ОТЗЫВ
официального оппонента

доктора технических наук, профессора Покровской Елены Николаевны на диссертационную работу Акперова Руслана Гянджавиевича «Экспериментально-теоретический подход к расчету времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения при пожаре в производственных зданиях гидроэлектростанций», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, отрасль энергетика)

С развитием энергокомплекса России, пожары на объектах энергетики, в том числе ГЭС, как с гибелью людей, так и большим материальным ущербом стали довольно распространенным явлением в современной жизни человека. Поэтому мероприятия, направленные на повышение пожарной безопасности машинных залов ГЭС, как основных производственных помещений, являются одними из приоритетных направлений деятельности противопожарной службы.

Разработка мероприятий по безопасной эвакуации персонала ГЭС из машинного зала, несмотря на его большой объем, невозможна без использования современных методов моделирования распространения токсичных продуктов горения при пожаре и расчете динамики изменения концентраций токсичных продуктов горения при пожаре в помещениях ГЭС и на путях эвакуации, что объясняется наличием большого количества горючих веществ и быстрого распространения токсичных продуктов горения. При этом исходные данные (база типовой горючей нагрузки) по выделению токсичных продуктов горения, используемые при расчете ОФП, получены в прошлом столетии и не учитывают новых современных веществ и материалов, в особенности полимерных, используемых на объектах энергетики. При этом удельные коэффициенты выделения токсичных газов, в том числе монооксида углерода, приняты постоянными и не зависящими от реальной термогазодинамической картины развития пожара.

Данные коэффициенты были получены в маломасштабных экспериментальных установках и отсутствует научное обоснование равенства удельных коэффициентов выделения монооксида углерода в помещениях с существенно отличающимися размерами при переходе от маломасштабной модели (экспериментальной установки) к натурному полномасштабному помещению.

Данные проблемы в отечественной литературе практически не исследованы из-за сложности термогазодинамической картины пожара, а научно-обоснованные методики расчета удельных коэффициентов выделения токсичных газов с учетом конкретных термогазодинамических условий пожара (температура, концентрация кислорода и т.д.) отсутствуют.

В зарубежной научной литературе лишь небольшое количество работ посвящено экспериментальному и теоретическому изучению данного явления. Выполненных исследований недостаточно для создания надежного инженерно-

вх. № 6/175 от 17.09.18

го метода, позволяющего определить время блокирования путей эвакуации с учетом результатов испытаний современных веществ и материалов.

Поэтому разработка методики расчета времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения в целях обеспечения безопасной эвакуации людей из производственных зданий ГЭС посредством использования разработанной экспериментально-теоретической модели расчета распространения токсичных продуктов горения, с учетом масштабного фактора, является **актуальной научной и практической задачей**.

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и двух приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы объект, предмет, цель и задачи исследования, приведены научная новизна и практическая значимость работы, положения выносимые на защиту, достоверность полученных результатов, а также апробация работы.

В первой главе на достаточно высоком научном уровне выполнен анализ научно-технической и нормативной литературы, посвященной особенностям пожарной опасности ГЭС, особенностям объемно-планировочных и конструктивных решений производственных зданий ГЭС, являющихся существенными для обеспечения пожарной безопасности, проведен анализ аварий на ГЭС и выявлены основные причины возникновения и дальнейшего распространения пожара. Изучена находящаяся пожарная нагрузка и выявлены наиболее опасные сценарии развития пожара. Рассмотрены методики определения токсичности продуктов горения веществ и материалов, а также расчетные методы определения времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения. Выявлены достоинства и недостатки современных методик определения токсичности продуктов горения веществ и материалов, а также расчетных методов определения времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения.

Проведен анализ подходов и принципов оценки токсичности продуктов горения веществ материалов.

На основании обзора литературных источников диссертант делает достаточно обоснованный вывод о необходимости для обеспечения безопасной эвакуации людей из машинных залов ГЭС, совершенствовании существующих экспериментальных методов оценки токсичности продуктов горения и теоретических методов расчета: методики расчета распространения токсичных газов при пожаре в производственных зданиях ГЭС и на ее основе разработки методики расчета времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения с использованием модифицированных интегральных и зонных моделей, используя результаты маломасштабных экспериментов, не решая уравнение закона сохранения массы токсичного газа.

