

Арсланова Г.И.

студент кафедры «Технологические машины и оборудование»

2 курс, Механический факультет,

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Россия, г. Уфа

Габбасова А.Х., кандидат технических наук,

доцент кафедры «Технологические машины и оборудование»

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Россия, г. Уфа

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА СТЕНКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ

Аннотация: В статье рассматривается вопрос об оценке напряженно-деформированного состояния технологического трубопровода, подверженного разрушению раньше назначенного срока службы в связи с изменением физико-механических свойств материала стенки.

Ключевые слова: трубопроводная система, толщина стенки, напряженно-деформированное состояние.

Annotation: The article is devoted to the technological pipeline stress-strain state assessment, damageable due to changes in the wall material physical and mechanical properties before the designated service life.

Key words: pipeline system, pipeline wall thickness, stress-strain state.

Статистика последних лет показывает, что часто трубопроводы, работающие в жестких условиях эксплуатации, при проведении очередного технического освидетельствования и процедуры продления срока эксплуатации имеют предаварийное состояние всех элементов. В этих

условиях происходит не только существенное утонение трубопровода, но и изменение физико-химических свойств металла. Однако расчет на прочность и жесткость технологических трубопроводов при проектировании ведется по стандартной методике практически при идеальных условиях: с номинальной толщиной стенки и стандартными физико-химическими свойствами металла. Поэтому для некоторых трубопроводов, работающих в жестких рабочих условиях, необходимо проводить прочностные расчеты с учетом всех неблагоприятных факторов, то есть при нестандартных свойствах металла и при расчетной толщине стенки [1, 2]. Кроме того, возникает необходимость проведения исследований во многих областях конструкционного материаловедения, в частности, в вопросах механики, физики и химии деградиационных процессов, приводящих к изменению и повреждению структуры металла, снижению прочностных характеристик, образованию трехмерных дефектов коррозионного или усталостного характера и, как следствие, приводящих к отказам технических систем. Для количественной оценки деградиационных процессов необходимо проведение исследований по оценке механических характеристик с учетом эффекта старения и накопленных повреждений с обязательными комплексными металлографическими исследованиями особенностей макро- и микроструктуры.

Объектом исследования является трубопровод, который эксплуатируется на установке, предназначенной для гидроочистки нефтяных фракций. Участок трубопровода от реактора (рисунок 1, поз. 2) до теплообменника (рисунок 1, поз. 15) выполнен из трубы диаметром 273 мм и толщиной 14 мм из материала 15X5M. Условия эксплуатации: давление – не более 3,9 МПа, температура - не более 425°C.

Трубопровод введен в эксплуатацию в 1974 году. После эксплуатации в течение 31-го года произошел взрыв между реакторным блоком и дымовой трубой с последующим возгоранием нефтепродукта. При этом трубопровод

Толщина стенки трубы участка поз. №10 по кромке разрыва составляет 0,7 мм. Осмотр внутренней поверхности участка трубопровода показал наличие хрупкого, частично магнитного продукта неизвестного состава толщиной до 3,2 мм, отслоение которого привело к резкому уменьшению толщины стенки.

Химический состав стали определялся на трубах и деталях трубопровода, получивших повреждение и прилегающих к ним сварных швах. Химический состав металла труб и тройника соответствовал нормам для стали 15Х5М по ГОСТ 20072-74. В трубе поз. №16 наблюдается разброс значений содержания углерода от 0,11 % с наружной поверхности до 0,085 % в месте утонения стенки. На основании поведенного анализа было установлено, что металл труб в результате воздействия продуктов нефтехимии образовал хрупкое соединение, в состав которого входит хром, молибден, марганец, углерод и сера.

Образцы для механических испытаний были изготовлены из разрушенных труб для определения ударной вязкости из отвода поз. №13 (рисунок 1). Из участка трубы поз. №16 образцы для испытания на ударную вязкость были изготовлены с двух диаметрально противоположных сторон: со стороны хрупкого излома и со стороны расслоения стенки трубы. В ходе анализа данных установлено, что причиной аварии стало разрушение трубопровода газопродуктовой смеси на выходе из реактора вследствие сероводородного поражения металла проявившееся в следующем:

- на участке трубы поз. №10 уменьшение толщины до 0,7 мм с сохранением металлических свойств металла;

- содержание углерода до 0,06 %, на участке трубопровода поз. №16 в снижении содержания углерода до 0,085 % наличием обезуглероженных участков на внутренней поверхности и, как следствие, резкому снижению ударной вязкости металла, образованию хрупких, твердых отложений толщиной от 1,0 до 3,5 мм с внутренней стороны;

- расслоение металла трубы поз. №16, приведшее к потере прочности.

