

«Тольяттинский государственный университет»

(ИНСТИТУТ)

кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(код и наименование направления подготовки)

(наименование профиля магистерской программы)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему **«Особенности методов реновации водопроводов г. о. Тольятти»**

Студент	<u>О.И. Маврина</u>	<u>(личная подпись)</u>
Научный руководитель	<u>В.М. Филенков</u>	<u>(личная подпись)</u>
Консультант	<u>И.А. Лушкин</u>	<u>(личная подпись)</u>

Руководитель программы

к.т.н., доцент В.М. Филенков

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

(личная подпись)

« » 20 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой _____
« » 20 Г.
к.т.н., доцент М.Н. Кучеренко
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

Тольятти 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИЗ И СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫМИ И БЕСТРАНШЕЙНЫМИ МЕТОДАМИ.....	7
1.1 Стальные трубопроводы	7
1.2 Трубопроводы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ)	10
1.3. Асбестоцементные (хризотилцементные) трубопроводы.....	14
1.4. Железобетонные трубопроводы.....	16
1.5. Полиэтиленовые трубопроводы.....	18
1.6. Стеклопластиковые трубопроводы.....	21
Выводы по 1 главе	24
ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕНОВАЦИЙ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ	25
2.1 Отечественный и зарубежный опыт ремонта водопроводных сетей бестраншейными методами	25
2.2 Реновации водопроводов методами внедрения полимерных рукавов (чулков) и гибких полимерных труб различного профиля в существующую сеть	31
2.3 Применение навивочной бестраншейной технологии ремонта ветхих трубопроводов.....	44
2.4 Реновации водопроводов методами протягивания в них полимерных труб (с разрушением и без разрушения старых)	49
Выводы по 2 главе	55

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕНОВАЦИИ	
ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ Г. О. ТОЛЬЯТТИ	56
3.1 Анализ работы эксплуатирующих организаций г. о. Тольятти в области	
реновации водопроводных сетей	56
3.2 Выбор оптимального метода восстановления трубопроводов в условиях	
г. о. Тольятти	65
3.3 Разработка рекомендаций по реновации водопроводных сетей г.о.	
Тольятти.....	77
Выводы по 3 главе	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	83

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы: В настоящее время в городах и населенных пунктах РФ состояние подземных трубопроводов водоснабжения достигло критических уровней: порядка 60% водопроводов находятся в неудовлетворительном состоянии. Около 50% от общей протяженности трубопроводов систем водоснабжения исчерпали свой гарантийный срок службы.

Водопроводы функционально значимые элементы системы, и как показывает практика эксплуатации наиболее уязвимые. С середины прошлого века, в большинстве городов РФ прокладывались напорные водопроводные сети в основном из низколегированной стали без коррозионной защиты, что в настоящий момент привело к значительным дефектам водопроводов.

Предотвратить коррозию и разрушение водопроводной сети возможно лишь путем оперативной реновации сетей. В мировой практике существует множество бестраншейных технологий, которые позволяют помимо ресурсосбережения (посредством ликвидации утечек) достигнуть энергосбережения.

Выходом из существующей ситуации является проведение ремонтно-восстановительных работ на трубопроводах оперативно и своевременно.

Решением данной задачи является глубокое исследование характеристик трубопроводов из различных материалов, используемых для реновации бестраншейными методами, а также подбором наиболее ресурсо и энергосберегающей технологии.

Объект исследования: Реновация водопроводов г.о. Тольятти.

Предмет исследования: Технологии восстановления трубопроводов путём протягивания в них полимерных труб (без разрушения и с разрушением старых).

Цель работы: Выбор оптимальных технологий бестраншейной реновации водопроводной сети.

Задачи работы:

1. Комплексный сопоставительный анализ технических параметров и характеристик труб различных материалов, применяемых в системах водоснабжения при реализации бестраншейных методов реновации;
2. Анализ возможных технологических решений для восстановления водопроводов.
3. Применение одного из методов санации водопровода (на примере участка водопроводной сети в г.о. Тольятти).
4. Разработка рекомендаций по реновации водопроводных сетей г.о. Тольятти.

Методы исследования: Для решения поставленных задач использовались теоретические и экспериментальные методы. Работа по санации водопровода проводилась на действующих сетях г.о. Тольятти.

Научная новизна заключается:

- впервые выполнен анализ различных материалов, используемых при прокладке трубопроводов водоснабжения в г.о. Тольятти;
- в выполнении анализа применяемых технологий реновации водопроводов;
- в разработке рекомендаций по ремонту участков систем водоснабжения в г.о. Тольятти.

Практическая значимость работы состоит в возможности использовать материалы исследования при разработке рекомендаций по реновации водопроводных сетей г. о. Тольятти.

Проведен анализ работы эксплуатирующих организаций г. о. Тольятти в области реновации водопроводных сетей.

Личный вклад автора заключается: в постановке цели и задач диссертационных исследований, проведении исследований, обработке и анализе результатов, подготовке выводов.

На защиту выносятся: Бестраншейный метод восстановления труб путем разрушением старых и протягивания новых, который имеет некоторые преимущества по сравнению с другими: а именно, повышение пропускной способности, за счет увеличения диаметра трубы, у полимерных водопроводов не имеется стыковых соединений, а также при сроке эксплуатации в течение 50-100 лет возможно выдерживание больших нагрузок.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались, обсуждались и получили одобрение на:

— Международная научно–практическая конференция «Новая наука: проблемы и перспективы» (г. Стерлитамак, АМИ, 2016);

— XIX Международная научно-практическая конференция «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии» (г. Пенза, МНИЦ, 2017).

Структура и объём диссертации. Диссертация включает введение, три главы, выводы, список используемых источников из 80 наименований. Общий объём магистерской диссертации составляет: 81 страница, 7 таблиц и 31 рисунок.

1 АНАЛИЗ И СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫМИ И БЕСТРАНШЕЙНЫМИ МЕТОДАМИ

1.1 Стальные трубопроводы

Стальные трубы наиболее распространены при строительстве водопроводных сетей [9, 10]. На данный момент сортамент стальных труб, отпускаемых промышленностью, содержит большой диапазон диаметров 5 – 1420 мм и более), классов прочности, марок стали и толщин стенок. Они имеют высокую прочность, относительно небольшую массу и пластичность [11]. Недостатки стальных труб – подверженность коррозии и зарастанию, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления в ходе эксплуатации, а также образованию сквозных отверстий - свищей [12].

По способу изготовления они подразделяются на сварные и бесшовные. Тем временем сварные трубы изготавливают с продольным и со спиральным швом. Применяются они для трубопроводов, которые эксплуатируются под малым и средним давлением, а бесшовные - для трубопроводов, которые эксплуатируются под высоким давлением. Сварные трубы изготавливаются из разных сталей, которые отличаются механическими свойствами и химическим составом. Используют 2 вида труб для наружных водопроводов: «трубы стальные бесшовные горячедеформированные и трубы стальные электросварные прямошовные».

Технические характеристики к стальным прямошовным электросварным трубам диаметрами 10 – 530 мм с толщинами стенок 10 мм из углеродистой и низколегированной стали устанавливаются по ГОСТ 10705, а к трубам диаметрами 426 – 1620 мм по ГОСТ 10706.

Технические требования стальных бесшовных горячедеформированных труб соответствуют ГОСТ 8732-78. Стандарт выпускает трубы с наружным диаметром 20 – 550 мм и толщиной стенки 2,5 – 16 мм.

Соединительные фитинги разделяются на резьбовые, сварные и фланцевые. Фитинги дают дополнительные гидравлические сопротивления при транспортировании воды, что учитывается при гидравлическом расчете водопроводов.

Резьбовые фитинги свойственные для водогазопроводных стальных труб производят с цилиндрической резьбой.

Сварные соединительные элементы труб (ГОСТ 17374—83 и ГОСТ 17380—2001) используют для монтажа стальных труб на сварке. Сварными элементами считаются: тройники равнопроходные для труб D 40 – 400 мм, крутоизогнутые отводы с углами 45° , 60° , 90° для труб D 40 – 600 мм и переходные для труб $D \times D$ 50x40 – 400x350 мм, переходы $D \times d_y$ 40x20 – 400x150 мм, заглушки D 25 – 500 мм. Сварные соединительные элементы производятся бесшовными из углеродистой стали, которые рассчитаны на P_y 0,1 – 10 МПа. Крутоизогнутые стальные отводы (ГОСТ 17375—2001) делают электросварными, а также горяче- и холоднодеформированными трубами.

Фланцевые соединительные элементы (фланцы) применяются с целью подсоединения труб к оборудованию и с целью установки фланцевой арматуры. Фланцы соединяют с трубами при помощи сварки, развальцовки и разбортовки. Толщина фланцев и число болтовых проходов выбирается в зависимости от $\xi_{>y}$ и P_y . Герметичность фланцевого соединения создается соответствующей прокладкой.

Огромное количество водопроводов и напорной канализации в большей части городов РФ прокладывались из стальных труб, созданных из

более дешевых марок стали, не защищенных от коррозии с внутренней и наружной поверхности. К 1990 году использование стальных труб в России дошло до чрезвычайно большой величины - 24 млн. т. Такое количество превосходило использование стальных труб по всему миру [13].

На данный момент срок эксплуатации этих стальных труб 15-20-летней давности прокладывания исчерпывается и начинается их многочисленный выход из строя. Нужно заметить, что восстановление и реконструкция труб не производилось в востребованном объеме, поэтому скорость старения труб в значительной степени увеличивает объемы работ по их санации [7]. Например, текущие ежегодные объемы восстановления и реконструкции водопроводов и канализации являются лишь 1,5% от суммарной длины трубопроводов, что явно ограничивает их надежную и устойчивую работу [15].

Сформировавшееся в былое время условия директивных органов о предпочтительном применении стальных труб в напорных системах целиком затронуло и канализации [55], у которой напорные трубопроводы на 88,5% выполнены стальными трубами. К примеру, в данный период общая длина трубопроводов напорной канализации населенных пунктов равна 601,43 км.

Обработка и исследование фактических сведений согласно эксплуатации трубопроводов представляют, что в действительности сроки полезной работы напорных канализационных труб крайне различаются с нормативными, которые оцениваются в 20 лет. На практике вычисленные значения сроков работы напорных труб, обеспечивающие необходимый уровень надежности, менее нормативных. Как определено Приминим О.Г., среднее значение наработки на остановку участков напорных труб согласно выполненным статистическим расчетам равняется 12,6 лет [56].

На практике проектирования и расчета напорных трубопроводных систем водоснабжения для стальных труб включается понятие новых и старых [1]. К новым принадлежат трубы, у которых отсутствуют видимые следы коррозии или отложений на стенках водопровода.

1.2 Трубопроводы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ)

Трубопроводы из ВЧШГ считаются своего рода положительной модификацией труб из серого чугуна, впервые появившиеся в России еще в 18 столетии. Данные трубы не обладали внутренними и внешними покрытиями и такими применялись. Согласно своим прочностным признакам трубы из серого чугуна абсолютно удовлетворяли условиям, которые предъявлялись к ним во время строительства и эксплуатации систем подачи и распределения воды почти до середины 20 столетия. Но при обстоятельствах ухудшения экологической ситуации, значительных скачков давлений они претерпевались активной коррозии, приводящей не только к уменьшению срока их работы, но и к быстрому снижению пропускной способности.

Для напорных водопроводов и сетей используют чугунные трубы 2-х видов: трубы, производимые из серого чугуна согласно ГОСТ 9583 технологиями полунепрерывного и центробежного литья поперечным сечением 65 – 1000 мм с раструбными стыковыми соединениями. По ГОСТ 9583-75 для соединения труб применяются смесь асбеста, цемента и воды. Минусом труб, которые выпускаются из серого чугуна, является сравнительно плохое противодействие их динамическим нагрузкам.

За рубежом ключевыми производителями трубопроводов из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом считаются французские, австрийские и китайские производители, которые фактически гарантируют сроки эксплуатации труб до 100 лет [7]. В рамках новейшей технической

политики на Липецком металлургическом заводе было создано серийное производство отечественных труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом [6, 8].

Эти трубы различаются с серым чугуном с пластинчатой формой графита тем, что владеет наиболее значительными прочностными свойствами и высокой коррозионной стойкостью (рисунок 1.1) [8].

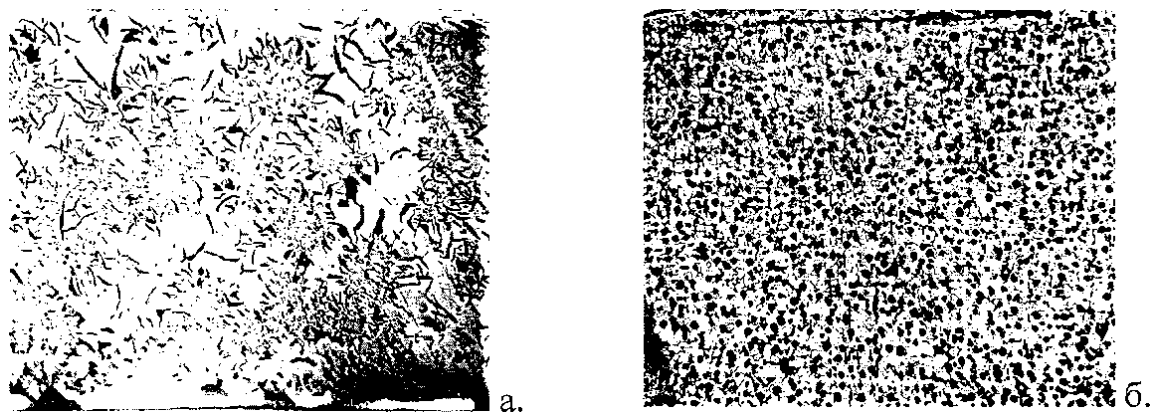


Рисунок 1.1 – Структура серого чугуна (а) и высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (б) (снимок сделан при увеличении шлифа в 100 раз)

Высокие механические качества создаются химическим составом чугуна и высокотемпературным отжигом, и способствует эксплуатировать трубы в переменных нагрузках при просадке, перемещении и движении грунта.

Основные требования к качеству труб, механической прочности и т.д. приняты техническими условиями ТУ 1461-037-502540094-2008, соответствуя рекомендациям международных стандартов. Данные технические условия относятся к чугунным напорным высокопрочным трубам диаметром 100 – 1000 мм с толщинами стенок 6,0 – 13,0 мм. У труб ВЧШГ существуют следующие виды соединений: раструбное соединение «TYTON», представляется стыковым раструбным соединением под

уплотнительные резиновые кольца; раструбное соединение «Ш» – это стыковое раструбное соединение под уплотнительные резиновые кольца с замками и фланцевые соединения.

Первоначальные два соединения гарантируют невозможность рассоединения труб во время прокладки трубопровода с очень пересеченным рельефом местности, на участках, где может произойти осадка грунта. «Наплавленный валик на гладком конце трубы и стопора,двигаемые после стыковки труб в выемку раструба и фиксируемые стопорной проволокой, не допускают нарушить соединение». Второе соединение рекомендовано применять для прокладки труб бестраншейными технологиями.

Фланцевое соединение считается жестким и не позволяет соединенным трубам уклоняться от осевого направления. Конструктивное исполнение фланцев отличается в связи рабочего давления трубопровода.

Внешняя поверхность трубы покрывается слоем битумного лака по ГОСТ 5631-79.

Внутренняя поверхность трубы покрывается слоем цементно-песчаного покрытия (ЦПП), а внешняя – слоем цинка и полимерной оболочкой. Данное распоряжение регламентируется международным стандартом ISO 4179, если трубы используются при бестраншейных методах реновации или строительства трубопроводов [8].

Зарубежная статистика доказывает, что количество аварий у труб из ВЧШГ в 10 раз меньше, чем на трубах из серого чугуна или стали.

Величина коэффициента гидравлического трения и шероховатость труб из ВЧШГ зависят от внутреннего цементно-песчаного покрытия, «режимов течения жидкостей» и плотности.

На рисунке 1.2 представляется внутренняя поверхность труб из серого чугуна и ВЧШГ с цементно-песчаным покрытием, по рыхлости структуры

которых можно считать, что коэффициент гидравлического трения труб из ВЧШГ гораздо ниже, чем у чугунных труб.

