

# Покрyтия для стальных труб — повышение долговечности работы трубопроводов

**И.Ф. Калачёв**

д.т.н., первый зам. директора<sup>1</sup>

**М.В. Швецов**

директор<sup>2</sup>

**Г.Б. Бикбов**

директор<sup>1</sup>

**М.В. Калачёв**

инженер<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ООО «ТТД Татнефть», Лениногорск, Россия

<sup>2</sup>БМЗ ОАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, Бугульма, Россия

<sup>3</sup>«ТатНИИнефтемаш», Казань, Россия

**Ежегодно в России вводятся в эксплуатацию многокилометровые промышленные трубопроводы различных диаметров и назначения. Многие нефтегазодобывающие предприятия имеют на своем балансе тысячи трубопроводов, которые прослужили 20 и более лет. На промыслах поздней стадии разработки из-за резкого увеличения обводненности добываемой нефти скорость внутренней коррозии трубопроводов возросла в среднем с 0,4 до 6 мм в год. В настоящее время средний срок службы стальных незащищенных труб составляет три года вместо 10, водоводов для подтоварной воды — 2 года, а в сероводородсодержащих средах срок службы труб без покрытия меньше еще в три-четыре раза нормативных сроков [1]. Это серьезная экономическая и экологическая проблема.**

**Ключевые слова**

трубы, трубопровод, коррозия, наружное покрытие, внутреннее покрытие

Компания ПАО «Татнефть» уже более 30 лет разрабатывает технологии и организует защиту от коррозии для внешних и внутренних поверхностей стальных труб. Так, созданы производственные мощности изготовления труб повышенной надёжности для транспортирования любых нефтепромысловых сред. Совместно с фирмами «Тьюбоскоп Ветко» (США) и «Бандера» (Италия) на БМЗ разработали технологию и освоили производство труб с покрытиями нефтяного сортамента производительностью более 2000 км/год [2]. Гибкая методика позволяет использовать как жидкие, так и порошковые краски с различными конструкциями соединений (сварные с подкладными вставками, с протекторными кольцами, с втулками, с покрытиями, с механическими соединениями и т.д.).

Для наружной изоляции стальных трубопроводов наиболее часто применяются следующие типы заводских покрытий:

- а) эпоксидное;
- б) полиэтиленовое;
- в) полипропиленовое;
- г) комбинированное;
- д) ленточно-полиэтиленовое.

Долгое время на БМЗ применялось двухслойное полиэтиленовое покрытие, которое состоит из адгезионного подслоя на основе термоплавкой полимерной композиции толщиной 250–400 мкм и наружного полиэтиленового слоя толщиной от 1,6 до 3,0 мм. В зависимости от диаметров труб, общая толщина покрытия составляет не менее 2,0 мм (для труб диаметром до 273 мм включительно) и не менее 3,0 мм для остальных диаметров труб. При соблюдении правил сооружения и эксплуатации, двухслойное покрытие способно обеспечить защиту трубопроводов от коррозии на срок до 30 лет.

Трехслойное полиэтиленовое покрытие труб имеет еще один слой — эпоксидный праймер, который обеспечивает повышенную адгезию покрытия к стали, водостойкость адгезии и стойкость покрытия к катодному отслаиванию. Полимерный адгезионный подслоя является вторым, промежуточным слоем в конструкции трехслойного покрытия. Его функции состоят в обеспечении сцепления (адгезии) между полиэтиленовым

наружным слоем и внутренним эпоксидным слоем (барьер для газопроницаемости).

Наружная полиэтиленовая оболочка имеет низкую влагопроницаемость и выполняет функции «диффузионного барьера» и обеспечивает покрытие высокую механическую и ударную прочность. Сочетание всех трех слоев делает этот вид покрытия одним из наиболее эффективных наружных защитных покрытий трубопроводов. С момента внедрения технологии трехслойной полиэтиленовой изоляции труб на БМЗ ПАО «Татнефть» г. Бугульма из отечественных материалов прошло 12 лет. Трехслойное полиэтиленовое покрытие отвечает самым современным техническим требованиям и способно обеспечить эффективную защиту трубопроводов от коррозии на продолжительный период их эксплуатации — более 40 лет.

