

М.Д. Гетманский, президент компании ООО «ИНТЕРКОР РУС»

Ю.В. Житников, технический директор ООО «ИНТЕРКОР РУС»

П.А. Зимин, генеральный директор ООО «ИНТЕРКОР РУС»

Р.Р. Мухаметшин, начальник управления эксплуатации трубопроводов ООО «РН-Юганскнефтегаз»

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ВНУТРЕННИМ ПОКРЫТИЕМ И ЗАЩИТОЙ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВТУЛКАМИ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Внедрение труб с внутренним и наружным изоляционными покрытиями и защитными втулками сварных соединений позволяют обеспечить 100% коррозионную защиту линейной части промышленных трубопроводов. Высокая надежность труб с внутренним покрытием и защитой втулкой сварных соединений определяет случайный характер возможных отказов на трассе трубопроводов, непредсказуемый по условиям эксплуатации. Сдерживающим фактором по их широкому применению является отсутствие организации системы контроля технического состояния.

ВВЕДЕНИЕ

Стальные трубы с внутренним и наружным заводским антикоррозионными покрытиями и защитой сварного монтажного соединения обеспечивают 100% защиту от коррозии внутренней и наружной поверхностей трубопровода. Технологии сварного соединения труб с защитной втулкой позволяют качественно выполнять монтаж сварного соединения в полевых условиях, включая условия Западной Сибири [1-3]. Срок службы трубопроводов с внутренней изоляцией возрастает в 8-10 раз по сравнению с незащищенными трубами. Перечисленные факторы определяют перспективность применения труб с внутренним покрытием и защитой сварных швов.

Однако в процессе эксплуатации таких трубопроводов, в соответствии с требованиями нормативных документов [4,5], необходимо проведение перио-

дической диагностики для контроля и оценки технического состояния трубопроводов и своевременного проведения мероприятий по устранению возможных дефектов и повреждений. Высокая надежность труб с внутренним покрытием и защитой втулкой сварных соединений исключают воздействие коррозионных сред на внутреннюю поверхность. Как следствие, возможные места коррозионного воздействия могут быть связаны только с возникновением повреждений внешней и внутренней защиты промышленных трубопроводов или развитием заводских дефектов в процессе эксплуатации. Однако указанные места возможного повреждения трубопровода носят случайный характер, не предсказуемый по условиям эксплуатации.

Контроль технического состояния трубопроводов с внутренним и наружным заводским антикоррозионными пок-

рытиями и защитой сварного монтажного может быть выполнен методом выборочного контроля с наружной поверхности или проведением сплошного контроля с применением внутритрубной инспекции (ВТИ). Организация системы контроля должна основываться на анализе возможных причин и механизмов отказов и реализуется через систему требований к проведению контроля технического состояния.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗОВ

Возможные причины и механизмы отказов определяются на основе анализа эксплуатационных нагрузок и конструктивных особенностей трубопроводов с внутренним и наружным покрытиями и защитной втулкой. Конструкционные и технологические особенности стальных трубопроводов с внут-

ренным покрытием и защитной втулкой включают [1-3]:

- внутреннее покрытие всех элементов линейной части трубопровода (трубы, переходники, отводы, тройники);
- защиту стыковых сварных швов защитными втулками;
- герметизацию зазора между поверхностью втулки и внутренней поверхностью трубы мастикой;
- защиту зон врезок КИП, выполненную в заводских условиях;
- отсутствие защитного внутреннего покрытия на задвижках;
- отнесение защитных втулок к неремонтируемым изделиям;
- отсутствие технологий ремонта трубопроводов с внутренним покрытием позволяющим восстановить ресурс поврежденного участка.

Возможная повреждаемость трубопроводов с внутренним и наружным покрытиями и с защитной втулкой сварного соединения, приводящая к их разгерметизации, может быть связана:

- с пропуском продукта между втулкой и трубой с последующим коррозионным повреждением;
- с повреждением внутреннего изоляционного покрытия и с развитием коррозионных дефектов;
- с повреждением или отсутствием наружного изоляционного покрытия и с развитием коррозионных дефектов;
- с ростом технологических дефектов под действием эксплуатационных нагрузок;
- с браком СМР.