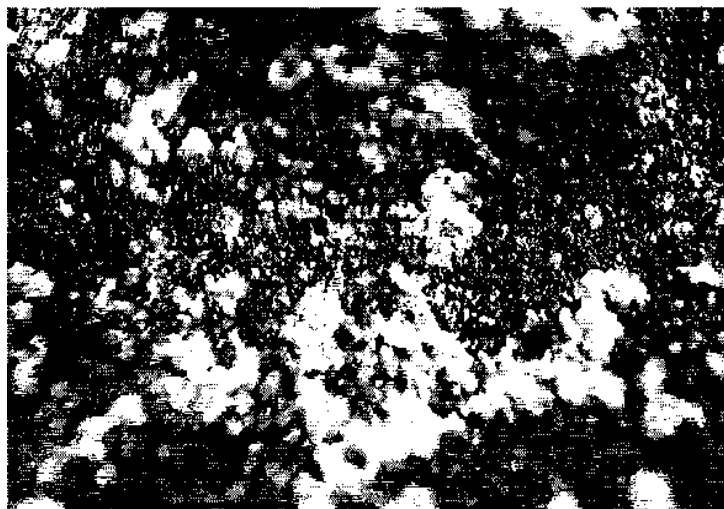


Рисунок 1.2 – Снимок (под увеличением) внутренних поверхностей серого чугуна (а) и ВЧШГ с цементно-песчаным покрытием

Трубы из ВЧ с встроенным или особым пологом раструбом благополучно используются в бестраншейных технологиях санации ветхих трубопроводов посредством протаскивания в них новых труб, в частности из ВЧШГ. Параметры максимальных сил протаскивания определяется видом замковых соединений труб, которые способны выдерживать нагрузки при протяжке, а кроме того обладать наименьшим радиусом поворота и максимальным угловым отклонением труб (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Основные параметры труб из ВЧШГ и технологического процесса (по материалам зарубежного опыта)

Диаметр трубы, м	Максимально допустимая сила протягивания, кН	Максимальное угловое отклонение трубы на соединении, градусы	Длина труб, м	Минимальный радиус поворота (сгибания) трубопровода, м
100	40	3	6,0	115
150	80	3	6,0	115

Диаметр трубы, м	Максимально допустимая сила протягивания, кН	Максимальное угловое отклонение трубы на соединении, градусы	Длина труб, м	Минимальный радиус поворота (сгибания) трубопровода, м
200	110	3	6,0	115
250	160	3	6,0	115
300	200	3	6,0	115
400	300	3	6,0	115
500	460	3	6,0	115
600	700	2	6,0	172
700	800	2	6,0	172
800	950	2	6,0	172
900	1150	2	6,0	190
1000	1340	2	6,0	190

1.3. Асбестоцементные (хризотилцементные) трубопроводы

Асбестоцементные трубы производятся заводским методом из массы, которая представляется собой смесью 75-80% (по массе) портландцемента М 400, 20-25% асбестового волокна и воды (один килограмм асбестоцемента разводят с 4-5 литрами воды). Асбестоцементные трубы обладают малой массой и теплопроводностью, достаточной коррозионной стойкостью и являются диэлектриками. Поддержание в условиях эксплуатации гладкой и некорродирующей поверхности гарантирует постоянную и относительную высокую пропускную способность [19].

Свойственные асбестоцементным трубам плюсы, в том числе низкая стоимость, делают абсолютно подходящим их использование в ряде случаев вровень с металлическими трубами.

Недостаток асбестоцементных труб – низкая сопротивляемость ударам и динамическим нагрузкам. Асбестоцементные трубы слабы. При ударах в материале труб образуются напряжения, иногда превышающие допустимые,

от чего в стенках возникают трещины, которые можно обнаружить только при гидравлических испытаниях.

Асбестоцементные трубы, которые применяются в строительстве наружных систем водоснабжения выпускаются по ГОСТ 539-80 и ГОСТ 11310, 4-х марок с разной толщиной стенок, принимающих всякое внутреннее давление. Они делятся на 4 класса (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Классификация труб

Класс труб	Тип муфт	Величина рабочего давления, МПа
ВТ 6	САМ 6	0,6
ВТ 9	САМ 9	0,9
ВТ 12	САМ 12	1,2
ВТ 15	САМ 15	1,5

Выбор класса труб рассчитывается при проектировании трубопроводов с учетом условий эксплуатации.

По ГОСТу 539-80 трубы бывают диаметром от 50 до 500мм. По пропускной способности они делятся на три типа: 1, 2 и 3.

Первый тип - 100 - 500 мм, длиной 3 - 4 м; второй – 200 - 500 мм, длиной 5 м; третий – 200 - 300 мм, длиной 6 м.

Самый распространенный мокрый процесс изготовления асбестоцементных труб. В процессе изготовления необходимо использовать форматные скалки с рифленой поверхностью с продольной или сетчатой (рис. 1.3) рифление (накатка) отображается на стенках труб, из-за чего повышается их шероховатость.

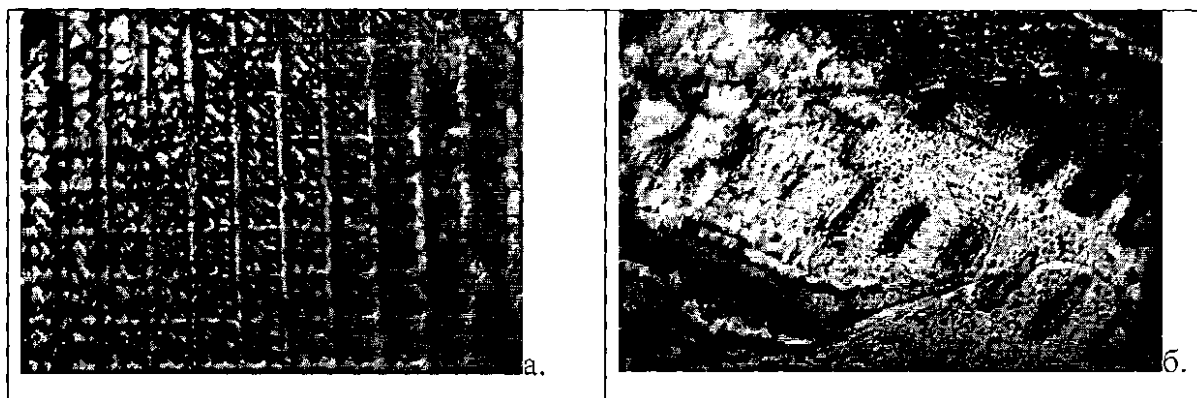


Рисунок 1.3 – Снимок (под увеличением) внутренних поверхностей формируемых труб с сетчатым (а) и продольным (б) рифлением

Исследования показали, что изготовленные трубы на скалках приводят к повышению гидравлического сопротивления. У асбестоцементных труб гидравлическое сопротивление меньше, выпускаемых по современным технологиям до 10% [1].

1.4. Железобетонные трубопроводы

Изготавливают бетонные трубы из затвердевшей смеси специальных марок песка, цемента, щебня, гравия, и воды. При усилении их арматурой они становятся железобетонными, которые имеют большую прочность [14].

Железобетонные трубы (ГОСТ 6482-88) бывают 2-х видов: напорные и безнапорные. По ГОСТ 22000-76 напорные делят по классам в зависимости от $P_{раб}$: Н5 - внутреннее давление $> 0,5$ МПа; Н10 - внутреннее давление $> 1,0$ МПа; Н15 - внутреннее давление $> 1,5$ МПа.

Применение таких ж/б труб уменьшает по сравнению с металлическими расход металла, стоимость трубопроводных коммуникаций и эксплуатационные расходы.

Нашли применение ребристые трубы с полиэтиленовой облицовкой внутри, которая сохраняет бетон от агрессивных действий среды и газовой коррозии [23].

При совместной работе бетона и полиэтилена образуется новый материал, который обладает их свойствами.

Применяют железобетонные трубы повышенной стойкости с добавлением в бетон микроскопического кварца, который придает бетону лучшую непроницаемость, даже в агрессивных средах. Такие ж/б трубы изготавливают специального «V-образного» сечения (рисунок 1.4).

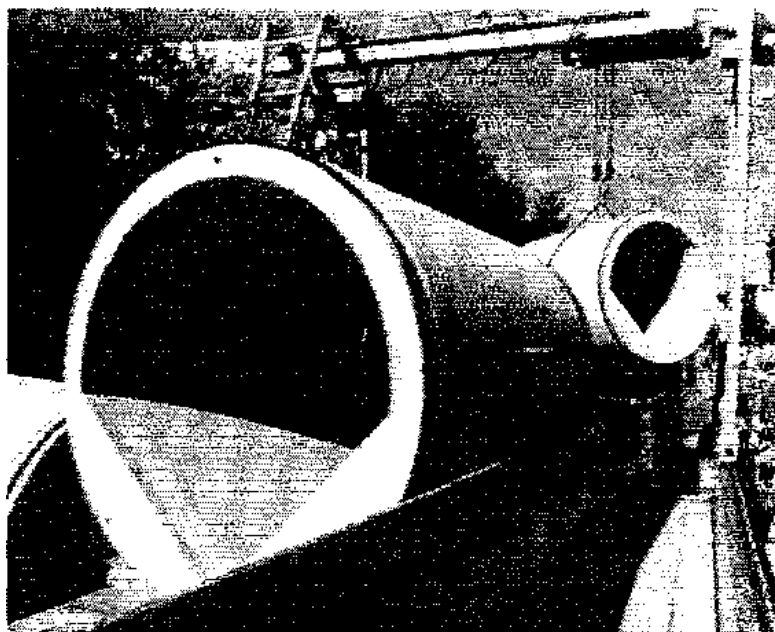


Рисунок 1.4 – Железобетонная труба со специальным профилем для бестраншейной реновации

Технические параметры железобетонных продавливаемых труб указаны в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Отдельные технические параметры железобетонных продавливаемых труб

Внутренний диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, мм	Внешний диаметр трубы, мм	Длина трубы, м	Допустимая сила продавливания, кН	Вес трубы, кг на пог. м
300	124,5	553	2	1000	425
400	127	656	2	1350	530
500	126,5	757	2	1600	635
600	130	862	2	1900	750

Внутренний диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, мм	Внешний диаметр трубы, мм	Длина трубы, м	Допустимая сила продавливания, кН	Вес трубы, кг на пог. м
700	130	965	2	2200	865
800	147,5	1100	3	2800	1120
1000	137,5	1280	3	3300	1280
1000	153	1310	3	3600	1410
1200	145	1494	3	4100	1535
1200	170	1544	3	4900	1855
1400	160	1722	3	5400	2000
1500	170	1842	3	6200	2250
1600	180	1963	3	7000	2550
1800	200	2203	3	8700	3165
2000	200	2403	3	9700	3500
2200	220	2640	3	11500	4180
2200	250	2702	3	13500	4830

1.5. Полиэтиленовые трубопроводы

В нашей стране в последние годы увеличились темпы потребления полиэтиленовых труб на 8-9 % и составляет около 150 тыс. тонн/год.

Такие трубы нашли широкое применение в системах наружного и внутреннего водоснабжения. Кроме этого применяются также трубы из полипропилена, стеклопластика и поливинилхлорида.

Изобрели полиэтилен в начале 30-х годов, а трубы из него начали выпускать середине 40-х годов XX века.

Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов ведут по ГОСТ 18599-2001.

Полиэтилен получают полимеризацией этилена (C_2H_4). Существуют три разновидности продукта:

- наиболее эластичный полиэтилен низкой плотности PE-ld = 0,923 г/см³;
- полиэтилен средней плотности PE-md = 0,938 г/см³;

- самую высокую прочность к механическим нагрузкам имеет полиэтилен высокой плотности = 0,95 г/см³).

Преимущества полиэтиленовых труб: они легче винипластовых на 40% и легче стальных в 10 раз; трубы противостоят химическому воздействию и имеют маленькое водопоглощение; обладают большой эластичностью при высоких и низких температурах; хорошо поддаются механической обработке (отрезка, сверлению, и т. д.); имеют высокую стойкостью к гидроабразивному износу.

На рисунке 1.5 представлен график испытаний на истираемость внутренних поверхностей трубопроводов, которые выполнены из различных материалов (по данным Технологического университета Дармштадта, Германия) [28].

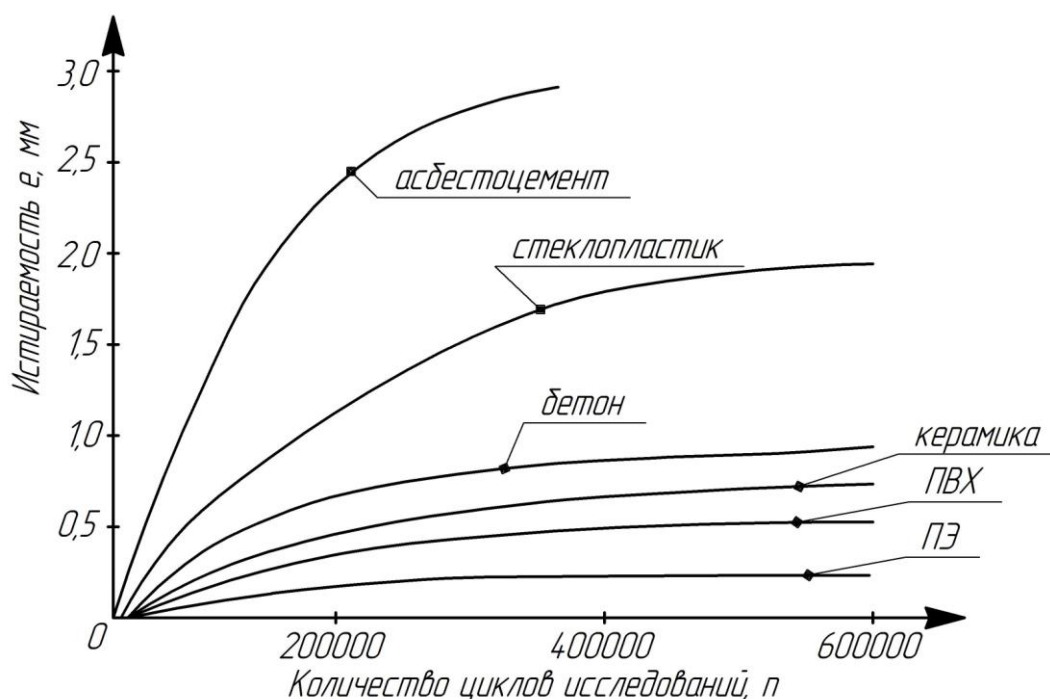


Рисунок 1.5 – График стойкости к гидроабразивному износу различных материалов трубопроводов

Из рисунка 1.5 видно, что полиэтиленовые трубы значительно меньше подвергаются абразивному износу.

Испытание на истираемость выполняют в виде открытого желоба длиной 1 м, который размещают на специальной установке, работающей по типу качелей (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Установка по истиранию трубопровода методом Дармштадта / Киршмера

Недостатки полиэтилена: сильно подвергаются старению от воздействия солнечного света, а также имеют низкую теплостойкость (при нагревании свыше 60°C. Поэтому они прокладываются в траншеях с засыпкой грунта или в коробах; высокая чувствительность к условиям прокладки (для устройства постели нужен специальный мелкий песок без камешков).

Полиэтиленовые трубы в сетях водоснабжения и водоотведения соединяют сваркой или с помощью раструбов с уплотнительными кольцами. Склеивать трубы нельзя.

Полиэтилен в 10 раз более растяжим чем сталь.

При строительстве и реконструкции напорных трубопроводов систем водоснабжения применяют как круглые, так и профилированные (деформированные) полиэтиленовые трубы. К примеру, Compact SlimLiner фирмы «Вавин» (Голландия), (см.табл. 1.4).

Таблица 1.4 – Номинальный диаметр и толщина стенки труб Compact SlimLiner

Номинальный диаметр, мм	Минимальная толщина стенки, мм
75	2,8
100	2,8
150	2,9
200	3,9
250	4,9
300	5,9

Полиэтиленовые трубы применяют при строительстве и реновации трубопроводов путем бестраншейной прокладки, протаскиванием и продавливанием [29].

1.6. Стеклопластиковые трубопроводы

Стеклопластик стали применять в США в 50-х годах, а через 20 лет стали применять повсеместно.

Стеклопластиковые трубы изготавливаются из эпоксидных или полиэфирных смол, которые армированы стекловолокном.

Трубы имеют небольшую теплопроводность, а также хорошие диэлектрические свойства, высокую химическую и коррозионную стойкость и огнестойкость.

Их можно изготавливать многослойными, так например стеклопластик по ТУ 2296-011-26598466-96 состоит из трех слоев:

- внутреннего, обеспечивающего герметичность;

- силового, обеспечивающего механическую;
- внешнего, обеспечивающего защиту от ультрафиолетового облучения, влаги и агрессивной среды.

Поэтому стеклопластиковые трубы применяют для технологии бестраншейного восстановления старых трубопроводов [31, 32].

В таблице 1.5 показаны усилия продавливания стеклопластиковых труб при строительстве.

Таблица 1.5 – Допустимая сила продавливания стеклопластиковых труб

Внешний диаметр мм	Тип соединен	SN 32000, н/м ²		SN 50000, н/м ²		SN 200000, н/м		SN 640000, н/м ²	
		S, Мм	F _{dop} , кН	S, Мм	F _{dop} , кН	S, мм	F _{dop} , кН	S, Мм	F _{dop} , кН
220	S	*	*	*	*	15	105	20	180
401	S	*	*	*	*	24	463	34	739
550	FS	*	*	21	505	33	1006	47	1537
820	FS	25	964	29	1211	49	2410	67	3433
1026	L	34	1585	38	1893	61	3612	*	*
1280	FS	41	2968	47	3545	*	*	*	*
1499	L	48	3476	56	4376	*	*	*	*
2047	XL	65	6549	75	8086	*	*	*	*
2740	XL	86	12278	*	*	*	*	*	*

Примечание: * - не производятся; S - толщина стенки; SN - предельная нагрузка; P_{dop} - допустимая сила продавливания.

