

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГАОУ ВО "Санкт-Петербургский
Политехнический университет
Петра Великого"

Ю.В. Фомин



4 июля 2024 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации "Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого" на диссертацию Поташева Дмитрия Анатольевича на тему: "Модели и методы обеспечения пожаровзрывобезопасности многоуровневых подземных автостоянок", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки)

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Поташева Д.А. направлена на обеспечение пожаровзрывобезопасности многоуровневых подземных автостоянок посредством оценки воздействия опасных факторов пожаров и взрывов внутри сооружения, а также предложений по повышению пожаровзрывобезопасности подобных объектов.

Рост числа транспортных средств, ускорившийся в России за последние десятилетия, требует создания в городских территориях парковочного пространства. Одним из путей решения данной проблемы является строительство многоуровневых подземных автостоянок (МПА) – как встроенных, так и отдельно стоящих. В силу своей специфики многоуровневые подземные автостоянки являются объектами повышенной пожарной опасности. В диссертации приведены данные о наличии в городах России МПА, а также сведения о происшедших в таких сооружениях крупных пожарах.

Как показывает практика, действующий в настоящее время запрет на парковку в подземных автостоянках газобаллонных автомобилей (ГБА), обладающих повышенной взрывопожарной опасностью, зачастую нарушаются.

Актуальность диссертационного исследования подтверждается и приоритетными направлениями Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, одним из которых является переход на альтернативные виды топлива, в том числе – природный газ.

Целью диссертационной работы является повышение уровня пожаровзрывобезопасности подземных автостоянок при наличии в них автомобилей на жидком топливе и ГБА.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие **задачи**:

1. Разработать динамическую модель развития опасных факторов пожаров (ОФП) в многоуровневых подземных автостоянках с учетом наиболее опасных сценариев расположения горящего автомобиля и каскадного характера развития пожара.

2. Разработать динамическую модель ударно-волновых процессов в подземной автостоянке при взрыве газобаллоного автомобиля (ГБА) с учетом различных сценариев его расположения.

3. Разработать методы снижения взрывопожарной опасности подземных автостоянок с учетом нахождения на них как автомобилей на жидком топливе, так и ГБА.

Содержание текста диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня использованных источников из 144 наименований и трех приложений. Рукопись диссертации изложена на 119 страницах машинописного текста, содержит 60 рисунков и 26 таблиц.

Во введении обоснован выбор темы диссертации, актуальность работы, представлены научная новизна, научные результаты, выносимые на защиту, и их основные положения, а также данные об апробации и внедрении результатов диссертационного исследования. Показано, что проблема обеспечения пожарной и взрывоопасности подземных автостоянок актуальна.

В первой главе **"Многоуровневые подземные автостоянки, особенности конструкции и проблема пожаровзрывоопасности автомобилей в подземных автостоянках"** проведен обзор статистики роста количества транспортных средств, показано наличие аналогичных объектов в крупных городах России, рассмотрены особенности конструктивно-компоновочных схем подземных автостоянок, приведена общая статистика пожаров автомобилей. Также показано, что действия по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ в подземных автостоянках при пожаре и взрыве значительно сложнее и опаснее, чем в аналогичных наземных автостоянках.

Во второй главе **"Методы компьютерного моделирования пожаров автомобилей и распространения опасных факторов пожаров в многоуровневых подземных автостоянках"** приведены основные теоретические сведения о моделировании развития опасных факторов пожара (ОФП). Показано, что из известных моделей динамики ОФП – интегральной, зонной и полевой – для МПА наиболее применима полевая (дифференциальная) модель. Поскольку расчеты уровней ОФП в полевой модели возможны только численными методами, для моделирования пожара на подземной автостоянке была использована программа PyroSim, являющаяся пользовательским интерфейсом для программы Fire Dynamics Simulator (FDS).

