

УДК 628.14:699.87

д.т.н. Дрозд Г. Я.
(ИСАиЖКХ ЛНУ им. В. Даля, г. Луганск, ЛНР, drozd.g@mail.ru)

СТРАТЕГИЯ И АЛГОРИТМ МОДЕРНИЗАЦИИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

Приведена идеология модернизации трубопроводных систем, заключающаяся в комплексном использовании современных материалов с их специфическими свойствами в сочетании с соответствующими бестраншейными технологиями. На основе анализа зарубежного и отечественного опыта санации трубопроводов предложен и охарактеризован алгоритм проведения работ по переоснащению инфраструктуры в коммунальной отрасли.

Ключевые слова: модернизация, санация трубопроводов, полимерные материалы, бестраншейные технологии, надежность, долговечность.

В продолжение темы, поднятой на страницах журнала [1], рассмотрим общие представления о модернизации трубопроводных систем ЖКХ с целью создания их нового поколения.

Модернизация – это обновление объекта, приведение его в соответствие с новыми требованиями и нормами, техническими условиями, показателями качества.

Объект модернизации – трубопроводные системы. Суть модернизации – замена в этой системе труб из низко надежных

материалов на более современные полимерные путем санации.

Санация – это технологии восстановления, ремонта, замены и очистки трубопроводов.

Сложность решаемой задачи и предстоящие организационно-технические вызовы иллюстрируют следующие рассуждения и цифры. Из более чем 200 тыс. км коммунальных сетей первоочередные работы по замене аварийных участков предстоит осуществить на длине более 60 тыс. км (табл.1[1]).

Таблица 1

Потребность в полимерных трубах диаметром менее 500мм для модернизации трубопроводных систем ЖКХ

Сети	Протяженность, км	Процент труб, мм ≤500 ≤400		Протяженность данного диаметра, км	Износ, %	Протяженность, км
Водоснабжение	113000	-*	73	82400	38	31200
Канализация	46000	60	-	27600	36	9900
Теплоснабжение (двухтрубное исчисление)	33200	-	95	31200	ок. 63	19600
Итого	192200			141200		60700

*Примечание. Данные отсутствуют

Таблица 2

Масса погонного метра демонтируемых труб в сопоставлении с полимерными трубами [2]

Диаметр, мм	Масса 1 погонного метра, кг				
	Сталь	Керамика	Асбестоцемент	Бетон, ж/б	Полимерные
200	30	43	31	100	2,5
300	59	79	58	150	5,7
400	80	115	98	198	8,7
500	101	155	149	300	13,2

Применение полимерных труб в новом поколении трубопроводов не только благотворно скажется на надежности и долговечности сетей, но и значительно упростит и удешевит процесс их реконструкции за счет свойств полимерных материалов и специальных технологий, основанных на этих свойствах.

Речь идет о возможности использования бестраншейных технологий.

Представим себе ситуацию демонтажа старой трубопроводной системы традиционным открытым способом (с рытьем котлованов) и оценкой объема удаляемых конструкций и их утилизацией (табл. 2).

Усредненное значение одного погонного метра демонтируемых труб составляет 105 кг, одного километра – соответственно 105 т, а масса всей подлежащей замене сети протяженностью около 61 тыс. км превышает 6,3 млн. т. На трубопроводных сетях находится также большое количество всевозможных колодцев, камер и прочих сооружений из кирпича, камня и бетона (для канализации в данном диапазоне диаметров труб расстояние между ними 50-75 м), что в целом составляет не менее миллиона единиц. При гипотетически полном демонтаже восстанавливаемого участка образуются требующие утилизации отходы, количество которых измеряется миллионами тонн. Это создаст проблему их переработки, размещения или захоронения. Применение бестраншейных технологий позволит многократно уменьшить объем отходов и в значительной мере снизить затраты на демонтаж и восстановление.

ружающей среды режиме, осуществить процесс реконструкции трубопроводных систем. На сегодняшний день существуют десятки различных технологий санации (длинный и короткий релайнинг, «метод чулка», метод Flexopen, технология U-Liners и многие другие [3]), которые эффективно использовать для каждого конкретного случая.