Механизмы отказов связаны с процессами внутренней и наружной коррозии в местах отсутствия или повреждения изоляционной защиты трубопровода от коррозии, с пропуском продукта в зазоре между втулкой и трубой (при отслоении или разрушении мастики) с последующим коррозионным повреждением, с развитием дефектов под действием эксплуатационных нагрузок.

В общем случае причины возникнове-

ния отказов на трубопроводах можно ранжировать по трем категориям:

- активные причины возникновения отказов на трубопроводе, обусловленные условиями эксплуатации;
- случайные причины отказов не предсказуемые из условий эксплуатации трубопроводов с внутренним и наружным покрытиями и защищенными втулкой сварными швами;
- косвенные причины возникновения отказов на трубопроводе, связанные с условиями эксплуатации и влияющие на ускорение процессов деградации антикоррозионной защиты и развитие дефектов.

Активные причины возникновения отказов могут быть выявлены на основе анализа участков прохождения трассы и нагруженности конструктивных элементов трубопровода. Активные причины возникновения отказов для трубопроводов с внутренним и наружным покрытиями и защитой втулкой сварных соединений могут быть обусловлены:

- локальной потери устойчивости под действием осевых нагрузок и выпучивания грунта (выпученность оси трубопровода), приводящих к возникновению изгибных напряжений на втулку и, как следствие, к возможному отрыву мастики от поверхности трубы и/или втулки;
- изгибом оси трубопровода в местах неустойчивости грунтов, выхода трубопровода на поверхность или перехода через болото приводящим к возникновению изгибных напряжений на втулку и, как следствие, к возможному отрыву мастики от поверхности трубы и/или втулки;
- прогибом оси трубопровода на надземных участках приводящих к возникновению изгибных напряжений на сварное соединение и, как следствие, к возможному отрыву мастики;
- изгибными напряжениями под действием внутреннего давления и осевой нагрузки в зонах сварного со-

единения с защитной втулкой отводов, тройников, переходников;

- коррозионной повреждаемостью незащищенной внутренней поверхностью корпуса задвижек;
- коррозионной повреждаемостью в местах отсутствия, повреждения или деградации защитных свойств наружного изоляционного покрытия. Случайные причины возникновения отказов связаны с дефектами и повреждениями, возникновение которых не связано с процессом эксплуатации:
- места механического повреждения поверхности трубопровода (вмятины, риски, задиры и другие).
- зоны повреждения внутреннего или наружного изоляционного покрытия при монтаже трубопровода;
- сварные соединения с дефектами и повреждениями при монтаже сварного узла;
- сварные соединения с не соосностью труб, на которых могут возникать большие изгибные напряжения под действием осевой нагрузки.

Косвенные причины возникновения отказов связаны с условиями эксплуатации, которые включают:

- рабочие давления и температуру, влияющие на величину механических напряжений в трубопроводе;
- осевой нагрузкой, обусловленной температурным перепадом, приводящей к возникновению на трубопроводе участков потери устойчивости (выпученности) и локальных участков потери устойчивости на поверхности трубы (гофров);
- весовая нагрузка на надземных участках, приводящая к возникновению изгибных напряжений;
- колебания давления и температур, приводящие к цикличности нагружения;
- температурные воздействия в зимнее время, которые, в первую очередь, на открытых участках при остановке перекачки могут привести к растрески-

ванию мастики в зоне втулки.

Участки трубопроводов, на которых возникают активные причины отказов, являются потенциально-опасными места проявления аварийности и должны в первую очередь включаться в систему контроля. Косвенные причины отказов влияют на скорость развития дефектов в процессе эксплуатации и должны учитываться при оценке технического состояния.

ВЫБОРОЧНЫЙ НАРУЖНЫЙ КОНТРОЛЬ

Основным методом контроля промышленных трубопроводов является выборочный наружный контроль на предварительно выбранных участках на трассе трубопроводов [5].

