

## УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Академии  
ГПС МЧС России по научной работе  
доктор технических наук, профессор

М.В. Алешков

«18» ноября 2019 г.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (Академия ГПС МЧС России)

Диссертация «Нормирование требований пожарной безопасности к геометрическим параметрам ограждений резервуаров типа «стакан в стакане» выполнена на кафедре пожарной безопасности технологических процессов (ПБТП) Академии ГПС МЧС России.

В период подготовки диссертации соискатель Швырков Александр Сергеевич проходил обучение в очной адъюнктуре факультета подготовки научно-педагогических кадров Академии ГПС МЧС России.

В 2016 г. окончил Академию ГПС МЧС России по специальности пожарная безопасность.

Справка об обучении (периоде обучения) в адъюнктуре выдана в 2019 г. в Академии ГПС МЧС России.

Научный руководитель – Горячев Станислав Анатольевич, Академия ГПС МЧС России, профессор кафедры ПБТП, кандидат технических наук, доцент.

По итогам межкафедрального обсуждения принято следующее заключение:

### *Общая оценка работы*

Диссертация Швыркова Александра Сергеевича представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи по определению требуемых геометрических параметров защитной стенки и дополнительной вертикальной ограждающей стены резервуаров типа «стакан в стакане» для предупреждения каскадного и катастрофического развития аварий в резервуарных парках хранения нефти и нефтепродуктов, что вносит значительный вклад в обеспечение пожарной безопасности объектов нефтегазовой отрасли страны.



Объем научно-квалификационной работы составляет 141 страницу машинописного текста. Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 117 наименований и 2 приложений.

#### *Актуальность темы исследования*

Для хранения нефти и нефтепродуктов на объектах нефтегазовой отрасли (НГО) как в России, так и за рубежом, наибольшее распространение получили резервуары вертикальные стальные цилиндрические (РВС), что обусловлено, прежде всего, наименьшим расходом металла на изготовление таких форм РВС по сравнению с расходом на изготовление резервуаров другой формы. Однако, несмотря на более чем столетний опыт проектирования, строительства и эксплуатации РВС, включая разработку и внедрение систем противопожарной защиты, время от времени на них происходят деструктивные события, связанные с авариями, взрывами и пожарами. При этом статистика отмечает, что особенно опасная обстановка возникала при полных разрушениях РВС. Образующаяся в этом случае часто горящая волна нефтепродукта разрушала нормативные ограждения в виде земляных обвалований или ограждающих стен и, разливаясь на значительной территории, неоднократно приводила к каскадному, а иногда и к катастрофическому развитию аварии. Так, из зафиксированных за период с 1951 по 2010 гг. 150 случаев разрушений РВС на объектах НГО СССР, СНГ и России более 50 % характеризовались как крупномасштабные аварии, 32 из которых привели к гибели 126 человек, а 40 % аварий сопровождались каскадным развитием и травмами людей. Важно отметить, что аналогичные аварии РВС неоднократно происходили и за рубежом, при этом общая тенденция аварий РВС сохраняется и сегодня.

К одной из основных причин каскадного развития аварий в резервуарных парках следует отнести невозможность удержания потока жидкости, образующегося при разрушении РВС, нормативными ограждениями, которые рассчитываются на гидростатическое давление разлившейся жидкости. Поэтому, наряду с актуальными вопросами обеспечения надежности РВС, не менее актуальны и разработки технических решений, направленных на гарантированное ограничение возможного разлива жидкости при аварии РВС.

Одним из перспективных конструктивных решений по ограничению возможного пожара разлива нефти или нефтепродукта в резервуарных парках является сооружение РВС с защитной стенкой типа «стакан в стакане» (далее РВСЗС). Такие резервуары состоят из внутреннего (основного) РВС для хранения нефти или нефтепродукта, и наружного резервуара (защитной стенки) для удержания продукта в случае нарушения герметичности внутреннего РВС.

В настоящее время требования к проектированию, монтажу и эксплуатации РВСЗС предъявляются в трех одновременно действующих нормативных документах в области обеспечения промышленной безопасности:

- ГОСТ 31385-2016 «Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия» (далее ГОСТ);
- СТО-СА-03-002-2009 «Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов» с изменениями и дополнениями от 2011 г. (далее СТО);



- «Руководство по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов» (далее Руководство).

