

на правах рукописи

ПИМНЕВ АЛЕКСЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НЕСОВЕРШЕНСТВ
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ РЕЗЕРВУАРОВ ПРИ
ТЕХНИЧЕСКОМ ДИАГНОСТИРОВАНИИ**

Специальность 25.00.19 –
Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов,
баз и хранилищ



АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тюмень 2006

Работа выполнена в Тюменском государственном
нефтегазовом университете

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Тарасенко Александр Алексеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки и техники РФ
Кушнир Семен Яковлевич
кандидат технических наук
Малышкин Александр Петрович

Ведущее предприятие: **ОАО «Институт «Нефтегазпроект»**

Защита диссертации состоится *«19» мая 2006 г.* в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.273.02 при Тюменском государственном нефтегазовом университете по адресу: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38.

С диссертацией можно ознакомиться в Библиотечно-информационном центре Тюменского государственного нефтегазового университета по адресу: 625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72.

Автореферат разослан *«19» апреля 2006 г.*

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

С.И.Челомбитко

2006 А
876У

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Успешная и бесперебойная работа системы магистрального трубопроводного транспорта нефти зависит от многих факторов, среди которых важное место занимает обеспеченность резервуарной емкостью. Достаточная обеспеченность позволяет не только осуществлять непрерывный технологический процесс перекачки нефти, но и получать дополнительную прибыль от товаротранспортных операций при колебании мировых цен на нефть.

Существующий резервуарный парк имеет значительный износ. В последнее время значительно увеличился объем ремонта, реконструкции, а также строительства новых резервуарных емкостей. Это предопределило резкое увеличение объемов технического диагностирования РВС с привлечением новых технических средств и методик. Проблему оценки технического состояния вертикальных стальных резервуаров призвана решить двухуровневая система технического диагностирования, согласно которой периодичность и вид обследований зависит от срока эксплуатации. Однако, существующая система технического диагностирования не в полной мере отражает современные требования.

В практике обследований до 70 % вертикальных стальных резервуаров требуют исправления несовершенств геометрической формы стенки и днища, величины которых превышают регламентированные нормативной документацией значения. Для достоверной оценки влияния этих дефектов на эксплуатационную надежность резервуаров необходимо построение модели резервуара, реально отражающую его геометрию и напряженно-деформированное состояние.

Результаты измерений отклонений образующих стенки от вертикали и нивелирования поверхности днища представляют собой табулировано заданные функции. Увеличение плотности сетки измерений ведет к повышению точности описания геометрии измеряемой поверхности, но в то же время, к



увеличению трудовых и материальных затрат. Поэтому существующий в настоящее время подход при диагностировании РВС к описанию несовершенств геометрической формы оболочки не позволяет разработать достоверные модели резервуаров для численного анализа напряженно-деформированного состояния при помощи имеющихся расчетных программных пакетов, реализующих метод конечных элементов.

Целью работы является разработка методики расчета напряженно-деформированного состояния резервуара с несовершенствами геометрической формы по результатам технического диагностирования.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

1. Провести классификацию дефектов геометрической формы РВС и статистический анализ отклонений образующих стенки от вертикали по результатам измерений, полученных в ходе технического диагностирования резервуаров.

2. Обосновать размер сетки измерений элементов конструкций и разработать методику аппроксимации поверхностей стенки и днища резервуаров.

3. Разработать методику определения изменения напряженно-деформированного состояния резервуара с несовершенствами геометрической формы при воздействии эксплуатационной нагрузки.

4. Разработать методику расчета индивидуального остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров с учетом несовершенств геометрической формы.

5. Разработать информационно-аналитическую базу данных по вертикальным стальным резервуарам и внедрить результаты исследований при выполнении технического диагностирования РВС.

Научная новизна работы. На основании выполненных исследований получены следующие результаты:

1. Получена расчетная зависимость вероятности возникновения недопустимых отклонений образующих стенки резервуаров по высоте оболочки.

