла труб и конструктивных элементов трубопроводов.

Оценка коррозионного состояния трубопроводов осуществляется на действующих трубопроводах без их вскрытия. При диагностике определяются местоположение дефектов различного типа (в том числе: перенапряженные участки трубопровода, утонение стенки трубы более чем на 20 % от номинала, серия язв, охватывающих площадь с протяжённостью по оси более 100 мм, места истечения воды) и остаточный рабочий ресурс трубопровода. Диагностируются трубы диаметром более 80 мм, находящиеся в эксплуатации при рабочем давлении более 0,3 МПа. Длина диагностируемого участка от 40 до 200 м. Наличие циркуляции – обязательно. Точность определения местоположения дефекта $\pm 2,5$ % от базы постановки датчиков.

Контроль качества сварных соединений осуществляется двумя методами: рентгенографическим и ультразвуковым. Эти методы дают возможность наиболее эффективно установить качество сварного соединения путём выявления в шве дефектов (пор, шлаковых включений и непроваров

корня шва), снижающих его механические свойства, их расположение, величину и конфигурацию. Контроль качества сварных соединений проводится на изделиях любой конфигурации, выполненных из металлов толщиной от 1 до 1000 мм, при условии доступа к сварному шву. Ультразвуковая толщинометрия позволяет измерить толщину стенки трубопровода и других изделий при одностороннем доступе. Замер толщины осуществляется на изделиях из металла толщиной от 0,1 до 1000 мм. Контроль герметичности запорной арматуры осуществляется контактным способом. Датчик прибора прикладывается к доступным гидрантам, задвижкам. На повреждённой арматуре появляются шумы от утечки. Эти шумы фиксируются прибором.

2.2 Автоматизированная система выбора приоритетных объектов санации трубопроводов

При сборе информации о состоянии трубопроводов систем водоснабжения г.о. Тольятти, была выявлена проблема - отсутствие единой информационной базы. Разрозненность первичной документации, такой как исполнительная документация, паспорта трубопроводов, паспорта аварий, инвентаризационные данные и пр., усложняет процесс оценки и составления прогноза показателей надежности, выбора приоритетных объектов санации трубопроводов, что в дальнейшем приводит к неэффективной эксплуатации трубопроводных систем. По этой причине необходимо создание единой электронной информационной базы. Для автоматизированного ввода, хранения, обработки и выдачи необходимой информации по оценке и прогнозу уровня надежности трубопроводов и оборудования водопроводной сети необходимо применение автоматизированного информационно-технического обеспечения, включающего в себя базы данных (БД):

- паспортов участков сети;
- паспортов водосчетчиков;
- паспортов колодцев и камер;
- паспортов водопроводного ввода;
- эскизов детализировки запорной арматуры колодцев и камер;
- графического изображения водопроводной сети;
- схем водомерного узла;
- паспортов водосчетчиков;
- текущего состояния трубопроводов (результаты диагностического контроля);
- прочих эксплуатационных параметров (напоры в сети, данные группы гидроизмерений и т.п.);
- учтенного водопотребления;
- качества воды в распределительной сети;
- по повреждениям и восстановлению участков трубопроводов и арматуры;
- выданных Технических условий на водоснабжение объекта, перекладку, санацию, проектирование СКЗ.

Такая база данных позволит выбирать из общего объема самортизированных трубопроводов первоочередные объекты восстановления, к которым относятся объекты, имеющие наибольший риск аварий и в ближайшее время с экономической и с технической позиций окажутся непригодными для дальнейшего нормального функционирования, т.е. потребуются их восстановление.

При использовании для восстановления трубопроводов бестраншейных технологий (санация) оценивается неэффективность по технико-экономическим, социальным и экологическим факторам,

месторасположению трубопровода и его роли в сети — открытой перекладки участка трубопровода.

Определение потенциальных объектов восстановления основывается на количественной оценке показателей надежности трубопроводов и сроков их полезной службы; а определение приоритетного (первоочередного) объекта (участка трубопровода) восстановления на комплексной оценке и ранжированию значительного количества дестабилизирующих и косвенных факторов, влияющих на надежность и экологическую безопасность участков трубопроводов в реальных условиях эксплуатации.

К факторам влияния на уровень надежности трубопровода и на риск возникновения его отказа могут быть отнесены факторы, ранжированных в следующей последовательности:

1. наличие защиты от электрокоррозии, (наличие СКЗ);
2. качественные показатели транспортируемой воды;
3. наличие подземных вод;
4. глубина заложения труб;
5. тип грунта;
6. величина давления воды;
7. интенсивность транспортных и пассажиропотоков;
8. гидравлические характеристики;
9. год укладки трубопровода;
10. плотность населения;
11. диаметр трубы (толщина стенки).

Для практической реализации алгоритма выбора потенциальных и приоритетных (первоочередных) объектов восстановления трубопроводов методами бестраншейных технологий (санации) разработано автоматизированное информационно-техническое обеспечение (система АИТС «Санация»).

2.3 Прочистка трубопроводов перед операциями восстановления

Перед санацией необходимо производить прочистку трубопроводов.

На сегодняшний день существует множество способов прочистки и средств их реализации, однако выбор наиболее оптимального и эффективного для конкретного объекта представляет сложную задачу. При выборе способа необходимо учитывать возраст трубопровода, возможности минимизации работ по демонтажу той или иной арматуры на сети, материально-технические возможности организации и пр.

В зависимости от степени зарастания живого сечения трубопроводов используются следующие методы чистки трубопроводов:

водяной (гидромеханический). Применяется для труб диаметром 100мм и менее при наличии неуплотненных, бугристых наносов;

водовоздушный. Для трубопроводов диаметром 150-200 мм при наличии неуплотненных бугристых наносов и длиной участка до 2000м;

гидропрочистка с использованием высоконапорных устройств с вращательными головками. Для труб диаметром до 300 мм, а также для прочистки от корней деревьев труб диаметром до 750 мм;

с использованием цилиндрических поршневых скребков из полиуритана, покрытого ворсистым металлическим патроном (рисунок №17)



Рисунок №17 Скребок для механической прочистки

электрогидроимпульсный, реализуемый путем создания высоковольтного разряда в жидкости, при которой образуется ударная волна, разрушающая отложения на внутренней поверхности трубопроводов;

гидравлический на основе использования реактивных головок или гидрокавитационных сопел (рисунок №18);



Рисунок №18 Прочистка гидравлическим способом

Глава 3. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САНАЦИИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ Г.О. ТОЛЬЯТТИ

3.1 Выбор технологии и материалов для санации трубопроводов

Исходя из данных приведённых в таблицах предыдущей главы наиболее выгодным, по совокупностям показателей (финансовом, скорости восстановления, долговечности, потери сечения, гидравлическим показателям) является метод протаскивание нового трубопровода в поврежденный старый (с его разрушением и без разрушения).

На данный момент в г.о. Тольятти при реконструкции водопроводных сетей такими фирмами, как ОАО ТЕВИС, СУ-35, ООО ЭКСА ПЛЮС наиболее часто используется данный метод.

Трубы, предназначенные для бестраншейных технологий, имеют существенные отличия от труб, используемых при традиционном строительстве с отрывкой траншей, так как они должны обладать повышенными прочностными параметрами на сжатие и растяжение, а также сопротивляемостью к осевой силе, которая появляется в процессе протягивания.

Протягиваемые трубы предназначаются для операций протаскивания в старые трубопроводы или в образовавшееся ранее свободное земляное пространство.

Материалами для изготовления протягиваемых труб являются: полиэтилен (ПЭ), сталь, чугун с шаровидным графитом, поливинилхлорид (ПВХ).

Наиболее приемлимым материалом для данных труб является полиэтилен низкого давления ПНД, его преимущества:

затраты на транспортировку ПНД труб для водоснабжения до 2 раз меньше, чем на транспортировку стальных;

масса ПЭ трубы для водопровода более чем в 8 раз меньше массы металлических аналогов;

стоимость выполнения строительно-монтажных работ даже при использовании традиционных открытых методов сокращается до 2—2,5 раз;

большая эластичность, что позволяет легко вписывать их в повороты трассы;

возможность использования щадящих методов прокладки (узкотраншейный монтаж, направленное бурение, пробойные и/или прорезные технологии, иные бестраншейные технологии), сокращающих расходы на монтаж, а также уменьшающих отрицательное воздействие на окружающую среду;

значительное сокращение сроков ведения работ — скорость прокладки полиэтиленовых сетей может превышать скорость прокладки стального эквивалента до 10 раз и более;

трубы из полиэтилена обладают высокой химической стойкостью к большинству агрессивных сред, под влиянием которых традиционные материалы корродируют и стареют.

химическая стойкость труб из ПЭ является производной температуры, концентрации, давления и типа самого вещества.

при нормальной (близкой к 20 °С) температуре они устойчивы к действию щелочей и таких неокисляющих кислот, как соляная и фосфорная. Трубы из ПЭ устойчивы к воздействию спиртов, формальдегида и сложных эфиров (этилацетата). Ввиду своей высокой химической стойкости трубы из ПЭ используются в т.ч. в качестве нефтепромысловых, для транспортировки неочищенных стоков промышленных предприятий;

паро- и газопроницаемость труб из ПЭ незначительна:

полиэтиленовые трубы для водопровода обладают большей пропускной способностью (до 10—15% выше, чем у стальных) вследствие высокой гладкости;

отсутствие необходимости применения дорогостоящих методов проверки и контроля качества сварных соединений;

отсутствие необходимости использования дорогостоящих программ подготовки персонала (технологии сварки, монтажа ПНД труб для водоснабжения), а также наличие широкого диапазона муфт, соединительных деталей для применения стыковых сварочных аппаратов, электромуфтовых сварочных аппаратов для сварки встык с высокой степенью автоматизации позволяет свести до минимума вероятность ошибки оператора.