Преимущества стеклопластиковых труб: легкий вес, в 4-8 раз легче стальной с трубы; низкая стоимость монтажа; хорошая коррозионная стойкость; высокие гидравлические параметры; отличная способность выдерживать осевые нагрузки (рис. 1.7).

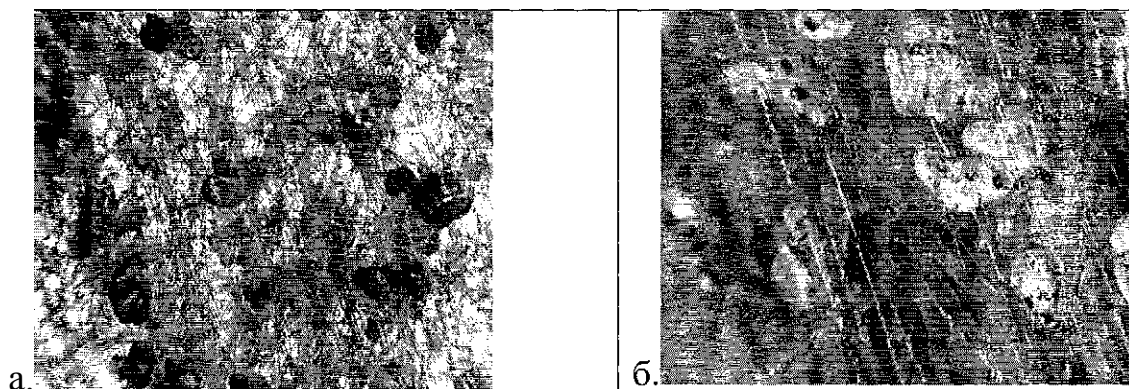


Рисунок – 1.7 Стеклопластиковые трубы (под увеличением) на просвет (а) и внутренней поверхности с кавернами (б)

В России стеклопластиковые трубы получили распространение только в последние годы, поэтому на стеклопластиковые трубы нет национального стандарта РФ.

Стеклопластиковые трубы соединяют тремя способами: раструбно-шиповым с двойным кольцевым уплотнением и стопорным элементом, раструбно-шиповым с двойным кольцевым уплотнением, фланцевым соединением.

Выводы по 1 главе

1. Вследствие анализа литературных источников проанализированы характеристики водопроводов из различных материалов на предмет их использования в системах водоснабжения, в частности: долговечности, строения, шероховатости, усилий протягивания при реализации бестраншейных технологий реновации водопроводов и другие показатели.

2. Вследствие анализа характеристик труб из различных материалов, указанных в главе 1, наиболее оптимальными являются полиэтиленовые и стеклопластиковые трубопроводы.

ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕНОВАЦИЙ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

2.1 Отечественный и зарубежный опыт ремонта водопроводных сетей бестраншейными методами

На основании проведённого анализа установлено, что в практике проведения ремонтно-восстановительных работ можно выделить два подхода к реновации водопроводных систем: при незначительных дефектах труб, когда они воспринимаются как несущая конструкция и с существенными повреждениями, когда они утрачивают несущую способность.

В мировой практике реновации ветхих трубопроводных сетей систем водоснабжения в качестве методов устранения относительно мелких дефектов напорных трубопроводов (при сохраненных живом сечении и несущей способности) следует выделить следующие.

Набрызгиваемые облицовки:

Технология заключается в нанесении на внутреннюю поверхность трубопровода защитных оболочек в виде цементно-песчаных растворов. Выполняется методом центробежного набрызга с разглаживающими устройствами (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Устройство для центробежного набрызга цементно-песчаного раствора

На рис. 2.1 представляется участок водопровода с вырезанным окном доступа, в котором размещается специальное оборудование для центробежного набрызга [2].

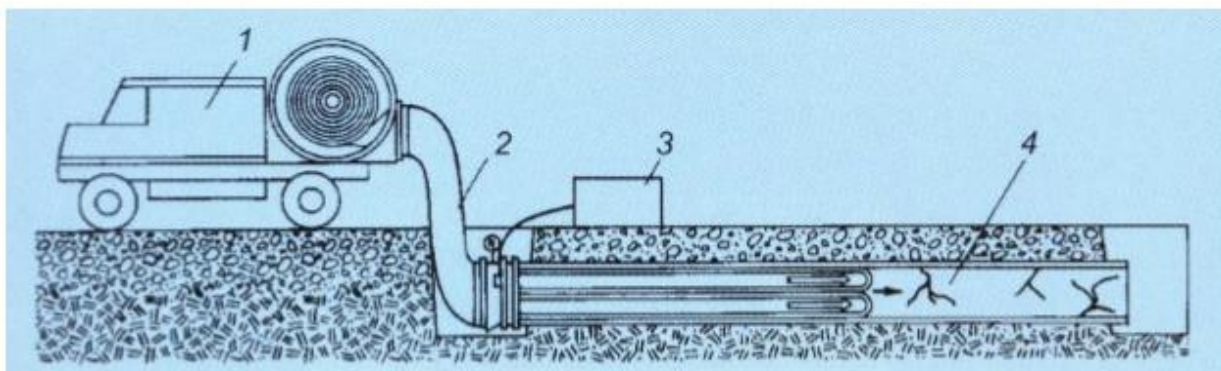
Минимальная толщина такого слоя зависит от диаметра и материала труб, а требуемая – возрастом, физическим износом труб и толщиной их стенок.

Сплошные облицовки:

- нанесение тонкого полимерного рукава, отверждаемого на месте (с помощью пара, ультрафиолетового облучения и т.д.), т.е. с использованием рукавных бестраншейных технологий [3].

Сутью данного метода ремонта трубопроводов является в закреплении у торцов и протаскивании бесшовного полимерного чулка (рукава) в полость водовода на всю длину ремонтируемого участка. Его внутренняя оболочка плотно фиксируется к внутренней поверхности водопровода при помощи

ранее нанесённых клеевых растворов (эпоксидной смолы) и давления воздуха или пара (рис. 2.2).



1 - автомобиль с необходимым оборудованием, 2 - полимерный чулок (рукав), 3 - компрессор, 4 - санируемый трубопровод

Рисунок 2.2 – Схема нанесения внутреннего защитного покрытия

- протягивание в старый трубопровод труб меньшего диаметра плетью:

а) с забутовкой межтрубного пространства (при протягивании круглой трубы);

б) без забутовки межтрубного пространства (при протягивании деформированных труб), т.е. по бестраншейным технологиям саблайн (с U- или С-образным профилем) или свейджлайнинг (протягиванием в старый трубопровод трубы большего диаметра с предварительным ее сужением и последующим распрямлением).

Спирально-навивочные (ленточные) покрытия

- на основе применения бесконечной полимерной ленты, формирующей в старой трубе новую (с заполнением и без заполнения межтрубного пространства) благодаря ребристому профилю с замковым соединением [20].

Местные (ленточные) покрытия

- нанесение на внутреннюю поверхность трубопровода местных (точечных) покрытий бестраншейными методами, например, с помощью бандажных технологий, нагнетания (инъекция) в образовавшееся отверстие или свищ полимерных смол и т.д [43].

В качестве мероприятий по устранению значительных дефектов напорных трубопроводов с поврежденным живым сечением и нарушенной несущей способностью следует выделить следующие методы.

Предварительное разрушение трубопровода путем замены его по трассе новым трубопроводом из подобного или иных материалов с использованием:

- пневмопробойников (пневмомолотов) и протягивания полимерных и других труб в освобождающееся пространство;
- ножей и расширителей (например, лепестковых), резкой труб и т.д.;
- раскатчиками с одновременным протягиванием плети труб;
- аппаратами микротоннелирования с одновременным протягиванием в освобождающееся пространство по трассе плети труб и т.д.

Восстановленные с помощью внутренних защитных покрытий трубопроводы должны быть недоступными для внутренней коррозии. Более того, материал защитных покрытий и арматуры, которые используются при ремонте водопроводов, требует устойчивость к эксфильтрации и инфильтрации, смещению грунтов, действию ультрафиолетового излучения, изменениям температуры, замерзанию, возможности проведения чистки трубопровода без повреждения внутренней поверхности и т.д. [71].

На основании опыта строительства, реконструкции трубопроводов, особенностей эксплуатации подземных сетей водоснабжения, выполненных из различных материалов, сформулированы специальные требования к защитным покрытиям и арматуре для эффективной и надежной работы [35]. К ним в первую очередь относятся: увеличение нормативного срока службы

(50-100 лет), гидравлическая стабильность системы (в том числе гидравлическая совместимость старых и новых участков трубопроводной сети) и обеспечение её прочностных параметров, снижения энергозатрат на подачу воды потребителю.

Выполняя вышеизложенные требования можно констатировать, что на практике выход из строя и нарушение эффективности работы водопроводов являются частым явлением. Не исключается, что периодически появляются проблемы в работе трубопроводных сетей, подвергнутых восстановлению полимерными трубами или рукавами, что может быть вызвано рядом факторов, а именно [49]:

- неправильный выбор материала труб (защитных покрытий) для восстановления ветхих водопроводов. Например, несоответствие необходимого качества трубопроводов требованиям ГОСТ;

- отсутствие обоснований требуемого слоя защитного покрытия и расчетов, которые дают надежную и долговременную работу двухслойных трубопроводных конструкций и отвечают фактическим внешним и внутренним нагрузкам, влияющим на водопровод;

- отсутствие или недостаточное внимание к обеспечению требований гидравлической совместности старых и новых участков, отремонтированных водопроводов из-за значительного уменьшения сечения труб (при протяжке в старый трубопровод новой меньшего диаметра) или необоснованного увеличения сечения (как результат протаскивания в свободное пространство после разрушения старого трубопровода нового с большим диаметром).

- частичного (локального) отслоения защитных оболочек в виде полимерных рукавов, провоцирующих образования складок, что пагубно действует на потокораспределение и гидравлический режим течения жидкости;

- несоблюдение регламентированного принципа производства работ по монтажу и укладке защитных покрытий во время ремонта, и других требований обеспечения условий работы термопласты.

Так же необходимо отметить следующие глобальные аспекты энергосбережения. Анализ специалистов Минэнерго России свидетельствует о том, что потенциал энергосбережения в ЖКХ не превышает 25 % всего потенциала по отраслям хозяйства.

По данным источников ежегодный прирост жилых и производственных площадей за счёт нового строительства составляет примерно 1 % от существующих площадей. Отсюда основной потенциал энергосбережения содержится в эксплуатационной сфере и может быть реализован посредством реконструкции и санации основных фондов.

Если проводить анализ энергосбережения в целом по ЖКХ РФ, то он представляется в виде некой иерархической системы, где водопроводные сети относятся к подсистеме с условным названием «управления энергосбережением на уровне потребления энергии в процессе эксплуатации водопроводных сетей», потенциал которой может составить, по ориентировочным прогнозам, специалистов порядка 10 %. Реализация потенциала энергосбережения в данной подсистеме связана с применением новых видов внутренних защитных покрытий для восстановления старых водопроводов.

Для обеспечения сохранности воды и уменьшения затрат на электроэнергию при её транспортировке водопроводная сеть должна удовлетворять требованиям [63]:

- достаточная степень надёжности для бесперебойной подачи воды потребителям;
- высокая коррозионная стойкость к воздействию воды и долговечность за счёт качественных характеристик, применяемых для ремонта материалов;

- герметичность и минимальные потери напора при транспортировке воды.

Кроме того, водопроводная сеть должна быть запроектирована экономично, т.е. обеспечивать наименьшую величину приведённых затрат на её строительство и эксплуатацию, а в последующем на санацию и модернизацию. Выполнение этих требований в большой степени зависит от правильного выбора материалов и диаметров сети [39].

2.2 Реновации водопроводов методами внедрения полимерных рукавов (чулков) и гибких полимерных труб различного профиля в существующую сеть

Сущность рукавных технологий реконструкции трубопроводов состоит в обновлении и укреплении внутренней поверхности водопровода рукавом (чулком). Изготавливается такой рукав из полимерного материала армированного полиэфирными и нейлоновыми нитями. Процесс восстановления водовода начинается с закрепления у торцов старой трубы бесшовного полимерного рукава. Затем его протягивают в полость трубы на всю длину saniруемого участка и плотно фиксируется на внутренней поверхности старого водопровода, при помощи прежде нанесенных клеевых растворов под действием давления воздуха или пара [22]. Термообработка внутренней поверхности трубы приводит к быстрому затвердеванию клеевых растворов.

Полимерный рукав изготавливают из полиэстера, полиэтилена и др. материалов, обеспечивающие механическую прочность и герметичность ремонтируемого водопровода. Метод протягивания полимерного рукава осуществляется на различной глубине сетей и не зависит от вида грунтов, которые окружают водопровод [40]. Технология продуктивна при видах повреждений таких, как трещины, абразивный износ, свищи. Если

повреждения серьезные (раскрытые стыки, смещение труб в стыках) осуществляется предварительная подготовка, предоставляющая соосность труб в местах дефектов. Применяются такие методы нанесения сплошного полимерного покрытия для стальных, чугунных и железобетонных труб диаметром 150–1200 мм.

Полимерный рукав толщиной 2 мм или 3-5 мм можно сравнить с аналогичными новыми стальными или чугунными водопровода [69].

Внутренняя сторона полимерного рукава гладкая и не подвержена электрохимической коррозии. Она обладает низким гидравлическим сопротивлением, вследствие чего на ремонтируемом участке улучшаются гидравлические условия течения жидкости по сравнению со старой трубой. Более того, сформированная поверхность очень стойкая к истиранию, в сравнении со стальными трубами. Расчетный срок службы данной трубы составляет более 50 лет [54].

Протаскивание деформированных полимерных труб и защитных оболочек внутрь восстанавливаемого водопровода

Нанесение оболочек в виде деформированных (профилированных, сплюснутых) полимерных труб обеспечивает герметичность стенок и высокую сопротивляемость динамическим нагрузкам. Введение в водопровод и закрепление в нём защитной оболочки выполняется двумя способами [36].

Первый способ: протягивание бесшовной пластиковой деформированной трубы. Поперечное сечение у такой трубы – U-образная форма. Профилированный трубопровод протаскивается на всю протяженность ремонтируемого участка. Затем под давлением горячей воды или водяного пара труба прижимается к внутренней стенке водопровода и принимает круглую форму (рис. 2.3).

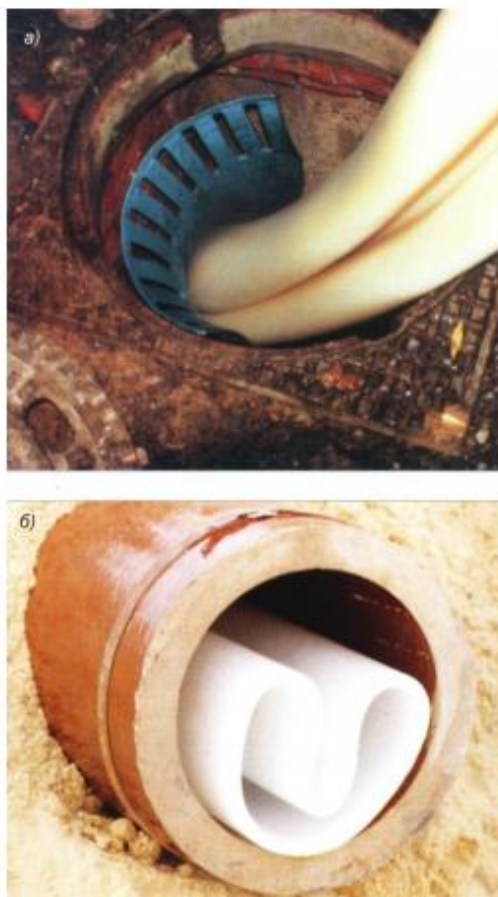


Рисунок 2.3 – Фрагменты деформированной трубы в колодеце (а) и
расположение в трубопроводе (б)

При помощи такой технологии и её модификации отремонтировано более 800 км водопроводов в различных странах мира. Преимуществом технологии является то, что реновация производится тонкими полиэтиленовыми трубами, позволяющими восстановить сети почти без уменьшения проходного сечения водопроводов.

