

НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫЕ ТРУБЫ (НКТ), ОЦЕНКА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ И ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ

Рыбалко И.Н.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени
Петра Василенко*

В работе анализируется нормативно-техническая документация на производство насосно-компрессорных труб, а также обобщена информация о их эксплуатационной стойкости и причинах отказов.

Анализом литературных источников и исследованиями показано, что наибольшей повреждаемости насосно-компрессорные трубы (НКТ) в колоннах подвержены верхние её зоны и особенно резьбовые соединения (до 50-52%), что приводит к их обрыву и аварийным ситуациям.

Анализ литературных источников, патентов и стандартов показал, что исследования в области развития деградационных процессов при эксплуатации НТК, не дают достаточного представления о прогнозировании их надёжной эксплуатации. Это является важным при обслуживании оборудования. Кроме того, в работах не освещен вопрос, каким образом методически оценивать характер напряжённого состояния труб и зон максимальных деформаций в скважинах различной глубины.

Известные работы недостаточно освещают и структурную деградацию металла труб на микроуровне при моделировании процессов их растяжения в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: *насосно-компрессорные трубы, деградация, резьба, эксплуатация, напряжения, колонна, неразрушающий контроль, коэрцитивная сила, нормативная документация.*

Введение

С ростом мирового спроса на энергоносители перед компаниями нефтегазовой отрасли открывается широкий спектр возможностей и, с то же время рисков, в сегментах разведки и добычи нефти и газа, переработки, транспортировки и сбыта продукции.

Основной составляющей любого добывающего оборудования для нефтяных скважин, газопроводов, а также для осуществления ремонтных и спуско-подъемных работ являются насосно-компрессорные трубы.

В настоящее время эксплуатационные службы нефтяных и газовых месторождений все больше внимания уделяют ремонту труб. Это связано, прежде всего, с экономическими причинами, т.к. приобретение и транспортировка новых труб увеличивают себестоимость добычи.

В работе рассмотрены результаты исследований различных специалистов и непосредственно автором этой публикации.

Цель и постановка задач

Целью данной работы явилось обобщение выявленной информации о производстве насосно-компрессорных труб, оценке их эксплуатационной стойкости, и определение основных причин отказов.

Для достижения поставленной цели необходимо провести исследования по оценке характера развития деградационных процессов при эксплуатации НТК, используя существующие методики оценки характера напряжённого состояния труб и зон

максимальных деформаций в скважинах с применением методов неразрушающего контроля качества в эксплуатации для прогнозирования остаточного ресурса.

Изложение основного материала

На первом этапе исследований выполнен анализ нормативно-технической документации по использованию НКТ различных марок сталей.

В отечественном производстве это ГОСТ 633 «Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия» и РД 39-014714-86 «Инструкция по эксплуатации насосно-компрессорных труб» [1,2,4].

Также выявлено более 30 нормативных документов на производство продукции для компоновки НКТ различными фирмами, а также трубы, которые используют в Украине, и они имеют близкий химический состав.

Особенностью труб зарубежного производства является ограничение ряда компонентов в металле и, в первую очередь Р и S, а также повышенное содержание хрома и молибдена (марка L80).

В работах [5-7] предложен материал и технология производства насосно-компрессорных и обсадных труб из низко- и среднеуглеродистых сталей, легированных марганцем и микролегированных ниобием или ванадием (48Г2БМ или 48Г2ФМ соответственно). Для повышения эксплуатационных свойств авторы разработок рекомендуют использование контролируемой прокатки со специальным охлаждением труб в многоклетевом стане, а также термомеханическую их обработку [8-10]. В результате исследований предложена сталь для труб группы прочности Д, которая содержит в качестве основных компонентов 0,43-0,46% С, 0,74-0,76 Мп. Толстостенные трубы (13мм) группы прочности Е диаметром 101,6мм рекомендуется изготавливать из сталей марок 37ХГФМ и 37ХГФБМ, взамен стали 48Г2БМ поскольку она обладает повышенной склонностью к понижению пластичности из-за появления в структуре бейнитной составляющей.

Показано, что рекомендуемые марки сталей в процессе производства труб следует подвергать ускоренному (спрейерному) охлаждению в валках редуцированного стана путём замедленной скорости вращения валков.

Полученные результаты исследований базировались на закономерностях взаимосвязи параметров структуры металла: морфологии ферритных зёрен, оценки доли структурных составляющих (феррита, перлита, карбидов, бейнита), а также плотности дислокаций и механических свойств.

Важными направлениями повышения коррозионной стойкости насосно-компрессорных труб авторы работ [11-13] видят следующие: воздействия на среду и условия эксплуатации; воздействия на металл.

В условиях нефтедобычи к первому направлению относится процесс ингибирования. Ингибиторы способны изменять кинетику электрохимических реакций при эксплуатации труб в коррозионной среде. Этот метод требует капитальных вложений в строительство дополнительных узлов оборудования, эксплуатационных расходов, реагентов, контроля защиты.

Второе направление по данным авторов может быть реализовано путём защиты труб различными покрытиями: полимерными, силикатно-эмалевыми, диффузионным цинкованием. Такие технологии обеспечивают снижение склонности труб к коррозионной и эрозивной повреждаемости, улучшению герметичности резьбовых соединений, эффективной эксплуатации в интервале температур от -60 до +350°С, а также повышенные показатели прочности.

Вместе с тем, как показывает опыт, такие покрытия часто подвергаются различным механическим воздействиям, сопровождающимся повреждаемостью, что не исключает в этих зонах коррозионной повреждаемости.

Опыт мировых лидеров компаний указывает на необходимость разработки и внедрения новых марок сталей. Так, компаниями Tenaris и Samitomo Metal Industries [14, 15] разработаны новые материалы, обладающие более высокими потребительскими свойствами, чем предусмотрены нормами API. Это сталь марки SM13CRM, которая обладает повышенной стойкостью к питтинговой коррозии.

Предложена сталь марки TN80HC, которая на 30-40% по сравнению с другими, обеспечивает повышенные сопротивления к смятию. Такие материалы труб подвергаются регламентируемой термообработке и – термомеханической в процессе производства.

Интенсивная пластическая деформация кручением (ИПДК) увеличивает износостойкость резьбовых соединений за счёт формирования нано- и субмикроструктур со средним размером зёрен 50-300 нм, что способствует повышению механических свойств. Вместе с тем эта технология не исключает вибраций в резьбовых сопряжениях при эксплуатации труб.

