О Т З Ы В
официального оппонента

кандидата технических наук, Зубрилина Ивана Александровича
на диссертационную работу Ибатулина Равшана Камаловича
«Водопленочный защитный экран от теплового излучения пожара пролива нефтепродуктов на железнодорожной сливоналивной эстакаде»,
представленной в качестве диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность
(нефтегазовая отрасль, технические науки)

Одним из наиболее пожароопасных участков транспортировки нефтепродуктов железнодорожным транспортом являются сливоналивные эстакады. Пожары на эстакадах могут привести к гибели людей и значительному материальному ущербу, а также могут быть связаны с возникновением угрозы полного уничтожения соседней инфраструктуры производственного объекта. Для предотвращения взрыва цистерн используются стационарные лафетные стволы, которые согласно СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» рекомендуется оборудовать водопленочным защитными экранами. Эти экраны должны обеспечить снижение плотности теплового потока от пламени на пожарного до допустимых значений (не более 5 кВт/м^2). Используемые в настоящее время теплозащитные экраны имеют ряд недостатков, связанных с возможностью засорения форсунок подачи воды или недостаточной эффективностью при отсутствии постоянного водяного охлаждения. Также стоит отметить, что в литературных источниках отсутствуют необходимые для испытаний значения плотности теплового потока, которые учитывали бы геометрию цистерны находящуюся над очагом пожара и ветровое воздействие. Таким образом, выявленные недостатки обуславливают **актуальность** темы диссертационной работы, которая направлена на разработку надежного, простого в эксплуатации

вх N 6/16 от 28.02.2020 г.

и эффективного экрана для защиты ствольщика (оператора) лафетного ствола на пожарной вышке железнодорожной сливоналивной эстакады.

Диссертационная работа оформлена согласно требованиям к диссертационным работам, состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Полный объем диссертации составляет 132 страницы, которые содержат 66 рисунков, 144 наименования литературы, приложения на трех страницах.

Научная новизна работы заключена в том, что впервые обоснована совокупность моделей вычислительной гидродинамики для определения плотности падающего лучистого теплового потока при пожаре пролива нефтепродуктов, который бы учитывал ветровое воздействие, геометрию цистерны и прочие важные факторы при пожаре на железнодорожных сливоналивных эстакадах. Полученные данные по тепловому потоку сведены автором работы в номограмму, которая определяет плотность падающего теплового потока на защитный экран в зависимости от высоты его расположения и скорости ветра. На основе выполненных исследований предложена конструкция нового водопленочного защитного экрана, отличающегося от существующих повышенной эффективностью снижения теплового потока и надежностью работы.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения ее результатов для проектирования водопленочных защитных экранов, применение которых в составе лафетных пожарных комплексов, несомненно, позволит повысить уровень пожарной безопасности железнодорожных сливоналивных эстакад.

Достоверность полученных результатов достигается:

- применением сертифицированного программного комплекса *ANSYS* и использованием фундаментальных законов сохранения массы, импульса, энергии;

- использованием аттестованной измерительной аппаратуры, апробированных методик измерения и обработки экспериментальных данных;

- результатами валидации используемых моделей на экспериментальных данных;

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

Во введении помимо актуальности темы диссертационной работы, представлены задачи исследования, основные защищаемые положения работы, а также их научная новизна и практическая значимость.

В первой главе сделан детальный обзор конструктивных особенностей и условий эксплуатации железнодорожных сливоналивных эстакад на объектах нефтепродуктообеспечения. Также проанализированы имевшие место случаи пожаров железнодорожных вагонов-цистерн с нефтью и нефтепродуктами в России и за рубежом, приведены причины возникновения пожаров и особенностей их протекания. Показано, что в случае возгорания нефтепродуктов возможно резкое изменение оперативной обстановки, что требует быстрого реагирования. Дополнительно к этому проанализированы нормативные требования к системе противопожарной защиты железнодорожных сливоналивных эстакад. Таким образом, сформулированы исходные данные и ограничения для систем пожаротушения на железнодорожных сливоналивных эстакадах и подтверждена актуальность выбранной темы исследования.