В выводах к первой главе приведена постановка цели и задач диссертационного исследования.

Во второй главе разработана методика расчета распространения токсичных газов при пожаре в производственных зданиях ГЭС, с использованием экспериментальных зависимостей плотностей токсичных газов от среднеобъемной температуры и величин удельных скоростей газификации горючих материалов, по которым нет данных в существующих базах данных пожарной нагрузки или с учетом определения удельных массовых коэффициентов образования токсичных газов.

Представлены интегральная и зонная математические модели расчета термогазодинамики пожара для использования в условно герметичном помещении. Особое внимание уделено разработке модифицированного интегрального и зонного методов расчета динамики ОФП, позволяющего использовать результаты экспериментально полученных зависимостей среднеобъемных плотностей токсичных газов от температуры для конкретной пожарной нагрузки или величины удельных массовых коэффициентов образования токсичных газов L_i используемой при решении системы дифференциальных уравнений.

К достоинству работы можно отнести то, что основные положения методики изложены достаточно четко и понятно.

В третьей главе разработана экспериментальная установка для определения пожарной опасности веществ и материалов при их термическом разложении.

Проведена постановка задачи экспериментального определения зависимости плотности токсичного газа от температуры в маломасштабной экспериментальной установке. Предложены и реализованы пути совершенствование стандартного метода испытаний на токсичность продуктов горения.

Впервые экспериментально получены зависимости среднеобъемной плотности оксида углерода от среднеобъемной температуры при горении различной пожарной нагрузки, находящейся на ГЭС (кабели (оболочки ПВХ), трансформаторное масло).

Сделан вывод о том, что в качестве определяющих величин температуры, концентраций токсичных газов и кислорода необходимо принимать соответствующие среднеобъемные значения, а также о том, что стандартные маломасштабные экспериментальные установки из-за существенных неоднородностей температурных и концентрационных полей необходимо модернизировать с тем, чтобы достоверно определять зависимости плотностей токсичных газов от среднеобъемных температур в диапазоне от начальной до критической.

Сконструирована и приведена новая экспериментальная установка, лишенная выявленных недостатков стандартного метода (ГОСТ 12.1.044-89 п.4.20) и реализующая схему пожара в герметичном маломасштабном объеме, которая используется при определении показателя токсичности продуктов горения при стандартных испытаниях. Разработана методика проведения экспериментов на новой установке и проведено экспериментальное обоснование точки отбора газовой смеси в объеме камеры.

Показано, что разработанная маломасштабная экспериментальная установка для определения пожарной опасности веществ и материалов при их термиче-

ском разложении в условно герметичном объеме устраняет выявленные существенные недостатки стандартного метода испытаний и позволяет определять параметры процесса горения веществ и материалов, необходимые для разработки предложенного метода расчета времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения.

В четвертой главе предложена и экспериментально и теоретически обоснована методика расчета времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения, разработанная на основе модифицированных интегральной и зонной моделей с учетом масштабного фактора.

Представлены результаты экспериментальных исследований по определению основных характеристик образования и распространения монооксида углерода, а именно, зависимости среднеобъемной плотности монооксида углерода от повышения среднеобъемной температуры в случае горения хвойных древесных стройматериалов, трансформаторного масла и оболочки кабелей ПВХ.

Получены экспериментальные зависимости удельной массовой скорости газификации горючего материала и удельных коэффициентов образования монооксида углерода от времени. Проведен анализ полученных результатов.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что удельные скорости выгорания материалов и удельные коэффициенты выделения токсичных газов существенно зависят от времени горения в маломасштабной установке и способа обработки полученных данных.