Внутренние покрытия обеспечивают трубопроводу ряд преимуществ в дополнение к защите от коррозии, таких как улучшенные характеристики потока и снижение энергопотребления на прокачку, упрощенную инспекцию труб при строительстве, защиту от коррозии при хранении труб, более легкую очистку трубопровода. Без использования правильной технологии нанесения даже самые лучшие покрытия не будут обеспечивать получение ожидаемых характеристик, так как сцепление со стальной поверхностью трубы является одним из наиболее критически важных факторов для обеспечения длительной работы покрытия. Технологический процесс состоит из четырех этапов:

1. Первым этапом процесса нанесения покрытия является тщательная термическая очистка трубных изделий с целью удаления любых остатков углеводородов. Для этой цели используется нагрев трубы при температуре ~400°C и продолжительностью до 4 ч.
2. Далее производится абразивоструйная обработка оксидом алюминия, создающая структуру шероховатой поверхности, которая способствует увеличению поверхности контакта в 3–4 раза и обеспечивает необходимую адгезию. В качестве стандарта абразивоструйной обработки используется получение белой металлической

# 72%

**ВСЕГО МЕТАЛЛА**  
в нефтегазовой отрасли —  
**ТРУБЫ**



ПО ТРУБОПРОВОДАМ  
**ПЕРЕКАЧИВАЕТСЯ**  
**В 22 РАЗА**  
**БОЛЬШЕ ВЕСА,**

чем перевозится всеми  
другими видами транспорта



Общая протяженность  
трубопровода в России —

# 650

**ТЫС. КМ**



поверхности по международному стандарту NACE № 1, что позволяет обеспечить самый высокий уровень качества покрытия.

- Для нанесения порошковых покрытий используется специальная технология [3].
- Окончательным этапом является отверждение внутреннего покрытия трубного изделия, которое вызывает образование поперечных связей в термореактивных полимерах между слоем (слоями) грунтовки с верхним слоем (слоями), вследствие чего образуется однородное покрытие, которое затем подвергается стандартным методам контроля качества.

Внутреннее покрытие стальных труб подбирается под необходимые свойства:

- Защищать металл труб от коррозии.
- Увеличивать срок эксплуатации трубопровода в 2 и более раз.
- Предотвращать растрескивание стали в сероводородсодержащих средах.
- Препятствовать образованию отложений на внутренней поверхности труб и обеспечивать проходное сечение на протяжении срока эксплуатации.
- Снижать шероховатость поверхности для уменьшения гидравлического сопротивления и уменьшения энергетических потерь не менее чем на 25%.
- Снижать силы поверхностного натяжения транспортируемой жидкости для уменьшения затрат на перекачку, особенно жидкость повышенной вязкости.
- Защищать тело трубы от гидроабразивного износа при наличии в транспортируемой среде абразива.

Также при выборе покрытия необходимо учитывать, что:

- Идеального покрытия не существует. Любое покрытие имеет как преимущества, так и недостатки. Тот, кто утверждает обратное — хочет продать любой ценой.
- Выбор подходящего покрытия — всегда компромисс. Каждый раз, выбирая преимущество в одной области, Вы жертвуете чем-то в других.
- Нельзя рассматривать материал без сопровождения. Материал — лишь часть проблемы выбора. Остаются ещё оборудование для нанесения, технологичность, сервис.
- Нет надёжного покрытия без конструкции соединения и его способа получения и т.д.

Заказчик расставляет приоритеты какие из параметров покрытия являются первичными, самыми важными, а какие

вторичными — ими можно жертвовать для достижения первичных. Сведения о материалах, уже присутствующих на рынке и технологии покрытий постоянно совершенствуются.

За 20 лет применение труб с внутренним и наружным покрытием в трубопроводных системах на нефтепромыслах Татарстана позволило:

- увеличить средний срок службы трубопроводов с 4 до 20 лет;
- уменьшить удельную аварийность в несколько десятков раз;
- уменьшить эксплуатационные затраты на 25%;
- значительно улучшить экологическую обстановку в регионе.

В ПАО «Татнефть» создана целая индустрия по комплексному решению проблемы надежности нефтепромысловых коммуникаций, включающая следующие шаги для достижения положительного результата:

- подготовка кадров;
- входной контроль труб и материалов поступающих от производителей;
- подготовку труб к покрытию (подготовка концов, очистка поверхностей);
- технику и технологию соединения труб с покрытием в трубопровод;
- нанесение внутреннего покрытия и наружной изоляции в цехе;
- защиту сварных стыков в поле;
- контроль качества изготовления, строительства и эксплуатации трубопроводов;
- производство материалов и нестандартного оборудования.

В 2015 году БМЗ ПАО «Татнефть» приступило к изготовлению стальных труб с внутренним и наружным полимерным покрытием диаметрами 76, 89, 114, 159, 219, 273, 325 мм с приварными нержавеющими втулками (ППТВ) толщиной стенки от 3 до 10 мм (рис. 2) в цеховых условиях. В ППТВ для защиты зоны сварных стыков от коррозии используют приварные втулки из специальной нержавеющей стали (08X18H10T или 12X18H10T).

Конструкция ППТВ упрощает процесс сооружения трубопроводов из ППТВ. Трубопроводы, сооружённые из ППТВ, обеспечивают равнопроходное сечение по всему трубопроводу, исключают препятствие прохождению очистных устройств, уменьшают гидравлические потери на транспортирование сред. Уменьшение отложения парафинов и солей в таком трубопроводе достигается не только за счёт равнопроходного сечения, но и за счёт

специального внутреннего покрытия.

