

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕСТРАНШЕЙНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ (РЕКОНСТРУКЦИИ)
ТУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ**

Фаттахов М.М.

Уфимский государственный нефтяной технический университет

В практике восстановления поврежденных коррозионным разрушением трубопроводов традиционно используются различные методы, основные из которых связаны с вскрытием траншеи и заменой отдельных участков или всего трубопровода все теми же недолговечными стальными трубами.

Приводятся существующие в настоящее время в мировой практике прогрессивные виды технологий бестраншейного восстановления поврежденных коррозионным разрушением подземных трубопроводов. Отмечается, что наиболее прогрессивным методом восстановления трубопровода является метод введения в него секций полиэтиленовых труб, новая технология которого разработана для различных условий эксплуатации реконструируемых трубопроводов.

Трубопроводный транспорт в нефтегазовой промышленности является одной из самых металлоёмких отраслей народного хозяйства. Разветвлённая сеть нефте-, газо-, продукто-, водопроводов протяжённостью сотни тысяч километров и диаметром до полутора метра, основная часть которых была построена 30...50 лет назад, эксплуатируется в системах сбора и транспорта водогазонефтяной смеси, попутного нефтяного влажного газа и сточных вод, содержащих коррозионно-активные компоненты (H_2S , CO_2 , O_2 и т.д.). Нормативный срок эксплуатации таких трубопроводов без применения противокоррозионной защиты в лучшем случае не превышает 5...10 лет, а в ряде случаев и того меньше. Для сравнения такие трубопроводы в нефтепромысловых условиях работают не более 2 лет.

Только в 80-х годах прошлого столетия потребность экономики СССР государственными органами планирования на 2000 г. была оценена в 1100 тыс. тонн, однако экономический спад страны не позволил реализовать эти

потребности. Это привело к тому, что изношенность трубопроводов России и стран СНГ на данный момент самая высокая в мире [1,2].

Одним из перспективных направлений строительства трубопроводных систем и повышения их эксплуатационной надёжности является использование трубопроводов из прогрессивных полимерных материалов.

Современный опыт строительства и эксплуатации трубопроводных систем свидетельствует о значительном росте использования трубопроводов из пластических масс. В экономически развитых странах доля вводимых в эксплуатацию вновь построенных трубопроводов систем из пластических масс свыше 80% [3].

Тем временем состояние трубопроводных систем инженерной инфраструктуры в России достигло критической оценки. Большинство трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения в России находится в эксплуатации с 50...60 гг. и практически исчерпало свой срок службы [4]. Известно, что нормативный срок службы составляет для чугунных трубопроводов – 20 лет, стальных – 10...15 лет в зависимости от марки полиэтилена. На сегодняшний день большинство трубопроводов эксплуатируется со степенью износа 70...80%. Из 500 с лишним тыс. км трубопроводов водопроводных сетей 55% требуют срочной замены и ремонта, на каждые 100 км трубопроводов за один год в среднем приходится 45 аварий, причём с каждым годом положение всё ухудшается. Аналогичная картина и в канализационных системах. О каком улучшении качества питьевой воды можно рассуждать, если 80% систем водоснабжения заросло внутри, а канализация в существующем состоянии является потенциально опасным источником загрязнения водоёмов и подземных вод, почвы и всего, что на ней произрастает и живет.

В настоящее время в России всеми видами ремонта восстанавливается всего 1...3% изношенных трубопроводов.

В связи с повышением надёжности и эффективности трубопроводных систем инженерной инфраструктуры необходимо проведение следующих работ:

- инвентаризация технического состава существующих трубопроводов;
- установление фактических потерь воды, тепла и электроэнергии в процессе эксплуатации трубопроводных систем;

- разработка рекомендаций по выбору современных технологий для восстановления и ремонта существующих трубопроводов;
- выявление оптимальных условий и режимов использования современных восстановительных технологий.

Если не принять экстренные меры по восстановлению инженерных коммуникаций две трети трубопроводов будет разрушено в 2008-2012 гг., т.е. произойдёт экологическая катастрофа. Необходимо срочно наращивать темпы восстановительных работ на трубопроводных сетях.