Изменение зерна феррита увеличивает стабильный период эксплуатации труб. Это можно обеспечить за счёт модифицирования и микролегирования низкоуглеродистых сталей. Авторы работ [16, 17] предполагают, что дефекты кристаллического строения при редуцировании трубы в процессе производства, находящегося металла в аустенитном состоянии, в дальнейшем закрепляется дисперсными частицами карбидов M_xC_y и наследуются ферритом. Этот эффект определяется и температурным интервалом процесса редуцирования. Чем он ниже, тем больший эффект, способствующий высокому уровню вязкопластических характеристик металла.

В представленных разработках также исследовано влияние содержания углерода, легирующих и микролегирующих добавок, обеспечивающих повышенную конструкционную прочность определённых категорий и сортамента насосно-компрессорных труб (групп прочности Д, К, Е в соответствии с ГОСТ 633. Это феррито-перлитная сталь типа 37ХГ (0,6% Сг и до 0,7% Мп и 0,4% Мо), модифицированная добавками ванадия (до 0,08%) и ниобия (до 0,04%). При этом, рекомендуется осуществлять после прокатки спрейерное или воздушное охлаждение.

Использование таких сталей особенно эффективно при увеличении диаметра и толщины труб с 73,0 и 5,5 мм до 101,6 и 13,0 мм соответственно, т.к. с изменением их геометрических параметров отмечается снижение прочностных характеристик металла.

В работе [18] выполнен анализ эксплуатационной стойкости оборудования нефтегазовой отрасли. Показано [19, 20], что она среди других занимает ведущее место по числу аварий и разрушений оборудования скважин, к которым относятся коррозионно-эрозийная повреждаемость трубопроводов. Затраты на ликвидацию аварий достигают 30% от добычи газа и нефти [21, 22]. Наибольшая повреждаемость насосно-компрессорных труб (НКТ) связана с коррозией, повреждаемостью резьбы и усталостными разрушениями. Согласно данным статистики, количество аварийных ситуаций в ряде случаев достигает 80% от общего числа отказов. При этом, наибольшая доля аварий приходится на резьбовые соединения (потеря герметичности, разрушение, коррозия), которая достигает 50%. К числу остальных отказов [18] относятся: отложения смол – 11%, обрывы подвесного патрубка или переходника 6%, разрушения по телу муфты – 11%, трубы 12% и до 10% - другие.

Исходя из такого анализа следует, что основное направление повышения эксплуатационной стойкости оборудования должно быть сконцентрировано на повышении долговечности и надёжности резьбовых соединений.

Известные различные способы покрытий для защиты труб и резьбовых соединений в России («НК Лукойл», «Татнефть», «ТНК – ВР», «Роснефть», а также ТМК и ОМК – основные производители труб такого сортамента). Для защиты НКТ от коррозии используют покрытия (полимерные, стеклоэмалевые и др.). Их наносят на внутреннюю поверхность труб. Вместе с тем установлено, что это не решает кардинально проблему повышения их эксплуатационной стойкости, поскольку имеют место нарушения качества покрытий – их сколы, трещины и в ряде случаев отмечается отсутствие упрочнения на

резьбе труб и муфт. В связи с этим авторы работы [18] предложили способ термохимического диффузионного цинкования этих зон в колоннах труб. Термохимическим диффузионным цинкованием на основе железозинкового сплава рекомендуется упрочнять как внутреннюю, так и внешнюю поверхность зон резьбовых соединений. Такое покрытие не склонно к старению, имеет высокую твердость, износостойкость и обеспечивает достаточную прочность сцепления с основой. Составляющая покрытия – цинк обеспечивает пластичность, что выполняет роль твердой смазки.

Сравнительные лабораторные испытания коррозионной стойкости стали 20, наиболее часто используемой для изготовления различных труб, показали, что она при нанесении такого покрытия существенно повышается (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные данные коррозионной стойкости стали 20 без покрытия и с - диффузионным

цинковым

Среда испытаний	Скорость коррозии, г/(м ² ·ч)		Соотношение скоростей коррозии
	сталь 20	диффузионно - оцинкованная сталь	
Поток влажного сжатого воздуха, подаваемого в нефтяную скважину	0,048	0,002	24
Пластовая вода, содержащая 500 мг/л H ₂ S	5,21	0,0565	92
Морские нефтепромыслы (переменное смачивание по ватерлинии, приток воздуха, вода с повышенным содержанием)	0,30	0,005	60
Системы горячего водоснабжения в ЖКХ	0,0923	0,0022	42
Техническая вода на нефтеперерабатывающих коксохимических заводах	Скорость коррозии 0,2 мм в год	Скорость коррозии 0,04 мм в год	5

Примечание: Сталь 20 приведена как наиболее часто используемая для изготовления труб и других изделий. Время испытаний не менее 1 года.

Исследованиями микротвердости НКТ групп прочности Д, Е и Р110 (размер труб 73x5,5 мм) также показано, что при испытаниях в агрессивной среде (5% NaCl+0,5% CH₃COOH, насыщенной H₂S, pH≤3,5) при T= 297К её уровень изменяется не значительно, т.е. не происходит существенной деградации покрытия, хотя в ряде случаев она повышается до 10% и кроме того, имеет нестабильные показания (твердость изменяется в широких пределах от 317 до 489 НВ).

По данным разработчиков такое упрочнение обеспечивает повышение срока службы колонны в 2-3 раза.

Вместе с тем, остается так же непонятным в каких зонах колонны эффективно производить упрочнение сопряжений.

Имеющиеся резервы разработок, направленные на повышение стойкости трубопроводной запорно-регулирующей арматуры, с точки зрения новых подходов к использованию материалов, технологий изготовления и упрочнения в значительной мере себя исчерпали. Для долговременной работы таких поверхностей важным являются антифрикционные свойства в сопрягаемых поверхностях с низким коэффициентом трения. В этом случае наиболее эффективными могут оказаться твердосмазочные покрытия, которые могут эксплуатироваться в среде, без постоянно вносимой смазки, такие как SiO₂

и SiC [23, 24]. Одним из основных дефектов их повреждаемости является – схватывание. Для его снижения рекомендуется использовать нанесение неметаллических покрытий, повышение твердости поверхности, снижение коэффициента трения, подбор материалов в сопряжении и др.

Очень важно в период приработки сопряжения обеспечить минимальный износ, т.е. использовать такую обработку рабочей поверхности, чтобы ею минимизировать его уже на начальной стадии. Это позволит эффективно использовать и тонкопленочные покрытия.

