

УДК 614.849

***ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ НА
ДИНАМИКУ ГОРЕНИЯ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ И
МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ***

Аксенов С.Г.

*д-р э.н., профессор,
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,
Уфа, Россия*

Синагатуллин Ф.К.

*ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,
Уфа, Россия*

Майоров А.Ю.

*студент,
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,
Уфа, Россия*

Аннотация.

В статье рассматриваются методы математического моделирования и экспериментального исследования процессов горения с акцентом на влияние структуры пожарной нагрузки. Анализируются основные факторы, определяющие динамику пожара, такие как пространственное распределение горючих материалов, их химический состав, физические свойства и конфигурация помещений. Также внимание уделяется современным подходам к прогнозированию развития пожаров, оценке эффективности противопожарных мер и разработке практических рекомендаций по снижению рисков. Экспериментальные данные и результаты моделирования интегрируются для улучшения точности прогнозов и повышения безопасности объектов инфраструктуры.

Ключевые слова: горение, пожарная нагрузка, математическое моделирование, экспериментальные исследования, тепловыделение.

***THE INFLUENCE OF FIRE LOAD CHARACTERISTICS ON GORENJE
DYNAMICS: A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF FACTORS AND
RESEARCH METHODS***

Aksenov S.G.

*Doctor of Economics, Professor,
Ufa University of Science and Technology,
Ufa, Russia*

Sinagatullin F.K.

*Ufa University of Science and Technology,
Ufa, Russia*

Mayorov A.Y.

*is a student,
Ufa University of Science and Technology,
Ufa, Russia*

Annotation.

The article discusses the methods of mathematical modeling and experimental research of gorenje processes with an emphasis on the influence of the structure of the fire load. The main factors determining the dynamics of a fire are analyzed, such as the spatial distribution of combustible materials, their chemical composition, physical properties and configuration of rooms. Attention is also paid to modern approaches to predicting the development of fires, evaluating the effectiveness of fire prevention measures and developing practical recommendations for reducing risks. Experimental data and simulation results are integrated to improve forecast accuracy and enhance infrastructure safety.

Keywords: gorenje, fire load, mathematical modeling, experimental research, heat generation.

Изучение процессов горения представляет собой важнейшую задачу современной науки, особенно в контексте обеспечения безопасности людей и

объектов инфраструктуры. Горение — это сложный физико-химический процесс, который зависит от множества факторов, включая состав горючих веществ, их пространственное распределение (структуру пожарной нагрузки), условия окружающей среды и динамику развития пожара. Одним из ключевых аспектов исследования является выявление взаимосвязи между структурой пожарной нагрузки и характеристиками горения, такими как скорость распространения пламени, температурные поля, концентрация токсичных продуктов сгорания и общая интенсивность тепловыделения.

Пожарная нагрузка определяется как совокупность горючих материалов, находящихся в зоне потенциального возгорания. Её структура может существенно влиять на развитие пожара, начиная от локализации очага возгорания и заканчивая масштабами распространения огня. Например, плотное размещение горючих материалов способствует более интенсивному тепловыделению и ускоренному распространению пламени, тогда как разреженная структура может замедлить процесс горения за счет недостатка энергии для поддержания цепной реакции.

Актуальность данной темы обусловлена ростом числа пожаров в жилых, промышленных и общественных зданиях, что связано с увеличением количества синтетических материалов, используемых в строительстве и быту. Эти материалы часто характеризуются высокой теплотворной способностью и выделением токсичных газов при горении, что значительно усложняет борьбу с пожарами и эвакуацию людей. Кроме того, современные здания проектируются с учетом минимизации затрат на строительство, что иногда приводит к неоптимальному размещению горючих материалов и созданию условий для быстрого распространения огня.

Цель данной статьи — рассмотреть методы моделирования и экспериментального исследования процессов горения с акцентом на влияние

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

структуры пожарной нагрузки. Особое внимание уделяется анализу современных подходов к прогнозированию динамики пожара, оценке эффективности различных методов контроля и предотвращения распространения огня, а также практическим рекомендациям по снижению рисков, связанных с пожарами.

Горение представляет собой сложный многоступенчатый процесс, включающий химические реакции окисления горючих веществ в присутствии окислителя (обычно кислорода воздуха) с выделением тепла и света. Для понимания механизмов горения необходимо рассмотреть его основные компоненты: горючее вещество, окислитель, источник зажигания и условия протекания реакции [1,2].