В мировой практике в настоящее время существует шесть основных технологий бестраншейного ремонта изношенных подземных трубопроводов с использованием различного оборудования [3]:

- «труба в трубу» - протаскивание во внутреннюю полость ремонтируемого трубопровода новой плети трубопровода из полиэтилена. При этом наружный диаметр трубопровода из полиэтилена меньше внутреннего диаметра ремонтируемого трубопровода;
- то же, с увеличением диаметра на один сортамент, но с разрушением ремонтируемого трубопровода, что позволяет протаскивать или проталкивать новую полиэтиленовую плеть или отрезки большего размера, чем внутренний диаметр ремонтируемого трубопровода, что на мой взгляд неприемлемо;
- нанесение на внутреннюю поверхность ремонтируемого трубопровода, предварительно очищенного и промытого, цементно-песчаного слоя различной толщины. Со временем после интенсивной эксплуатации трубопровода происходит механическое или химическое разрушение цементно-песчаного слоя. Это во многом предопределяет нецелесообразность использования защитных цементно-песчаных покрытий в водоотводящих сетях [5];
- «чулочная технология» – протаскивание внутрь ремонтируемого трубопровода, предварительно очищенного высоким давлением, синтетического чулка. После протаскивания, чулок полимеризуется в среде горячей воды, определённой температуры, облучением ультрафиолетом или другим способом, что обеспечивает образование на внутренней поверхности трубопровода прочного инертного слоя регулируемой толщины;

- технология «U – лайнер», при которой внутрь предварительно очищенного ремонтируемого трубопровода протаскивается U-образная полиэтиленовая плеть с последующим её распрямлением с помощью теплоносителя определённой температуры с последующим образованием нового цельного полиэтиленового трубопровода;
- локальный ремонт трубопровода с использованием ремонтного робота и ремонтной вставки.

Данные фирм производителей работ позволяют оценить удельный вес реализации указанных технологий бестраншейного ремонта трубопроводов следующим образом:

«труба в трубе» – 68-72 %;

«труба в трубе» с разрушением старого трубопровода – 8-10 %;

цементно-песчаная облицовка внутренней поверхности – 6-8 %;

«чулочная» технология – 5-8 %;

технология «U – лайнер» - 2-4 %;

локальный ремонт – 1-2 %.

В Европе и в Скандинавии практически ни один ремонт эксплуатирующихся систем водоснабжения и канализации не производится с раскопкой грунта.

В практике восстановления изношенных трубопроводов достаточно широкое распространение получил метод введения во внутреннюю полость трубопровода секций из пластмассовых труб. Этот метод позволяет продлить срок работоспособности трубопровода, однако, при этом снижается его пропускная способность.

На основании анализа восстановления изношенных трубопроводов методом футерования пластмассовыми трубами предлагается следующая классификация этой технологии по следующим признакам:

1. Цель проведения футерования и состояние ремонтируемого трубопровода:
 - а) Использование остаточной несущей способности трубопровода, когда по причине коррозии внутренней поверхности стенки труб возникла опасность разрушения или появления сквозных свищей, а, следовательно, нарушение герметичности трубопровода;

- b) Ликвидация нарушения герметичности трубопровода при отсутствии доступа к месту разгерметизации с наружной стороны трубопровода;
 - c) Использование трубопровода по другому назначению; например, использование нефтепровода для подачи питьевой или технической воды и др.
 - d) Отсутствие возможности переукладки трубопровода, например, подводный переход, густозаселённый район и др.
2. Оболочки, используемые для футерования:
- a) Трубы пластмассовые с продольными гофрами;
 - b) Трубы пластмассовые;
 - c) Рукава полимерные.
3. Метод введения секций пластмассовых труб в трубопровод:
- a) Протаскивание с помощью тянущего троса;
 - b) Проталкивание.
4. Вид взаимодействия стенки трубопровода и футерирующей оболочки:
- a) Непосредственный контакт футерирующей оболочки с трубопроводом;
 - b) Межтрубный зазор (оболочка – трубопровод) заполнен жидкостью;
 - c) Межтрубный зазор заполнен отверждающейся композицией.

Наиболее прогрессивным методом восстановления трубопровода является метод протаскивания в трубопровод секций из пластмассовых труб, который включает в себя операции вскрытия и вырезки концевых участков трубопровода, протаскивание троса в стальной трубопровод по средствам пробок с подачей сжатого воздуха или воды, шаблонирование канала трубопровода, сварку секций пластмассового трубопровода, заливку межтрубного пространства тампонажным раствором и соединение футерованных участков между собой.