В работе [23] отмечается, что такие финишные плазменные покрытия повышают износостойкость, отличаются химической инертностью, высокой твердостью (34 ГПа), низким модулем упругости (160 ГПа), жаростойкостью, низким коэффициентом трения, препятствующим развитию термоусталости, что способствует формированию в подпленочном слое основы сжимающихся остаточных напряжений.

В работах [25,26] отмечается, что для повышения износостойкости резьбовых соединений насосно-компрессорных труб, которые выходят из строя, в первую очередь, решение этой проблемы авторы видят в нанесении износостойких покрытий методом воздушно-плазменного напыления. Для покрытий рекомендуют использовать порошковые материалы с размером частиц менее 50 мкм. Перед нанесением покрытий резьбовые соединения подвергали струйно-абразивной обработке порошком корунда с величиной зерна № 40 по ГОСТ 3647, обеспечивая активацию поверхности. Для эффективного использования этого метода авторы разработки оптимизировали основные параметры технологического процесса: ток дуги плазматрона, напряжение на дуге, расход плазмообразующего газа, дистанцию напыления, скорость перемещения плазматрона по вращающейся трубе, угол между потоком напыляемых частиц и осью трубы.

Износостойкость покрытий оценивали по стеновым испытаниям, имитирующим свинчивание труб. Испытания показали повышение стойкости в 10-13 раз для покрытий ПН5Т45 и ПГ-19Н-01.

В работе не указано какую поверхность упрочняли: наружную или внутреннюю. Кроме того, нет информации о конкретном испытании этого метода в эксплуатации и каком деградиационным процессам подвергается металл под нагрузкой в этом случае.

Как было показано в работах [27,28], важнейшим в понимании развиваемых процессов является установление зависимости между условиями нагружения изделия и изменениями его структуры в эксплуатации.

В низкоуглеродистых феррито-перлитных сталях, по данным этих авторов, основой матрицы является ферритная составляющая, отличающаяся высокой пластичностью и низкой прочностью. Поэтому процессы накопления повреждений происходят при низких напряжениях ($\sigma_{0,2} = 265$ МПа).

Прочностные свойства в таких сталях достигаются измельчением зерна и ростом доли цементита перлита. Однако, для этой составляющей структуры характерно снижение числа циклов на стадии живучести с наличием трещины.

Для повышения долговечности и снижения чувствительности к концентрации напряжений авторы [28] рекомендуют использование сталей с формированием в перлите ориентированного низкоуглеродистого мартенсита или аустенита, способствующие релаксации напряжений.

Такой подход, по всей вероятности, не будет эффективным для НКТ из-за значительно высоких нагрузок, кроме того, ферритная составляющая благодаря высокой пластичности так же может вести себя при нагружении подобным образом. Известно, что при нагружении или локализации деформаций аустенит и мартенсит распадаются с формированием карбидо-ферритных или бейнитных структур.

Выявлена информация о развитии усталостной повреждаемости в трубопроводах [29-31], которая показывает, что прочностные свойства со временем при эксплуатации растут, а сопротивляемость к хрупкому разрушению и коррозии снижаются.

Исследованиями, проведенными на углеродистых и низколегированных сталях городских и магистральных трубопроводах, было показано, что при длительной эксплуатации пластичность их снижается на 8-10%. Этот эффект можно уменьшить отжигом стали в интервале $t=600-650^{\circ}\text{C}$. Ведущий механизм усталостной повреждаемости связан с развитием деградиционных явлений: дроблением карбидов, диффузией углерода и изменением дислокационной структуры. Вместе с тем, в работе автор не приводит экспериментальных данных, подтверждающих такие выводы.

Стабильность прочностных свойств низкоуглеродистой стали при эксплуатации существенно зависит от доли карбидной составляющей в перлите. В работе [31] распад цементита оценивали при степени деформации, достигающей 70-80%. При этом, в процессе эксплуатации трубопроводов пластическая деформация выявлена лишь по границам зёрен и вблизи дефектов. Длительное использование трубопроводов вызывает заметную деградиацию металла [32].

В работе [33] изучали деградиацию металла трубопроводов, которые использовали в течении 42 лет в сравнении с металлом до эксплуатации. Методами рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии проведен сопоставительный анализ перлитной составляющей в стали 20, где её доля не превышала 15%. В исходном состоянии структура представляет собой пластинчатый перлит и феррит. После длительной эксплуатации ферритная составляющая сохранилась, а цементит перлита разрушился (раздробился на отдельные фрагменты) в результате чего, по данным авторов, атомы углерода диффундировали к границам зёрен, и формировали зародыши новых карбидных частиц. Количество распавшегося цементита, оценено методом рентгеновского анализа и составило ~30% по сравнению с исходным. В проведенных исследованиях авторы работы [33] не оценивали состояния ферритной составляющей, изменения свойств которой также вносит существенный вклад в деградиацию металла трубопроводов.

В работах [34-38] анализируется деградиация механических свойств и параметров сопротивления разрушению феррито-перлитных и перлитных сталей при длительной эксплуатации трубопроводов. Такие условия эксплуатации приводят к снижению механических свойств металла и охрупчиванию из-за изменений структурного состояния в следствии воздействия напряжений коррозионной рабочей среды и газов. В этих условиях возможным становится повреждаемость даже при напряжениях, не превышающих допустимые, согласно действующей нормативно-технической документации. Отмечается, что при длительной эксплуатации таких материалов могут протекать процессы старения, микродеформаций, накопление локальных микронапряжений и дефектов, а также происходить развитие электрохимической коррозии.

В этих исследованиях сделана попытка обобщить выявленные закономерности и механизмы деградиционных явлений для их использования при прогнозировании эксплуатационной надёжности различных стальных конструкций.

В результате анализа было установлено, что существуют общие и, вместе с тем, - специфические факторы, определяющие степень деградации металла феррито-перлитной стали. Показано, что эксплуатация феррито-перлитных сталей практически не влияет на стандартные механические свойства, но снижает параметры сопротивления разрушению за счёт чувствительности к локальным структурным изменениям. С увеличением напряжений при эксплуатации деградиционные процессы возрастают и снижается склонность к разрушению за счёт уменьшения подвижности дислокаций.

