

УДК 620.179

АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ

Марченко А.Ю.

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко)*

В статье рассмотрены методы оценки качества насосно-компрессорных труб, применяемых в газодобывающей отрасли. Проанализирована международная нормативная база, устанавливающая требования к эксплуатационным свойствам труб в состоянии поставки и регламентирующая контроль технического состояния труб в эксплуатации. Рассмотрена оценка качества насосно-компрессорных труб методами неразрушающего контроля.

Старение фонда скважин газодобывающих предприятий Украины сопровождается увеличением обводненности промысловой среды и ростом агрессивности последней, а также деградацией физико-механических и прочностных характеристик металла НКТ. Последняя обусловлена одновременным протеканием двух взаимовлияющих групп факторов: деформационным старением и коррозией под напряжением.

Согласно данным [1], низкая эффективность работы колонн насосно-компрессорных труб (НКТ), независимо от способа добычи газа, обусловлена образованием твердых отложений смолотпарафинов и минеральных солей на их внутренней поверхности, что приводит к уменьшению их проходного сечения, а, следовательно, к существенному возрастанию гидравлического сопротивления. В результате резко увеличиваются энергозатраты на подъем продукции скважины. Вторым по счету, но не по значению, фактором является недостаточная исходная герметичность резьбовых соединений НКТ труб и ее снижение при эксплуатации, что приводит к значительным утечкам транспортируемой среды. По данным статистики, в 55% случаев обрыва колонн НКТ причиной является интенсивная коррозия резьбовой части труб (рис.1).

Причины ограниченного срока службы колонн НКТ также существенно зависят от способа добычи нефти и газа. Основными причинами ограниченного срока службы колонн НКТ являются:

- электрохимическая коррозия стали (общая или локальная), приводящая к уменьшению толщины стенки;
- статическая усталость в сорбционно-активной продукции скважин, в частности, в сероводородсодержащей среде;
- фреттинг-коррозия в резьбовых соединениях, приводящая к разрушению сопряженных поверхностей.

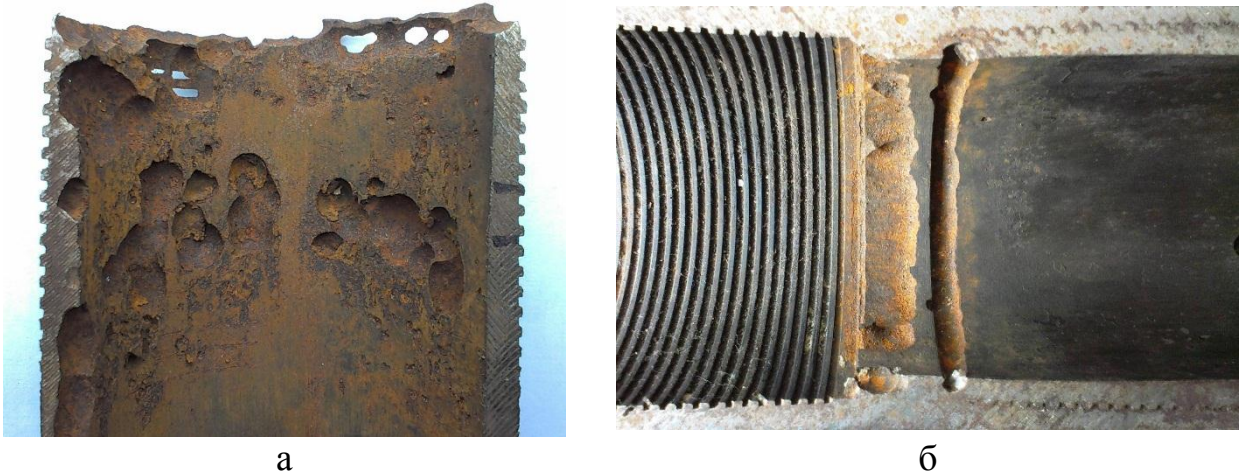


Рисунок 1 - Резьбовое соединение НКТ с повреждениями: а – питтинг, б - эрозийно-коррозионный

Преобладание того или иного процесса деградации изделия определяется составом продукции скважины и режимом ее работы. Агрессивные свойства промышленной среды характеризуются большой вариативностью даже для скважин одного месторождения, что не дает возможности оценивать техническое состояние колонны НКТ с позиции унифицированного методического подхода.