Анализ требований, содержащихся в этих нормативных документах, показал, что между ними имеется ряд существенных несоответствий, непосредственно влияющих на обеспечение безопасности РВСЗС. В частности, во всех указанных документах отмечается, что высота защитной стенки должна составлять не менее 80 % от высоты стенки основного РВС при ширине межстенного пространства не менее 1,8 м, при этом не устанавливаются требования к максимальной ширине этого пространства, непосредственно влияющего на высоту защитной стенки. Помимо этого, ГОСТ и СТО не предусматривают обустройство монолитной железобетонной стенки, рассчитанной на гидродинамическое воздействие волны при полном разрушении основного резервуара, а рекомендуют обычное ограждение для гидростатического удержания и отвода растекающейся жидкости, при этом в Руководстве отсутствуют требования к обустройству дополнительных ограждений РВСЗС.

Необходимо также отметить, что в соответствии с требованиями выше указанных документов установка РВСЗС в резервуарных парках, их взаимное расположение и обустройство системами противопожарной защиты должны соответствовать требованиям СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности». Однако в этом своде правил указано, что содержащиеся в нем требования не распространяются на склады нефти и нефтепродуктов с применением РВСЗС, при этом иные нормативные документы, регламентирующие требования пожарной безопасности к таким типам резервуаров, в настоящее время отсутствуют.

Таким образом, выявленные несоответствия в требованиях нормативных документов в области обеспечения промышленной безопасности, а также отсутствие нормативных документов, регламентирующих требования пожарной безопасности к РВСЗС, обуславливают актуальность проведения исследований, направленных на обеспечение пожарной безопасности таких типов резервуаров, и, в первую очередь, на нормирование требований к геометрическим параметрам защитной стенки, разработке которых и посвящена настоящая работа.

#### *Степень разработанности темы исследования*

Непосредственно разработке РВСЗС посвящены работы О.В. Дидковского, Э.Я. Еленицкого, А.А. Катанова, С.Г. Иванцова, Б.Ф. Беляева, Х.И. Ханухова, И.С. Ломкова и др. Важно отметить, что результаты этих работ использованы при разработке выше указанных нормативов, а также документации на проектирование и строительство РВСЗС различного номинального объема в резервуарных парках ОАО РПК-Высоцк «ЛУКОЙЛ-П» (Ленинградская область), ООО «РН-Туапсинский НПЗ» (Краснодарский край), ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез» (Ленинградская область), ОАО «Мозырский НПЗ» (Республика Беларусь) и др. Анализ этих работ показал, что в них недостаточно уделено внимания вопросам обоснования геометрических параметров ограждений РВСЗС, при этом какие-либо результаты экспериментальных исследований в этой области в литературных источниках отсутствуют.



Вопросам разработки ограждений для РВС, в том числе определения их геометрических и прочностных характеристик, а также оценки доли жидкости, которая может через них перелиться при разрушении РВС, посвящены работы А.Ф. Притулы, З.О. Ляндреса, Д.М. Гордиенко, Ю.Н. Шебеко, И.А. Болодьяна, И.М. Смолина, Л.Н. Лебедевой, М.В. Лурье, С.А. Горячева, В.В. Воробьева, С.В. Батманова, А.А. Богача, Н.Р. Greenspane, R.E. Young и др.

Однако результаты этих исследований невозможно распространить на рассматриваемые РВСЗС, что обусловлено конструктивными особенностями обустройства для них ограждений, сочетающих в себе систему, состоящую из защитной стенки и дополнительного ограждения в виде земляного обвалования или ограждающей стены, что и вызывает необходимость продолжения исследований в этой области. Важно также отметить, что в последнее время, в литературных источниках стали появляться статьи о подходах к проблеме тушения РВСЗС, в частности, работы Ф.В. Демехина, А.А. Таранцева, А.А. Цоя.

#### *Личный вклад автора в получении научных результатов*

Результаты диссертационной работы получены автором лично и при его непосредственном участии. Автор принимал непосредственное участие в разработке документации на создание лабораторного стенда, при его изготовлении и проведении экспериментов, обсуждении полученных результатов исследований и формулировке выводов. Опубликованные по результатам исследований научные статьи написаны им лично и в соавторстве, его личный вклад в эти работы не вызывает сомнений.