Дозетктоидные стали, которые используют для изготовления труб различного назначения, подвергаются деградации металла при эксплуатации в условиях действия нагрузок, повышенной температуры, коррозионной среды. Процесс деградации металла изделий характеризуется дроблением зёрен твёрдой фазы, увеличением плотности дислокаций и их упорядочением (формированием локальных скоплений с образованной стенок, сеток, на которых затем выделяются избыточные компоненты и продукты распада цементита, легированного карбида или коррозионной среды. В случае появления

микротрещин при эксплуатации деталей в условиях коррозии избыточными фазами, декорирующими изменение плотности и распределения дислокаций, могут быть азот, водород и кислород. Такие явления изменения плотности дислокаций можно наблюдать не только при эксплуатации [39], но и при кристаллизации отливок из высокоуглеродистых сплавов и в восстановленных покрытиях, где формируются локальные напряжения в производственных процессах [40, 41].

Закрепление и усиление степени выделения на дислокациях избыточных фаз при повышении температуры эксплуатации может привести к охрупчиванию. Однако, при регулируемых процессах производства и эксплуатации следует использовать этот факт создания локальных напряжений для исключения процессов термообработки, что важно особенно для массивных отливок (массой более 10т.), изготовляемых из разнородных металлов. В качестве примера можно привести центробежные валки с рабочим слоем из высоколегированных чугунов и сердцевиной – серого [41].

В работах [42-45] выявлен новый тип разрушения металлических материалов, который получил название «самопроизвольное превращение металла в порошок» или иначе его называют «катастрофической карбонизацией». Этот процесс характерен для сплавов на основе железа при $t=673-1173^{\circ}\text{K}$, работающих в углеродсодержащих газовых средах, у которых величина активности углерода (a_c) значительно больше единицы.

Достижимые значения этого показателя, вызывают появление грубых дефектов: равномерной потере металла, питтингов. При этом, процесс деградации металла интенсивно развивается. Как отмечают авторы, механизм повреждаемости происходит по схеме 5 стадий: перенасыщение металла углеродом; выделения цементита на поверхности и границах зёрен; выделение графита на поверхности включений цемента; распад цементита с образованием различных углеродсодержащих фаз, а также наноразмерных металлических частиц. Завершающий этап – дальнейшее отложение углерода из газовой фазы, катализируемое металлическими частицами.

Авторами выполнены сопоставительные исследования по поиску легированных сталей, стабильных к описанной деградации. На основе термодинамических расчётов показано, что такими являются стали типа Гатвилда, содержащие 8,0-12,0% Mn. Они устойчивы к разрушению при воздействии активных углеродосодержащих газовых сред.

Оценку деградации металла в работах [46-49] оценивали на начальной стадии повреждаемости малоуглеродистой стали при деформации без учёта развития коррозионной повреждаемости.

Развитие деградации металла при деформации с накоплением повреждаемости оценивали в условиях одноосного растяжения. Для этого использовали структурно-чувствительные металлофизические методы оценки уровня локальной неоднородности распределения напряжений в зонах их зарождения и развития.

Исследованиями деформирования образцов Ст. 3 выявлены четыре стадии повреждаемости: микротекучести; накопления дефектов; слияния дефектов; локального разрушения. Кроме того, в недеформированных образцах была выявлена технологическая повреждаемость отдельных зон путём формирования локальных микронапряжений.

Анализ изучаемых параметров, позволил описать развитие деградации металла в соответствии с четырьмя стадиями её развития.

Так, в первой стадии деградации – микротекучести происходит деформация до 3%, где в твёрдом растворе уменьшается концентрация атомов углерода и азота. Они закрепляют свободные дислокации за счёт чего возрастает количество несплошностей и модуль упругости снижается на 15%.

Во второй стадии имеет место степень деформации от 3 до 6-8% и происходит процесс увеличения количества подвижных дислокаций, и он превалирует над их блокировкой приместными атомами. В этот период отмечается уменьшение плотности дислокаций за счёт их взаимодействия и происходит микроразрыхление материала.

На третьей стадии напряжение возрастает от 8-10% до 13% и достигается баланс между количеством атомов внедрения на дислокациях и свободными. Формируются заблокированные группы скоплений дислокаций и в ходе деформационного воздействия они становятся зонами концентрации напряжений. Последняя стадия характеризуется уровнем напряжений от 13 до 17-20% и отличается растущей энергией связи дислокаций с примесными атомами. В этот период, из-а более жесткой блокировки дислокаций, начинают зарождаться и развиваться микротрещины.

Рассмотренные работы по влиянию роли дислокационной структуры и диффузии компонентов, приводящих к их блокировке и возможности декорирования и выявления при специальном травлении с последующим описанием такой структуры оптико-математическим методом, позволяют выявить вклад не только от воздействия напряжений, но и коррозионной среды при эксплуатации.

Образование наиболее активных продуктов коррозии – окислов, сульфидов железа и др. в НКТ и обсадных трубах являются зоны контакта их металла с пластовой жидкостью, содержащей сероводород и углекислый газ [50-51]. При этом, важная роль в коррозионных разрушениях внутрискважинного оборудования отводится и сульфатовосстанавливающим бактериям, т.к. они являются катализаторами электрохимических процессов и это также вызывает деградацию металла.

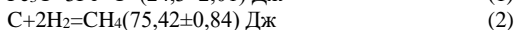
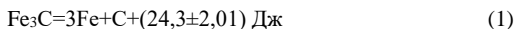
Комплексными металлографическими исследованиями с использованием современного оборудования, а также специальными моделирующими методами показано [52], что развитие сульфидной коррозии возможно при концентрации сероводорода 0,01%.

Коррозия протекает в присутствии сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ). Это способствует тому, что на поверхности трубы зарождается отложение в виде корки тёмно-коричневого цвета и рыхлых бугорков. Под слоем таких отложений развиваются питтинги (точечная коррозия). Некоторые сульфидные включения могут являться очагами образования трещин. По мере их роста трещины становятся межзёренными.

Коррозионно- механические свойства НКТ зависят [50-52] от состава, формы выделений и количества карбидных фаз.

Теоретическая оценка изменения доли перлитной составляющей в стали за период эксплуатации НКТ в течении 8 лет показала, что она снижается на 25-30%.

Цементит, по данным [52], при воздействии на него атомов водорода разлагается по реакциям:



Этот процесс описывают реакцией:



Атомарный водород выделяется при взаимодействии сероводорода пластиковой жидкости с металлом оборудования:



Автор работы [52] считает, что структурная деградация металла НКТ определяется воздействием активно-коррозионной среды и не рассматривает процессы, определяющие развитие локальных и зональных напряжений, которые играют важнейшую роль в развитии повреждаемости.