Технология «U-liner» применяется для бестраншейного восстановления трубопроводов систем водоснабжения, изготовленных из таких материалов, как чугун, сталь, бетон, керамика и асбестоцемент. Изменение формы обычных круглых полиэтиленовых труб до U-образного состояния производится, как в заводских условиях, так и на строительной площадке пропуская трубу через специальную формовочную машину [68]. При

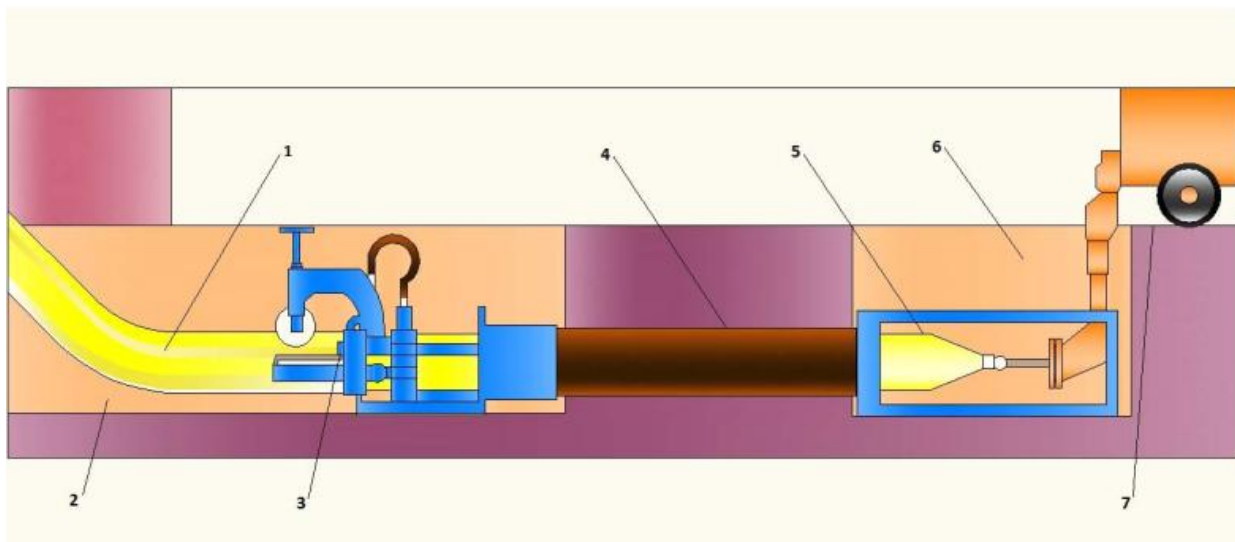
этом труба приобретает U-образную форму, а поперечное сечение ее уменьшается на 35%.

Восстановление первоначальной формы профилированной U-образной трубы происходит путём подачи в неё паро-воздушной смеси под давлением 0,1-0,3 МПа с температурой 105 °С. Распрямление трубы происходит без образования межтрубного пространства (кольцевого зазора). При этом обеспечивается её плотное прилегание к внутренней поверхности старого водопровода и незначительное уменьшение его диаметра. Старые трубопроводы используются как направляющие каркасы и служат дополнительной защитой (футляром).

Следует отметить, что минимальная поверхностная шероховатость U-лайнера положительно сказывается на характере течения (текучести) рабочей среды.

Говоря о положительных моментах, связанных с применением таких технологий как «U-liner» необходимо отметить некоторые негативные стороны процесса. Так при малых толщинах стенок полимерного трубопровода может произойти нарушение двухслойной конструкции. Это может выражаться в локальном отслоении внутренней трубы от наружной, что влечет к некоторому нарушению гидравлического режима течения воды за счёт появления местных сопротивлений [65]. Причинами отслоения тонкостенных труб могут быть следующие обстоятельства: некоторая первоначальная или приобретённая недопустимая деформация ветхих труб, которая не позволяет плотно прижать новую профилированную трубу к старой; возможно появление вакуума при опорожнении водопровода; усадка полиэтиленовой трубы при влиянии на нее хлора, присутствовавший в воде в целях ее обеззараживания и т.д. Перечисленные обстоятельства не умаляют достоинств полимерных труб, а лишь подразумевают качественное выполнение проектных и ремонтно-строительных работ.

Второй способ: введение в старый трубопровод прежде сжатого по всему сечению (деформированного) новой полимерной трубы, которая имеет «термическую память» приобретения первоначальной формы с течением времени (технология Swagelining) (рис. 2.4) [59].



1 - полимерная труба, подлежащая термомеханическому сжатию, 2 -стартовый колодец, 3 - устройство для протягивания трубопровода с топочной камерой и сужающей матрицей, 4 - участок восстанавливаемого трубопровода, 5 - деформированный полимерный трубопровод, 6 - финишный колодец, 7 - площадка для установки оборудования для реализации процесса

Рисунок 2.4 – Общая схема технологии протягивания по методу Swagelining

Реконструкция по данной технологии осуществляется путем сварки друг с другом частей полиэтиленовых труб и протяжки их через специальную сужающую матрицу с диаметром менее, чем диаметр полимерного трубопровода. Затем плетть протягивают в старую трубу при помощи троса и лебёдки (рис. 2.5).

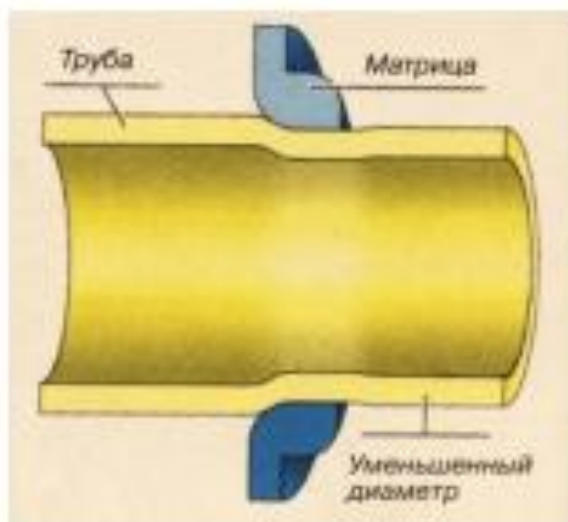


Рисунок 2.5 – Пропуск полимерной трубы через матрицу

Перед топочной камерой относящиеся к сжатию трубы присоединяются сваркой встык, таким образом образуется плеть из труб. Выходя из топочной камеры через матрицу, полимерный трубопровод не вытягивается. Далее сжатая полимерная труба протаскивается при помощи лебедки или механизма с гидравлическим управлением натяжения в ремонтируемый трубопровод. Применяемая сила протаскивания всегда контролируется и не превышает усилий для труб типа, например ПНД [58]. Напряжение уменьшается, когда протягиваемая плеть трубопроводов доходит до финишного колодца. После начинается процесс расширения.

В течение времени сжатая труба выпрямляется до естественного состояния и прилегает к внутренней поверхности ремонтируемого водопровода (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Новая ПЭ труба в старой, после принятия первоначальной формы

Полимерная труба увеличивается до приобретения величины внутреннего диаметра существующего водопровода и не образует плотного соединения с его стенкой. При этом нет необходимости в применении цементного раствора или иных отвердителей.

Технология Swagelining дает возможность санировать водопроводы диаметром от 100 до 1200 мм при значительной длине ремонтного участка. Реконструкция старых трубопроводов выполняется рядом захваток длиной до 300 м с применением стартового и финишного котлованов.

Преимуществом технологии Swagelining является допустимость получения широкого диапазона внутренних диаметров на ремонтируемом участке водопровода. Задачами строителей, которые осуществляют санацию трубопроводных сетей по данной технологии, входит нахождение степени термомеханического сжатия полимерной трубы [37]. С одной стороны, нужно достигнуть сужения сечения трубы до диаметра, который позволяет беспрепятственно и с малыми усилиями на лебедке протаскивать плетъ трубопроводов, а с другой – не сильно зауживать диаметр, так как это приводит к нарушению диапазона необходимых параметров работы установки по термомеханическому сжатию.

Одним из конкурентов полимерных рукавов являются полимерные трубы, которые с помощью бестраншейных технологий протягиваются внутри старого трубопровода. Метод реновации старых трубопроводов новыми из полимерных труб, протягиваемых внутри старого, является на сегодняшний день одним из наиболее перспективных (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Иллюстрация метода протягивания нового полимерного трубопровода в старый

Положительной стороной этого метода является то, что он имеет множество модификаций (например, U-образный и С-образный профили), позволяя до минимума уменьшать живое (проходное) сечение восстанавливаемого трубопровода при одновременном снижении величины коэффициента гидравлического трения « λ » и, соответственно, коэффициента удельного сопротивления « A ».

Среди конкурирующих технологий, позволяющих обеспечить потенциал энергосбережения, прежде всего, следует отметить методы «Swagelining», заключающийся в протягивание предварительно сжатой по всему сечению трубы без её удлинения с последующим распрямлением в

старом трубопроводе, и «U-liner» путём протягивания деформированной U-образной трубы в старый трубопровод.

Протаскивание сплошных защитных покрытий из различных полимерных материалов

На ремонтируемые водопроводы наносят защитные покрытия: мембраны, рукава, оболочки. Они обеспечивают герметичность стенок и высокую сопротивляемость динамическим нагрузкам.

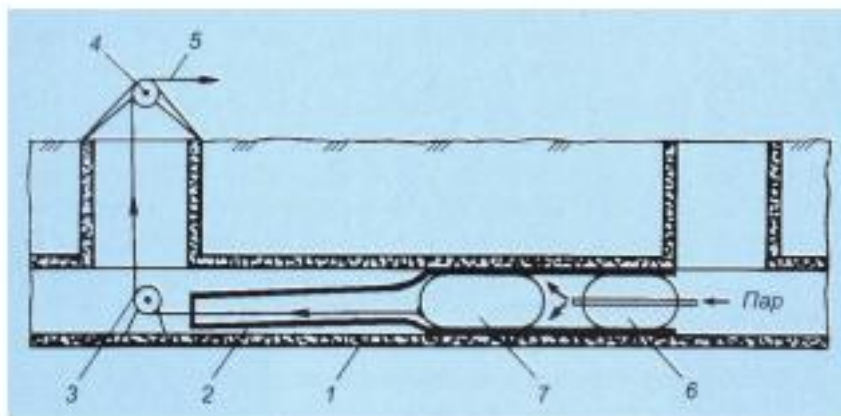
Санацию трубопроводов таким методом можно проводить двумя способами:

- протаскивается покрытие на всю длину участка, прижимается специальным баллоном и под давлением подается горячий воздух или водяной пар (рис. 2.8);

- поэтапно вводится на участок скрученная оболочка – чулок (лайнер), прижимается к внутренней стенке давлением жидкости (рис. 2.9) [47].

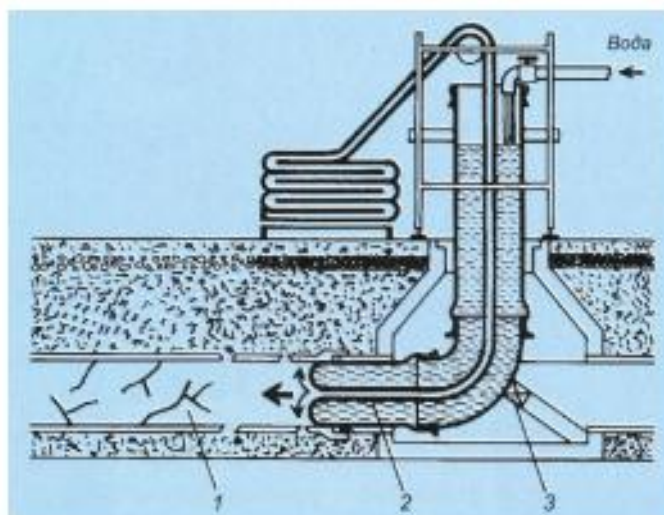
В итоге процесса полимеризации защитная оболочка затвердевает, затем из водопровода устраняются все устройства и жидкость. Коммуникации сдаются в эксплуатацию только через несколько суток после производства описанных работ. Настоящий метод широко применяется западноевропейскими фирмами, такими как: Le Joint Interne, Entrepouse T. P., Cоса и т.д.

Технология нанесения рукавов Феникс (Phoenix) – одна из эффективных методов ремонта внутренней поверхности старых трубопроводов сетей водоснабжения.



1 - восстанавливаемый участок трубопровода, 2 - защитное покрытие, 3 - направляющий ролик, 4 - лебедка, 5 - трос, 6 - емкость с горячим воздухом (паром), 7 - специальный груз

Рисунок 2.8 – Схема нанесения внутреннего защитного покрытия из гибких пластических материалов



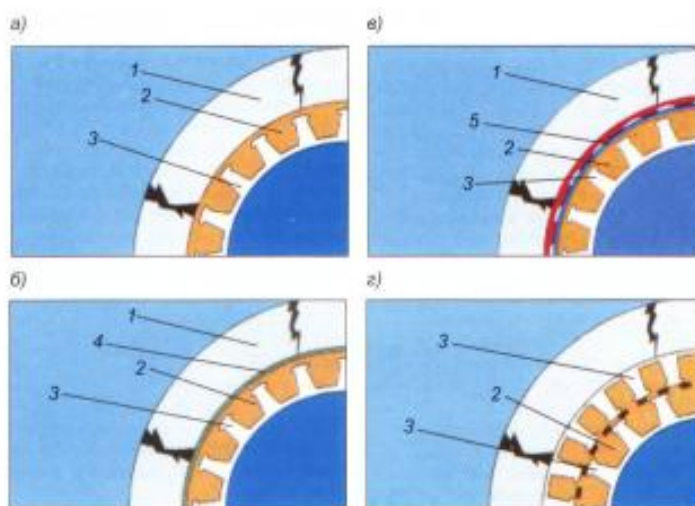
1 - восстанавливаемый трубопровод 2 - защитное покрытие в виде выворачивающегося наружу чулка, 3 - направляющие ролики

Рисунок 2.9 – Схема нанесения внутреннего защитного покрытия

Использование гибких элементов из листового материала с зубчатой скрепляющей структурой

Технология заключается в протяжке через ремонтный участок трубы высокопрочных и гибких полиэтиленовых заготовок, которые соединяются внутри трубы при помощи экструзионной сварки [52]. Для плотной

фиксации облицовки к трубе между облицовкой и стенкой трубы вводится цементирующий раствор, а в трубопровод подается вода, которая выпрямляет и прижимает облицовку к стенкам (рис. 2.10).



а) базисная система установки (с одной зубчатой секцией и заполнением пустот между внутренней поверхностью трубы и зубчатыми элементами), б) то же с использованием промежуточного защитного слоя, в) то же с использованием дополнительного упругого элемента вокруг зубчатой секции, г) система установки с двумя зубчатыми секциями; 1 - повреждённая труба, 2 - инжектор фирмы Trolining, 3 - зубчатая секция, 4 - защитный слой, 5 - упругий элемент

Рисунок 2.10 – Схема установки листовых полимерных зубчатых секций по технологии Trolining

Использование гибкого комбинированного рукава (чулка)

Сутью метода ремонта является образование внутри восстанавливаемого участка водопровода нового композитного тонкостенного трубопровода, который обладает достаточной самостоятельной несущей способностью при незначительном уменьшении диаметра существующего водопровода [48].

Для осуществления технологии внутрь ветхого водопровода через смотровые колодцы опускают комбинированный рукав. Такой рукав пропитан термореактивным связующим с армирующим материалом

(синтетический войлок, стеклоткань). Потом в оболочку рукава под давлением подают теплоноситель (горячая вода, пар), расправляющий рукав, прижимающий его к внутренней поверхности водопровода и полимеризующий связующее, создавая новый композитный трубопровод.

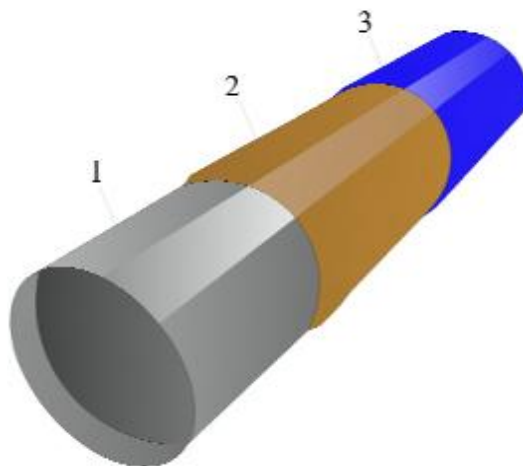
Выворот и продвижение комбинированного рукава в водопроводе осуществляется с помощью троса, давлением среды, или совместным применением обоих способов.

Основные преимущества данной технологии:

- простота;
- доступность метода и оборудования для ее совершения;
- высокое качество и долговечность защитного покрытия;
- восстановление изношенных труб (разного материала) [26].

При помощи такого рукава возможно восстановление круглых, овальных и специальных профилей труб.

Как пример один из видов мягких комбинированных рукавов (шлангов) представляется на рисунке 2.11.



