Исследование обеспечения надежности промысловых трубопроводов в процессе эксплуатации

Юлуев Талгат Кагимович
Yuluyev Talgat Kagimovich
(Уфа, ФГБОУ ВО «УГНТУ»)

Аннотация: *Представлена возможность применения комплексной информации для обеспечения надежности промысловых трубопроводов в процессе эксплуатации*

Abstract: The possibility of using complex information to ensure the reliability of field pipelines during operation is presented

Ключевые слова*: запорно-регулирующая арматура, магистральный трубопровод, трещина, коррозия, твердость металла ультразвуковая толщинометрия, техническое диагностирование, дефект, неразрушающий контроль, линеаризация напряжений*

Key words*:* shut-off and control valves, main pipeline, crack, corrosion, metal hardness ultrasonic thickness measurement, technical diagnostics, defect, non-destructive testing, stress linearization

ВВЕДЕНИЕ

Магистральные нефтепроводы (МН) в экономике страны занимают одну из важных позиций.. Ключевой ставкой являются вопросы обеспечения надежной и безопасной эксплуатации магистральных нефтепроводов и их деталей, затрагивают не только систему нефтепроводного транспорта, но и многие другие отрасли, а также существенно влияют на достижение целей.

Современное состояние нефтепроводного транспорта характеризуется длительным временем безопасной эксплуатации ряда действующих магистральных нефтепроводов при существенном увеличении объемов перекачки нефти и сооружением новых мощных МН, работающих при критических условиях такие как давление. Обеспечение безопасной эксплуатационной надежности магистральных нефтепроводов в условиях их длительной эксплуатации, увеличения объемов перекачки и повышения давления становится все более актуальным.

Для создания модели по применению современных методов расчета по определению срока службы запорной регулирующей арматуры и деталей трубопровода требует наличие определенных умений и навыков а также опыта для создания программных комплексов. Однако в результате становится реальным и возможным смоделировать геометрию, а также фактическое определение ее температуры по всему объекту, влияния внутреннего и внешнего давления, взаимное влияние элементов конструкции и др. Возможность учета всевозможных факторов, влияющих на работу арматуры, позволяет заранее прогнозировать ее работу в различных ситуациях

На основании проведенных расчетов на прочность и жесткость с использованием предложенной методики оценки НДС деталей определены характерные точки на корпусных деталях, для которых определена целевая функция. Минимизация целевой функции при ограничениях, накладываемых на прочность и жесткость конструкции, обеспечивающей, позволяет получить оптимальную конструкцию клиновой задвижки. Методологической основой решения проблем надежности магистральных нефтепроводов являются работы ведущих специалистов отраслевых институтов (ИПТЭР, ВНИИСТ, ГИПРОТРУБОПРОВОД), академических институтов (ИМАШ им. А А Благонравова, ИМЕТ им. А А Байкова, ИЭС им ЕО. Патона), лабораторий и кафедр высших учебных заведений (УГНТУ, РГУ нефти и газа им И М Губкина), Центра технической

диагностики «Диаскан», специалистов АК «Транснефть», других научных центров страны. Аналитической основой решения задач по расчету на прочность и долговечность труб МН являются методы механики деформируемых систем, развитые Лякишевым Н П, Махутовым Н А, Москвитиным Г В , Морозовым Е М , Стекловым О И, Зайнуллиным Р С и другими учеными. Методы и средства обеспечения надежности и безопасности магистральных нефтепроводов на основе анализа аварий и повреждений действующих МН, современные методы расчета и проектирования, диагностирования и оценки фактического технического состояния, разработанные Абдуллиным И Г , Азметовым Х А, Березиным В.Л, Бородавкиным П П, Быковым Л И , Гумеровым А Г , Гумеровым К М, Гумеровым Р.С , Иванцовым О М, Идрисовым Р Х, Малютиным Н А , Пашковым Ю И, Притулой В В , Самойловым Б В , Султановым М Х, Фокиным М Ф, Халлыевым Н Х, Ямалеевым К М , Ясиным Э М и другими учеными, позволили создать новые технические и технологические решения, обеспечившие прогрессивное развитие систем магистрального трубопроводного транспорта В последние годы наметились новые направления в решении проблемы обеспечения надежности магистральных нефтепроводов, в связи с чем появилась необходимость в их анализе, обобщении и развитии.