Для наиболее точного моделирования пожара группы автомобилей были проведены предварительные модельные эксперименты. Их задачи заключались в сравнении компьютерной имитации пожара группы автомобилей с реально проведенными экспериментами (рисунок 5) по параметрам: а) переход пожара с одного автомобиля на другой, б) размеры зоны горения; в) величины ОФП (температура, задымление, концентрация токсичных продуктов горения) по результатам фиксации моделируемых ОФП группой виртуальных датчиков в программе. Были разработаны три метода представления автомобилей.

Для исследования распространения ОФП в МПА, а именно – для определения времени достижения ОФП в тамбур-шлюзе и лестничной клетке были заданы объемно-планировочные параметры условной трехуровневой подземной автостоянки.

Из полученных результатов моделирования следует, что наиболее опасным для людей на МПА является задымление (потеря видимости) и пониженное содержание кислорода. При отсутствии или позднем срабатывании системы дымоудаления и автоматической установки пожаротушения (АУП) этаж пожара до прибытия пожарных полностью заполняется дымом менее чем за 5 мин, который через рампу попадает на вышележащие этажи и наружу.

Также показано, что пожар в МПА может носить каскадный характер: горение автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) на жидком топливе может спровоцировать последовательные возгорания соседних автомобилей, а тушение пожара с последующим восстановлением поврежденной части МПА позволяет вернуть автостоянку в режим штатной эксплуатации. Данный процесс был описан с использованием математического аппарата марковских случайных процессов.

В третьей главе **"Метод компьютерного моделирования взрыва газобаллонного автомобиля и распространение воздушной ударной волны в подземной автостоянке"** показано, что пожаровзрывоопасные процессы в МПА могут носить каскадный характер: пожар автомобиля (автомобилей) на автостоянке может спровоцировать взрыв находящегося там ГБА (нагрев газа и недопустимое повышение его давления в баллоне), либо взрыв ГБА (например, детонация утечек газа в подкапотном пространстве при включении зажигания) может спровоцировать опасные повреждения и возгорания соседних автомобилей.

Для оценки воздействия на конструктивные элементы, электрооборудование автостоянки и АУП наиболее разрушительного опасного фактора взрыва (ОФВ) – воздушной взрывной волны (ВУВ) в работе была использована компьютерная программа Ansys Autodyn.

Как следует из результатов моделирования, пик избыточного давления в ударной волне может достигать нескольких бар, потом наступает фаза разрежения – давление на перекрытие этажа носит знакопеременный характер, что чревато угрозой обрушения, т.к. перекрытие МПА рассчитано только на вес автомобилей.

В четвертой главе **"Предложения по повышению пожаровзрывобезопасности многоуровневых подземных автостоянок"** сформулированы основные направления, которые можно разделить на пассивную и активную взрывопожарную защиту автостоянок, на действия персонала до прибытия сил и средств пожарной охраны и на действия должностных лиц пожарной охраны в случае пожара и/или взрыва на подземной автостоянке.

К пассивной взрывопожарной защите МПА также можно отнести усиление перекрытий армирующими конструкциями и демпфирующей панелью для частичного поглощения энергии ВУВ, а также каналы с легкобрасываемыми конструкциями (ЛСК) для выпуска энергии ВУВ. При этом ЛСК могут выполняться светопрозрачными, каналы снабжены ступенями, что позволяет каналы использовать в качестве аварийных выходов и для проникновения пожарных подразделений в МПА.

К активной взрывопожарной защите МПА можно отнести оборудование ее противодымной вентиляцией, пожарной сигнализацией, системой оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) и АУП как с активацией от теплового разрушения колбы при пожаре автомобиля, так и с принудительным пуском, например, с использованием водяных АУП-Гефест согласно СТО 420541.004, ВНПБ 40-16. Также МПА целесообразно оборудовать автоматическими установками

сдерживания пожара, размещаемыми у рампы и входов в тамбур-шлюз (лестничные клетки) для обеспечения эвакуации людей. Может быть предусмотрено и орошение ленточных завес водой для сдерживания ОФП при возгорании автомобиля.

При возможности наличия ГБА необходимо оснастить МПА газоанализаторами, которые при повышении концентрации горючего газа (например, при утечках из газобаллонного оборудования автомобиля) инициируют включение системы вентиляции и выдают сигнал на пост безопасности автостоянки.