Обратная задача: монтаж трубопроводов из полимерных труб связан с наличием и качеством этих труб. Приблизительная потребность в полимерных трубах диаметром до 500 мм для восстанавливаемого участка, исходя из среднего значения массы 1 погонного метра трубы в 10 кг (табл. 2), составляет 610 тыс. т. В настоящее время наиболее востребованными являются полимерные трубы: полиэтиленовые, поливинилхлоридные, полипропиленовые.

Полиэтиленовые трубы. Производство полиэтиленовых труб – наиболее крупный сегмент украинского рынка полимерных труб. Большинство отечественных производителей ориентируют свои предприятия на выпуск этой трубной продукции как наиболее востребованной во всех отраслях коммунальной сферы и промышленности. При существующих объемах отечественного производства полимерных труб 20-25 тыс. т/год (табл. 3) станет возможным ежегодно обновлять 2-3 тыс. км трубопроводов (из расчета 10 т труб на 1 км). В итоге весь процесс обновления аварийных трубопроводов займет 20-30 лет.

Таблица 3

Соотношение производства полиэтиленовых труб по назначению в Украине
[по «Полимерные трубы – аналитика рынка 2013»]

Год	Производство полиэтиленовых труб			
	Для водоснабжения и канализации		Для газоснабжения	
	т	%	т	%
2006	11200	32	23800	68
2007	19930	47	22470	53
2008	25310	59	17590	41
2009	18417	72	7180	28
2010	17090	67	8420	33
2011	24380	70	10600	30
2012	18680	68	8810	32
2013	21130	82	4600	18

Параллельно будет происходить износ оставшейся части эксплуатирующихся трубопроводов, и процесс их обновления продолжится, для чего опять будут необходимы полимерные трубы.

Касательно полимерной трубной продукции. Для повышения статуса модернизации трубопроводных систем, которые в данной ситуации являются знаковым объектом для производителей – конкурентов за сбыт своей продукции, необходимо повысить требования к качеству труб. Основные характеристики труб: долговечность, надежность, химическая стойкость, износостойкость должны гарантироваться заводом-изготовителем. При этом гарантии должны быть не декларативно рекламными, а юридически оформленными обязательствами по возмещению убытков [4].

На сегодняшний день на предприятиях ЖКХ действует «пожарная стратегия» – действовать лишь тогда, когда «горит» в условиях нехватки времени. Поэтому ликвидация аварий осуществляется материалами и способами, которые есть под рукой. В итоге затраты на такие мероприятия

неэффективны и уходят буквально в «черную дыру».

Процент санирования трубопроводов в стране минимальный в сравнении с зарубежными странами. Использование современных методов санации отечественными предприятиями носит пока несистемный и, по сути, локальный характер и скорее является исключением из необходимого правила. Обобщение опыта таких предприятий по ликвидации аварий и санации трубопроводов явилось основой для создания своеобразной пошаговой инструкции модернизации трубопроводных систем и последующего их обслуживания. Приведенные ниже соображения, возможно, станут основой для разработки необходимых Правил, целевой программы для осуществления модернизации трубопроводных систем, а также соответствующих нормативных и законодательных актов.

Исходя из приведенных выше рассуждений об объеме предстоящих работ, необходимых материальных ресурсах и сроках реализации проекта в условиях ограниченности времени, рассмотрим план действий и основные его этапы на основе схемы (рис. 1).



Рисунок 1 Основные этапы модернизации трубопроводных сетей

Эти сведения являются важными для принятия решений при планировании мероприятий по восстановлению и ремонту трубопроводных систем и последующей их эксплуатации.

Сбор данных о техническом состоянии сетей

Качеству сбора данных следует отводить центральное место. Инспекция должна осуществляться как проходом по трассе сети специалистами (простой осмотр), так и путем диагностики внутреннего состояния трубопровода с помощью технических средств – дистанционно управляемых видео камер, предназначенных для осмотра труб (рис. 2).