Общепринятая технология футерования трубопроводов определяется степенью повреждения трубопроводов, то есть без или с нарушением герметичности. В первом случае трубопровод разбивается на участки в зависимости от рельефа местности и технической возможности протаскивания на участках секций пластмассовых трубопроводов, во втором случае места со сквозными свищами являются также границами участков. По концам участков трубопровод вскрывается, и вырезаются катушки. После этого один коней участка трубопровода оснащается фланцем, к которому крепится фланец с лубрикатором

для троса и патрубком для подачи от насоса воды или сжатого воздуха с целью проталкивания пробки с тросом до конца участка (рисунок 1).

Подготовленная секция из пластмассовых труб и оснащённая оголовком протаскивается в трубопровод лебедкой или трактором (рисунок 2). В зависимости от величины рабочего давления трубопровода может быть осуществлена заливка межтрубного пространства тампонажными растворами (цементно-глинистыми, глино-цементными) (рисунок 3). Основными физико-химическими свойствами тампонажных растворов являются: подвижность, сроки схватывания, время загустевания, напряжение сдвига, плотность раствора и механические свойства цементного камня. Сроки схватывания этих смесей составляют около 10 мин. Процесс заливки межтрубного пространства осуществляется с помощью смесительных и заливочных агрегатов, используемых при сооружении скважин. Полное вытеснение воздуха из межтрубного пространства, исключающее образование воздушных шапок на верхних перегибах профиля трубопровода, обеспечивается гель-пробкой, идущей перед потоком заливочной композиции.

В последнюю очередь секции полиэтиленовых труб на отремонтированных участках соединяются между собой фланцевым соединением, устанавливается рубашка из стальной трубы и производится аналогичная заливка межтрубного пространства.

Однако эта классическая схема не работает при проведении ремонта подводных переходов трубопроводов со сквозным повреждением. Сложность вызывает наличие сквозного свища, так как не представляется прогнать пробку с тросом по причине падения давления рабочей жидкости после прохождения пробкой сквозного дефекта.

В связи с этим была предложена новая технология протаскивания технологического троса в ремонтируемой участок трубопровода, имеющего сквозное повреждение. Для осуществления этой технологии была разработана система, состоящая из двух устройств-пробок.

Однако пробка, имеющая обратный клапан, узел стопорения и стыковочный элемент, проталкиваемая рабочей жидкостью, тащит за собой трос. После прохождения сквозного свища давление рабочей жидкости в трубопроводе падает, пробка останавливается и стопорится от обратного хода.

После этого с другого конца ремонтируемого участка трубопровода по аналогичной схеме запускается другая пробка. При этом застопоренная первая пробка через обратный клапан перепускает воздух и жидкость, вытесняемые второй пробкой. После чего, стыковочный элемент второй пробки взаимодействует со стыковочным элементом первой пробки.

По оценке ситуации процесса стыковки двух пробок принимается решение в сторону какого конца ремонтируемого трубопровода извлекаются состыкованные устройства-пробки. Таким образом, через трубопровод с потерянной герметичностью пропускается трос для обеспечения протаскивания в него секции полиэтиленовых труб.

Весьма интересен в этом отношении опыт производства восстановительных работ методом протяжки петель полиэтиленовых труб на основании работы зарубежных и отечественных фирм. В работе [6] приведены экономические показатели такого характера работ, сведённые в табл. 1.

Как видно из этой таблицы затраты на выполнение восстановительных работ по этому методу составляют 30-50% от стоимости нового строительства, а экономия средств – 50-70%. Вот почему метод протяжки петель полиэтиленовых труб во многих странах (США, Швейцария, Италия, Франция и др.) становится одним из основных методов структурного восстановления эксплуатируемых трубопроводов. Он применяется для восстановления металлических трубопроводов в тех случаях, когда восстановление способом цементной облицовки невозможно из-за значительного проржавления труб, потери прочности и пластичности стали или наличия большого количества дефектных стыков, например, в чугунных трубопроводах. Этот способ практически единственно пригодный для восстановления герметичности неметаллических трубопроводов.

Отечественный опыт также подтверждает высокую эффективность метода протяжки петель полиэтиленовых труб, достигаемую за счёт снижения более чем в 8 – 10 раз объёмов земляных работ, простоты и дешевизны самой технологии производства работ, исключения вскрытия дорог и проездов, сохранения зеленых насаждений, высокой производительности работ и меньшего срока их восстановления.