На примере машинного зала и кабельного туннеля Нижегородской ГЭС для различной пожарной нагрузки (турбинного масла, оболочки кабелей ПВХ) был проведен расчет термогазодинамики пожара в полномасштабных помещениях производственного здания с использованием трехмерной полевой модели пожара и сравнение его результатов с зависимостью среднеобъемной плотности CO от среднеобъемной температуры, полученных с использованием предложенного подхода. Погрешность не превысила 20 %. Доказано, что предложенный подход (выражение (8) автореферата) позволяет учесть масштабный фактор, т.е. существенное отличие размеров помещений, и использовать предложенный метод для расчета времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения с учетом новых экспериментальных данных.

В результате анализа полученных данных установлено, что средние величины вышеуказанных параметров существенно зависят от времени осреднения и значительно отличаются от значений, приведенных в современных базах данных пожарной нагрузки.

Основные научные положения, которые выдвигает, развивает и защищает соискатель:

- усовершенствованная стандартная схема испытаний на токсичность продуктов горения веществ и материалов;
- модифицированная зонная и интегральная модели, в которых используется экспериментальная зависимость плотности токсичного газа

от температуры без решения дифференциального уравнения закона сохранения массы токсичного газа;

- методика расчета времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения, разработанная на основе модифицированных интегральной и зонной моделей;

- результаты сопоставления экспериментальных и теоретических данных по зависимости плотности монооксида углерода от среднеобъемной температуры, экспериментальные данные по удельной скорости газификации и удельному коэффициенту образования монооксида углерода для древесины (сосна), трансформаторного масла и оболочек кабелей в условно герметичном объеме;

- результаты численных экспериментов по сравнению концентраций токсичных продуктов горения в полномасштабных производственных зданиях ГЭС и маломасштабной экспериментальной установке;

- научно-обоснованные рекомендации по расчету времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения при пожаре для людей без средств индивидуальной защиты с учетом объемно-планировочных и конструктивных особенностей производственных зданий ГЭС.

Научная новизна выдвинутых положений несомненна. Особенно важными новыми результатами являются:

– впервые предложено усовершенствование стандартной схемы испытаний на токсичность продуктов горения, посредством разработанной новой экспериментальной установки, позволяющее в дополнение к измерениям концентраций токсичных газов и кислорода измерять параметры, необходимые для прогнозирования распространения токсичных продуктов горения при пожаре и расчете времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения (скорость газификации горючего материала и удельные коэффициенты образования токсичных газов);

– разработаны модификации интегральной и зонной математических моделей, позволяющие, не решая дифференциального уравнения закона сохранения массы токсичного газа и с учетом масштабного фактора, использовать экспериментальные зависимости плотности CO от температуры для расчета времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения;

– впервые получены новые экспериментальные и теоретические данные для различной пожарной нагрузки (древесины (сосна), трансформаторного масла и оболочек кабелей ПВХ):

- по зависимости плотности монооксида углерода от среднеобъемной температуры;

- по зависимостям удельной скорости газификации и удельного коэффициента образования монооксида углерода от времени.

Достоверность полученных в диссертации результатов несомненна, определяется применением при проведении экспериментов поверенных средств измерений, апробированных методов обработки результатов экспериментов, использованием апробированных методов расчета характеристик тепломассообмена и численных методов решения дифференциальных уравнений и подтверждается сопоставлением результатов расчета с данными экспериментов, приведенных в литературных источниках, и теоретическими результатами других авторов.

Практическая значимость полученных результатов также несомненна.

Результаты диссертационного исследования использовались при:

– расчете пожарных рисков и разработке плана безопасной эвакуации людей при пожаре в главном корпусе филиала ОАО «РусГидро» - «Нижегородская ГЭС», расположенного по адресу: Нижегородская область, Городецкий район, г. Заволжье;

– расчете пожарных рисков, разработке плана безопасной эвакуации людей при пожаре и проектировании системы дымоудаления в машинном зале на Нововоронежской АЭС, расположенной по адресу: Воронежская обл., г. Нововоронеж, промзона, и на Курской АЭС-2, расположенной по адресу: Курская обл., площадка «Макаровка»;

– проведении научных исследований по развитию и совершенствованию испытаний веществ и материалов на токсичность продуктов горения (п. 86 плана научной работы Академии ГПС МЧС России на 2015 г.);

– разработке фондовых лекций, проведении лекционных, лабораторных и практических занятий со слушателями, курсантами и студентами Академии ГПС МЧС России по дисциплине «Прогнозирование опасных факторов пожара» по темам «Основы интегрального метода прогнозирования ОФП» и «Основные положения зонного моделирования пожара».