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается применением общенаучных методов, использованием современных сертифицированных компьютерных программ, корректным заданием исходных данных, непротиворечивостью полученных результатов и их согласованностью с результатами других авторов.

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Предложена модель процесса распространения ОФП в многоуровневых подземных автостоянках и проведено исследование динамики ОФП при различных сценариях пожара и каскадном его развитии с переходом на соседние автомобили, что впервые позволило оценить время блокирования эвакуационных выходов из многоуровневой подземной автостоянки и соотнести его с расчетным временем эвакуации людей.

2. Предложена динамическая модель развития ударно-волновых процессов при взрыве ГБА в подземной автостоянке и проведено исследование поражающего воздействия параметров воздушной ударной волны (ВУВ) путем компьютерного моделирования при различных вариантах размещения ГБА, что впервые позволило оценить уровни импульсного силового воздействия на несущие конструкции многоуровневой подземной автостоянки и опасность для находящихся там людей и автомобилей.

3. Предложены методы, позволяющие обеспечить повышение пожаровзрывобезопасности подземных автостоянок за счет применения инновационных технических решений путем оборудования таких автостоянок средствами сдерживания ОФП и снижения уровней ОФВ на стадиях как проектирования, так эксплуатации и реконструкции.

Значимость полученных результатов.

Теоретическая значимость результатов работы:

1. Расширены возможности динамической модели развития ОФП в многоуровневых подземных автостоянках за счет нескольких методов описания пожарной нагрузки автомобиля и каскадного развития пожаровзрывоопасной ситуации, что позволяет повысить объективность моделирования пожара в многоуровневой подземной автостоянке.

2. Динамическая модель взрыва ГБА в подземной автостоянке позволяет оценить пиковый уровень избыточного давления во фронте ВУВ и последующее знакопеременное нагружение перекрытий многоуровневой подземной автостоянки (МПА), что ранее не учитывалось при проектировании и эксплуатации.

Практическая значимость:

1. Динамическая модель развития ОФП в многоуровневых подземных автостоянках позволяет с учетом различных сценариев расположения горящего автомобиля оценить время блокирования эвакуационных выходов из многоуровневой подземной автостоянки, а также провести моделирование каскадного развития пожара автомобилей.

2. Динамическая модель ударно-волновых процессов в подземной автостоянке при взрыве ГБА позволяет с учетом различных сценариев расположения ГБА оценить уровни поражающего воздействия ВУВ на конструктивные элементы подземной автостоянки, соседние автомобили и людей.

3. Методы повышения пожаровзрывобезопасности подземных автостоянок с учетом нахождения на них как автомобилей с ДВС на жидком топливе, так и ГБА предусматривают оборудование автостоянок средствами сдерживания ОФП (выделение парковочной зоны противопожарными воротами, шторами, водяными завесами) и средствами снижения ОФВ – разделение объема этажа автостоянки на зоны прозрачными орошаемыми ленточными завесами (получен патент RU 2803032 С1 на изобретение "Автостоянка закрытого типа с повышенной взрывопожарной безопасностью и способ использования данной автостоянки"), применение ЛСК и каналов выпуска энергии ВУВ, а также усиление перекрытий и установка на них ударопоглощающих панелей.

Публикации. В диссертацию включены материалы по 18 научным работам: 11 статей, опубликованных в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук... (Перечень ВАК), семь материалов, включены в сборники трудов научных конференций. Получен патент на изобретение.

Автореферат и текст диссертации. Текст диссертации изложен грамотным научным языком, соблюдена логическая последовательность. Оформление соответствует ГОСТ 7.0.11-2011. Автореферат в полной мере отражает текст диссертационной работы.

Соответствие паспорту специальности. Диссертационное исследование соответствует п.4 "Исследование процессов протекания аварий, пожаров и взрывов, условий их каскадного и катастрофического развития, разработка методов оценки различных опасных воздействий на людей, объекты защиты и прилегающие территории, а также способов их снижения" и п.9 "Разработка научных основ, моделей и методов исследования процессов распространения опасных факторов пожара по объектам защиты" паспорта научной специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки).