Результаты исследования трубных сталей [53-55] показали, что сопротивляемость их коррозии в сероводородсодержащей среде, сопровождаемой при эксплуатации напряжениями, существенно увеличивает склонность к повреждаемости. Важную роль играют и наличие вредных примесей – серы и фосфора. В зарубежных стандартах, как отмечалось ранее, их доля ограничена $\leq 0,012\%$, поскольку они склонны к образованию неметаллических включений, которые могут быть концентраторами локальных напряжений.

Причиной снижения стойкости трубных низкоуглеродистых и низколегированных сталей может быть наличие в них силикатов и микроликвация легирующих компонентов

или примесей, а также нарушение термомеханических параметров производства.

Уменьшить аварийные ситуации при обслуживании труб различного назначения при их эксплуатации могут методы неразрушающего контроля качества.

Выявлено большое количество публикаций по влиянию механических напряжений на магнитные свойства электротехнических сталей и кремнистого железа [53-63].

Что касается трубных сталей, то такая информация весьма ограничена. Большой вклад в развитие методики проведения измерений неразрушающего контроля качества магнитным методом по коэрцитивной силе и созданию оборудования внёс руководитель фирмы «Специальные Научные Разработки» Безлюдько Геннадия Яковлевич [64-69].

В работе [70] рассматривали возможность контроля качества трубной стали по неразрушающему контролю с учётом их структурно-чувствительных параметров (физических и механических свойств). Анализировали сталь 17Г1С, в которой выявили наличие структурных отклонений без видимых признаков дефектов. Металлографический анализ таких зон [71] и оценка уровня механических свойств показали необратимые изменения, которые после длительного срока эксплуатации выявили локальную неоднородность, что позволяет прогнозировать остаточный ресурс трубопроводов и диагностировать техническое состояние оборудования [72-73]. В работах [74, 75] уровень напряжённого состояния стальных конструкций оценивали по анизотропии показаний коэрцитивной силы: $K = H_{\perp} / H_{\parallel}$.

В работах [64-69] приведена обзорная оценка общего состояния и экспертиза усталости металла нефтехимических производств коэрцитиметрическим методом.

Вместе с тем, в литературе отсутствует анализ структурной деградации НКТ контролем по коэрцитивной силе.

Выводы

Подводя итог проведенного анализа по производству, использованию и деградации структуры и свойств металла насосно-компрессорных труб при эксплуатации, можно заключить следующее.

Существует множество стандартов и другой нормативно-технической документации, которые регламентируют сортамент производимых труб и их химический состав, они в различных странах имеют много общего, но есть и серьёзные различия. Для производства такой продукции чаще всего используются низкоуглеродистые и низколегированные стали (легированные Mn, Cr, Mo, и микрولةгированные V, Nb, Ti). Основным отличием различных нормативных документов является ограничением допустимого содержания вредных примесей S и P.

Для повышения потребительских свойств труб и их эксплуатационной стойкости разрабатывают специальные покрытия, которые позволяют снижать склонность материала к коррозионной повреждаемости.

В рассмотренных исследованиях отмечается, что период начала и развития деградационных процессов можно отодвинуть на более длительный период использования труб за счёт технологических параметров их производства, которые существенно измельчают ферритные зёрна. К ним относятся такие операции как регламентированные параметры редуцирования, использования термической или термомеханической обработок.

При выборе той или иной технологии и параметров производства и подготовки к использованию продукции в эксплуатации следует учитывать конкретные условия среды взаимодействия, глубины скважины, температурные параметры, которые оказывают существенное влияние на тип и характер, развиваемой деградации металла.

Большинство из рассмотренных работах по анализу деградации металла труб показали, что основной причиной их повреждаемости является воздействие активной коррозионной среды и лишь отдельные работы выделяют роль воздействия напряжённого состояния. В этом случае зарождение и развитие повреждаемости относят к изменению

плотности дислокаций и выделению на них избыточных фаз за счёт развития диффузии процессов.

Рассмотренные разработки не дают полного ответа на ряд вопросов, например, такие:

- как, какие и почему возникают напряжения в различных зонах труб буровой колонны;

- каким методом можно оценить локализацию деформаций, чтобы прогнозировать их стойкость и эффективно контролировать состояние материала труб;

- не выявлен характер повреждаемости при эксплуатации буровой колонны в условиях углекислотной среды;

- не установлено какие деградиционные явления развиваются при воздействии растягивающих напряжений и, что происходит при совместном воздействии с углекислотной средой;

- можно ли использовать эффективную пластичную смазку для уменьшения повреждаемости резьбовых соединений в колонне и установить от чего это зависит, чтобы обеспечить повышение надёжной эксплуатации;

- как и каким методом, параметрами следует оценивать качество труб колонны в процессе эксплуатации.

Именно рассмотрению этих вопросов необходимо посвятить разработки в дальнейшем.

Список использованных источников

1. ГОСТ 633 Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия. – Введ. 1983-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 42с.

2. РД 39-014714-86 Инструкция по эксплуатации насосно-компрессорных труб - Введ. 1986-11-20. Срок действия: 1989-11-20. - Куйбышев 1987. – 46с.

3. API Spec 5CT. Specification 5CT/ISO 11960, Specification for casing and tubing - Eighth edition - Petroleum and natural gas industries - Steel pipes for use as casing or tubing for wells (Спецификация 5CT/ISO 11960, Спецификация на обсадные и насосно-компрессорные трубы – Восьмое издание – Нефтяная и газовая промышленность – Стальные трубы для использования в качестве обсадных труб или труб для скважин).

4. ГОСТ 23979 Переводники для компрессорных труб. Технические условия. - Введ. 1983-01-01. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1980. – 17с.

5. Влияние состава и режимов проката на механические свойства труб из среднеуглеродистых низколегированных сталей / П.Ю. Горожанин, Е.С. Черных, В.А. Хошинов, С.Ю. Жукова, В.М. Фарбер // Производство проката. - 2005. - №12. - С. 27-31.

6. Изыскание составов и режимов термической обработки обсадных и насосно-компрессорных труб высокой прочности / Н.Т. Тихонцева, П.Ю. Горожанин, С.Ю. Жукова, М.Н. Лефлер, В.М. Фарбер // Сталь. - 2006. - №8. - С. 70-73.

7. Фарбер В.М. Влияние параметров проката на структуру и механические свойства горячекатаных труб / В.М. Фарбер, С.Ю. Жукова, П.Ю. Горожанин // Труды XIII Международной научно-практической конференции «Трубы-2005». Сборник докладов. – Челябинск: ОАО «РосНИТИ», 2005. – С. 238-242.