2. Разработана методика определения фактического НДС резервуара посредством введения в расчеты результатов аппроксимации поверхности металлоконструкций по данным технического диагностирования.

3. Разработана методика расчета индивидуального остаточного ресурса с учетом напряженно-деформированного состояния резервуара, имеющего несовершенства геометрической формы.

Практическая ценность и реализация результатов работы. Разработанная методика аппроксимации поверхностей позволяет выполнять оценку напряженно-деформированного состояния стенки, днища и кровли резервуара при техническом диагностировании и может быть использована при проектировании и оценке индивидуального остаточного ресурса.

Методика оценки НДС резервуаров с несовершенствами геометрической формы на основе метода конечных элементов использована при разработке информационно-аналитической базы по РВС.

Результаты исследований были использованы при совместной, с Институтом проблем транспорта энергоресурсов (г. Уфа), разработке руководящих документов в разделах, регламентирующих требования к диагностированию вертикальных стальных резервуаров:

- РД 153-39.4-078-01 «Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов и нефтебаз», разработанный по заказу ОАО АК «Транснефть». Согласован Госгортехнадзором России 26.12.2000г. и утвержден 06.03.2001 г.;

- РД 39-015-02 «Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов», разработанный для ЗАО «Национальная компания по транспорту нефти «КазТрансОйл» и утвержденный 19.04.2002 г.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Зависимость вероятности возникновения недопустимых отклонений образующих стенки от вертикали по высоте оболочки вертикальных стальных резервуаров.

2. Методика расчета напряженно-деформированного состояния на основе метода конечных элементов с учетом результатов аппроксимации поверхностей металлоконструкций вертикальных стальных резервуаров по результатам технического диагностирования.

3. Методика расчета индивидуального остаточного ресурса с учетом напряженно-деформированного состояния резервуара, имеющего несовершенство геометрической формы.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы были доложены на:

- XVII научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии—нефтегазовому региону», г. Тюмень в 1998 г.;
- Научно-практической конференции, посвященной 300-летию создания инженерных войск «История, современное состояние и перспективы развития инженерного образования», г. Тюмень в 2000 г.;
- Международном совещании «Энергоресурсосберегающие технологии в нефтегазовой промышленности России», г. Тюмень в 2001 г.;
- Международном семинаре «Геотехнические и эксплуатационные проблемы нефтегазовой отрасли», г. Тюмень в 2002 г.;
- Международной научно-практической конференции «Проблемы эксплуатации транспортных систем в суровых условиях», г. Тюмень в 2002 г.;
- Региональной научно-практической конференции «Нефть и газ. Новые технологии в системах транспорта», г. Тюмень в 2004 г.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 12 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, основных выводов, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 169 страниц, в том числе 51 рисунок, 32 таблицы, список литературы содержит 140 наименований, в том числе 5 — на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследований и сформулирована цель, показана научная новизна и практическая ценность полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе дан анализ отечественной и зарубежной научной и нормативно-технической литературы, посвященной вопросам технического диагностирования и определения остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров. Анализ показал, что достаточно полную оценку общего состояния резервуара можно дать при наличии данных, характеризующих условия его работы за весь период эксплуатации с учетом всех факторов, которые отрицательно влияют на нормальную работу. Одними из основных являются несовершенства геометрической формы резервуаров, возникающие при монтаже, эксплуатации и ремонте. Изучению вопросов прочности РВС были посвящены работы отечественных ученых Буренина В.А., Галеева В.Б., Тарасенко А.А., Каравайченко М.Г., Беляева Б.Ф., Катанова А.А., Ларионова М.В., Хоперского Г.Г., Никишина А.В., Саяпина М.В. и др. Анализ показал, что в работах отсутствуют рекомендации о продлении сроков безопасной эксплуатации сооружений с учетом несовершенств геометрической формы.