Одним из достоинств является их высокая гибкость. Даже при землетрясениях полиэтиленовые трубы практически не получают повреждений по сравнению с трубами, изготовленными из других материалов.

При замерзании транспортируемой жидкости трубы из ПНД, в сравнении с трубами большей жёсткости (сталь, чугун) не подвержены растрескиванию стенки, в связи с относительной вязкостью материала трубы.

Благодаря деформации, нагрузка на трубу распределяется по ее окружности, что снижает значение её вертикальной составляющей. В пределах короткого времени достигается силовой баланс в области вокруг трубопровода, и деформация прекращается. Полиэтиленовые трубы очень гибко реагируют на статическое напряжение так, что нагрузки не концентрируются на трубе, а уравниваются в окружающем грунте (рисунок №19).

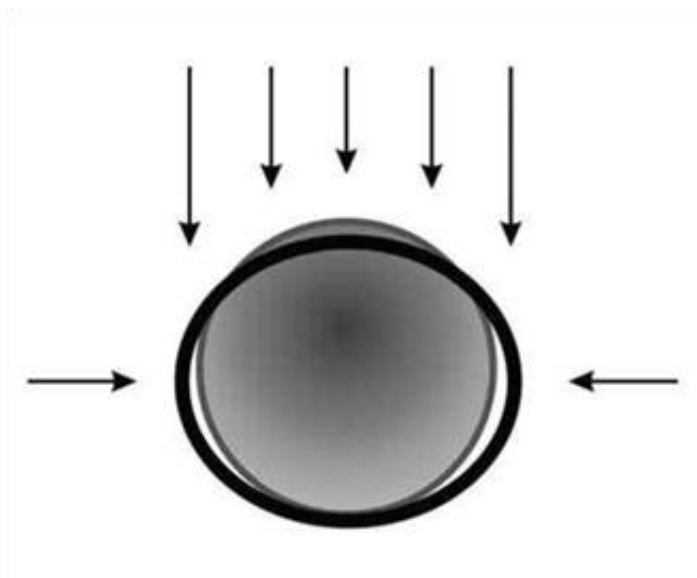


Рисунок №19. Передача нагрузки на гибкие трубы

Наружный трубный профиль фиксирует трубы в грунте, поэтому осевые смещения трубопровода очень незначительны или не происходят совсем.

Минимальный радиус изгиба зависит от отношения толщины стенки трубы к её диаметру. Относительная деформация при этом не должна превышать 2,5%.

Трубы из полиэтилена показали наибольшую устойчивость к истиранию, что было доказано в результате испытаний по Дармштадтской методике.

Трубы из ПЭ имеют высокую стойкость к гидроабразивному износу, что обуславливает целесообразность их применения для транспортировки жидкостей с содержанием твердых частиц. При применении труб из ПЭ в сетях самотечной ливневой канализации с содержанием твердых частиц износ будет составлять менее 0,5 мм на весь 50 летний эксплуатационный период и им можно пренебречь (рисунок №20). В напорных технологических трубопроводах, транспортирующих жидкость с содержанием твердых частиц, абразивному износу будут подвергаться в первую очередь места сужений и поворотов. Наблюдаемый износ в полиэтиленовых трубах

составляет лишь небольшую часть износа, имеющего место в аналогичных условиях на поворотах стальных труб.

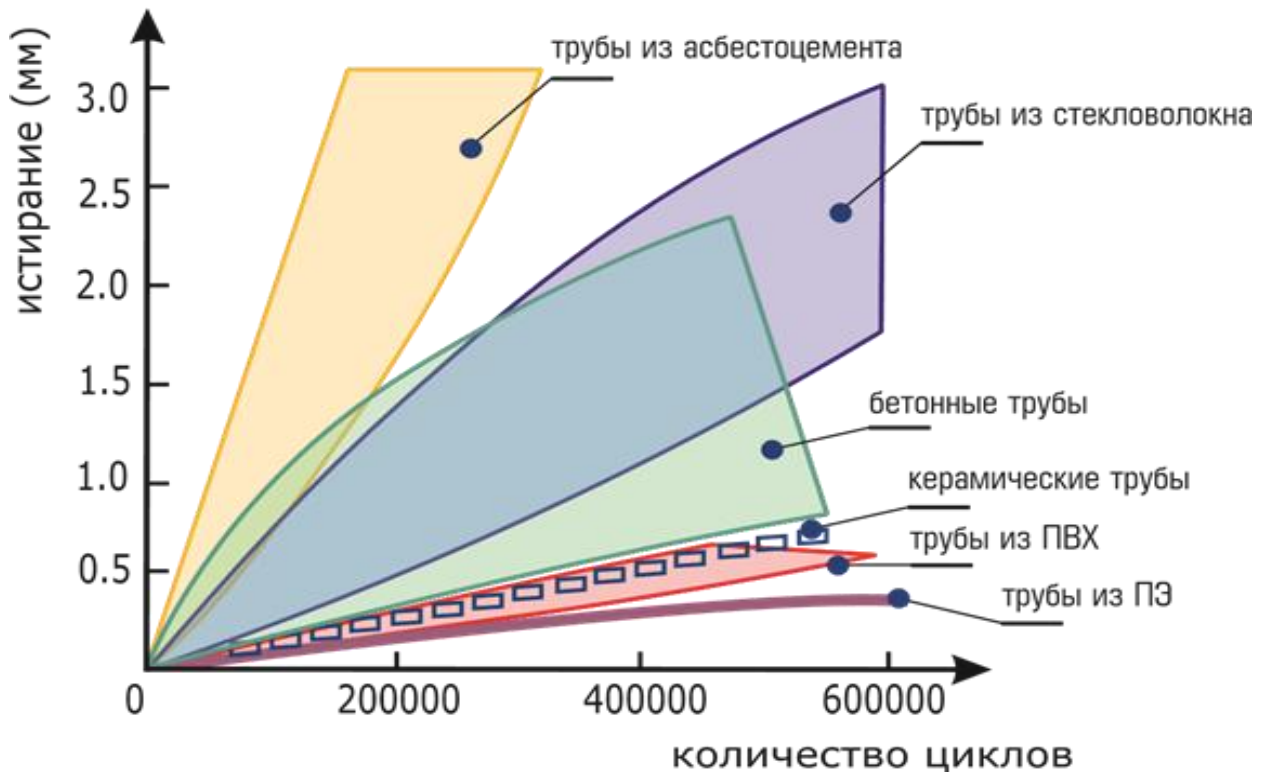


Рисунок №20 Износоустойчивость различных материалов, применяемых в строительстве водопроводных систем

Благодаря свойствам материала и гладкой внутренней поверхности, гидравлические свойства полиэтиленового трубопровода не ухудшаются в течение всего срока эксплуатации. Низкий показатель шероховатости, в сравнении с традиционными материалами, позволяет значительно увеличить пропускную способность труб.

Таблица 3. Сравнение шероховатости и пропускной способности труб

D _{тр. вн.} , мм	полимерная		стальная			
	ξ _э , мм	w _{кр} , м/сек	новая		не новая	
			ξ _э , мм	w _{кр} , м/сек	ξ _э , мм	w _{кр} , м/сек
50	0,005	22	0,1	0,7	0,8	0,062
100	0,01	11	0,1	0,74	0,8	0,068
200	0,015	7,6	0,1	0,82	0,8	0,076
300	0,025	4,5	0,1	0,86	0,8	0,08
600	0,035	3,4	0,1	0,95	0,8	0,088
1200	0,05	2,5	0,1	1,0	0,8	0,095