8. Патент РФ № 2291903. Способ прокатки труб с термомеханической обработкой, приор. 15.07.2005, МПК С 21D 8/10. Опул. БИ, 2007, №2.

9. Патент РФ № 2291906. Устройство для охлаждения труб, приор. 15.07.2005, МПК С 21D 8/10. -Опул.: БИ, 2007, №2.

10. Патент РФ № 2295579. Устройство для воздушного охлаждения, приор. 15.07.2005, МПК С 21D 1/667. Опул.: БИ, 2007, №8.

11. Пинчук С.И. Пути повышения коррозионной стойкости насосно-компрессорных труб / С.И. Пинчук, В.Ф. Балакин, Д.Г. Тышкевич // Теория и практика металлургии. - 2012. - № 1/2. - С. 21-24.

12. Energy API [Electronic resource]: American petroleum institute / API. – Электрон. Дан. - [США], сор. 2011. – Режим доступа: <http://www.api.org>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
13. Проскурин Е.В. Защитніе покритія: качество и долговечность труб / Е.В. Проскурин // Национальная металлургия. – 2003. - №15. – С.69-78.
14. Sumitomo Metals [Electronic resource]: Pipe and Tube Company / Sumitomo Metals; webdesign&webdevelopment by Virtua. – Электрон. Дан. - [Япония], сор. 2009. – Режим доступа: <http://www.sumitomo-tubulars.com>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ., рус.
15. Tenaris [Electronic resource]: Tenaris. – Электрон. Дан. - [Б.м.], сор. 2011. – Режим доступа: <http://www.tenaris.com>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
16. Изыскание составов и режимов термической обработки обсадных и насосно-компрессорных труб высокой прочности / Н.Т. Тихонцева, П.Ю. Горожанин, С.Ю. Жукова, М.Н. Лефлер, В.М. Фарбер // Сталь. – 2006. - №8. – С.70-73.
17. Разработка композиций сталей для труб нефтяного сортамента групп прочности «Д» и «К» / П.Ю. Горожанин, Е.С. Черных, С.Ю. Жукова, В.А. Хогинов, К.А. Лаев, В.М. Фарбер // Сталь. – 2006. - №8. – С.85-86.
18. Эффективное покрытие для повышения эксплуатационной надежности труб в осложненных условиях нефтегазодобычи / Е.В. Проскуркин, В.И. Большаков, Т.А. Дергач, И.В. Петров, В.Б. Дмитриев // СТАЛЬ. - 2013. - № 9. – С. 64.
19. Козлов А.В. Коррозия стального проката (по стандартам США и материалам американских и японских фирм) / А.В. Козлов // Производство проката. - 2004. - № 8. - С. 32 -38.
20. Завьялов В.В. Проблемы эксплуатационной надежности трубопроводов на поздней стадии разработки месторождений. / В.В. Завьялов - М.: ООО «ВНИИОНГ», 2005. -332 с.
21. Проскурин Е.В. Пути повышения коррозионной стойкости и эксплуатационной надежности труб нефтяного сортамента / Е.В. Проскурин, Т.А. Дергач, Т.А. Сюр // Сталь. - 2003. - № 2. - С. 74 -75.
22. Повышение эксплуатационной надежности и долговечности труб нефтяного сортамента - главная задача сегодняшнего дня / Е.В. Проскуркин, Т.А. Дергач, Г.Д. Сухомлин и др. // Производство проката. - 2003. - № 10. - С. 26 -35.
23. Тополянский П.А. Использование нанотехнологий при изготовлении деталей трубопроводной арматуры / П.А. Тополянский // Технологии обработки поверхности. – 2010. -2 (65). С. 70-75.
24. Левашов Е.А. Многофункциональные наноструктурные пленки. [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.popnano.ru/science/index.php?task=view&id=43&limitstart=2
25. Оборудование и технология нанесения воздушно-плазменных покрытий – основные научно-технические результаты достижения / В.П. Валувев, Г.К. Петров, Ю.В. Сабельников, В.Я. Фролов, Б.А. Юшин // Инструмент и технологии. – 2010. – №30. - С.10-23.
26. Плазменное напыление покрытий в активных средах. / В.С. Клубникин, М.В. Карасев, Г.К. Петров - Л.: Изд-во ЛДНТП, 1990. - 19с.
27. Дронов В.С. Кинетика развития усталостной повреждаемости в малоуглеродистой стали. / В.С. Дронов, Г.В. Селиверстов // Изв. ТулГУ. Сер. Подъемно-транспортные машины и оборудование. – Тула, 2006. – Вып. 7. – С.207-212.
28. Дронов В.С. Структурная повреждаемость в пластических зонах ферритно-перлитных и аустенитно-мартенситных сталей при усталости. / В.С. Дронов, Г.В. Селиверстов // Изв. ТулГУ. Сер. Технические науки. – Тула, 2009. – Вып. 2. – С.199-206.
29. Сандаков В.А. Работоспособность длительно эксплуатируемых трубопроводов системы газоснабжения. / В.А. Сандаков // Нефтегазовое дело. – 2008. – Том 6, №2. – С.113-116.

