

## ОТЗЫВ

### официального оппонента

доктора технических наук, профессора Страхова Валерия Леонидовича  
на диссертационную работу Юрьева Яна Игоревича  
«Огнестойкость монолитных железобетонных ограждающих стен  
резервуарных парков», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности  
05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность»  
(технические науки, отрасль строительство)

Резервуарные парки относятся к объектам повышенной пожарной опасности. Аварии с пожарами и взрывами на таких объектах приводят к катастрофическим последствиям, для ликвидации которых требуется привлечение очень больших сил и средств. Для предотвращения катастрофического развития аварий, обусловленных проливами нефти или нефтепродуктов при разрушениях вертикальных стальных цилиндрических резервуаров (РВС), применяются ограждающие стены, выполняемые из негорючих материалов и имеющие предел огнестойкости не менее E150.

Несмотря на значительное количество научных исследований в области огнестойкости строительных конструкций, вопросам определения фактического предела огнестойкости ограждающих стен резервуарных парков с учетом особенностей развития пожара пролива нефти (нефтепродуктов) в пределах ограждения, уделено недостаточно внимания.

В связи с этим тему диссертационной работы Юрьева Я.И., посвященной исследованиям теплотехнических, прочностных характеристик бетона и разработке на этой основе рекомендаций по определению огнестойкости монолитных железобетонных ограждающих стен резервуарных парков, следует признать важной и актуальной.

*Вх.л В/146 от 14.09.2018*

В ходе экспериментальных и теоретических исследований автором диссертационной работы получены следующие основные научные результаты:

1. Предложен и обоснован температурный режим пожара пролива горючей жидкости при разрушении вертикальных стальных цилиндрических резервуаров (РВС) – углеводородный режим *hydrocarbon curve oil spill (HCOS)*;

2. Получены эмпирические зависимости для определения теплофизических характеристик тяжелого бетона (Б), а также бетонов новых видов (торкрет бетона (ТБ) и фиброторкрет бетона (ФТБ)) в температурном диапазоне от 20 до 1100 °С;

3. Получены экспериментальные данные по кубической и призмочной прочности образцов на основе Б, ТБ и ФТБ в условиях воздействия по режиму *HCOS*.

4. Разработаны практические рекомендации по приближенной оценке фактических пределов огнестойкости ограждающих стен резервуарных парков.

Новизна перечисленных результатов диссертационной работы не вызывает сомнений.

Важным достоинством первого результата диссертационной работы является возможность учитывать особенности развития пожара в пределах ограждения резервуарного парка;

- повышенный уровень среднеповерхностной температуры пламени 1200 °С нефти и нефтепродуктов;

- быстрый рост температуры пожара и поддержание ее высокого уровня до полного выгорания пожарной нагрузки, вследствие неограниченного доступа кислорода в зону горения.

Обоснование температурного режима выполнено вполне корректно и убедительно, поскольку основывается на результатах анализа применяемых в мировой практике температурно-временных кривых для проведения

испытаний строительных конструкций на огнестойкость, выявленных особенностях возникновения и развития пожаров проливов горючих жидкостей в резервуарных парках, а также теоретических и экспериментальных исследованиях параметров потока жидкости, образующегося при полном разрушении РВС.

Теплофизические характеристики бетонов определены экспериментально в лаборатории термического анализа химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова на современном высокоточном оборудовании. Это обуславливает высокий уровень достоверности полученных результатов.

Эксперименты по определению прочности образцов бетонов производились в лаборатории ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко с использованием гидравлического пресса модели ИП 6013-2000-1, предназначенного для статических испытаний на сжатие и проверки стандартных образцов бетонов по ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Достоверность полученных результатов обосновывается соответствием методик проведения экспериментальных исследований реальным условиям воздействия углеводородного режима пожара на ограждающие стены; использованием аттестованной измерительной аппаратуры, апробированных методик измерения и обработки экспериментальных данных; внутренней непротиворечивостью результатов и их согласованностью с данными других исследователей.