Организация системы выборочного контроля определяется следующими факторами:

- повреждение внутреннего или наружного покрытия трубопровода носит случайный характер, что определяет невозможность выявления этих мест;
- повреждение внутренней поверхности трубопровода в зоне сварного соединения связано с разрушением или отслоением мастики в зоне защитной втулки и возможно только в отдельных местах на трассе трубопровода;
- невозможностью или значительной трудностью восстановления проектных параметров наружной защиты при использовании контактных методов контроля технического состояния, требующих удаления наружного изоляционного покрытия.

В первую очередь в процессе эксплуатации может происходить пропуск продукта в зоне сварного соединения в зазоре между внутренней поверхностью трубы и поверхностью втулки. Выбор случайным образом сварных соединений при каждом диагностировании приводит к ухудшению качеств наружного изоляционного покрытия. Отметим также трудности для подземных тру-

бопроводов обнаружения сварных соединений на трассе.

Поэтому организация проведения выборочного наружного контроля может быть реализована по следующим трем вариантам:

Вариант 1. Диагностика на стационарных, предварительно выбранных, потенциально-опасных местах на трассе трубопровода с использованием методов неразрушающего контроля, как требующих подготовки наружной поверхности, так и не требующих ее подготовки.

Вариант 2. Диагностика на потенциально-опасных местах, выбираемых при каждом диагностировании организацией проводящей диагностику, с использованием методов неразрушающего контроля, не требующих подготовки наружной поверхности, то есть без снятия наружного изоляционного покрытия.

Вариант 3. Диагностика на потенциально-опасных местах, выбираемых при каждом диагностировании организацией проводящей диагностику, с использованием контактных методов контроля технического состояния, требующих снятия изоляционного покрытия для подготовки наружной поверхности.

Вариант 1 предполагает предварительный выбор стационарных мест контроля, на которых производится периодический контроль технического состояния и в первую очередь сварных соединений. При проведении диагностирования на этих участках:

- удаляется заводское изоляционное покрытие при проведении контроля и восстанавливается временное изоляционное покрытие после проведения контроля, имеющее меньший ресурс и показатели защиты, но периодически восстанавливаемое;
- контроль технического состояния выполняется с использованием методов диагностики как с подготовкой наружной поверхности к обследованию, так и без ее подготовки;
- контроль технического состояния в

этих местах выполняется как при проведении комплексной диагностики специализированной организацией, так и при ревизии трубопроводов.

Вариант 1 позволяет периодически восстанавливать наружное изоляционное покрытие на стационарных участках контроля и контролировать длительную адгезионную прочность мастики в зоне втулки и внутреннюю поверхность задвижек в процессе эксплуатации, как при проведении диагностики, так и при проведении ревизии. Контроль технического состояния по первому варианту может проводиться службой технического надзора на предприятии.

Вариант 2 позволяет сохранить заводское наружное покрытие при использовании методов контроля без снятия изоляционного покрытия (например, использование приборов магнитной и ультразвуковой толщинометрии, метода магнитной памяти металла). Удаление изоляционного покрытия с последующим его восстановлением только при обнаружении дефектов стенки трубопровода и необходимости применения контактных методов контроля для установления их более точного расположения и размеров в соответствии с требованиями соответствующих НТД в области неразрушающего контроля.

Вариант 2 предполагает использование специальной технологии контроля и приборов контроля, позволяющих проводить контроль без снятия изоляционного покрытия. Реализация этого варианта затруднительна без привлечения специализированной диагностической организации, и, в первую очередь, при ревизии трубопровода. Вариант 3 предполагает использование методов контроля, требующих подготовки наружной поверхности трубопровода. Поиск сварных соединений затруднителен, их выбор происходит случайным образом. Восстановление заводского изоляционного покры-

тия в этом случае затруднительно. Все места контроля со съемом изоляционного покрытия являются потенциально-опасными для наружной коррозии и при последующем диагностировании должны быть включены в программу проведения обследования.

Наиболее предпочтителен вариант 1, так как позволяет контролировать проводить контроль не только специализированной экспертной организацией, но и службой неразрушающего контроля предприятия. Специализированная экспертная организация должна предпочтительно выбрать места контроля, которые должны включать участки на трассе трубопроводов, где действуют активные механизмы отказов, представленные в разделе 2.