1. Методика проектирования

Кроме коррозии наружной поверхности трубопроводы и детали трубопроводов подвергаются интенсивной внутренней коррозии, так же имеет место отложение на стенках трубопровода и деталей трубопровода различных продуктов механических примесей, скорость которой часто в десятки раз превышает скорости коррозии их наружной поверхности и зависит от концентрации и состава минеральных солей, содержащихся в пластовой воде, добываемой и транспортируемой вместе с нефтью до установок подготовки нефти. Срок службы трубопроводов и деталей трубопровода в особо тяжёлых условиях (наличие в продукции сероводорода, углекислого газа, кислорода, пластовой воды высокой минерализации) при отсутствии специальных мер по защите их от коррозии исчисляется всего несколькими месяцами. Для достижении нашей цели необходимо проанализировать две запорно-регулирующие арматуры с условным диаметром Ду 500 Ру 8.0МПа

Общие данные

Необходимые данные и технические характеристики по Задвижке клиновой Ду500 № 27 представлены в таблице 1

Таблица 1

Наименование данных и параметров	Значения данных и параметров
2	3
Место установки	МН КУ-2, 194,1 км
МН (МНПП)	МН КУ-2
Предприятие-изготовитель	ЗАО «Тяжпромарматура», г. Алексин
Наименование	Задвижка
Тип	Клиновая
Технологический номер	27
Дата изготовления / ввода в эксплуатацию	1985 г./ 1985 г.

Наименование данных и параметров	Значения данных и параметров
2	3
Место установки согласно технологической схемы	МН КУ-2, 194,1 км
Номинальный диаметр (условный проход), мм	500
Номинальное давление, МПа	8,0
Расчетное давление, МПа	8,0
Максимально допускаемое рабочее давление по паспорту трубопровода, на котором установлена задвижка, МПа	3,7
Дата проведения предыдущего технического диагностирования (освидетельствования) и название экспертной организации, которая его проводила. Результаты диагностирования.	2010 г. — ГОУ ВПО УГНТУ. Срок безопасной эксплуатации продлен до июня 2020 г.
Способ установки	Подземное
Класс герметичности затвора	А
Тип присоединения к трубопроводу	Сварное
Тип корпуса	Литой
Допустимый перепад рабочего давления на затворе, МПа	3,0
Марка материала крышки, патрубков, вертикальной части корпуса	Сталь 20Л
Количество, геометрические размеры шпилек разъема «корпус — крышка»	20 шт., Ø42 мм, длина 180 мм
Сведения об отказах и неисправностях в эксплуатации	Не зафиксированы

Данные и технические характеристики по Задвижке клиновой Ду500 № 27а представлены в таблице 2

Таблица 2.

Наименование данных и параметров	Значения данных и параметров
2	3
Место установки	МН КУ-2, 194,1 км
ОСТ	АО «Транснефть — Урал»
МН (МНПП)	МН КУ-2
НПС (ЛПДС, ПС, НС, узел налива (слива), спецморнефтепорт, ПНБ).	Зона ответственности ЛПДС «Черкассы»
Предприятие-изготовитель	ЗАО «Тяжпромарматура», г. Алексин

