

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль

«Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Совершенствование диагностики и методы прогнозирования надежности резервуаров вертикальных стальных»

УДК 622.692.23

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б11	Бельтиков В.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шадрина А.В.	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Белозерцева О.В.	к.т.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гуляев М.В.	доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 109 с., 27 рис., 31 табл., 50 источников.

Ключевые слова: СТАЛЬНОЙ РЕЗЕРВУАР, НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ СВАРНОЙ ШОВ, ДИАГНОСТИКА ДЕФЕКТОВ, ДЕФЕКТ СВАРНОГО ШВА

Объектом исследования является резервуар вертикальный стальной

Цель работы – изучение проблем нормирования сварных соединений стальных вертикальных резервуаров

В результате исследования рассмотрены методы диагностирования дефектов сварных соединений, показано различие между нормативными требованиями нормативных документов СНиП 3.03.01-87, СНиП 3-18-75 и ГОСТ 52920-2008

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: описан технологический расчет параметров стального вертикального резервуара, проверка на прочность элементов резервуара

Область применения: диагностика сварных соединений стальных вертикальных резервуаров

Экономическая эффективность/значимость работы: экономический анализ стоимости проведения диагностирования дефектов сварных соединений

Abstract

Final paper 109 p., 27 fig., 31 tabl., 50 citations.

Key words: Steel tank, regulations, welded seam, weld defect diagnostics, diagnosis of defects, weld defect

Object of study is vertical steel tank

The purpose of the work – study of the valuation problems of welded joints of steel vertical tanks

The study examined the methods of diagnosing defects in welded joints, shows the difference between the normative requirements of normative documents SNR 3.03.01-87, SNR 3-18-75 и ГОСТ 52920-2008

The basic design, technological, technical and operational characteristics: technological calculation of parameters of the vertical steel reservoir, test for the strength of the steel tanks elements are described.

Application area: diagnostics of welded joints of steel vertical tanks

Cost-effectiveness/significance of work: economic analysis of the cost of diagnosing defects of welded joints

Оглавление	
РЕФЕРАТ	1
ВВЕДЕНИЕ	4
I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	6
II. НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ РЕЗЕРВУАРОВ	8
2.1 Назначение РВС	8
2.2. Этапы строительства и виды резервуаров	12
2.3 Конструктивные элементы резервуаров	18
2.4 Влияние конструктивно-технологических особенностей РВС на работоспособность резервуара	30
III. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	33
3.1 Общие требования	33
3.2 Организация контроля	34
3.2.1 Визуальный контроль сварных швов	36
3.2.2 Контроль герметичности сварных швов	38
3.2.4 Физические методы контроля сварных швов	39
3.2.4.1 Контроль радиографический сварных швов	39
3.2.4.2 Ультразвуковая дефектоскопия сварных швов	43
3.2.4.3 Магнитопорошковая или цветная дефектоскопия	53
3.2.5 Контроль при гидравлических испытаниях резервуара	58
IV. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РВС	60
4.1. Анализ нормативных требований к качеству сварных швов	60
4.2 Обоснование необходимости аттестации процессов сварки	64
4.3 Рекомендуемые методы управления процессом сварки и оперативного контроля	66
V. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РВС	69
5.1 Определение габаритов проектируемой конструкции резервуара	69
5.2 Расчет стенки резервуара на прочность. Предварительный выбор толщины стенок поясов	72
5.3 Проверка толщин стенки резервуара на прочность	75
5.4 Проверка стенки резервуара на устойчивость	77
5.5 Расчет окрайки днища и сварного шва между днищем и стенкой на прочность	82
VI. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	85
VII. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	91
7.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	91

7.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды	96
7.3 Экологическая безопасность	97
7.4 Охрана окружающей среды	98
7.5 Защита в чрезвычайных ситуациях	100
7.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	101
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	103
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	105

ВВЕДЕНИЕ

Более 70% оборудования, которое эксплуатируется в настоящее время в России, выработало свой ресурс (имеет срок эксплуатации 30-35 и более лет). Известно, что отказы и аварии любого оборудования происходят в начальный период эксплуатации (дефекты монтажа), затем следует период безаварийной работы, а после 15-20 лет эксплуатации количество отказов, аварийных ситуаций резко возрастает вследствие накопления повреждений, возникших при эксплуатации. Российская производственная база в целом приближается к этому рубежу.

