

# ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ. ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

**И.А. Королева**, вице-президент, Incal Pipe Rehabilitation (США); **А.С. Ляндрес**, вице-президент, Selmers Technology B.V. (Нидерланды);  
**А.А. Сурис**, генеральный директор, ООО «Селрус» (Москва)

Сеть магистральных трубопроводов России составляет на сегодняшний день более 200 тыс. км, из них 168 тыс. – магистральные трубопроводы единой системы газоснабжения ОАО «Газпром», более 50 тыс. – магистральные нефтепроводы ОАО АК «Транснефть» и неучитываемое количество магистральных водоводов, принадлежащих региональным управлениям водоканалов.

Возраст значительной части этих трубопроводов превышает 30 лет. Прокладка многих участков и даже целых линий производилась еще в 1970–1980-х гг. с использованием битумной и пленочной изоляции, которая за это время практически полностью отработала свой ресурс.

До последнего времени замена изоляционного покрытия нефтепроводов велась в весьма ограниченных масштабах и только непосредственно на ремонтируемом участке трассы. Такой ремонт производился исключительно в трассовых условиях с вырезкой ремонтируемого сегмента или на действующем нефтепроводе при пониженном давлении. В случае газопроводов задача дополнительно усложняется тем, что проведение ремонтных работ на действующем газопроводе слишком опасно, и в связи с этим работы проводятся на отключенном участке – чаще всего на бровке траншеи. Следует отметить, что полная диагностика трубы затруднена, ремонт дефектов ограничен, климатические условия многих регионов также накладывают ограничения на выбор новой изоляционной системы. В результате качество вновь наносимого в полевых условиях покрытия не позволяет рассчитывать на длительный дополнительный срок службы восстановленного трубопровода.

В последние годы получила развитие тенденция ремонта труб в заводских условиях: использованные трубы вы-

резаются из участка трубопровода, доставляются на базу, где происходит их ремонт, диагностика и нанесение новой изоляции. В частности, такие заводы успешно функционируют в г. Копейске Челябинской области и в г. Тимашевске Краснодарского края. После соответствующей обработки трубы демонтированных участков могут быть вновь использованы для прокладки новых или ремонта существующих участков трубопроводов или же, при коррозионных повреждениях, несовместимых с применением в нефте- или газопроводах, – в качестве труб для строительства или ремонта водоводов, строительных конструкций и свай и для других производственных целей. Повторное использование демонтированных труб дает положительный экономический эффект, т.к. стоимость восстановленных труб может быть значительно ниже, чем аналогичных новых труб при равных эксплуатационных характеристиках. Учитывая имеющийся опыт проектирования и поставки необходимого для таких заводов оборудования, компании Incal Pipe Rehabilitation (США) и Selmers (Нидерланды) в 2013 г. подписали со-

глашение о стратегическом сотрудничестве в области создания баз для заводского восстановления изоляции магистральных трубопроводов и создали концепцию завода, которая в целом или отдельными частями может быть предложена крупным компаниям для реализации этих целей.

## **ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЗАВОДА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ТРУБ**

Описываемый комплекс оборудования состоит из двух цехов с промежуточной зоной для складирования труб, прошедших диагностику и ремонт с положительным результатом и подлежащих переизоляции. В зависимости от конфигурации площадки возможны различные варианты планировки завода.

В первом цехе располагается оборудование для снятия старой изоляции с внешней поверхности труб водой под высоким давлением, очистки внутренней поверхности труб от старой изоляции и различных загрязнений; участок диагностики и ремонта очищенных труб, включающий оборудование для инспекции и ремонта, подготовки торцов и нарезки фаски,

а также сварочный стенд для сварки катушек и труб. Второй цех завода предназначен для нанесения нового изоляционного покрытия на обработанные старые и новые трубы и содержит линию для наружной дробеметной очистки и нанесения трехслойного полиэтиленового или полипропиленового покрытия на внешнюю поверхность труб и линию для внутренней дробеметной очистки и нанесения внутреннего покрытия.