Во второй главе представлены наиболее распространенные модели для расчета плотности теплового потока при горении: точечного излучения, твердотельного излучателя, интегральные, зонные и полевые. Представлены их преимущества, недостатки и области применения. Проведен детальный обзор работ в области определения характеристик теплового излучения пламени, скорости выгорания топлива, геометрических характеристик пламени при различных условиях. На основе представленных данных дано теоретическое обоснование метода решения поставленных задач. Так, решение поставленных в диссертационном исследовании задач с помощью полуэмпирических методов является неприемлемой из-за ряда факторов, которые эти модели не учитывают. Поэтому, диссертантом

принято решение использовать методы вычислительной газовой динамики, которые позволяют обойти ограничения существующих полуэмпирических подходов.

В указанной главе дано описание используемых *CFD* моделей, а также их модификация для уточнения расчета лучистого теплового потока. Представлены результаты валидации модели и расчет теплового потока с учетом воздействия ветра при пожаре на сливоналивной эстакаде. Полученные результаты по тепловому потоку сведены в номограмму для удобства их дальнейшего использования.

В третьей главе представлен обзор водопленочных теплозащитных экранов для защиты ствольщика при пожаре на железнодорожной сливоналивной эстакаде. Выявлены их преимущества и недостатки. Предложена и испытана в условиях, приближенных к реальным, новая конструкция экрана с водопленочным охлаждением, которая отличается от существующих повышенной эффективностью снижения воздействия теплового потока на оператора, простотой и надежностью конструкции. В результате испытаний получено, что спроектированный экран позволяет снизить тепловой поток в среднем в 22 раза. В конце главы представлен лафетный пожарный комплекс, одним из элементов которого является разработанный теплозащитный экран с водопленочным охлаждением.

Таким образом, можно сделать вывод, что задачи, поставленные в начале работы, **выполнены**, а цель работы можно считать **достигнутой**.

Основные положения диссертации достаточно точно отражены в публикациях автора и были широко представлены на конференциях различного уровня, что свидетельствует о достаточной апробации результатов работы.

Автореферат полностью отражает материалы основного текста диссертационной работы, в нем кратко изложены основные положения и результаты проведенных исследований.

К **достоинствам** работы стоит отнести следующее:

- проведен глубокий и всесторонний анализ существующего состояния вопроса в нормативной, научной и технической сферах, а также приведен детальный анализ существующих методов решения поставленных задач как в отечественной, так и в зарубежной практике, что может свидетельствовать о наиболее рационально полученном решении;

- представлено новое выражение для расчета прекурсора сажи – ацетилена, которое используется в расчете в трехмерной постановке, что позволяет улучшить предсказательную способность существующих моделей;

- на основе проведенных исследований представлено новое конструктивное решение теплозащитного экрана с повышенными характеристиками надежности и безопасности для оператора;

- выполнен полный цикл научно-исследовательских и конструкторских работ: от формирования идеи до испытания прототипа и внедрения нового изделия (подтверждено актом внедрения), что свидетельствует о высокой профессиональной и научной квалификации автора.

Несмотря на положительную оценку диссертационной работы можно сделать следующие **замечания**:

- недостаточная обоснованность применения математических моделей при моделировании теплового потока на сливоналивных участках. Математическая модель проверялась на задачах меньшей размерности (противень), тогда как в задачах большей размерности (участки сливоналивных эстакад) условие подобности может не сохраняться;

- используемая модель образования сажи содержит ряд модельных констант, которые зависят как от начальных условий горения, так и от состава топлива. Эти факторы требуют дальнейшего уточнения;

- не указаны численные значения констант в используемых *CFD* моделях турбулентности и горения;

- отсутствует исследование влияния размеров расчетной области, размеров элементов расчетной сетки и шага по времени на результаты расчета в трехмерной постановке. Необходимо предоставить их обоснование;

- отсутствует сравнение результатов расчета по существующим полуэмпирическим методикам с экспериментальными результатами автора.

Несмотря на замечания, диссертационная работа Ибатулина Равшана Камаловича по актуальности, научно-техническому уровню, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций соответствует требованиям п. 5, 6, 7 и 9 паспорта специальности ВАК 05.26.03, и согласно Положению о присуждении ученых степеней, утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для обеспечения пожарной и промышленной безопасности, а ее автор, Ибатулин Равшан Камалович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность (нефтегазовая отрасль).

Официальный оппонент,
старший научный сотрудник
лаборатории моделирования процессов горения
НОЦ ГДИ Самарского университета,
кандидат технических наук,
Иван Александрович Зубрилин

10 февраля 2020 г.

Зубрилина И.А.

10 02 20

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет).
443086 Россия, г. Самара, ул. Московское шоссе, д. 34
Тел.: 8 (846) 267-45-69. E-mail: zubrilin.ia@ssau.ru