w_{кр} - критическая скорость; ξ_э - нормативная эквивалентная шероховатость

Таблица 4. Расход, скорость и потеря напора в различных трубах

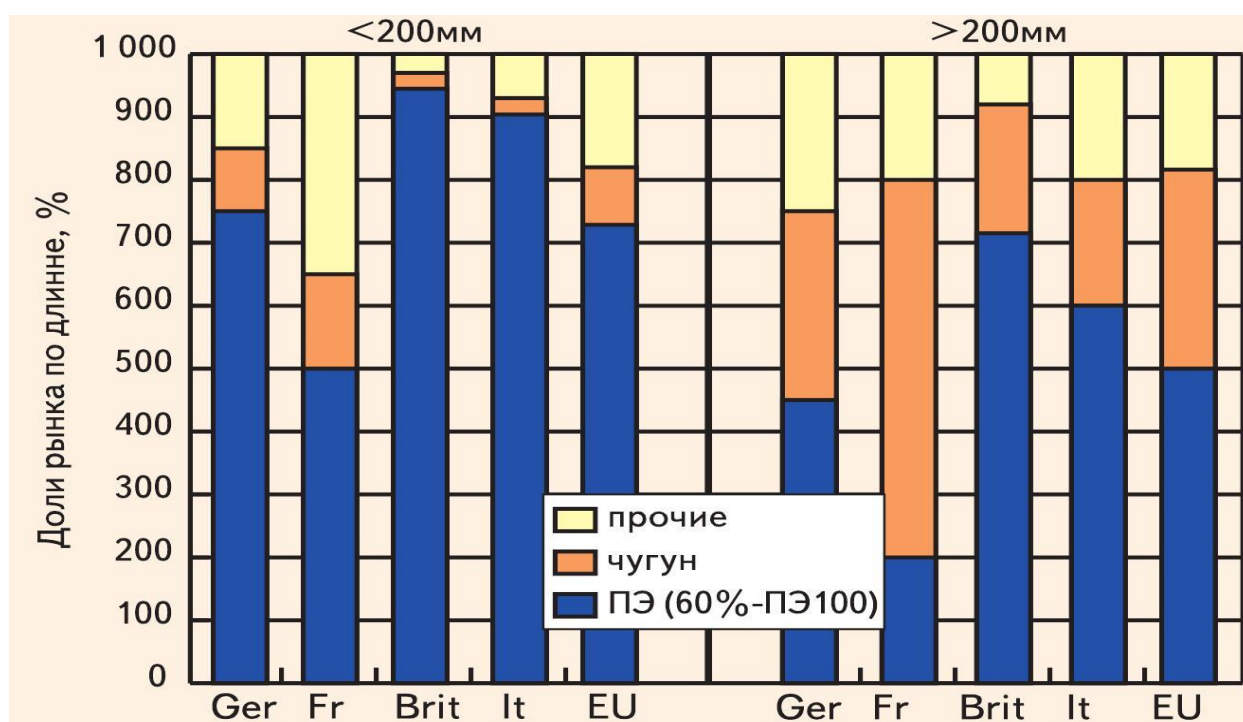
Труба	Расход, м ³ /час	Скорость, м/с	Потери напора, м/100м
Сталь новая 133х5	60	1,4	3,6
Сталь старая 133х5	60	1,4	6,84
ПЭ 100 110х6,6 (SDR 17)	60	2,26	4,1
ПЭ 80 110х8,1 (SDR 13,6)	60	2,41	4,8
Сталь новая 245х6	400	2,6	4,3
Сталь старая 245х6	400	2,6	7,0
ПЭ 100 225х13,4 (SDR 17)	400	3,6	4,0
ПЭ 80 225х16,6 (SDR 13,6)	400	3,85	4,8
Сталь новая 630х10	3000	2,85	1,33
Сталь старая 630х10	3000	2,85	1,98
ПЭ 100 560х33,2 (SDR 17)	3000	4,35	1,96
ПЭ 80 560х41,2 (SDR 13,6)	3000	4,65	2,3
Сталь новая 820х12	4000	2,23	0,6
Сталь старая 820х12	4000	2,23	0,87
ПЭ 100 800х47,4 (SDR 17)	4000	2,85	0,59
ПЭ 80 800х58,8 (SDR 13,6)	4000	3,0	0,69

Учитывая неизбежное старение стальной трубы в процессе эксплуатации, для труб малых и средних диаметров полиэтиленовую трубу можно выбрать на одну ступень наружного диаметра меньше. И только для труб диаметром 800 мм и выше, вследствие относительно меньшего влияния

абсолютной эквивалентной шероховатости на потери напора, диаметры труб нужно выбирать из одного ряда.

Известно, что в странах Европы применяются более жесткие требования к качеству питьевого водоснабжения, чем действующие сегодня отечественные СанПиН. Именно благодаря этому фактору трубы из полиэтилена, как наиболее безупречные с санитарно-гигиенической точки зрения, получают в Европе подавляющую долю рынка. Более того, именно на современные полимерные материалы настоящее время приходится большая доля рынка труб для сетей водоснабжения, водоотведения в странах Евросоюза.

Таблица 5. Доли рынка труб для напорного водоснабжения в Евросоюзе.



Как видно из приведенной выше статистики на европейских трубопроводах диаметром менее 200 мм полиэтиленовые трубы (на 60% это трубы из ПЭ 100) практически вытеснили трубы из ВЧШГ (высокопрочного чугуна с шаровидным графитом) и трубы из других материалов. Схожая картина сохраняется и по трубам большого (200-1600 мм) диаметра.

Единственной страной, где трубы из ВЧШГ большого диаметра сохранили за собой существенную долю рынка, является Франция. Объясняется это тем, что именно во Франции располагается одно из крупнейших металлургических предприятий мира, концерн «Сент Габен/Понт-а-Муссон». Однако и оно переживает непростой период. По сравнению с 80-ми годами прошлого столетия производство труб из ВЧШГ существенно сокращено.

При использовании в бестраншейных технологиях полиэтиленовых труб они должны быть изготовлены с дополнительным специальным стойким к порезам внешним слоем (защитным рукавом). Защитный слой, на пример из полипропилена, оберегает трубу не только от порезов, но и от точечной нагрузки, например, от камней или других выступающих объектов, встречаемых по трассе протягивания.

Такие производственные компании, как: «Группа Полипластик», АО NORDPIPE, трубный завод «Икапласт», казанский завод "Техстрой" выпускают гамму ПНД труб с защитными оболочками («Проект», «POWERPIPE», «PROSAFE»)

Трубы «ПРОТЕКТ», «POWERPIPE», «PROSAFE» представляют собой двухслойную конструкцию, состоящую из напорной трубы пластика низкого давления ПЭ 100, или ПЭ 100 RC по ГОСТ18599-2001, ТУ2248-016-40270293-2002 или ГОСТ Р 50838-2009, ТУ2248-010-73011750-2010 и тонкостенного защитного покрытия, наносимого на трубы соэкструзией.

Цвет защитного покрытия для напорных труб по ГОСТ 18599 – синий, труб по ГОСТ Р 50838 и ТУ 2248-018-40270293 – желтый или оранжевый..

Твердость по Шору D, не менее 63 единиц

Модуль упругости при растяжении, не менее 1400 Мпа.

Полиэтилен получается путём полимеризации газа этилена, которая проходит при повышенной температуре и давлении в присутствии катализаторов. В зависимости от условий реакции различают два основных вида этого пластика:

Полиэтилен высокого давления, он же полиэтилен низкой плотности. Связь между давлением при полимеризации этилена и физическими свойствами материала на выходе обратная: чем выше давление, тем менее плотный (и прочный к механическим воздействиям) материал получается на выходе. Полиэтиленовая труба высокого давления, как бы комично это не звучало, для транспортировки жидкости под большим давлением не предназначена, напорные водопроводы из нее делают; однако стенки трубы приходится изготавливать очень толстыми.

Полиэтилен низкого давления (или высокой плотности) — напротив, более прочен по отношению к любым механическим воздействиям. Труба ПНД (полиэтиленовая труба низкого давления) вопреки своему названию может применяться для магистральных водо- и газопроводов.

Поскольку прочность полиэтилена низкой плотности в 2-3 раза меньше прочности полиэтилена высокой плотности, его применение для напорных труб ограничивается малыми диаметрами и областями применения, требующими высокую гибкость трубок.

На выходе с химического комбината полиэтилен представляет собой полупрозрачные гранулы (рисунок №21), которые начинают размягчаться при 80 С, а при 110- 130 градусах уже плавятся.



Рисунок №21 Полиэтилен в гранулах перед экструзией

Молекулы ПЭ представляют собой длинные разветвленные цепочки. При очень большом давлении и в присутствии катализатора возможен весьма любопытный химический процесс: между длинными молекулами образуется множество поперечных связей. Материал превращается в такую трехмерную сетку с небольшими ячейками.

В результате получается совершенно другой материал с другими физическими свойствами: он делается пластичным лишь при нагреве до 200 С, причем не течет, а становится эластичным наподобие резины. Горит и плавится он при температуре около 400 С, причем при горении на выходе получают воду и углекислый газ.

Первыми полиэтиленом высокой плотности, используемым для производства напорных труб, был линейный гомополимер, высокомолекулярная цепь которого состояла только из молекул этилена. При достаточно высокой кратковременной прочности гомополимер обладал низкой стойкостью к растрескиванию и вследствие изменения характера разрушения, т. е. перехода от пластического к хрупкому, резко снижались прочностные свойства при длительной эксплуатации. Значение MRS,

характеризующее длительную прочность и используемое для расчета рабочего давления трубопроводов, составляло 6,3 Мпа (ПЭ 63).

Стремление увеличить стойкость к растрескиванию и избежать перехода от пластического к хрупкому разрушению в пределах времени эксплуатации привело к созданию полиэтилена второго поколения. За счет введения в процессе синтеза сомономеров (бутен или гексен), образующих на макромолекулах полиэтилена боковые ответвления, удалось резко повысить стойкость полимера к растрескиванию и увеличить значение MRS до 8,0 Мпа (ПЭ 80). Однако при этом снизилась кратковременная прочность, модуль упругости и стойкость к быстрому распространению трещин, что делает невозможным использование этого полиэтилена для производства газопроводных на давление свыше 6 атм.

Сочетание высокой кратковременной прочности и высокой стойкости к растрескиванию удалось получить путем создания, так называемого бимодального полиэтилена – полиэтилена третьего поколения. За счет целенаправленного ведения технологического процесса (чаще всего по двухреакторной схеме) получают две ярко выраженных группы макромолекул – длинно- и короткоцепных. При этом сомономер вводится в высокомолекулярную часть полимера, что обеспечивает высокую стойкость к растрескиванию полиэтилена. Низкомолекулярная часть полимера образует кристаллические области, за счет которых повышается плотность, кратковременная и длительная MRS 10,0 Мпа (ПЭ 100) прочность и возрастает модуль упругости. Полимер обладает высокой стойкостью к быстрому распространению трещин, и по этому показателю нет препятствий для производства труб на рабочее давление до 25 атм для водопроводных.