Одним из основных параметров технического состояния, который подлежит периодическому контролю, является геометрическая форма резервуара. При техническом диагностировании выполняются измерения отклонений образующих стенки от вертикали, наружного контура днища от горизонтали, вмятин и выпучин на стенке, хлопунгов на днище и угловатости сварных швов. Оценка напряженно-деформированного состояния стенки методом конечных элементов предложено выполнять в работах Тарасенко А.А., Слепнева И.В. Исследование влияния монтажных несовершенств, в виде угловатости вертикальных монтажных швов стенки, на моделях резервуаров выполнено Тюриным Д.В. Исследованию напряженно-деформированного состояния хлопунгов днища посвящены работы Иштирякова М.С., в которых было получено аналитическое решение. Существующие в настоящее время методики определения изменения

НДС резервуара с несовершенствами геометрической формы при воздействии эксплуатационной нагрузки во многом несовершенны. На основании проведенного анализа состояния вопроса в заключение первой главы сформулирована поставка задач исследований.

Второй раздел посвящен исследованию влияния несовершенств геометрической формы на напряженно-деформированное состояние резервуара.

Для достоверной оценки напряженно-деформированного состояния резервуара перед вводом его эксплуатацию очень важно иметь достоверную информацию о наличии и характеристиках дефектов. Дефекты, влияющие на эксплуатационную надежность, образуются на всех этапах жизненного цикла РВС. Классификация дефектов резервуаров выполнялась многими учеными, среди них Галлеев В.Б., Буренин В.А., Любушкин В.В. и др. Отечественный и зарубежный производственный опыт позволяет сделать вывод, что чаще всего авария происходит вследствие разрыва металлоконструкций резервуара. При наличии деформаций в зонах сварных швов стенки увеличивается вероятность разрушения. Экспериментальные исследования, выполненные Вольмиром А.С. и Кабановым В.В. на цилиндрических оболочках показали, что даже малые отклонения от идеальной формы приводят к снижению критической нагрузки. Поэтому несовершенства геометрической формы могут привести к снижению эксплуатационной надежности резервуара.

В работе был проведен статистический анализ геометрической формы стенки стальных вертикальных резервуаров по результатам технических диагностирований, проведенных в период с 1999 по 2004 годы. В основе были использованы данные измерений отклонений образующих стенки 98 РВС, эксплуатируемых в ОАО «Сибнефтепровод» и ОАО «Самотлорнефтегаз».

В результате анализа установлено, что отклонения образующих стенки резервуаров подчиняются нормальному закону распределения и получена расчетная зависимость вероятности возникновения недопустимых отклонений образующих стенки от вертикали по высоте оболочки вертикальных стальных резервуаров (рис.1).

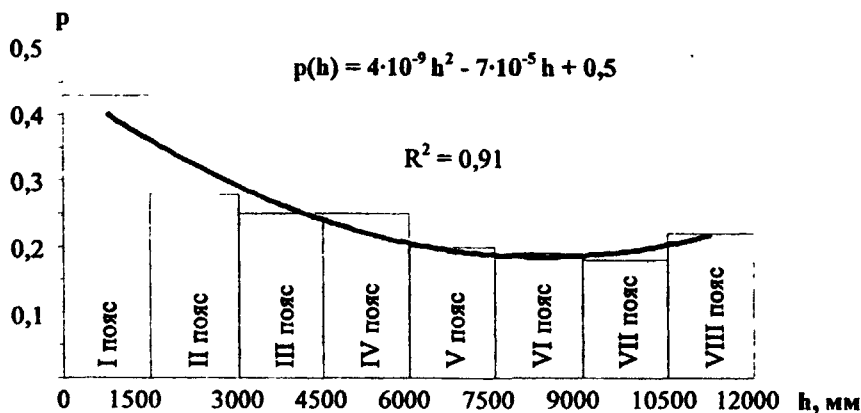


Рис. 1. Расчетная зависимость вероятности возникновения недопустимых отклонений по высоте оболочки

Анализ этой зависимости показал, что для повышения точности оценки несовершенств геометрической формы стенки резервуара необходимо для первых трех и последнего поясов увеличивать плотность сетки измерений.

На основе анализа кривых распределения установлено, что средняя линия, вокруг которой происходит вариация значений отклонений образующих стенки, не находится в вертикальной плоскости, проходящей через наружную поверхность цилиндрической оболочки, а выступает наружу резервуара, где наблюдаются наибольшие по абсолютной величине отклонения образующих стенки. Однако при расчете напряженно-деформированного состояния резервуаров по существующей нормативной методике считается, что резервуар имеет идеальную цилиндрическую форму, т.е. несовершенства геометрической формы обязательно должны учитываться при дальнейших расчетах.

С целью оценки степени влияния несовершенств геометрической формы на напряженно-деформированное состояние резервуара для дальнейших экспериментальных исследований был выбран вертикальный стальной резервуар РВС-20000, сооруженный в 1988 г. Выбор этого резервуара обусловлен тем,

что в процессе эксплуатации в 2001 году резервуар дал течь через трещину, образовавшуюся на листе второго пояса стенки. Резервуар исчерпал свой ресурс через 13 лет, не достигнув нормативного срока эксплуатации. Для исключения предположения о возможном несоответствии материала стенки проектному были проведены металлографические и прочностные исследования, в том числе при отрицательных температурах, в результате которых установлено, что механические свойства соответствуют требованиям НТД.

Анализ изменения радиальных перемещений стенки резервуара РВС-20000 под действием эксплуатационной нагрузки при различных уровнях налива показал, что в районе 14 ВМШ на уровне второго пояса радиальные перемещения максимальны. Несмотря на то, что отклонения образующих стенки имеют допустимые значения, именно здесь образовалась трещина. Это подтверждает вывод о влиянии несовершенств геометрической формы резервуара на изменение напряженно-деформированного состояния и, следовательно, на остаточный ресурс.

В третьем разделе выполнено исследование остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров.

Ресурс стенки резервуара при малоцикловом нагружении определяется на основе механики малоциклового разрушения по методике, согласно которой ресурс стенки резервуара определяют как сумму циклов по двум стадиям циклического разрушения: до образования макротрещин и до образования лавинообразной трещины. Эта методика была использована для расчета остаточного ресурса исследуемого резервуара РВС-20000 после окончания капитального ремонта с целью определения срока службы (рис. 2). Проанализировав полученную зависимость установлено, что при нормативной цикличности, равной 350 циклов в год, остаточный ресурс составляет 5 лет. Объясняется это тем, что при определении остаточного ресурса учитываются механические характеристики металла резервуара, а оболочка принимается как идеальный цилиндр, что приводит к большой погрешности при расчетах.

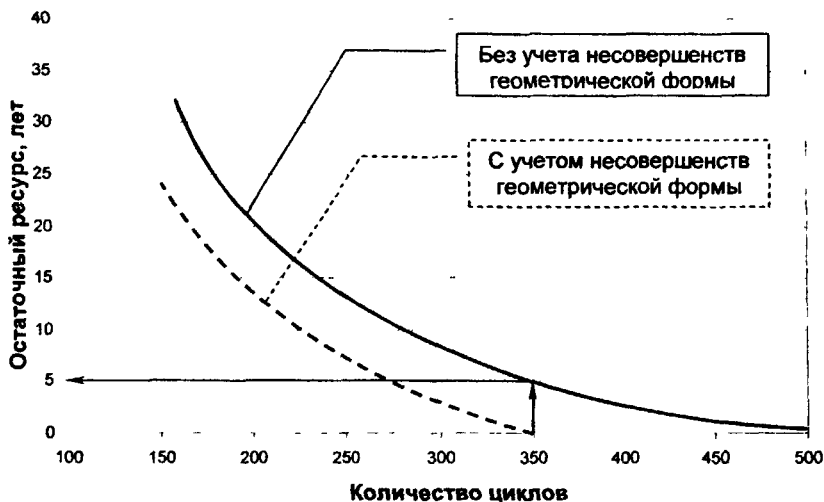


Рис. 2. Зависимость остаточного ресурса резервуара от количества циклов.