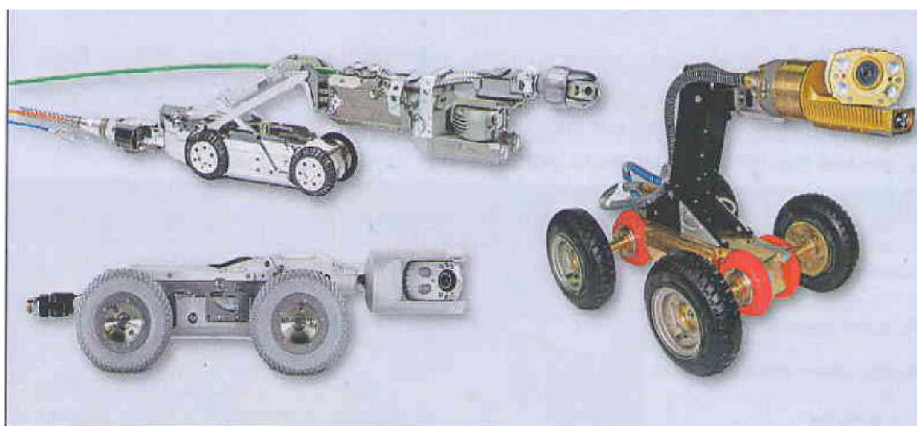


Рисунок 2 Передвижные видеокамеры для телеинспекции трубопроводов различных диаметров

Результаты инспекции трубопроводов должны документироваться в соответствующем кадастре. С помощью инвентарных данных сетей необходимо составить планы инспекции и снабдить их номерами колодцев, сооружений и направлений для однозначной идентификации результатов инспекции.

Оценка технического состояния

Основой для оценки технического состояния трубопроводных сетей является их тщательный осмотр, дополненный при необходимости проверкой герметичности (рис. 3).

Использование ТВ-роботов для инструментального обследования трубопроводов

дает возможность от фотографий и видеозаписей перейти к количественной оценке технического состояния канализационных сетей. Для этого в мировой практике используется система индексации всех дефектов по их эксплуатационной значимости. Примером такой системы может служить приведенная в таблице 4 эксплуатационная значимость повреждений железобетонных труб, выраженная в баллах. Баллы от 0 до 10 определены на основе видеозаписей. Они отражают фактическое физическое состояние трубопровода (рис. 4): 0 – труба в идеальном состоянии, в то время как 10 – труба непригодна к использованию (аварийное состояние) [3].