#### *Достоверность представленных в диссертации результатов достигалась:*

- обоснованностью выбора критериев подобия и соблюдением условий моделирования гидравлических явлений при разработке лабораторного стенда;
- удовлетворительной сходимостью параметров потоков, полученных при разрушении модельного резервуара на лабораторном стенде и ранее выполненном натурном эксперименте по разрушению РВС-700 м<sup>3</sup> с водой;
- использованием поверенных измерительных приборов, апробированных методик измерения и обработки экспериментальных данных;
- внутренней непротиворечивостью результатов и их согласованностью с данными других исследователей.

#### *Научная новизна диссертационной работы*

1. Выявлено отсутствие научно обоснованных геометрических параметров РВСЗС, обеспечивающих пожарную и промышленную безопасность при полном разрушении внутреннего (основного) резервуара.

2. Разработан лабораторный стенд и методики проведения экспериментов по определению геометрических параметров защитной стенки и дополнительного ограждения.

3. Установлена минимальная высота защитной стенки РВСЗС в зависимости от ее удаленности до стенки основного резервуара, необходимая для полной локализации потока нефти или нефтепродукта при возможном разрушении основного резервуара.



4. Эмпирически определена доля жидкости, перелившейся через защитную стенку при ее возможном снижении до минимальной высоты, необходимой для гидростатического удержания продукта, в зависимости от расстояния до стенки основного резервуара.

5. Найдена минимальная высота дополнительной ограждающей вертикальной стены, необходимой для полной локализации частично перелившегося продукта.

*Практическая значимость работы* заключается в возможности использования полученных при ее выполнении результатов теоретических и экспериментальных исследований при разработке проектной документации на строительство резервуаров с защитной стенкой типа «стакан в стакане», а также нормативных положений для создания правил обеспечения пожарной безопасности при строительстве и эксплуатации объектов с резервуарными парками хранения нефти и нефтепродуктов в РВСЗС.

*Практическая реализация результатов работы заключалась:*

- в использовании при разработке проекта приложения В «Метод определения геометрических параметров ограждений РВСЗС» в национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53324-2009 «Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности»;

- в учебном процессе при подготовке рукописи учебника для бакалавров, лекции, практического и семинарского занятий по дисциплине пожарная безопасность технологических процессов в Академии ГПС МЧС России.

*Рекомендации по использованию результатов диссертации*

Полученные результаты могут быть в дальнейшем использованы при:

- оценке пожарного и промышленного рисков и декларировании безопасности объектов защиты с эксплуатацией РВСЗС;
- разработке планов локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, а также планов пожаротушения;
- разработке нормативных документов по пожарной безопасности;
- в научно-исследовательских работах и учебном процессе образовательных учреждений пожарно-технического профиля.

*Полнота опубликования основных научных результатов, полученных автором*

Все основные научные результаты, полученные автором, достаточно полно опубликованы в научных журналах и материалах научных и научно-практических конференций (12 научных публикаций), в том числе в 3 журналах, включенных в перечень ведущих периодических изданий, рекомендованных ВАК России.

*Соответствие содержания диссертации паспорту специальности, по которой она рекомендуется к защите*

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (нефтегазовая отрасль, технические науки), а именно:

*пункту б «Исследование и разработка средств и методов, обеспечивающих снижение пожарной и промышленной опасности технологических процессов, предупреждения пожаров и аварий, тушения пожаров»;*



пункту 9 «Исследование процессов протекания аварий, условий их каскадного и катастрофического развития, разработка методов оценки различных воздействий, проявляющихся в процессе развития аварий на нефтегазовых объектах»;

пункту 15 «Разработка методологических основ и нормативных положений для создания правил обеспечения пожарной и промышленной безопасности при строительстве и эксплуатации предприятий и объектов повышенной опасности».

Диссертация «Нормирование требований пожарной безопасности к геометрическим параметрам ограждений резервуаров типа «стакан в стакане» Швыркова Александра Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность» (нефтегазовая отрасль, технические науки).

Заключение принято на совместном заседании профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников «Учебно-научного комплекса проблем пожарной безопасности в строительстве», «Учебно-научного комплекса процессов горения и экологической безопасности», кафедры «Пожарной безопасности технологических процессов», кафедры «Инженерной теплофизики и гидравлики», кафедры «Пожарной автоматики».

Присутствовало на заседании 20 чел. Результаты голосования: «за» – 20 чел., «против» – нет, «воздержавшихся» – нет, протокол № 15 от «23» октября 2019 г.

Заместитель начальника кафедры ПБТП  
Академии ГПС МЧС России,  
кандидат технических наук, доцент,  
подполковник внутренней службы

В.В. Воробьев