Таблица 6. Характеристики композиций полиэтилена для изготовления труб

Наименование показателя	Значение показателя для полиэтилена	
	ПЭ 80	ПЭ 100
1 Плотность при 23 °С базовой марки, кг/м ³ , не менее	930	
2 Показатель текучести расплава при 190°С/5кгс, г/10 мин	0,3-7,2	0,1-0,5
3 Разброс показателя текучести расплава в пределах партии. %	± 20	
4 Термостабильность при 200 °С ¹⁾ , мин, более	20	
5 Массовая доля летучих веществ, мг/кг, не более	350	
6 Массовая доля технического углерода (сажи) ²⁾ , %	2,0-2,5	
7 Распределение технического углерода (сажи) или пигмента:	≤ 3 А.1, А.2, А.3 или В /-//	
7.1 класс тип или		
7.2 тип ²⁾ (для сажи)		
8 Стойкость к газовым составляющим при 80 °С (на трубах d_n 32 мм с SDR 11), ч, не менее	При начальном напряжении 2 МПа: 20	
9 Стойкость к быстрому распространению трещин (БРТ) при 0 °С маломасштабным методом S4 (на трубах d_n 110 или 160 мм с SDR 11), критическое давление, МПа, не менее	$\frac{MOP}{2,4} - 0,072$	$\frac{MOP}{2,4} - 0,072$
10 Стойкость к медленному распространению трещин (МРТ) при 80 °С (на трубах d_n 110 или 160 мм с SDR 11), ч, не менее	При начальном напряжении	
	4,0 МПа:	4,6 МПа:
	500	500

Таблица 6. Характеристики композиций полиэтилена для изготовления труб

Наименование показателя	Значение показателя для полиэтилена	
	ПЭ 80	ПЭ 100
11 Атмосферостойкость после облучения энергией $E \geq 3,5 \text{ ГДж/м}^2$ (только для несажевых композиций на трубах d_n 32 или 63 мм с SDR 11)	Стойкость при постоянном внутреннем давлении (1000 ч при 80 °С) при начальном напряжении:	
	4,0 МПа	5,0 МПа
	Относительное удлинение при разрыве $\geq 350 \%$	
	<i>Термостабильность > 20 мин</i>	
12 Свариваемость ⁴⁾ - стойкость к осевому растяжению сварного стыкового соединения (на трубах d_n 110 или 125 мм с SDR 11), тип разрушения	Испытание до разрушения: пластический - удовлетворительно, хрупкий - неудовлетворительно	

Максимальное рабочее давление; MOP, МПа: Максимальное эффективное давление в трубопроводе, допускаемое для постоянной эксплуатации, которое рассчитывают по формуле

$$MOP = \frac{2MRS}{(SDR - 1)C \cdot C_t},$$

где MOP - максимальное рабочее давление, МПа;

SDR - стандартное размерное отношение;

C - коэффициент запаса прочности;

C_t - коэффициент снижения давления в зависимости от рабочей температуры жидкости

Труба из полиэтилена получается методом экструзии. Попросту говоря, размягченный полиэтилен выдавливается через отверстие нужного профиля и застывает, образуя трубу. Она калибруется в еще горячем состоянии вакуумной установкой, становясь в точности нужного размера, сматывается в бухты или нарезается на прямые отрезки и отправляется на склад.

Таблица 7. Характеристики труб, из различных марок полиэтилена

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБ	ПЭ 63	ПЭ 80	ПЭ100
DR (отношение диаметра к толщине стенки)	11	13,6	17
Наружный диаметр, мм	900	900	800
Внутренний диаметр, мм	736,4	767,8	705,2
Толщина стенки, мм	81,8	66,1	47,4
Материалоемкость, кг/м	221,2	162,7	107,5
Возможности изготовления	Изготовление качественных труб практически не возможно	Возможно, но с преодолением ряда технологических проблем	Без проблем

Трубы изготавливают в прямых отрезках, бухтах и на катушках, а трубы диаметром 200 мм и более выпускают только в прямых отрезках. Длина труб в прямых отрезках должна быть от 5 до 24 м с кратностью 0,25 м, предельное отклонение длины от номинальной - ± 1 %. Допускается в партии труб в отрезках наличие до 5 % труб длиной менее 5 м, но не менее 3 м.

Классификация сырья и труб PE 100 RC определяется в спецификации PAS 1075 «Полиэтиленовые трубы для альтернативных способов укладки: размеры, технические требования и испытания». Согласно PAS 1075 (PAS= Publicly Available Specification), которая является дополнением к существующим стандартам и директивам, различают три типа труб RC (Resistance to Crack):

Тип 1: Однослойные трубы с твердыми стенками, сделанные из PE 100 RC

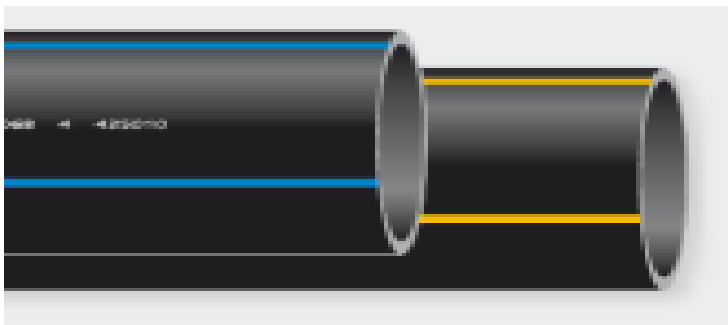


Рисунок №22

Тип 2: Трубы с интегрированным защитным слоем из PE 100 RC (многослойные)



Рисунок №23

Тип 3: Трубы с защитной наружной оболочкой и внутренней трубой из PE 100 RC.



Рисунок №24

Таблица №8. Наружный диаметр и толщины стенок полиэтиленовых труб

Номинальный наружный диаметр напорной трубы, мм	Толщина стенки SDR17, мм	Толщина стенки SDR17, мм	Толщина стенки и SDR13, мм	Толщина стенки SDR11, мм	Толщина стенки SDR9, мм	Толщина стенки SDR7, мм	Толщина защитного покрытия по СТО 73011750-004-2009, мм	
							минимальная, мм	минимальная, мм
63	3.6	3.8	4.7	5.8	7.1	8.6	0.8	1.3
90	5.1	5.4	6.7	8.2	10.1	12.3	0.9	1.3
110	6.3	6.6	8.1	10	12.3	15.1	0.9	1.5
125	7.1	7.4	9.2	11.4	14	17.1	1.0	1.6
140	8	8.3	10.3	12.7	15.7	19.2	1.1	1.6
160	9.1	9.5	11.8	14.6	17.9	21.9	1.1	1.7
200	11.4	11.9	14.7	18.2	22.4	27.4	1.2	1.8
225	12.8	13.4	16.6	20.5	25.2	30.8	1.3	1.9
250	14.2	14.8	18.4	22.7	27.9	34.2	1.4	2.1
280	15.9	16.6	20.6	25.4	31.3	38.3	1.4	2.2
315	17.9	18.7	23.2	28.6	35.2	43.1	1.5	2.3
355	20.1	21.1	26.1	32.2	39.7	48.5	1.6	2.4
400	22.7	23.7	29.4	36.3	44.7	54.7	1.8	2.6
450	25.5	26.7	33.1	40.9	50.3	61.5	1.9	2.8
500	28.3	29.7	36.8	45.4	55.8	68.3	2.0	3.0
560	31.7	33.2	41.2	50.8	62.5		2.2	3.2
630	35.7	37.4	46.3	57.2	70.3		2.5	3.5
710	40.2	42.1	52.2	64.5			3.0	5.0
800	45.3	47.4	58.8	72.6			3.0	5.0
900	51	53.3	66.1	81.7			3.0	5.0
1000	56.6	59.3	73.5	90.8			3.0	5.0
1200	68	71.1	88.2	108.9			3.0	5.0
1400		83.0	102.9				3.0	5.0
1600		94.8	117.5				3.0	5.0

SDR-стандартное размерное отношение: Отношение номинального наружного диаметра трубы к ее номинальной толщине стенки.

$$SDR = \frac{d_n}{e_n}$$

Использование полиэтилена марки RC в качестве материала рабочей трубы позволяет существенно увеличить прочностные параметры трубы. Важной отличительной особенностью RC-полиэтиленов является повышенная сопротивляемость росту трещин (об этом свидетельствует само название материала – Resistance to Crack), концентраторы напряжений не

представляют столь высокой опасности, как в случае с обычными ПЭ трубами.

Защитный слой трубы — наружный слой (полиэтиленовые трубы) в виде тонкостенной оболочки из специальной минералонаполненной термостабильной композиции на основе полипропилена.

Группа Полипластик применяет, для изготовления защитных оболочек полиэтиленовых труб следующие марки минералонаполненных полипропиленов:

Таблица №9. Марки минералонаполненных полипропиленов

наименование параметров	ед. изм.	Армлен ПП СМ 25-1	Армлен ПП СМ 35-1	Армлен ПП ТМ 25-1	Армлен ПП ТМ 30-1	Армлен ПП ТМ 40-1	Армлен ПП ТМ 40-1М
Прочность при растяжении	МПа	32	36	30	33	30	25
Изгибающее напряжение при максимальной нагрузке	МПа	45	51	42	45	45	32
Относительное удлинение при разрыве	%	8	6	22	11	37807	37902
Модуль упругости при изгибе при + 23°С	ГПа	2,9	3,9	2,8	3	3,7	3
Ударная вязкость по Шарпи на образцах с надрезом при +20°С	кДж/м ²	4,2	3,7	4,2	4	3	4
Ударная вязкость по Шарпи на образцах без надреза при +20°С	кДж/м ²	29	23	32	25	20	32
Ударная вязкость по Шарпи на образцах без надреза при - 40°С	кДж/м ²	17	13	13	15	6	15
Температура плавления	°С	162	163	160	162	164	164

Таблица №9. Марки минералонаполненных полипропиленов

наименование параметров	ед. изм.	Армлен ПП СМ 25-1	Армлен ПП СМ 35-1	Армлен ПП ТМ 25-1	Армлен ПП ТМ 30-1	Армлен ПП ТМ 40-1	Армлен ПП ТМ 40-1М
Температура изгиба под нагрузкой, 0,45 МПа	°С	115	121	110	115	125	115
Температура изгиба под нагрузкой, 1,81 МПа	°С	75	95	72	75	75	
Удельное объемное электрическое сопротивление	Ом х см	10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁵
Плотность	г/см ³	1,1	1,19	1,13	1,15	1,24	1,24
Коэффициент линейного термического расширения (10 ⁻⁵), °К ⁻¹ в интервале температур от – 20°С до + 110°С		7	6	7	6	6	6
Показатель текучести расплава, 230°С Р=2,16 кг	г/10 мин	5-14	4-10	6-14	4-10	2-6	3-10
Линейная усадка при литье	%	0,8-1,1	0,5-0,8	0,8-1,1	0,7-1,0	0,4-0,6	0,5-0,7

Минеральные микрочастицы придают покрытию трубы с защитной оболочкой стойкость к процарапыванию (рисунок №25), а также распределяют дополнительные нагрузки прилегающего грунта, вызванные камнями с острыми углами или осколками старых трубопроводов.



