

## УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор – проректор  
по научной работе, ФГБОУ ВО  
«Самарский государственный  
технический университет»

М.В. Пенашев

« 15 » 29 2020 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации

**ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»  
на диссертационную работу Грученковой Алеси Анатольевны на тему  
«Напряженно-деформированное состояние резервуаров при локальной  
неоднородности грунтового основания», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности  
25.00.19 - Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и  
хранилищ (технические науки)**

### **Актуальность темы выполненной работы**

Диссертационная работа Грученковой Алеси Анатольевны посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния вертикальных стальных резервуаров при неравномерной осадке, вызванной наличием или появлением локальной неоднородности в естественном основании. Неравномерная осадка основания резервуаров зачастую приводит к возникновению недопустимых деформаций и напряжений в металлоконструкциях РВС, а иногда становится причиной аварийных ситуаций. Существующие аналитические зависимости не позволяют с достаточной точностью оценить напряженно-деформированное состояние при развитии неравномерных осадок. Различия в конструкции и применяемых материалах препятствуют использованию результатов исследований зарубежных ученых и требований западных нормативных документов для оценки НДС резервуаров, построенных по отечественным

типовым проектам.

В настоящее время сложнейшие задачи деформирования металлоконструкций РВС при локальных осадках могут быть решены с использованием высокоэффективных методов численного моделирования, в том числе метода конечных элементов. Получение на основе численных моделей зависимостей между геометрическими параметрами области неоднородности, величиной осадки данной зоны и возникающими при этом напряжениями в металлоконструкциях резервуара, а также разработка методики оценки НДС резервуаров при локальной неоднородности естественного основания, является актуальной и практически значимой задачей для нефтяной отрасли.

### **Содержание диссертации**

Диссертационная работа изложена на 134 страницах машинописного текста, включает 12 таблиц, 73 рисунка, состоит из введения, четырех глав, выводов, списка сокращений, списка литературы и двух приложений, включающих: свидетельство о верификации программного комплекса, используемого в работе, и акт внедрения результатов исследования.

В первой главе проведен обзор исследований, посвященных анализу причин аварий резервуаров. Рассмотрены примеры аварий РВС, вызванных неравномерными осадками оснований. Представлена классификация осадок полотно днища РВС, проанализированы требования российской и зарубежной нормативной документации к назначению величины локальной осадки днища в его центральной части и в окрестностях стенки. Проведен обзор научных трудов отечественных и зарубежных ученых, посвященных изучению изменения НДС резервуаров при неравномерных осадках.

Во второй главе представлены основные этапы создания численной модели резервуара объемом 20000 куб. м в программном комплексе ANSYS: разработана максимально детализированная геометрическая модель РВС в соответствии с реальными геометрическими размерами, заданы типы конечных элементов, контактные взаимодействия, граничные

условия и нагрузки, сгенерирована конечно-элементная сетка, заданы нелинейные свойства стали 09Г2С. Приведено точное аналитическое решение задачи прогиба днища РВС, на основе которого была верифицирована разработанная численная модель РВС-20000.

В третьей главе выполнено планирование численного эксперимента. В качестве влияющих факторов были выбраны: степень детализации численной модели, толщина листов полотнища днища РВС, радиус окружности, вписанной в зону неоднородности, расстояние от цилиндрической оболочки РВС до центра данной окружности. Обработан большой массив экспериментальных данных, на основании которого установлены зависимости максимальных действующих напряжений, возникающих в металлоконструкциях РВС, от геометрических параметров области неоднородности. Определены размеры зоны влияния краевого эффекта от стенки, установлены предельные значения локальных осадок днища.

Четвертая глава посвящена разработке методики оценки напряженно-деформированного состояния резервуара РВС-20000 при локальной неоднородности грунтового основания. Разработанная методика включает алгоритм оценки НДС резервуара в условиях неравномерной осадки полотнища днища. Установлены зависимости между параметрами НДС металлоконструкций резервуара и величиной осадки, характеризующие пределы деформирования днища РВС. Разработанная методика позволяет принимать решение о необходимости проведения ремонта РВС или о его переносе. Разработаны предложения для внесения изменений в НТДв части требований к назначению предельных локальных осадок.

**Научная новизна результатов диссертационной работы** заключается в следующем:

– получены зависимости величины осадки от деформационных свойств и геометрических параметров локальной неоднородности основания, установлены пределы деформирования днищ резервуаров (толщиной 6 и 9

мм) при локальной осадке основания.

– установлены зависимости между максимальными эквивалентными напряжениями, возникающими в конструктивных элементах РВС, и величиной осадки при расположении зоны неоднородности вблизи стенки резервуара.

– по результатам численного эксперимента установлена зависимость, позволяющая определить границу зоны действия краевого эффекта от стенки РВС-20000.

– разработана методика оценки напряженно-деформированного состояния резервуара РВС-20000 при локальной неоднородности грунтового основания.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается удовлетворительной корреляцией результатов, полученных на основе разработанной диссертантом численной модели, с широко известными аналитическими решениями, верификацией разработанной конечно-элементной модели в сертифицированном Госатомнадзором России программном комплексе ANSYS.

Используемые в диссертации термины, сокращения, обозначения и единицы измерения соответствуют действующим отраслевым и федеральным нормативным документам.

