

Металлопластмассовые трубы с наконечниками из коррозионно-стойкой стали от «ТМС групп»: проверено годами, доказано исследованиями

На сегодняшний день нефтедобывающий комплекс формирует национальную экономику большинства стран и регионов мира. Республика Татарстан не является исключением – здесь нефтегазовому комплексу также уделяется большое внимание, поскольку его продукция составляет значительную часть внешнеторгового оборота республики, способствуя увеличению внутреннего валового продукта. Однако успешное функционирование предприятий нефтегазового комплекса невозможно без надежных, проверенных в ходе многолетнего плодотворного сотрудничества поставщиков, к числу которых относится многопрофильная компания «ТМС групп».

Одним из крупнейших региональных специализированных производителей изолированной трубной продукции повышенной надежности является ООО «ТМС-ТрубопроводСервис» – предприятие, выросшее из структурного подразделения ПАО «Татнефть», в котором совместно работали проектировщики (институт ТатНИПИнефть) и эксплуатационщики – изготовители трубной продукции. Такой тандем давал возможность оперативно решать проблемные вопросы предприятий добычи, в т. ч. обеспечивать эффективное функционирование систем поддержания пластового давления (ППД).

Вопросами коррозии труб ООО «ТМС-ТрубопроводСервис» занимается с 1985 г. За этот период накоплен большой опыт в борьбе с коррозией металла, препятствующей эффективной, надежной и безопасной работе трубопроводного транспорта. Так, силами сотрудников ООО «ТМС-ТрубопроводСервис» удалось решить проблему негативного воздействия на окружающую среду и значительно снизить высокий риск коррозионной опасности, сократив количество порывов на трубопроводах системы ППД ПАО «Татнефть» более чем в 20 раз за счет внедрения металлопластмассовых труб с наконечниками из коррозионно-стойкой стали (МПТК).

МПТК предназначены для сооружения трубопроводов, транспортирующих пластовую, сточную и пресную воду в системе ППД. Продукт получил высокую оценку правительства Республики Татарстан и был награжден дипломом 3-й степени конкурса «Лучшие товары Республики Татарстан» в номинации «Лучшее техническое решение». Рассмотрим подробнее, что представляет собой МПТК и почему именно данная конструкция явилась наилучшим техническим решением, обеспечившим высокий уровень защиты системы ППД от коррозии.

Итак, МПТК – стальная труба, футерованная изнутри полиэтиленовой трубой (оболочкой) и закрепленная коррозионно-стойкими наконечниками для защиты сварного шва. Поначалу проверить надежность эксплуатационных характеристик конструкции МПТК в лабораторных условиях не представлялось возможным из-за отсутствия необходимых методик и стандартов. Поэтому для решения данной проблемы ООО «ТМС-ТрубопроводСервис» совместно с ООО «НПЦ «Самара» провели серию исследований, целью которых являлось подтверждение надежности конструкции МПТК производства ООО «ТМС-ТрубопроводСервис», изготовленной по ТУ 24.20.13-026-67740692-2018 «Трубы

и патрубки металлопластмассовые». Для детального изучения конструкции МПТК было разработано поэтапное техническое задание.

ПЕРВЫЙ ЭТАП

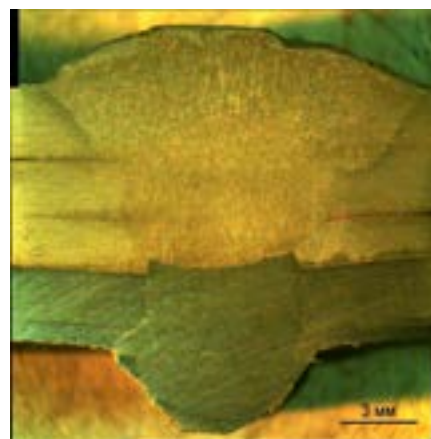
Одной из первых целей проведенных исследований стало определение надежности сварного соединения МПТК в зависимости от способа сварки (электродуговая, полуавтоматическая) и толщины используемого наконечника. Для оценки устойчивости сварного соединения МПТК к воздействию внешних и внутренних напряжений, формируемых в процессе сварки, а также при эксплуатации изделия, были изготовлены образцы, смоделировано и проведено несколько видов испытаний. В частности, на специальном стенде, позволяющем исследовать расчетные изгибающие нагрузки при трехточечном изгибе и при кручении, были смоделированы механические нагрузки, возникающие в ходе строительно-монтажных работ (СМР). Было изучено влияние климатических факторов (перепады температур), проведены микроструктурные исследования, а также механические испытания сварного соединения (определение механических свойств при растяжении, ударной вязкости, стойкости к изгибу).