За последние 25-30 лет объем производства резервуаров снизился примерно в 2-3 раза, в то же время происходит постоянное повышение объемов нефтедобычи [1]. Естественно, что в данных условиях интенсифицируются процессы старения резервуарного парка Российской Федерации, а на первый план выходят вопросы по обеспечению надежности эксплуатируемых и вновь проектируемых конструкций.

Из этого следует **актуальность** работы: необходимость анализа причин аварий металлоконструкций РВС и изучение современных подходов к нормированию их качества.

Цель работы: изучить проблемы нормирования сварных соединений стальных вертикальных резервуаров.

Исходя из поставленной цели, необходимо выполнить следующие **задачи:**

1. Провести обзор современной литературы по указанной тематике.
2. Охарактеризовать объект конструкции стальных резервуаров.
3. Провести технологические расчеты объекта исследования.
4. Произвести расчет стоимости проведения диагностики сварных швов РВС.

Объект исследования. Резервуар вертикальный стальной.

Предмет исследования. Диагностика и прогнозирование надежности стальных вертикальных резервуаров.

Практическая значимость: результаты данной работы могут быть использованы для оценки состояния стальных вертикальных резервуаров, а также выбора метода его ремонта и требуемого для этого оборудования.

I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Важная причина, которая влияет на безопасность эксплуатации РВС при хранении нефти и нефтепродуктов, – надёжность сварных швов. Хрупкое разрушение является самой частой причиной, влияющих на аварии резервуаров. В 65 % случаев разрушение происходило непосредственно по монтажным сварным соединениям стенок резервуаров [2].

Во многом это вызвано наличием дефектов в сварных соединениях. Нарушая проектное состояние резервуара, они сокращают срок службы конструкции.

Обеспечение надёжности резервуаров требует применения неразрушающего контроля. Такие факторы как качество, достоверность неразрушающего контроля, а также обоснованность нормирования допустимости дефектов, выявленных по результатам технического диагностирования, имеют большое значение при обеспечении эксплуатационной безопасности РВС.

На эту тему выпущено большое количество нормативных документов. Такие как ГОСТ 23118-2012 «Конструкции стальные строительные. Общие технические условия» [3], СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции» [4], СП 53-101-98 «Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций» [5], СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* [6], СП 70.13330.2011 (актуализированная версия СНиП 3.03.01-87) Несущие и ограждающие конструкции [7], РД-23.020.00-КТН-271-10 Правила технической диагностики резервуаров. Часть 1. Правила диагностики вертикальных стальных и железобетонных резервуаров [8], РД-25.160.10-КТН-050-06 Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров [9], РД 19.100.00-КТН-545-06 «Ультразвуковой контроль стенки и сварных соединений при эксплуатации и ремонте вертикальных стальных резервуаров» [10] и другие.

Так же этим вопросом занимался целый ряд ученых.

В работе «Влияние дефектов сварки на напряженно-деформированное состояние резервуаров» Сильницкий П.Ф. [11] изучает напряженно-деформированное состояние РВС и изменения, которые происходят под влиянием протяженных дефектов сварных швов в различных комбинациях нагрузений.

Василькин А.А. в работе «Влияние геометрических несовершенств монтажных стыков стенки на малоцикловую прочность вертикальных стальных резервуаров» [12] разрабатывает конечно-элементную модель стенки резервуаров с дефектами геометрической формы, расположенных в области монтажных стыков.

В своей работе «Повышение достоверности ультразвукового контроля сварных соединений стальных резервуаров» Дергачев А.В. [1] научно обосновывает и разрабатывает расчетные нормы допустимости дефектов, а также изучает проблемы повышения достоверности при использовании методов неразрушающего контроля сварных швов резервуаров.