1 - внутренний слой на основе полиэтилена; 2 - средний слой из бесшовной арамидной ткани для восприятия внутреннего давления и усилий протягивания, 3 - внешний слой устойчивый к истиранию из полиэтилена

Рисунок 2.11 – Строение многослойного рукава

Подобные комбинированные рукава протаскиваются в восстанавливаемый трубопровод в сжатом состоянии, прижимаясь к внутренней стенке трубопровода под давлением транспортируемой рабочей среды. Если в восстановленном трубопроводе образуется вакуум, например, при опорожнении участков сети, то происходит сужение рукавов. Эффект сужения не влияет на последующую работу трубопровода, так как под напором транспортируемой среды снова будет наблюдаться эффект плотного прижатия рукава к стенке трубопровода [38]. При этом необходимо отметить, что гидравлические показатели трубопровода остаются неизменными и сопоставимыми с показателями, характерными для полиэтиленовых труб, так как внутренний слой выполнен из полимерного материала (см. рис. 2.11).

Точечные (местные) защитные покрытия

Данный вид покрытий типичен для устранения одиночных (точечных) сквозных, периферийных трещин, которые вызваны подвижностью грунта, а также коррозии.

Покрытия для местного восстановления также используются как герметичные соединения отдельных труб при выполнении разных методов бестраншейной санации сетей [52].

Местные повреждения развиваются очень быстро и порождают к несвоевременному выходу трубопроводов из строя. Данные статистики отражают, что данного рода повреждения составляют около 10 % длины водопровода.

Перед реализацией какого-либо из вышеперечисленных технологий санации существующих сетей и сооружений систем водоснабжения прокладывается временный наружный водопровод. Кроме этого, обводные трубы должны устраивать определенным требованиям, которые изложены в технических условиях по производству ремонтных работ, а именно: быстро монтируемые и демонтируемые, и обеспечивающие соответствующие

санитарно-гигиенические нормы транспортируемой воды [41]. Главным обстоятельством представляется адаптация обводных водопроводов к стандартным фитингам, контрольно-регулирующим и запорным арматурам.

Анализ возможностей разных технологий бестраншейного ремонта напорных и безнапорных сетей показывает, что нету универсального способа к их восстановлению или замене. Каждая из предложенных технологий ограничена соответствующими границами применения, удовлетворяющие существующими техническим условиям на разных объектах, а также материальными и иными возможностями организаций, которые эксплуатируют сети водоснабжения [42].

Абсолютное преимущество применения бестраншейных технологий восстановления может быть отдано только в тех случаях, когда нуждающиеся в ремонте инженерные сети находятся ниже остальных городских подземных сооружений и раскопки их станут серьезными проблемами.

2.3 Применение навивочной бестраншейной технологии ремонта ветхих трубопроводов

Для ремонта безнапорных трубопроводов применяются методы Ribloc и Expanda-Pipe. Методы позволяют покрывать внутреннюю поверхность трубопроводов ПВХ (поливинилхлоридной) лентой. Для этой цели в колодце устанавливают специальный станок, выполняющий некоторые функции: навивку бесконечной ленты, крепление, заливку клеящей смолы, протягивание каркаса внутрь участка трубы, увеличение каркаса для фиксации (рис. 2.12). Оставшееся пространство между трубой и новым каркасом наполняют специальным раствором, и уплотняют трамбовкой для увеличения статической прочности [42].



Рисунок – 2.12 Фрагмент нанесения ленточного защитного покрытия по технологии Ribloc из колодца

По технологии Panel Lok, которую создала фирма Camit Ltd (Австралия), наматывается профилированная лента из ПВХ, которая имеет Т – образные рифления. Они повышают структурную поверхность и создают сцепление с раствором, который вводится между лентой и стенкой ремонтируемого водопровода. Профилированную ленту применяют для круглых, овальных и прямоугольных сечений водопроводов диаметрами от 900 мм, имеющих достаточную несущую способность [34].

Навивочную (спирально-навивочную) технологию можно отнести к одной из передовых и наиболее востребованных технических решений в

области бестраншейных технологий последнего десятилетия. Эта технология, разработанная в Японии, используется во многих странах мира благодаря возможности оперативного восстановления поврежденных напорных и безнапорных трубопроводов с минимальными материальными затратами, а также минимальным воздействием на окружающую среду.

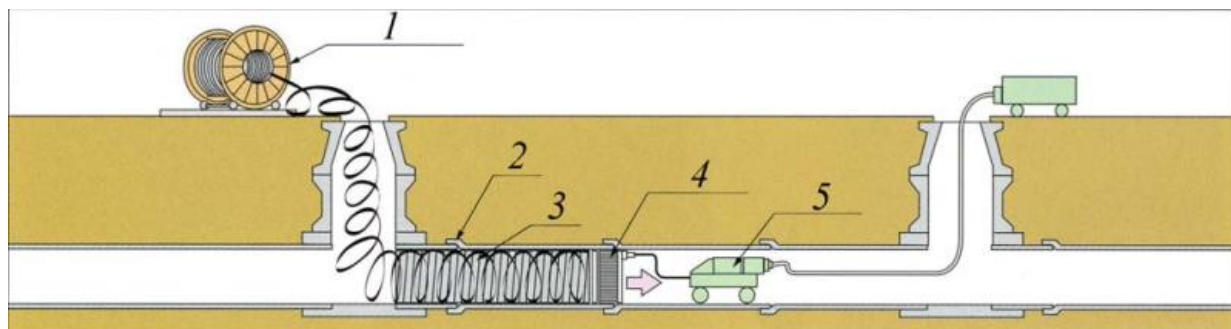
Суть спирально-навивочной технологии: в поврежденном существующем водопроводе посредством спиральной навивки, которая сматывается с бобины бесконечной полимерной ленты, образуется труба высокой прочности [44]. Края ленты соединяются друг с другом, которые создают водонепроницаемую конструкцию внутри ремонтируемого водопровода. Зависимо от условий на объекте используются две технологии навивки: методы «проталкивающей» или «самодвижущейся» гидравлической навивочной машины.

Для восстановления водопроводов спирально-навивочной технологией используют четыре модификации: *SPR*, *SPR PE*, *SPR EX* и *SPR ST*. Наибольшее применение для водопроводных труб находит модификация *SPR EX*, позволяющая создавать самонесущую статическую трубу, которую используют для восстановления старых водопроводов диаметром от 150 до 1800 мм [64].

Значительным отличием такой модификации от других является то, что после ремонта обсадная труба плотно примыкает к старой трубе. При этом внутренняя поверхность обсадной трубы благодаря точной пригонке замковых соединений не имеет выступов и расхождений, что может свидетельствовать о величинах коэффициента гидравлического трения близких к полиэтиленовым или поливинилхлоридным трубам. Таким образом, величина этой гидравлической характеристики может быть принята за основу при расчёте потенциала энергосбережения.

Технология *SPR EX* – для областей с опусканием местности, сейсмоактивных регионов, поэтому такая обсадная труба имеет максимальную плотность и устойчивость к нагрузкам. Материал для труб изготавливается из ПВХ [62]. Такой материал держит высокие температуры среды, которая транспортируется в трубопроводе.

По варианту *S*: профиль *S-ПВХ* устанавливается в трубу диаметром до 750 мм с наименьшей потерей диаметра, в связи с местным расширением. Процесс установки продолжается до той поры, пока обсадная труба, передвигающаяся из начального не дойдет до финишного колодца. Расширения начинается после стопорения торца обсадной трубы в финишном колодце. Потом специальная режущая нить убирает из профиля замыкающий механизм. В связи с этим увеличивается обсадная труба в диаметре, то есть её выпрямление (рис 2.13 и 2.14). Следовательно, профиль новой трубы плотно примыкает к старому водопроводу и живое сечение практически не изменяется.



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

Рисунок 2.13 – Фрагмент реализации спирально-навивочной технологии при реновации трубопровода с помощью передвижной машины



Рисунок 2.14 – Образец самодвижущейся навивочной машины, осуществляющей навивку яйцевидного профиля

Что касается применения других методов бестраншейной реновации старых трубопроводов, например, путем протягивания в них круглых полимерных труб, труб из ВЧШГ и других материалов, то следует констатировать следующее. Эти методы, несмотря на ряд их положительных свойств и преимуществ, касающихся в основном долговечности и т.д., могут обеспечить эффект экономии энергозатрат лишь при полной замене старых участков трубопроводов как традиционными, так и бестраншейными методами. В иных ситуациях – при протягивании в старые трубопроводы происходит значительное сужение живого сечения трубопроводов, что приведёт к потерям энергии на преодоление сопротивлений.

2.4 Реновации водопроводов методами протягивания в них полимерных труб (с разрушением и без разрушения старых)

Бестраншейная технология протягивания внутрь ремонтируемого водопровода полиэтиленовой трубы разделяется на два вида [17]:

- протягивание новой трубы без разрушения старой, после чего диаметр восстанавливаемого водопровода уменьшается;
- протягивание новой трубы с разрушением старой, в результате чего протягивается трубопровод с поперечным сечением диаметра больше старого.

Метод протаскивания полиэтиленовой трубы без разрушения

Главными преимуществами технологии «труба в трубе без разрушения» являются минимальные технические сложности и низкая стоимость. Работы по ремонту трубопровода могут проводиться от колодца до колодца, из специально подготовленного рабочего котлована или через наклонную скважину с минимумом земляных работ (рис. 2.15), а также в нестабильных грунтовых условиях [33].



Рисунок 2.15 – Восстановление трубопровода методом протаскивания полиэтиленовой трубы без разрушения существующей трубы

Технология «труба в трубе» применяется в основном на прямолинейных участках трубопроводов без вскрытия дорожного покрытия и без ограничения движения транспорта, хорошо подходит для плотной городской застройки. Метод зарекомендовал себя как в плановых реконструкциях коммуникаций, так и в аварийных ситуациях, когда дорога каждая минута.

Преимуществами этой технологии являются ее высокая экономичность, которая проявляется не только в низких затратах на прокладку, но и в технических особенностях [46]:

- минимальная длительность работ достигается посредством реконструкции отдельных участков трубопровода протяженностью до 1000–1600 м без добавочных узлов соединения;
- наименьшая шероховатость поверхности трубы;
- новая труба посчитана так, чтобы несущая работоспособность трубопровода обеспечивалась лишь полиэтиленовым вкладышем, а старый трубопровод создавала дополнительную защиту от давления грунта;
- так как у полиэтиленовой трубы имеется срок службы более 50 лет, качество ремонтируемого трубопровода соответствует качеству нового трубопровода.

Использование технологии «труба в трубе» при ремонте трубопровода увеличивает его пропускную способность из-за более высоких гидравлических характеристик затянутой новой трубы из полиэтилена, но приводит к уменьшению рабочего диаметра трубы. Для минимизации уменьшения диаметра трубопроводов разработаны несколько методов реализации этой технологии, каждый из которых можно считать самостоятельным.

Метод протягивания полиэтиленовой трубы с разрушением

Технология используется в случае, если следует сохранить или несколько расширить трубопровод. Метод «труба в трубе с разрушением» дает возможность заменять различные ветхие трубы. Керамические, бетонные, чугунные и асбестоцементные трубы разрушаются на обломки и уплотняются в грунт, а трубопроводы из стали или синтетических материалов разрезаются и развальцовываются специальными инструментами [61]. Возможно протягивание коротких и длинных участков трубопровода исходя из профиля трассы.

Полиэтиленовые трубы свариваются на строительной площадке в плетъ, протяженность которой равна длине ремонтируемого участка, и укладываются на земле около входного котлована. В начале плети соединяется наконечник, разрушающий старый трубопровод. Форма наконечника выбирается в зависимости от материала, из которого сделан старый водопровод. С помощью лебедки плетъ трубопроводов протягивается в существующий водопровод (рис. 2.16). При этом наконечник разрезает старые трубопроводы, уплотняя их обломки в стороны и реализуя после себя кольцевое пространство, в которое протаскивается полиэтиленовая труба [65]. Диаметр пространства соответствует диаметру ветхого водопровода.



Рисунок 2.16 – Протяжка полиэтиленовой трубы с разрушением
существующего трубопровода

Данный метод позволяет отремонтировать водопровод с небольшим увеличением проходного диаметра. Для этого протягивают наконечник, который разрушает старый водопровод и уплотняет обломки в грунт. Так образуется канал диаметром, равным диаметру старого трубопровода. Затем при протягивании штанг в обратном направлении протаскивают расширитель, который увеличивает диаметр проходного канала. К наконечнику присоединяют плетъ из полиэтиленовых труб, которая протягивается в канал вслед за наконечником.

Данная технология требует стандартное оборудование и специализированное. Недостатки такого метода: большая рабочая площадка для расположения плети и входной котлован [72].

При протяжке водопровода возможно повреждение наружного слоя трубы из-за воздействия обломков старого трубопровода. Для предотвращения этого рекомендуется применять полиэтиленовые трубы с внешними защитными покрытиями (рис. 2.17). При протаскивании такой трубы наружный защитный слой принимает на себя механические повреждения и не дает повредить основную стенку трубы.



Рисунок 2.17 – Полиэтиленовая труба с защитным наружным слоем

Преимущества технологии ремонта водопроводных сетей [70]:

- большая производительность – 150 м трубопровода в день и более;
- применяется для любых дефектов ремонтируемого водопровода;
- значительно экономится время и средства за счет минимума земляных работ;

- на время проведения ремонтных работ не затрагивается городская инфраструктура;
- возможно использовать в нестабильных грунтах;
- малый риск повреждения коммуникаций в сравнении с открытыми способами ремонта водопроводов;
- экологичность.

Метод «труба в трубе с разрушением» с использованием чугунных или стальных трубопроводов

Используются чугунные или стальные трубопроводы с внутренним защитным слоем из цементно-песчаного раствора. А внешняя сторона защищена цинком, битумом или цементно-песчаным покрытием. С помощью этих труб можно заменить любые старые трубы новыми чугунными диаметрами 100 – 400 мм и стальными – 100 – 630 мм [52]. При протяжке новых трубопроводов старые керамические, бетонные, чугунные или асбестоцементные трубы разрушаются на части и уплотняются в грунт. А такие трубы как стальные или из синтетических материалов разрезаются и развальцовываются (рис. 2.18).



Рисунок 2.18 – Схема разрушения старого трубопровода с протягиванием новой стальной или чугунной трубы

Разрушение существующего трубопровода происходит с помощью специального инструмента с ножами (рис. 2.19).



Рисунок 2.19 – Инструменты для вскрытия ремонтируемого трубопровода

Преимущества данной технологии:

- большая производительность –100 м трубопровода в день и более;
- любые виды повреждений;
- возможно использовать в неустойчивых грунтах;
- пониженный риск повреждения коммуникаций по сравнению с открытыми методами ремонта трубопроводов.

Выводы по 2 главе

1. Среди большого числа методов бестраншейной реновации, используемых в отечественной и зарубежной практике восстановления трубопроводных систем, выделены наиболее значимые строительные технологии и материалы для их реализации.

2. Проанализированы возможности указанных выше альтернативных технологий ремонта водопроводных сетей и используемых защитных покрытий на предмет обеспечения потенциального эффекта ресурсо и энергосбережения.

3. Используемые для восстановления трубопроводов материалы защитных покрытий (рукав из полиэстера, полиэтилена ПЭ или других материалов) обладают высокой коррозионной стойкостью по сравнению с чугунными и стальными трубами, требуемыми прочностными параметрами, что с достаточной степенью уверенности позволяет прогнозировать их длительное и эффективное использование за счет исключения коррозии и других отложений.

4. Для восстановления водопроводов наиболее перспективными и подлежащими рассмотрению вариантами являются следующие: нанесение неорганических (цементно-песчаных) и органических покрытий, протягивание в восстанавливаемый трубопровод рукавов (чулков), и полимерных труб (с разрушением и без разрушения старых), что является предметом научных исследований рассматриваемой диссертационной работы.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕНОВАЦИИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ Г. О. ТОЛЬЯТТИ

3.1 Анализ работы эксплуатирующих организаций г. о. Тольятти в области реновации водопроводных сетей

Водоснабжение Автозаводского района г.о. Тольятти производится из поверхностного источника – Куйбышевского водохранилища.

Транспортировка воды выполняется по системе водопроводов длиной более 384 км. Трубопроводная сеть водоснабжения является одной из уязвимых элементов в водоснабжении города. Средний износ водопроводных сетей Автозаводского района составляет 87,1 %. Каждый год на сетях водоснабжения осуществляется капитальный ремонт протяженностью в 6-8 км (в том числе магистральные сети). Около 112 км водопроводов исчерпали свой установленный нормативный срок службы, что составляет 30% от общей протяженности.

Водоснабжение Центрального и Комсомольского районов производится с использованием 8 подземных водозаборов. Транспортировка воды осуществляется по системе трубопроводов протяженностью более 480 км, и средняя физическая изношенность водопроводов Центрального и Комсомольского районов и ПК «Ягодинский» составляет 84,67 %. Каждый год на сетях водоснабжения выполняется капитальный ремонт протяженностью не более 3 км. Примерно 361 км водопроводов исчерпали свой установленный нормативный срок службы, что составляет 76% от общей протяженности. Система водоснабжения Центрального и Комсомольского районов представляется в виде кольцевых водопроводных сетей, включающие магистральные трубопроводы, уличную и внутриквартальную сеть.