Рисунок №25 Характер механических повреждений различных типов ПЭ труб, возникающих при протяжке бестраншейными методами

Бестраншейные технологии подвергают трубопроводы значительным нагрузкам. Степень защиты с защитным слоем по сравнению с обычной (ПЭ трубы для водопровода) без покрытия и соэкструзионной многослойной трубой из ПЭ наиболее высока. Воспринимающая нагрузки работы системы трубопровода рабочая труба не имеет повреждений и готова к работе без снижения рабочих характеристик, поскольку защитное покрытие воспринимает все внешние воздействия (рисунок №26).



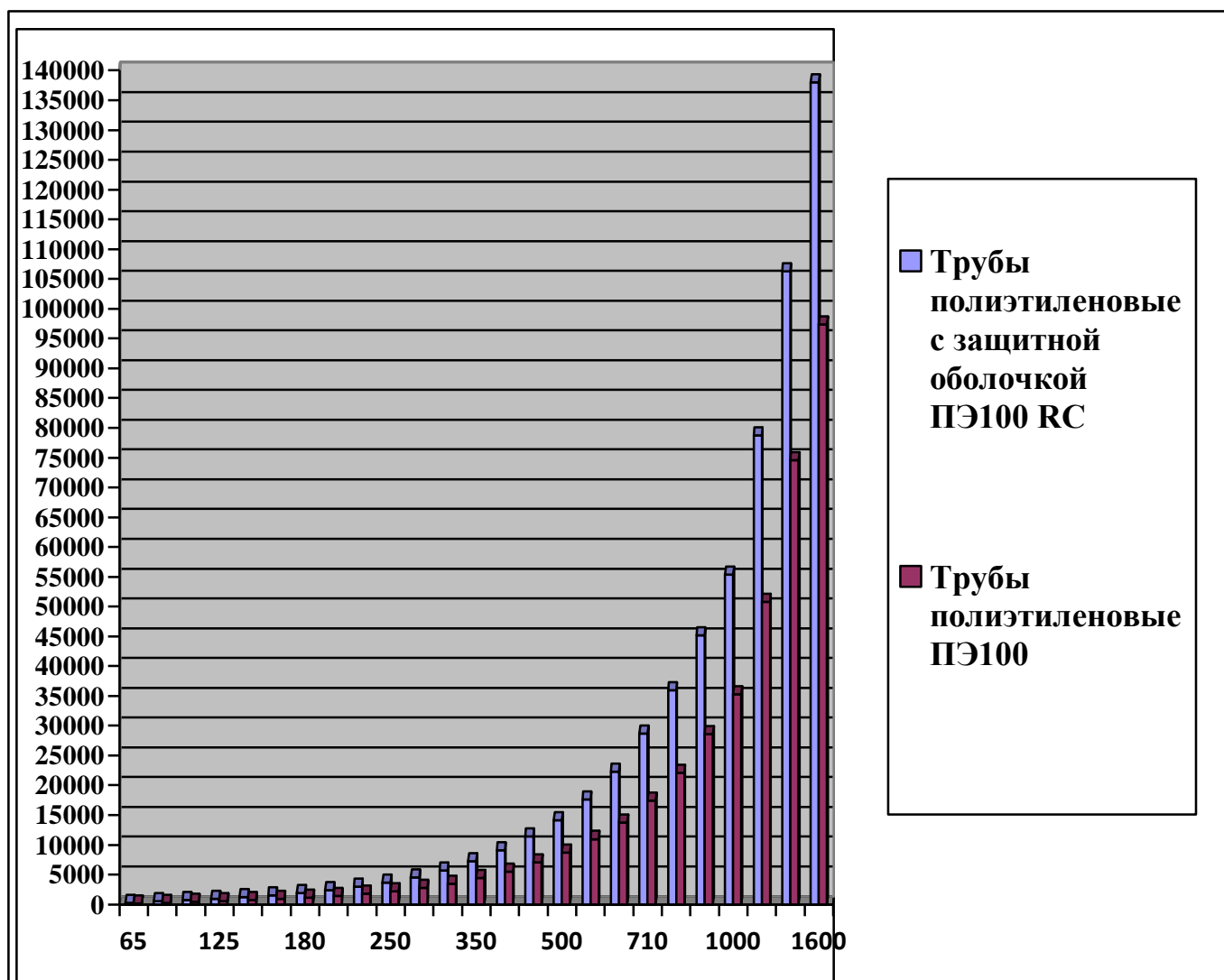
Рисунок №26

1. Полиэтиленовая труба без защитного слоя с повреждениями наружной поверхности

2. Полиэтиленовая труба без защитной оболочки. Итог распространения трещины по наружной поверхности.

3. Полиэтиленовая труба с защитным наружным покрытием: поверхность наружной защитной оболочки имеет повреждения, в то время как, внешняя поверхность основной трубы без повреждений.

Таблица №10 Сравнение цен на полиэтиленовые трубы от производителя «Группа Полипластик» за 1 погонный метр



Не смотря на большую стоимость (от 1,9 до 1,4 раза, снижение разницы цены идёт с увеличением диаметра труб). Экономия происходит за счёт надёжности защитного покрытия, которое защищает основное тело трубы от царапин и выскабливания, тем самым препятствует возникновению трещин. В отличии от обычных труб ПЭ100 без защитного покрытия, требующих повторной прокладки, в случае возникновения царапины и выскабливания, и нуждающихся в повторных материальных вложениях.

3.2 Обобщение опыта испытания трубного полиэтилена в условиях производства.

Труба полиэтиленовая для подачи холодной воды имеет ряд физико-механических характеристик:

К таким характеристикам относятся относительное удлинение при разрыве, граница текучести при растяжении, изменение длины труб после прогрева, стойкость при постоянном внутреннем давлении при 20 °С (100 часов), 80 °С (165 часов) и 80 °С (1000 часов), а также термостабильность труб при 200 °С.



Рисунок №27 Машина для теста на растяжение

Относительное удлинение при разрыве и граница текучести при растяжении являются оценочными характеристиками пластичности трубы, а именно - определяют способность трубы реагировать на повышенные

нагрузки растяжением, а не ломкостью, трещинами, разрывами. Контроль проводится согласно ГОСТ 11262 на пяти образцах-лопатках. Каждый образец закрепляется в разрывной машине (рисунок №27) и растягивается до момента его разрыва. Во время проведения данного испытания измеряют показатель механического напряжения (границу текучести при растяжении), при котором образец начал растягиваться. Согласно ДСТУ Б В.2.7-151:2008 этот показатель должен быть не менее 16 МПа для труб из ПЭ 80 и не менее 21 МПа для труб из ПЭ 100. Также при этом испытании измеряют длину образца после растяжения.

Данный показатель для труб из ПЭ 80 и ПЭ 100 должен составлять не менее 350 % от первоначальной длины образца.

Стойкость при постоянном внутреннем давлении при 20 °С (100 часов), 80 °С (165 часов) и 80 °С (1000 часов) проверяют в соответствии с ГОСТ 24157. Данные испытания проводятся при более высоких внутреннем давлении и температуре чем эксплуатационные (рабочие) показатели. Целью таких испытаний является проверка возможностей трубы держать рабочее давление длительный срок.

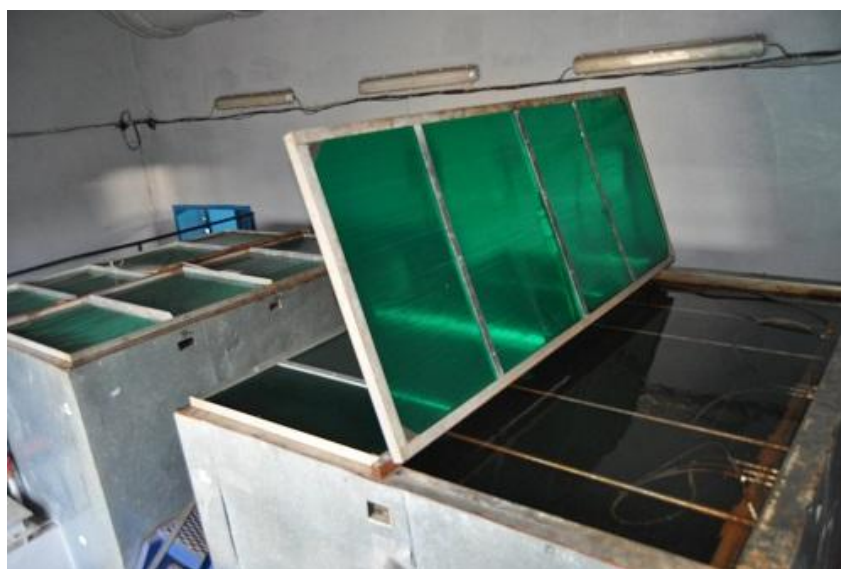


Рисунок №28 Ванны для проверки возможности трубы держать рабочее давление длительный срок

Для испытания (каждое из испытаний проводится на трех образцах, отобранных из одной партии трубы) образцы с одетыми (либо приваренными) на них заглушками размещают в наполненной водой ванной, (рисунок №28) оборудованной установкой для достижения заданного давления и термостатирующим устройством для поддержания заданной температуры. Внутри образцы также заполняют водой. Испытание проводят на протяжении установленного нормативом времени при давлении, которое вызывает соответствующее начальное напряжение в стенке трубы. Отсутствие на образцах трубы, после проведения испытания, трещин или каких-либо других признаков разрушения свидетельствует о том, что испытание прошло успешно.