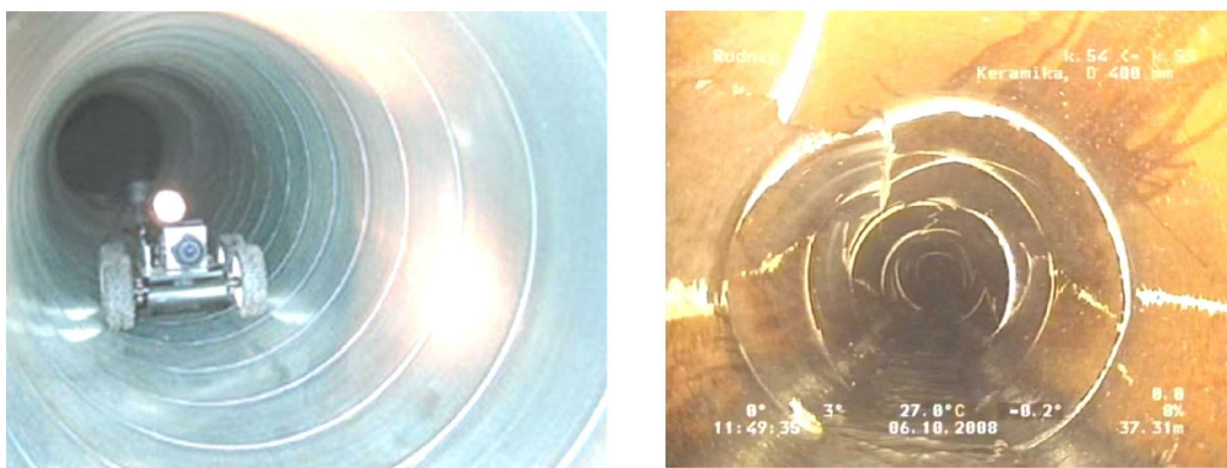


Рисунок 3 Телеинспекция трубопровода и фиксируемый дефект керамической трубы

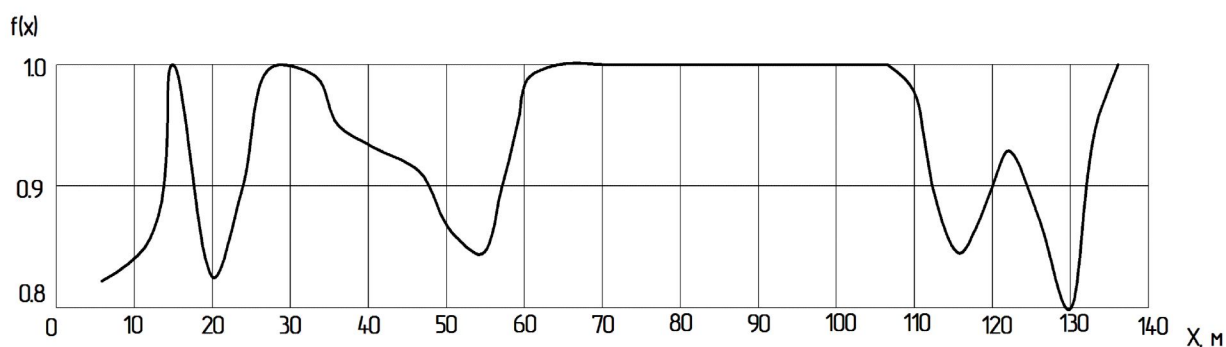


Рисунок 4 Пример графика функции ослабления для участка трубопровода, обследованного телевизионной установкой

В рассматриваемой таблице приведены баллы для железобетонных труб. Аналогичную таблицу можно разработать и для труб из другого материала.

Десятибалльная система позволяет количественно оценить степень нарушения целостности и значимость каждого из этих нарушений для эксплуатации коллектора. Функция ослабления позволяет в виде графика визуально оценивать состояние обследованного участка трубопровода [3, 5]. После полного анализа видеозаписей и отчетов в зависимости от состояния трубопроводов определяется очередность реконструкции и производится выбор метода ремонтных работ, чтобы сконцентрировать усилия на ремонте тех труб, которые повреждены в большей степени и

требуют скорейшего восстановления. Это означает, что ремонт необходимо начинать с участка с индексом 10 – полностью непригодного к использованию трубопровода – и затем постепенно снижаться до индекса 0 – идеального по качеству трубопровода, не требующего ремонта. Однако первоочередность работ оценивается и по другим факторам. Например, трубопроводы, проложенные вблизи водозаборов, рек и озер, следует ремонтировать в первую очередь. Особого внимания требуют и те участки городских улиц, где трубопроводы располагаются глубоко под землей и интенсивность движения городского транспорта очень высокая.

Из соответствующего класса состояния следует необходимость действий (табл. 5).

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Таблица 4

Пример оценки повреждений в баллах по их эксплуатационной значимости

Состояние коллектора	Удовлетворительное	Предаварийное	Аварийное
Обозначение	У	ПА	А
Вид дефекта или повреждения и его эксплуатационная значимость в баллах	<ul style="list-style-type: none"> •Разгерметизация стыков – 1 балл •Одинокная продольная трещина трубы с раскрытием на 1-5 мм и протяженностью до 0,5 l трубы – 1 балл •Одинокная поперечная трещина в лотке – 1 балл •Осевое расхождение стыков до 4 см – 2 балла •Одинокная поперечная трещина в своде – 2 балла •Трещиноватость с раскрытием трещин 1-5 мм на площади до 0,5 м² – 2 балла •Одинокный вывал бетона в лотке с обнажением арматуры – 2 балла •Слой коррозии бетона до 5 мм – 3 балла 	<ul style="list-style-type: none"> •Осевое расхождение стыков более чем на 4 см – 3 балла •Поперечное смещение торцов труб относительно оси коллектора в стыках до 0,2 d трубы – 3 балла •Одинокная продольная трещина с раскрытием 1-5 мм и протяженностью более 0,5 l трубы – 3 балла •Трещиноватость с раскрытием трещин до 5 мм площадью от 0,5 м до 1 м – 3 балла •Одинокная кольцевая трещина с раскрытием 1-5 мм – 4 балла •Выкрошивание бетона с внутренней поверхности с обнажением арматуры на площади до 0,5 м² – 4 балла •Продольный разлом трубы протяженностью до 0,25 l – 4 балла •Слой коррозии бетона свода до арматуры (отсутствие защитного слоя) – 5 баллов 	<ul style="list-style-type: none"> •Поперечное смещение торцов труб относительно оси коллектора в местах стыков на величину более 0,2 d – 5 баллов •Трещиноватость с раскрытием трещин до 5 мм площадью более 1 м² – 6 баллов •Продольный разлом трубы, протяженностью от 0,25 l до 0,5 l – 6 баллов •Выкрошивание бетона с внутренней поверхности трубы до обнажения арматуры на площади более 0,5 м² – 7 баллов •Одинокный вывал бетона в своде с обнажением арматуры – 7 баллов •Продольный разлом трубы, протяженностью более 0,5 l – 8 баллов •Кольцевой перелом трубы – 9 баллов •Сквозной пролом трубы – 10 баллов •Сплошное разрушение свода – 10 баллов