Технология изготовления ППТВ в заводских условиях и сооружения из них трубопроводов включает следующие технологические операции:

- Калибруют концы стальных труб.
- Производят механическую обработку торца трубы с изготовлением фаски требуемой геометрии для каждой технологии сварки (электродуговой, лазерной, газовой и т. д.).
- Изготавливают нержавеющие втулки из трубной заготовки согласно чертежу.
- Приваривают втулки из нержавеющей стали к калиброванным концам стальной трубы. Соединение нержавеющей втулки с трубой из углеродистой стали осуществляется при помощи сварки по специальной технологии (рис. 2).
- Производят неразрушающий контроль сварного соединения, в зависимости от требования Заказчика (ультразвуковой, рентгеновский, акустический и т.д.).
- Трубы с приварными нержавеющими втулками подаются в печь для термического удаления жировых отложений с внутренней и наружной стальной поверхности труб (рис. 3).
- Осуществляют нанесение специального покрытия на наружную и внутреннюю поверхность сварки (рис. 4). После контроля качества размещают на концах заглушки (рис. 6), которые оберегают трубы от повреждения во время погрузочно-разгрузочных работ, при транспортировании, хранении и препятствуют попаданию в трубу посторонних предметов, снега и влаги.
- Осуществляют нанесение специального покрытия на наружную и внутреннюю поверхность сварки по вышеописанной технологии.

Сооружение трубопроводов из ППТВ или секций ППТВ в полевых условиях имеет упрощённые технологические операции:

- Осуществляют сборку и сварку стыка нержавеющей втулок известным способом с применением специальных электродов (рис. 5).
- Наносят изоляционную ленту или термоусаживающую муфту на зону полевой стыка согласно ГОСТ [4] (Рис 7, п. 10).
- Осуществляют контроль качества наружного покрытия полевой стыка (толщины, плоскости и т. д) и производят гидравлическое испытание трубопровода.

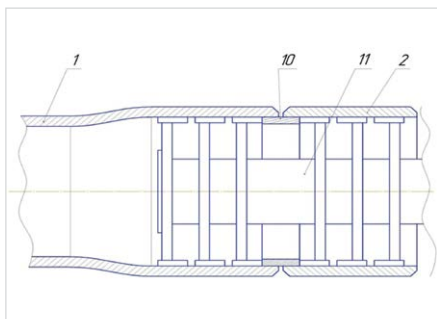


Рис. 2 — Сборка трубы и втулки перед сваркой с помощью центриатора



Рис. 3 — Печь для термического удаления жировых отложений с внутренней и наружной стальной поверхности труб

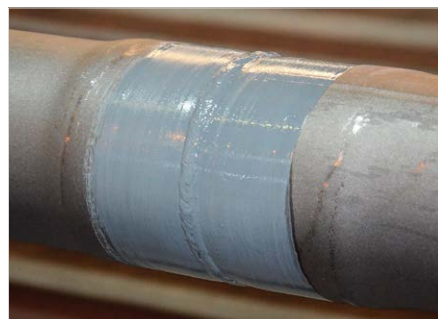


Рис. 4 — Специальное эпоксидное, цинконаполненное покрытие зоны стыка необходимо для увеличения коррозионностойкости и долговечности перед нанесением наружной изоляции при изготовлении плетей из стальных труб с внутренним полимерным покрытием