Таблица 1

Сравнительные показатели стоимости замены и восстановления эксплуатируемых трубопроводов методом протяжки плетей стандартных полиэтиленовых труб с образованием межтрубного зазора

| Условный диаметр эксплуатируемого трубопровода, мм | Диаметр полиэтиленовых труб, мм | Стоимость восстановления трубопроводов с образованием межтрубного зазора, тыс. р/км | | | | Стоимость нового строительства в стеснённых условиях, тыс. р/км | Отношение стоимостей |
|--|---------------------------------|---|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|----------------------|
| | | Всего | В том числе | | | | |
| | | | Стоимость полиэтиленовых труб | Стоимость технологических работ | Стоимость очистки трубопроводов | | |
| Водопроводная сеть | | | | | | | |
| 200 | 180 | 10,4 | 2,5 | 1,9 | 6,0 | 35,9 | 29 |
| 250 | 225 | 12,0 | 3,8 | 2,0 | 6,2 | 39,7 | 30 |
| 300 | 280 | 14,5 | 5,8 | 2,3 | 6,4 | 43,8 | 33 |
| 350 | 315 | 16,3 | 7,3 | 2,5 | 6,5 | 51,5 | 32 |
| 400 | 355 | 18,9 | 9,2 | 3,2 | 6,5 | 60,4 | 31 |
| 500 | 450 | 25,1 | 14,5 | 4,0 | 6,6 | 80,8 | 31 |
| 600 | 560 | 33,9 | 22,4 | 4,4 | 7,1 | 95,5 | 35 |
| Водоводы | | | | | | | |
| 700 | 630 | 49,4 | 27,7 | 5,7 | 16,0 | 82,1 | 60 |
| 800 | 710 | 65,2 | 37,0 | 8,2 | 20,0 | 101,0 | 64 |
| 900 | 800 | 77,5 | 46,0 | 9,0 | 22,5 | 113,5 | 69 |
| 1000 | 900 | 90,8 | 56,8 | 10,0 | 24,0 | 131,2 | 69 |
| 1200 | 1000 | 121,3 | 69,8 | 13,0 | 38,5 | 168,3 | 72 |

Основные показатели метода, полученные на основании обобщения и анализа имеющихся публикаций и опыта ВНИИВодгео, представлены в таблице 1 и 2 соответственно для его двух разновидностей: с образованием и без образования межтрубного кольцевого зазора при использовании стандартных полиэтиленовых труб лёгкого и среднелёгкого типов.

Приводится также сравнение со строительством новых трубопроводов (взамен приходящих в непригодность для дальнейшей эксплуатации) в расчёте для стеснённых условий производства строительных работ.

Рассмотрены варианты использования для протяжки полиэтиленовых труб нового сортамента – с уменьшенной толщиной стенки, т.е. специально изготавливаемых для восстановления трубопроводов, как со стандартным размером

наружного диаметра, так и со специальным размером, требуемым для последующего термостатического обжатия.

Данные табл. 1 и 2 показывают, что при использовании стандартных полиэтиленовых труб типа Л с образованием межтрубного кольцевого зазора стоимость восстановления трубопроводов составляет 29-35% для водопроводных сетей и 60-72% - для водоводов, а при использовании в 2 раза более тонких труб того же диаметра и в связи с этим более дешевых - соответственно 22-26 и 41-51%.

Для восстановления изношенных трубопроводов иногда выбирают полиэтиленовые трубы с диаметром больше, чем внутренний диаметр ремонтируемого трубопровода. В этом случае проводится предварительная термическая обработка пластмассовой трубы с целью уменьшения наружного диаметра до требуемых для протяжки размеров. После протяжки диаметр полиэтиленовой трубы увеличивается до упора в восстанавливаемый трубопровод, тем самым исключается образование межтрубного зазора. Стоимость такого восстановления эксплуатируемых трубопроводов составляет 35-43% для водопроводной сети 75-94% - для водоводов от стоимости их замены (нового строительства). Если при этом будут использованы специальные более тонкие трубы (в 2 раза по сравнению с типом Л), то относительная стоимость производства восстановительных работ уменьшится и составит 28-31% для водопроводной сети и 53-64% - для водоводов.

В табл. 1 и 2 дана сравнительная оценка стоимости только прямых затрат на восстановление эксплуатируемых трубопроводов, не учитывая при этом различия в стоимости электроэнергии, требуемой для транспортирования воды по восстановленным трубопроводам.