### СНЯТИЕ СТАРОГО ИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ И ОЧИСТКА ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРУБ

Широко применявшиеся в прошлом механические способы очистки труб от старой изоляции (металлическими щетками с последующей абразивной очисткой) не дают желаемого результата. При механической очистке частицы коррозионных отложений и снятая изоляция попадают внутрь коррозионных каверн, а также приклеиваются к трудноочищаемой области сварных швов, приводя таким образом к продолжению коррозионных процессов под вновь нанесенным покрытием. На сегодняшний день самым эффективным способом удаления старого изоляционного покрытия, коррозионных отложений, растворимых солей и загрязнений является технология очистки водяными струями под высоким давлением. Несмотря на мощный эффект очистки, поверхность трубы не повреждается ни в какой степени. Следует отметить, что новое изоляционное покрытие будет соответствовать заявленным характеристикам только при условии его нанесения на тщательно очищенную поверхность. Струи воды под высоким давлением снимают битумное или пленочное покрытие до голого металла, оставляя после очистки поверхность класса ST2 для инспекции и оценки поверхности на наличие коррозии или стресс-коррозионного растрескивания. Технология гидроочистки также применима и для удаления современных двух- и трехслойных заводских покрытий. На внутренней поверхности труб, как правило, также имеются различные загрязнения – старая изоляция, продукты коррозии, остатки продуктов перекачки и т.д., которые также удаляются струями воды под высоким давлением.

Производительность систем в значительной степени зависит от состояния и типа старого изоляционного покрытия, коррозионного состояния трубы и ее диаметра и доходит до 2–4 труб в час для труб большого диаметра (1020–1420 мм). При этом вакуумная система удаления отходов делает этот процесс значительно более «чистым», чем механическая очистка. Вид трубы после очистки показан на фото 1.



По подводящему конвейеру через систему уплотнений труба подается в блок гидроочистки, где происходит удаление старого изоляционного покрытия, продуктов коррозии и растворимых солей с внешней поверхности. Внутри камеры струи воды под давлением до 3000 атмосфер направляются на поверхность трубы, очищая ее до голого металла. Очистка производится двумя роторными узлами высокого давления и фиксированным манифолдом с форсунками. Скорость узлов вращения можно регулировать, так же как скорость вращения и скорость поступательного движения трубы, определяемых конвейерной системой. Эта гибкость гарантирует оптимальную очистку разнообразных покрытий с максимальной производительностью.



Внутри старой трубы всегда присутствуют некоторые отложения. Это могут быть окалина, продукты коррозии, черный порошок, остатки транспортируемого продукта и грязь, которые необходимо удалить до нанесения нового покрытия. Такая очистка также осуществляется струями воды

под высоким давлением. Очистная головка – это устройство, оснащенное четырьмя рычагами, на которых установлены форсунки. Удлинитель различного размера используется для регулирования расстояния от форсунки до стенки трубы для различных диаметров труб. Зазор около 40 мм является оптимальным для обеспечения эффективной очистки. Очистная головка крепится на штанге, которая приводит ее в начальную позицию, затем посредством электродвигателя обеспечивается ее перемещение вдоль трубы. Скорость поступательного движения штанги может регулироваться в зависимости от того, как происходит удаление отложений.



Для обеспечения продолжительной и эффективной работы насосов высокого давления и распылителей очень большое значение имеет качество воды. Иногда используется дополнительная система подготовки воды, которая обеспечивает качество воды, требуемое для системы гидроочистки. Сбор отработанной воды и снятой изоляции осуществляется вакуумной системой, которая состоит из вакуумного устройства, пылеуловителя с рукавными фильтрами и необходимых панелей управления. Вакуумное устройство представляет собой воздуходувку высокой производительности, подключенную к верхней части пылеуловителя с рукавными фильтрами посредством вакуумного шланга. Вакуум создается вакуумным насосом с приводом от электродвигателя. Вода и материал покрытия транспортируются из блоков внешней и внутренней очистки в пылеуловитель с рукавными фильтрами за счет воздушного потока большого объема. Пылеуловитель

включает фильтры, в которых происходит сепарация воды и изоляционного материала от воздушного потока, созданного вакуумной системой. Внутреннее шнековое устройство перемещает воду и остатки изоляционного материала к разгрузочному клапану, установленному в нижней части блока. Разгрузочный клапан позволяет транспортировать воду и остатки изоляции в контейнер, где они могут подвергаться дальнейшей переработке.