В работе «Метод нормирования дефектов сплошности сварных соединений вертикальных цилиндрических резервуаров» Елсуков Е.И. [13] изучает проблемы совершенствования системы нормативных требований по качеству сварных швов, используя математический аппарат теории надежности механических систем. Данное исследование, по мнению автора, повышает эксплуатационную надежность резервуаров и снижает стоимость ремонтных работ дефектных соединений.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что данная тема является перспективной и актуальной.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе выполнения данной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- 1) Произведен обзор современной литературы по тематике нормирования сварных швов и дефектов резервуаров.
- 2) Изучены конструктивные особенности РВС.
- 3) Изучены методы диагностирования дефектов сварных швов РВС, произведен их сравнительный анализ.
- 4) Рассмотрена проблема несоответствия нормативных документов СНиП 3.03.01-87, СНиП 3-18-75 и ГОСТ 52920-2008, посвященных вопросам нормирования одиночных дефектов.
- 5) Произведен технологический расчет стального резервуара объемом 2000 м³, проверено условие прочности.
- 6) Рассчитана стоимость проведения диагностики сварных швов резервуара.
- 7) Рассмотрена производственная и экологическая безопасность при проведении диагностики сварных швов стальных вертикальных резервуаров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При рассмотрении различных причин аварий возникают задачи по оценке состояний объектов с заданной точностью на определенном временном интервале в прошлом времени, т.е. задачи по выявлению возможных предысторий, которые ведут к настоящему аварийным состояниям объектов. Предотвращение аварии подразумевает прогнозирование состояний объектов и задание определенных комплексов мер, обеспечивающих работоспособное функционирование объектов.

Среди различных факторов, которые увеличивают вероятность аварий РВС, необходимо выделить следующие особенности: наличие концентраторов напряжений, переменных нагрузок, сложных характеров нагружения конструкций в зоне сварных соединений, а также, безусловно, наличие сварочных дефектов.

Безопасная эксплуатация сварных конструкций резервуаров может быть достигнута в результате комплексного подхода к нормированию дефектов сварных швов с применением методов неразрушающего контроля. В свою очередь, повышение эффективности неразрушающего контроля конструкций резервуаров является важной задачей на всех стадиях жизни резервуара.

Из этого следует, что решение задачи поддержания высокой безопасности при эксплуатации объектов нефтяного комплекса нуждается в совершенствовании, а так же в более четкой формулировке нормативных документов для исключения несоответствий, которые наблюдаются в данный момент. Одним из способов решения является необходимость аттестации процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Дергачев А.В. Повышение достоверности ультразвукового контроля сварных соединений стальных резервуаров: дис. канд. техн. наук/ Дергачев А.В.; Московский государственный Университет приборостроения и информатики – Москва, 2013, – 118 с.
- 2) Дергачев А.В. Анализ работоспособности стальных резервуаров по результатам неразрушающего контроля сварных соединений. Технологии техносферной безопасности. 2012г. –№3 – С. 56-58.
- 3) ГОСТ 23118-2012. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия.
- 4) СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции.
- 5) СП 53-101-98. Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций.
- 6) СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*.
- 7) СП 70.13330.2011. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная версия СНиП 3.03.01-87.
- 8) РД-23.020.00-КТН-271-10. Правила технической диагностики резервуаров. Часть 1. Правила диагностики вертикальных стальных и железобетонных резервуаров.
- 9) РД-25.160.10-КТН-050-06. Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров.
- 10) РД 19.100.00-КТН-545-06. Ультразвуковой контроль стенки и сварных соединений при эксплуатации и ремонте вертикальных стальных резервуаров.
- 11) Сильницкий П.Ф. Влияние дефектов сварки на напряженно-деформированное состояние резервуаров: дис. канд. техн. наук/ Сильницкий П.Ф.; Тюменский государственный Нефтегазовый Университет – Тюмень, 2012, – 181 с.

12) Василькин А.А. Влияние геометрических несовершенств монтажных стыков стенки на малоцикловую прочность вертикальных стальных резервуаров: дис. канд. техн. наук/ Василькин А.А.; Московский государственный Строительный Университет – Москва, 2007, – 188 с.