Наименование данных и параметров	Значения данных и параметров
2	3
Наименование	Задвижка
Тип	Клиновая
Технологический номер	27а
Дата изготовления / ввода в эксплуатацию	1995 г./ 1997 г.
Место установки согласно технологической схемы	МН КУ-2, 194,1 км
Номинальный диаметр (условный проход), мм	500
Номинальное давление, МПа	8,0
Расчетное давление, МПа	8,0
Максимально допускаемое рабочее давление по паспорту трубопровода, на котором установлена задвижка, МПа	3,7
Дата проведения предыдущего технического диагностирования (освидетельствования) и название экспертной организации, которая его проводила. Результаты диагностирования.	2010 г. — ГОУ ВПО УГНТУ. Срок безопасной эксплуатации продлен до июня 2020 г.
Способ установки	Подземное
Установочное положение на трубопроводе (вертикальное приводом вверх; вертикальное приводом вниз; горизонтальное; наклонное)	Вертикальное приводом вверх
Класс герметичности затвора	А
Тип присоединения к трубопроводу	Сварное
Тип корпуса	Литой
Допустимый перепад рабочего давления на затворе, МПа	3,0
Марка материала крышки, вертикальной части корпуса, патрубков	Сталь 20Л
Количество, геометрические размеры шпилек разъема «корпус — крышка»	20 шт., Ø42 мм, длина 180 мм
Рабочая среда	Нефть

По данным из таблиц 1 и 2 можно сказать, что обе арматуры работают в одинаковых условиях

Результаты поверочных расчетов на прочность и остаточного срока службы задвижки Показано, что оценку эксплуатационной надежности запорной арматуры следует осуществлять в четыре этапа. К первому этапу относится сбор статистической информации об эксплуатационных отказах. Процедура сбора этих сведений до настоящего времени носит несистемный характер, не измеряется и не фиксируется динамика развития износных явлений. Ко второму этапу оценки показателей надежности относится предварительная обработка статистических наблюдений. Она заключается в определении точности, достоверности, полноты и однородности выполненных наблюдений и совместимость разрозненных выборок. На третьем этапе выполняется расчет

показателей надежности по эмпирическим данным. Численные значения полученных расчетов согласуют с известными теоретическими законами распределений. В работе излагаются методика определения согласия между эмпирическими и теоретическими распределениями, а также приемы принятия решений о принадлежности полученных распределений к теоретическим (вероятностная бумага, критерий согласия Пирсона). На четвертом этапе производится вывод аналитических зависимостей для расчета показателей надежности. Эти зависимости формируют на основе выбранного теоретического закона распределения вероятностей случайных величин после определения характеристических параметров этого распределения.

Проводится определение средней скорости коррозионно-абразивного износа стенки корпуса и крышки задвижки за весь период эксплуатации.

Средняя скорость коррозии, эрозии ν для задвижки вычисляется по формуле:

$$\nu = \frac{\delta_и + c_1 - \delta_ф}{t}$$

Ввиду отсутствия данных по исполнительной толщине стенки корпуса задвижки, значение средней скорости коррозии принимается согласно п. 6.9.7.2 часть 2 РД 19.100.00-КТН-036-13 (с изм. № 3) (для ЗПРА, изготовленных методом литья) — 0,15 мм/год. При расчете определяется остаточный ресурс задвижки при возникающих нагрузках и заданной скорости коррозии (эрозии) до наступления предельного состояния — достижения толщины стенки корпуса задвижки минимально-допустимого значения d_{min} Исходные данные для расчёта остаточного ресурса оборудования приведены в таблицах 1 и 2, расчётные формулы и результаты расчёта — в таблице 3 и 4..

Таблица 3. — Формулы для расчёта остаточного ресурса по коррозии (эрозии) и абразивному износу и результаты расчёта задвижки клиновой DN500 PN80 технологический № 27.

Наименование показателей	Расчётная формула	Значение		
		корпус (патрубки)	корпус (вертикальная часть)	крышка
Остаточный ресурс корпусных деталей, год	$T = \frac{\delta_ф - \delta_{мин}}{\nu}$	6	7	204

Вывод: Остаточный срок службы задвижки по критерию коррозионно-абразивного износа, при расчетном давлении, равном 8,0 МПа, составляет 6 лет.

Таблица 4 — Формулы для расчёта остаточного ресурса по коррозии (эрозии) и абразивному износу и результаты расчёта задвижки клиновой DN500 PN80 технологический № 27а.