Полученные результаты определения температурных зависимостей теплофизических характеристик бетонов автор использовал при расчетах нестационарного прогрева конструкций ограждающей стены под действием пламени углеводородного пожара путем численного решения соответствующей краевой задачи теплопроводности с использованием известного программного комплекса *ANSYS CFX*. При этом не учитывалось влияние на температурное поле испарения, конденсации и переноса массы в

сообщающихся порах бетона водяного пара, выделяющегося из цементного камня при нагреве. Учет этих процессов мог бы повысить точность теплотехнических расчетов.

Необходимо отметить важное значение проведенных автором экспериментальных исследований процесса прогрева крупногабаритных образцов бетонов под прямым воздействием пламени на образец в заданном температурном режиме. В частности было установлено, что в образцах из тяжелого бетона на 3–5 минуте их прогрева наблюдается интенсивное откалывание фрагментов. Данный факт подтверждает возможность хрупкого разрушения бетонов с высокой влажностью при резком высокотемпературном воздействии.

Полученные результаты учитываются при расчете огнестойкости ограждающей стены по потере целостности.

Потеря целостности (образование сквозных отверстий или сквозных трещин во влажном бетоне при одностороннем нагреве) наступает, как правило, через 5–20 мин. после начала пожара и сопровождается отколами бетона от нагреваемой поверхности. Причиной взрывообразного разрушения бетона при пожаре является образование трещин в структуре бетона и их переход в неравновесное спонтанное развитие под воздействием внешней нагрузки, неравномерного нагрева и фильтрации пара по толщине сечения элемента.

Возможность взрывообразного разрушения бетона при пожаре оценивается с использованием известного критерия хрупкого разрушения  $F$ .

Предел огнестойкости монолитных железобетонных ограждающих стен резервуарных парков по потере несущей способности автор предлагает устанавливать с использованием разработанных номограмм для определения температуры прогрева бетона в ограждающих стенах по точке пересечения горизонтальной прямой на уровне критической температуры 500 °С с кривой прогрева слоя бетона толщиной от обогреваемой поверхности до оси растянутой арматуры. Вместе с тем, точность расчета можно было бы

повысить, решая задачу статической прочности неравномерно прогретых железобетонных конструкций, работающих под действием соответствующих силовых нагрузок, методом конечных элементов.

Необходимо отметить, что эти замечания имеют характер пожеланий и не снижают общую положительную оценку работы, ее практическую и научную ценность.

Текст диссертационной работы написан грамотно, хорошим техническим языком и свидетельствует о большом объеме проведенных ее автором исследований – работа содержит 152 страницы текста, включает в себя 42 таблицы, 66 рисунков, список литературы из 140 наименований. Результаты исследований достаточно широко опубликованы в 12 научных статьях. Перечень публикаций позволяет судить о достаточной информированности научно-технической общественности о содержании работы.

Автореферат достаточно полно и четко отражает содержание и выводы по работе.

Изложенное выше позволяет сделать вывод о том, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в результате которой разработаны практические рекомендации по определению теплотехнических и прочностных характеристик бетонов, применяемых для оценки огнестойкости ограждающих стен резервуарных парков.

Полученные результаты имеют большое значение для дальнейшего развития области технических наук о пожарной и промышленной безопасности строительных объектов.

Таким образом, по актуальности темы, новизне и достоверности результатов, их научной и практической ценности, работа Юрьева Я.И. соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям,

а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, отрасль строительство).

Начальник отдела АО «ЦНИИСМ»

доктор технических наук, профессор

Страхов Валерий Леонидович

« 13 » 09 2018 г.

Подпись В. Л. Страхова удостоверяю:

Секретарь НТС

Краснова Галина Викторовна

Акционерное общество «Центральный Научно-исследовательский институт специального машиностроения».

Адрес: Россия, 141371, Московская область, Сергиево-Посадский район, г. Хотьково, Заводская улица, АО «ЦНИИСМ».

Телефон: +7 495 993-00-11, +7 49654 3-16-60.

E-mail: [tsniism@tsniism.ru](mailto:tsniism@tsniism.ru).