13) Елсуков Е.И. Метод нормирования дефектов сплошности сварных соединений вертикальных цилиндрических резервуаров: дис. канд. техн. наук/ Елсуков Е.И.; Южно-Уральский Государственный Университет – Челябинск, 2008, – 179 с.

14) ООО «Опытный завод резервуаров и металлоконструкций». Резервуары для нефтепродуктов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rezervuar.info/rezervuar/rezervuary-dlya-nefteproduktov/> (дата обращения 11.02.2016г.).

15) Кондрашова О.Г., Назарова М.Н. Причинно-следственный анализ аварий стальных резервуаров. Нефтегазовое дело. 2008г. –№8 – С. 14-16.

16) ГОСТ 31385-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.

17) Лапшин, А. А. Конструирование и расчет вертикальных цилиндрических резервуаров низкого давления: учебное пособие / А. А. Лапшин, А. И. Колесов, М. А. Агеева; Нижегородский Государственный Архитектурно-строительный Университет – Н. Новгород, ННГАСУ, 2009. – 122 с.

18) Галеев В.Б. Эксплуатация стальных вертикальных резервуаров в сложных условиях. М.: Недра, 1981. - 149 с.

19) Руководство по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.http://docs.cntd.ru/document/> (дата обращения 22.02.2016г.).

20) Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту статус. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.http://docs.cntd.ru/document/> (дата обращения 1.04.2016г.).

21) Ушаков Е.М. Развитие методов и разработка средств и способов ультразвукового контроля изделий с криволинейной поверхностью: дис. канд. техн. наук/ Ушаков Е.М.; ФГУП «ЦНИИТМАШ» – Москва, 2004, – 138 с.

22) Бурков П.В. Исследование состояния днища вертикального стального резервуара, анализ методик диагностики его состояния и выявления причин его деформации. Вестник КузГТУ. 2013г. –№4 – С. 61-64.

23) Техника для спецслужб. Переносной рентгеновский аппарат «РАП-300-5». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/des.asp?itm=5073&tbl=03.01.02./> (дата обращения 22.04.2016г.).

24) Научно-технический центр Эксперт. Неразрушающий контроль. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ntcexpert.ru/uc/ultrazvukovoi-defectoscop/15-2009-09-08-19-22-40/uk15/579-ultrazvukovoj-defektoskop-tomograf-a1550-introvisor/> (дата обращения 22.04.2016г.).

25) Сухоруков Д.В. Технология диагностики днищ и стенок стальных вертикальных резервуаров. Сфера нефтегаз, автоматизация. 2010г. –№2 – С. 50-55.

26) ВСН 311-89. Монтаж стальных вертикальных цилиндрических резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов объемом от 100 до 50000м³.

27) ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств.

28) Шухов В.Г. Строительная механика. Избранные труды; под. ред. А.Ю.Ишлинского/ В.Г.Шухов.– М.:Наука, 1977.–192 с.

29) СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия.

30) РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04. Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 м³.

31) Горев В.В. Металлические конструкции. В 3-х т. Т. 3. Специальные конструкции и сооружения/ Под ред. В.В. Горев.– М.: Высшая школа, 2002.– 544 с.).

32) Порядок проведения зачистки внутренней поверхности резервуара от донных отложений ОАО «АК «Транснефть», 2011 г.

33) СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85.

34) ПБ 03 - 605 – 03. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.– М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003.–76 с.

35) ГОСТ 12.1.003 -2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

36) ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

37) ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

38) РД 03-29-93. Методические указания по проведению технического освидетельствования паровых и водогрейные котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды.

39) ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования.

40) ПБ 03-576-2003 32. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

41) ПБ 10-115-96. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

42) ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.

43) СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

44) СНиП 2.04.05.86. Вентиляторные установки.

45) ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

46) СП 2.6.1–758–99. Нормы радиационной безопасности.

47) СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*)

48) ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

49) ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

50) ГОСТ 12.1.008-78 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования.