

## УТВЕРЖДАЮ

Начальник ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
генерал-майор внутренней службы  
доктор технических наук

Д.М. Гордиенко

2020 г.



## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский ордена «Знак почета» научно-исследовательского института противопожарной обороны МЧС России» на диссертационную работу Швыркова Александра Сергеевича «Нормирование требований пожарной безопасности к геометрическим параметрам ограждений резервуаров типа «стакан в стакане», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность (нефтегазовая отрасль, технические науки)**

### Актуальность работы

Пожарная безопасность объектов хранения нефти и нефтепродуктов при каскадном развитии аварий и/или пожаров, обусловленных разливами жидких углеводородов при полных разрушениях вертикальных стальных резервуаров (РВС), во многом зависит от ограждений, способных минимизировать и локализовать площади проливов жидкостей. Для рассматриваемых в диссертации резервуаров типа «стакан в стакане» (РВСЗС) основную роль такого ограждения выполняет защитная стенка, устанавливаемая от стенки внутреннего резервуара на достаточно близком расстоянии, как правило, не более 2,0 м.

Однако, как справедливо отмечено соискателем, в настоящее время требования свода правил СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» не распространяются на объекты с РВСЗС, а требования к ним, изложенные в нормативных документах по промышленной безопасности, имеют существенные разногласия.

*вх № 6/3 от 06.02.2020 г.*

Таким образом, задачи, поставленные соискателем в диссертационной работе, имеют научную и практическую значимость, направленную на обеспечение пожарной безопасности объектов нефтегазовой отрасли с резервуарами типа «стакан в стакане», в частности, за счет экспериментальной оценки геометрических параметров их защитной стенки и дополнительного ограждения.

Разработанные автором рекомендации по определению геометрических параметров ограждений РВСЗС могут являться основой для разработки соответствующего нормативного документа, что, безусловно, указывает на актуальность темы выполненного исследования.

### **Структура и содержание работы**

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы из 117 наименований и 2 приложений. Работа изложена на 141 странице, содержит 56 рисунков и 22 таблицы. Содержание диссертации имеет классическую структуру, включающую все основные разделы теоретического и, в большей степени, экспериментального исследований.

**Во введении** обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель и задачи исследований. Показана новизна и практическая значимость полученных результатов, а также приведены сведения об апробации работы.

**В первой главе** представлены результаты анализа статистических данных о разрушениях РВС с нефтью и нефтепродуктами на объектах нефтегазовой отрасли в России, краткие описания характерных примеров разрушений РВС за рубежом, а также обстоятельный анализ требований нормативных документов в области обеспечения промышленной безопасности, предъявляемых к рассматриваемым типам резервуаров.

По результатам анализа автором обоснованно сделаны выводы о необходимости совершенствования технологий ограничения площади пожара пролива горючей жидкости при возможном разрушении резервуара, в том числе, путем применения перспективных конструкций РВСЗС, а также об актуальности проведения исследований, направленных на нормирование требований к геометрическим параметрам защитной стенки и дополнительного ограждения РВСЗС.

**Во второй главе** диссертации представлено описание лабораторного стенда, разработанного с учетом результатов анализа теоретических и экспериментальных исследований влияния потока жидкости при разрушении резервуара на ограждения различной конфигурации и соблюдения критериев подобия и условий моделирования гидравлических явлений.

Следует отметить, что выбранный диссертантом лабораторно-экспериментальный метод исследования характеристик образующегося при разрушении основной стенки РВСЗС потока жидкости и его воздействия на защитную стенку и дополнительное ограждение вполне оправдан, прежде всего, исходя из невозможности проведения исследований на натуральных объектах, что обусловлено значительными экономическими затратами. При этом в работе представлены данные об удовлетворительной сходимости результатов лабораторных экспериментов с аналогичными данными, полученными при численном моделировании в современном программном комплексе *ANSYS LSDYNA* и при ранее выполненном натурном эксперименте по разрушению РВС-700 м<sup>3</sup> с водой.

Соблюдение рассмотренных в диссертации критериев подобия и условий моделирования гидравлических явлений позволило соискателю сделать корректный вывод о том, что изучаемый процесс находится в автомодельной области, а разработанный лабораторный стенд может использоваться для нахождения оптимальных геометрических параметров защитной стенки и дополнительного ограждения для резервуаров номинальным объемом от 700 до 30000 м<sup>3</sup>.

**В третьей главе** представлены результаты экспериментального определения минимальной высоты защитной стенки для локализации потока жидкости при разрушении внутреннего резервуара, доли перелившейся через защитную стенку жидкости при возможном снижении ее высоты и геометрических параметров дополнительного ограждения.

По результатам исследований установлено, что для полной локализации потока жидкости в границах защитной стенки, находящейся от стенки резервуара на расстоянии от 1,5 до 3,0 м включительно, ее высота должна быть не менее чем на 10 % выше первоначального уровня жидкости в этом резервуаре.

Следует отметить, что полученный результат является крайне важным для оценки пожарной безопасности РВСЗС, так как в настоящее время нормативными документами предусматривается высоту защитной стенки принимать не менее 80 % от высоты стенки основного резервуара при ширине межстенного пространства не менее 1,8 м.

Другим научным результатом работы является оценка доли перелившейся части жидкости за пределы защитной стенки при возможном снижении ее высоты вплоть до минимального значения, соответствующего статическому удержанию пролитого из резервуара продукта. В работе приводится эмпирическая зависимость для оценки доли перелившейся жидкости, полученная на основе выполненного регрессионного анализа.