Основные компоненты горения:

1. Горючее вещество — материал, способный вступать в реакцию окисления. Это могут быть твердые вещества (например, древесина, пластик), жидкости (бензин, спирт) или газы (метан, пропан). Химический состав горючего определяет его теплотворную способность, скорость горения и количество выделяемых продуктов сгорания.

2. Окислитель — вещество, поддерживающее горение. В большинстве случаев окислителем выступает кислород воздуха, однако в некоторых специальных случаях могут использоваться другие окислители, такие как перекись водорода или хлор.

3. Источник зажигания — внешний фактор, инициирующий процесс горения. Это может быть открытый огонь, искра, нагретая поверхность или электрический разряд. Энергия источника зажигания должна быть достаточной для преодоления энергетического барьера, необходимого для начала реакции.

4. Условия протекания реакции — параметры, такие как температура, давление, влажность и доступ кислорода, которые влияют на интенсивность и продолжительность горения.

Структура пожарной нагрузки играет ключевую роль в определении характеристик горения. Она включает следующие аспекты:

1. Пространственное распределение горючих материалов — плотность размещения, форма и расположение объектов в помещении. Плотная структура пожарной нагрузки способствует более интенсивному тепловыделению и ускоренному распространению пламени за счет передачи тепла от одного объекта к другому [3,4].

2. Химический состав горючих материалов — различные вещества имеют разные теплотворные способности и скорости горения. Например, синтетические материалы, такие как полиуретан или полистирол, характеризуются высокой теплотворной способностью и выделением токсичных газов [5].

3. Физические свойства материалов — теплопроводность, теплоемкость и способность к пиролизу. Эти свойства определяют, насколько быстро материал будет разлагаться и выделять горючие газы [5].

4. Конфигурация помещений — наличие преград, вентиляционных систем и других элементов, влияющих на движение пламени и продуктов сгорания [5].

Математическое моделирование является мощным инструментом для анализа и прогнозирования процессов горения. Современные методы моделирования позволяют учитывать множество факторов, влияющих на динамику пожара, включая структуру пожарной нагрузки, условия окружающей среды и свойства горючих материалов. Рассмотрим основные подходы и модели, применяемые для исследования процессов горения [4,5].

Для решения уравнений, описывающих процессы горения, применяются различные численные методы:

1. Метод конечных разностей (FDM) — один из самых простых методов, основанный на аппроксимации производных разностными отношениями.

2. Метод конечных элементов (FEM) — позволяет работать с произвольными геометриями и обеспечивает высокую точность.

3. Метод конечных объемов (FVM) — широко используется для моделирования процессов горения благодаря своей способности точно учитывать законы сохранения.

4. Метод крупных частиц (Lagrangian Particle Method) — применяется для моделирования движения отдельных частиц горючего материала.

Существует множество программных средств, предназначенных для моделирования процессов горения. Наиболее популярные из них включают:

1. ANSYS Fluent — универсальный программный комплекс для моделирования гидродинамики, тепломассообмена и химических реакций.

2. Fire Dynamics Simulator (FDS) — специализированное программное обеспечение для моделирования пожаров, разработанное Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST).

3. COMSOL Multiphysics — платформа для моделирования многопрофильных физических процессов, включая горение.

4. OpenFOAM — открытая программная платформа для решения задач механики сплошных сред [2].

Экспериментальные исследования играют немаловажную роль в изучении процессов горения, дополняя и проверяя результаты математического моделирования. Они позволяют получить достоверные данные о реальных

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

условиях протекания пожара, которые могут быть использованы для уточнения моделей и разработки практических рекомендаций. Рассмотрим основные методы и подходы, применяемые в экспериментальной практике.

Лабораторные эксперименты проводятся в контролируемых условиях с использованием специализированного оборудования. Они позволяют изучать отдельные аспекты процессов горения, такие как скорость распространения пламени, тепловыделение и образование продуктов сгорания. Основные типы лабораторных экспериментов включают:

1. Испытания малых образцов — исследование горения небольших образцов материалов для определения их теплотворной способности, скорости пиролиза и выделения токсичных газов. Примером такого оборудования является калориметр конуса, который позволяет измерять тепловыделение и оптическую плотность дыма.

2. Испытания в камерах сгорания — моделирование горения в ограниченном пространстве для изучения влияния условий окружающей среды на процесс. В таких экспериментах можно исследовать динамику температурных полей, движение продуктов сгорания и концентрацию токсичных веществ.

3. Испытания на воспламеняемость — определение минимальной энергии зажигания и критических условий воспламенения различных материалов. Эти эксперименты важны для оценки пожарной опасности материалов и разработки рекомендаций по их использованию.

