

## ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук  
Корольченко Дмитрия Александровича на диссертационную работу Ширяева  
Евгения Викторовича «Снижение пожарной опасности локальных проливов  
углеводородных жидкостей на основе применения гранулированного  
пеностекла», представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 05.26.03 – «Пожарная и промышленная  
безопасность» (нефтегазовая отрасль, технические науки)

Кандидатская диссертация Ширяева Евгения Викторовича посвящена  
снижению пожарной опасности локальных проливов углеводородных  
жидкостей путем их сбора и изоляции поверхности испарения слоем  
гранулированного пеностекла. Основным направлением данной работы  
являлось определение оптимальных гранулометрических и геометрических  
параметров пеностекла, при которых минимальный объем слоя гранул  
способствуют максимальному снижению испарения углеводородных  
жидкостей и при этом исключают возможность поддержания горения в  
поддонах для сбора локальных проливов.

**Актуальность темы исследования.** Выполненный автором анализ  
статистики по пожарам на производственных объектах нефтегазовой отрасли  
показал, что пожары, связанные с аварийными проливами горючих  
жидкостей, происходят чаще других сценариев развития пожара. Анализ  
литературных источников, описывающие характерные пожары,  
свидетельствует о том, что локальные утечки горючих жидкостей в местах  
слива-налива, отбора проб, участков проведения ремонтных работ на  
технологических трубопроводах и аппаратах характеризуются быстрым  
распространением огня на прилегающие участки технологического  
оборудования и возможностью перехода в стадию эскалации. Для

*Вх № 7/32 от 03.02.2022г.*

ограничения растекания углеводородных жидкостей сегодня применяются различные технические решения, такие как: ограничение бортиками с системой аварийного слива, выполнение приямков и поддонов под технологическими аппаратами с ЛВЖ, ГЖ и т.д. Снижение пожарной опасности в местах сбора проливов горючих жидкостей можно достичь путем изоляции поверхности пролива слоем гранулированного пеностекла (СГП). Анализ результатов работ в предметной области исследования, проведенный соискателем, показал, что ряд вопросов, касающихся параметров слоя гранул пеностекла, экранирующего поверхность испарения ЛВЖ, ГЖ остается не охваченным, в частности: не определена высота «сухого» слоя гранул при всплытии гранул под действием Архимедовой силы; не определена критическая высота гранулированного слоя, при которой достигается эффект гашения пламени, недостаточно изученными остаются вопросы испарения и выгорания жидкостей при экранировании поверхности пролива СГП.

В связи с вышеизложенным, тема диссертационной работы, направленная на развитие способа снижения пожарной опасности локальных проливов углеводородных жидкостей на основе применения гранулированного пеностекла, представляется весьма актуальной.

Диссертация Ширяева Е.В. состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы и 8 приложений, общее число страниц – 183.

**Научная новизна** положений, выносимых на защиту, заключается:

- в разработанной математической модели скорости испарения углеводородных жидкостей с экранирующим слоем гранулированного пеностекла;
- в разработанной и экспериментально обоснованной математической модели скорости испарения углеводородных жидкостей с экранирующим слоем гранулированного пеностекла;

– в разработанной математической модели гашения пламени при экранировании поверхности пролива СГП, позволяющей определять критическую высоту «сухого» СГП в зависимости от физико-химических свойств углеводородных сред, физических свойств СГП, а также площади покрытия пролива;

– в установлении зависимости высоты «сухого» СГП в условиях равновесного состояния от свойств жидкости, физических свойств СГП;

– в установлении зависимостей: критической удельной массовой скорости выгорания от свойств углеводородных жидкостей и параметров пористой среды; интенсивности испарения жидкостей от критической высоты «сухого» СГП;

– в разработке методики и экспериментальной установки по определению геометрических параметров СГП, обеспечивающего гашение пламени углеводородных жидкостей в поддонах для сбора локальных проливов.

**Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций,** сформулированных в диссертации, базируется на фундаментальных положениях, концепциях, гипотезах и подходах к вопросам испарения, диффузионного горения жидкостей, а также к условиям прекращения горения горючих жидкостей, основанных на изоляции паров, испаряющихся с поверхности зеркала пролитой жидкости, гранулированным слоем пеностекла.

В работе автор корректно использует прикладные методы научных исследований при решении конкретных проблем снижения пожарной опасности при проливах углеводородных жидкостей, а также общеизвестные методы обработки и анализа эмпирических данных.

**Достоверность научных положений, выводов и рекомендации** подтверждается: удовлетворительной сходимостью результатов экспериментального исследования испарения, горения и гашения пламени углеводородных жидкостей с учетом СГП; проведением экспериментов с использованием поверенного откалиброванного оборудования; внутренней непротиворечивостью результатов экспериментов и их согласованностью с данными других исследователей.

**Основные результаты работы опубликованы** в 13 научных работах, в том числе 6 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК. Содержание и количество публикаций свидетельствуют о достаточной полноте освещения результатов диссертационной работы.

**Структура диссертационной работы.** Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованной литературы и 8 приложений, общий объем работы – 183 страницы.

**Во введении** автором обоснована актуальность темы исследования, поставлена цель и задачи работы, точно сформулированы объект и предмет исследования, представлена научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость работы, указаны сведения о внедрении и апробации результатов работы.

**Первая глава** посвящена вопросу пожарной опасности локальных проливов углеводородных жидкостей. На основе анализа статистических данных по пожарам, связанным с аварийными утечками ЛВЖ, ГЖ на объектах нефтегазового комплекса, выявлено, что по количеству пожары в зданиях и на наружных технологических установках распределяются, практически, поровну. Проведенный автором анализ норм в части ограничения растекания

углеводородных жидкостей показал отсутствие требований по применению гранулированного пеностекла на участках сбора локальных проливов. Выявлены преимущества в совокупности физических свойств (плотности, гигроскопичности, теплопроводности и др.) пеностекла марки «Термоизол» перед гравием, щебнем, керамзитом, перлитом, вермикулитом и другими гранулированными материалами.

**Вторая глава** посвящена вопросам испарения углеводородных жидкостей и условиям гашения пламени при экранировании пролива СГП. Автором выдвинута гипотеза о нарушении временного баланса поддержания горения при достижении критической высоты «сухого» СГП, зависящей от физико-химических свойств углеводородных жидкостей (плотности, динамического коэффициента вязкости паров, давления насыщенных паров и др.), а также геометрических параметров слоя гранул (эквивалентного диаметра канала, удельной поверхности и пористости слоя, площади поверхности фильтрации).

На основе теории фильтрации жидкости, паров в пористых средах по закону Дарси записано условие гашения пламени, искомой величиной по которому является критическая толщина «сухого» слоя пеностекла. С помощью разработанной математической модели расчета равновесной высоты «сухого» СГП можно определить высоту «сухого» СГП, находящегося на поверхности жидкости плотностью  $\rho_{жс} \approx 654...840 \text{ кг/м}^3$  с коэффициентом корреляции  $>0,9$ . В разработанной математической модели испарения углеводородных жидкостей содержится эмпирический коэффициент экранирования поверхности пролива СГП, определив который можно найти скорость испарения жидкости для различной высоты «сухого» СГП.

**В третьей главе** описаны экспериментальные исследования испарения, горения, гашения пламени при экранировании поверхности пролива

углеводородных жидкостей слоем гранул пеностекла, а также приведены и проанализированы результаты полученных экспериментальных данных.

Установлено, что показатель интенсивности испарения при экранировании поверхности углеводородной жидкости СГП наименьший у фракции 5-7 мм. Высокие значения параметров испарения у фракции пеностекла 1-4 мм обоснованы наибольшим воздействием капиллярных сил и высокой смачиваемостью гранул, а у более крупных фракций (10-15 мм и 20-30 мм) доминирующую роль в высокой скорости испарения играют превосходящие по своим значениям пористость слоя  $m$  и эквивалентный диаметр канала  $d_э$ .

В ходе анализа лабораторных исследований определен осредненный показатель критической высоты «сухого» СГП  $H_{кр}$  и получена линейная зависимость от давления насыщенных паров с функцией  $y = ax + b$ , где  $x$  — безразмерный показатель, зависящий от физико-химических свойств углеводородных жидкостей и геометрических показателей СГП. Экспериментально установлено, что при сгорании смеси паров происходит относительно быстрое изменение массы на весах у ряда исследуемых жидкостей (ацетон, бензин АИ-92, гексан, этанол), что свидетельствует о наличии градиента давления в криволинейных каналах СГП, характерное время которого для различной критической высоты «сухого» СГП определено в диссертации.

Полигонные эксперименты с различными по площади поддонами позволили установить, что критическая высота «сухого» СГП изменяется с увеличением площади в большую сторону по логарифмической зависимости. Также установлено, что время «переда давления» при сгорании паровоздушной смеси над СГП растет с увеличением высоты «сухого» СГП. Определены зависимости: критической удельной массовой скорости выгорания углеводородных жидкостей от безразмерного параметра  $x$ ;

интенсивности испарения углеводородных жидкостей от критической высоты «сухого» СГП.

**В заключении** автор в полной мере представил основные научные и практические выводы по результатам работы.

В качестве **замечаний** следует отметить следующее:

1. В лабораторных экспериментах достаточно полно исследовано влияние различной толщины (высоты) слоя гранулированного пеностекла на параметры испарения и горения углеводородных жидкостей, включая: высоту пламени; интенсивность испарения ЛВЖ при экранировании поверхности четырьмя различными фракциями, а также распределение температур на различных уровнях СГП в процессе горения жидкостей. Однако в методике проведения полигонных испытаний подобная часть экспериментов отсутствует, что не позволяет установить корреляционную связь полученных результатов лабораторного и крупномасштабного эксперимента.

2. В качестве сравнительной оценки эффективности применения гранулированного пеностекла в поддонах для сбора локальных проливов углеводородных жидкостей следовало бы дополнить полигонные испытания экспериментами без СГП.

3. В рукописи диссертации на графике рисунка 3.29 – «Зависимость высоты пламени от высоты «сухого» СГП» представлены точечные значения по высоте пламени при горении шести различных жидкостей, однако в графе обозначений имеется только пять жидкостей, по-видимому, пропущено обозначение дизельного топлива.

Несмотря на указанные замечания диссертация «Снижение пожарной опасности локальных проливов углеводородных жидкостей на основе применения гранулированного пеностекла» по актуальности, научному уровню, теоретической и практической значимости соответствует критериям,

установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.), а ее автор, Ширяев Евгений Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность (нефтегазовая отрасль).

Заведующий кафедрой Комплексной безопасности в строительстве Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» кандидат технических наук, доцент

«31» января 2022 г.

Д.А. Корольченко

Подпись Дмитрия Александровича Корольченко заверяю.

О.И. Перевезенцева



Д.А. Корольченко

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Телефон: +7(495)781-80-07, факс +7(499)183-44-38

Адрес электронной почты: [kanz@mgsu.ru](mailto:kanz@mgsu.ru), [mgsu.ru](http://mgsu.ru)