Чтобы удовлетворить высокие требования PAS, требуется проведение испытаний для получения допуска сырья к производству труб:

- Испытание на растрескивание трубного полиэтилена (тест растрескивания при 80°C и времени испытания не менее 8760 часов),

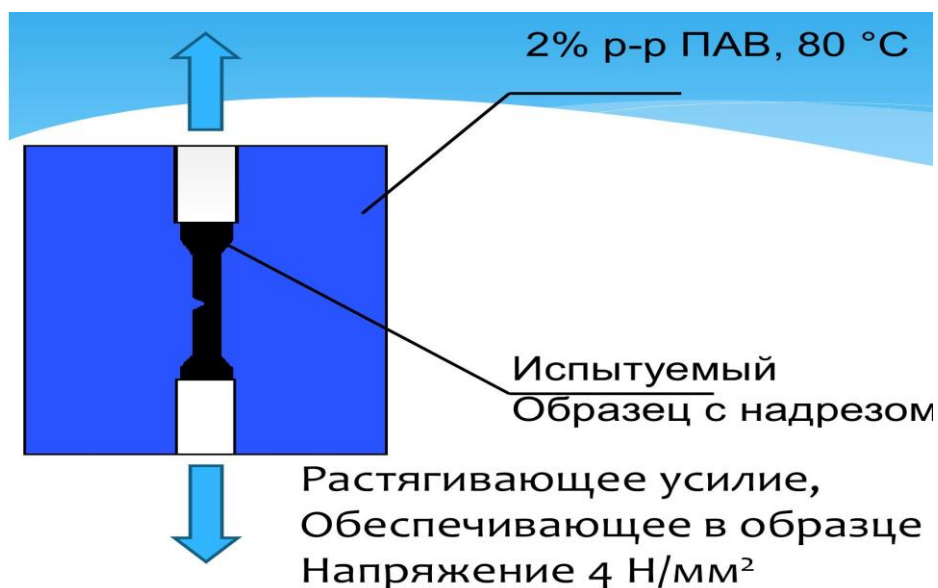
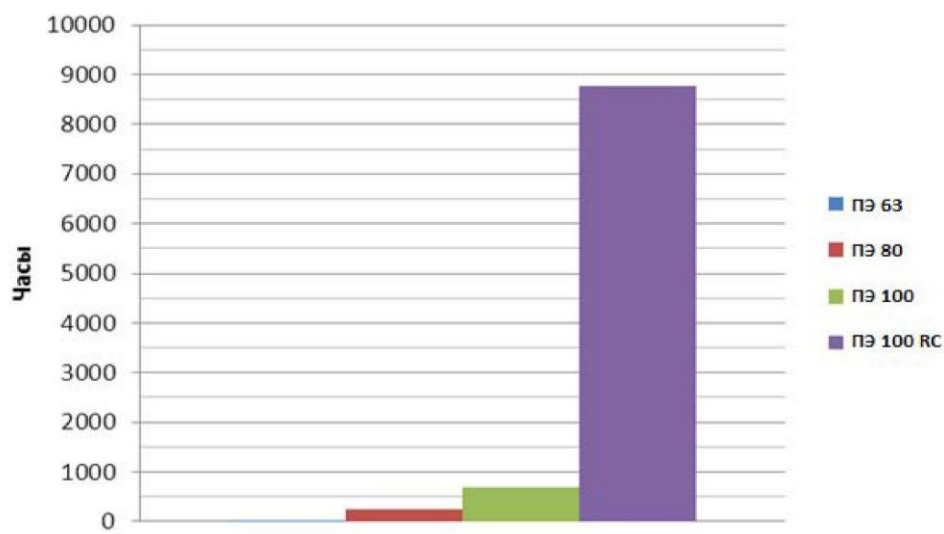


Рисунок №29 Тест растрескивания испытуемого образца с надрезом, в 2-х процентном растворе поверхностно активного вещества при 80°C



ПЭ 100 RC выдерживает испытание на протяжении не менее 8760 часов, что в более чем 10 раз превышает аналогичный показатель для ПЭ 100

- Испытание с точечной нагрузкой трубы со сплошной стенкой (рисунок №30).

Эти испытания должны проводиться в рамках 2NCT (при 80°C и времени испытания не менее 3300 часов).

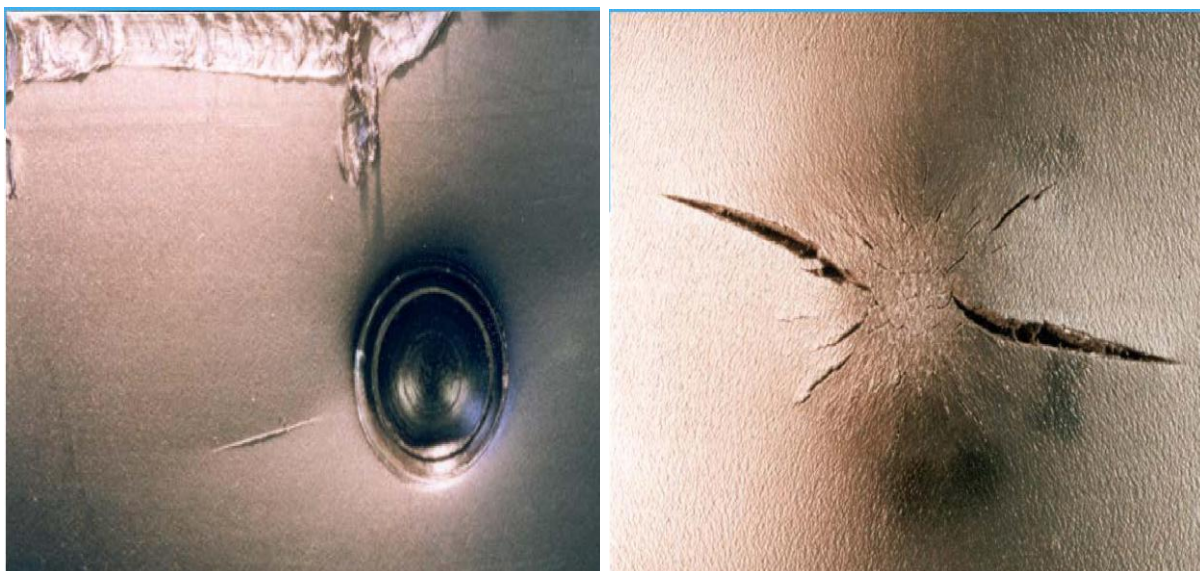


Рисунок №30 Испытание точечной нагрузкой трубы со сплошной стенкой

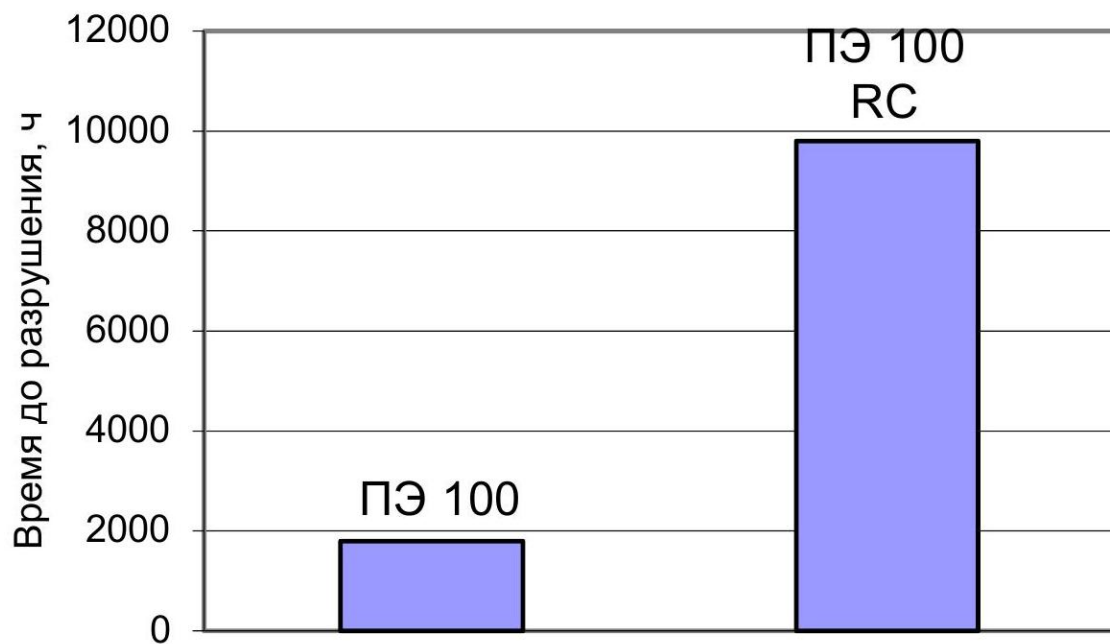


Рисунок №31 ПЭ 100 RC показывает в 5 раз большее время до разрушения, чем ПЭ 100.