Наименование показателей	Расчётная формула	Значение		
		корпус (патрубки)	корпус (вертикальная часть)	крышка
Остаточный ресурс корпусных деталей, год	$T = \frac{\delta_ф - \delta_{мин}}{\nu}$	35	11	184

Вывод: Остаточный срок службы задвижки по критерию коррозионно-абразивного износа, при

расчетном давлении, равном 8,0 МПа, составляет 11 лет.

График № 1- Фактическое минимальное значение твердости материала запорной арматуры , НВ

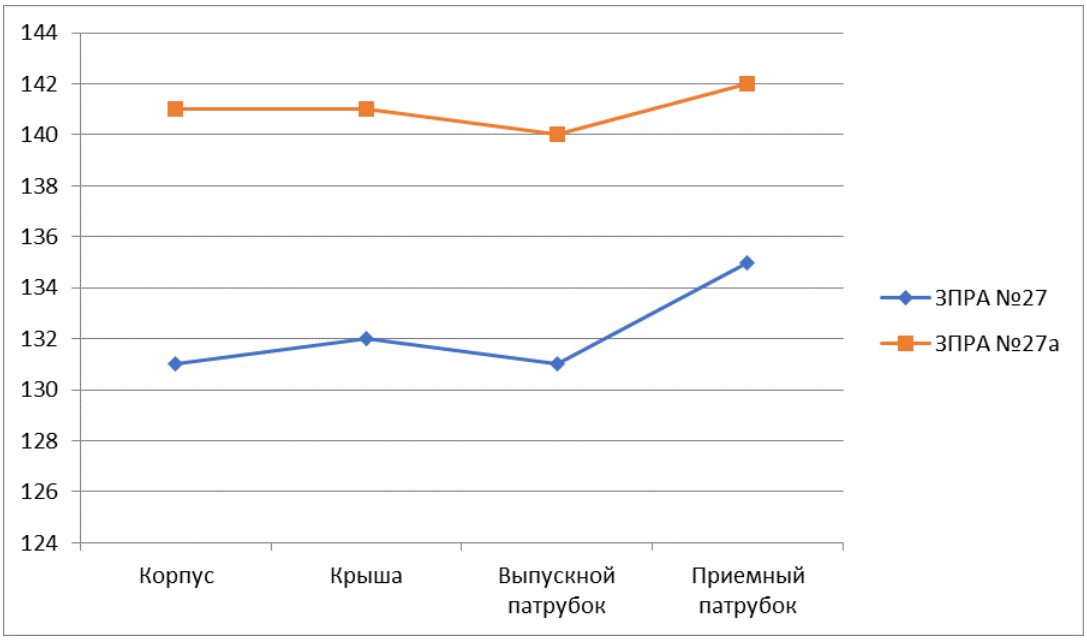
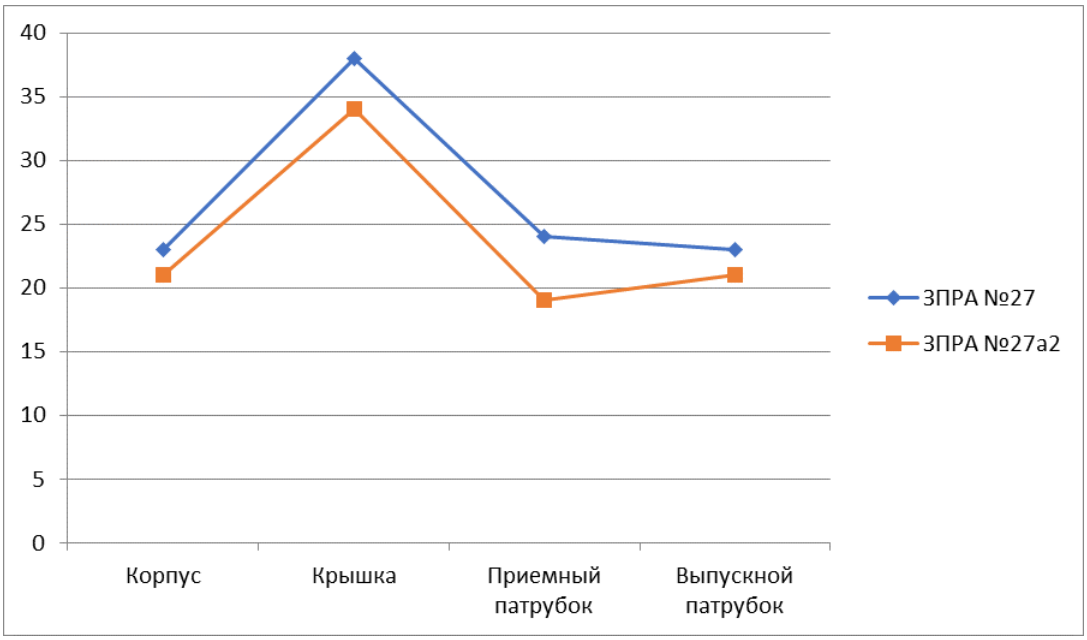