Таблица 5

Влияние состояния объекта на срочность принятия решений

Оценка состояния	Необходимость действий
Очень существенный дефект (промедление опасно)	Немедленно
Существенный дефект	В краткосрочной перспективе
Средний дефект	В среднесрочной перспективе
Легкий дефект	В долгосрочной перспективе
Незначительный дефект	Нет необходимости действий
Дефектов нет	Безаварийное состояние

Концепция санации

Этап выработки концепции позволяет получить общие представления о предстоящих мероприятиях: определить наиболее эффективные действия по санации и их очередность, обосновать необходимые бюджетные средства, подготовить соответствующие решения, согласовать запланированные мероприятия с ведомствами водного хозяйства, привлечь других участников (например, из дорожного строительства).

На этом этапе согласовываются между собой надежность эксплуатации, стоимость трубопроводной сети и затраты. Наибольший потенциал экономии затрат заложен в хорошо продуманной концепции, основанной на сравнении различных вариантов: к примеру, существенные дефекты нужно устранять срочно, а легкие повреждения – позже. Однако в долгосрочной перспективе, с экономической точки зрения, может оказаться более целесообразным расширить объемы восстановительных работ и вместе с существенными дефектами провести реконструкцию участков сетей со средними и легкими повреждениями. В этом случае не понадобится проводить дополнительные действия по реконструкции. Необходимо также учесть, что дефекты увеличиваются с течением времени. Поэтому мероприятия, предусмотренные в концепции, влияют на безопасность эксплуатации, стоимости сети и затраты на ремонт в будущем.

Это же касается выбора метода и вида санации. Например, в зависимости от видов дефектов санацию можно провести путем:

а) локальных ремонтов: эффект – сравнительно низкие затраты, но и малая продолжительность эксплуатации 2-10 лет;

б) путем восстановления протяженных дефектов закрытым способом: эффект – средние затраты и средние сроки эксплуатации 20-50 лет;

в) путем полной замены открытым способом: эффект – высокие затраты, но и высокая продолжительность эксплуатации, более 50 лет.

Финансовые возможности определяют и виды санации. Исходя из зарубежного опыта, рекомендуется выбирать виды санации с длительным сроком эксплуатации. Однако в краткосрочной перспективе этот выбор повлечет за собой более высокие затраты.

Планирование реконструкции объекта

Определенные в концепции очереди строительства необходимо тщательно спланировать. Возможно, необходимо собрать дополнительные данные (состояние грунта, уровень грунтовых вод, расположение газопроводов, водопроводов, кабельных линий и проч.).

Из существующих многочисленных методов санации сетей и колодцев необходимо выбрать наиболее подходящий для конкретного случая метод (табл. 6).

Таблица 6

Способы реконструкции трубопроводов

Ремонт	Ремонт местных участков	Внешний, внутренний
	Инъекционные методы	Внешние, внутренние
	Способы гидроизоляции	Внешние, внутренние
Восстановление	Способы облицовки	Вытеснение, напыление, центрифугирование, выпрессование (нагнетание)
	Методы выравнивания	Отдельные трубы, обмотка труб, шланги, волоконные трассы
	Монтажные способы	Частичная облицовка, полная облицовка без внешнего давления, полная облицовка с внешним давлением
Реконструкция	Открытым способом	Без демонтажа старого трубопровода, с демонтажем старого трубопровода
	Закрытым способом	Без демонтажа старого трубопровода, с демонтажем старого трубопровода