Таблица 1. Параметры автоклавных испытаний на стойкость к деструкции

Тип полиэтилена	Жидкая фаза	Давление газовой фазы, МПа			Температура, °С	Длительность, ч		
		CO ₂	H ₂ S	N ₂				
Полиэтилен низкого давления	5%-ный раствор NaCl в воде	4	0	0	80	240	720	2400
		0	1	3				
	Нефть	–						
Полиэтилен высокого давления	5%-ный раствор NaCl в воде	4	0	0	40	240	720	2400
		0	1	3				
	Нефть	–						



а)



б)

Рис. 1. Макроструктура сварного соединения МПТК с наконечником толщиной 4 мм: а) электродуговая сварка; б) полуавтоматическая сварка

Макроструктурные исследования, в частности, показали, что сварной шов конструкции МПТК, выполненный в три прохода (рис. 1), имеет четко выраженные зоны формирования сварного шва (корень, облицовочный и заполняющий слой). В макроструктуре сварного соединения конструкции МПТК после проведенных испытаний по моделированию воздействия перепадов температур, а также механических нагрузок на изгиб и кручение трещины по линии сплавления в структуре шва отсутствуют. Далее образцы были подвергнуты механическим испытаниям на статическое растяжение и ударный изгиб в соответствии с ГОСТ 9454–78 «Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах», ГОСТ 6996–66 «Сварные соединения. Методы определения механических свойств», а также на изгиб по ГОСТ 14019–2003 «Материалы металлические. Метод испытания на изгиб» и ГОСТ 6996–66.

По результатам исследований надежности сварных соединений было установлено следующее:

- после проведенных испытаний микротрещины и снижение механических свойств у всех исследуемых сварных соединений отсутствуют;
- наиболее высокие механические свойства при динамических нагрузках показали соединения, выполненные методом полуавтоматической сварки;
- все исследуемые исполнения сварных соединений обеспечивают надежность и равнопрочность конструкции при воздействии внешних и внутренних напряжений в процессе монтажа и эксплуатации.

ВТОРОЙ ЭТАП

На данном этапе специалисты определяли надежность заземления полиэтиленовой оболочки в зависимости от конструкции наконечника и толщины оболочки для футерования. Было, в частности, исследовано влияние количества канавок с учетом длины

и толщины наконечника (2,5 мм; 3 мм – не стандарт; 4 мм – стандарт), а также толщины полиэтиленовой оболочки (3 мм – не стандарт; 4 мм – стандарт). Надежность заземления полиэтиленовой трубы наконечником определялась на образцах по методике, описанной в ТУ 24.20.13-026-67740692-2018 «Трубы и патрубки металлопластмассовые» на стенде ООО «ТМС-ТрубопроводСервис».

На испытательный стенд устанавливали образец, фиксируя с одной стороны и с помощью специальной оснастки тянули на расстояние 500 мм до момента разрыва полиэтиленовой трубы или выхода полиэтиленовой оболочки из-под наконечника.

Согласно ТУ 24.20.13-026-67740692-2018 обрыв полиэтиленовой трубы по телу считается положительным результатом, выход оболочки из-под наконечника или разрыв оболочки в переходной зоне – отрицательным.

По результатам испытаний было установлено, что с точки зрения заземления полиэтиленовой оболочки наиболее надежной является конструкция МПТК в стандартном исполнении в соответствии с конструкторской документацией.