В работе предлагается при определении амплитуды σ_a использовать значения напряжений, рассчитанные при помощи метода конечных элементов для идеальной оболочки соответствующего типоразмера РВС с учетом несовершенств геометрической формы, полученной на основе технического диагностирования.

Для анализа и учета влияния несовершенств геометрической формы на напряженно-деформированное состояние резервуара результаты измерений необходимо представить в виде непрерывной и гладкой функции с выделением высотных изолиний для построения конечно-элементной модели. Это позволит повысить точность расчетов при увеличении плотности сетки расчетной схемы без дополнительных натурных измерений.

В четвертом разделе выполнен анализ результатов и обобщены результаты лабораторных исследований и промышленного эксперимента, разработан алгоритм восстановления поверхности стенки днища с использованием сплайн-функций.

При техническом диагностировании геометрической формы резервуара выполняется нивелирование поверхности дна и его наружного контура и теодолитная съемка отклонений образующих стенки от вертикали. Результаты этих измерений представляются в виде двумерных графиков. Очевидно, что чем плотнее будет сетка измерений, тем точнее опишется геометрия РВС.

Исходные данные для решения интерполяционной задачи представлены следующим образом: для поверхности стенки резервуара — это прямоугольная сетка $\Delta_{N,M}^w$ в цилиндрической координатной области $\Omega_w = [0, 2\pi] \times [0, L]$, где N — количество образующих; M — количество поясов; L — длина развертки стенки, а для дна резервуара — это прямоугольная сетка $\Delta_{K,L}^b$ в области полярных координат $\Omega_b = [0, 2\pi] \times [0, R]$, где K — количество радиусов; L — количество замеров по радиусу; R — радиус резервуара.

Наиболее эффективным способом восстановления искомым поверхностей является метод интерполирующих сплайнов. Из всего многообразия существующих сплайн-функций были выбраны бикубические сплайны, определяемые через тензорное произведение одномерных кубических сплайнов. Двумерная прямоугольная сетка образуется как прямое произведение одномерных сеток $\Delta_{x,y} = \Delta_x \times \Delta_y$, где $\Delta_x : a = x_0 < x_1 < \dots < x_N = b$ и $\Delta_y : c = y_0 < y_1 < \dots < y_M = d$. Если в узлах этой прямоугольной сетки известны значения некоторой функции $f(x,y)$, то она может быть проинтерполирована дважды кубическим сплайном и в каждой ячейке $\Omega_y = [x_i, x_{i+1}] \times [y_j, y_{j+1}]$ записывается в виде полинома:

$$S(x, y) = \sum_{\alpha=0}^3 \sum_{\beta=0}^3 a_{\alpha\beta}^y (x - x_i)^\alpha (y - y_j)^\beta. \quad (2)$$

Для решения задачи моделирования геометрической формы стенки и дна резервуара была разработана программа SurfViewer, предназначенная для визуализации и анализа результатов нивелирования поверхности дна и теодолитной съемки образующих стенки резервуаров. Метод получения карт поверхностей (рис. 3) по известной регулярной сетке данных заключается в использовании разработанной методики аппроксимации интерполирующими би-

кубическими сплайнами. Кроме этого, в программе реализована возможность определения напряжений в упругой стадии.