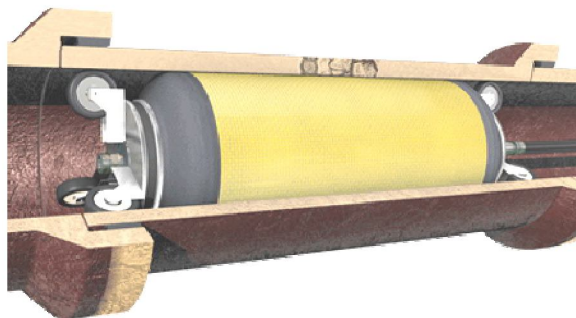


Рисунок 5 Ремонт трубы снаружи и изнутри

Ремонт. Методы ремонта применяют для устранения локальных повреждений (уплотнение стыков, устранение свищей и проч.) либо традиционным способом с разрытием котлована, либо изнутри трубопровода с использованием специальной робототехники (рис. 5).

Восстановление. При ремонте и восстановлении трубопроводов используют открытый и закрытый способы производства работ. Одним из наиболее часто применяемых является способ ремонта сети, основывающийся на принципе «вскры-замены». Это вскрытие траншеи, удаление старой трубы и установка новой. Такой способ может быть либо очень дорогостоящим (при большой глубине заложения трубопровода), либо очень дешевым – ес-

ли трубопровод расположен близко к поверхности. Вместе с тем открытый способ имеет ряд недостатков: пространство для транспорта, особенно в густонаселенных пунктах, довольно ограниченное, создаются неудобства для жителей данного района и в первую очередь для пешеходов.

Часто возникает необходимость принимать меры к понижению уровня грунтовых или дождевых вод; при ведении работ приходится учитывать наличие параллельных и пересекающихся городских коммуникаций; существует необходимость решать проблемы, связанные с водоотливом и укреплением стенок разрабатываемых траншей. Альтернативой является закрытый способ – применение бестраншейных технологий (рис. 6).



Рисунок 6 Открытый и закрытый способы восстановления трубопровода

В передовой зарубежной практике 95% всех работ, связанных с прокладкой под-

земных коммуникаций, производится бестраншейными способами. Во многих

крупных зарубежных городах прокладка инженерных коммуникаций открытым способом запрещена. Необходимо отметить, что в Европе постоянно растет число объектов, где находят применение различные методы бестраншейной технологии (рис. 7, 8, 9) ремонта и прокладки коммуникаций, причем этот рост более стремительный, чем в США, так как большинство крупнейших городов с подземной инфраструктурой было построено несколько столетий назад [6,7].

Реконструкция (замена). В случае замены старый трубопровод меняют на новый.

Замена – самый гибкий вид санации, особенно для трубопроводов, выполненных из хрупких материалов. При этом трассу трубопровода, его диаметр и материал, а также конструктивное исполнение можно выбирать из текущих требований. Если в перспективе предстоит пропускать большие объемы жидкости, то замена трубопровода – это безальтернативное решение. Замену трубопроводов, если имеются возможности, можно осуществить открытым способом строительства (рис. 10).



Рисунок 7 Бестраншейная технология восстановления трубопроводов по изношенному каналу: метод «чулка» [3, 8]