В настоящей работе проведен анализ напряженно-деформированного состояния трубопроводной системы в программном комплексе «СТАРТ» с учетом уменьшения толщины стенки. С целью возможности учета при расчете изменений в процессе эксплуатации изменений физико-химических свойств металла осуществлено пополнение базы данных (рисунок 2) на металлы с нестандартными свойствами, обозначенные в зависимости от физико-механических свойств от 1 до 7 (рисунок 3).

Проведен анализ напряженно-деформированного состояния трубопроводных систем при различных свойствах металла и уменьшении толщины стенки. Результат анализа толщины стенки при стандартном пределе текучести приведен на рисунке 3.

Материал: 15x5м Класс: легированный неаустенитный

Редактирование базы данных возможно только если файлы базы данных доступны для редактирования и если единицы измерения для напряжений установлены "МПа"

Предел текучести при температуре 20°C МПа

Физико-механические характеристики материала

Температура °С	Допускаемое напряжение, МПа	Модуль упругости МПа	Кэф. линейного расширения 1/°С	Кэф. Пуассона
20	146	215000	0.0000115	0.3
100	141	215000	0.0000119	0.3
150	138	205000	0.0000122	0.3
200	134	198000	0.0000126	0.3
250	127	195000	0.0000128	0.3
300	120	190000	0.0000132	0.3
350	114	184000	0.0000134	0.3
375	110	181000	0.0000136	0.3
400	105	178000	0.0000137	0.3
410	103	176000	0.00001372	0.3
420	101	174000	0.00001374	0.3
430	99	173000	0.00001376	0.3
440	96	172000	0.00001378	0.3
450	94	171000	0.0000138	0.3
460	91	169000	0.00001384	0.3
470	91	168000	0.00001388	0.3
480	86	166000	0.00001392	0.3
490	83	165000	0.00001396	0.3
500	79	163000	0.000014	0.3
510	72	161000	0.00001404	0.3
520	66	159000	0.00001408	0.3
530	60	158000	0.00001412	0.3
540	54	156000	0.00001416	0.3

Добавить
Удалить
Печать
Экспорт...
Сохранить
Закрыть
Справка

Рисунок 2. Пополнение базы данных материалов

При пределе текучести равном 220 МПа в материале возникают напряжения в размере 48 МПа. Эти напряжения не превышают предел

текучести стали 15Х5М равный 220 МПа.

Зависимость напряжений при стандартном пределе текучести с увеличением давлений показана на рисунке 4. Видно, что в диапазоне напряжений от 44 МПа до 71 МПа наблюдается резкое повышение напряжений от 48 МПа до 67 МПа, в рассмотренных элементах наблюдается резкое повышение напряжений, но меньшее предела текучести 220 МПа.

Надежная работа любых конструкций зависит от многих факторов, в первую очередь от степени однородности напряженного состояния. Учет динамических нагрузок при расчете НДС и подборе опорных конструкций позволяет более объективно оценивать их надежность и работоспособность на стадии проектирования трубопроводов, работающих в условиях воздействия переменных нагрузок.