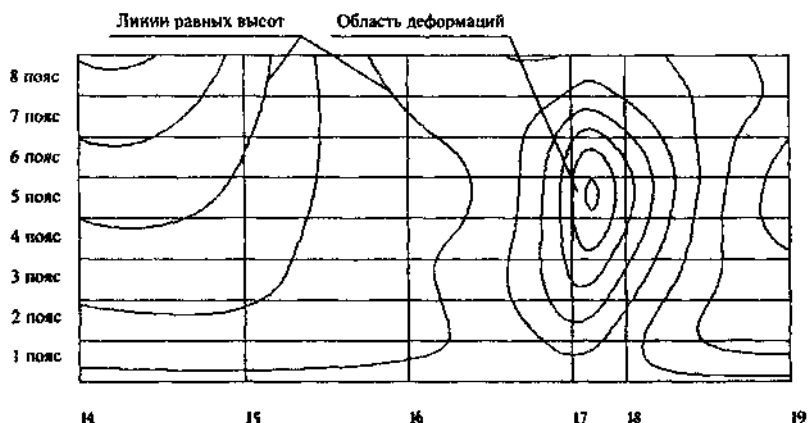


Рис. 3. Карта прямых измерений отклонений образующих стенки.

Для определения НДС резервуара, имеющего несовершенства геометрической формы, необходимо выполнить модификацию разработанной конечно-элементной модели идеальной цилиндрической оболочки, используя данные технического диагностирования геометрической формы поверхности. В результате этого модель будет максимально отражать реальную геометрическую форму исследуемого резервуара.

Разработанные методики были использованы для сравнительных расчетов НДС резервуара с использованием программного комплекса STAAD, реализующего метод конечных элементов. Расчет резервуара РВС-20000 с использованием разработанной методики показал, что учет несовершенств геометрической формы приводит к увеличению эквивалентных напряжений в стенке резервуара до 100 % по сравнению с классическим подходом для идеального цилиндра, а остаточный ресурс снижается до нуля (рис. 2). Таким образом, результаты технического диагностирования обязательно должны учитываться при определении НДС и расчете индивидуального остаточного ресурса РВС.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ требований нормативно-технической документации по техническому диагностированию новых и длительно эксплуатируемых резервуаров, исчерпавших нормативный срок, показал, что в настоящее время методики оценки их геометрических параметров несовершенны. Это не позволяет выполнять достоверный расчет напряженно-деформированного состояния РВС с учетом индивидуальных геометрических особенностей.

2. По результатам анализа геометрической формы стенки 98 обследованных резервуаров получена расчетная зависимость вероятности возникновения недопустимых отклонений по вертикальной составляющей. Установлено, что вероятность недопустимых отклонений вертикальных образующих стенки по первому поясу равна 43, по 6 и 7 поясам – 18, а на уровне 8 пояса достигает 22 %. Следовательно, для повышения точности в оценке геометрической формы стенки резервуара необходимо для первых трех и последнего поясов увеличивать плотность сетки измерений.

3. Установлено, что нормативное табулированное представление результатов измерений геометрической формы поверхности стенки и днища РВС не позволяет создать достоверную модель на основе МКЭ. Для восстановления геометрических параметров и последующих расчетов НДС необходимо выполнить интерполяцию измерений методом сплайн-функций с учетом плотности сетки измерений, позволяющей увеличить точность на 6,3%.

4. В результате анализа сплайн-функций установлено, что наиболее эффективным способом восстановления искомым поверхностям стенки и днища резервуаров является метод интерполирующих бикубических сплайнов. Разработана методика расчета оптимальной геометрии поверхности элементов металлоконструкций вертикальных стальных резервуаров по результатам технического диагностирования.