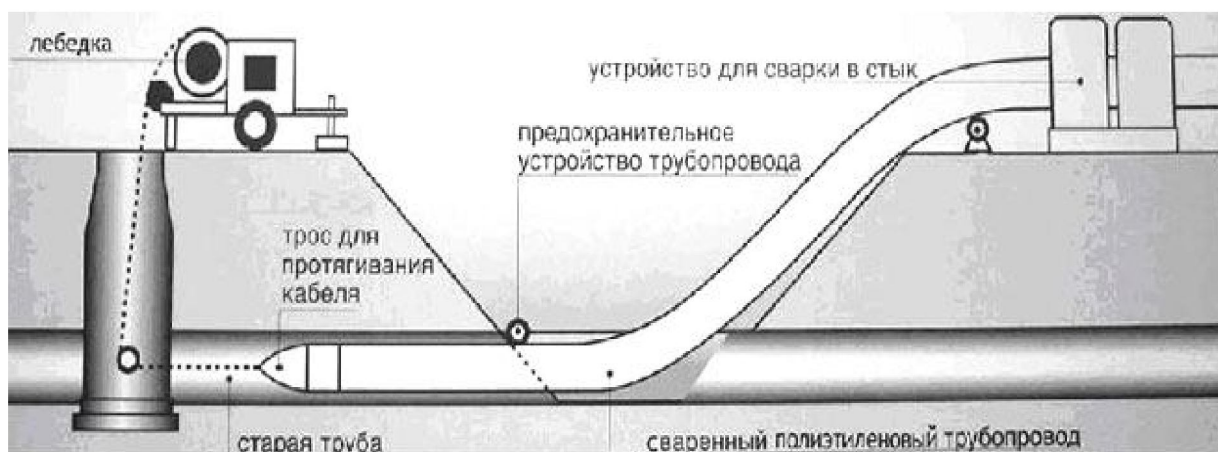


Рисунок 8 Бестраншейная технологии восстановления трубопроводов по изношенному каналу: метод протяжки плети полиэтиленовых труб [3, 8]



Рисунок 9 Бестраншейные технологии восстановления трубопроводов по изношенному каналу: метод монтажа из коротких труб [3, 8]



Рисунок 10 Замена трубопровода открытым способом строительства

Однако более современными и экологически безопасными являются бестраншейные способы замены. Они имеют ряд преимуществ, прежде всего в районах главных автомагистралей и центральной части городов, так как лишь незначительно влияют на надземную инфраструктуру. Кроме того, они позволяют заменять трубопроводы с увеличением их диаметра путем механического разрушения старой конструкции с последующей протяжкой нового трубопровода (рис. 11). Технология берстлинг особенно эффективна для трубопроводов, выполненных из хрупких материалов [3, 9]. При использовании этого метода вслед за головкой, разрушающей старую трубу и вытесняющей окружающий грунт, втягивается новая труба. При этом не возникает про-

блем с утилизацией старых конструкций (рис. 11).

Проведение строительных работ

Работы по санации трубопроводов должны проводить специализированные организации, оснащенные всем необходимым оборудованием и имеющие профессиональный опыт. Ремонт и восстановление сетей необходимо сопровождать надзором и контролем. Сторонний контроль должны осуществлять независимые специалисты и сертифицированные лаборатории, контролирующие, кроме всего прочего, используемые материалы и их свойства.

Приемку работ следует осуществлять путем проверки герметичности системы и обследования передвижной видео камерой. Все проведенные мероприятия должны быть внесены в соответствующий кадастр.

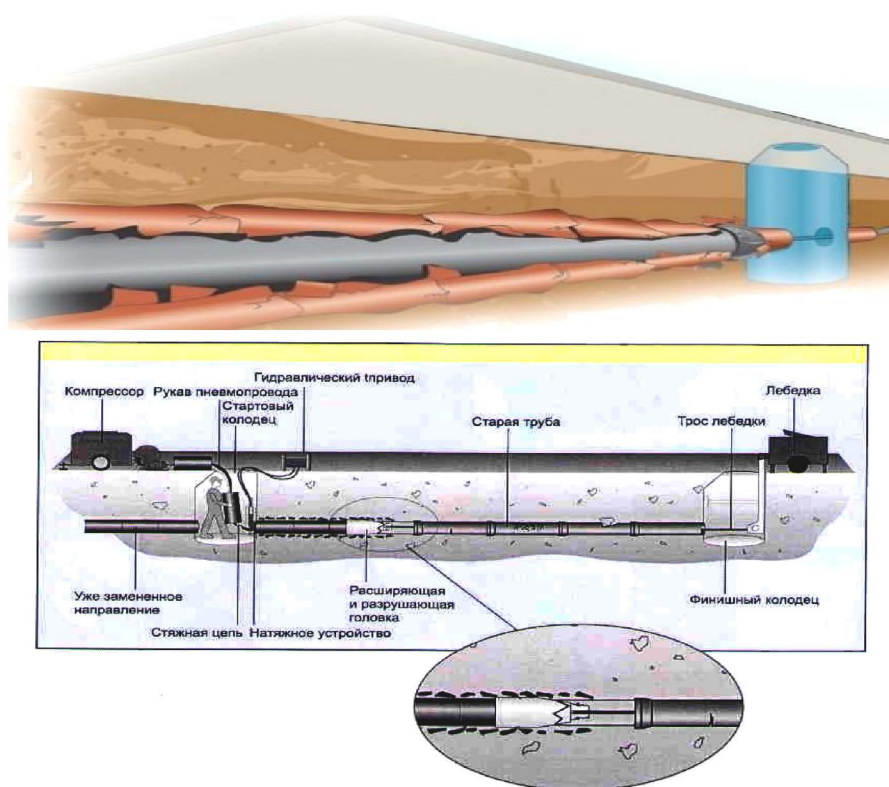


Рисунок 11 Бестраншейная замена труб (технология берстлинга)