СПЛОШНОЙ КОНТРОЛЬ МЕТОДОМ ВТИ

Выбор методов и технологии проведения сплошного контроля методом ВТИ определяется следующими условиями:

- при сплошном контроле методом ВТИ инспекционные снаряды не должны наносить повреждения внутреннему покрытию и не создавать осевое усилие на втулку выше предельного значения;
- при сплошном контроле методом ВТИ должны использоваться методы измерений, на точность которых не влияет внутреннее изоляционное покрытие и позволяющие выявлять состояние внутренней поверхности трубы в зоне защитной втулки.

Этим требованиям удовлетворяют внутритрубные снаряды-дефектоскопы, использующие метод магнитной дефектоскопии с поперечным и продольным намагничиванием (для труб с внутренним покрытием и защитной втулкой обязательно не менее чем с поперечным намагничиванием). Возможность контроля технического состояния труб, соединительных деталей и зоны защитной втулки магнитными дефектоскопа-

ми с поперечным и продольным намагничиванием подтверждена серией стеновых испытаний труб с внутренним покрытием и защитной втулкой [6].

При проведении сплошного контроля методом ВТИ исполнитель должен подтвердить возможность обеспечения качества измерений с необходимой точностью, отсутствия возможных повреждений внутреннего покрытия, повреждений и деформаций втулки при пропуске снаряда и отсутствия его застревания в первую очередь в зоне втулки. В качестве обоснования возможности проведения ВТИ без повреждений и деформаций конструкции трубопровода с внутренним покрытием и защитной втулкой исполнитель может использовать:

- результаты стеновых испытаний данным типом снарядов и аналогичных по конструкции трубопроводов (справка о результатах испытаний, составляется Исполнителем и предоставляется Заказчику);
- опытом предыдущего обследования аналогичных трубопроводов (справка об опыте проведения инспекции и результатах, составляется Исполнителем и предоставляется Заказчику).

Результаты контроля методом ВТИ должны включать:

- контроль толщины стенки труб и сварных соединений в зоне установки втулки (100% труб и сварных соединений);
- дефектоскопию труб и сварных соединений (100% труб и сварных соединений);
- контроль пространственного положения трубопровода (100% вдоль трассы).

Первые два требования в системе контроля внутритрубными снарядами являются традиционными. При проведении ВТИ контроль толщины стенки выполняется для труб. Однако для трубопроводов с внутренним покрытием обязательным условием являются до-

полнительные данные по контролю толщины стенки труб в зоне сварного соединения (под втулкой), что позволяет своевременно контролировать качество защиты сварного шва.

Третье требование определяет специфику трубопровода с внутренним покрытием и защитной втулкой. Изменение пространственного положения оси трубопровода в процессе эксплуатации может привести к дополнительным изгибным нагрузкам на сварные швы и, как следствие, их разгерметизации. Обнаруженные участки со смещением оси трубопровода должны заноситься в протокол результатов ВТИ и в дальнейшем контролироваться в процессе эксплуатации в качестве потенциально-опасных участков.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТУ 1396 - 001 - 48151375-2001. Втулки внутренней защиты сварных швов соединений труб .
2. ТУ 3053 – 001 – 32802379 – 03. Втулка изоляционная для защиты сварного шва трубопроводов.
3. Технические требования на втулки внутренней защиты сварного шва с внутренним антикоррозионным покрытием, 2003 г (Согласованы ГГТН РФ письмом № 10-03/1276 от 03.12.2003 г).
4. ПБ 08-624-03. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. (Утверждены ГГТН России 05.06.2003 г. №56).
5. РД 39-132-94. Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов. - М.: НПО ОБТ.- 1994 г.
6. М.Д. Гетманский, Ю.В. Житников, П.А.Зимин, А.Д. Данилович, Р.Р. Мухаметшин. Внутритрубная диагностика методом магнитной дефектоскопии трубопроводов с внутренним покрытием и защитой сварных соединений втулками различной конструкции. Нефть и газ Евразия, №3, с.48-54, 2007 г.