Рисунок №32 Лабораторные испытания определения стойкости защитного покрытия к механическим повреждениям методом царапания.

Для проверки стойкости защитного покрытия к механическим повреждениям проводят дополнительные испытания, отбирая пробы в виде отрезков труб ПРОТЕКТ. Испытание проводят на 3 образцах. На образец в продольном направлении при помощи лезвия наносят царапину длиной не

менее 600 мм со скоростью 100 мм/мин и постоянной нагрузкой в зависимости от наружного диаметра испытуемой трубы. Глубина царапины не должна превышать 75 % толщины защитного покрытия.

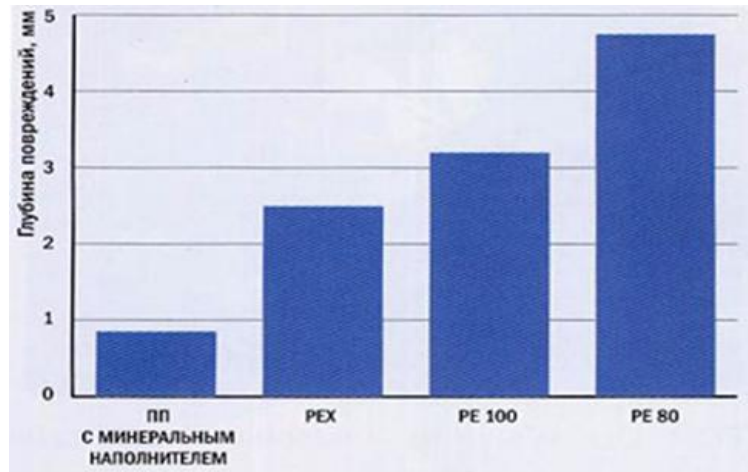


Рисунок №33 Механическая повреждаемость различных материалов труб

3.3 Испытание трубы с защитной оболочкой.

Во время производственной практики (сентябрь 2015 г.) я участвовал в ремонте напорного трубопровода (в промышленной зоне по ул. Вокзальная) и был свидетелем производственного эксперимента по проверке надёжности защитного покрытия полиэтиленовой трубы «ПРОТЕКТ» производственной Группы Полипластик, внутри изношенного трубопровода диаметром 450 мм. Испытания проводились на участке длиной 109 м. Для испытаний были предоставлены 2 образца диаметром 400 мм и длиной 2 м: первый - из ПЭ 100 по ГОСТ 18599-2001, второй - с защитным покрытием по СТО 73011750004-2009 (рисунок №34)



Рисунок №34 Отрезки труб для производственного испытания

Протяжка осуществлялась со скоростью 16 м/мин, принятой для обычного выполнения данного вида восстановительного ремонта. В трубопровод был предварительно запасован трос, к которому были

прикреплены образцы, соединенные между собой посредством гибкого сочленения.



Рисунок №35 Протяжка трубы с защитным покрытием

После протяжки был произведен визуальный осмотр образцов и замеры образовавшихся царапин. На образце № 1 без защитного покрытия были обнаружены царапины глубиной до 2,23 мм и шириной 2-6 мм. (Рисунки № 36-37)



Рисунок №36 Замер ширины царапин после протяжки



Рисунок №37 Замер глубины царапин в стенке трубы после протяжки

Помимо этого, на образце № 1 были обнаружены заусенцы, что свидетельствует не только о продавливании царапин, но и о выскабливании материала стенки трубы (рисунок №38). Подобных дефектов на образце № 2 обнаружено не было.



Рисунок №38 Выскабливание стенки трубы

На образце № 2 были обнаружены царапины глубиной до 1,21 мм и шириной также 2-6 мм. При этом толщина защитного покрытия составляет 2,2 мм. Из рисунка №39 видно, что сама труба осталась неповрежденной, а значит, она сохранила свою полную работоспособность при максимальном допустимом давлении в течение расчетного срока службы.

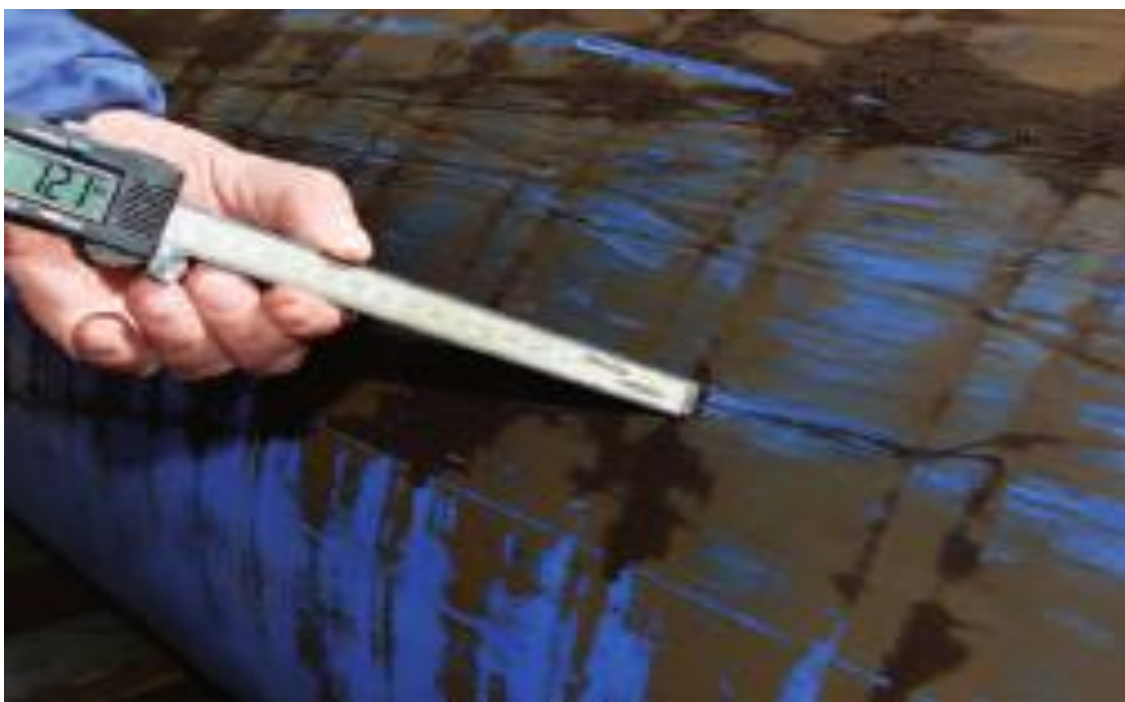


Рисунок №39 Замеры царапин в защитном покрытии

При протаскивании труб «ПРОТЕКТ» через изношенный трубопровод наружная основная часть трубы остается без повреждений, так как защитное покрытие и тело основной трубы не представляют собой единое целое (рисунок №40)



Рисунок №40 Строение полиэтиленовой трубы с защитной оболочкой

3.4 Рекомендации по применению трубы с защитной оболочкой при санации сетей водоснабжения г.о. Тольятти.

По результатам проведённого мной анализа, существующих в настоящее время полиэтиленовых труб и материалов из которых их изготавливают, а также проведенных производственных испытаний видно, что полиэтиленовые трубы с защитной оболочкой подходят в наибольшей степени:

- Для санации в условиях большого города, когда невозможно разрытие траншеи (из-за наличия проезжих частей, строений, зелёных насаждений)
- Когда требуется наиболее быстрое, надёжное и экономически выгодное восстановление изношенного трубопровода
- Когда требуется повышение пропускной способности: в следствии, уменьшения шероховатости внутренней поверхности, а также возможности увеличения диаметра водопроводной сети, (при санации с разрушением изношенной трубы, так-как при разрушении есть большой риск повреждения

поверхности трубы и в дальнейшем распространения трещин в теле трубы и в итоге порыву).

- При санации труб, где есть риск повреждения наружного слоя санирующей трубы (санации без разрушения) при сильном зарастании и большой засорённости ремонтируемой трубы.

Заключение

На основании анализа существующих методов санации и типов защитных покрытий, было выявлено преимущество бестраншейного восстановления трубопроводов с их разрушением и без разрушения. С использованием полиэтиленовых труб ПЭ100RC с защитным покрытием.

Проведение производственного эксперимента показало преимущество наличия защитного покрытия на полиэтиленовых трубах. Оно позволяет вести работы по восстановлению ветхих трубопроводов, без их разрушения, не тратя время на тщательную очистку санируемого трубопровода.

При восстановлении трубопроводов, с их разрушением, существенно снижается вероятность повреждения основного тела трубы острыми частицами, оставшимися после прохождения разрушающей головки.

Механические повреждения принимает на себя наружное покрытие, а внутренняя рабочая поверхность сохраняет первоначальные характеристики и полную работоспособность после протяжки, даже при максимальном рабочем давлении.