В среднем трубопроводы должны служить

**20**  
И БОЛЕЕ ЛЕТ



В сложных условиях срок службы стальных труб

**НЕ ПРЕВЫШАЕТ**

**3** ЛЕТ



Скорость **внутренней коррозии** труб —

**ДО 6** ММ В ГОД

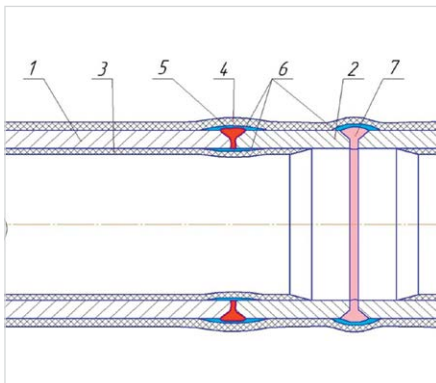


Рис. 5 — Конструкция стыка ППТВ

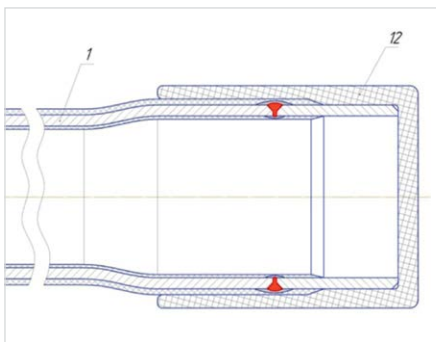


Рис. 6 — Конструкция ППТВ с установленными заглушками

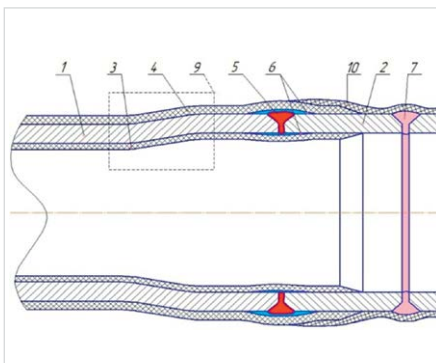


Рис. 7 — Конструкция полевого стыка трубопровода, сооружённого из ППТВ

#### Итоги

Преимущества предлагаемой конструкции трубопровода по сравнению с известными (с подкладными кольцами, втулками и т. п.) заключаются в следующем:

- создание равнопроходного сечения по всему трубопроводу, которое повлияет на уменьшение отложений парафина, солей, на снижение сопротивления потоку перекачиваемой среды и возможности пропуска по трубопроводу очистных снарядов;
- повышается коррозионная стойкость зоны сварного соединения стальных труб с защитными полимерными покрытиями;
- повышается надёжность изоляции полевых стыков ППТВ от агрессивного воздействия перекачиваемой среды и наружной коррозии;
- ускоряются строительные-монтажные работы в полевых условиях, за счёт исключения трудоёмких технологических операций, упрощается технологический процесс соединения металлических труб с внутренним покрытием и наружной изоляцией, при этом существенно снижается себестоимость полевого соединения;
- соединения, выполненные в полевых условиях электродуговой сваркой, отличаются прочностью и надёжностью.

#### Выводы

Предварительный расчёт гидравлических потерь, например, для нефтепровода:

- Ду 219х7 на 1 км с полимерным покрытием составит 2,4 атм. (в трубопроводах без внутреннего покрытия — 3,1 атм.);

- Ду 159х6 на 1 км составит 4,4 атм. (в трубопроводах без внутреннего покрытия — 5,4 атм.).

Сравнительные расчёт стоимости ППТВ по сравнению с ППТ и вставной защитной внутренней втулкой на 01.12.2015 доказывает, что цена погонного метра в целом одинаковые. Если учесть технологические эффекты (уменьшение гидравлических потерь более 20%, уменьшение отложения парафинов и солей в трубопроводе более чем в два раза), то дополнительные затраты на изготовление ППТВ по сравнению с трубами без внутреннего покрытия, окупятся менее чем за 10 месяцев. Трубопроводы, сооружённые из ППТВ, превосходят по всем показателям трубопроводами с внутренними подкладными устройствами.

#### Список литературы

1. Калачев И.Ф. Снижение износа трубопровода использованием защитных покрытий // Экспозиция Нефть Газ. 2011. № 6. С. 8–9.
2. Швецов М.В., Калачев И.Ф. Совершенствование технологии покрытия стальных труб // Экспозиция Нефть Газ. 2014. № 5. С. 48–52.
3. Швецов М.В., Бикбов Г.Б., Калачев И.Ф. Преимущество порошковых покрытий для защиты НКТ // Экспозиция Нефть Газ. 2015. №5. С. 35–37.
4. №ТУ1390-001-00136352-20-16 Трубы стальные с внутренним и наружным полимерным покрытием с приварными втулками из нержавеющей стали (ППТВ).



#### ПРОИЗВОДСТВО

Бугульминский механический завод  
ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина  
423235, РФ, Республика Татарстан,  
Бугульма, ул. Ленина, 146  
+7 (85594) 7-63-35, 7-61-55  
bmz@tatneft.ru  
www.bmz.tatneft.ru



#### РЕАЛИЗАЦИЯ

ООО «Торгово-технический дом Татнефть»  
423250, РФ, Республика Татарстан,  
Лениногорск, ул. Чайковского, 33  
+7 (85595) 9-28-92, 9-29-01  
ttd@tatneft.ru  
www.ttd.tatneft.ru

ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО СОВРЕМЕННОГО И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СПЕЦИАЛИСТАМИ БМЗ БЫЛИ ОСВОЕНЫ НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:

#### 1. Литейное производство

- Изготовление отливок из чугуна и стали.

#### 2. Механическая обработка

- Обработка крупногабаритных корпусных деталей сложной конфигурации.
- Изготовление деталей типа «вал».
- Обработка деталей типа «тел вращения».

- Изготовление цилиндрических зубчатых колес и вал-шестерен.

#### 3. Термическая обработка деталей

#### 4. Сварка

#### 5. Лакокрасочные покрытия

- Нанесение лакокрасочного покрытия методом пневматического распыления.