ТРЕТИЙ ЭТАП

На этом этапе была исследована стойкость полиэтиленовой оболочки к деструкции. В ходе изучения стойкости было также изучено влияние среды, насыщенной коррозионно-активными компонентами (CO₂, H₂S, Cl⁻), на механические свойства полиэтилена в зависимости от длительности воздействия и вида коррозионно-активного компонента. Для проведения испытаний были изготовлены образцы оболочек

Таблица 2. Параметры исследований на декомпрессионное схлопывание

Тип полиэтилена	Толщина, мм	Температура, °С	Давление CO ₂ , МПа	Заполнение
Для системы нефтесбора				
Полиэтилен низкого давления	4,5	80	1,01	Дистиллированная вода 3/4 объема
	4,5		2,03	
Полиэтилен высокого давления	4,5	40	2,03	
	3,0		1,01	
Для системы поддержания пластового давления				
Полиэтилен низкого давления	4,5	80	21,28	Вода 100 %

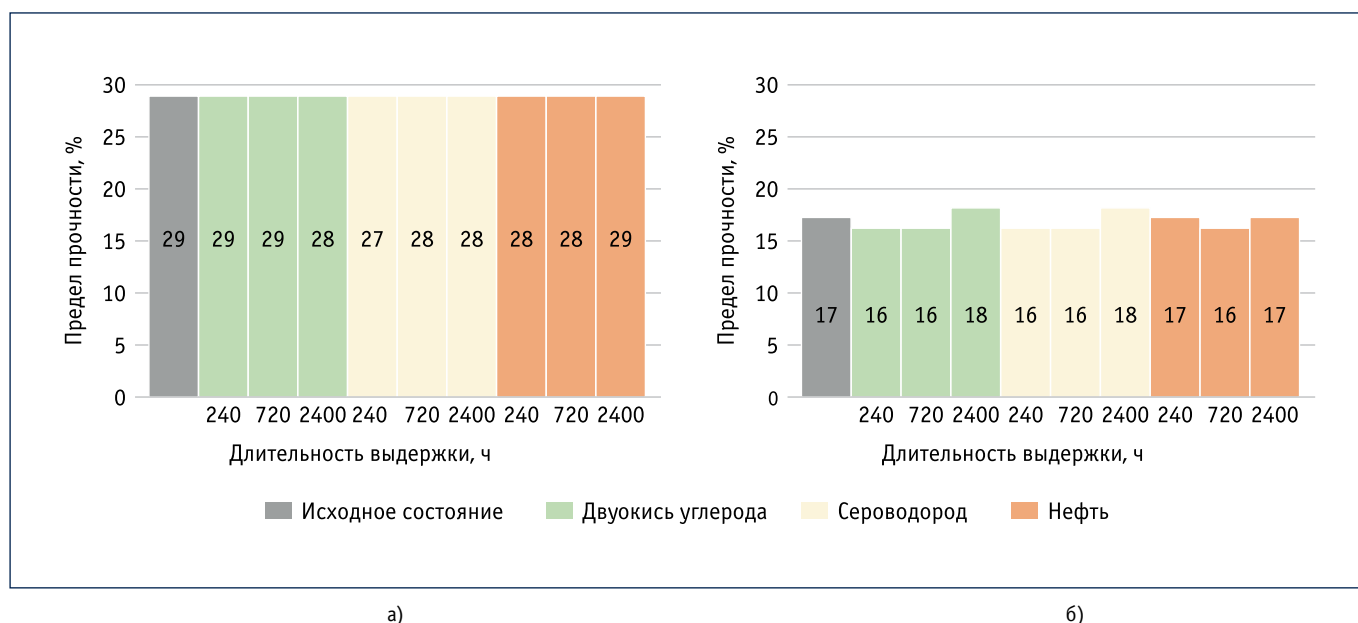


Рис. 2. Диаграмма предела прочности полиэтилена: а) низкого давления; б) высокого давления

из полиэтилена высокого (ПЭВД) и низкого давления (ПЭНД).

Стойкость к деформации определялась в ходе автоклавных испытаний в среде, насыщенной коррозионно-активными элементами, а также по результатам выдержки в сырой нефти. Параметры исследований приведены в табл. 1. Зависимость механических свойств полиэтиленовых оболочек (предел прочности и относительное удлинение) от вида среды и длительности выдержки представлена на диаграммах (рис. 2).