Применение результатов диссертационного исследования подтверждено актами о внедрении результатов диссертационной работы, представленными в приложении к диссертации.

К достоинствам работы можно отнести большой объем проведенных экспериментальных исследований на сконструированной и запатентованной экспериментальной установке для определения пожарной опасности веществ и материалов при их термическом разложении, а также трудоемких численных трехмерных экспериментов, удовлетворительное совпадение теоретических данных с данными полномасштабных опытов в условиях сложнейшей термогазодинамической картины процесса пожара. Численные эксперименты, выполненные на ЭВМ, проведены на достаточно высоком научно-методическом уровне. Анализ полученных результатов позволяет сформулировать четкие рекомендации по обеспечению безопасной эвакуации людей.

В качестве замечаний по диссертационной работе следует отметить следующее.

1. В первой главе диссертации было рассмотрено большое количество токсичных газов, выделяющихся при терморазложении современных веществ и материалов, в том числе, полимерных, однако экспериментальные исследования были проведены только с учетом монооксида углерода. Кроме того, при проведении экспериментов не учитывалось совместное влияние различных газов.

2. В работе не рассмотрена возможность использования новой разработанной экспериментальной установки и полученных на ней результатов для целей ранжирования веществ и материалов по степени их опасности при терморазложении (показатель токсичности продуктов горения веществ и материалов) как это предусмотрено по ГОСТ 12.1.044-89.

3. В работе автором рассмотрено (испытано) ограниченное количество материалов (горючей нагрузки).

4. Испытания проводились только в режиме пламенного горения. Не были проведены испытания в режиме тления материала.

Сделанные замечания не влияют на положительную опенку работы и могут рассматриваться как рекомендации к дальнейшим исследованиям соискателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Акперова Руслана Гянджавиевича представляет собой законченное научное исследование, в котором содержится решение задачи, имеющей существенное значение для повышения пожарной безопасности производственных зданий ГЭС и обеспечения выполнения условия безопасной эвакуации людей из вышеуказанных помещений. В рамках работы научно обоснована и доказана необходимость учета реальной пожарной нагрузки, объемно-планировочных и конструктивных особенностей производственных зданий ГЭС и разработана методика расчета времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения с использованием модифицированных интегральных и зонных моделей с учетом экспериментально полученных данных на новой запатентованной установке.

Диссертация содержит важные научные результаты и свидетельствует о высокой квалификации ее автора в избранной научной специальности.

Работа написана ясным и чётким языком, хорошо оформлена и иллюстрирована. Перечень публикаций свидетельствует о достаточно полной информированности научно-технической общественности о содержании работы. Содержание автореферата диссертации полностью соответствует содержанию диссертации, дает исчерпывающее представление о самой работе и полученных в ней результатах.

Тема диссертации и ее основные положения полностью соответствуют паспорту (пп. 3 и 5) выбранной научной специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, отрасль энергетика).

Считаю, что работа Акперова Руслана Гянджавиевича заслуживает положительной оценки, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки, отрасль энергетика).

Профессор кафедры комплексной
безопасности в строительстве
ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский Московский
государственный строительный
университет»,
доктор технических наук, профессор Покровская Е.Н.

13.09.2018 г.

Подпись Покровской Е.Н. заверяю.

Заместитель начальника
УРП М.А. Коваль

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет (НИУ МГСУ)»
Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26
Тел.: +7 (495) 781-80-07 +7 (495) 287-49-14 +7 (495) 287-49-19
Факс: +7 (499) 183-44-38
E-mail: kanz@mgsu.ru
www.mgsu.ru