График № 2- Фактическое минимальное значение толщинометрии материала запорной арматуры , мм



Оценка технического состояния по результатам визуально измерительного контроля запорной арматуры № 27 и № 27а

Проанализировав обнаруженные дефекты составим ведомость дефектов и определим их пригодность к дальнейшей эксплуатации. Исходные данные к расчёту на прочность корпусных деталей оборудования получены измерениями при техническом диагностировании, а также из нормативной и справочной литературы и приведены в таблице 1. Расчёты выполнялись в соответствии со следующими нормативными документами: — РД 19.100.00-КТН-036-13 (с изм. № 3) «Правила технического диагностирования и освидетельствования механо-технологического оборудования. Методики технического диагностирования механо-технологического оборудования»; — ГОСТ 14249-89 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность»; — ГОСТ 34233.1-

2017 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность»; — ГОСТ 34233.2-2017 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек»; — ГОСТ 34233.6-2017 «Сосуды и аппараты.

Причины разрушения арматуры могут быть следующими:

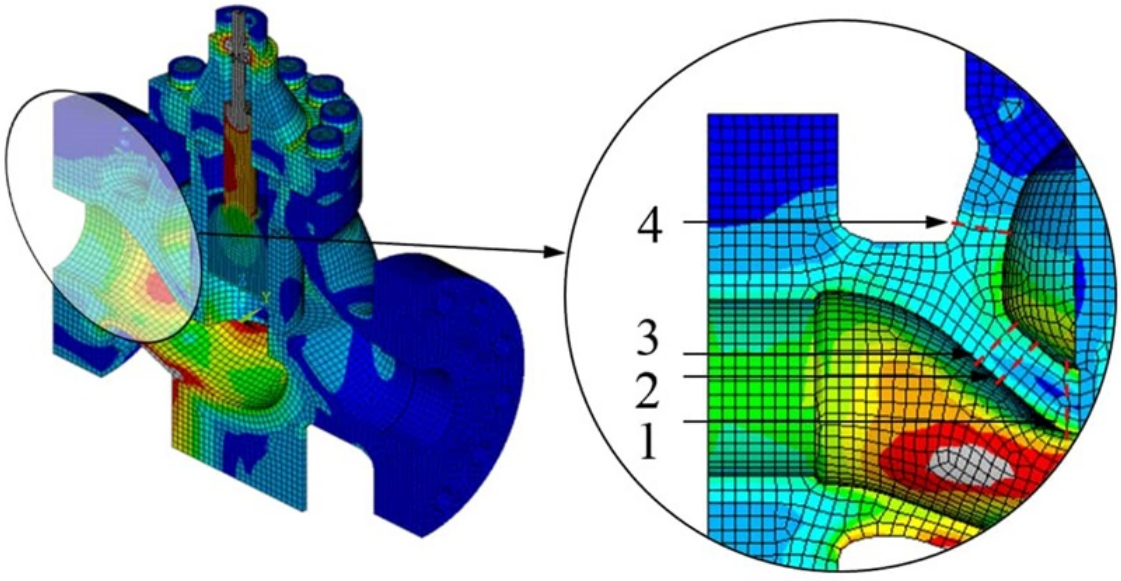
1) начальная стадия нарушения целостности корпусных деталей (потение, капельная и газовая течи);

2) недопустимое изменение размеров элементов по условиям прочности и функционирования;

3) возникновение трещин на основных деталях.