По результатам лабораторных автоклавных испытаний зафиксировано отсутствие деформации всех исследуемых образцов полиэтиленовых оболочек при температуре эксплуатации, регламентируемой ТУ 24.20.13-026-67740692-2018. Снижение механических свойств после

выдержки в модельных средах не наблюдалось.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭТАП

Ключевой задачей данного этапа стало моделирование реальных условий эксплуатации трубопровода, при которых была определена стойкость конструкции МПТК к декомпрессионному схлопыванию.

Было, в частности, изучено влияние марки полиэтилена с учетом толщины оболочки, температуры эксплуатации, содержания газового фактора транспортируемой среды в системах нефтесбора и ППД при резком сбросе давления.

Параметры испытаний на стойкость к декомпрессионному схлопыванию для системы нефтесбора и системы ППД при высоких давлениях приведены в табл. 2.

Испытания к декомпрессионному схлопыванию для системы нефтесбора проводились на испытательном стенде. Образец заполнялся дистиллированной водой на 3/4 объема. После выхода на температурный режим осуществлялась подача диоксида углерода CO₂ с давлением до 4,05 МПа. При заданных условиях образец выдерживали в течение 10 сут, после чего производили резкий сброс давления из системы. Испытания проводились при максимальной температуре эксплуатации, регламентируемой ТУ, в зависимости от марки полиэтилена. Из всех испытанных образцов положительный результат зафиксирован у образца с использованием оболочки ПЭНД высокой плотности толщиной 4,5 мм после выдержки под давлением CO₂ 1,01 МПа. Нарушения конструкции отсутствуют, исходные параметры в части геометрических

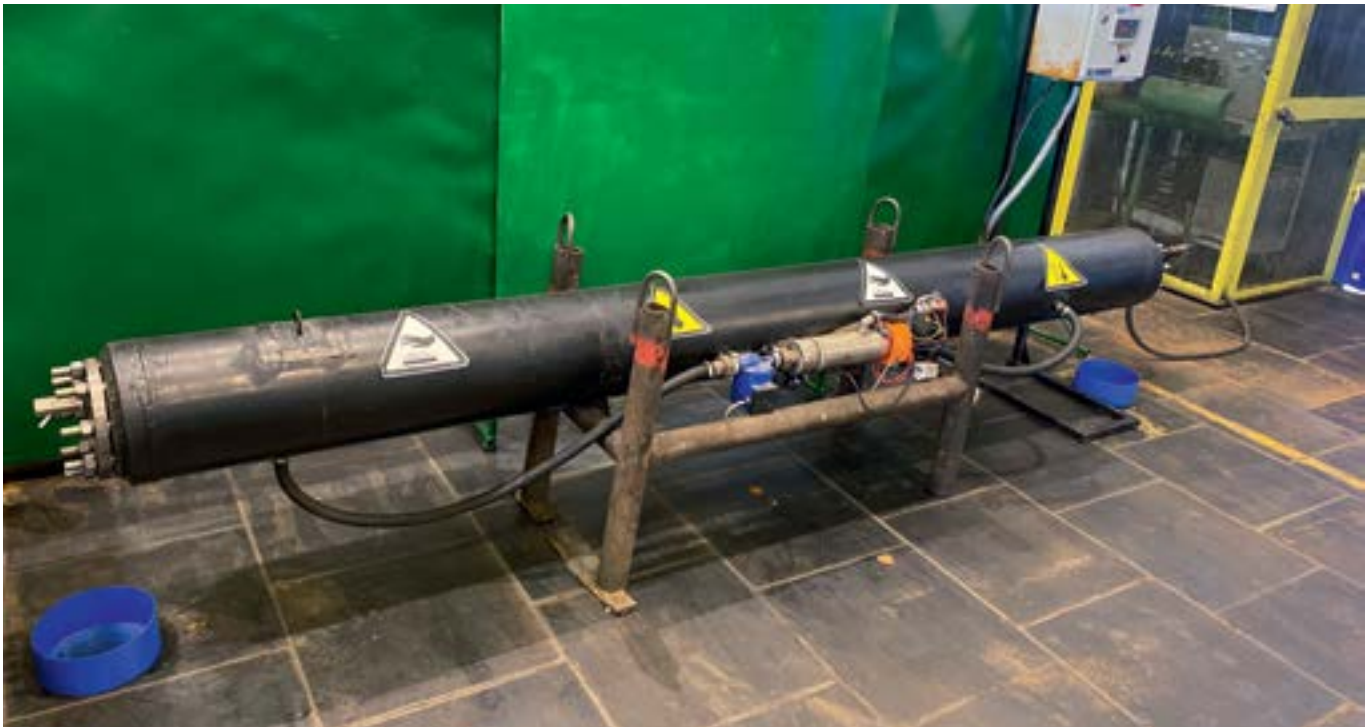


Рис. 3. Испытательный стенд на декомпрессионное схлопывание конструкции МПТК для системы поддержания пластового давления при высоких давлениях



