

## ОТЗЫВ

официального оппонента, профессора кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», доктора технических наук, профессора, Хафизова Ильдара Фанилевича на диссертационную работу Егорова Андрея Николаевича на тему «Устойчивость защитной стенки к воздействию пламени пожара в резервуаре типа «стакан в стакане»», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1 – Пожарная безопасность (технические науки)

### **Направленность работы.**

Диссертационная работа посвящена экспериментально-теоретической оценке нестационарного температурного поля защитной стенки резервуара типа «стакан в стакане» с нефтью и нефтепродуктами для прогнозирования её устойчивости при пожаре.

Для этого соискателем проведен анализ научно-технической и нормативной литературы, разработана математическая модель и проведено численное моделирование взаимодействия пламени пожара с защитной стенкой резервуара, разработан экспериментальный стенд и методика проведения огневых экспериментов на модели резервуара типа «стакан в стакане». Результаты численного решения по определению температурного поля защитной стенки резервуара достаточно хорошо согласуются с результатами огневых испытаний и позволяют прогнозировать время потери её устойчивости.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Содержание работы изложено на 129 страницах машинописного текста, включает в себя 9 таблиц, 43 рисунка, список литературы состоит из 114 наименований.

### **Актуальность темы диссертационной работы.**

Диссертационная работа посвящена решению актуальной задачи, связанной с определением теплового состояния защитной стенки при воздействии на неё пламени пожара нефтепродукта, происходящего в основном резервуаре. Её решение позволит обоснованно подходить к проектированию систем противопожарной защиты на резервуарах типа «стакан в стакане».

Анализом нормативно-технических документов, содержащих требования пожарной и промышленной безопасности, автор работы показал, что в настоящее время отсутствуют научно обоснованные данные о закономерностях развития пожара такой технологической системы, а количество информации о экспериментально-теоретических исследованиях поведения защитной стенки при воздействии на неё тепловых нагрузок пожара ограничено, что подтверждает актуальность выбранного исследования.

### **Содержание работы.**

*Во введении* обоснована актуальность темы исследования и степень ее разработанности, сформулированы цель, задачи, объект и предмет исследования, показана научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость.

*В первой главе* представлены результаты анализа статистических данных о пожарах в резервуарах с нефтью и нефтепродуктами, произошедших на объектах нефтегазовой отрасли в России и за рубежом. Также приведён анализ требований, предъявляемых к резервуарам такого типа изложенных в нормативных документах в области обеспечения промышленной и пожарной безопасности.

Показана необходимость изучения теплового состояния защитной стенки резервуара для формулирования научно-обоснованных требований к размещению систем противопожарной защиты на её корпусе. Сделан вывод

об актуальности проведения исследований, направленных на обеспечение пожарной безопасности защитной стенки резервуара.

*Во второй главе* представлен анализ существующих методов численного моделирования, в результате чего обоснован выбор метода конечных элементов, используемый автором в работе.

Сформулирована постановка задачи численного моделирования и определена математическая модель нестационарного нагрева защитной стенки, а также подобраны исходные данные позволяющие провести численный расчёт нагрева защитной стенки, а именно начальные и граничные условия рассматриваемого физического процесса. В результате численного моделирования показано, что предложенная математическая модель позволяет определять распределение температурных полей по всему корпусу основного резервуара и его защитной стенки при пожаре в основном резервуаре.

Для подтверждения адекватности математической модели и результатов математического моделирования автору работы было необходимо провести её верификацию с результатами физического эксперимента. Для этого им реализован натурный эксперимент с физической моделью резервуара аналогичной по геометрическим и физическим параметрам математической модели.

*В третьей главе* представлены разработанный экспериментальный стенд, описание измерительных приборов, методика проведения огневых испытаний, результаты экспериментального исследования и их обсуждение.

Полученные в ходе экспериментов данные прошли статическую обработку, в результате чего были получены эмпирические зависимости распределения температур по всей высоте корпуса основного резервуара и защитной стенки модели резервуара.

Эмпирические данные, полученные в экспериментах, позволили сравнить их с результатами математического моделирования и сделать вывод об адекватности разработанной математической модели.

В четвертой главе проведен анализ требований к размещению систем пожарной автоматики на резервуарах с защитной стенкой. Представлены результаты апробации применения разработанной математической модели по определению нестационарных температурных полей защитной стенки резервуара типа «стакан в стакане» для прогнозирования её устойчивости.

Результаты численного моделирования позволили автору прогнозировать время достижения критической температуры, возникающей на корпусах резервуара, при которой возможно наступление напряженно-деформированного состояния. Вместе с этим расчёт показал, что значение температурных полей может значительно превышать критическую температуру нагрева защитной стенки резервуара, что свидетельствует о необходимости использования стационарной установки водяного орошения, которая позволит сохранить её устойчивость, в том числе и до момента подачи воды на орошение защитной стенки резервуара от прибывших мобильных средств пожаротушения.

*Заключение* содержит основные выводы и рекомендации диссертационной работы.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации достигалась:**

- использованием современного валидированного и верифицированного программного комплекса COMSOL Multiphysics при проведении численного моделирования;
- соблюдением условий подобия при разработке физической модели резервуара типа «стакан в стакане»;
- использованием при проведении экспериментальных исследований реальных условий воздействия углеводородного температурного режима пожара на физическую модель резервуара типа «стакан в стакане»;

– использованием современных поверенных измерительных приборов и измерительной аппаратуры, обеспечивающих достаточную точность измерений при проведении экспериментальных исследований и обработки экспериментальных данных;

– удовлетворительной сходимостью полученных результатов численного моделирования с результатами огневых испытаний физической модели резервуара типа «стакан в стакане»;

– внутренней непротиворечивостью результатов и их согласованностью с данными других исследователей.

#### **Замечания к диссертационной работе.**

1. Ограничены сведения по характерным пожарам, произошедшим в резервуарах изучаемой конструкции.

2. В работе не представлены данные по влиянию атмосферозащитного козырька, устанавливаемого для защиты межстенного пространства, на нагрев защитной стенки при пожаре в основном резервуаре.

#### **Заключение.**

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от работы, её научной и практической значимости.

Диссертационная работа Егорова Андрея Николаевича представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи по оценке устойчивости защитной стенки к воздействию пламени пожара в резервуаре типа «стакан в стакане», что вносит весомый вклад в обеспечение пожарной безопасности объектов нефтегазовой отрасли России.

Текст, таблицы и рисунки тщательно отработаны и в ясной форме передают суть и содержание выполненной научной работы. Перечень публикаций свидетельствует о достаточно полной информированности научно-технической общественности о содержании работы.

Считаю, что диссертационная работа отвечает критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.), а ее автор, Егоров Андрей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки).

Профессор кафедры  
«Пожарная и промышленная  
безопасность» ФГБОУ ВО  
«Уфимский государственный  
нефтяной технический университет» (УГНТУ)  
доктор технических наук, профессор



И.Ф. Хафизов

Подпись Хафизова Ильдара Фанилевича заверяю

Начальник отдела  
по работе с персоналом  
ФГБОУ ВО «УГНТУ»



Дадаян О.А.

31.10.2024

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ);  
адрес: 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. М. Пинского, 4.  
Телефон: +7(347)243-03-70. Официальный сайт: <https://ugntu.ru/ru>.  
Телефон Хафизова И.Ф.: +7(917) 794-30-01, E-mail: [ildar.hafizov@mail.ru](mailto:ildar.hafizov@mail.ru)