

## ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, старшего научного сотрудника  
Хасанова Ирека Равильевича на диссертационную работу Болдрушкиева  
Очира Баатровича «Определение времени блокирования путей эвакуации  
циановодородом на объектах энергетики», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки,  
отрасль энергетика)

### 1. Актуальность темы диссертации

Определение времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения является одной из составляющих системы обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений. Вместе с тем, современные методики определения времени блокирования путей эвакуации не рассматривают возможность образования и воздействия высоко токсичного вещества – циановодорода.

Диссертационная работа Болдрушкиева О.Б. посвящена решению проблемы определения времени блокирования путей эвакуации циановодородом при пожарах на кабельных линиях в производственных корпусах объектов энергетики.

Пожары на кабельных линиях объектов энергетики, как правило, сопровождаются образованием большого количества токсичных продуктов горения, так как изоляция кабельной продукции выполнена из полимерных материалов. Проведенный автором анализ пожарной опасности показал, что при горении кабельной продукции возможно образование значительных концентраций циановодорода с последующим распространением по объему машинного зала и воздействием на персонал объекта энергетики. Таким образом, актуальность исследования параметров образования и распространения циановодорода в полномасштабных помещениях объекта энергетики не вызывает сомнений.

### 2. Общая характеристика работы

Представленная диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 115 наименований и двух приложений. Объем диссертации составляет 153 страницы машинописного текста.

**Во введении** автором убедительно обоснована актуальность проведенных исследований, сформулированы цель и задачи исследования, объект и предмет исследования. Представлена научная новизна представленных положений диссертации, её теоретическая и практическая значимость.

**В первой главе диссертации** автором представлены результаты проведенного анализа литературных источников, касающихся темы исследования, анализа пожарной опасности объектов энергетики. Показано,

что при пожарах на кабельных линиях объектов энергетики возможно образование значительного количества циановодорода. Рассмотрены особенности горения кабельной продукции в зависимости от вида изоляции кабеля. Автором поднят вопрос о достоверности, представленной в нормативных документах критической концентрации циановодорода.

Обоснована необходимость разработки методики определения времени блокирования путей эвакуации циановодородом при пожарах на объектах энергетики. Представлены логичные, научные выводы, а также сформулированы цель и задачи исследования.

**Во второй главе диссертации** автором представлены основные положения разработанной математической модели, позволяющей определять динамику изменения парциальной плотности циановодорода в полномасштабных помещениях с использованием экспериментально-теоретических зависимостей, полученных на экспериментальной установке.

Предложенный автором подход к расчету плотности циановодорода основывается на использовании экспериментальных данных по удельным коэффициентам образования циановодорода и изменениям плотности кислорода в экспериментальной установке. Аналитическое решение, описывающее взаимосвязь изменения плотности циановодорода от изменения плотности кислорода, является справедливым как для маломасштабного объема экспериментальной установки, так и для полномасштабного помещения.

Помимо этого, автор раскрывает возможность применения данного подхода к определению показателя токсичности при совместном воздействии различных токсикантов с циановодородом.

Оценку критических времен воздействия и критическую концентрацию циановодорода в помещении автор предлагает определять с использованием разработанной математической модели отравления циановодородом. Разработанная модель определения критических времен воздействия позволяет учесть физиологические факторы эвакуирующихся, характерные для условий пожара. Учёт данных факторов позволяет более личностно ориентированно рассматривать критические концентрации циановодорода.

Автором изложены основные положения методики определения времени блокирования путей эвакуации циановодородом с учётом использования разработанных математических моделей.

**В третьей главе диссертации** автором представлены методика и результаты экспериментальных исследований, посвященных определению параметров образования циановодорода при горении кабельной продукции, применяемой на объектах энергетики. Выполнена постановка задач экспериментального исследования. В рамках проведения экспериментальных исследований автором была проведена пошагово последовательность мероприятий: подготовка экспериментальных образцов, проведение экспериментов, обработка и анализ полученных результатов.