Рис. 4. Внутренняя поверхность полиэтиленовой оболочки трубы после испытаний: а) верхняя образующая; б) нижняя образующая

размеров и плотности прилегания оболочки к внутренней поверхности стальной трубы сохранены.

Испытания на устойчивость к декомпрессионному схлопыванию для систем ППД производились на испытательном стенде, представленном на рис. 3. Образец, установленный на стенде, заполняли водой на 100 % объема. После выхода на температурный режим 80 °С производилось насыщение CO₂, после чего с помощью гидравлического стенда создавалось давление до 21,28 МПа. При заданных условиях образец выдерживали в течение 14 сут, после чего осуществляли резкий сброс давления из системы. В результате на образце с использованием оболочки из ПЭНД

толщиной 4,5 мм после выдержки и резкого сброса давления нарушения конструкции МПТК отсутствуют. Исходные параметры в части геометрических размеров и плотности прилегания оболочки к внутренней поверхности стальной трубы сохранены.

В рамках исследования стойкости конструкции МПТК к коррозионно-активным компонентам среды были оценены внешний вид внутренней антикоррозионной защиты (полиэтиленовой оболочки) после испытаний, внешний вид стальной трубы под оболочкой и в области защемления полиэтиленовой оболочки после испытаний. Кроме того, были проведены микроструктурные исследования с применением локаль-

ного энергодисперсионного анализа (на внутренней поверхности трубы под оболочкой).

Испытания на стойкость конструкции МПТК к коррозионно-активным средам также проводились на испытательном стенде. Образец заполнялся 5 %-ным раствором хлорида натрия NaCl на 3/4 объема. После выхода на температурный режим осуществлялась подача CO₂ до необходимого давления. При заданных условиях образцы выдерживали в течение 60 сут. За температуру испытаний была выбрана максимальная температура эксплуатации, составляющая для ПЭВД 40 °С, для ПЭНД – 80 °С. Как показали испытания, на поверхностях полиэтиленовых оболочек после



а)

б)

Рис. 5. Внешняя и внутренняя поверхности трубы под оболочкой после испытаний: а) верхняя образующая; б) нижняя образующая

выдержек в модельных средах при заданных условиях набухание, пузыри, трещины, раковины и другие дефекты, нарушающие сплошность оболочки, отсутствуют (рис. 4–5). Коррозионных повреждений не выявлено. В области защемления полиэтиленовой оболочки повреждений в зоне контакта с наконечником не обнаружено, отложения и следы модельного раствора на поверхности полиэтиленовой оболочки под наконечником отсутствуют (рис. 6), что свидетельствует о герметичности конструкции МПТК.

Микроструктурные исследования проводились на специально подготовленных металлографических шлифах, вырезанных из верхней и нижней образующих стальной трубы образцов МПТК. Результаты исследований приведены на рис. 7 и в табл. 3.

По результатам микроструктурных исследований установлено, что на внутренней поверхности стальной трубы под полиэтиленовой оболочкой имеется слой отложений толщиной 53–75 мкм (верхняя образующая) и 30–67 мкм (нижняя образующая) для конструкции МПТК с применением оболочки из ПЭНД.

По результатам локального энергодисперсионного анализа на внутренней поверхности стальной трубы на верхней образующей отложения состоят из оксидов железа и незначительного количества кремнийсодержащих соединений, на нижней образующей – из оксидов и карбонатов железа.

По результатам исследований стойкости МПТК к декомпрессионному схлопыванию и сохранения герметичности установлено, что:

- марка полиэтилена и толщина полиэтиленовой оболочки напрямую влияют на стойкость к декомпрессионному схлопыванию. С уменьшением толщины менее 4 мм стойкость к декомпрессионному схлопыванию снижается;
- конструкция МПТК имеет высокую стойкость к декомпрессионному схлопыванию в системе ППД;
- конструкция МПТК обеспечивает герметичность в области защемления полиэтиленовой оболочки.