В результате не учитывается фактическое распределение температуры в материале, возможность его работы за пределами упругости, а также влияние составляющих элементов арматуры (корпуса, крышки, штока и пр.) друг на друга Для учета всех необходимых факторов, влияющих на работу арматуры, необходимо применение компьютерного моделирования. По результатам расчета с помощью программ конечно-элементного анализа становится возможным определить фактическое распределение напряжений в каждой точке объекта, однако правильная оценка полученных результатов требует определенных знаний и опыта.

Согласно отечественным нормам для оценки прочности арматуры необходимо разделение напряжений по категориям и сравнение полученных значений с допускаемыми. Однако такой подход имеет ряд недостатков. Как правило большинство деталей арматуры (и в особенности корпус) являются литыми изделиями со сложной геометрией и многочисленными фасонными поверхностями, поэтому при построении геометрических моделей используют объемные элементы. В этом случае для категоризации напряжений необходимо применять линеаризацию, используя линии приведения. Линеаризация позволяет разделить напряжения на мембранные, изгибные и пиковые, но не определить являются ли напряжения местными или общими. Выбор мест и направлений линий приведения, а также их количества, является нетривиальной задачей, и какие-либо четкие рекомендации отсутствуют, поэтому этот вопрос остается на совести инженера. В качестве примера, на рис.1 рассмотрен участок арматуры с различными вариантами линий приведения, проведенными в плоскости симметрии.



На рис.2 приведены результаты линеаризации напряжений вдоль каждой линии приведения Элементы арматуры не всегда можно отнести к тонкостенны.м объектам. В этом случае линеаризация напряжений может дать неконсервативные результаты, так как нелинейное

распределение напряжений по толщине стенки недостаточно точно представляется линейным распределением. Более того, погрешность становится значительно больше, когда материал достигает предела текучести

ЛИТЕРАТУРА

1 Сызранцев В.Н. Использование метода конечных элементов для анализа конструкций трубопроводной арматуры / В.Н.Сызранцев, К.В.Сызранцева, А.В.Белобородов // Материалы научно-технической конференции «Нефть и газ: проблемы недропользования, добычи и транспортировки». — Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. — С. 130.

2 Белобородое А.В. Использование метода конечных элементов для оценки прочностной надежности нефтегазового оборудования / А.В.Белобородое, К.В.Сызранцева // «Проблемы развития ТЭК Западной Сибири на современном этапе» труды международной научно-технической конференции. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. — С.94-97.

3 Сызранцев В. Исследование напряженно-деформированного состояния сварных швов образцов / В.Сызранцев, С.Голофаст, А.Белобородов, О.Богомолов // «trans & MOTAUTO'04» материалы XI международной научно-технической конференции, Пловдив, Болгария, 14-17 октября 2004г. — Пловдив, 2004. — С.63-66.

6 ГОСТ Р 55724-2013

8. Загидулин Р.В., Загидулин Т.Р., Коннов А.В. Вейвлет — анализ сигнала накладного вихретокового преобразователя над сварным швом с дефектом сплошности металла. — Контроль. Диагностика, 2014, № 1, с. 62-69.

7 Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. — М.: Наука, 1965. — 716 с.

9 ГОСТ 22761-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия.

10 Организационно-технологическая система обеспечения эксплуатационной надежности магистральных нефтепроводов [Электронный ресурс]. URL https://revolution.allbest.ru/manufacture/00889925_0.html

11 Загидулин Р.В., Мужицкий В.Ф., Бизюлев А.Н. К выбору оконной функции при математической обработке измеренного магнитного поля дефекта в ферромагнитном изделии. — Дефектоскопия, 2002, № 6, с.59-64.

Информация о себе : Работаю в нефтегазовой отрасли на должности инженер — дефектоскопист по проведению технической диагностики механо-технологических объектов. Тел: 89613555642, почта talgat.5@bk.ru