Наконец, важным также является определение геометрических параметров дополнительного ограждения в виде вертикальной ограждающей стены, необходимого для полной локализации части жидкости, перелившейся через защитную стенку при возможном снижении ее высоты вплоть до уровня, рассчитанного на статическое удержание вышедшей при аварии основного резервуара жидкости.

Таким образом, результаты работы имеют большую практическую значимость, а также обосновывают необходимость корректировки требований действующих норм с целью предупреждения каскадного развития аварий в резервуарных парках объектов нефтегазовой отрасли с эксплуатацией РВСЗС.

**В четвертой главе** представлены рекомендации по определению геометрических параметров ограждений резервуаров с защитной стенкой типа «стакан в стакане», содержащие общие положения, а также метод определения геометрических параметров защитной стенки и дополнительного ограждения, включая графические зависимости для оценки доли жидкости, которая может перелиться через защитную стенку при разрушении основной стенки типового резервуара.

Важно отметить, что на основе разработанных рекомендаций автором подготовлен проект приложения В «Метод определения геометрических параметров ограждений РВСЗС» в национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53324-2009 «Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности»,

что, несомненно, еще раз указывает на высокую практическую значимость результатов диссертационной работы.

**Заключение** диссертации содержит констатацию основных научных и практических результатов работы. **В приложениях** приведены результаты экспериментального определения доли перелившейся через защитную стенку жидкости в зависимости от ее высоты и расстояния до резервуара, а также акты внедрения результатов работы.

### **Значимость результатов для развития отрасли науки и техники**

Значимость результатов работы для отрасли науки и техники обусловлена возможностью их использования при разработке конструкций резервуаров с защитной стенкой типа «стакан в стакане» и, при необходимости, дополнительных ограждающих стен, а также нормативных положений для создания правил обеспечения пожарной безопасности при строительстве и эксплуатации резервуарных парков хранения нефти и нефтепродуктов в резервуарах таких типов.

### **Рекомендации по использованию результатов работы**

Результаты исследований А.С. Швыркова рекомендуется использовать:

- при разработке нормативных документов в области пожарной безопасности резервуарных парков хранения нефти и нефтепродуктов в РВСЗС;
- при разработке специальных технических условий на объекты строительства с применением РВСЗС;
- в научно-исследовательских работах и в учебном процессе образовательных учреждений пожарно-технического профиля;
- в практической деятельности проектных организаций при разработке технической документации на строительство РВСЗС.

### **Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность и достоверность представленных результатов подтверждается: корректным выбором критериев подобия и соблюдением условий моделирования гидравлических явлений при разработке лабораторного стенда; идентичностью параметров потоков при лабораторных исследованиях и в ранее выполненном

натурном эксперименте; использованием поверенных измерительных приборов, апробированных методик измерения и обработки экспериментальных данных; удовлетворительной согласованностью с данными других исследователей.

### **Апробация результатов работы**

Результаты, полученные Швырковым А.С. при выполнении диссертационной работы, прошли апробацию на многочисленных международных и российских научно-практических конференциях, что свидетельствует об их активном обсуждении научным сообществом. Всего соискателем по тематике исследования опубликовано 12 научных статей и докладов, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК России.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В работе справедливо отмечены недостатки существующих нормативных документов в части отсутствия требований к устойчивости защитной стенки к воздействию потока жидкости при разрушении внутренней стенки резервуара «стакан в стакане» и ее огнестойкости. При наличии устойчивой к воздействию потока жидкости внешней стенки, обладающей достаточным пределом огнестойкости, можно отказаться от применения обвалования. В работе следовало бы уделить этому вопросу больше внимания.

2. В стандарте ГОСТ Р 53324-2009 «Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности» приведены требования к волноотражающему козырьку одностенного резервуара. Было бы полезно рассмотреть вопрос об устройстве указанного козырька для наружной стенки резервуара «стакан в стакане».

3. В работе разработан оригинальный экспериментальный стенд для изучения перелива жидкости при разрушении внутренней стенки резервуара «стакан в стакане» объемом до  $30000 \text{ м}^3$ . Следовало бы рассмотреть вопрос о применимости указанного стенда для случая резервуаров большего объема.

### **Заключение**

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертация Швыркова Александра Сергеевича на тему: «Нормирование требований пожарной безопасности к геометрическим параметрам ограждений резервуаров типа «стакан в

стакане» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, научной и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук.

Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Швырков Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность» (нефтегазовая отрасль, технические науки).

Отзыв заслушан, обсужден и утвержден на заседании отдела 3.5 «Пожарная безопасность промышленных объектов, технологий и моделирования техногенных аварий» научно-исследовательского центра нормативно-технических проблем пожарной безопасности (НИЦ НТП ПБ), одно из основных направлений научно-исследовательской деятельности которого соответствует тематике диссертации (протокол № 1 от 31 января 2020 г.).

Главный научный сотрудник НИЦ НТП ПБ  
д.т.н., профессор Шебеко Юрий Николаевич

Начальник сектора 3.5.3 отдела 3.5 НИЦ НТП ПБ  
к.т.н. Мордвинова Анна Витальевна

Подписи Шебеко Ю.Н. и Мордвиновой А.В. заверяю

Ученый секретарь ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
к.т.н., с.н.с. Сушкина Елена Юрьевна

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России (ФГБУ ВНИИПО МЧС России). 143903, Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12. E-mail: [vniiipo@mail.ru](mailto:vniiipo@mail.ru). Веб-сайт: <http://www.vniiipo.ru>. Тел.: (495)521-23-33.