ПЯТЫЙ ЭТАП

Завершающим этапом испытаний стал расчет прогнозируемого срока службы МПТК на основании результатов исследований. Так, на основе моделирования реальных условий эксплуатации был произведен расчет прогнозного срока службы МПТК. Для этого была опреде-

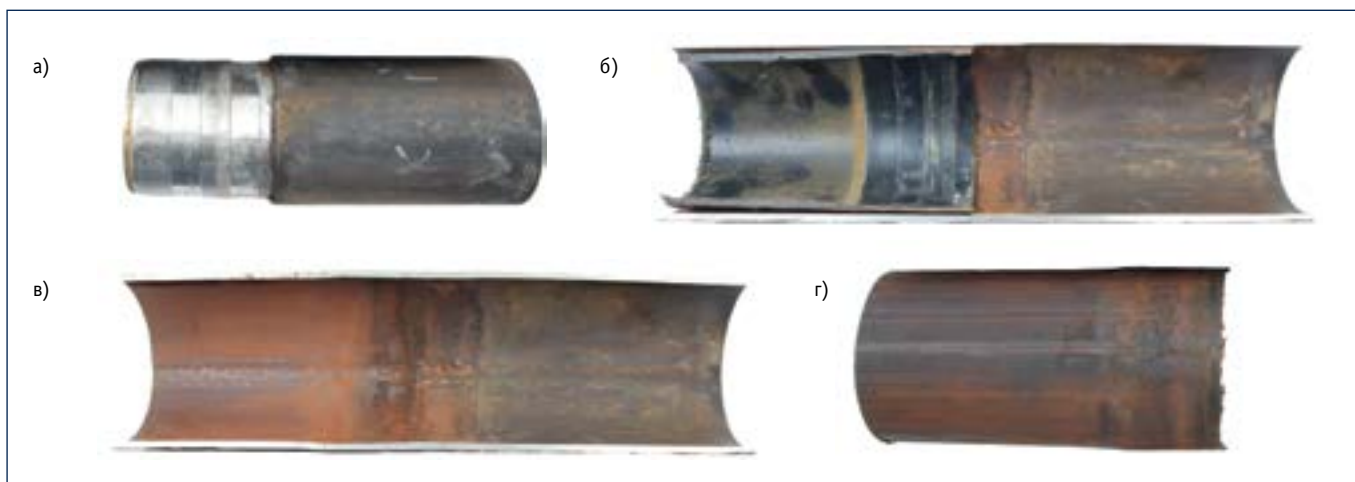


Рис. 6. Поверхность образцов в области защемления полиэтиленовой оболочки в зоне контакта с наконечником после испытаний: а) общий вид; б) поверхность полиэтиленовой оболочки под наконечником; в) внутренняя поверхность трубы под оболочкой; г) внешняя поверхность трубы

Таблица 3. Химический состав отложений на внутренней поверхности стальной трубы под полиэтиленовой оболочкой после испытаний

Область	Содержание элемента, % масс.			
	C	O	Si	Fe
1	13,00	36,32	0,69	49,99
2	24,93	30,84	–	44,22