Таким образом, важнейшим фактором, который определяет эксплуатационную долговечность насосно-компрессорных труб (НКТ) является их механико-коррозионная стойкость. В свою очередь, это обуславливает определенные требования к соответствующим параметрам качества НКТ.

Целью данной работы являлся анализ нормативной базы, регламентирующей выпуск и эксплуатацию НКТ, в части контроля качества труб (рис.2), а также методы оценки качества НКТ, применяемые при контроле их качества в процессе эксплуатации.



Рисунок 2 - Складское хранение НКТ на открытой площадке производственной базы

1. Нормативная база, регламентирующая качество выпускаемых НКТ

Существующие подходы оценки технического состояния выпускаемых промышленностью НКТ регламентируются ГОСТ 633 [2], ГОСТ Р 52203 [3], API Spec 5CT [4], и направлены на эффективное выявление браковочных дефектов *методом количественного сравнения* измеренных параметров с нормативными.

1.1. Анализ общих требований.

Технические требования к НКТ, изложенные в ГОСТ 633 и ГОСТ Р 52203, регламентируют контроль производственного процесса изготовления труб и устанавливают значения геометрических размеров, механических характеристик для различных групп прочности стали (контроль твердости, ударной вязкости, пределов текучести и прочности), содержание примесей химических компонентов, а также нормы отклонений этих параметров, как для тела труб, так и для резьбовых соединений. Контролируемыми параметрами являются перечисленные характеристики тела и резьбовых соединений НКТ, а также соединительных муфт.

В требованиях, устанавливаемых данными стандартами, также содержится перечень недопустимых и допустимых продольных дефектов, обусловленных способом производства, которые обнаруживаются неразрушающими видами контроля (визуальным, ультразвуковым и магнитоиндукционным), а также установлены размеры дефектов, которые должен иметь испытываемый образец.

В рассматриваемых стандартах отсутствуют технические требования, касающиеся сопротивления сопрягаемых поверхностей резьбового соединения НКТ фреттинг-коррозии, а также сопротивления свинчиваемых труб статической и циклической усталости в сорбционно- и коррозионно-активных средах в течение регламентированного срока службы.

1.2. Анализ показателей качества

Анализ показателей качества НКТ, изложенные в ГОСТ 633 выявили, что они относятся к требованиям металла при изготовлении продукции. Например, такой показатель качества, как содержание вредных примесей в стали (серы и фосфора), является показателем качества не изделия, а металла, используемого для его изготовления. Химический состав сталей данным стандартом не нормируется, оставляя его выбор открытым для производителя.

Документ ГОСТ Р 52203 в своей концептуальной основе повторяет требования ГОСТ 633. Как указано в [1], отличительной чертой является наличие в данном стандарте, в разделе «указания по эксплуатации НКТ» нормирования допускаемых значений газового фактора, абсолютного давления, парциального давления сероводорода и его концентрации при эксплуатации НКТ в сероводородсодержащих скважинах. Однако в документе отсутствует взаимосвязь этих эмпирических показателей с регламентированным сроком службы НКТ в подобных условиях, что требует разработки объективного показателя качества.

ГОСТ 633 не содержит показатели качества НКТ и нормы на них, обуславливающие сопротивление коррозионному разрушению, статической и

циклической усталости в эксплуатационной среде, коррозионно-механическому изнашиванию, образованию на внутренней поверхности НКТ твердых отложений смолопарафинов в течение их регламентированного срока службы.

Аналогичные недостатки, касающиеся технических требований к показателям качества НКТ, присущи и стандарту API SPEC 5CT. Исключение составляет содержащийся в этом стандарте показатель, определяющий сопротивление металла НКТ сульфидному растрескиванию, т.е. статической усталости при наводороживании. В качестве такого показателя используется пороговое напряжение металла. Следует отметить, что данный показатель обуславливает необоснованное увеличение толщины стенки НКТ при заданном регламентированном сроке их службы.