Литературные источники:

1. Храменков С. В., Примин О. Г., Орлов В. А. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей / ИИЦ «ТИМР». М., 2000. 180 с.
2. Орлов В.А. / Бестраншейная реконструкция и техническое обслуживание водопроводных и водоотводящих сетей (учебное пособие) // Издательство МГСУ.-1998.
3. Орлов В.А. / Бестраншейная технология обновления и техническое обслуживание водопроводных и водоотводящих сетей // Журнал Строительство и Архитектура, Изд. ВНИИНТПИ Госстроя РФ, Обзорная информация, вып. 1, серия инженерное обеспечение объектов строительства.- 1998.
4. Зоткин С.П., Харькин / В.А. Выбор оптимального метода бестраншейного восстановления безнапорных трубопроводов // Журнал РОБТ, Изд. ТИМР.- 2001.- 4.- с. 30-34
5. Орлов В.А. / Бестраншейная реконструкция самотечных водоотводящих сетей // Журнал Строительство и архитектура, Изд. ВНИИНТПИ Госстроя РФ, Обзорная информация, вып.4, серия инженерное обеспечение объектов строительства.- 2002.- с. 1-80
6. Примин О.Г., Храменков С.В., Орлов В.А. / Опыт бестраншейного восстановления городских водопроводных и водоотводящих сетей //Издательство Прима-Пресс-М, Проекты развития инфраструктуры города, серия Инженерные системы и оптимизация водопользования, выпуск 2. 2002. с. 42-50
7. <http://www.robt.ru/uchebnye-i-nauchnye-stat-i/stati/89-opyt-primeneniya-bestranshejnoj-spiral-no-navivochnoj-tehnologii>
8. <http://linertec.ru/uslugi/vosstanovlenie-truboprovoda-tehnologiya-spectrashield/vosstanovlenie-truboprovoda-metodom-sanatsii-dpt>

9. <http://трубопровод.рф/статьи/все/2014/2/6/системы-санации-безнапорных-коллекторов/>
10. <http://www.davkos.ru/primenyaemye-texnologii/spiralnaya-navivka>
11. http://www.z-nodig.ru/quick_lock/opisanie_tec/canal/
12. <http://roscompipe.ru/service/liner>
13. <http://files.stroyinf.ru/Data1/58/58967/#i652841>
14. Рекомендации совместного совещания Комитета по промышленной политике Совета Федерации, Комитета по науке, образованию, здравоохранению и экологии Совета Федерации, Комитета по экологии Государственной Думы на тему: «О законодательном обеспечении экологической безопасности трубопроводных систем питьевого водоснабжения» от 08.10.2007
15. Федеральный закон РФ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ (в ред. от 05.04.2013)
16. Федеральный закон РФ «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 № 416-ФЗ (в ред. от 07.05.2013)
17. Постановление Правительства РФ от 21.06.2010 № 468 О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства
18. PAS 1075:2009 Pipes made from Polyethylene for alternative installation Techniques – Dimensions, technical requirements and testing
19. DIN EN 12201-2-2011 Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure – Polyethylene (PE) – Part 2: Pipes
20. ISO 16770:2004 Plastics – Determination of environmental stress cracking (ESC) of polyethylene – Full-notch creep test (FNCT)
21. TP 170-05 Технические рекомендации на проектирование и строительство подземных сетей водоотведения из безнапорных

полиэтиленовых труб с двухслойной стенкой. ГУП «НИИМОССТРОЙ». 2005

22. МГСН 6.01-03 (ТСН 40-303-2003) Бестраншейная прокладка коммуникаций с применением микротоннелепроходческих комплексов и реконструкция трубопроводов с применением специального оборудования
23. Постановление Госгортехнадзора России от 02.06.2000 № 29 Об утверждении Правил аттестации и основные требования к лабораториям неразрушающего контроля (ПБ 03-372-00)
24. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. / Бестраншейные методы восстановления трубопроводов // М.: Прима-Пресс-М, 2003. – 285 с. 2.
25. Орлов В.А. / Стратегия восстановления водопроводных и водоотводящих сетей // М.: АСВ, 2001. – 95 с. 3.
26. Орлов В.А., Харькин В.А. / Стратегия и методы восстановления подземных трубопроводов // М.: Стройиздат, 2001. – 95 с. 4.
27. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. / Оптимизация восстановления водоотводящих сетей // М.: Стройиздат, 2002. – 185 с. 5.
28. Гончаренко Д.Ф., Коринько И.В. / Ремонт и восстановление канализационных сетей и сооружений // М.: РУБИКОН, 1999. – 364 с. 6.
29. Удовенко В.Е., Сафронова И.П., Гусева Н.Б. / Полиэтиленовые трубопроводы это просто // Полимергаз, 2003. – 237 с. 7.
30. Рыбаков А.П. / Основы бестраншейных технологий // М.: ПрессБю-ро, 2005. – 304 с. 8.
31. Храменков С.В. / Стратегия модернизации водопроводной сети // М.: Стройиздат, 2005. – 398 с.
32. <http://ctf-svarka.ru/about/publication/polimergaz/protyazhka-polietilenovykh-trub-dlya-rekonstruktsii-podzemnykh-truboprovodov/>

33. http://www.polyplastic.ru/sites/default/files/catalog/protect_pipe_tech_description.pdf
34. Ермолин Ю.А., Алексеев М.И. / О методологии исследования надежности стареющих элементов и систем водопровода и канализации // ВиСТ.- 2002.- № 9.
35. Загорский В.А. / Ремонт самотечных канализационных трубопроводов бестраншейным методом // ВиСТ. -1998 .-№ 9 .- с. 30
36. Мурхазанов Г.Х. / Диагностика технического состояния и оценка остаточного ресурса магистральных трубопроводов // Независимый орган по аттестации национальный институт нефти и газа.- 2005. — 65 с.
37. Отставнов А.А., Харькин В.А. / К выбору участков безнапорных трубопроводов для приоритетного бестраншейного восстановления? // Сантехника, Изд. «Авок-Пресс», 2004, № 5, с. 44-50
38. Отставнов А.А. / Современные материалы и технологии для реализации задач реформы ЖКХ // Сантехника.- 2004. -№ 4. -с. 2-4
39. Орлов Е.В., Саломеев В.П., Круглова И.С. / Оценка остаточного ресурса напорных стальных трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения //
40. Отставнов А.А., Орлов Е.В., Хантаев И.С. / Определение приоритетных участков ремонта систем водоснабжения и водоотведения // ВиСТ.-2007. № 3.-с. 25-29
41. Отставнов А.А., Хантаев И.О., Орлова Е.В. / К выбору труб для бестраншейного устройства трубопроводов, водоснабжения и водоотведения»// Пластические массы. -2007. с.40-43
42. Примин О.Г., Храменков С.В. / Оптимизация восстановления городских водопроводных и водоотводящих сетей // Сборник докладов 6-го Международного конгресса «Вода, экология, технология», Экватек.- 2004.

43. Примин О.Г., Орлов В.А. /Оценка и прогноз технического состояния трубопроводов //ВиСТ.- 2006.-№ 1.- с. 25-28
44. Положение о санации водопроводных и водоотводящих сетей (утверждено НТС ГОССТРОЯ РОССИИ от 16.09.2003 за № 01-НС-15/3) // Прима-Пресс-М.- 2003. -40 с.
45. Сомов М.А., Примин О.Г. / Техничко-экономическое обоснование вариантов обеспечения надежности трубопроводов водопроводной сети // Научно-технический альманах «Проблемы, развития транспортных и инженерных коммуникаций».- 2001. -№ 2-3. -с. 29-36.
46. Храменков С.В., Примин О.Г. / Планирование восстановления трубопроводов городской водопроводной и канализационной сети // РОБТ.- 2004. -№ 4. -с. 35-38
47. Храменков С. В., Примин О.Г., Орлов В.А./Бестраншейные методы восстановления трубопроводов // Прима-Пресс-М. 2002. - 185 с.
48. Храменков С.В., Примин О.Г. / Опыт бестраншейного восстановления водопроводных и водоотводящих сетей г. Москвы // РОБТ, Изд. ТИМР, 2001, № 5, с. 22-28
49. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. / Оптимизация восстановления водоотводящих сетей (монография) // Стройиздат. 2002,- 180 с.
50. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. / Технологии восстановления подземных трубопроводов бестраншейными методами (монография) // АСВ. -2004. 236 с.
51. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. / Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей // ТИМР. - 2000. -с. 179

52. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлова В.А. Опыт бестраншейного восстановления водопроводных и водоотводящих сетей г. Москвы, РОБТ, Изд. ТИМР, 2001, 5, с. 22-28
53. Орлов В.А., Харькин В.А. / Систематизация и анализ патологий водоотводящих сетей, подлежащих восстановлению РОБТ, Изд. ТИМР, 2001, 2, с. 13-25
54. Орлов В.А. Зоткин С.П., Харькин В.А. / Выбор оптимального метода бестраншейного восстановления безнапорных трубопроводов РОБТ, Изд. ТИМР, 2001, 4, с. 30-34
55. Орлов В.А., Харькин В.А. / Стратегия и методы восстановления подземных трубопроводов // Стройиздат.- 2001.- 96 с.
56. Орлов В.А. / Тактика реновации водопроводных и водоотводящих сетей // Журнал Вестник МГСУ.- 2009.- 2.-е. 167-171
57. Орлов В.А. / Защитные покрытия трубопроводов (монография) //Издательство АСВ.- 2009.- 128 с.
58. Орлов В.А. / Гидравлические исследования и расчет напорных трубопроводов, выполненных из различных материалов // Журнал Вестник МГСУ.- 2009.- 1.-с. 177-180
59. Орлов В.А. / Внутренние полимерные покрытия для трубопроводов // Журнал «Строительные материалы».-2009.-2.-с. 57-59
60. Орлов В.А. / Санация трубопроводов путем протягивания полиэтиленовых труб строительство и Архитектура, Изд. ВНИИНТПИ Госстроя РФ, Экспресс-информация, вып. 1, 2005, серия, инженерное обеспечение объектов строительства, 60 с.
61. Отставнов А.А., Харькин В.А., Орлов В.А. / К технико-экономическому обоснованию выбора способа бестраншейной реконструкции ветхих трубопроводов // Сантехника,, Изд. «Авок-Пресс», 2004, № 3, с. 34-36