Используются стальные, чугунные, асбестоцементные и полиэтиленовые трубы диаметрами от 25 мм до 1400 мм. Наличие повреждений на стальных водопроводах свидетельствует их физический износ (рис. 3.1). Производственная программа предусматривает ремонт системы водоснабжения с заменой стальных трубопроводов на полиэтиленовые среднего и высокого давления. Каждый год на сетях водоснабжения наблюдается около 300 разных повреждений и аварий. Для ликвидации трети из них необходимо проведение земляных работ. Увеличением дефектов трубопроводов систем водоснабжения является продолжение «старения» предыдущих.

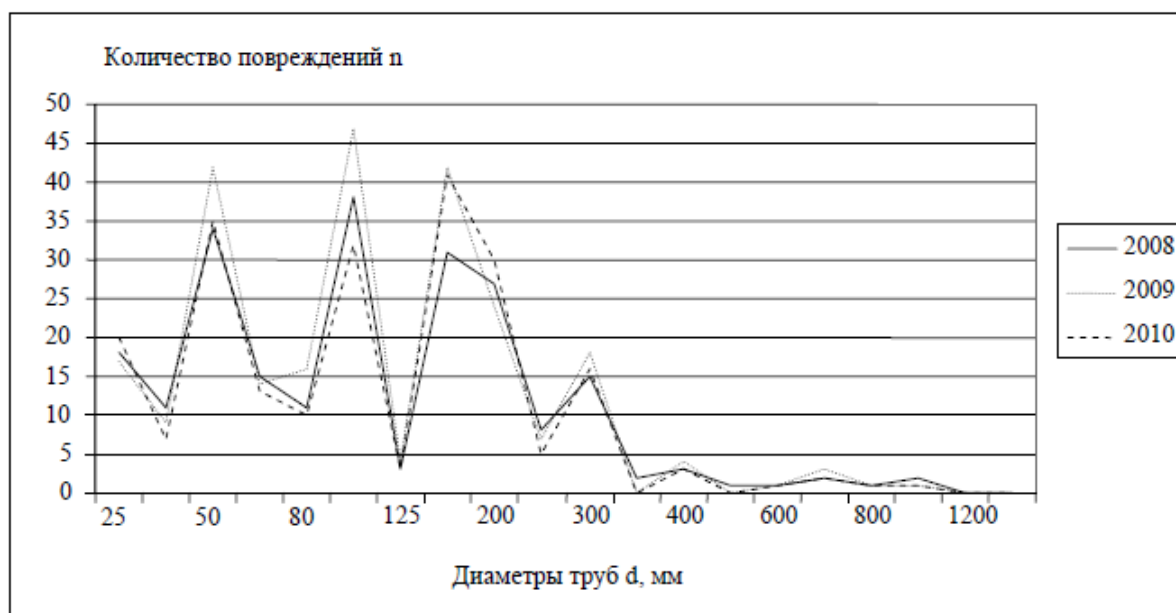


Рисунок 3.1 – Повреждения на стальных трубопроводах

Существует несколько мероприятий по строительству, реконструкции и модернизации трубопроводов в целях развития, повышения надежности и энергетической эффективности системы водоснабжения.

Мероприятия состоят из следующих групп:

1. Мероприятия по строительству, модернизации и реконструкции объектов централизованных систем водоснабжения;

2. Мероприятия по строительству новых объектов централизованных систем водоснабжения, не связанные с подключением новых объектов капитального строительства;

3. Мероприятия по модернизации или реконструкции существующих объектов централизованных систем водоснабжения в целях снижения уровня износа существующих объектов;

4. Мероприятия, направленные на достижение плановых значений показателей надежности, качества и энергоэффективности объектов централизованных систем водоснабжения.

Водоснабжение в городском округе Тольятти осуществляется несколькими организациями коммунального комплекса: ООО "АВК"; ООО "ВоКС"; ОАО "ТЕВИС"; ОАО "Славянка"; филиал ОАО "РЖД"; ЗАО "СУТЭК"; ЗАО "Энергетика и связь строительства"; ЗАО "Тольяттисинтез".

Показатели оказания услуги водоснабжения в 2015 году сведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Показатели оказания услуги водоснабжения в 2015 году.

№ п/п	Наименование показателя	2015 год	2015 год
1.	Наименование организации	ООО "ВоКС"	ОАО "ТЕВИС"
2.	Объем отпуска в сеть (тыс. м(3))	23 341	23 128,4
1)	в т.ч. по приборам учета	16 460,5961	20 823,104
2)	доля отпуска коммунальной услуги по приборам учета (%)	69,23	97,2
3.	Объем потерь (тыс. м(3))	4402	2767,6
1)	Потери (%)	15,87	11,97
4.	Удельный расход электроэнергии на подачу воды в сеть (тыс. кВт/ч/тыс. м(3))	0,81	0,20
5.	Протяженность сетей (км) <*>	592,9	413,3

№ п/п	Наименование показателя	2015 год	2015 год
6.	Аварийность (ед./км) <*>	0,572	0,22
7.	Износ сетей (%) <*>	84,67	85,24
8.	Удельный вес сетей, нуждающихся в замене (%) <*>	26	22,21
9.	Протяженность сетей, нуждающихся в замене (км) <*>	195,66	96,12

«*» Согласно данным, отраженным в схеме водоснабжения и водоотведения городского округа Тольятти.

В текущем году сети водоснабжения Тольятти будут подвергнуты капитальному ремонту. Представители «Волжских коммунальных систем» объявили о начале летней компании, которой предусмотрена целая программа мероприятий. В числе запланированных 3 мероприятия по прокладке сетей водоотведения.

Так, на улицах 1-я Линейная и Кооперативная мкрн. Федоровка планируется замена примерно 1 км трубы с заменой всех коммуникаций. Целью планируемых работ станет повышение надежности систем водоснабжения. Стоит отметить, что на данном участке трубопровода, введенном в действие еще в 1977 году, за последние 17 лет эксплуатации было зафиксировано 39 аварий. В связи с этим коммунальные службы приняли решение о полной реконструкции трубопровода на данном участке.

Мкрн Шлюзовой в районе улиц Носова и Никонова так же станет объектом ремонтных работ. За последние 4 года на данном участке 37 раз аварийным бригадам приходилось проводить очистку труб. Такая частота засоров происходит от излома трубопровода и разрушения кирпичной кладки колодцев. Чтобы устранить проблему постоянных засоров, Волжскими службами было принято решение по замене труб длиной около 0,5 км и 30 колодцев.

Все работы по ремонту и восстановлению водопроводов должны закончиться к началу зимы.

Состояние сетей

Инженерная инфраструктура города, износ которой по заключению экспертов, составляет от 75 до 85%, нуждается сегодня в срочной модернизации.

«Коммуникации, которые находятся на территории Тольятти, по большей части уже выработали свой ресурс, – рассказал «ПН» независимый наблюдатель Константин Вышинский, – в Центральном районе сетям около 50 лет, в Автозаводском районе ситуация ненамного лучше. Износ большой – более 80%, а денег на ремонт выделяется крайне мало. На мой взгляд, проблему инженерных коммуникаций города надо решать глобально».

Традиционные методы ремонта водопроводов высокочрезвычайно затратны, бюджеты компаний города не успевают за потребностями реконструкций сетей. Все это приводит к новым подходам выполнения данных задач.

Традиционный метод

«Традиционный» способ ремонта и прокладки труб – траншейный метод. Выполняется в три этапа: разработка траншеи нужной глубины, при необходимости демонтаж старой и укладка новой трубы, а затем работы по восстановлению почвы, зеленых насаждений, дорожных покрытий.

Недостатки классического метода хорошо известны. Если труба проходит через дорожное покрытие – остановка транспортных потоков, «пробки» на дорогах, шум, грязь, загазованность. Если трубопровод прокладывают или ремонтируют рядом с жилым домом – восстановление придомовых участков и участков общего пользования, снятый асфальт, испорченные цветники, погибшие деревья.

Для города и предприятий данный метод лишь увеличивает головную боль и с эстетической, и экономической точки зрения, не говоря уже о

повышенном контроле подрядчиков со стороны разрешительных и обслуживающих сети организаций.

Бестраншейные технологии

Компания ООО «Инженерные системы» более пяти лет использует современные методы прокладки и ремонта, альтернативные традиционным – так называемые бестраншейные технологии. Они позволяют выполнить работы с наименьшими затратами, в том числе и из-за того, что уменьшается необходимость благоустройства территории.

Крупные предприятия города при прокладке и ремонте трубопроводов предпочитают использовать только бестраншейные методы, так как нет необходимости на территории рыть траншеи, разрушать благоустроенные участки, снимать асфальт и цветники.

Но даже если не учитывать косвенные и социальные затраты, бестраншейные технологии в большинстве случаев выигрывают и в прямых расходах. В европейских странах популярность методов растет, бестраншейная прокладка и ремонт трубопроводов активно завоевывают рынок, вытесняя традиционный метод ремонта траншейным способом. Для прокладки и ремонта подземных трубопроводов систем водоснабжения применимы следующие технологии.

Метод "труба в трубе"

При необходимости реконструкции сетей воды с сохранением или увеличением проходного диаметра метод «труба в трубе» станет оптимальным решением. Так как позволяет разрушать любые диаметры водопроводов из любых материалов (бетон, железобетон, асбест, керамика, сталь, чугун). Преимущество метода заключается в том, что за один проход можно провести ремонт участка трубопровода длиной 150-250 м с сохранением или увеличением диаметра. Это значит, что при уплотненной городской застройке можно увеличить количество подаваемой воды без

прокладки новых коммуникаций – за счет увеличения проходного диаметра подающего водовода, коллектора.

Суть метода

1) на прямом участке сети с обеих сторон разрабатываются небольшие котлованы: с одной стороны, опускается силовое гидравлическое оборудование (рис. 3.2), а с другой – для ввода полиэтиленовой трубы;

2) сквозь существующую старую трубу протаскиваются стальные штанги;

3) с обратной стороны к штангам крепится специальный нож-расширитель, к которому прикрепляется следом новый полиэтиленовый трубопровод;

4) за счет гидравлического усилия установка тянет штанги обратно, старая труба разрушается, уплотняется в грунт, а следом протягивается новая.



Рисунок 3.2 – Силовое гидравлическое оборудование

При невозможности остановки работы существующей трубы на время ремонта по верху прокладывается временный водопровод.

Если потребности предприятия позволяют уменьшить объем подачи энергоресурса, то возможна прокладка нового трубопровода без разрушения существующего, при этом старый трубопровод служит направляющим каналом для нового.

Использование метода «труба в трубе» позволяет протягивать в старый водопровод новые участки труб длиной в несколько сотен метров при минимальном объеме земляных работ и не нарушая благоустройства на поверхности земли. Новый пластиковый трубопровод не подвержен коррозии и будет иметь срок службы не менее 50 лет.

Экономический эффект

- отсутствие необходимости благоустройства территории после работ (газон, деревья, тротуары, дороги);
- не требуется перепроектирования, минимальный перечень согласований;
- высокая скорость производства работ;
- небольшое количество техники и персонала;
- минимальное количество земляных работ;
- возможность проведения работ без замены железобетонных колодцев.

Ориентировочно, в зависимости от конкретного объекта, стоимость работ данным методом дешевле на 10-50% по сравнению с траншейным методом производства работ.

Применение конкретного метода строительства и ремонта водопроводов обуславливается производственными задачами предприятия-заказчика. В свою очередь ООО «Инженерные системы» предлагает оптимальное решение для их реализации, основанной на серьезной материально-технической базе, профессиональных сотрудниках и большом опыте работ.

Преимущество организации заключается и в комплексности подхода, состоящего из собственной проектной группы, возможности проведения всех нужных согласований и широкого спектра доступных технологий производства работ.

Использование данных технологий содействует реализации государственной программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (ФЗ-261 от 23.11.2009 г.).

Комментарии

Александр Денисов, зам. председателя Думы г.о. Тольятти: «Коммуникации города изношены почти на 85%, и эту проблему необходимо решать в кратчайшие сроки. Компания «Инженерные системы» внедряет передовые технологии, в частности, я имею в виду метод так называемых бестраншейных технологий, он эффективен по многим позициям: уменьшение финансовых затрат, повышение скорости проведения работ, отсутствие необходимости благоустраивать территорию, сохранение существующего транспортного потока. Считаю, что этот современный метод необходимо внедрять в Тольятти повсеместно – он крайне выгоден всем: заказчику, городу и его жителям».

3.2 Выбор оптимального метода восстановления трубопроводов в условиях г. о. Тольятти

Наиболее распространенные в отечественной и мировой практике методы бестраншейного восстановления водопроводных трубопроводов с их техническими, технологическими и эксплуатационными показателями представлены в сводной таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Сравнительные показатели методов бестраншейного восстановления водопроводных сетей

Технологические, технические и эксплуатационные показатели	Нанесение цементно-песчаных покрытий	Протаскивание нового трубопровода в старый с его разрушением или без разрушения	Протаскивание гибкой предварительно сжатой полимерной трубы (Свейдж-лайнинг)	Протаскивание гибкой сложенной (U-образной) полимерной трубы (Слип-лайнинг)	Использование комбинированной трубы (Упорнор)	Использование гибких сегментов (Тролининг)	Использование гибкого комбинированного рукава (чулка)
Диапазон диаметров, мм	80-2200	100-900	80-300	100-800	150-300	150-2000	100-1500
Трубопроводы: водопроводный водоотводящий	+ +	+ +	+ +	+ +	- +	- +	+ +
Максимальная протяженность ремонтного участка, м	180	100	200	600	200	100	300
Виды повреждений (дефектов)	Мелкие трещины, коррозия, износ	Любые повреждения	Любые повреждения	Средние трещины и сколы, неплотности соединений	Средние трещины, неплотности соединений	Средние трещины и сколы, неплотности соединений	Крупные трещины, сколы, малая деформация по сечению

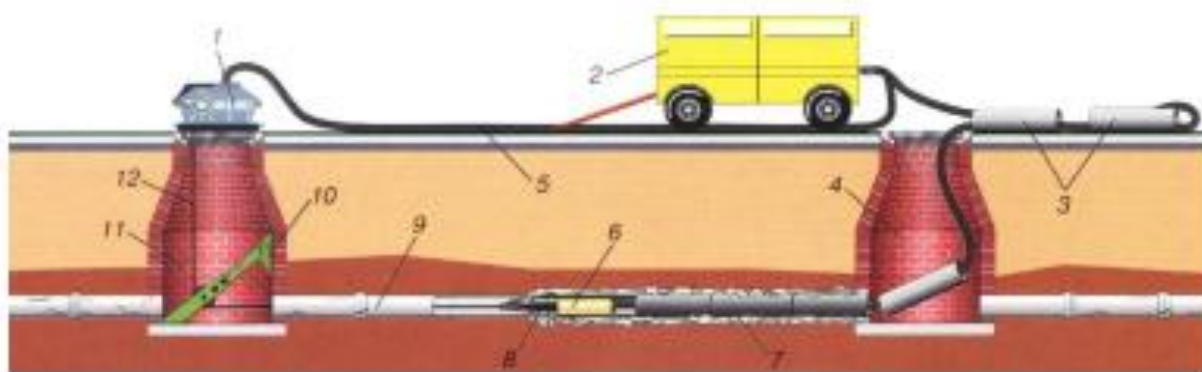
Технологические, технические и эксплуатационные показатели	Нанесение цементно-песчаных покрытий	Протаскивание нового трубопровода в старый с его разрушением или без разрушения	Протаскивание гибкой предварительно сжатой полимерной трубы (Свейдж-лайнинг)	Протаскивание гибкой сложенной (U-образной) полимерной трубы (Слип-лайнинг)	Использование комбинированной трубы (Упор)	Использование гибких сегментов (Тролининг)	Использование гибкого комбинированного рукава (чулка)
Материал ремонтного покрытия	Цементно-песчаная смесь	Полипропилен, поливинилхлорид, полиэтилен	Полиэтилен	Полиэтилен высокого давления, полипропилен	Термопластичные полимеры (полиэтилен)	Полиэтилен марки Vestolen A 3512 (HDPE)	Композит на основе полиэфирных, эпоксидных смол
Термостойкость, °С	Без ограничений	45	50	50	45	50	70
Требования к подготовке внутренней поверхности трубопровода	Очистка скребками и швабрами	Не требуется	Очистка водой под давлением, контроль дисками	Очистка водой под давлением, контроль дисками	Очистка водой под давлением, контроль дисками	Очистка водой под давлением, контроль дисками	Очистка водой под давлением, использование корнерезов, контроль дисками, TV контроль
Требования к водоотливу	Требуется	Требуется	Требуется	С 1/4 уровня заполнения	Требуется	Требуется	Требуется

Технологические, технические и эксплуатационные показатели	Нанесение цементно-песчаных покрытий	Протаскивание нового трубопровода в старый с его разрушением или без разрушения	Протаскивание гибкой предварительно сжатой полимерной трубы (Свейдж-лайнинг)	Протаскивание гибкой сложенной (U-образной) полимерной трубы (Слип-лайнинг)	Использование комбинированной трубы (Упор)	Использование гибких сегментов (Тролининг)	Использование гибкого комбинированного рукава (чулка)
Минимальное монтажное отверстие (проем)	Люк колодца	Люк колодца	Люк колодца	Люк колодца	Люк колодца	Люк колодца	Люк колодца
Продолжительность технологического цикла при ремонте участка длиной 100 м, рабочих смен	3-5	2-3	1	1	1	1	1
Срок службы ремонтного покрытия, лет	30	50	50	50	50	30	30
Прогноз Реальность	Более 20	Более 30	Более 30	Более 10	Более 10	Более 20	Более 20

Технологические, технические и эксплуатационные показатели	Нанесение цементно-песчаных покрытий	Протаскивание нового трубопровода в старый с его разрушением или без разрушения	Протаскивание гибкой предварительно сжатой полимерной трубы (Свейдж-лайнинг)	Протаскивание гибкой сложенной (U-образной) полимерной трубы (Слип-лайнинг)	Использование комбинированной трубы (Упор)	Использование гибких сегментов (Тролининг)	Использование гибкого комбинированного рукава (чулка)
Потери диаметра трубопровода после ремонта, %	5-10	Нет	3-5	10-15	10-15	5-10	3-5
Необходимость испытания на герметичность	Нет	Да	Нет	Нет	Да	Нет	Нет

В городском округе Тольятти по ремонту водопроводов широкое применение получила технология по протаскиванию нового трубопровода в существующий поврежденный с его разрушением или без разрушения.