Отдельно следует отметить, что стандарт API SPEC 5CT, в отличие от двух других, ранее упомянутых нормативных документов, уделяет значительно большее внимание контролю такого важного параметра качества НКТ как структурное состояние металла. В частности, нормируются оценка размера зерна по требованиям ASTM E 112 или ISO 643 и металлографическая оценка сварной зоны для электросварных труб. В части требований к химическому составу труб, отличительной чертой требований API SPEC 5CT является регламентирование необходимости информировать заказчика продукции о нижних и верхних пределах, вводимых в состав стали легирующих элементов, независимо от целей внесения данной добавки. Данные требования не регламентируют оценку структурных характеристик для металла труб каждой группы прочности и при отсутствии четких критериев влияния легирующих элементов на конечную структуру и свойства труб, носят исключительно декларативный характер.

Как будет показано ниже, при анализе эффективности неразрушающего контроля и механизмов повреждаемости труб, данный фактор является определяющим при оценке влияния на эксплуатационную стойкость НКТ коррозии под напряжением.

Одним из важнейших показателей качества является наличие защитного покрытия, как на внутренней, так и на внешней поверхностях НКТ. К сожалению, ни один из анализируемых стандартов не имеет четких требований к этому показателю. Например, в ГОСТ Р 52203 имеется указание, что резьбы и уплотнительные конические расточки муфт должны иметь фосфатное, цинковое или другое согласованное с потребителем покрытие толщиной от 6 до 20 мкм. Однако, отсутствие требований к качеству этого покрытия, в частности к его физико-механическим свойствам, делает бессмысленным подобное указание в нормативно-технической документации.

Ряд предприятий, занимающихся производством, использованием и ремонтом НКТ, предпринимает попытки наносить на внутреннюю поверхность труб и на их резьбовую поверхность диффузионные цинковые, полимерные покрытия и пр. Однако, успешное применение различных видов покрытий для обеспечения требуемого качества внутренней поверхности НКТ и свинчиваемых резьбовых поверхностей возможно только в том случае, если нормативно-

техническая документация на НКТ будут содержать обоснованные показатели качества труб с покрытием и нормы на них.

2. Неразрушающие методы контроля качества НКТ

Существующие традиционные методы и средства неразрушающего контроля (НК) содержат сугубо дефектоскопические показатели и нацелены на поиск и идентификацию конкретного дефекта. Основными методами неразрушающего контроля, применяемые для этих задач являются магнитоиндукционный (метод рассеяния магнитного потока или MFL), ультразвуковой и вихретоковый. Качественное выявление дефектов остается одной из главных проблем современной дефектоскопии.

Возможности дефектоскопии на современном уровне, несмотря на значительное развитие технологий в области микроэлектроники и создание автоматизированных линий контроля (см. рис.3), выглядят довольно ограниченными. Например, как показано в [5], исследования возможностей применения ультразвукового метода НК для определения усталостной поврежденности металла тела насосных штанг глубинных насосов показали, что обнаружение искусственных дефектов на разной глубине не превышает 50% по сравнению с магнитоиндукционным методом контроля. Дефекты глубиной от 0,3 мм до 0,6 мм не выявляются вообще. Глубокие дефекты (0,9 мм) выявляются с вероятностью только 18%. Минимально допустимый уровень дефекта по глубине для насосных штанг является 0,1 мм в поперечном направлении относительно оси штанги.

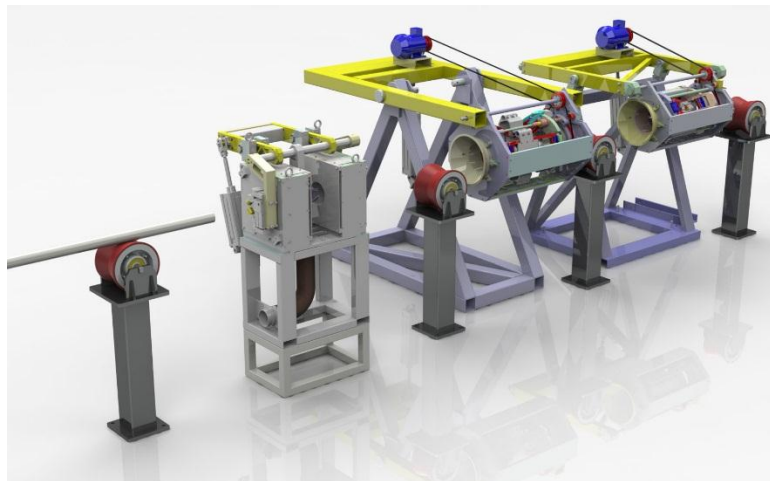


Рисунок 3 - Внешний вид установки «УРАН–3000Д–НКТ» для автоматического неразрушающего контроля НКТ