## УЧАСТОК ДИАГНОСТИКИ И РЕМОНТА ОЧИЩЕННЫХ ТРУБ, ПОДГОТОВКА ТОРЦОВ, ВЫРЕЗКА И СВАРКА КАТУШЕК

После очистки труб от старой изоляции они поступают на участок диагностики и ремонта, где выполняется проведение автоматизированной диагностики и наружного обследования труб методами неразрушающего контроля на стационарных диагностических комплексах. В частности, происходит контроль основного металла труб, заводских и монтажных сварных соединений с применением сканеров-дефектоскопов. Здесь же происходит визуальный и измерительный контроль таких дефектов, как коррозионное уменьшение толщины стенки труб на большой площади, вмятин, гофр; вихретоковый контроль коррозионного растрескивания под напряжением глубиной менее 10% от толщины стенки труб, а также определение геометрических размеров дефектов. Ультразвуковой и магнитнопорошковый контроль позволяют выявить металлургические дефекты и коррозионное растрескивание под напряжением. При необходимости можно также измерять твердость и анализ химического состава металла трубы для освидетельствования и оформления документов качества. В зависимости от требований заказчика станции инспекции и ремонта могут быть оснащены оборудованием для проведения различных видов контроля и ремонта.

Все полученные результаты вносятся в программу мониторинга и учета, на поверхность трубы маркером наносятся границы и области выявленных дефектов, аббревиатура видов ремонта, метки для выполнения разделения на катушки. По результатам обследования отбракованные трубы поступают на склад для дальнейшего использования в качестве строительных конструкций. Трубы, не требующие

ремонта и пригодные для повторного применения, направляются на установку подготовки кромок. Трубы, требующие ремонта или разделения на катушки, направляются в блок ремонта. Ремонт труб выполняется шлифовкой или сваркой (наплавкой), производится разделение на катушки с минимальной длиной не менее 4 м. В установке подготовки кромок производится механическая нарезка фасок под сварку с двух сторон. Катушки длиной менее 8 м направляются в блок сварки, где происходит соединение катушек в секцию длиной в диапазоне 8–12 м.

Пригодные для дальнейшего использования отремонтированные трубы и секции поступают на промежуточный склад для передачи в цех покрытия.

## ЛИНИЯ ДЛЯ НАРУЖНОЙ ДРОБЕМЕТНОЙ ОЧИСТКИ И НАНЕСЕНИЯ ТРЕХСЛОЙНОГО ПОЛИЭТИЛЕНОВОГО ИЛИ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО ПОКРЫТИЯ



Годные для покрытия трубы подаются на конвейер дробемета, который подает трубу к станции предварительного нагрева до температуры около 50 °С для удаления влаги и улучшения качества процесса дробеметной очистки. В установке дробеметной очистки поверхность трубы очищается путем выбрасывания абразива на трубу с большой скоростью с помощью вращающихся турбин. Дробемет снабжен системой рециркуляции и очистки абразива. Очистка воздуха, отсасываемого от дробемета, производится в пылесборнике, после которого воздух может возвращаться в рабочую зону.

После очистки труба сбрасывается на станцию продувки для удаления пыли и дробы, попавшей внутрь трубы в процессе дробеметной очистки, а затем на инспекционную станцию, где проверяется качество наружной очистки. При необходимости дефектные трубы могут отводиться назад для повторения цикла очистки по возвратному конвейеру. Затем трубы передаются на изоляционный конвейер.

Перед нанесением трехслойного покрытия происходит нанесение так называемого нулевого слоя из водной суспензии солей хроматов, которое осуществляется в установке хроматирования с помощью вращающейся щетки, проходящей через ванну с хроматом и наносящей его на трубу. Эта операция необходима для улучшения водостойкости адгезии покрытия при повышенных температурах. При этом для более быстрого высыхания слоя хромата труба сразу же нагревается в печи газового нагрева до температуры около 80 °С.

Благодаря высокой температуре трубы хромат быстро (в течение 20–40 сек) высушивается. Затем трубы нагреваются в печи индукционного нагрева до температуры 180–220 °С и подаются на узел нанесения трехслойного покрытия.