В результате проведенных экспериментальных исследований автором впервые были получены величины удельных коэффициентов образования циановодорода. Величины коэффициентов были определены каждые 3 секунды эксперимента, что позволило определить динамику их изменения с учётом особенностей поведения материала в условиях пожара.

Автор указывает, что полученная динамика изменения удельных коэффициентов образования циановодорода позволит более точно определить динамику изменения среднеобъёмной плотности циановодорода в помещении объекта энергетики.

Результаты экспериментальных исследований наглядно представлены в виде графических зависимостей.

**В четвертой главе диссертации** автором представлены результаты численных экспериментов с использованием разработанных математических моделей и полученных экспериментальных данных.

Представлено численное решение математической модели расчета плотности циановодорода. Из результатов видно, что полученные расчетные данные с достаточной точностью совпадают с экспериментальными данными.

Показано, что с использованием данного подхода к расчету плотности циановодорода можно определять показатель токсичности при совместном воздействии токсикантов с циановодородом.

Автор показывает необходимость учёта скорости легочной вентиляции эвакуирующихся при определении времени блокирования путей эвакуации циановодородом. Обосновано, что критическая концентрация циановодорода, представленная в нормативных документах, может привести к переоценке пожарной опасности вследствие большого разрыва во временных пределах достижения легкой и среднетяжелой степени поражения организма при различной скорости легочной вентиляции.

На примере расчета в полномасштабных помещениях объекта энергетики, автором обоснована возможность применения модели расчета плотности циановодорода только для пожаров, протекающих в условно герметичных условиях.

Автором представлены практические рекомендации по использованию разработанной методики определения времени блокирования путей эвакуации циановодородом на объектах энергетики.

**В заключении** сформулированы основные выводы по результатам выполнения диссертационной работы, которые полностью соответствуют поставленным задачам исследования.

### **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Автором в достаточной степени обоснованы выдвинутые научные положения, сформулированные выводы и разработанные рекомендации, что подтверждается детальной проработкой проблемы, рассматриваемой в диссертации; обоснованной необходимостью разработки методики

определения времени блокирования путей эвакуации циановодородом при пожарах на объектах энергетики; использованием основных положений теории планирования эксперимента.

Степень достоверности полученных результатов также не подвергается сомнению и подтверждается подробным описанием выводов предложенных формул из фундаментальных положений теории тепломассообмена; применением апробированных математических методик анализа численных данных; достаточной сходимостью результатов расчета с результатами экспериментальных исследований.

#### **4. Научная новизна результатов исследований, представленных в диссертации**

Научная новизна результатов проведенных исследований подтверждается соответствующими публикациями автора в рецензируемых журналах из перечня, утвержденного ВАК России, а также докладами на международных и российских конференциях.

К наиболее значимым результатам можно отнести следующее:

в результате проведения исследований получены экспериментально-теоретические зависимости плотности циановодорода от изменения парциальной плотности кислорода и удельному коэффициенту образования HCN в условно герметичном объеме, которые характеризуют процесс образования и распространения циановодорода и необходимы для реализации предложенной методики определения времени блокирования путей эвакуации циановодородом на объектах энергетики;

разработаны основные положения математической модели отравления циановодородом, которая позволяет определять критические времена воздействия циановодорода в условиях пожара с учётом особенностей поглощения и биораспределения токсиканта в организме эвакуирующихся;

разработан новый подход к определению показателя токсичности при совместном воздействии других токсикантов выделяющихся при пожаре с циановодородом, основывающийся на аналитическом решении интегральной модели пожара в условно герметичном помещении;

разработаны модификации интегральной и зонной моделей пожара, используемых при расчете времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения, которые позволяют определять динамику изменения плотности циановодорода в полномасштабном помещении.