5. На основании результатов промышленного эксперимента разработана методика расчета индивидуального остаточного ресурса с учетом НДС резервуара, имеющего несовершенства геометрической формы.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Пимнев А.Л. Разработка информационно-аналитической системы по вертикальным стальным резервуарам / А.Л. Пимнев, А.А. Тарасенко // XVII науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии — нефтегазовому региону»: тез. докл. — Тюмень: ТюмГНГУ, 1998. — С. 20-21.
2. Пимнев А.Л. Использование бикубических сплайнов для описания трехмерных поверхностей объектов транспорта нефти и газа // Науч.-практ. конф., посвященная 300-летию создания инженерных войск «История, современное состояние и перспективы развития инженерного образования»: тез. докладов. — Тюмень: ТФВИУ, 2000. — С. 35-36.
3. Тарасенко А.А.. Использование интерполирующих бикубических сплайнов в задаче моделирования несовершенств геометрической формы днища и стенки резервуара / А.А. Тарасенко, А.Л. Пимнев // Известия вузов, «Нефть и газ». — Тюмень: ТюмГНГУ, 2000, № 6. — С. 76-78.
4. Пимнев А.Л. Разработка информационно-аналитической базы данных по ремонту вертикальных стальных резервуаров / А.Л. Пимнев, Д.В. Тюрин // Науч.-практ. конф., посвященная 300-летию создания инженерных войск «История, современное состояние и перспективы развития инженерного образования»: тез. докладов. — Тюмень: ТФВИУ, 2000. — С. 36-37.
5. Пимнев А.Л. Оценка минимальной толщины стенки при диагностике резервуаров в США и России / А.Л. Пимнев, А.А. Тарасенко // Известия вузов, «Нефть и газ». — Тюмень: ТюмГНГУ, 2001, № 2. — С. 65-68.
6. Пимнев А.Л. Разработка математических моделей несовершенств геометрической формы резервуаров/А.Л.Пимнев,Д.В.Тюрин//Энергоресурсосберегающие технологии в нефтегазовой промышленности России:Материалы междунар.совещания в 2 ч.—Тюмень: ТюмГНГУ,2001.Часть 2.— С.107-109.
7. Тарасенко А.А. Требования к допустимой величине коррозионных повреждений стенки резервуара в стандартах США / А.А. Тарасенко, А.Л. Пимнев, К.К. Байнышев // Геотехнические и эксплуатационные проблемы неф-

тегазовой отрасли: Материалы международного семинара г. Тюмень, 27-29 марта 2002 г. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. –С. 208-214.

8. Тюрин Д.В. К вопросу определения полей несовершенств геометрической формы днища и стенки резервуара/Д.В.Тюрин, А.А.Тарасенко, А.Л.Пимнев // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы эксплуатации транспортнх систем в суровых условиях». – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. –С. 103-106.

9. Пимнев А.Л. Недостатки технического диагностирования резервуаров после длительной эксплуатации / А.Л. Пимнев, Е.В. Попова // Нефть и газ. Новые технологии в системах транспорта: Материалы региональной науч.-практ. конф. в 2 ч. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. – Ч. 2. – С. 28-31.

10. Попова Е.В. Численные методы исследования напряженно-деформированного состояния резервуаров / Е.В. Попова, А.А. Тарасенко, А.Л. Пимнев // Нефть и газ. Новые технологии в системах транспорта: Материалы региональной науч.-практ. конф. в 2 ч. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. – Ч. 2. – С.38-40.

11. Пимнев А.Л. Оценка несовершенств геометрической формы вертикальных стальных резервуаров при техническом диагностировании / А.Л. Пимнев, С.Ю.Михайлов // Эксплуатация и обслуживание транспортно-технологических машин: Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 2 / ТюмГНГУ, отв. ред. Н.С.Захаров. –Тюмень:Издатель Пашкин,2005. –С.108-109.

12. Пимнев А.Л. Оценка остаточного ресурса при проведении технического диагностирования / А.Л. Пимнев, А.А. Тарасенко, С.Г. Иванцова // Управление качеством в нефтегазовом комплексе: ежекварт. науч.-техн. журн. – 2005. – № 1-2. – М.: Нефть и газ. – С. 49-51.

Подписано к печати 17.04.06.
Заказ № 194
Формат 60×84 ¹/₁₆
Отпечатано на RISO GR 3750

Бум. писч. № 1
Усл. изд. л. 1,05
Усл. печ. л. 1,05
Тираж 100 экз.

Издательство «Нефтегазовый университет»
Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Тюменский государственный нефтегазовый университет»
Отдел оперативной полиграфии издательства «Нефтегазовый университет»
625039, г. Тюмень, ул. Киевская, 52