30. Ямалеев К.М. Старение металла труб в процессе эксплуатации нефтепроводов. / К.М. Ямалеев – М.: ВНИИОЭНГ, 1990. – 64с.
31. Механизм распада цементита при пластической деформации стали / В.Г. Гаврилюк, Ю.Л. Плущкин и др. // Физика металлов и металловедение. – 1981. – Т. 51. - №3. – С.147-151.
32. Старение металлов нефтепроводов. / А.Г. Гумеров, Г.С. Зайнуллин, К.М. Ямалеев и др. – М.: Недра, 1995. – 222с.
33. Ямалеев К.М. Распад цементита в металле труб газопроводов системы газоснабжения. / К.М. Ямалеев, В.А. Сандаков // Нефтегазовое дело. – 2008. – Том 6, №2. – С.97-98.
34. Дмитриев В.Ф. Оценка остаточного ресурса нефтепровода и планирование его капитального ремонта / В.Ф. Дмитриев, Г.Х. Мурзаханов, Г.А. Филиппов // Строительство трубопроводов. - 1997. - №3. - С. 21-24.
35. Филиппов Г.А. Деградация свойств металлов при длительной эксплуатации магистральных трубопроводов / Г.А. Филиппов, О.В. Ливанова, В.Ф. Дмитриев // Сталь. - 2003. - №2. - С. 84-87.
36. Филиппов Г.А. Влияние силовых условий эксплуатации трубопроводов на механические свойства и сопротивление разрушению металла трубопроводов / Г.А. Филиппов, О.В. Ливанова // Сталь. - 2003. - №7. - С.80-83.
37. Филиппов Г.А. Взаимодействие дефектов структуры и деградация свойств конструкционных материалов. / Г.А. Филиппов, О.В. Ливанова // Материаловедение – 2002. - №10. – С.17-21.
38. Изотов В.И. Влияние и механизм образования хрупких микротрещин в феррито-перлитной трубной стали при растяжении в условиях наводороживания / В.И. Изотов, В.А. Поздняков, Г.А. Филиппов // ФММ. - 2001. - Т. 91, № 5. - С. 84-89.
39. Effective Technological Process of Crystallization of Turning Rollers' Massive Castings: Development and Analysis / Т. Skoblo, О. Klochko, Е. Belkin, А. Sidashenko // International Journal of Mineral Processing and Extractive Metallurgy. – 2017. - 2(3). – Р. 34-39
40. Оценка локальной структурной неоднородности в отливках из серого чугуна / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, О.Ю. Клочко, А.В. Сайчук, И.Н. Рыбалко // Научно-практический журнал «Агротехника и энергообеспечение» - Орел: ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2017. – № 4 (17). - С. 141-150.
41. Патен № 105761 Україна МПК (2016.01) B21B 27/00 B22D 23/00 Спосіб виробництва прокатних валків / Т.С. Скобло, А.К. Автухов, О.І. Сідашенко, О.Ю. Клочко, Ю.Л. Белкін, Р.Г. Соколов; заявник та патентотримувач Т.С. Скобло, А.К. Автухов, О.І. Сідашенко, О.Ю. Клочко, Ю.Л. Белкін, Р.Г. Соколов. - u 2015 07442. заявл. 24.07.15.; опубл. 11.04.16., Бюл. № 7.
42. Muller-Lorenz E.M. Cocking by metal dusting of steels. / E.M. Muller-Lorenz, H.J. Grabke // Mater. Corros. 1999. V.50. P.614-621.
43. Grabke H.J. Metal Dusting of Low - and High-Alloys Steels. / H.J. Grabke // Corros. 1995. V.51. №9. P.711-720.
44. Зайцев А.И. Самопроизвольное превращение в порошок металлических материалов в активных углеродсодержащих газовых средах. / А.И. Зайцев // Сталь. – 2001. – №12. – С.60-64.
45. Термодинамический анализ равновесий в сплавах системы Fe-Cr-C для прогнозирования их устойчивости к разрушению в активных углеродсодержащих газовых средах. / Ю.Л. Альшевский, О.В. Бакланова, А.И. Зайцев и др. // Неорганические материалы. – 2005. – Т.41. №2. – С. 177- 184.
46. Чуканов А.Н. Развитие деградации и начальные стадии повреждаемости малоуглеродистой стали при деформации / А.Н. Чуканов, А.А. Яковенко // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2010. – Вып. 1. – С. 160-166.

47. Жаркова Н.А. Стадийность накопления повреждений в низкоуглеродистой стали в условиях одноосного разряжения / Н.А. Жаркова, Л.Р. Бовтина, М.Р. Тютин // Меаллы. – 2007. – №3. – С. 64-71.
48. Левин Д.Д. Исследование повреждаемости трубных сталей по эффектам неупругой релаксации // Д.Д. Левин, А.Н. Чуканов, Л.В. Муравлёв // Вестник Тамбовского университета. – 1998. – Т.3. Вып. 3. – С.315-318.
49. Чуканов А.Н. The complex analysis of substructural processes of degradation and destruction of metal on the basis of the internal friction's data / DFM 2006/ Book of articles. – Moscow: Intercontact Nauka, 2006. – P. 82-84.
50. Дмитрах І.М. Вплив корозійних середовищ на локальне руйнування металів біля концентраторів напружень / І.М. Дмитрах, В.В. Панасюк - Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 1999. – 341с.
51. Вплив напружень на електрохімічну корозію сталі у водних середовищах / Романов О.М., Б.Я. Генека, О.М. Гута, В.О. Василечко // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 1996. – №6. – С.83-95.
52. Трещиностойкость металла труб нефтепроводов. / А.Г. Гумеров, К.М. Ямалеев, Г.В. Журавлёв и др. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. – 231с.
53. Механика разрушения и прочность материалов: Справ. пособие / Под общ. ред. В.В. Панасюка. — Киев: Наука, думка, 1990. — Т. 4. - 680 с.
54. Golovin S.V. On experience of sour oil pipeline construction at Tenguis oilfield / S.V. Golovin // VNIISTs Reports on pipes and pipeline welding for VNIIST, NKK and Kobe Steel seminar. — Moscow: VNIIST, 1991. — 11 p.
55. Trucbon M.L.R. Experimental limits of sour service for tubular steels / M.L.R. Trucbon, J.L. Crolet // SSC Symposium. — Saint-Cloud, 1991. - 21 p.
56. Дружинин В.В. Магнитные свойства электротехнической стали. / В.В. Дружинин - М.: Энергия, 1974. - 240 с.
57. Зайкова В.А. О влиянии растяжения на магнитные свойства и кривые магнитострикции кремнистого железа / В.А. Зайкова, Я.С. Шур // ФММ. - 1966. - Т. 21. Вып. 5. - С. 664-673.
58. Zeistner K. Verlustmessungen unter tangentialen mechanischen Spannungen im Elektroblechpaket / K. Zeistner, H. Notzon // ETZ - A. - 1966. - Bd 87. H. 19. - S. 701-706.
59. Намитоков К.К. Влияние растягивающих нагрузок на кривую намагничивания листовых электротехнических сталей / К.К. Намитоков, В.Г. Брезинский // Электротехника. - 1967. - № 2. - С. 49-51.
60. Корзунин Г.С. Определение внутренних напряжений в листах горячекатаной трансформаторной стали / Г.С. Корзунин, М.П. Уварова // Дефектоскопия. - 1969. - № 4. - С. 131-140.
61. Дружинин В.В. Влияние упругого изгиба пластин на магнитные характеристики электротехнической стали / В.В. Дружинин // Электротехника. - 1973. - № 7. - С. 50-57.
62. Brailsford F.. Effect of tensile stress on the magnetic properties of grain-oriented silicon-iron lamination. / F. Brailsford, Z.H.M. Abu-Eid // Proc. Inst. Electr. Engrs. - 1963. - V. 110. № 4. - P. 751-757.
63. Корзунин Г.С. Влияние механических напряжений на магнитные свойства анизотропной электротехнической стали / Г.С. Корзунин, Р.Б. Пужевич, М.Б. Цырлин // Физика металлов и металловедение. – 2007. -Том 103, № 2. - С. 147-156.
64. Обзорная оценка состояния и детальная экспертиза усталости металла больших размеров объектов и конструкций неразрушающим коэрцитиметрическим методом / Г.Я. Безлюдько, О.П. Завальнюк, В.Б. Нестеренко, А.Ю. Марченко, Р.Н. Соломаха // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. — 2012. — № 3. — С. 57-65.
65. Контроль усталости металла неразрушающим магнитным (коэрцитиметрическим) методом как объективная первооснова диагностики оборудования и конструкций / Б.Е.