### **Апробация работы**

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях: III-я Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы» (г. Томск, 2016 г.); Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Энергосбережение и инновационные технологии в ТЭК» (г. Тюмень, 2016 г.); XIII-я Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» (г. Томск, 2016 г.); X-й

Международный Западно-Сибирский нефтегазовый конгресс (г. Тюмень, 2016 г.); Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии - нефтегазовому региону»(г. Тюмень, 2016 г.); IV-я Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы»(г. Томск, 2017 г.); XV-я Международная конференция студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук»(г. Томск, 2018 г.); Международная научно-техническая конференция «Транспорт и хранение углеводородного сырья – нефтегазовый терминал»(г. Тюмень, 2019 г.).

### **Значимость результатов**

1. Разработанная в диссертационной работе конечно-элементная модель резервуара учитывает геометрическую и физическую нелинейность и позволяет рассчитать максимально допустимые значения осадки при наличии зоны неоднородности в грунтовом основании.

2. Установленные диссертантом зависимости позволяют с высокой достоверностью оценивать техническое состояние резервуара объемом 20000 куб. м при неравномерной осадке по результатам диагностического обследования.

3. Сформулированные в работе предложения по внесению изменений в действующую нормативно-техническую документацию (в части назначения предельной величины локальной осадки днища) позволяют выполнить задачу перевода и принятия в рамках Российской Федерации международных стандартов, поставленную Министерством энергетики РФ и Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, за счет гармонизации отечественных нормативных документов с западными стандартами.

3. Разработанная в диссертации методика оценки напряженно-деформированного состояния резервуара объемом 20000 куб. м позволяет определить необходимость (или отсутствие необходимости) ремонта РВС при

локальной неоднородности грунтового основания. Данная методика внедрена в действующее предприятие магистрального транспорта нефти - АО «Транснефть–Сибирь» (акт внедрения №ТСИБ-01-160/232-1 от 31.05.2019).

### **Рекомендации по использованию результатов**

Исходя из результатов технического обследования резервуара, на основании разработанной методики следует принимать решение о необходимости вывода резервуара из эксплуатации для проведения ремонтных работ либо о переносе сроков ремонта РВС. Далее по результатам экспертизы промышленной безопасности следует определить соответствие резервуара нормам и требованиям промышленной безопасности и установить срок службы резервуара и сроки следующего планового ремонта. Наиболее подходящими для широкого применения разработанной в диссертации методики являются такие предприятия, как ПАО «Транснефть», ПАО «Сургутнефтегаз», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром нефть», имеющие на вооружении резервуарные парки.

### **Замечания**

1. В разделе 1.3 первой главы диссертационной работы приведены типы фундаментов, устраиваемых под вертикальные стальные резервуары. Это общеизвестные сведения, представленные в нормативно-технической документации по проектированию и строительству РВС (ГОСТ 31385-2016, РД-23.020.00-КТН-018-14), которые не содержат новых знаний и перегружают диссертацию.

2. В работе отсутствует оценка экономической эффективности от использования разработанной диссертантом методики на действующем предприятии.

3. При анализе процессов, связанных с просадкой грунтов, реальный контур просадки заменен окружностью, вписанный в этот контур. Насколько эквивалентна эта замена?

4. На сегодняшний день отсутствует методика отбраковки центральной части днища по геометрическим параметрам. Методика отбраковки, предлагаемая в данной работе, могла бы чётко определить участок, предназначенный для замены. В контексте этого возникает вопрос: выходили ли Вы или Ваша организация с предложениями по корректировке отраслевой нормативной документации ?

5. Поясните, каким образом выполнено моделирование области просадки под центральной частью днища резервуара?

Однако приведенные замечания не снижают научную и практическую значимость диссертационного исследования.

#### **Итоговая оценка работы**

Кандидатская диссертация Грученковой Алеси Анатольевны является завершённым научным исследованием, выполненным на высоком научном уровне.

Работа написана ясным и понятным языком, тщательно отредактирована и хорошо иллюстрирована. Публикации отражают суть выполненных исследований, а также полученные результаты.

Автореферат диссертации в полном объёме отражает содержание работы.

#### **Заключение**

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что диссертационная работа Грученковой Алеси Анатольевны является научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне, в которой на основании проведенных исследований решена научная задача.

Работа соответствует требованиям п. 9 положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор работы Грученкова А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.19 – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов,

баз и хранилищ (технические науки).

Отзыв ведущей организации рассмотрен на расширенном заседании кафедры «Трубопроводный транспорт» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» «11» 09 2020 г., протокол № 1.

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Профессор кафедры «Трубопроводный транспорт»  
ФГБОУ ВО «СамГТУ», доктор технических наук  
по специальности 05.13.01 - Системный анализ,  
управление и обработка информации  
(промышленность), доцент

 Тян Владимир Константинович

Подпись В.К. Тяна удостоверяю. Ученый секретарь  
ФГБОУ ВО «СамГТУ», д.т.н.

 Малиновская Юлия Александровна



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет».

443100, Самарская обл., г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244.

Телефон: 8(846) 334-62-20.

Эл. почта: [tt@samgtu.ru](mailto:tt@samgtu.ru).