Восстановленные по прогрессивным технологиям трубопроводы отличаются высокой и стабильной пропускной способностью в течение всего дальнейшего срока эксплуатации, в то время как новые трубопроводы, не имеющие внутренних защитных покрытий, характеризуются непрерывным зарастанием внутренней поверхности, уменьшением пропускной способности, что приводит к постоянному увеличению стоимости транспортирования 1 м³ воды.

Таблица 2

Сравнительные показатели стоимости замены и восстановления эксплуатируемых трубопроводов методом протяжки плетей стандартных и специальных (утонченных) полиэтиленовых труб без образованием межтрубного кольцевого зазора

| Условный диаметр эксплуатируемого трубопровода, мм | Диаметр полиэтиленовых труб, мм | Стоимость восстановления трубопроводов с образованием межтрубного зазора, тыс. р/км | | Стоимость нового строительства в стеснённых условиях, тыс. р./км | Отношение стоимостей | |
|--|---------------------------------|---|---|--|----------------------|---------------|
| | | стандартных полиэтиленовых труб, проходящих термостатическую обработку, тыс. р/км | специальных (утонченных) труб, проходящих термостатическую обработку, тыс. р/км | | стандартных | нестандартных |
| Водопроводная сеть | | | | | | |
| 200 | 225 | 12,7 | 10,8 | 35,9 | 35 | 30 |
| 250 | 280 | 15,0 | 12,1 | 39,7 | 38 | 30 |
| 300 | 315 | 17,1 | 13,5 | 43,8 | 39 | 31 |
| 350 | 355 | 19,4 | 14,8 | 51,5 | 38 | 29 |
| 400 | 400 | 22,8 | 17,0 | 60,4 | 38 | 28 |
| 500 | 500 | 30,5 | 21,6 | 80,8 | 38 | 27 |
| 600 | 630 | 41,4 | 28,0 | 95,5 | 43 | 29 |
| Водоводы | | | | | | |
| 700 | 710 | 61,7 | 43,0 | 82,1 | 75 | 53 |
| 800 | 800 | 78,3 | 55,0 | 101,0 | 77 | 55 |
| 900 | 900 | 92,8 | 64,4 | 113,5 | 82 | 57 |
| 1000 | 1000 | 108,8 | 74,0 | 131,2 | 82 | 56 |
| 1200 | 1200 | 157,6 | 107,7 | 168,3 | 94 | 64 |

При учёте затрат на электроэнергию эффективность восстанавливаемых трубопроводов в сравнении с новыми трубопроводами ещё более возрастает.

Кроме того, использование бестраншейных технологий способствует существенному сокращению утечек из трубопроводов. Коренное улучшение состояния инженерных коммуникаций является общегосударственной проблемой,

так как потери в трубопроводных системах наносят невосполнимый ущерб нашей экономике и экологии окружающей среды.

По разработанной технологии было проведено восстановление двух ниток подводного перехода газопровода Кураского-ТЭЦ-3 со сквозным повреждением через реку Белая длиной 750 м, диаметром 273 и 219 мм на рабочее давление 0,6 МПа.

Помимо этого совместно с «Уфаводоканал» был восстановлен ряд изношенных участков водопроводов и перемычек водопроводов, проходящих под рядом улиц города Уфы диаметром 159 и 219 мм путём введения в них секций полиэтиленовых труб соответственно типа SDRП 110×10 мм и SDRП 160×14,6 мм. Восстановленные участки были испытаны, подключены к системе и успешно эксплуатируются на протяжении последних нескольких лет.

Литература

1. Ромейко В.С. Подземный Чернобыль – мрачная фантазия или близкая реальность? //Трубопроводы и экология. – 1988; №1. - с. 4.
2. Ромейко В.С. Сколько пластмассовых труб нужно России? //Трубопроводы и экология . – 1998. №3. – с. 5.
3. Агапчев В.И., Премяков Н.Г. Восстановление изношенных трубопроводов путем введения в них пластмассовых труб. Прикладная синергетика и проблемы безопасности. // Сборник научных трудов / Редкол.: Р.Г. Шарифеев и др. – Уфа: ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2003, с. 43-47.
4. Ладыгин И.В. Есть ли бестраншейные технологии в России. Трубопроводы и экология. – 2001; №4. – с. 25-28.
5. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. – М.: Прима-Пресс. М., 2002, с. 283
6. Защита трубопроводов от коррозии. Под ред. В.С. Ромейко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Изд-во ВНИИПМ», 2002. – с. 218.