Попов, Г.Я. Безлюдько, Е.И. Елкина, Р.Н. Соломаха // В мире неразруш. контроля. — 2009.— 44, № 2.— С. 26–29.

66. Применение коэрцитиметрии для мониторинга продольной прочности корпуса судна в условиях эксплуатации. // Г.Я. Безлюдько, Е.И. Елкина, Р.Н. Соломаха и др. // В мире неразруш. контроля. — 2011.— 53, № 3.— С. 13–17.

67. Безлюдько Г.Я. Практика оценки состояния сварных швов по измерениям магнитной характеристики – коэрцитивной силы металла / Г.Я. Безлюдько // В мире неразруш. контроля. — 2004.— № 1.— С. 20–22.

68. Оперативный контроль напряженного и усталостного состояния сварных соединений неразрушающим методом по магнитной характеристике металла – коэрцитивной силе. / Г.Я. Безлюдько, В.Е. Долбня, Б.Е. Попов, Р.Н. Соломаха // В мире неразруш. контроля. — 2006.— № 1.— С. 58–59.

69. Безлюдько Г.Я. Радикальное улучшение оценки текущего состояния кислородных баллонов применением метода коэрцитивной силы (по результатам исследований 1990–2000 гг.). / Г.Я. Безлюдько, Е.И. Елкина, Б.Е. Попов // В мире неразруш. контроля. — 2011.— № 3. — С. 34–35.

70. Myndiuk V.D. Особенности неразрушающего контроля изменений структуры и механических свойств трубных сталей по комплексу структурночувствительных параметров / V.D. Myndiuk, Ye.R. Dotsenko, P.M. Prysiazhniuk // Научни известия на НТСМ. – 2016. – Year / Година XXIV. Number / Бор. 1 (187). – С. 314-318.

71. Myndyuk V.D. Character of the Relationship Between the Microstructure and Physicomechanical Properties of Steels of Long-Term Operation // V.D. Myndyuk, O.M. Karpash, O.M. Karpash / Material Science. – 2014. – V.49, №4. – P. 560 – 565.

72. Бирилло И.Н. Оценка прочностного ресурса газопроводных труб с коррозионными повреждениями / И.Н. Бирилло, А.Я. Яковлев, Ю.А. Теплинский, И.Ю. Быков, В.Н. Воронин / Под общей ред. И.Ю. Быкова. – М.: Изд. ЦенрЛитНефтеГаз. – 2008. – 168 с.

73. Гриб В.В. Диагностика технического состояния оборудования нефтегазохимических производств / В.В. Гриб. — М.: Изд-во ЦНИИТЭнефтехим, 2002. – 302 с.

74. Применение магнитного метода для оценки напряженного состояния стальных конструкций / Р.В. Агинея, Ю.А. Теплинский, А.С. Кузьбожев, Н.П. Богданов // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 2004, выпуск 27. – С. 95–97.

75. Новиков В.Ф. Зависимость коэрцитивной силы малоуглеродистых сталей от одноосных напряжений (Часть 1) / В.Ф. Новиков, Т.А. Яценко, М.С. Бахарев // Дефектоскопия. – 2001. – Ч.1. №11. – С.51-57.

Анотація

НАСОСНО-КОМПРЕСОРНІ ТРУБИ (НКТ), ОЦІНКА ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ І ПРИЧИНИ ВІДМОВ

Рибалко І.М.

В роботі аналізується нормативно-технічна документація на виробництво насосно-компресорних труб, а також узагальнена інформація про їх експлуатаційну стійкість і причини відмов.

Аналізом літературних джерел і дослідженнями показано, що найбільшій пошкодженості насосно-компресорних труб (НКТ) в колонах схильні верхні її зони і особливо нарізні сполучення (до50-52%), що призводить до їх обриву і аварійних ситуацій.

Аналіз літературних джерел, патентів і стандартів показав, що дослідження в області розвитку деградаційних процесів при експлуатації НТК, не дають достатнього уявлення про прогнозування їх надійної експлуатації. Це є важливим при обслуговуванні обладнання. Крім того, в роботах не висвітлено питання, яким чином методично

оцінювати характер напруженого стану труб і зон максимальних деформацій в свердловинах різної глибини.

Відомі роботи недостатньо висвітлюють і структурну деградацію металу труб на мікрорівні при моделюванні процесів їх розтягування в умовах експлуатації.

Ключові слова: насосно-компресорні труби, деградація, різьба, експлуатація, напруження, колона, неруйнівний контроль, коерцитивна сила, нормативна документація.

Abstract

PUMP AND COMPRESSOR PIPES, EVALUATION OF THEIR OPERATIONAL RESISTANCE AND THE CAUSES OF FAILURES

Rybalko I.N.

The paper analyzes the normative and technical documentation for the production of tubing, as well as summarizes information about their operational stability and the causes of failures.

An analysis of literary sources and research has shown that tubing in the columns is subject to greatest damage to its upper zones and especially threaded connections (up to 50-52%), which leads to their breakage and emergency situations.

An analysis of literary sources, patents and standards showed that research in the field of the development of degradation processes during the operation of NTDs does not provide a sufficient idea of predicting their reliable operation. This is important when servicing equipment. In addition, the question of how to methodically assess the nature of the stress state of pipes and zones of maximum deformations in wells of various depths is not addressed in the works.

Known works do not sufficiently illuminate the structural degradation of metal pipes at the micro level when modeling the processes of their tension under operating conditions.

Keywords: tubing, degradation, thread, operation, stress, column, non-destructive testing, coercive force, normative documentation.