Полевые эксперименты проводятся в реальных условиях для изучения процессов горения в масштабе зданий или сооружений. Они позволяют учесть влияние таких факторов, как вентиляция, конфигурация помещений и взаимодействие различных горючих материалов. Основные типы полевых экспериментов включают:

1. Моделирование пожаров в зданиях — проведение контролируемых пожаров в специально оборудованных помещениях для изучения динамики распространения огня, температурных полей и концентрации продуктов сгорания. Примером таких экспериментов являются испытания, проводимые в рамках программы NIST Fire Research [4].

2. Испытания систем пожаротушения — оценка эффективности различных методов борьбы с пожарами, включая использование воды, пены, порошков и газовых смесей. Эти эксперименты помогают оптимизировать размещение противопожарного оборудования и разрабатывать стратегии тушения [4].

3. Исследование влияния вентиляции — изучение роли естественной и принудительной вентиляции в распространении огня и продуктов сгорания. Эти эксперименты важны для проектирования систем вентиляции и дымоудаления [4].

Экспериментальные данные играют важную роль в уточнении и валидации математических моделей. Сравнение результатов экспериментов с расчетами позволяет выявить недостатки моделей и улучшить их точность. Кроме того, экспериментальные данные могут использоваться для калибровки эмпирических коэффициентов в полуэмпирических моделях.

Примером успешной интеграции экспериментальных данных и математического моделирования является проект NIST Fire Dynamics Simulator (FDS), в котором экспериментальные результаты используются для верификации и калибровки модели. Это позволяет повысить надежность прогнозов, полученных с помощью модели, и использовать их для практических целей, таких как оценка пожарной опасности зданий и разработка мер по обеспечению безопасности.

Структура пожарной нагрузки оказывает значительное влияние на характеристики горения, такие как скорость распространения пламени, температурные поля, концентрация продуктов сгорания и общая интенсивность тепловыделения. Рассмотрим основные аспекты этого влияния на основе результатов экспериментальных исследований и математического моделирования.

Пространственное распределение горючих материалов является одним из ключевых факторов, определяющих динамику пожара. Различные конфигурации размещения материалов могут существенно изменять скорость распространения пламени и интенсивность тепловыделения.

1. Плотная структура пожарной нагрузки — характеризуется близким расположением горючих материалов, что способствует интенсивному тепловыделению и ускоренному распространению пламени. Тепло, выделяемое одним объектом, легко передается соседним объектам, что создает условия для самоподдерживающейся цепной реакции. Экспериментальные исследования показывают, что в таких условиях скорость распространения пламени может увеличиваться в несколько раз по сравнению с разреженной структурой.

2. Разреженная структура пожарной нагрузки — характеризуется большим расстоянием между горючими материалами. В таких условиях передача тепла между объектами затруднена, что замедляет распространение пламени и снижает интенсивность тепловыделения. Однако при этом возрастает риск локализации пожара, что может затруднить его обнаружение и тушение.

3. Вертикальное и горизонтальное размещение — расположение материалов в вертикальной или горизонтальной плоскости также влияет на динамику пожара. Вертикальное размещение способствует более быстрому распространению пламени за счет эффекта "огненного занавеса", тогда как горизонтальное размещение может замедлить этот процесс.

Таким образом, структура пожарной нагрузки оказывает комплексное влияние на характеристики горения, определяя динамику пожара и его опасность. Понимание этих взаимосвязей позволяет разрабатывать эффективные меры по предотвращению и контролю пожаров, включая оптимизацию размещения горючих материалов, использование противопожарных барьеров и проектирование систем вентиляции.

Библиографический список:

1. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. – 2022, №9. - С. 41-43.
2. Аксенов С.Г., Гайзетдинова А.М. Анализ и оценка обеспечения пожарной безопасности на предприятиях пищевой промышленности на примере предприятий по изготовлению сиропа // Экономика строительства. - 2023, № 6. - С. 30-33.
3. Невдах В.В., Антошин А.А., Зуйков И.Е. Моделирование начального этапа стационарного пламенного пожара в закрытом помещении // Наука и техника. – 2014, №1. - С. 17-25.
4. Подрезова А.И., Ловчиков В.А., Моторыгин Ю.Д., Пешков И.А. Моделирование процессов развития горения пожарной нагрузки с помощью конечных цепей Маркова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011, №9. - С. 176-179.
5. Терентьев А.А., Петраков А.П. Компьютерное моделирование процессов горения // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2016, №7. - С. 91-94.

Оригинальность 80%