Необходимо отметить, что в некоторых случаях, например, как показано авторами в [6], при коррозионно-механической повреждаемости НКТ в углекислотной среде управляющим фактором является сама структура стали, которая деградирует при деформировании. Согласно результатам, полученным в [6], значительные механические деформации в трубах колонны НКТ, интенсифицируют процессы порообразования, диффузии углерода (за счет разрушения цементита перлитной фазы) и компонентов – хрома и марганца.

Вследствие этого углекислотная коррозия протекает не только на поверхности металла, но и в его глубине. При этом, анодом могут выступать границы зерен, содержащие свободный углерод, карбидные фазы и неметаллические включения, обладающие резко отличающимися электрохимическим потенциалом и прочностными свойствами.

Повышенная концентрация углерода, порообразование и насыщение поверхности элементами, входящими в состав активно-коррозионной среды, способствуют развитию процессов деградации НКТ при их эксплуатации (особенно на внутренней поверхности труб), а также определяют порог растягивающих напряжений, инициирующих возникновение углекислотной коррозии в добывающих скважинах.

Выводы.

1. В упомянутых выше методах оценки технического состояния НКТ не предусматривается использование мер промежуточного контроля свойств и структуры, НДС (напряженно-деформированного состояния) металла НКТ при длительном их контакте с коррозионной средой. Сложившийся подход к контролю НКТ не позволяет оценивать пригодность к дальнейшей эксплуатации коррозионно-поврежденных труб, запас их надежности в зависимости от коррозионной активности скважинных сред, а также степень деградации металла для оценки ресурса.

2. Недостатки проанализированных стандартов обуславливают необходимость их переработки и создания на их основе корпоративных стандартов по качеству НКТ, которые бы учитывали требования к оценке структуры сталей, применяемых для газодобычи с учетом специфики условий эксплуатации колонн НКТ на месторождениях.

Список литературы:

1. Протасов В.Н. О процессах, вызывающих повреждения и отказы насосно-компрессорных труб при эксплуатации, и соответствии нормативно-технической документации, определяющей качество этих труб, их назначению / В.Н. Протасов, А.В. Макаренко // Территория Нефтегаз. –2007.– № 6.–С.138-141.

2. ГОСТ 633–80 Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия.

3. ГОСТ Р 52203-2004 Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия.

4. API Spec 5CT Specification for Casing and Tubing.

5. Окрушко Е.И. Дефектоскопия глубиннонасосных штанг. / Е.И. Окрушко, М.А. Ураксеев – М.: Недра, 1983. – 112с.

6. Марченко А.Ю. Особенности структурных изменений металла насосно-компрессорных труб при эксплуатации в условиях углекислотной коррозии / А.Ю. Марченко // ВІСНИК ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Х., 2014. - Вип. 146. - С.114–122.

Анотація**Аналіз нормативних і технологічних обмежень при оцінці корозійно-механічної пошкоджуваності насосно-компресорних труб**

Марченко О.Ю.

У статті розглянуто методи оцінки якості насосно-компресорних труб, що застосовуються в газодобувній галузі. Проаналізована міжнародна нормативна база, що встановлює вимоги до експлуатаційних властивостей труб в стані поставки і регламентує контроль технічного стану труб в експлуатації.

Розглянуто оцінка якості насосно-компресорних труб методами неруйнівного контролю.

Abstract**Analysis of regulatory and technological limitations when the evaluation of corrosion-mechanical damageability lined pump and compressor pipes**

Marchenko A.

The article describes the methods for evaluating the quality of pump and compressor pipes used in the gas industry. Analyze the international regulatory framework that establishes the requirements for operational properties of pipes able to supply and regulating the control of technical condition of pipes in operation.

Examined evaluation of the quality pump and compressor pipes nondestructive testing methods.