Заключение

Для успешной модернизации трубопроводных систем необходимо выполнить ряд организационных мероприятий:

- внести изменения в нормативно-техническую базу, обязывающие применять только гарантированно надежные и долговечные материалы для трубопроводных систем ЖКХ;
- обязать все эксплуатирующие сети предприятия провести их инвентаризацию и создать соответствующий кадастр;

– согласовать с производителями полимерных труб их номенклатуру и требуемые объемы производства в соответствии с планируемыми работами;

– определить предприятия-участники для производства работ по санации трубопроводов с соответствующим лицензированием и сертификацией;

– подготовить профессиональные кадры;

– разработать специальную Программу и изыскать финансирование.

Библиографический список

1. Дрозд, Г. Я. Труба дело или дело в трубе [Текст] / Г. Я. Дрозд // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*. — 2016. — № 7. — С. 34–47.
2. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации / под ред. А. К. Перешивкина. — М. : Стройиздат, 1988. — 653 с.
3. Дрозд, Г. Я. Канализационные трубопроводы: надежность, диагностика, санация [Текст] / Г. Я. Дрозд, Н. И. Зотов, В. Н. Маслак. — Донецк : ИЭП НАН Украины, 2000. — 260 с.
4. Исаев, В. Н. Трубопроводные коммунальные системы [Текст] / В. Н. Исаев, Р. Ю. Хургин // *Композиты 21 век*. — 2011.

5. Количественная оценка технического состояния канализационных коллекторов // Водоснабжение и санитарная техника [Текст] / В. Шаповалов, Е. Тархов, А. Богданов и др. — 1985. — № 3. — С. 6–8.
6. Гончаренко, Д. Ф. Эксплуатация и восстановление сетей водоотведения [Текст] / Д. Ф. Гончаренко. — Харьков : Консум, 2007. — 400 с.
7. Орлов, В. А. Разработка стратегии восстановления городских водоотводящих сетей [Текст] / В. А. Орлов, В. А. Харьков // РОСТ. — 2001. — № 3. — С. 20–27.
8. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://truba.prom.ua> > g277186-sanatciya-remont.
9. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.lfu.bauem.de>.

© Дрозд Г. Я.

Рекомендована к печати и.о. заведующего каф. СК, к.т.н., доц. ДонГТУ Псюком В. В., директором ИСАиЖКХ ЛНУ им. В. Даля, д.т.н., проф. Андрийчуком Н. Д.

Статья поступила в редакцию 03.10.16.

д.т.н., проф. Дрозд Г. Я. (ІБАіЖКГ ЛГУ ім. В. Даля, м. Луганськ, ЛНР, drozd. g@mail.ru)

СТРАТЕГІЯ І АЛГОРИТМ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Приведена ідеологія модернізації трубопроводних систем, що полягає в комплексному використанні сучасних матеріалів з їх специфічними властивостями у поєднанні з відповідними безтраншейними технологіями. На основі аналізу зарубіжного і вітчизняного досвіду санації трубопроводів запропоновано і охарактеризовано алгоритм проведення робіт з переоснащення інфраструктури в комунальній галузі.

Ключові слова: модернізація, санація трубопроводів, полімерні матеріали, безтраншейні технології, надійність, довговічність.

Dr. Tech. Sci. Drozd G. Ya (V.Dahl ISAandZhKKh LGU, Lugansk, LPR, drozd. g@mail.ru)

STRATEGY AND ALGORITHM FOR MODERNIZATION OF LIFE-SUPPORT PIPELINES

An idea for modernization of the pipelines is presented in the paper and consists in using the up-to-date specific materials coupled with appropriate ditchless technology. On the basis of analyzing a number of foreign and native practices in pipeline repairing the algorithm for work execution has been proposed and described for re-equipment the utility infrastructure.

Key words: modernization, pipeline repairing, polymeric materials, ditchless technology, reliability, durability.