#### **5. Практическая значимость работы**

Практическая значимость результатов исследования подтверждается следующими актами внедрения:

в учебный процесс Академии ГПС МЧС России в рамках дисциплины «Теплотехника и прогнозирование опасных факторов пожара» по теме «Дополнительные соотношения интегральной модели пожара»;

в проектную документацию Нововоронежской АЭС (при расчете пожарных рисков, разработке плана безопасной эвакуации людей при пожаре и проектировании системы дымоудаления в машинном зале), расположенной

по адресу: Россия, Воронежская область, г. Нововоронеж, промзона и Курской АЭС-2, расположенной по адресу: Курская область, площадка «Макаровка».

### **Полнота публикации по теме диссертации**

Результаты исследования, полученные автором лично, были опубликованы в 14 научных работах, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных перечнем ВАК, 1 статья в журнале, индексируемом в международной базе цитирования Scopus, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Публикации по теме диссертации отражают основные научные результаты.

Результаты исследования также были обсуждены на восьми отечественных и международных научно-практических конференциях.

Соискателем выполнен анализ большого числа литературных отечественных и зарубежных источников, в том числе нормативных документов по профилю работы. Список литературы насчитывает 115 наименований.

### **6. Замечания к диссертационной работе**

Замечания и пожелания к представленной на отзыв диссертационной работе:

1. При проведении анализа пожарной опасности объектов энергетики следовало бы привести статистические данные по количеству погибших людей при пожарах на объектах энергетики вследствие отравления токсичными продуктами горения.

2. При описании математической модели отравления циановодородом было представлено влияние изменения скорости легочной вентиляции вследствие изменения концентрации кислорода в помещении. Не совсем ясно, учитывался ли данный фактор при определении скорости легочной вентиляции с учётом проведенных расчетов по изменению плотности кислорода в помещении.

3. В третьей главе диссертации, при предоставлении результатов экспериментов по определению удельных коэффициентов образования циановодорода не обоснован принцип осреднения величин, представленных в таблице 3.1-3.3.

4. В разделе 4.3 четвертой главы диссертации при проведении численных экспериментов в полномасштабных помещениях ТЭЦ не представлены начальные условия и границы расчетной области моделирования.

5. В тексте диссертации и автореферата имеются незначительные опечатки, не влияющие на ясность понимания содержания работы.

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

Автореферат полностью отражает содержание и выводы диссертации, достаточно хорошо оформлен и соответствует предъявляемым требованиям

ВАК России к авторефератам диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

## 7. Заключение

Диссертация Болдрушкиева Очира Баатовича «Определение времени блокирования путей эвакуации циановодородом на объектах энергетики» выполнена на достаточно высоком научном уровне и является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача расчета времени блокирования путей эвакуации циановодородом, имеющая существенное значение для обеспечения безопасности людей при пожарах на объектах энергетики.

Диссертация соответствует пункту 3 «Научное обоснование принципов и способов обеспечения промышленной и пожарной безопасности на предприятиях промышленности, строительства и на транспорте» и пункту 5 «Разработка научных основ, моделей и методов исследования процессов горения, пожаро- и взрывоопасных свойств веществ, материалов, производственного оборудования, конструкций, зданий и сооружений» паспорта научной специальности 05.26.03 - Пожарная и промышленная безопасность (технические науки, отрасль энергетика).

Считаю, что данная диссертационная работа по актуальности, научной новизне, достоверности и оригинальности полученных результатов, обоснованности научных положений, выводов и практической значимости удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Болдрушкиев Очир Баатович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 - Пожарная и промышленная безопасность (технические науки, отрасль энергетика).

Официальный оппонент:  
Главный научный сотрудник  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России,  
доктор технических наук, с.н.с.

И.Р. Хасанов  
30.05.2022

143903, Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России, e-mail: irhas@rambler.ru  
тел.: +7 (495) 521-89-38, +7 (916) 180-88-56

Подпись Хасанова Ирека Равильевича заверяю.  
Ученый секретарь диссертационного совета  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России,  
к.т.н., с.н.с.



Е.Ю. Сушкина  
30.05.2022