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования. Полученные результаты могут быть использованы:

- при проектировании сооружений подземных автостоянок;
- проектировании средств противопожарной защиты сооружений подземных автостоянок с целью снижения пожарной опасности;
- разработке планов тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ;
- выполнение учебных заданий студентами образовательных организаций.

При изучении текста диссертации и автореферата, заслушивании выступления соискателя возникли следующие замечания и вопросы:

1. При горении автомобилей (автошин, полимеров салона, бензина или дизельного топлива), кроме сажи, образуется немало токсичных веществ. Учтено ли это при оценке ОФП сценариев пожара?

2. При каскадном механизме развития пожара на подземной парковке возможен взрыв бензобака одной или нескольких автомашин. Учтен ли этот сценарий в расчетах?

3. В главе 3 моделируется взрыв газовых баллонов ГБА, работающих на СУГ. Как использованная модель учитывает возникающее при этом осколочное поражение?

4. Для эффективной работы легкобросываемых конструкций их площадь должна превышать некоторое минимальное значение. Оценено ли оно в работе применительно к многоуровневой подземной автостоянке?

5. Каким образом определено количество людей (34 человека) на каждом этаже МПА при пожаре?

6. Предложенная в диссертации динамическая модель развития ударно-волновых процессов при взрыве ГБА отлична от математических моделей, изложенных: в а) Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утв. МЧС России 10.07.2009 (в редакции приказа МЧС России от 14.12.2010 № 649 "О внесении изменений в приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404") и б) ГОСТ 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. Выбранный единственный показатель для оценки воздействия на строительные конструкции (максимальное давление взрыва) отличен от использованных в них (импульс фазы сжатия и избыточное давление взрыва). Приведенные в нормах пожарной безопасности значения показателей, при которых происходит разрушение конструкций различны. Как обосновываются использованные в работе пороговые значения параметров ВУВ, при которых происходит разрушение несущих конструкций МПА?

7. В работе утверждается, что знакопеременные нагрузки, создаваемых ВУВ при взрыве баллона ГБА на несущие конструкции МПА, могут привести к разрушению последних. Для какой конструкции выполнен расчет (колонна, стена, перекрытие), каковы его характеристики по материалу и площади сечения. Учтен ли эффект обтекания ВУВ конструкций? Без этой информации невозможно оценить возможность обрушения конструкции здания.

8. Как реализован в диссертационном исследовании комплексный подход к обеспечению пожаровзрывобезопасности многоуровневых подземных автостоянок, на которых возможен взрыв газа? Дело в том, что одни защитные конструкции, предложенные соискателем, неустойчивы к ОФП пожара, другие – ОФП взрыва.

Выявленные замечания не снижают общую ценность диссертационной работы и не влияют на основные полученные в ней теоретические и практические результаты.

Заключение

Таким образом, диссертационная работа Поташева Дмитрия Анатольевича на тему: "Модели и методы обеспечения пожаровзрывобезопасности многоуровневых

подземных автостоянок" является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи – разработка методического обоснования обеспечения пожаровзрывобезопасности подземных автостоянок с учётом нахождения там как автомобилей с двигателем внутреннего сгорания на жидком топливе, так и газобаллонных автомобилей, имеющей существенное значение для развития страны.

Диссертационная работа соответствует п.п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 "О порядке присуждения ученых степеней", предъявляемых к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Поташев Дмитрий Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность (технические науки).

Диссертационная работа и отзыв обсуждены и одобрены на заседании Высшей школы техносферной безопасности, протокол № 10 от 28.06.2024.

Профессор Высшей школы
техносферной безопасности
доктор технических наук, доцент



Е.Ю. Колесников

Личную подпись Колесникова Евгения Юрьевича заверяю

Сведения о лице, утвердившем отзыв ведущей организации на диссертацию:

Фомин Юрий Владимирович, проректор по научной работе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, Политехническая ул., д. 29, литера Б, тел. 8 (812) 552-97-14, e-mail office@spbstu.ru.