Процесс нанесения трехслойного покрытия состоит из следующих операций:

- порошковый эпоксидный праймер электростатически напыляется на горячую трубу в установке для нанесения праймера;
- через определенный промежуток времени на трубу наносится слой ад-



гезива, экструдированный в горячем состоянии из экструдера адгезива с плоской головкой;

- сразу после нанесения слоя адгезива наносится слой основного покрытия из полиэтилена, который также наносится на трубу в виде горячей экструдированной ленты из экструдера полиэтилена с плоской головкой;
- адгезив и полиэтилен прижимаются к поверхности трубы прижимными роликами с системой компенсации толщины покрытия на зоне сварного шва.

Из зоны нанесения покрытия труба перемещается в зону охлаждения, где она охлаждается до температуры около 60 °С. В системе охлаждения вся поверхность трубы интенсивно обливается водой, которая затем собирается в ванне под конвейером зоны охлаждения и рециркулируется через градирню.

В конце конвейера трубы передаются к станции для очистки концов, на которой происходит снятие покрытия с концов труб на длине 150–250 мм с помощью мощных щеточных машин с пневматическим прижимом, которые очищают конец трубы на заданную длину.

Затем трубы передаются на инспекционную станцию. На инспекционной станции труба проходит высоковольтный дефектоскоп, который проверяет качество покрытия на сплошность и отсутствие пробоев. Испытательное напряжение может иметь величину до 30 киловольт в зависимости от толщины и типа покрытия. На инспекционной станции также происходит маркировка труб.

### ЛИНИЯ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ ДРОБЕМЕТНОЙ ОЧИСТКИ И НАНЕСЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО ПОКРЫТИЯ

Трубы, подлежащие внутреннему покрытию, подаются с линии наружного покрытия на входной конвейер, а затем на установку внутренней дробеметной очистки. Очистка трубы производится с помощью дроби, разгоняемой механической турбиной, приводимой во вращение гидромотором. Установка снабжена мощной системой вытяжки, которая высасывает остатки дроби и пыли из трубы, а также системой сепарации и регенерации, которая обеспечивает отделение дроби от пыли и повторное использование дроби до ее окончательного размельчения.

На установке покрытия происходит смешивание компонентов двухкомпонентной жидкой краски в нужной пропорции и ее нанесение на внутреннюю поверхность трубы с помощью безвоздушной системы распыления. Затем нанесенное покрытие подвергается сушке горячим воздухом с температурой около +60–70 °С в нагревательной установке. Время сушки составляет около 40–60 мин. и зависит от характеристики применяемой краски.

Производительность линий покрытия составляет примерно от 4 до 6 труб (50–70 м) в час для труб диаметром 1020–1420 мм.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная концепция заводского восстановления труб, демонтированных из трубопроводов, позволяет

обеспечить длительный дополнительный срок службы обработанных на заводе труб, что значительно снижает затраты при расчете стоимости проектов по ремонту и восстановлению труб.

Полученные таким образом трубы с покрытием полностью отвечают самым высоким стандартам, в частности техническим условиям на трубы с покрытием ОАО «Газпром» и ОАО «АК «Транснефть», ГОСТ Р 51164-98 и основным международным стандартам, и могут быть использованы для дальнейшего применения в системе магистральных трубопроводов.

Следует отметить, что, несмотря на достаточно высокую стоимость первоначальных инвестиций в такое производство, повторное применение труб является выгодным экономическим проектом.



**Селмерс Текнолоджи Б.В.**  
**Biesland 3, P.O. Box 628**  
**1940 AP Beverwijk**  
**The Netherlands**  
**Тел.: +32 (251) 21-19-99**  
**Факс: +31 (251) 22-07-77**  
**e-mail: mail@selmers.nl,**  
**sales@selmers.nl**  
**www.selmers.nl**



**Incal Pipe Rehabilitation, Inc.**  
**4610 Banning Dr.,**  
**Houston, Texas, 77027 USA**  
**Тел.: +1-713-621-6637,**  
**+49-40-51313731**  
**www.incalpipe.com**  
**Irina.koroleva@incalpipe.com**



**ООО «Селрус»**  
**125080, Москва,**  
**ул. Сурикова, д. 24**  
**Тел./факс: +7 (499) 158-99-50,**  
**195-95-24**  
**e-mail: info@selrus.ru**  
**www.selrus.ru**