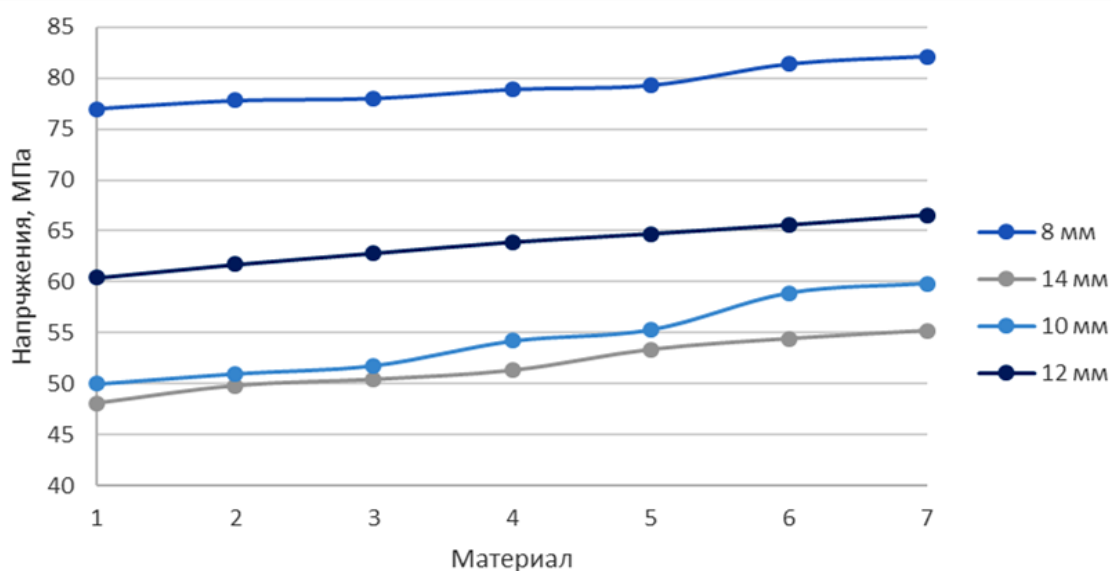


Рисунок 3. Зависимость напряжений от свойств материала при уменьшении толщины стенки при давлении 3,8 МПа и температуре 420 °C

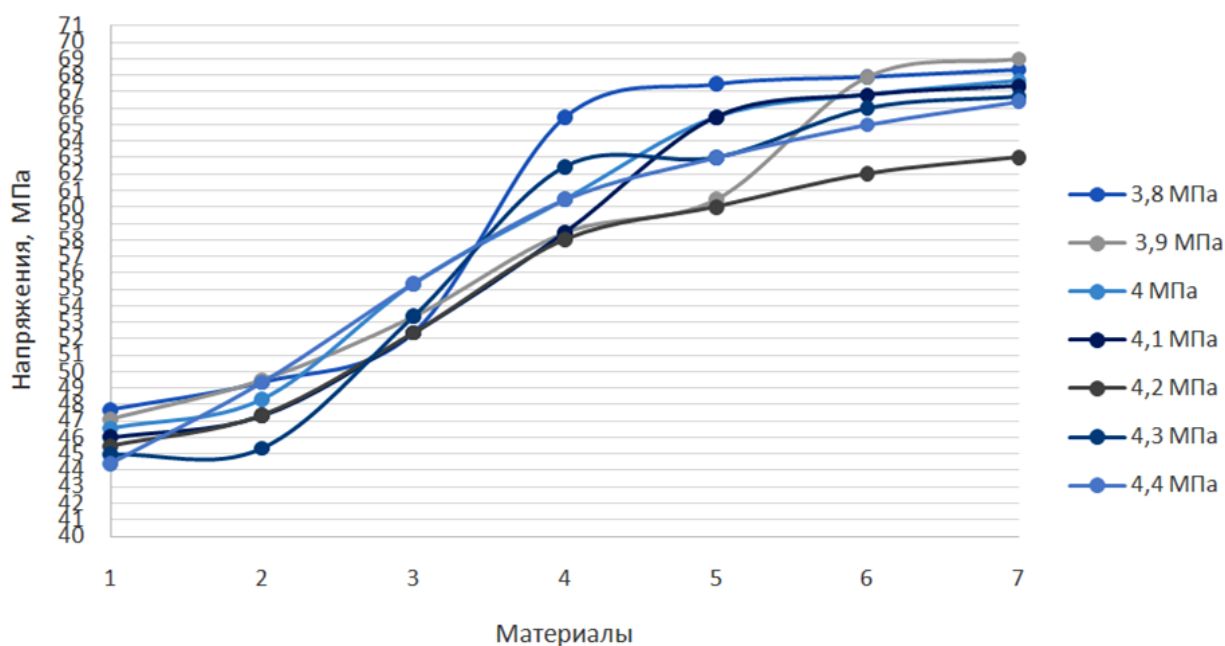


Рисунок 4. Зависимость напряжений от свойств материала с увеличением давления при толщине стенки 14 мм

Разработаны методика и рекомендации, регламентирующие порядок назначения отбраковочной толщины стенки при проектировании, а также выполнения достоверной оценки технического состояния и прогноза остаточного срока службы трубопроводной системы. Установлено, что учет изменения физико-химических свойств в процессе длительной эксплуатации при расчете напряженно-деформированного состояния и назначении срока службы трубопровода позволяет более объективно оценивать их надежность и работоспособность на стадии проектирования трубопроводов, работающих в жестких условиях эксплуатации.

Использованные источники:

1. Греб А.В. Повышение надежности трубопроводных коммуникаций технологических установок: Дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук.- Уфа: УГНТУ, 1999.-132 с.
2. Закиров О.А., Шаталина М.А., Греб А.В., Габбасова А.Х. Расчет технологических трубопроводов как пространственных конструкций с учетом энергии упругой деформации / Препринт №7. - Уфа: УГНТУ, 1999.-32 с.