Основное Преимущество данной технологии – возможность восстановления водопроводов путём протяжки в них новых. Протягивание новой трубы в старый перспективно в случаях, когда необходима замена трубопровода с увеличением диаметра сети (рис. 3.3).



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

Рисунок 3.3 – Протаскивание нового трубопровода с разрушением старого

Такая бестраншейная технология имеет преимущества перед другими: увеличение диаметра; используются полимерные трубы, которые не имеют стыковые соединения и выдерживают большие нагрузки в течение 50-100 лет.

Так же бестраншейный ремонт старых труб на новые производится без их разрушения (рис. 3.4).



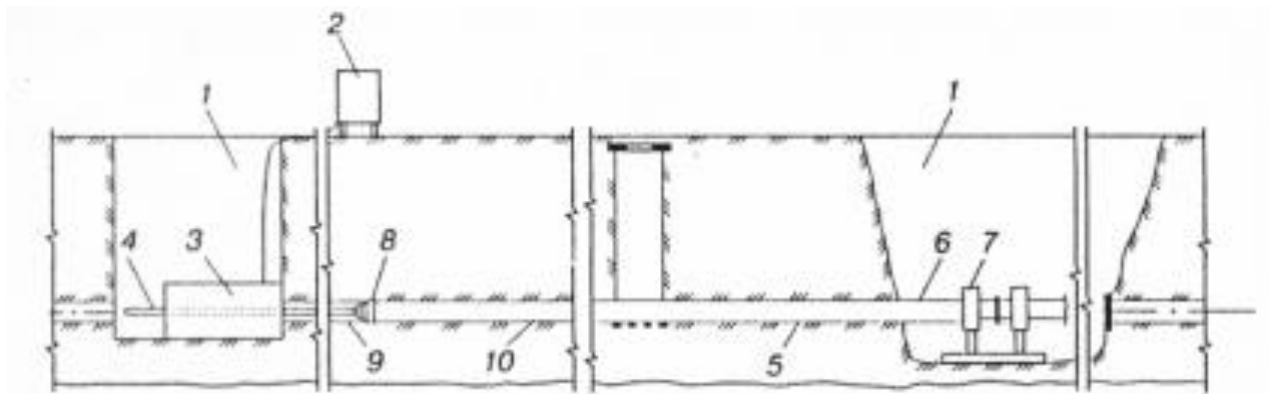
Рисунок 3.4 – Протаскивание нового трубопровода без разрушения старого

В данном методе прокладывается новая полимерная труба, которая сматывается с бобины (барабана, бухты) и протягивается с помощью пневмолебёдки и троса в участок водопроводной сети.

Перед началом строительно-монтажных работ выполняется разбивка трассы с привязкой к постоянным ориентирам и разметка котлованов к вскрытию, что освидетельствуется актом с приложением схемы привязки. Данные работы выполняют в присутствии представителей проектной, строительной и эксплуатационной организаций.

Монтажные работы по протаскиванию полиэтиленовых труб внутри старых, согласно СП 42-103, проводятся при температуре наружного воздуха не ниже $+ 5^{\circ}\text{C}$ или с использованием специальных отопительных модулей (палаток).

Выбор технологической схемы восстановительных работ производится с учетом способа размещения нового полиэтиленового трубопровода в старом, а также его диаметра. Наиболее оптимальная схема для условий г.о. Тольятти показана на рисунке 3.5.



1 - котлованы, 2 - блок питания и управления, 3 - машина с наборными штангами, 4 - наборная штанга, 5 - смежный участок трубопровода, 6 - полиэтиленовый трубопровод, 7 - сварочная установка с опорными стойками, 8 - расширитель, 9 - восстанавливаемый трубопровод, 10 - восстановленный трубопровод

Рисунок 3.5 – Технологическая схема бестраншейного восстановления трубопровода полиэтиленовыми трубами через трубопровод смежного участка с использованием машины с наборными штангами

При больших глубинах заложения водопроводной сети, а также в стесненных условиях на поверхности земли ремонтно-восстановительные работы проводят непосредственно в котловане. При этом используют трубы определённой длины или специально заготовленные секции, включающие две, три и т.д. трубы.

При разработке технологических схем производства восстановительных работ учитывается следующее:

- диаметр восстанавливаемого трубопровода;
- состояние водопроводных колодцев;
- диаметр и длина полиэтиленовых труб;
- глубина залегания трубопровода;
- загруженность поверхности по трассе проведения ремонтных работ;
- сезон проведения работ;
- состояние грунтов;

- возможности строительно-монтажной организации, которая проводит работы (наличие оборудования для протяжки, сварочных устройств и т.п.).

Проведение земляных работ

При реконструкции трубопроводов систем водоснабжения земляные работы проводятся с учетом требований СНиП 3.02.01-87, СНиП 3.05.04-85 и СП 40-102-2000.

Место для разработки котлованов выбирается по: застроенности территории, удобству расположения оборудования и размещения протаскиваемых труб, наличию подъездных путей, учёту инженерных и транспортных коммуникаций, а также состоянию элементов восстанавливаемого трубопровода. Котлованы с целью уменьшения объемов земляных работ разрабатываются в местах меньшего заглубления трубопроводов или в местах просадки грунта.

Входной котлован располагается в местах удобных для проведения протаскивания в обе стороны восстанавливаемого трубопровода. Входные котлованы разрабатываются в виде траншеи с уклоном передних и задних стенок, обеспечивающих радиус изгиба труб более 16 наружных диаметров трубы для обеспечения беспрепятственного протягивания плети с уровня поверхности земли к восстанавливаемому трубопроводу.

Траншеи разрабатываются с плоским дном ниже основания восстанавливаемого трубопровода для размещения механизмов для сборки и протягивания труб (трубных секций) по оси старого трубопровода. При этом часть ремонтируемого трубопровода подлежит удалению. Длина этой части принимается из расчета обеспечения надлежащих условий для введения нового трубопровода в старый.

Допускается также разработка стенок котлованов с углами естественного откоса.

При разработке траншей с вертикальными боковыми стенками в неустойчивых грунтах, а также при их глубине более 1,5 м в любых грунтах устанавливаются крепления стенок котлована. Ширина котлованов (траншей) определяется в зависимости от диаметра протягиваемых труб; при этом обеспечиваются условия для установки опорных и прижимных направляющих роликов.

Засыпка котлованов и траншей осуществляется в следующем порядке: сначала подготавливается песчаная постель трубопровода толщиной не менее 10 см, а затем засыпают песком на высоту до 25 см над верхней образующей трубопровода с послойным уплотнением через каждые 10-15 см. Дальнейшая засыпка производится из отвала с использованием механизмов.

При использовании для устройства постели и засыпки на участках открытой прокладки полиэтиленовых труб грунт проверяется на отсутствие содержания каменистых включений и других предметов, способных повредить полиэтиленовую трубу.

Гидравлические испытания и приёмка трубопроводов в эксплуатацию

В соответствии с положениями СНиП 3.05.04 гидравлические испытания на прочность и плотность водопровода производятся два раза (предварительное и окончательное). Испытания ведутся при положительной температуре окружающей среды не ранее, чем через 24 ч после монтажа последнего узла (т.е. соединения труб друг с другом или арматурой).

Испытания осуществляются на отдельных участках трубопровода между двумя соседними колодцами. Для этого на двух торцевых участках производится демонтаж запорной арматуры в камере и установка металлической заглушки с патрубком (у первого торца) и заглушки без патрубка (у второго торца). Испытательное давление создаётся при помощи насоса, подключённого к установленному на заглушке патрубку.

Предварительное гидравлическое испытание напорных трубопроводов проводятся в следующем порядке:

- трубопровод заполняется водой и выдерживается без давления в течение 2 ч;
- в трубопроводе создается испытательное давление (например, 1 МПа) и поддерживается в течение 0,5 ч;
- испытательное давление снижается до расчетного (например, 0,6 МПа) и производится осмотр трубопровода.

Трубопровод является выдержавшим предварительное гидравлическое испытание, если под испытательным давлением не обнаружено разрывов труб или стыков и соединительных деталей, а под рабочим давлением не обнаружено видимых утечек воды.

При обнаружении дефектов в стенках труб или в сварных швах места дефектов вырезаются и заменяются качественными отрезками труб.

Окончательные испытания реконструированного водопровода на плотность проводятся после протяжки полиэтиленовой плети в старый трубопровод до засыпки траншеи и установки трубопроводной арматуры. Давление принимается равным расчетному рабочему, умноженному на коэффициент 1,3.

Окончательное гидравлическое испытание на плотность проводится в следующем порядке:

- в трубопроводе создают давление, равное расчетному рабочему (например, 0,6 МПа) и поддерживают его в течение 2 ч; при падении давления на 0,02 МПа производится подкачка воды;
- давление поднимают до уровня испытательного (например, 1 МПа) за период не более 10 мин и поддерживают его в течение 2 ч.

Выявленные в результате испытаний дефекты устраняются, после чего проводятся повторные испытания по полной программе.

Трубопровод считается выдержавшим окончательное гидравлическое испытание, если фактическая утечка воды из него при испытательном давлении не превышает значения 1,35 л/мин на 1 км трубопровода.

Ремонт отдельных участков полиэтиленовых трубопроводов из-за нарушения их целостности производится путём замены дефектных участков на новые трубы. Восстановление поврежденных участков трубопроводов осуществляется аналогичными материалами по той же технологии, которая применяется при строительстве ремонтируемого трубопровода.

При положительном результате испытаний восстанавливаются (в случае повреждений) днища камер и производится обвязка трубопроводов. По завершении работ водопроводная сеть подвергается хлорированию и окончательной промывке, и сдается в эксплуатацию.

После проведения испытаний производится засыпка котлованов (траншей) в следующей последовательности: вскрытый участок трубы засыпают с помощью экскаватора-планировщика на 30 см выше верха трубы. Затем грунт разравнивается и уплотняется вручную. После этого грунт засыпается на всю высоту траншеи с помощью бульдозера с послойным уплотнением электротрамбовками.

Приемка в эксплуатацию восстановленных трубопроводов проводится, руководствуясь основными положениями СНиП 3.01.04-87, а также СНиП 3.05.04-85.

При сдаче трубопроводов в эксплуатацию составляются:

- акты на скрытые работы (по основанию, опорам и строительным конструкциям на трубопроводах и т.д.);
- акты наружного осмотра трубопроводов, сооружений и элементов сети (камер, колодцев, отдельных узлов и т.д.);
- акты испытаний на прочность и плотность трубопроводов;

- акты на промывку и дезинфекцию водопроводов;
- установление соответствия выполненных работ проекту (с учётом ранее согласованных изменений);
- акты входного контроля качества труб и соединительных деталей (паспорта на трубы, строительные материалы и детали).

3.3 Разработка рекомендаций по реновации водопроводных сетей г.о.

Тольятти

В результате санации ликвидируют следующие дефекты:

- свищи, сквозные отверстия, продольные и поперечные трещины, которые относятся к структурным дефектам;
- старение труб, появление ржавчины внутри трубопровода, бугристые наросты и биообрастания, которые относятся к функциональным дефектам;
- деформация трубопроводов, полученная при укладке водопровода, что относится к дефектам некачественного монтажа.

Технология выполнения санации должна обеспечивать водопроводу механическую прочность для противостояния постоянных нагрузок (давления земли, покрытий и др.) и временных (автотранспорта и других механизмов). При восстановлении водопровода не должно сопровождаться ухудшение свойств трубопровода, появление дополнительных проблем, таких как, ухудшение гидравлических характеристик протока воды и других).

На основании проведенного анализа и сравнительных характеристик трубопроводов из различных материалов, которые используются при строительстве и реконструкции систем водоснабжения традиционным и бестраншейным методом, а также участия при проведении инженерных работ по санации водопроводной сети были разработаны следующие рекомендации.

При санации водопроводов должны быть нанесены следующие типы защитных облицовок (покрытий):

- на стальных и чугунных сетях водоснабжения - набрызговые (облицовка цементно-песчаным покрытием);
- на напорных и безнапорных сетях различного диаметра - сплошных (протяжка гибких полиэтиленовых оболочек или пластиковых труб с разрушением или сохранением старого трубопровода;
- наложение временных и постоянных бандажей (точечных) внутри водопроводов.

В результате санации необходимо достигать следующих результатов:

- предотвращение коррозии металлических трубопроводов в результате пассивного (изоляции стенок труб) и активного (появления на стенках оксидов железа) эффектов защиты;
- обеспечение необходимого уровня надежности водопроводов и за счет этого снижение аварийности на водопроводных трассах;
- сохранение, а иногда и улучшение гидравлических характеристик для трубопроводов больших диаметров за счет уменьшения коэффициента гидравлического трения ввиду применения полимеров;
- уменьшение или даже полное предотвращение инфильтрации и эксфильтрации, что улучшает экологическую обстановку и снижает нагрузки на насосные станции и очистные сооружения.

Проведенный анализ различных методов бестраншейного восстановления напорных и безнапорных водопроводов показывает, что нет универсального подхода к их восстановлению или замене.

Любой из приведенных бестраншейных методов ограничен различными условиями применения, которые должны отвечать техническим условиям на конкретных объектах, а также материальным возможностям организаций, которые занимаются эксплуатацией водопроводов.

Основным критерием выбора принятия того или иного метода восстановления, должна служить научно обоснованная стратегия санации водопроводов.

Для условий г.о. Тольятти рекомендуется применение следующего метода бестраншейной реновации водопроводов (см. табл. 3.2).

Выводы по 3 главе:

1. Представлены основные дефекты, которые устраняются во время проведения санации водопроводов.
2. Показаны постоянные и временные нагрузки, которые влияют на механическую прочность водопроводов.
3. Выявлены требования предъявляемые к результатам санации.
4. Приведены сравнительные показатели методов бестраншейного восстановления водопроводов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертационной работы:

В работе выполнен системный анализ отечественных и зарубежных источников литературы.

Поставленные задачи выполнены в полном объеме, которые заключаются в следующем:

1. Выполненный комплексный сопоставительный анализ технических параметров и гидравлических характеристик трубопроводов из различных материалов, используемых в системах водоснабжения при реализации бестраншейных методов реновации показал, что наиболее оптимальными материалами для санации водопроводов являются полиэтиленовые и стеклопластиковые трубопроводы.

2. На основе проведенного анализа и выполненных работ на ряде действующих водопроводов в г.о. Тольятти установлено, что в практике проведения восстановительных работ условно можно выделить два подхода к реновации водопроводных систем: при незначительных дефектах труб, когда они воспринимаются как несущая конструкция и с существенными повреждениями, когда они утрачивают несущую способность.

3. При выполнении работ по ремонту действующих сетей водопровода наиболее приемлемым для г.о. Тольятти выявлен метод протягивания новой полиэтиленовой трубы с разрушением старой, который раскрывает несомненные преимущества, выражающиеся в том, что можно устранять любые повреждения, не требуется очистка внутренней поверхности трубы, имеется возможность сохранения, а также увеличения проходного сечения трубопровода.

4. Благодаря использованию теоретических и экспериментальных методов исследования разработаны рекомендации по реновации

водопроводных сетей, в результате которых достигаются практические результаты по обеспечению необходимого уровня надежности водопроводов, за счет чего снижается аварийность на водопроводных трассах.