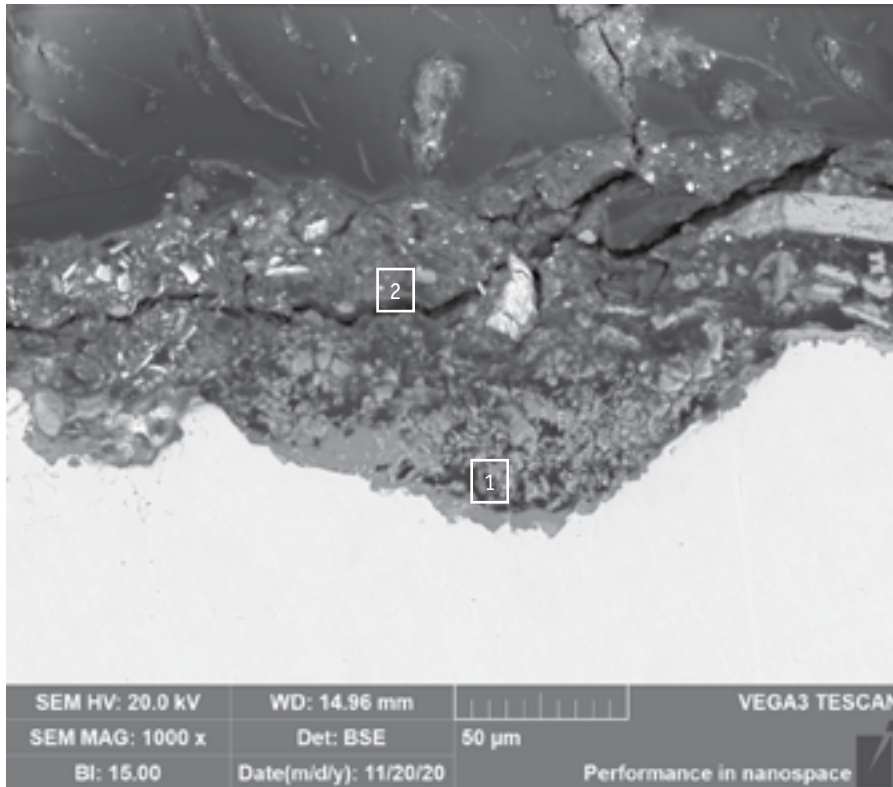


Рис. 7. Отложения на внутренней поверхности стальной трубы под полиэтиленовой оболочкой после испытаний по результатам микроструктурных исследований (1000-кратное увеличение). Цифрами в квадратах на фото обозначены области, приведенные в табл. 3

лена фактическая скорость локальной коррозии стальной трубы под полиэтиленовой оболочкой за время выдержки в модельной среде, насыщенной коррозионно-активными компонентами. В результате проведенных расчетов максимальная расчетная скорость коррозии для образца МПТК с применением оболочки из ПЭНД составила 0,15 мм/год. Срок службы составит 30 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После проведенных исследований конструкция МПТК, выпускаемая ООО «ТМС-ТрубопроводСервис», подтвердила свою надежность не только в процессе эксплуатации, но и в ходе лабораторных испытаний на соответствие требова-

ниям ТУ 24.20.13-026-67740692-2018. Было установлено, что наиболее надежной с точки зрения надежности эксплуатации является конструкция МПТК в стандартном исполнении с применением наконечника из коррозионно-стойкой стали длиной не менее 300 мм, толщиной не менее 4 мм с двумя канавками по периметру и оболочкой ПЭНД толщиной не менее 4 мм. Изменение конструкции в сторону уменьшения толщины нержавеющей наконечника и полиэтиленовой оболочки может привести к уходу полиэтиленовой оболочки из-под наконечника и ее последующему схлопыванию. Кроме того, исследования показали, что конструкция МПТК позволяет снизить затраты на эксплуатационное

владение трубопроводом за счет доказанного срока службы, составляющего не менее 30 лет, а также на строительство трубопровода за счет исключения запасов на толщину стенки стальной трубы «под коррозию» при проектировании и повысить экологическую безопасность.

ООО «ТМС-ТрубопроводСервис» предлагает только собственные разработки, подтвержденные патентами. Компания, в которой трудится сплоченный коллектив высококвалифицированных специалистов, привлекает к работе проектные институты и независимые лаборатории, владеет богатой экспериментальной базой. На предприятии есть свой цеховой испытательный стенд, собственная лаборатория, большинство комплектующих изготавливается непосредственно на предприятии ООО «ТМС-ТрубопроводСервис». Специалисты скрупулезно изучают материалы, проводят лабораторные исследования, опытно-промышленные испытания, изготавливают продукцию, соответствующую самым жестким требованиям. Компания всегда готова к разработке и реализации индивидуальных проектов любой сложности.

Мы открыты для сотрудничества!




УК ООО «ТМС групп»
423453, РФ, Республика Татарстан,
г. Альметьевск, ул. Герцена, д. 1д
Тел.: 8-800-250-79-39
e-mail: tmcg@tmcg.ru
http://tmc-групп.рф

на правах рекламы