Основные положения диссертации опубликованы в 2 статьях автора:

1. Новская О.И., Филенков В.М. Анализ повреждений трубопроводов систем водоснабжения и методы их восстановления бестраншейными технологиями // Международная научно-практическая конференция «Новая наука: проблемы и перспективы» / АМИ – г. Sterlitaмак, 2016. – с.196-198.

2. Маврина О.И., Филенков В.М. Технологии бестраншейного ремонта водопроводов, применяемые в г.о. Тольятти. – В сборнике: Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии. – Пенза, МНИЦ. 2017.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Издание третье, переработанное и дополненное – М.: Стройиздат, 1982 – 440с.
2. Аверкеев И.А. Защитные покрытия как фактор обеспечения гидравлических и прочностных показателей водопроводных и водоотводящих трубопроводов (Автореферат кандидатской диссертации) //М.: МГСУ. 2013. 22 с.
3. Аверкеев И.А, Орлов В.А. Применение полимерного покрытия, обеспечивающего прочность системы // Журнал «Технологии мира». 2013. № 4. с. 25-27.
4. Аверкеев И.А. Исследование прочностных возможностей защитного покрытия водопроводных труб в период их реновации // Журнал «Вода Magazine». 2013. № 5. с. 46-47.
5. Балтаханов А.Х. / Санация напорных стальных трубопроводов // Технологии Мира. - 2010. - №4. - с. 31-34.
6. Белецкий Б.Ф., Гордеев-Гавриков В.К., Персидский Б.П. Справочник по прокладке трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения - Ростов н/Д: Сигма, 2001 – 416с.
7. Виноградов Ю. Г. Материаловедение / Ю. Г. Виноградов, К. С. Орлов, Л. А. Попова. – М.: Высш. шк., 1983. – 256 с.
8. Гальперин Е.М. Надежность систем водоснабжения и водоотведения. Учебное пособие - Самарск. Гос. арх.-строит. Ун-т. Самара, 2005. – 268 с. ISBN 5-9585-0095-3
9. ГОСТ 3262-75. Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия. - Изд. (июнь 2001 г.) с изм. № 1, 2, 3, 4, 5, 6. - Взамен ГОСТ 3262-62; Введ.01.01.77. - М.: Изд-во стандартов, 2001. - 7 с. - (Межгосударственный

- стандарт). - Группа В62. - 355-91.
10. ГОСТ 8734-75. Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент. - Изд. (фев. 2003 г.) с изм.№ 1, 2, 3. - Взамен ГОСТ 8734-58; Введ.01.01.77. - М.: Изд-во стандартов, 2003. - 11 с. - (Межгосударственный стандарт). - Группа В62. - 236-75.
 11. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент. - Изд. (дек. 2000 г.) с изм.№ 1, 2. - Взамен ГОСТ 8732-70; Введ.01.01.79. - М.: Изд-во стандартов, 2001. - 10 с. - (Межгосударственный стандарт). - Группа В62. - 298-12.
 12. ГОСТ 10705-80. Трубы стальные электросварные. Технические условия. - Изд. (июнь 2001) с изм.№ 1, 2, 3, 4, 5. - Взамен ГОСТ 10705-63; Введ.01.01.82. - М.: Изд-во стандартов, 2001. - 8 с. - (Межгосударственный стандарт). - Группа В62. - 529-58.
 13. ГОСТ 9941-81. Трубы бесшовные холодно- и тепло- деформированные из коррозионнстойкой стали. Технические условия. - Переизд. (июнь 1998) с изм.№ 1, 2, 3, 4. - Взамен ГОСТ 9941-72; Введ.01.01.83. - М.: Изд-во стандартов, 1995. - 8 с. - (Государственный стандарт СССР). - Группа В62. - 403-29.
 14. ГОСТ 22000-86. Трубы бетонные и железобетонные: Типы и осн. параметры. Гос. строит. ком. СССР. - Взамен ГОСТ 22000-76; Введ. с 01.07.86. - М.: Госстрой России: ГУП ЦПП, 1986. - 9 с. - (Государственный стандарт Союза ССР).
 15. ГОСТ 28548-90 (СТ СЭВ 6584-89). Трубы стальные. Термины и определения. - Введ.01.01.91. - М-во металлургии СССР. - Изд. офиц. - М.: Изд-во стандартов, 1990. - 11 с. - (Государственный стандарт Союза ССР).
 16. ГОСТ 18599-2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия. - Изд. (февр. 2003 г.) с поправкой (ИУС 12-2002). - Взамен ГОСТ 18599-83;

- Введ.01.01.03. - Минск: Изд-во стандартов, 2003. - 22 с. - (Межгосударственный стандарт). - Прил.: с. 14-21. - 613-64.
17. Дмитриев А.Н., Ионов В.С. / К минимизации затрат на устройство и эксплуатацию внутренних напорных трубопроводов // Сантехника. - 2005.- №3.
18. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Проектирование систем и сооружений. В 3 т. Т. 1. Учеб. пособие для вузов - 2-е изд., доп. и перераб.; Гриф МО. - М.: АСВ, 2003. - 288 с.: ил. - Библиогр.: с. 286-287. - Об авт.: с. 288. - ISBN 5-93093-210-7: 378-80.
19. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Проектирование систем и сооружений. В 3 т. Т. 3. Системы распределения и подачи воды. Учеб. пособие для вузов; науч.-метод. рук. и общ. ред. М. Г. Журбы. - 2-е изд., доп. и перераб.; Гриф МО. - М.: АСВ, 2004. - 256 с.: ил. - Библиогр.: с. 254-255. - Об авт.: с. 256. - ISBN 5-93093-210-7: 378-78.
20. Ишмуратов Р.Р., Орлов В.А., Степанов В.Д. Опыт применения бестраншейной спирально-навивочной технологии восстановления трубопроводов на объектах Москвы //Журнал «Водоснабжение и санитарная техника». 2013. № 6. с. 27-32.
21. Клячко В.А., Аронов С.Н, Лазарев В.И., Абрамов С.К. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий. Под редакцией инж. И.А. Назарова. Издание второе, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1977 – 287с.
22. Князев А.Ю., Астахова Н.К., Орлов В.А. Бестраншейные технологии. Реновация трубопроводов при минимальных демонтажных работах // Журнал «Технологии Мира». 2013. № 1. с. 21-24.
23. Краснов В.И. Реконструкция трубопроводных инженерных сетей и сооружений. Учебное пособие – М.: ИНФРА-М, 2008 – 238с.

24. Мордясов М. А., Яновский Ю. Г., Кругляк А. М. Цементно-песчаная защита внутренней поверхности трубопроводов // Журнал «Водоснабжение и санитарная техника». 1993. № 2. с. 32-35.
25. Музалевская Г.Н. Инженерные сети городов и населенных пунктов: Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 148с.
26. Наздрачев И.Ю. / Техничко-экономическое сравнение вариантов проектирования ремонта трубопроводов систем водоснабжения // Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций. -2007.-№ 3-4.- 28-39.
27. Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение. Учеб. для вузов. - М.: Стройиздат, 1995. - 688 с.: ил. - Библиогр.: с. 688.
28. Орлов В.А. Строительство и реконструкция инженерных сетей и сооружений: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.А. Орлов – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 304 с.
29. Орлов В.А., Хантаев И.С., Орлов Е.В. Бестраншейные технологии: Учебник. – М.: Издательство АСВ, 2011 – 224с. – ISBN 978-5-93093-815-9
30. Орлов В.А., Харькин В.А. Стратегии и методы восстановления подземных трубопроводов - М: Стройиздат, 2001 – 96с.; ил.
31. Орлов В. А. Стратегия восстановления водопроводных и водоотводящих сетей / В. А. Орлов. – М. : Ассоциация строительных вузов, 2001. – 95 с.
32. Орлов В. А. Стратегия и методы восстановления подземных трубопроводов / В. А. Орлов, В. А. Харькин. – М. : Стройиздат, 2001. – 95 с.
33. Орлов Е.В., Шлычков Д.И. / Автоматизированная программа расчета гидравлических параметров трубопровода при его реновации альтернативными покрытиями // Вестник МГСУ. -2010.-№ 1.- с. 231-235.
34. Орлов В.А., Шлычков Д.И., Коблова Е.В. / Оценка эффективности

- реновации трубопроводов профильными полимерными трубами и защитными оболочками в условиях возможного теплового расширения и дефектов тела трубы // Вестник МГСУ. -2011.- № 6. -с. 615-624
35. Орлов В.А., Шлычков Д.И., Коблова Е.В. / Реновация трубопроводов как средство энергосбережения при реализации бестраншейных технологий // Вестник МГСУ. -2011.- № 6. -с. 590-595.
36. Орлов В.А., Шлычков Д.И., Коблова Е.В. / Эффективность реновации трубопроводов профилированными полимерными трубами// Журнал «Водоснабжение и санитарная техника». - 2011.-№ 11.-е. 10-14.
37. 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.
38. Орлов В.А. Зоткин С.П., Харькин В.А. / Выбор оптимального метода бестраншейного восстановления безнапорных трубопроводов РОБТ, Изд. ТИМР, 2001, 4, с. 30-34.
39. Орлов В.А., Харькин В.А. / Систематизация и анализ патологий водоотводящих сетей, подлежащих восстановлению РОБТ, Изд. ТИМР, 2001, 2, с. 13-25.
40. Орлов В.А., Орлов Е.В., Шлычков Д.И. / Защитные полимерные покрытия для трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения // Вестник МГСУ. -2009.-№4. -с. 168-172
41. Орлов В.А. Системный анализ состояния и тактика реновации водопроводных и водоотводящих сетей (Автореферат докторской диссертации) //М.: МГСУ. 2009. 34 с.
42. Орлов В.А. Защитные покрытия трубопроводов //М.: АСВ. 2009. 126 с.
43. Орлов В.А., Зверев П.В. Локализация дефектов трубопроводов с помощью

- местного ремонта //Журнал «Научное обозрение». 2014. № 7. с. 647-650.
44. Орлов В.А. Бионика и бестраншейная реновация трубопроводных сетей //Журнал «Научное обозрение». 2013. № 3. с. 147-151.
45. Отставнов А.А. Дмитриев А.Н., Харькин В.А. / К вопросу минимизации затрат на устройство и эксплуатацию подземных водопроводов // Сантехника. Отопление. Кондиционирование (СОК). - 2006.-№ 9.- с. 38-43.
46. Отставнов А.А., Устюгов В.А., Примин О.Г. и другие / Энергосберегающие бестраншейные технологии // Сантехника, отопление, кондиционирование (СОК). - 2010.-№ 8.- с. 14-20.
47. 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.
48. 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.
49. Положение о санации водопроводных и водоотводящих сетей (утверждено НТС ГОССТРОЯ РОССИИ от 16.09.2003 за № 01-НС-15/3) //М.: Прима-Пресс-М. 2003. 40 с.
50. Примин О.Г., Орлов В.А. /Оценка и прогноз технического состояния трубопроводов //ВиСТ. - 2006.-№ 1.- с. 25-28.
51. Ратников Б.А., Житников О.Д., Шевелёв А.Ф., Яновский Ю.Г. Применение внутренних цементно-песчаных покрытий // Журнал «Водоснабжение и санитарная техника». 1988. № 9. с. 24-26.
52. Рыбаков А. П. Основы бестраншейных технологий / А. П. Рыбаков. – М. : ПрессБюро, 2005. – 304 с.
53. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода: Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль

- качества. Санитарные правила и нормы. - М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996. - 11 с.: ил. - (Федеральные санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы).
54. Сапожников М. М. Справочник трубопроводчика / М. М. Сапожников. – Ленинград – Москва: ГСИ, 1960. – 213 с.
55. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: взамен СНиП II-31-74: введ.01.01.85. - М.: Госстрой России: ГУП ЦПП, 2001. - 128 с.: ил. - (Строительные нормы и правила). - Прил.: с. 95-126.
56. СНиП 2.04.01-85*, СНиП 21-01-97*. Водоснабжение, канализация. Противопожарная безопасность: практические рекомендации по проектированию и строительству трубопроводных систем, в том числе с применением пластмассовых труб (СП 40-102-2000). [Вып. 1] / [Добромыслов А.Я. (рук.), Кирюханцев Е.Е.]. - М.: Авок-Пресс, 2005. - 23 с.: ил. - ISBN 5-98267-010-3: 158-18.
57. Сомов М.А., Журба М.Г. Водоснабжение. Том 1. Системы забора, подачи и распределения воды. Учебник для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 2008 – 262с, 151 ил. – ISBN 978-5-93093-565-3.
58. Сомов М.А., Примин О.Г. / Технико-экономическое обоснование вариантов обеспечения надежности трубопроводов водопроводной сети // Научно-технический альманах «Проблемы, развития транспортных и инженерных коммуникаций». - 2001. -№ 2-3. -с. 29-36.
59. Справочник. Бестраншейные технологии в России. Российское Общество по внедрению Бестраншейных Технологий – издательство: ТА Инжиниринг, 2006 – 304с.
60. Тевлев Ю. А. Железобетонные трубы. Обобщение опыта проектирования и изготовления / Ю. А. Тевлев. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2003. – 304 с.

61. Турянский И.П., Лысов В.А., Турянская Н.И. Реконструкция и интенсификация инженерных сетей и сооружений водопровода. Учеб. пособие для вузов - Ростов н/Д.: Ростов. гос. строит. ун-т, 2002. - 159 с.: ил. - Библиогр.: с. 155-159. - 59-09.
62. Удовенко В. Е. Полиэтиленовые трубопроводы – это просто / В. Е. Удовенко, И. П. Сафронова, Н. Б. Гусева. – М.: Полимергаз, 2003. – 237 с.
63. Харькин В.А. Разработка системного подхода и оптимизация эксплуатации безнапорных водоотводящих сетей (Автореферат кандидатской диссертации) //М.: МГСУ. 2003. 20 с.
64. Харькин В.А. К вопросу выбора труб из полиэтиленов различных классов для бестраншейной замены ветхих напорных и самотечных трубопроводов // Журнал «Сантехника». 2003. № 5. с. 34-38.
65. Храменков С.В. Стратегия модернизации водопроводной сети. – М.: Стройиздат, 2005. - 400с.
66. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. Оптимизация восстановления водоотводящих сетей. Науч. ред. В. А. Загорский. - М.: Стройиздат, 2002. - 160 с.: ил. - Библиогр.: с. 156-158. - Прил.: с. 151-155. - ISBN 5-274-01552-0: 159-09.
67. Храменков С.В., Примин О.Г. Регламент эксплуатации водопроводной сети г. Москвы. - М.: Миклош, 2007 – 224с.
68. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. – М.: Издательство Прима-Пресс-М, 2002 – 283с.
69. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей. – М.: ТИМР, 2009 – 179с.
70. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Реконструкция трубопроводных

- систем. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008 – 216с.
71. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А., Отставнов А.А. Регламент использования полиэтиленовых труб для реконструкции сетей водоснабжения и водоотведения. - М.: Миклош, 2007 – 264с.
72. 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.
73. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. / Технологии восстановления подземных трубопроводов бестраншейными методами (монография) // АСВ. -2004. 236 с.
74. Хренов К.Е., Аверкеев И.А., Орлов В.А., Нечитаева В.А. Прочностные исследования органических защитных покрытий, используемых при бестраншейной реновации трубопроводов //Журнал «Естественные и технические науки». 2015. № 2. С. 158-159.
75. Шевелев А.Ф., Смирнов Ю.А. / Качество цементно-песчаных покрытий стальных труб // Водоснабжение и санитарная техника. - 1991.- №2.
76. Шлычков Д.И., Орлов В.А., / Исследование гидравлических характеристик труб с цементно-песчаным покрытием // Издание ГОУ ВПО МГСУ Материалы XIV Международной межвузовской научно практической конференции молодых ученых, докторантов и аспирантов. -2011. -с. 321-327.
77. Lemme H. / New construction of a storm water overflow channel DN 1000 in micro tunnel construction using reinforced concrete and glass fibre plastic boring pipes // 6* International Pipeline Construction Symposium, Berlin March 2009 (Материалы 6-го Международного симпозиума по трубопроводам, Берлин, март 2009 г.).
78. Liefke M. / Renovation of a rain water collector using inliner elements made of

- glass fibre plastic // 6* International Pipeline Construction Symposium, Berlin March 2009 (Материалы 6-го Международного симпозиума по трубопроводам, Берлин, март 2009 г.).
79. Spruch H. / Exchanging a drinking water supply pipeline without the use of trenches // 6* International Pipeline Construction Symposium, Berlin March 2009 (Материалы 6-го Международного симпозиума по трубопроводам, Берлин, март 2009 г.). Zwierzchowska A. / Optymalizacja doboru metod bezwykopowej budowy // Politechnika swietokrzyska. -2003. - p. 160.
80. Zwierzchowska A. / Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych// Politechnika swietokrzyska. - 2006. - p. 180.